



**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA  
RECTIFICADORA DE MOTORES DE COMBUSTIÓN**

---

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

**Autor:**

Gilbert Miguel Ramón Sisalema

**Tutor:**

M.Sc. Juan Joel Segura D`Rouville

QUITO– ECUADOR  
2024

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

Yo Gilbert Miguel Ramón Sisalema, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA RECTIFICADORA DE MOTORES DE COMBUSTIÓN”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica 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 Tecnológica 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 Tecnológica 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 25 días del mes de octubre del 2024, firmo conforme:

Autor: Gilbert Miguel Ramón Sisalema

Firma:



Número de Cédula: 1722364799

Dirección: Pichincha, Quito, Quitumbe, Villa Solidaridad.

Correo Electrónico: gramon3@indoamerica.edu.ec

Teléfono: 0987642629

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA RECTIFICADORA DE MOTORES DE COMBUSTIÓN”, presentado por Gilbert Miguel Ramón Sisalema, 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, 14 de noviembre del 2024

.....  
M.Sc. 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, 14 de noviembre del 2024

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Gilbert Miguel Ramón Sisalema', written over a grid of lines.

.....  
Gilbert Miguel Ramón Sisalema  
1722364799

## **APROBACIÓN DE LECTORES**

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA RECTIFICADORA DE MOTORES DE COMBUSTIÓN 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, 14 de noviembre del 2024

.....  
M.Sc. Liliana Topón  
LECTOR

.....  
M.Sc. Fabián Sarmiento  
LECTOR

## **DEDICATORIA**

A mi esposa y familia por estar pendientes en cada paso dado a lo largo de este proceso, a mis hijos por darme ese empuje que necesito para superarme cada día.

## **AGRADECIMIENTO**

A dios por darme su bendición en una de mis metas planteadas. A mi hermano Cristhian Ramón por su acompañamiento y constancia brindada incondicional. A mi abuelita que sé que en el lugar en el que se encuentre se siente muy orgullosa de mí. A mi madre por sembrar en mi interior la persona que soy. A mi esposa por cumplir mi rol cuando yo lo necesitaba. Los amo familia.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	5
JUSTIFICACIÓN.....	6
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
CAPÍTULO II.....	9
Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	9

Resultado de Auditoria en base a Norma NEC y UNE 12464-1 en circuito de alumbrado.....	27
Levantamiento de carga eléctrica.....	36
Modelo Operativo .....	41
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>42</b>
<b>PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS.....</b>	<b>42</b>
Desarrollo de la Propuesta .....	42
Relación entre departamentos .....	43
Método Guerchet.....	45
Herramientas de diseño de Layout.....	50
Matriz Desde – Hacia.....	51
Metodología Software CORELAP.....	53
Método Block Plan.....	57
Cálculo de la eficiencia mediante adyacencia entre departamentos .....	60
Análisis de cursogramas con nuevo Layout.....	64
Cálculo de línea de distribución entre transformador y tablero de distribución	69
Cálculo de corriente y protección para circuitos de fuerza .....	73
Elección de aislamiento para conductores de red de fuerza.....	81
Parámetros adecuados para circuito de iluminación .....	82
Cálculo de corriente y protección para circuitos de alumbramiento.....	85

Elección de aislamiento para conductores de red de alumbramiento .....	88
Elección de transformador para instalación eléctrica.....	88
Potencia del transformador .....	92
Análisis de costo del proyecto.....	94
Cronograma de Actividades .....	97
CAPÍTULO IV.....	98
Conclusiones .....	98
Recomendaciones.....	100
Bibliografía .....	101
Anexos .....	105

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Enfermedades laborales en el sector manufacturero según la OIT .....	2
<b>Figura 2:</b> Instalaciones obsoletas en fábricas con 20 años en el mercado. ....	3
<b>Figura 3:</b> Organigrama Rectificadora Castillo.....	9
<b>Figura 4:</b> Procesos en área de operaciones de Rectificadora Castillo .....	10
<b>Figura 5:</b> Procesos en área administrativa de Rectificadora Castillo.....	10
<b>Figura 6:</b> Proceso actual Rectificación de motor a combustión.....	12
<b>Figura 7:</b> Histograma de operaciones en Rectificadora Castillo.....	13
<b>Figura 8:</b> Demanda de Operaciones de 6 meses .....	14
<b>Figura 9:</b> Layout actual de la organización.....	16
<b>Figura 10:</b> Diagrama de recorrido de proceso rectificación de bielas .....	20
<b>Figura 11:</b> Diagrama de recorrido de proceso rectificación de cigüeñales .....	20
<b>Figura 12:</b> Área de Rectificado de Cigüeñales .....	23
<b>Figura 13:</b> Área de rectificado de Block.....	23
<b>Figura 14:</b> Panel de distribución eléctrica.....	26
<b>Figura 15:</b> Instalación Eléctrica de tomacorrientes.....	31
<b>Figura 16:</b> Punto de conexiones eléctricas de Rectificadora Castillo .....	33
<b>Figura 17:</b> Conexión eléctrica de interruptor doble .....	34
<b>Figura 18:</b> Modelo operativo del proyecto .....	41
<b>Figura 19:</b> Layout de estaciones por áreas.....	44
<b>Figura 20:</b> Layout de estaciones de trabajo por letras actual.....	45
<b>Figura 21:</b> Coeficiente k para la superficie de evolución .....	47
<b>Figura 22:</b> Matriz Desde - Hacia de áreas en la organización .....	51
<b>Figura 23:</b> Matriz de relaciones .....	52

<b>Figura 24:</b> Parámetros iniciales de departamentos .....	53
<b>Figura 25:</b> Matriz de relaciones Corelap.....	54
<b>Figura 26:</b> Orden de departamentos por importancia .....	55
<b>Figura 27:</b> Diseño de Layout de software Corelap .....	55
<b>Figura 28:</b> Propuesta de Layout Software Corelap.....	57
<b>Figura 29:</b> Diagrama de acomodo por bloques tentativo.....	58
<b>Figura 30:</b> Corte de bandas de Diagrama de Bloques.....	59
<b>Figura 31:</b> Propuesta de Layout Metodología Block Plan.....	59
<b>Figura 32:</b> Layout propuesto por mayor índice de eficiencia .....	63
<b>Figura 33:</b> Propuesta de Layout con plano eléctrico.....	63
<b>Figura 34:</b> Simulación de luxes en área de oficinas.....	83
<b>Figura 35:</b> Simulación de luxes en áreas de rectificado y montaje.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Equipos áreas operativas y administrativas.....	15
<b>Tabla 2:</b> Cursograma del proceso de rectificación de bielas .....	17
<b>Tabla 3:</b> Cursograma del proceso de rectificación de cigüeñales .....	18
<b>Tabla 4:</b> Modelo de auditoria planteada .....	21
<b>Tabla 5:</b> Parámetros de evaluación según Normativa NEC .....	22
<b>Tabla 6:</b> Clasificación de las viviendas según el área de construcción .....	25
<b>Tabla 7:</b> Auditoria NEC correspondiente a luminarias .....	27
<b>Tabla 8:</b> Actividades industriales y artesanales. Procesado y tratamiento de metales (luminarias permisibles).....	29
<b>Tabla 9:</b> Oficinas (luminarias permisibles) .....	29
<b>Tabla 10:</b> Mediciones de alumbrado en lux para cada área de trabajo.....	30
<b>Tabla 11:</b> Auditoria NEC correspondiente a tomacorrientes.....	35
<b>Tabla 12:</b> Levantamiento de carga, circuito de fuerza actual.....	37
<b>Tabla 13:</b> Levantamiento de circuito de fuerza modificado.....	38
<b>Tabla 14:</b> Levantamiento de carga, circuito de alumbrado .....	39
<b>Tabla 15:</b> Levantamiento de Potencia Total requerida por la organización .....	39
<b>Tabla 16:</b> Área de estudio.....	40
<b>Tabla 17:</b> Estaciones de trabajo y letra designada para diseño de planta.....	43
<b>Tabla 18:</b> Detalle demanda de últimos 6 meses. ....	44
<b>Tabla 19:</b> Cálculo de área total para organización Rectificadora Castillo .....	49
<b>Tabla 20:</b> Simbología de Matriz REL .....	50
<b>Tabla 21:</b> Secuencia de procesamiento entre operaciones de Rectificadora Castillo .....	51

<b>Tabla 22:</b> Cálculo de ponderaciones .....	52
<b>Tabla 23:</b> Flujo de los procesos .....	61
<b>Tabla 24:</b> Matriz desde-hacia eficiencia de Layout software Corelap .....	61
<b>Tabla 25:</b> Matriz desde-hacia eficiencia de Layout Metodología Block Plan ....	62
<b>Tabla 26:</b> Cursograma proceso Rectificado de Bielas con rediseño de Layout ..	64
<b>Tabla 27:</b> Cursograma proceso Rectificado de Cigüeñales con rediseño de Layout .....	65
<b>Tabla 28:</b> Circuitos de la red eléctrica de fuerza .....	67
<b>Tabla 29:</b> Factor de número de conductores a través de una misma tubería.....	70
<b>Tabla 30:</b> Factores de corrección de temperatura aplicables a conductores de cobre o de aluminio .....	70
<b>Tabla 31:</b> Capacidades de corriente permisibles a través de conductores de cobre .....	72
<b>Tabla 32:</b> Valores de corriente de operación contra cortocircuito .....	74
<b>Tabla 33:</b> Máximo número de conductores en tuberías de diámetro convencional .....	81
<b>Tabla 34:</b> Resumen diseño red eléctrica para fuerza .....	82
<b>Tabla 35:</b> Propuesta de circuitos y luminarias para Rectificadora de motores Castillo .....	85
<b>Tabla 36:</b> Resumen diseño red eléctrica para alumbramiento.....	88
<b>Tabla 37:</b> Tabla normalizada de transformadores trifásicos.....	93
<b>Tabla 38:</b> Costos obra civil.....	94
<b>Tabla 39:</b> Costos de Materiales eléctricos .....	95
<b>Tabla 40:</b> Costos instalaciones eléctricas .....	95

<b>Tabla 41:</b> Costo total del proyecto .....	96
<b>Tabla 42:</b> Cronograma de actividades .....	97

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Portada Norma Española UNE-EN 12464-1 .....	105
<b>Anexo 2:</b> Norma NEC - SB - IE .....	106
<b>Anexo 3:</b> Normativa IEC 60617(Simbología Eléctrica) (Norma IEC 60617, 2014) .....	107
<b>Anexo 4:</b> Simbología eléctrica(tomacorrientes) .....	108
<b>Anexo 5:</b> Simbología eléctrica(interruptores) .....	109
<b>Anexo 6:</b> Aprobación de Abstract por parte del departamento de idiomas .....	110

**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA: REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA  
RECTIFICADORA DE MOTORES DE COMBUSTIÓN**

**AUTOR: RAMÓN SISALEMA GILBERT MIGUEL**

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

**RESUMEN EJECUTIVO**

La presente investigación se desarrolla en una organización dedicada a la rectificación de motores de combustión interna. En la actualidad enfrenta problemas significativos en la distribución de planta debido a la implementación empírica de su diseño, conjuntamente presenta una red eléctrica obsoleta con más de 40 años en explotación. Esta situación ha provocado la necesidad de rediseñar la distribución de planta en la organización mediante la utilización de cursograma analítico, que evalúa las operaciones y transportes realizados en el proceso de rectificado, SLP(Systematic Layout Planning) para evaluar el estado actual del diseño de planta, la NEC(Normativa Ecuatoriana de la Construcción – Instalaciones Eléctricas) para identificar las instalaciones eléctricas actuales de la organización y la Norma UNE 12464-1, que permite evaluar las condiciones actuales de las luminarias en las áreas de trabajo. Los resultados obtenidos luego de utilizar las metodologías antes expuestas fueron favorables en cuanto a una reducción de transporte y tiempos de trabajo innecesarios que realizaban los operadores en un 85,2% en el recorrido y un 15,8% de reducción en el tiempo de operación, correspondiente al proceso de rectificado de bielas; de un 73,3% en el recorrido y un 6,27% de reducción en el tiempo de esta operación, correspondiente al proceso de rectificado de cigüeñales. Se concluye que con el nuevo diseño de planta propuesto se garantiza una adecuada relación entre las áreas y puestos de trabajo ubicados. Asimismo, con el nuevo diseño de la red de fuerza y alumbrado se garantiza un adecuado funcionamiento del equipamiento eléctrico cumpliendo los estándares de calidad del servicio. Además, la nueva red de alumbrado permite un nivel luminoso adecuado a la Norma, repercutiendo en la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores.

**DESCRIPTORES:** cursograma, rectificación de motores, red eléctrica, rediseñar, slp.

**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**  
**FACULTY OF ENGINEERING**  
**INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER**

**THEME: PLANT LAYOUT REDESIGN FOR THE COMBUSTION  
ENGINE GRINDING PLANT**

**AUTHOR: RAMÓN SISALEMA GILBERT MIGUEL**

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

**ABSTRACT**

This research is carried out in an organization dedicated to the rectification of internal combustion engines. It is currently facing significant problems in the plant layout due to the empirical implementation of its design, together with an obsolete electrical network that has been in operation for more than 40 years. This situation has led to the need to redesign the plant layout in the organization through the use of the analytical diagram, which evaluates the operations and transports performed in the grinding process, SLP (Systematic Layout Planning) to evaluate the current state of the plant design, the NEC (Ecuadorian Construction Norm - Electrical Installations) to identify the current electrical installations of the organization and the UNE 12464-1 Standard, which allows evaluating the current conditions of the lighting fixtures in the work areas. The results obtained after using the aforementioned methodologies were favorable in terms of a reduction of transportation and unnecessary working times performed by the operators by 85.2% in the route and a 15.8% reduction in the operating time, corresponding to the connecting rod grinding process: of 73.3% in the route and a 6.27% reduction in the time of this operation, corresponding to the crankshaft grinding process. It is concluded that the proposed new plant design guarantees an adequate relationship between the areas and workstations located. Likewise, the new design of the power and lighting network guarantees adequate operation of the electrical equipment, meeting service quality standards. In addition, the new lighting network allows for a proper light level that meets standards, which improves workers' occupational health and safety.

**KEYWORDS:** diagram, engine rectification, electrical network, redesign, slp.

**Anexo 6:**

Aprobación de Abstract por parte del departamento de idiomas

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

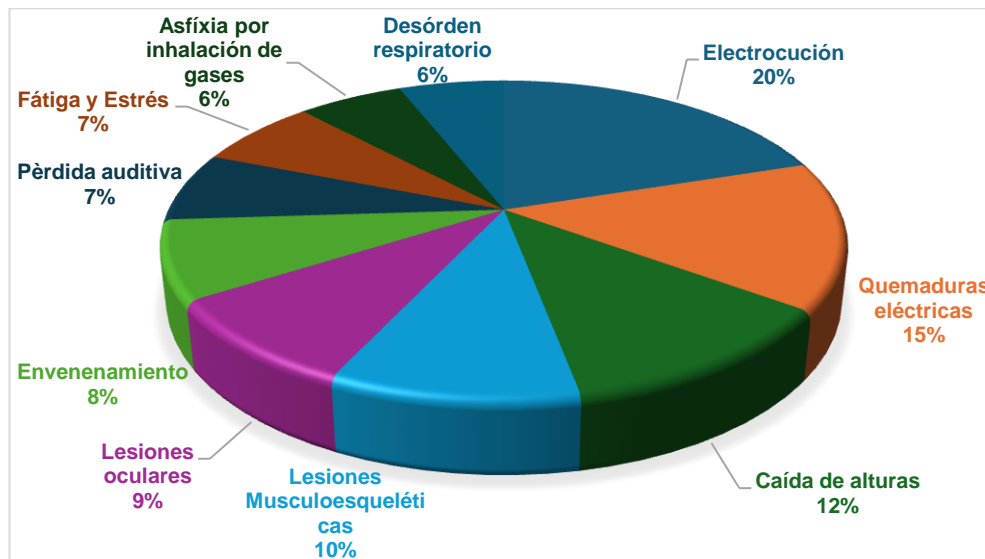
El rediseño de la distribución de planta para una rectificadora de motores de combustión es una necesidad crítica en el contexto actual de la industria manufacturera global. Este análisis abordará los problemas entre departamentos que tengan absoluta relación en sus procesos, así como también el flujo de trabajo adecuado y el espacio requerido para cada departamento, el análisis de la iluminación inadecuada en los puestos de trabajo, instalaciones eléctricas obsoletas. La empresa en cuestión ha operado con las mismas instalaciones y flujo de trabajo durante más de 40 años, lo cual subraya la urgencia de una actualización.

A nivel mundial, la industria manufacturera ha visto un aumento significativo en la implementación de estándares de seguridad y eficiencia en el lugar de trabajo. Según (Organización Internacional del Trabajo, 2023) aproximadamente el 20% de los accidentes laborales en el sector manufacturero están relacionados con problemas de iluminación y electricidad. La iluminación inadecuada no solo afecta la productividad, sino que también aumenta el riesgo de accidentes y errores humanos, esto debido a la falta de conocimiento en temas de distribución de plantas dentro de las organizaciones. Con avances tecnológicos en iluminación LED y automatización, muchas plantas han logrado reducir estos riesgos, y mejorar la productividad dentro de sus procesos, pero aún existen

organizaciones que no han adoptado estas mejoras, en la **Figura 1** se evidencia en detalle las enfermedades relacionadas al sector manufacturero.

**Figura 1:**

*Enfermedades laborales en el sector manufacturero según la OIT*

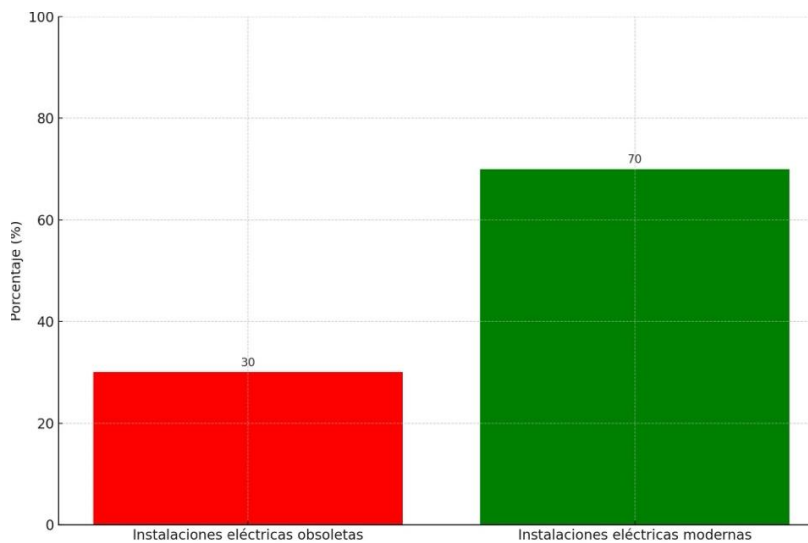


Nota: Elaborado por el autor en base a datos estadísticos de la OIT

Además, la utilización deficiente de los espacios, los movimientos innecesarios dentro del proceso de producción y el envejecimiento de las instalaciones representan un desafío global. Un estudio de la Agencia Internacional de Energía (IEA) indicó que un 30% de las instalaciones eléctricas en fábricas de más de 20 años están obsoletas como se muestra en la **Figura 2**, incrementando el riesgo accidentes (Agencia Internacional de Energía, 2022). Esto es particularmente relevante para plantas con décadas de operación sin actualizaciones significativas. La modernización de las instalaciones y su distribución es crucial para mejorar la seguridad y la eficiencia operativa.

**Figura 2:**

*Instalaciones obsoletas en fábricas con 20 años en el mercado.*



Nota: Elaborado por el autor en base a datos de la (Agencia Internacional de Energía, 2022).

En Latinoamérica, la industria de rectificación de motores enfrenta retos similares. Un informe de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) resalta que cerca del 25% de las fábricas en la región sufren de problemas de infraestructura. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2022). La inversión en mejoras de infraestructura es esencial para mantenerse competitivos en un mercado cada vez más globalizado. Las empresas que han actualizado sus sistemas han visto una reducción en los costos operativos y un aumento en la productividad.

La distribución de plantas por procesos realizada de manera empírica es un problema recurrente en la región. Muchas empresas pequeñas y medianas en Latinoamérica operan con diseños de planta basados en la experiencia y no en estudios científicos de optimización del flujo de trabajo. Esto puede resultar en

ineficiencias significativas. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), optimizar la distribución de planta puede aumentar la eficiencia en un 15-20% (Banco Interamericano de Desarrollo, 2021). Implementar diseños de planta basados en análisis y datos puede ser un gran impulso para la productividad y la calidad del trabajo.

En el contexto de la empresa ecuatoriana dedicada a la rectificación de motores de combustión, estos problemas son particularmente agudos. Con 40 años en el mercado, la falta de modernización en las instalaciones y la distribución de la planta han llevado a una serie de ineficiencias y riesgos. Según un informe del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) de Ecuador, el 35% de las empresas manufactureras en el país opera con instalaciones obsoletas que no cumplen con los estándares modernos de seguridad (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2022). Esto no solo afecta la seguridad de los trabajadores, sino también la fiabilidad operativa y los costos de mantenimiento.

La distribución empírica del flujo de trabajo en la planta también es un desafío. La falta de una distribución optimizada puede reducir la eficiencia operativa, debido a movimientos innecesarios y tiempos de espera prolongados. Modernizar la distribución de planta puede mejorar significativamente el flujo de trabajo, reduciendo los tiempos de producción y mejorando la calidad del producto final.

## ANTECEDENTES

La Rectificadora de Motores Castillo es una empresa con 40 años de trayectoria dedicada a la reparación y adecuación de motores diésel y gasolina. Su objetivo es prolongar la vida útil de los motores de todo tipo de vehículos y garantizar el correcto funcionamiento de los automóviles en el Ecuador. La empresa está ubicada en la Av. 10 de Agosto y Mariana de Jesús.

Actualmente, se evidencian varios problemas en su distribución de planta, tales como un flujo de trabajo ineficiente que conlleva a una baja optimización de tiempos de trabajo en los procesos de rectificado, esto acompañado de instalaciones eléctricas obsoletas que no aseguran la seguridad necesaria para los trabajadores dentro de la organización por este motivo se recomienda un **rediseño integral de la distribución de planta**, acompañado por una actualización de la red eléctrica, ya que el transformador que provee energía a la empresa presenta fallas debido a un dimensionamiento inadecuado, lo que podría generar pérdidas económicas.

En los puestos de trabajo también se observó una distribución empírica de luminarias, sin cumplir con la **Norma UNE 12464-1**, que establece los niveles de iluminación adecuados y su correcta ubicación en cada área de trabajo. A esto se suma la falta de organización por parte de los colaboradores en sus respectivas áreas.

Existen investigaciones relevantes que pueden contribuir a este proyecto, como el trabajo de (Caza, 2023), enfocado en la distribución de planta eficiente mediante herramientas de ingeniería. Asimismo, el proyecto de titulación de (Vera, 2024) destaca la correcta implementación de la Norma UNE 12464-1 en la red eléctrica, garantizando el cumplimiento de los parámetros eléctricos generales en la empresa. Este rediseño busca optimizar el flujo de trabajo, mejorar las condiciones de seguridad y eficiencia operativa, y alinear la infraestructura eléctrica con las necesidades actuales de la organización.

## JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se considera **importante** para la empresa pues esta le permitirá contar con un correcto diseño de distribución de planta favoreciendo en la eficiencia en los tiempos de trabajo, así como también el correcto diseño eléctrico en la red de distribución, para cumplir con la normativa eléctrica vigente.

La investigación tiene un **impacto** favorable en la empresa, ya que permite contar con una adecuada distribución de planta. Esto se traduce en un proceso más eficiente, una red eléctrica bien distribuida que garantiza la seguridad en los puestos de trabajo, y una correcta interrelación entre departamentos.

El proyecto se considera de **utilidad** para la empresa ya que con el correcto diseño de planta se obtendrá una mejor organización en el proceso de rectificado de motores, así como también una red de distribución eléctrica adecuada para la organización.

La investigación tiene como principal **beneficiario** a los operadores y clientes externos, pues con el correcto rediseño de la planta podemos obtener un

proceso de rectificación eficiente con la reducción de pérdidas, y el uso eficiente de la red eléctrica en la organización.

El proyecto de investigación se lo considera **factible** porque se cuenta con la apertura por parte de la alta dirección de la empresa, brindando las facilidades en torno a la investigación y rediseño de planta de la organización.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Rediseñar la distribución de planta en una rectificadora de motores de combustión interna, mediante herramientas de Ingeniería Industrial para optimizar el flujo de trabajo, mejorar las condiciones de seguridad y eficiencia operativa en la organización.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la situación actual en las áreas de trabajo dentro de la organización, mediante el uso de cursogramas analíticos y una auditoría basada en la Normativa NEC IC-SB Ecuatoriana y Normativa UNE 12464.1, encaminado a detectar oportunidades de mejora en la distribución de planta.
- Identificar el diseño de planta mediante el uso de la metodología SLP, con la finalidad de redistribuir las áreas de trabajo y encontrar una relación adecuada entre departamentos, dar cumplimiento a las normativas eléctricas establecidas en la organización objeto de estudio.
- Rediseñar la distribución de planta y la red eléctrica de fuerza y alumbrado, mediante la selección de la metodología más eficiente y de la red eléctrica, con la finalidad de disminuir las operaciones de transporte innecesarias y garantizar un servicio eléctrico adecuado.

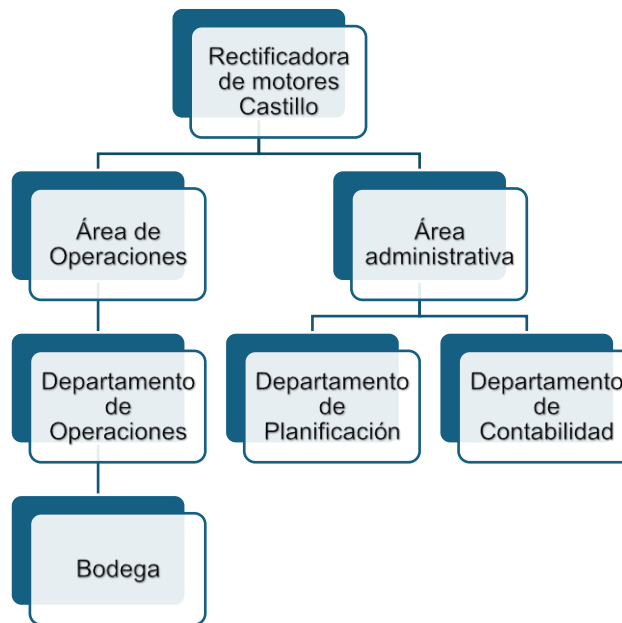
## CAPÍTULO II

### Diagnóstico de la situación actual de la empresa

Para el diagnóstico actual de la Rectificadora Castillo con relación a la distribución de planta se realiza una visita técnica que nos permita identificar el Organigrama de la organización para reconocer los procesos que se manejan y los responsables de estos como se muestra en la **Figura 3**.

**Figura 3:**

*Organigrama Rectificadora Castillo*

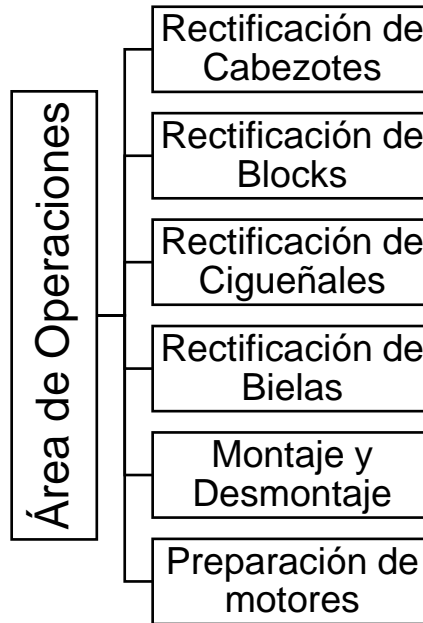


Nota: Elaborado por el autor en base a la visita realizada a la organización

Además, es importante describir los procesos que se realizan en la organización para luego identificar el número de departamentos y su correcto funcionamiento, esto se puede observar en la **Figura 4** y **Figura 5** en donde se detalla los procesos actuales de la organización en el Área de Operaciones y Área Administrativa.

**Figura 4:**

*Procesos en área de operaciones de Rectificadora Castillo*



Nota: Se describen los procesos relacionados al área de operaciones que se manejan actualmente en la organización. Referencia: Elaboración propia

**Figura 5:** *Procesos en área administrativa de Rectificadora Castillo*



Nota: Se describen los procesos relacionados al área de administrativa que se manejan actualmente en la organización. Referencia: Elaboración propia.

En base a las áreas estructuradas de la organización estudiada, la situación actual es que la distribución actual se ha realizado de manera empírica, sin ningún

conocimiento en la materia, sin el conocimiento del nivel de cumplimiento de cada una las áreas de la organización, además no se cuenta con esquema específico de las operaciones realizadas, lo que no permite un desarrollo óptimo de las mismas, las áreas de trabajo no están debidamente señaladas, no cumplen con las normativas NEC-SB-IE y UNE 12464.1, lo que ocasiona riesgos o posibles accidentes a sus empleados.

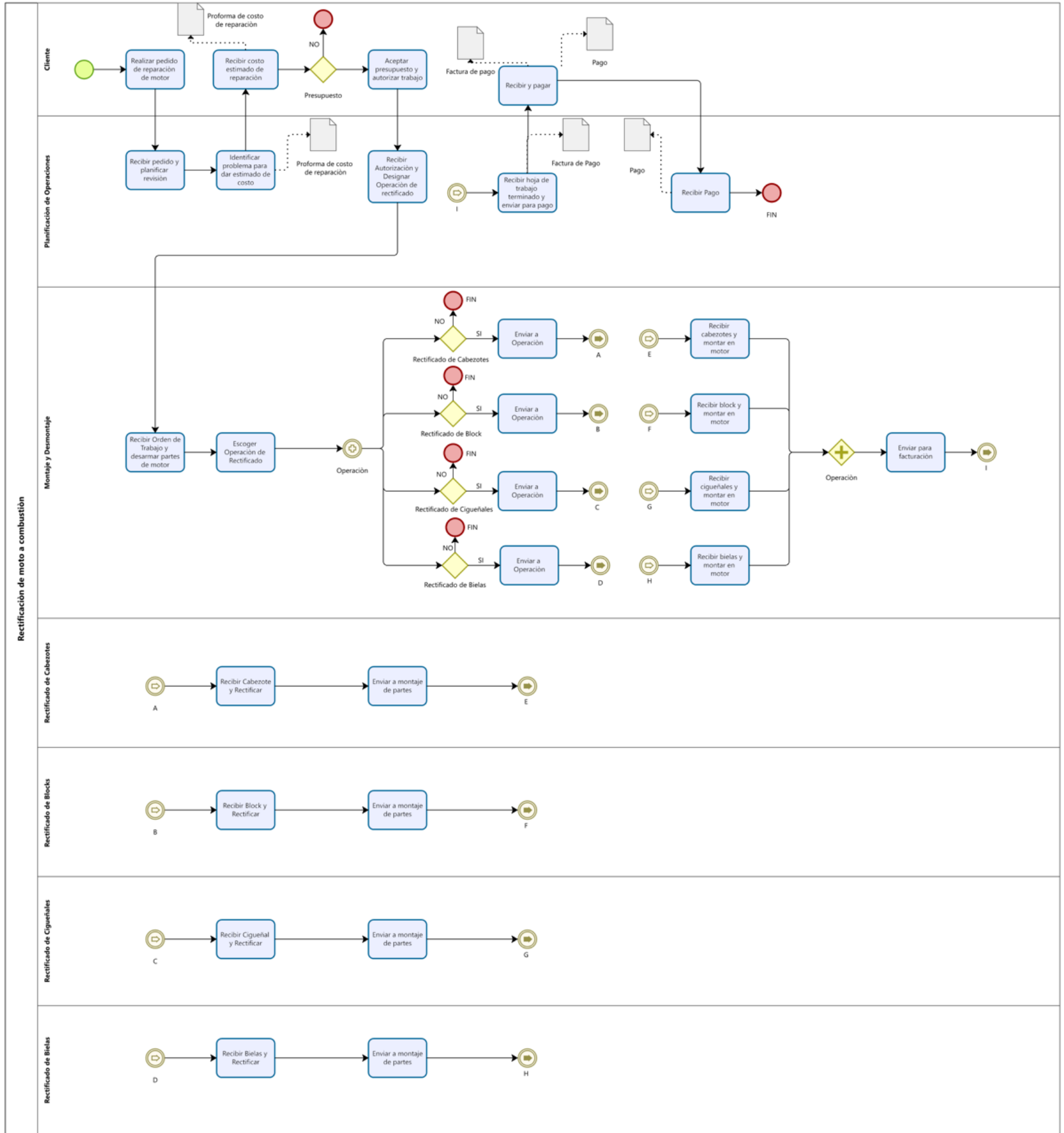
El Proceso que se maneja en la actualidad se identifica en la **Figura 6** donde se describe la entrada y salida del producto y la conexión de las áreas para desarrollar el flujo actual de trabajo

Con los antecedentes planteados se enfrenta a varios problemas dentro de la organización, estos problemas no permiten una adecuada producción en el área de trabajo, que se detallan a continuación:

- Inadecuada distribución del flujo de trabajo.
- Iluminación en puestos de trabajo inadecuado
- Instalaciones Eléctricas obsoletas.

**Figura 6:**

Proceso actual Rectificación de motor a combustión

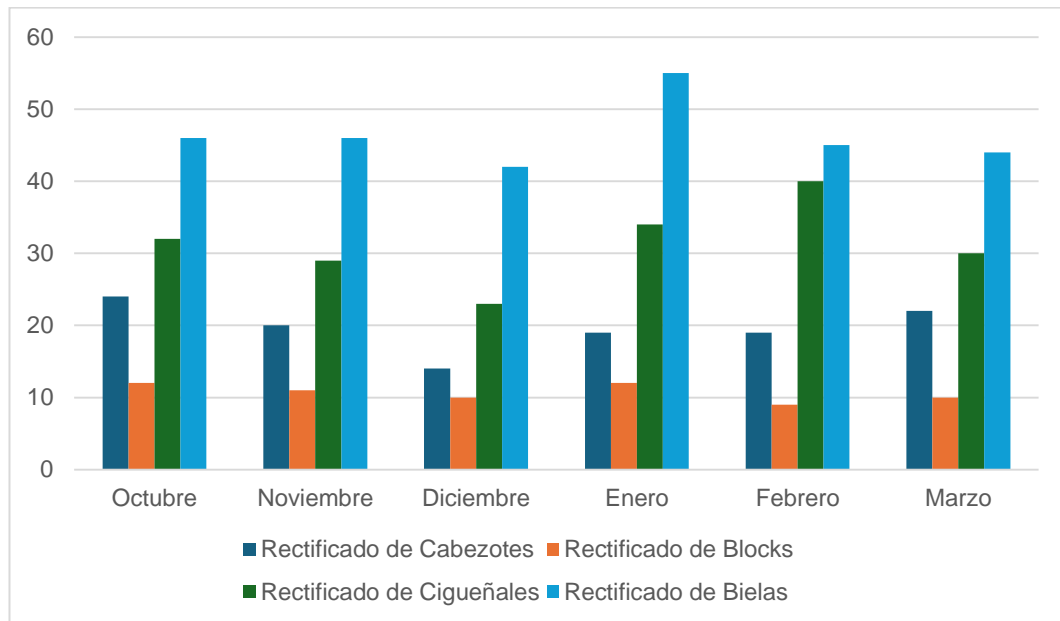


Nota: Proceso macro de Rectificadora Castillo. Referencia: Elaboración Propia en base a software Bizagi

De acuerdo a el proceso macro planteado en la **Figura 6** en la actualidad existen 6 áreas en la organización, en donde se evidencia la deficiente planificación en el flujo de trabajo, la organización cuenta con 4 empleados destinados al área operativa de rectificación y una persona encargada de la planificación del cumplimiento de los trabajos recibidos que a la vez es el gerente de la organización.

**Figura 7:**

*Histograma de operaciones en Rectificadora Castillo*



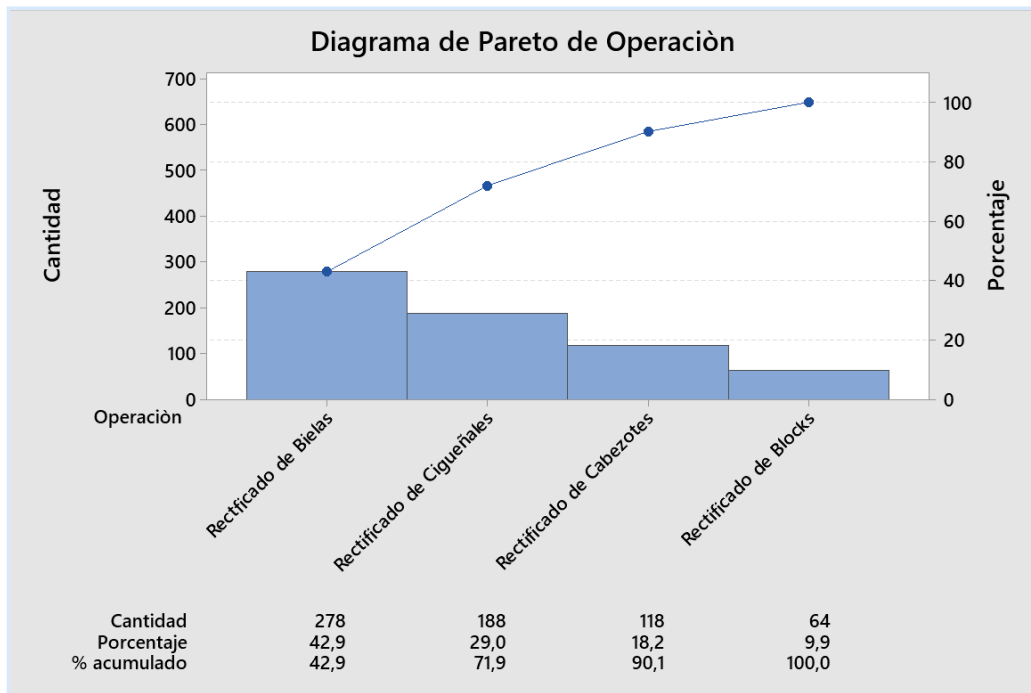
Nota: Histograma de producción de los procesos realizados en la organización.

Referencia: Elaboración propia en base a datos obtenidos por la organización

Con el Histograma planteado y la cantidad de producción de cada una de las operaciones podemos analizar mediante un Diagrama de Pareto el porcentaje de producción de las operaciones que se muestra en la **Figura 8** en donde se identifica con claridad que las operaciones de Rectificado de Bielas y Cigüeñales son las que su proceso de operación tiene un 71,9% de producción, y al ser las más realizadas registran un mayor tiempo de no productividad.

**Figura 8:**

*Demanda de Operaciones de 6 meses*



Nota: Se muestra un Diagrama de Pareto en el que se identifica las operaciones con mayor demanda dentro de la organización. Referencia: Elaboración propia en base a software MiniTab.

Al Determinar el 71.9% de la demanda podemos analizar estos procesos mediante el uso de herramientas ingenieriles que son encaminados al diseño de plantas, para esto vamos a utilizar cursogramas analíticos para identificar las actividades que se realizan en los dos procesos con el mayor índice de demanda, para identificar el tiempo total de trabajo. Asimismo, la distancia recorrida por los operadores para realizar los procesos de rectificado, todo esto en base a la **Figura 9**, en donde se muestra la ubicación de las máquinas de cada proceso, así como también las áreas de la organización. Después vamos a determinar si el espacio con el que cuenta la organización cumple con los parámetros necesarios y óptimos

para el desarrollo de las actividades diarias de los empleados, para esto en la **Tabla 1** se detallan las medidas de los elementos fijos y móviles existentes en la organización.

**Tabla 1:**

*Equipos áreas operativas y administrativas*

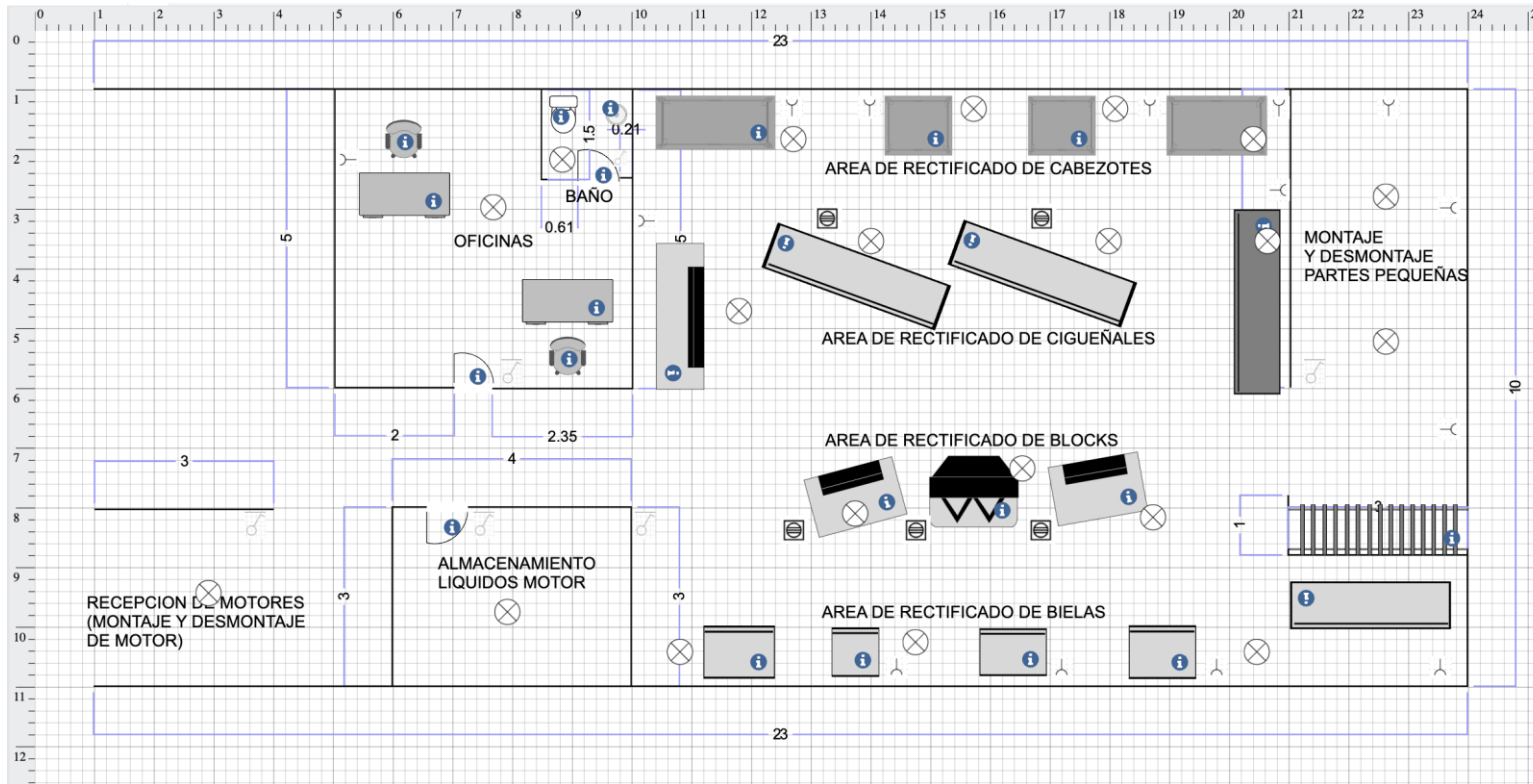
<b>Área de Rectificación de cabezotes</b>			
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medidas</b>	<b>Caras</b>
Rectificadora de cilindros T807K	2	1(m) ancho X 1,13(m) largo	1
Rectificadora de válvulas	1	0,9(m) ancho X 2(m) largo	1
Rectificadora de asiento de válvulas	1	1(m) ancho X 1,68(m) largo	1
<b>Área de Rectificación de Cigüeñales</b>			
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medidas</b>	<b>Caras</b>
Rectificadora de Cigüeñales	2	0,8(m) ancho X 3,12(m) largo	1
Pulidora de banda	1	0,8(m) ancho X 2,45(m) largo	1
Balanceadora Zanrosso	1	0,8(m) ancho X 2,7(m) largo	1
<b>Área de Rectificación de Blocks</b>			
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medidas</b>	<b>Caras</b>
Mandrinadora AMC	2	1(m) ancho X 1,52(m) largo	3
Rectificadora de cilindros AMC	1	1,2(m) ancho X 1,5(m) largo	1
Torno Colchester Triumph	1	0,78(m) ancho X 3,1(m) largo	1
<b>Área de Rectificación de Bielas</b>			
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medidas</b>	<b>Caras</b>
Esmeril EOF	1	0,8(m) ancho X 0,83(m) largo	1
Calentador de Bielas	1	0,8(m) ancho X 1,13(m) largo	1
Rectificadora de Bielas AMZ	1	0,9(m) ancho X 1,15(m) largo	1
Mandrinadora AZ L00	1	0,89(m) ancho X 1,2(m) largo	1
<b>Áreas de Montaje y Desmontaje</b>			
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medidas</b>	<b>Caras</b>
Mesa de montaje y desmontaje	3	1(m) ancho X 2(m) largo	3
<b>Área Oficinas</b>			
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Medidas</b>	<b>Caras</b>
Mesa planificación operaciones	2	0,76(m) ancho X 1,52(m) largo	3

Nota: Descripción de elementos fijos en Rectificadora Castillo. Fuente:

Elaboración Propia

**Figura 9:**

*Layout actual de la organización*



Nota: En la Figura se detalla la ubicación de los elementos fijos, las áreas de la organización, la ubicación actual de las luminarias y tomacorrientes. Referencia: Elaboración propia

**Tabla 2:**

*Cursograma del proceso de rectificación de bielas*

RECTIFICADORA DE MOTORES CASTILLO							
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO							
Fecha de realización:	05/04/2024			Página	1		
Proceso:	Rectificación de bielas			Ficha			
Actividad:	Producción			Número:			
Tipo de diagrama:	Hombre						
	Material	X					
	Actual	X					
Método:	Propuesto						
Actividad	Actual		Propuesto		Economía		
	Cantidad	Tiempo	Cantidad	Tiempo	Cantidad	Tiempo	
Operación	5	270					
Transporte	5	35					
Demora	4	40					
Inspección	2	30					
Almacenamiento	1	15					
Distancia Total	68						
Tiempo total		395					
Aprobado por:							
Descripción de Actividades	Actividades						
	Oper.	Trans port.	Demora	Inspección	Almacena.	Distancia (m)	Tiempo (min)
Recepción de motor	●					0	10
Transporte al área de desmontaje		➔				2	5
Espera por disponibilidad de espacio			●			0	15
Desmontaje de las bielas del motor	●					0	60
Transporte área de montaje y desmontaje de partes pequeñas		➔				24	15
Espera por disponibilidad de herramientas			●			0	10
Transporte al área de Rectificación de Bielas		➔				9	5
Espera por espacio en máquinas involucradas			●			0	5
Rectificación de bielas	●					0	120
Espera por revisión de calidad			●			0	10
Inspección de calidad post-rectificación				■		0	15
Transporte al área de montaje y desmontaje de piezas pequeñas		➔				9	5
Almacenamiento temporal					●	0	20
Transporte al área de entrega		➔				24	5
Montaje de bielas en motor	●					0	60
Inspección final				■		0	15
Entrega al cliente	●					0	20
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>68</b>	<b>395</b>

Nota: Se detalla el flujo que tiene el motor desde su entrada hasta su salida.

Elaborado por el autor

**Tabla 3:**

*Cursograma del proceso de rectificación de cigüeñales*

RECTIFICADORA DE MOTORES CASTILLO							
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO							
Fecha de realización:	05/04/2024			Página	1		
Proceso:	Rectificación de Cigüeñales			Ficha			
Actividad:	Producción			Número:			
Tipo de diagrama:	Hombre						
	Material	X					
Método:	Actual	X					
	Propuesto						
Actividad	Actual		Propuesto		Economía		
	Cantidad	Tiempo	Cantidad	Tiempo	Cantidad	Tiempo	
Operación	5	810					
Transporte	5	40					
Demora	4	40					
Inspección	2	30					
Almacenamiento	1	20					
Distancia Total	60						
Tiempo total		940					
Aprobado por:							
Descripción de Actividades	Actividades						
	Oper.	Trans. port.	Demora	Inspección	Almacena.	Distancia (m)	Tiempo (min)
Recepción de motor	●					0	10
Transporte al área de desmontaje		➔				2	5
Espera por disponibilidad de espacio			●			0	15
Desmontaje del cigüeñal del motor	●					0	240
Transporte área de montaje y desmontaje de partes pequeñas		➔				24	15
Espera por disponibilidad de herramientas			●			0	10
Transporte al área de Rectificación de Cigüeñal		➔				5	5
Espera por espacio en máquinas involucradas			●			0	5
Rectificación de cigüeñal	●					0	300
Espera por revisión de calidad			●			0	10
Inspección de calidad post-rectificación				■		0	15
Transporte al área de montaje y desmontaje de piezas pequeñas		➔				5	5
Almacenamiento temporal					●	0	20
Transporte al área de entrega		➔				24	10
Montaje de cigüeñal en motor	●					0	240
Inspección final				■		0	15
Entrega al cliente	●					0	20
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>60</b>	<b>940</b>

Nota: Se detalla el flujo que tiene el motor desde su entrada hasta su salida.

Elaborado por el autor

En base a los cursogramas analíticos de los procesos planteados existen en la actualidad 7 áreas en los procesos de producción, que dependen mucho del proceso que se va a realizar en cuanto al problema identificado con anterioridad del tipo de rectificado que necesita determinado vehículo.

En la identificación de las actividades que se pueden mejorar dentro de los procesos de rectificación nos centramos en las que se pueden eliminar o mejorar en cuanto a distancias recorridas y el tiempo que están conllevan, para determinar el mejor layout acorde a los procesos realizados, estas actividades son:

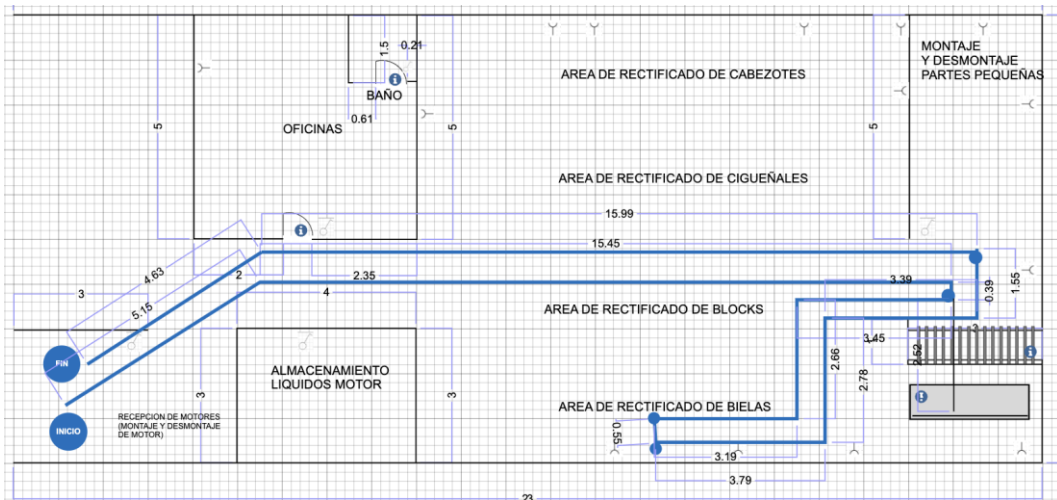
- Transporte al área de montaje y desmontaje de partes pequeñas
- Almacenamiento temporal
- Transporte al área de entrega

En base al análisis de los cursogramas podemos determinar el diagrama de recorrido de los procesos involucrados en la rectificación de motores de combustión que se muestra en la **Figura 10** y **Figura 11**, en donde los procesos de rectificación de bielas y cigüeñales representan el 71,9% de la demanda para de esta manera centrarnos en la mejora de estos procesos y así mejorar la eficiencia.

El análisis de estos cursogramas es fundamental para mejorar los tiempos de operación de rectificado, y bajo esta premisa se pudo observar que los recorridos entre las áreas de trabajo son extensos, esto se debe a que las áreas de trabajo no cuentan con la adyacencia correcta. Asimismo, las operaciones de transporte se pueden mejorar significadamente con el cambio de la distribución de planta, en las **Tabla 2** y **Tabla 3**, en el apartado de transporte de áreas entre sí, se puede observar la pérdida de tiempo en los recorridos dentro de los procesos de rectificado.

**Figura 10:**

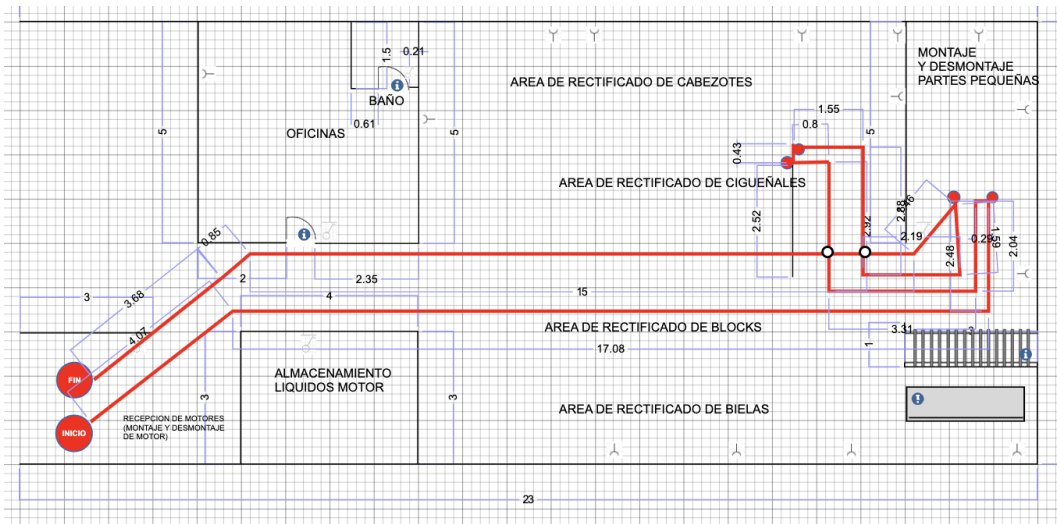
*Diagrama de recorrido de proceso rectificación de bielas*



Nota: En la figura se detalla el diagrama de recorrido del proceso de rectificación de bielas desde su inicio hasta su fin. Referencia: Elaboración propia

**Figura 11:**

*Diagrama de recorrido de proceso rectificación de cigüeñales*



Nota: En la figura se detalla el diagrama de recorrido del proceso de rectificación de cigüeñales desde su inicio hasta su fin. Referencia: Elaboración propia

Se identifica que la distancia requerida para el transporte desde el área de montaje y desmontaje de motores al área de montaje y desmontaje de partes

pequeñas es alta (24 metros) por lo que se van a tomar los correctivos pertinentes con la redistribución de planta.

Luego de analizar el layout actual de la empresa y los flujos de trabajo de los procesos realizados de manera frecuente, se verifico el adecuado cumplimiento con relación al alumbrado de la organización, se realizaron una serie de visitas técnicas, también se realizó una auditoria con el modelo planteado en la **Tabla 4** que evalúa los estándares de cumplimiento determinados por la Normativa (UNE 12464-1, 2022).

**Tabla 4:**  
*Modelo de auditoria planteada*

EVALUACIÓN NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EMPRESA RECTIFICADORA CASTILLO					
Entrevistado:		Ing. Eduardo Castillo		Fecha:	13/05/2024
Elaborado por:		Gilbert Ramón			
Ítem	Descripción	Cumple	No cumple	Observación	

Nota: Formato de auditoria adaptado de (Barriga, 2024)

**Parámetros a considerar para la auditoria según Normativa NEC**

Para el análisis del rediseño en el tema de distribución eléctrica se van a evaluar diferentes parámetros en base a la Normativa NEC y las condiciones relevantes observadas en la organización, parámetros que se observan en la **Tabla**

**5.**

**Tabla 5:**

*Parámetros de evaluación según Normativa NEC*

<b>Parámetros a evaluar</b>	
<b>Literal de Normativa NEC</b>	<b>Descripción</b>
3.2 punto 1	Estudio de demanda y factor de demanda
3.3 Iluminación	Clasificación de viviendas según área de construcción
4 (a.b.c. y d)	Circuitos
4.1	Circuitos de iluminación
10.1 (a)	Interruptores y tomacorrientes

Nota: Tabla realizada en base a Normativa NEC (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018)

### **Iluminación en puestos de trabajo inadecuado**

Se observó que el nivel de iluminancia en los puestos de trabajo no es el adecuado y que las luminarias están mal ubicadas. Estas deficiencias contravienen los estándares de iluminación establecidos para asegurar un entorno laboral seguro y eficiente, como se puede evidenciar en la **Figura 12** y **Figura 13**, las luminarias no están colocadas en el área de trabajo del operador por lo que perjudica en su desempeño y precisión en sus funciones desempeñadas.

**Figura 12:**

*Área de Rectificado de Cigüeñales*



Nota: El área de rectificación de cigüeñales no recibe iluminación directa al puesto de trabajo. Extraído por el Investigador

**Figura 13:**

*Área de rectificado de Block*



Nota: Área de rectificadora de block no recibe iluminación directa al puesto de trabajo. Extraído por el Investigador

Bajo la Normativa UNE 12464.1, la iluminación en interiores cumplir con dos aspectos importantes en los usuarios que son:

- Confort Visual
- Rendimiento de Colores

En la que dentro de la referencia de confort visual se debe guardar una relación entre la tarea y el entorno del trabajador, así como también en control de los medios del deslumbramiento de los medios de luz externos. En relación con el rendimiento de colores es importante recalcar que el  $R_a > 80$ , esto en referencia a la escala de 0 a 100 en cuanto a la iluminación de las tareas en salas o recintos, en la que los usuarios se encuentren de manera permanente, con esto contribuimos a ejecutar y diseñar instalaciones mucho más “humanas” (UNE 12464-1, 2022).

#### **Auditoria en base a Normativa NEC y UNE 12464-1 en circuito alumbrado.**

La Rectificadora de motores es una empresa que se encarga del tratamiento de diferentes tipos de metales ferrosos y no ferrosos, con el objetivo de cumplir con las especificaciones del fabricante, en este caso de motores de vehículos. Se pudo evidenciar la mala distribución de luminarias con respecto a las áreas de trabajo, se dispone de claraboyas que proveen de luz natural para la empresa, pero están colocadas a 6 m de altura, por tal razón no ayudan en la problemática planteada. Tomando como referencia el área de construcción de la organización que es de  $230.58 \text{ m}^2$  (dato facilitado por el gerente de la organización) existen 2 circuitos destinados para el uso de tomacorrientes y 2 circuitos utilizados para la iluminación. En la que se plantean el mínimo de

circuitos que debe disponer la organización con respecto al área de construcción, para cumplir con la Normativa NEC y sus lineamientos, que evidencia el incumplimiento en tema de distribución de circuitos eléctricos.

**Tabla 6:**

*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 referida de Normativa NEC punto 3.3 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018)

Según el (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018) basado en la Normativa Ecuatoriana NEC, en el punto 4 referente a circuitos establece que las características de los circuitos deben ser:

- La alimentación y circuitos tanto de tomacorrientes como de luminarias deben ser independientes y no menos al 125% de su carga máxima.
- Todo circuito debe tener su neutro conectado a tierra.
- Todo circuito debe poseer de protección.

Los circuitos no deben ser compartidos entre diferentes plantas.

En la auditoría realizada, la organización si cumple con estos parámetros como se puede verificar en la **Figura 14**, que se registrara en la **Tabla 4** para los fines pertinentes.

**Figura 14:**

*Panel de distribución eléctrica*



Nota: Fotografía obtenida en la auditoría por parte del Autor en la organización

Según (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018) basado en la Normativa NEC indica que los interruptores deben estar instalados a 1.2 metros de altura y estar conectados al conductor de fase. En la organización se evidencia que los interruptores se encuentran instalados a una altura de 1.45 metros y algunos no están conectados al conductor de fase, el contrario estos están energizados con el conductor de neutro como se evidencia en la **Figura 17**, además no cuentan con las seguridades necesarias para su correcto funcionamiento.

## Resultado de Auditoria en base a Norma NEC y UNE 12464-1 en circuito de alumbrado

**Tabla 7:**

*Auditoria NEC correspondiente a luminarias*

EVALUACIÓN NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EMPRESA RECTIFICADORA CASTILLO				
Entrevistado:	Ing. Eduardo Castillo	Fecha:	13/05/2024	
Elaborado por:	Gilbert Ramón			
Ítem	Descripción	Cumple	No cumple	Observación
3.2 Estudio de demanda y factor de demanda (punto 1)	Cada iluminación tiene una carga máxima de 100(W)	X		Ninguna
3.3 Clasificación de vivienda según el área de construcción (iluminación)	Mínimo de circuitos de iluminación		X	Actualmente existen 2 circuitos de iluminación
4. Circuitos	Dimensionamiento con soporte superior al 125% en carga máxima		X	Los circuitos se encuentran sobrecargados y mal dimensionados
4.1 Circuitos de iluminación	Alimentación de carga máxima 15A, no exceder de 15 puntos de iluminación.		X	Un circuito está conectado a más de 15 puntos de iluminación.
Interruptores (literal a)	Instalación de interruptores a 1.2 metros y conexión de conductor a fase		X	Interruptores conectados a 1.45 metros y a conductor de neutro

Nota: Resultado obtenido en base a visita técnica basándose en la Normativa

NEC (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018)

Para fines técnicos se realiza la medición de nivel de lúmenes de las respectivas áreas de trabajo con el fin de determinar si el alumbrado cumple con

las especificaciones de la Norma UNE 12464-1 y NEC, como se demuestra en el **Tabla 8** en el que se detalla la actividad industrial a la que se dedica la organización que en este caso es el punto 7.2, Lista de áreas de la tarea y actividad, Tabla 26, Actividades industriales y artesanales. Procesado y tratamiento de metales, N° referencia 26.4, Mecanizado basta y media: tolerancias mayores o igual a 0,1 mm, y Montaje N° referencia 26.11.2 – de dimensiones medias, y en la **Tabla 9** donde se identifica el área administrativa (oficinas) para su cumplimiento en niveles mínimos de iluminación.

En la **Figura 9** se puede observar la distribución actual de las luminarias en la organización, que cuenta actualmente con 22 luminarias, en las que se distribuye

según el área de la organización, estas son:

- Área de Montaje y Desmontaje de motores
- Área de Montaje y Desmontaje de partes pequeñas
- Área de Rectificado de Cabezotes
- Área de Rectificado de Cigüeñales
- Área de Rectificado de Blocks
- Área de Rectificado de Bielas
- Área Administrativa(Oficinas)

En la organización las tareas que se desempeñan con respecto a la Normativa UNE 12464-1 son las de Montaje y Desmontaje, Mecanizado basta y media (Rectificado) y Administrativas de Oficina, por lo que en la **Tabla 8** y **Tabla 9** se toman los ítems relacionados a los puntos 26.4, 26.11.2 y 34.2.

**Tabla 8:**

*Actividades industriales y artesanales. Procesado y tratamiento de metales (luminarias permisibles)*

Nº ref.	Tipo de tarea/área de actividad	E <sub>m</sub> 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: tolerancia $\geq 0,1$ mm	300	500
26.5	Mecanización de precisión, pulido: tolerancia $< 0,1$ 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	1000
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	1000
26.12	Galvanización	300	500

Nota: Tabla tomada de Normativa (UNE 12464-1, 2022) punto 26

**Tabla 9:**

*Oficinas (luminarias permisibles)*

Nº ref.	Tipo de tarea/área de actividad	E <sub>m</sub> lx	
		requerido <sup>a</sup>	modificado <sup>b</sup>
34.1	Forja en troquel abierto	200	300
34.2	Estampación en caliente	300	500
34.3	Soldadura	300	500
34.4	Mecanización basta y media: tolerancia $\geq 0,1$ mm	300	500
34.5.1	Mecanización de precisión, pulido: tolerancia $< 0,1$ mm	500	750
34.5.2	Trazado, inspección	750	1000
34.6	Talleres de estirado de hilos y tubos, conformado en frío	300	500
34.7	Mecanización de chapas: espesor $\geq 5$ mm	200	300

Nota: Tabla tomada de Normativa (UNE 12464-1, 2022) punto 34

En base a la Normativa UNE 12464-1 verificamos si el nivel de luminosidad es el adecuado para cada puesto de trabajo, esto se llevó a cabo con la utilización de un aparato de medida llamado luxómetro, para identificar las áreas que cumplen o no cumplen con los parámetros establecidos por la norma. En la **Tabla 10** se realiza la comparación de los datos tomados in situ con respecto a las tablas facilitadas por la Normativa vigente.

**Tabla 10:**

*Mediciones de alumbrado en lux para cada área de trabajo*

Área y tarea	Em Lux actual	Em Lux Normativa	Cumple	No Cumple	Observación	
Área de Rectificado de Cabezones	Máquina 1	260	300		X	Iluminación deficiente
	Máquina 2	290	300		X	Iluminación por claraboya y parte de luminaria
	Máquina 3	226	300		X	Carece de iluminación
	Máquina 4	210	300		X	Iluminación deficiente
Área de Rectificado de Cigüeñales	Máquina 5	131	300		X	Iluminación deficiente mala ubicación de luminaria
	Máquina 6	150	300		X	Iluminación deficiente mala ubicación de luminaria
	Máquina 7	294	300		X	Iluminación deficiente
	Máquina 8	300	300	X		Iluminación adecuada
Área de Rectificado de Block	Máquina 9	210	300		X	Iluminación deficiente mal ubicada
	Máquina 10	283	300		X	Iluminación adecuada
	Máquina 11	240	300		X	Iluminación deficiente mal ubicada
	Máquina 12	274	300		X	Iluminación deficiente
Área de Rectificado de Bielas	Máquina 13	215	300		X	Iluminación mal ubicada
	Máquinas 14	234	300		X	Iluminación mal ubicada
	Máquina 15	211	300		X	Iluminación mal ubicada
Área de montaje y desmontaje de motores	Montaje de motores	215	300		X	Iluminación inadecuada
	Desmontaje de motores	276	300		X	Iluminación inadecuada
Área de oficinas	Actividades de escritura a máquina	239	500		X	Iluminación inadecuada

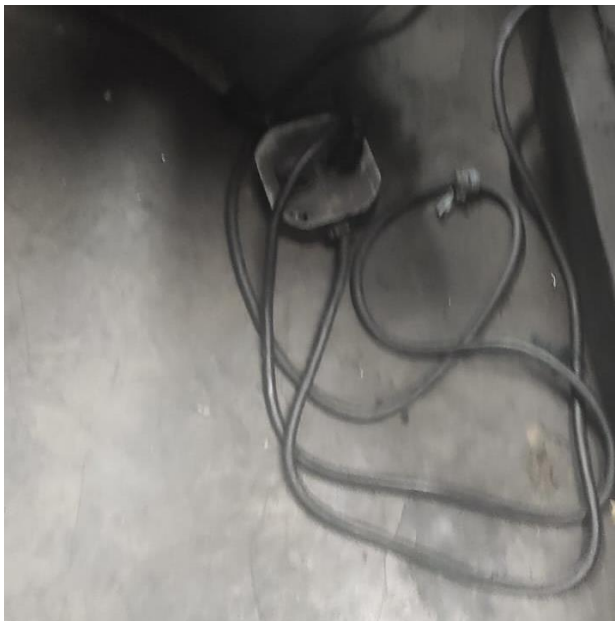
Nota: Mediciones realizadas con luxómetro en áreas de trabajo de Rectificadora Castillo. Elaborado por: Investigador

### **Instalaciones Eléctricas obsoletas**

Tomando en cuenta los riesgos a los que están expuestos los trabajadores se verificó varias irregularidades que no cumplen con la Normativa vigente relacionada a la Normativa (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018), en la que estipula los parámetros de construcción obligatorios a nivel nacional que garantice la calidad de vida de los ecuatorianos y una cultura de seguridad y prevención dentro de las organizaciones. En la **Figura 15** se muestra las instalaciones eléctricas de tomacorrientes actuales de la organización.

**Figura 15:**

*Instalación Eléctrica de tomacorrientes*



Nota: Tomacorriente de maquinaria utilizada en Rectificadora Castillo sin empotramiento en piso, que no cumple con parámetros establecidos por la NEC–SB–IE. Extraído de la empresa objeto de estudio.

Según la NEC (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018) en el apartado 10.1 Interruptores y Tomacorrientes, inciso c y g, de esta Normativa establece que los tomacorrientes deben ser instalados a 0.40 m del piso terminado, esto cuando las máquinas se encuentran cerca de las paredes para su debido uso, pero cuando las máquinas por cuestiones de necesidad y espacio se instalan lejos de las paredes se deben utilizar tomacorrientes debidamente empotrados que cuenten con alta resistencia mecánica y a prueba de humedad.

En la **Figura 15** se puede observar que las instalaciones eléctricas de los tomacorrientes son empíricas sin cumplir con los estándares de seguridad para los trabajadores de la organización, esto se observó en las máquinas ubicadas en las áreas de rectificado de cigüeñales y blocks como se muestra en la **Figura 9**.

Además se puede añadir que en la visita técnica se pudo identificar problemas graves con respecto a las instalaciones eléctricas realizadas de manera empírica, como se muestra en la **Figura 16** los empalmes entre alambres conductores han provocado que el recubrimiento plástico se deteriore por la alta temperatura a las que están expuestos, esto se debe a que los empalmes realizados fueron hechos por personal no calificado en el tema, dando como resultado estas condiciones inseguras para el trabajador y la organización. Según (gderos, 2020), los cables sobrecargados y las instalaciones eléctricas en mal estado pueden hacer que pase demasiada electricidad por un cable deteriorado. Los núcleos del cable se calientan al circular la corriente y, si el aislamiento está dañado, esto puede provocar un cortocircuito y generar un incendio.

**Figura 16:**

*Punto de conexiones eléctricas de Rectificadora Castillo*



Nota: Observamos deterioro en el aislamiento del cableado eléctrico que pueden producir cortocircuito y prender fuego. Extraído de la empresa objeto de estudio.

En las instalaciones eléctricas tanto de alumbrado como de fuerza se puede observar en la **Figura 16 y Figura 17** que los empalmes al no estar realizados de manera técnica producen problemas en las instalaciones eléctricas tales como:

- Recalentamiento de conductores.
- Sobrecarga en la instalación.
- Chisporroteo.
- Cortocircuito.

Según (Antonio Vázquez, 2022), Uno de los aspectos cruciales en cualquier instalación eléctrica es el cuidado en los amarres, también conocidos como empalmes, derivaciones o uniones de los conductores. Si estos no se realizan con precisión, pueden causar cortocircuitos con consecuencias graves. Un buen

empalme implica un contacto físico fijo y excelente entre dos o más alambres o cables. Si un empalme tiene juego, puede generar chispazos, lo que eventualmente puede causar problemas mayores como las mencionadas con anterioridad en la instalación eléctrica, ya sea residencial o comercial.

**Figura 17:**

*Conexión eléctrica de interruptor doble*



Nota: Se observa que el empalme utilizado no es el adecuado para la conexión eléctrica. Extraído de la empresa objeto de estudio.

Con las observaciones realizadas con respecto a instalaciones obsoletas, podemos determinar los cumplimientos de las instalaciones relacionadas a los tomacorrientes de la organización y en base a este análisis podemos determinar en los siguientes criterios:

**Tabla 11:**

*Auditoria NEC correspondiente a tomacorrientes*

<b>EVALUACIÓN NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EMPRESA RECTIFICADORA CASTILLO</b>				
Entrevistado:	Ing. Eduardo Castillo	Fecha:	13/05/2024	
Elaborado por:	Gilbert Ramón			
Ítem	Descripción	Cumple	No cumple	Observación
3.2 Estudio de demanda y factor de demanda (punto 1)	Cada tomacorriente con una carga máxima de 200(W)	X		Ninguna
3.3 Clasificación de vivienda según el área de construcción (tomacorrientes)	Mínimo de circuitos de tomacorrientes		X	Actualmente existen 2 circuitos de tomacorrientes
4. Circuitos	Dimensionamiento con soporte superior al 125% en carga máxima	X		Ninguna
4.1 Circuitos de tomacorrientes	Alimentación de carga máxima 20A, no exceder de 10 puntos de tomacorrientes.		X	La organización cuenta con 25 tomacorrientes
10.1 Tomacorrientes (literal a)	Instalación de tomacorrientes a 0.40 metros		X	Tomacorrientes conectados a 0.60 metros conectados sin criterio técnico
10.1 Tomacorrientes (literal g)	Tomacorrientes empotrados a piso con resistencia a la humedad y alta resistencia mecánica		X	Tomacorrientes de piso no empotrados sin ninguna característica de resistencia al alto impacto y humedad

Nota: Parámetros de cumplimiento correspondientes a tomacorrientes de la organización. Elaborado por el Autor en base a Normativa NEC (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018)

## **Levantamiento de carga eléctrica**

Después de conocer y determinar los circuitos eléctricos de la Rectificadora Castillo se realiza el levantamiento de cargas tanto de alumbrado como de fuerza, para esto se utilizan los datos proporcionados en las placas de los equipos en el mejor de los casos y en los que no se cuenta con este dato, se los toma con la ayuda de un multímetro Fluke con pinza amperimétrica. Se debe considerar que en una de visitas técnicas realizadas se tomó en consideración la optimización del recurso eléctrico ya que el Gerente General de la organización comento la eliminación permanente de máquinas herramientas por falta de uso y mantenimiento, este confeso que no tiene intención de arreglar las máquinas y va a optar por vender estas máquinas por esta razón En la **Tabla 12**, registramos los datos del levantamiento de carga de fuerza del Layout registrado en la **Tabla 13**, tomando en cuenta la disminución de la potencia requerida en la **Tabla 13** para los cálculos correspondientes con la necesidad real de la organización.

**Tabla 12:**

*Levantamiento de carga, circuito de fuerza actual*

<b>Levantamiento de carga actual del circuito de Fuerza</b>						
<b>Equipo</b>	<b>N° Fases</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Potencia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Amperaje Nominal</b>	<b>Potencia</b>
<b>Rectificadora de Cilindros T807K</b>	2	120(V)	250(W)	2	4.16(A)	500(W)
<b>Pulidora de banda impulsada</b>	2	220(V)	250(W)	1	1.13(A)	250(W)
<b>Rectificadora de cigüeñales</b>	2	220(V)	1118(W)	2	5.08(A)	2236(W)
<b>Rectificadora de Válvulas</b>	1	120(V)	372.85(W)	1	3.24(A)	372.85(W)
<b>Rectificadora de asiento de válvulas</b>	2	220(V)	559.27(W)	1	2.54(A)	559.27(W)
<b>Rectificadora Horizontal</b>	2	220(V)	2250(W)	1	10.2(A)	2250(W)
<b>Torno Colchester Triumph</b>	3	380(V)	5219.9(W)	1	13.7(A)	5219.9(W)
<b>Soldadora de cigüeñales Miller</b>	2	220(V)	1100(W)	1	5(A)	1100(W)
<b>Mandrinadora AMC</b>	2	220(V)	1491(W)	2	6.77(A)	2982(W)
<b>Rectificadora de cilindros AMC</b>	2	220(V)	2156(W)	1	9.8(A)	2156(W)
<b>Esmeril EOF</b>	2	220(V)	370(W)	1	1.68(A)	370(W)
<b>Calentador de Bielas</b>	2	220(V)	1600(W)	1	7.27(A)	1600(W)
<b>Rectificadora de Bielas AMZ</b>	2	220(V)	372(W)	1	1.69(A)	372(W)
<b>Mandrinadora AZ L00</b>	2	220(V)	1000(W)	1	4.54(A)	1000(W)
<b>Rectificadora de bielas Vertical AZ</b>	2	220(V)	450(W)	1	2.04(A)	450(W)
<b>Adaptadora de guías de válvulas</b>	2	220(V)	430(W)	1	1.95(A)	430(W)
<b>Balaceadora Zanrosso</b>	2	220(V)	2700(W)	1	12.2(A)	2700(W)
<b>Microondas</b>	1	120(V)	1000(W)	1	8.33(A)	1000(W)
<b>Cafetera</b>	1	120(V)	625(W)	1	5.20(A)	625(W)
<b>Computadora de Escritorio</b>	1	120(V)	330(W)	2	2.75(A)	330(W)
<b>Compresor de aire SA</b>	1	120(V)	1644(W)	1	13.7(A)	1644(W)
<b>Ducha Eléctrica</b>	1	120(V)	1200(W)	1	10(A)	1200(W)
<b>Potencia total circuito fuerza</b>						<b>293477(W)</b>

Nota: Se presentan los parámetros nominales relacionados a las máquinas que se encuentran en la organización.

**Tabla 13:**

*Levantamiento de circuito de fuerza modificado*

<b>Levantamiento de carga actual del circuito de Fuerza</b>						
<b>Equipo</b>	<b>N° Fases</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Potencia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Corriente Nominal</b>	<b>Potencia</b>
<b>Rectificadora de Cilindros T807K</b>	2	120(V)	250(W)	2	4.16(A)	500(W)
<b>Pulidora de banda impulsada</b>	2	220(V)	250(W)	1	1.13(A)	250(W)
<b>Rectificadora de cigüeñales</b>	2	220(V)	1118(W)	2	5.08(A)	2236(W)
<b>Rectificadora de Válvulas</b>	1	115(V)	372.85(W)	1	3.24(A)	372.85(W)
<b>Rectificadora de asiento de válvulas</b>	2	220(V)	559.27(W)	1	2.54(A)	559.27(W)
<b>Torno Colchester Triumph</b>	3	380(V)	5219.9(W)	1	13.7(A)	5219.9(W)
<b>Mandrinadora AMC</b>	2	220(V)	1491(W)	2	6.77(A)	2982(W)
<b>Rectificadora de cilindros AMC</b>	2	220(V)	2156(W)	1	9.8(A)	2156(W)
<b>Esmeril EOF</b>	2	220(V)	370(W)	1	1.68(A)	370(W)
<b>Calentador de Bielas</b>	2	220(V)	1600(W)	1	7.27(A)	1600(W)
<b>Rectificadora de Bielas AMZ</b>	2	220(V)	372(W)	1	1.69(A)	372(W)
<b>Mandrinadora AZ L00</b>	2	220(V)	1000(W)	1	4.54(A)	1000(W)
<b>Balaceadora Zanrosso</b>	2	220(V)	2700(W)	1	12.2(A)	2700(W)
<b>Microondas</b>	1	120(V)	1000(W)	1	8.33(A)	1000(W)
<b>Cafetera</b>	1	120(V)	625(W)	1	5.20(A)	625(W)
<b>Computadora de Escritorio</b>	1	120(V)	330(W)	2	2.75(A)	330(W)
<b>Compresor de aire SA</b>	1	120(V)	1644(W)	1	13.7(A)	1644(W)
<b>Ducha Eléctrica</b>	1	120(V)	1200(W)	1	10(A)	1200(W)
<b>Potencia total circuito fuerza</b>						<b>24817(W)</b>

Nota: La tabla muestra el levantamiento de los circuitos de fuerza

**Tabla 14:**

*Levantamiento de carga, circuito de alumbrado*

<b>Levantamiento de carga actual de circuito de luminarias</b>			
<b>Tipo de Luminaria</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia Unitaria</b>	<b>Potencia Total</b>
<b>Foco Led Ovo</b>	4	50(W)	200(W)
<b>Lámpara led 36W tubo doble</b>	19	36(W)	684(W)
<b>Potencia total circuito de luminarias</b>			924(W)

Nota: Parámetros relacionados a todas las luminarias existentes en la organización

**Tabla 15:**

*Levantamiento de Potencia Total requerida por la organización*

<b>Levantamiento de carga total de circuitos eléctricos</b>	
<b>Circuito eléctrico</b>	<b>Potencia</b>
<b>Circuito de Fuerza</b>	24817(W)
<b>Circuito de Alumbrado</b>	924(W)
<b>Potencia Total en KW</b>	25741(KW)

Nota: Determinamos la carga total de potencia requerida por la organización

## Área de estudio:

**Tabla 16:**

*Área de estudio*

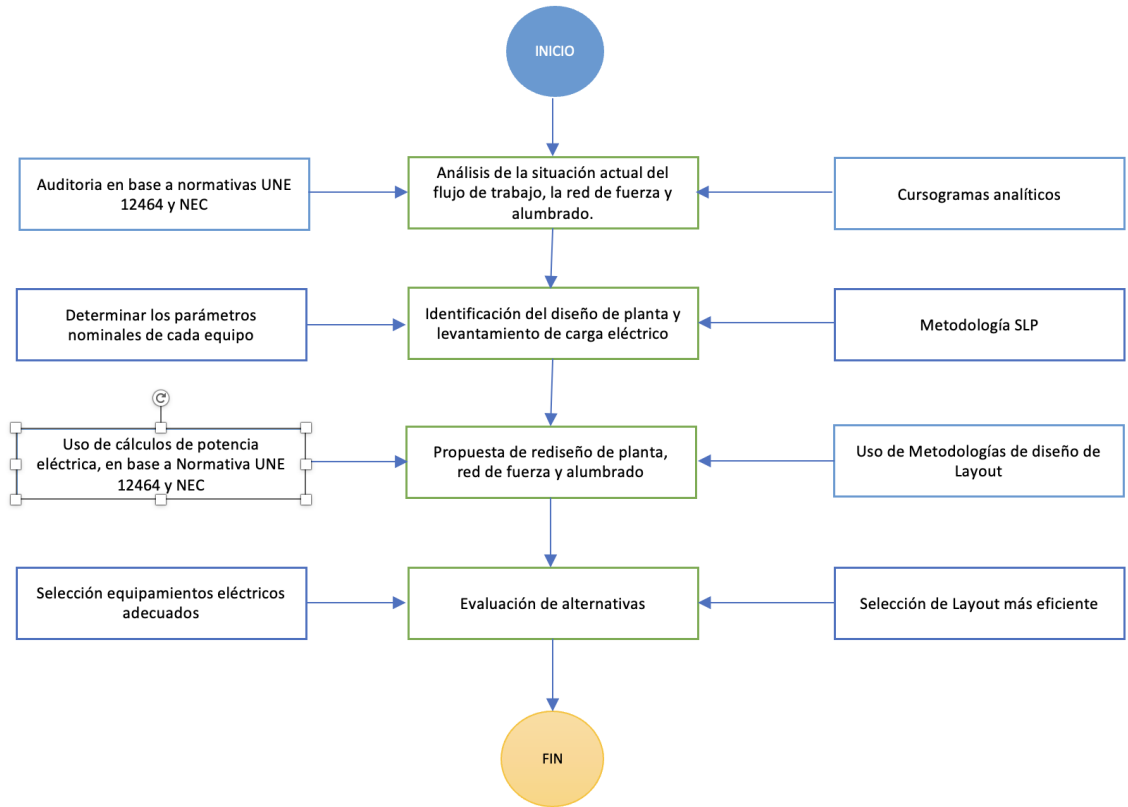
<b>Área de estudio</b>	
<b>Dominio</b>	Tecnología y Sociedad
<b>Línea de investigación</b>	Sistemas Industriales
<b>Sub-Línea de investigación</b>	Diseño e implementación de plantas de procesos y sistemas electromecánicos, eléctricos/electrónicos, para satisfacer necesidades del sector productivo y de servicios mediante herramientas automatizadas.
<b>Campo</b>	Ingeniería Industrial
<b>Área</b>	Instalaciones Industriales Diseño de Plantas
<b>Aspectos</b>	Rediseño de distribución de planta Rediseño de red eléctrica
<b>Objeto de estudio</b>	REDISEÑO DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA PARA LA RECTIFICADORA DE MOTORES DE COMBUSTIÓN
<b>Periodo de análisis</b>	Marzo 2024 a Julio 2024

Nota: Adaptado por el Autor

## Modelo Operativo

**Figura 18:**

*Modelo operativo del proyecto*



Nota: Modelo operativo realizado por el autor

## CAPÍTULO III

### PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

#### Desarrollo de la Propuesta

En base al capítulo 2 y el análisis previo del mismo, se procede con el rediseño de la distribución de planta debido a que los tiempos de ejecución entre departamentos no son óptimos. Esta situación ha puesto en evidencia la necesidad de una reorganización del flujo de trabajo y la mejora en la interacción entre las áreas. Por lo tanto, se llevará a cabo lo siguiente:

- **Determinación de la relación entre departamentos:** Se evalúa cómo interactúan las distintas áreas de la planta y se mide la frecuencia y la necesidad de intercambio entre ellas. Esta evaluación permite identificar qué departamentos deben estar más cercanos y cuáles pueden estar más alejados sin afectar la productividad.
- **Aplicación del método Guerchet:** Para analizar si el espacio disponible en la planta es adecuado, se utiliza este método. El método Guerchet ayuda a calcular si el área es suficiente para las operaciones actuales y futuras, tomando en cuenta las dimensiones de las áreas de trabajo y las necesidades de espacio de cada departamento.
- **Evaluación de la mejor alternativa:** Se consideran varias configuraciones de distribución de planta, comparando sus beneficios y limitaciones. A través de análisis cuantitativos y cualitativos, se selecciona

la alternativa que ofrezca el mejor balance entre costo, eficiencia y viabilidad técnica.

- **Cálculo de la eficiencia:** Finalmente, se realizará un análisis de la eficiencia del nuevo diseño propuesto, considerando factores como la reducción en los tiempos de desplazamiento, la mejora en la ergonomía y la optimización del uso del espacio disponible. Este cálculo permite verificar si el rediseño cumple con los objetivos planteados de mejorar los tiempos de ejecución y maximizar la productividad.

### **Relación entre departamentos**

Se determina que las áreas involucradas son 7 dentro de la organización como se muestra en la **Tabla 17** que se interrelación según el proceso que se ejecuta para la rectificación de diferentes partes del motor, según la demanda que se puede observar en la **Figura 8** de los últimos 6 meses que se muestra a detalle en la **Tabla 18**.

**Tabla 17:**

*Estaciones de trabajo y letra designada para diseño de planta*

<b>Estación de Trabajo</b>	<b>Área en m<sup>2</sup></b>	<b>Letra Asignada</b>
Oficinas	25	A
Montaje y Desmontaje de Motores	27	B
Montaje y Desmontaje de partes pequeñas	30	C
Rectificado de Cabezotes	22	D
Rectificado de Cigüeñales	33	E
Rectificado de Blocks	33	F
Rectificado de Bielas	28	G

Nota: La Tabla muestra las diferentes estaciones de trabajo con su espacio físico

disponible. Elaborado por el autor

**Tabla 18:**

*Detalle demanda de últimos 6 meses.*

OPERACION	PORCENTAJE	ULTIMO SEMESTRE
Rectificado de Cabezotes	18,21%	118
Rectificado de Blocks	9,88%	64
Rectificado de Cigüeñales	29,01%	188
Rectificado de Bielas	42,90%	278
Total, de último semestre	100%	648

Nota: Detalle de la demanda relacionada a los últimos 6 meses de la organización, desde Octubre del 2023 a Marzo del 2024.

Luego realizamos la matriz de relaciones entre las diferentes operaciones, que se muestra en la **Figura 23** para calcular la distribución más eficaz. Y con estos datos determinar si el espacio físico actual es el adecuado mediante el Método Guerchet.

Utilizando los datos correspondientes a la información proporcionada en la **Tabla 17**, podemos realizar el Layout de las estaciones de trabajo por áreas como se muestra en la **Figura 19**.

**Figura 19:**

*Layout actual de estaciones por áreas*

OFICINAS	RECTIFICACION DE CABEZOTES	MONTAJE Y DESMONTAJE DE PARTES DE MOTOR
	RECTIFICACION DE CIGUEÑALES	
MONTAJE Y DESMONTAJE DE MOTORES	RECTIFICACION DE BLOCKS	
	RECTIFICACION DE BIELAS	

Nota: En la Figura se detalla la ubicación actual de las estaciones de trabajo en la organización. Referencia: Elaboración propia.

Con el Layout de las estaciones de trabajo por áreas procedemos a realizar el Layout con las letras asignadas para cada estación con el objetivo de realizar los cálculos correspondientes de la redistribución de planta como se muestra en la **Figura 20**.

**Figura 20:**

*Layout actual de estaciones de trabajo por letras*

A	D	C
	E	
B	F	
	G	

Nota: En la Figura se especifica las letras asignadas a las estaciones de trabajo en la actualidad. Referencia: Elaboración propia

### **Método Guerchet**

Para determinar el espacio que se requiere para la ejecución de las operaciones de manera correcta es necesario realizar el cálculo de las diferentes estaciones de trabajo, siendo necesario determinar el número de caras que se utilizan en las máquinas actualmente, así como también las dimensiones tanto de máquinas herramientas y de operadores, utilizando los datos recogidos en la organización que se muestran en la **Tabla 1**.

Según (Caza, 2023), el método de Guerchet puede implementarse siguiendo una serie de pasos diseñados para determinar el espacio requerido, con el objetivo de lograr una distribución óptima. Para esto se determina los elementos

fijos y móviles en el proceso de rectificado, así como también el número de lados y la cantidad de elementos para realizar los cálculos de superficies de cada elemento.

Con los datos obtenidos previamente podemos calcular:

- Superficies estática (Ss): en la que se determina el largo (L) y ancho(a) del elemento.

$$Ss = L \times a$$

- Superficie gravitacional (Sg): superficie que describe el número de lados disponible para realizar determinada actividad por la superficie estática.

$$Sg = Ss \times N$$

- Superficie de evolución (Se): espacio para el correcto flujo en el puesto de trabajo, transporte y maquinaria de cada área de trabajo, en la que se involucra la superficie estática más la superficie gravitacional por el coeficiente k.

$$Se = (Ss + Sg) \times k$$

- Coeficiente de evolución (k): este coeficiente se determina por el tipo de actividad productiva a la que se dedica la organización, en nuestro estudio podemos utilizar el valor de (Pequeña mecánica) es decir de 1.5 a 2 como se muestra en la **Figura 21**.

El valor de k se puede calcular si no se encuentra la actividad productiva dentro de la **Figura 21**, esto en base a la siguiente fórmula:

$$k = \frac{h_{EM}}{2h_{EE}}$$

Donde;  $h_{EM}$ : altura elemento movil

$h_{EE}$ : altura elemento estático

$$h_{EM} = \frac{\sum_{i=1}^r Ss \times n \times h}{\sum_{i=1}^r Ss \times n}$$

Donde; r: variedad de elementos móviles  
 Ss: Superficie móvil de cada elemento móvil  
 n: Número de elementos móviles  
 h: Altura de cada elemento móvil

$$h_{EE} = \frac{\sum_{i=1}^t Ss \times n \times h}{\sum_{i=1}^r Ss \times n}$$

Donde; t: variedad de elementos estáticos  
 Ss: Superficie estática de cada elemento móvil  
 n: Número de elementos estáticos  
 h: Altura de cada elemento estático

**Figura 21:**  
*Coficiente k para la superficie de evolución*

TIPOS DE ACTIVIDAD PRODUCTIVA	k
Gran industria, alimentación y evacuación mediante grúa puente	0,05 a 0,15
Trabajo en cadena, con transportador aéreo	0,1 a 0,25
Textil, hilados	0,05 a 0,25
Textil, tejidos	0,5 a 1
Relojería y joyería	0,75 a 1
Pequeña mecánica	1,5 a 2
Industria mecánica	2 a 3

Nota: La figura muestra los tipos de actividades productivas en general y sus valores k. Referencia: Tomado de (Cuatrecasas, 2017)

Estos cálculos hacen referencia a la **Tabla 19**, en donde se determinó las superficies de trabajo para los operadores y con esto el área total requerida.

Tabla 19:

Cálculo de área total para organización Rectificadora Castillo

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTOS	n	Nº DE LADOS	LARGO	ANCHO	ALTURA(h)	SS	SG	SS*n <sup>h</sup>	SS*n	SE	ST	ST*n
<b>Fijos</b>	Rectificadora de cilindros T807K	2	1	1,13	1	1,25	1,1 3	1,1 3	2,82	2,26	3,40	5,65	11,30
	Rectificadora de válvulas	1	1	2	0,9	0,75	1,8	1,8	1,35	1,8	5,41	9,00	9,01
	Rectificadora de asiento de válvulas	1	1	1,68	1	0,75	1,6 8	1,6 8	1,26	1,68	5,05	8,41	8,41
	Rectificadora de cigüeñales	2	1	3,12	0,8	0,8	2,4 9	2,5	3,99	4,99	7,50	12,5	24,98
	Pulidora de banda	1	1	2,45	0,8	0,95	1,9 6	1,9 6	1,86	1,96	5,89	9,81	9,81
	Balanceadora Zanrosso	1	1	2,7	0,8	0,9	2,1 6	2,1 6	1,94	2,16	6,49	1	10,81
	Mandrinadora AMC	2	3	1,52	1		1,5 2	4,5 6		3,04	9,13	1	30,42
	Rectificadora de cilindros AMC	1	1	1,5	1,2		1,8	1,8		1,8	5,41	9,01	9,01
	Torno Colchester Triumph	1	1	3,1	0,8		2,4 8	2,4 8		2,48	7,45	1	12,41
	Esmeril EOF	1	1	0,83	0,8		0,6 6	0,6 6		0,66	1,99	3,32	3,32
	Calentador de Bielas	1	1	1,13	0,8		0,9 0	0,9 0		0,90	2,72	4,52	4,52
	Rectificadora de Bielas AMZ	1	1	1,15	0,9		1,0 3	1,0 4		1,04	3,11	5,18	5,18
	Mandrinadora AZ L00	1	1	1,2	0,89		1,0 6	1,0 7		1,07	3,21	5,34	5,34
	Mesa Montaje y Desmontaje	3	3	2	1		2	6		4	12,02	2	40,03
	Mesa Planificación de Operaciones	2	3	1,52	0,76		1,1 5	3,4 7		29,8 4	6,94	11,56	23,12
	<b>Móviles</b>	Coche	3	-	0,9	0,75	0,8	0,6 8		1,62	2,03		
Carretilla		1	-	1,2	0,8	0,8	0,9 6		0,77	0,96			
Operarios		10	-			1,65	0,5		8,25	5			
								10,64	7,99				
hEF	0,44												
hEM	1,33												
k	1,50												
											<b>ÁREA TOTAL REQUERIDA</b>	<b>207,69</b>	

Nota: En la tabla se observa los cálculos correspondientes al espacio requerido por la organización para cumplir con los requisitos de seguridad y confort dentro del área de trabajo. Referencia: Elaboración propia.

En el cálculo realizado mediante la metodología Guerchet, se determina que el espacio requerido para la organización es de 207,69 m<sup>2</sup>, tomando en cuenta que la organización cuenta con 230 m<sup>2</sup> en la actualidad, dando la apertura a la redistribución de planta industrial.





## Herramientas de diseño de Layout

### Matriz REL

Esta matriz nos permite construir una relación de las actividades, considerando los factores **cuantitativos** y **cualitativos** entre departamentos, esta metodología condensa la información de la ubicación de cada pareja de secciones y su importancia relativa, esta relación se realiza mediante la clasificación de factores cualitativos como se muestra en la **Tabla 20**.

**Tabla 20:**

*Simbología de Matriz REL*

<b>Letra</b>	<b>Adyacencia</b>	<b>Línea</b>
A	Absolutamente necesario	
E	Especialmente importante	
I	Importante	
O	Ordinaria (Corriente)	
U	Irrelevante	

Nota: Simbología en base a relaciones cualitativas entre departamentos.

Referencia: En base a (Heizer, 2007)

A continuación, se detalla la secuencia de procesamiento de las 4 operaciones principales dentro de la organización y su conexión entre los diferentes departamentos.

**Tabla 21:**

*Secuencia de procesamiento entre operaciones de Rectificadora Castillo*

<b>Producto</b>	<b>Secuencia</b>	<b>Producción Semestral</b>
Cabezotes	A-B-C-D-B	118
Cigüeñales	A-B-C-E-B	188
Bielas	A-B-C-G-B	278
Blocks	A-B-C-F-B	64

Nota: Se observa la secuencia entre los diferentes departamentos, para realizar un diferente producto.

### **Matriz Desde – Hacia**

Con el uso de esta matriz podemos dar valores cuantitativos a la relación de cada pareja de departamentos como se muestra a continuación:

**Figura 22:**

*Matriz Desde - Hacia de áreas en la organización*

	A	B	C	D	E	F	G
A	-	648	0	0	0	0	0
B		-	648	118	118	64	278
C			-	118	188	64	278
D				-	0	0	0
E					-	0	0
F						-	0
G							-

Con el uso de la Simbología de la Matriz REL, a continuación, realizamos el puntaje de adyacencia para posteriormente realizar las correspondientes ponderaciones con el uso de la siguiente fórmula:

El Rango calculado nos indica las ponderaciones que debe tener cada letra, dentro de la matriz de relaciones, para determinar cuáles son las áreas que deben estar especial o absolutamente relacionadas entre sí, en la **Tabla 22** se puede observar lo antes mencionado.

**Tabla 22:**

*Cálculo de ponderaciones*

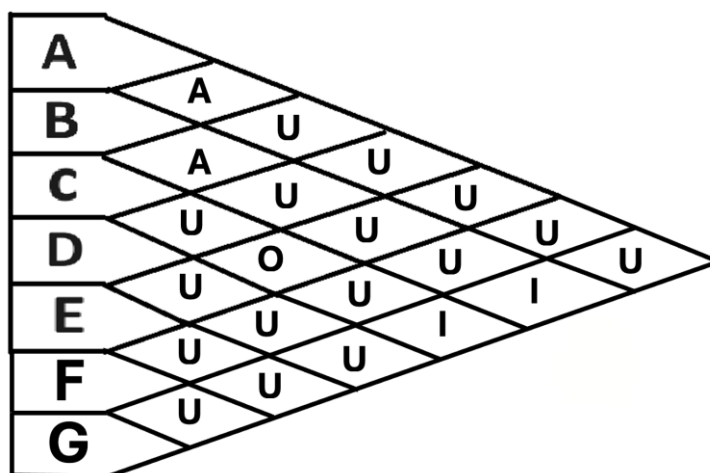
A	524 – 648	=====
E	393 – 523	=====
I	262 - 392	=====
O	131 – 261	=====
U	0 – 130	

Nota: La tabla indica las letras a utilizar para determinar la importancia de la relación entre departamentos. Referencia: Elaborado por el autor

La Matriz Relaciones (REL) nos permite observar de manera cualitativa el par de departamentos que tienen una relación absoluta o especialmente necesaria y se la desarrolla con el objetivo de realizar la distribución adecuada para la organización, esto lo podemos observar en la **Figura 23**.

**Figura 23:**

*Matriz de relaciones*



Nota: En la Figura se detalla las relaciones entre cada par de departamento.

Referencia: Elaboración propia

## Metodología Software CORELAP

El levantamiento de los datos con relación al número de departamentos y su tamaño que se observan en la **Tabla 17** al igual que el cálculo del espacio requerido por el Método de Guerchet, son la base para utilizar el Software Corelap, para determinar de manera precisa cual es la distribución de planta adecuada para la organización, estos datos se detallan en la **Figura 24**, como datos iniciales de las estaciones de trabajo y la ponderación de peso de relaciones.

**Figura 24:**

*Parámetros iniciales de departamentos*

	Nombre Departamento	Tamaño Depart. m2
1	Oficinas	25
2	Mont. y Desm. Mot	27
3	Mont. y Desm. Part	30
4	Rectificado Cabeza	22
5	Rectificado Ciguel	33
6	Rectificado Blocks	33
7	Rectificado Bielas	28

Superficie Disponible : 230

**Definición de los parámetros que determinan el peso de las relaciones.**

A =	5
E =	4
I =	3
O =	2
U =	1
X =	0

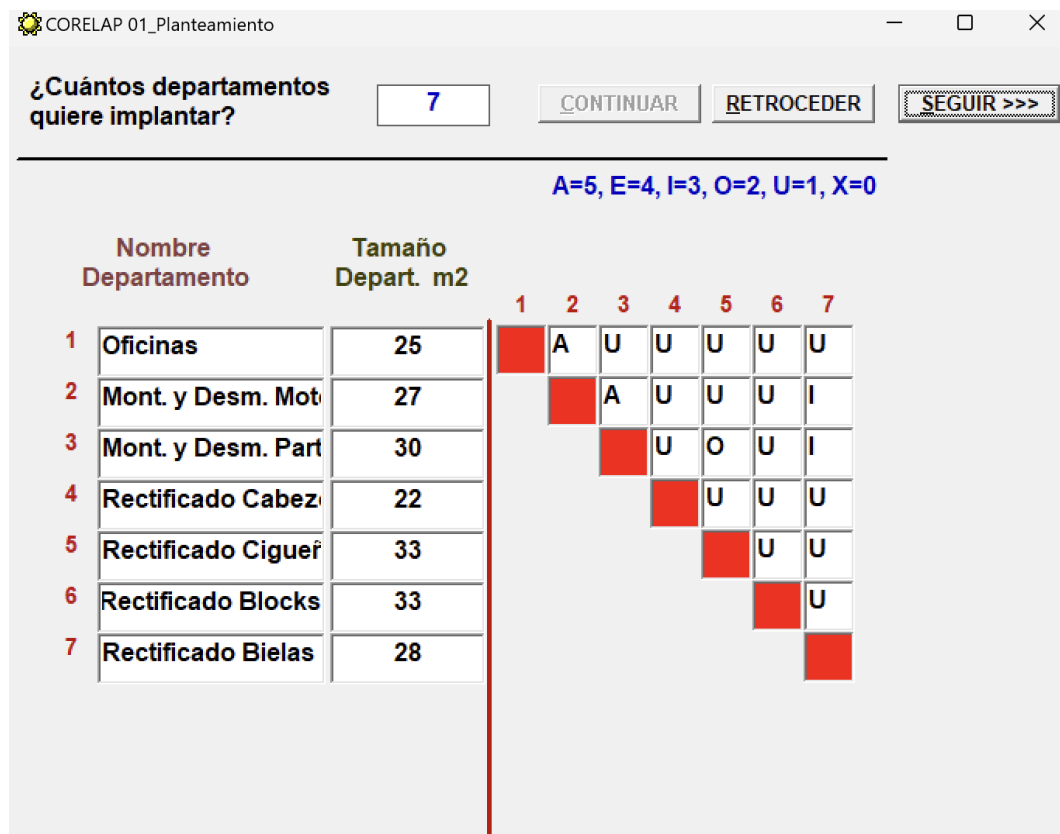
El chart de relaciones se rellena asignando una de estas 6 constantes a la relación entre cada 2 departamentos. El valor de cada constante puede ser modificado en esta tabla.

Nota: En la Figura se observa las especificaciones de los departamentos, es peso de relaciones y la superficie disponible de la organización en m<sup>2</sup>. Referencia: Software Corelap.

En el siguiente paso el software nos pide que ingresemos las letras que asignamos en la Matriz de Relaciones que se muestra en la **Figura 23**, letras que se determinaron de las ponderaciones calculadas. En el software quedaría evidenciado en la **Figura 25**, con los datos antes mencionados.

**Figura 25:**

*Matriz de relaciones Corelap*




Nota: En la Figura se detalla las relaciones entre cada par de departamentos.

Referencia: Software Corelap.

En la **Figura 26**, el software ordena los departamentos por su nivel de importancia, el TCR y además nos indica la superficie requerida y disponible de la organización.

**Figura 26:**

*Orden de departamentos por importancia*



Orden	Nombre	TCR	Superficie m2
1.-	Mont. y Desm. Mo	17	27
2.-	Mont. y Desm. Pa	13	30
3.-	Rectificado Bielas	10	28
4.-	Oficinas	10	25
5.-	Rectificado Cigue	8	33
6.-	Rectificado Block	6	33
7.-	Rectificado Cabeza	6	22

Solución Gráfica

Calcular Iteraciones

Superficie Requerida < Superficie Disponible

Superficie Requerida: 198

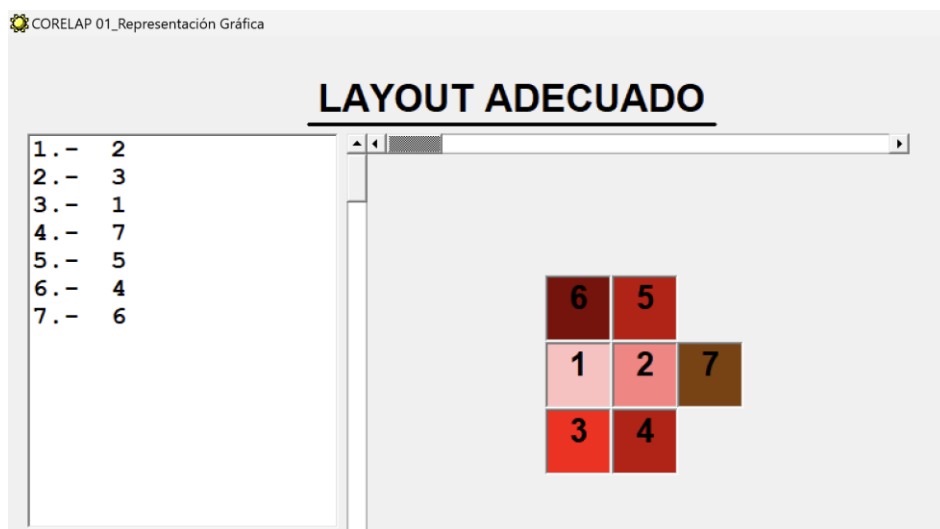
Superficie Disponible: 230

Nota: La figura muestra la importancia de cada departamento y el cálculo TCR del software Corelap. Referencia: Software Corelap.

Como último paso el software muestra la mejor distribución para la organización como se muestra en la **Figura 27**, de manera detallada.

**Figura 27:**

*Diseño de Layout de software Corelap*



Nota: La figura muestra en Layout adecuado para la organización. Referencia: Software Corelap.

Los departamentos según el software Corelap quedarían distribuidos de la siguiente manera:

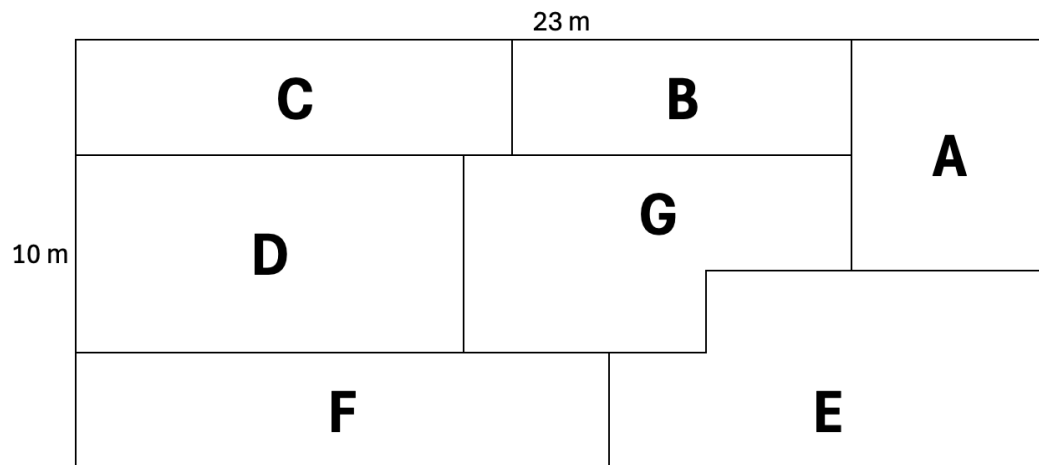
- A = Montaje y Desmontaje de partes pequeñas.
- B = Rectificado de Bielas.
- C= Montaje y Desmontaje de motores.
- D = Rectificado de Cabezotes.
- E = Rectificado de Cigüeñales.
- F = Oficinas.
- G = Rectificado de Blocks.

El Layout propuesto por el software Corelap determina que 1 y 3 deben ser adyacentes ya que tienen una relación considerablemente importante, así como también los departamentos 2 y 4 por ser los procesos con más demanda de rectificación, tomando en cuenta que sus predecesores es decir el departamento 1 y 3 también guardan un nivel alto de adyacencia, es evidente que las áreas de montaje deben ir en el centro de la distribución para minimizar transportes en el proceso de rectificado. Recordemos que los departamentos 1 y 3 estaban separados en el Layout actual de la organización, y por esta razón los procesos no son netamente eficientes.

En la **Figura 28** se muestra la propuesta de Layout del software Corelap, en esta se detalla la distribución de los departamentos en el área actual de la organización.

**Figura 28:**

*Propuesta de Layout Software Corelap*

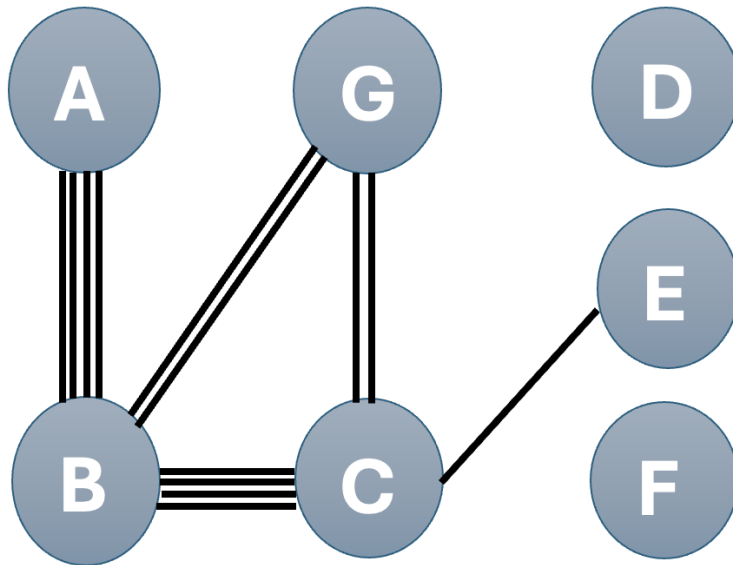


### **Método Block Plan**

Este Método se utiliza para crear un esquema preliminar de la distribución física de los diferentes departamentos o áreas dentro de una planta. Su principal objetivo es organizar los espacios de manera que se optimicen los flujos de trabajo, minimizando los tiempos y costos de transporte entre áreas y mejorando la eficiencia operativa general. Para la utilización de este método se debe realizar de manera previa la Matriz REL que se muestra en la **Figura 23**, así como también el cálculo del área que necesita nuestra organización, como lo determinamos en la **Tabla 19**. Para construir un acomodo de bloques y realizar una distribución en base a relaciones y áreas disponibles por cada departamento que nos quedaría de la siguiente manera.

**Figura 29:**

*Diagrama de acomodo por bloques tentativo*

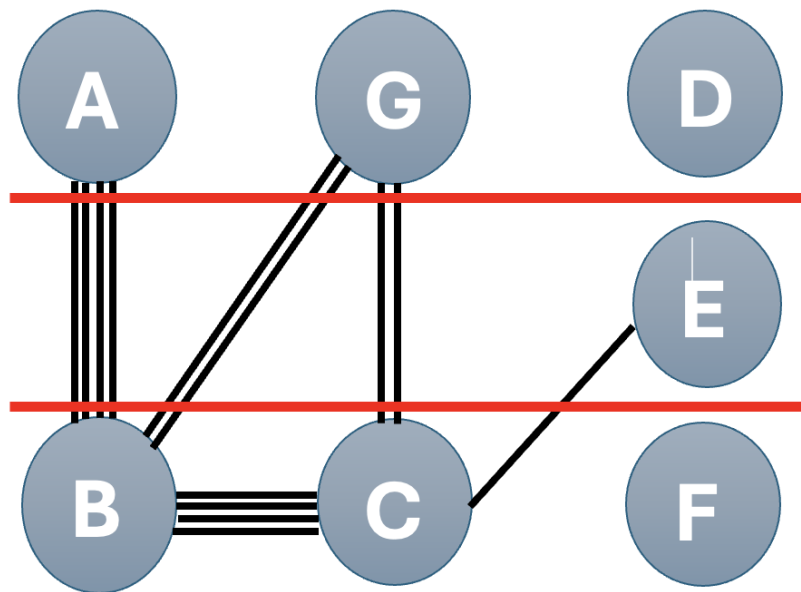


Nota: En la figura se muestra el acomodo de bloques tentativo para el Layout propuesto. Referencia: Elaboración Propia.

Después de realizar el diagrama de bloques es necesario separar el número de bandas que va a tener nuestra propuesta de Layout como se muestra en la **Figura 30**, que en este caso es de 3 bandas y de esta manera determinar las medidas correspondientes a cada departamento.

**Figura 30:**

*Corte de bandas de Diagrama de Bloques*

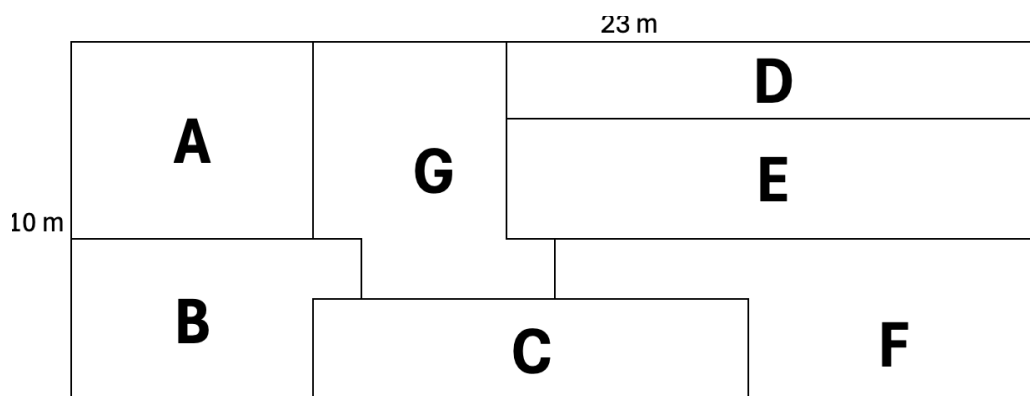


Nota: La figura muestra el corte de 3 bandas de diagrama de bloques. Referencia:

Elaboración Propia.

**Figura 31:**

*Propuesta de Layout Metodología Block Plan*



Nota: La figura muestra la propuesta de distribución de cada departamento y del

Layout. Referencia: Elaboración Propia.

## **Cálculo de la eficiencia mediante adyacencia entre departamentos**

Cuando los flujos de trabajo se expresan de forma cualitativa, se asignan valores numéricos específicos a cada conexión entre los departamentos, basándose en la relación entre ellos. Por ejemplo: "a" puede tener un valor de 20, "e" un valor de 15, "l" un valor de 10, "o" un valor de 5, y "u" un valor de 0. Posteriormente, se crea una tabla desde-hacia que contenga los datos cuantitativos de los flujos. Con la información cuantitativa de los flujos, se evalúa la eficiencia de la distribución asignando un puntaje de 100 a cada relación entre departamentos. Si los departamentos son contiguos (sin estar ubicados en esquinas), se les otorga un valor de 1; en caso contrario, se les asigna un valor de 0. Luego, se utiliza una fórmula específica para calcular la eficiencia total. (Platas, 2014)

$$\text{Calificación de eficiencia}(z) = \frac{\sum[(\text{flujo}) * (\text{calificación 1 o 0})]}{\text{Flujo total}} * 100\%$$

Nota: No es considerado una adyacencia si tiene contacto por las puntas.

### **Procedimiento**

La Matriz desde-hacia nos sirve como punto de partida para realizar los cálculos correspondientes a la eficiencia de las distribuciones calculadas con la metodología Block Plan y Software Corelap. Esto gracias a las adyacencias entre departamentos que se aplicaran en base a los Layout determinados y su diseño. En la **Tabla 23** se muestra flujo de materiales que se maneja en los diferentes procesos.

**Tabla 23:**

*Flujo de los procesos*

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>Total</b>
<b>A</b>	-	648	0	0	0	0	0	648
<b>B</b>		-	648	118	118	64	278	1226
<b>C</b>			-	118	188	64	278	648
<b>D</b>				-	0	0	0	0
<b>E</b>					-	0	0	0
<b>F</b>						-	0	0
<b>G</b>							-	0
<b>TOTAL</b>	0	648	648	236	306	128	556	<b>2522</b>

Nota: Se calcula el total de cada departamento tanto en filas como en columnas

para calcular la eficiencia de las distribuciones en base a las adyacencias.

Referencia: Elaboración Propia.

Realizamos la Matriz desde-hacia tomando en cuenta la adyacencia del diseño calculado por el software Corelap que se muestra en la **Figura 28** y quedaría con los siguientes valores:

**Tabla 24:**

*Matriz desde-hacia eficiencia de Layout software Corelap*

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>Total</b>
<b>A</b>	-	648	0	0	0	0	0	648
<b>B</b>		-	648	118	0	0	278	1044
<b>C</b>			-	118	0	0	278	396
<b>D</b>				-	0	0	0	0
<b>E</b>					-	0	0	0
<b>F</b>						-	0	0
<b>G</b>							-	0
<b>TOTAL</b>	0	648	648	236	0	0	556	<b>2088</b>

Nota: Se calculó sumando el total de cada fila y de cada columna. Referencia:

Elaboración Propia.

$$Eficiencia = \frac{2088}{2522} * 100\%$$

$$Eficiencia = 82,79\%$$

Luego realizamos la Matriz desde-hacia tomando en cuenta la adyacencia del diseño calculado por el software Corelap que se muestra en la **Figura 31** y quedaría con los siguientes valores:

**Tabla 25:**

*Matriz desde-hacia eficiencia de Layout Metodología Block Plan*

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>Total</b>
<b>A</b>	-	648	0	0	0	0	0	648
<b>B</b>		-	648	0	0	0	278	926
<b>C</b>			-	0	0	64	278	342
<b>D</b>				-	0	0	0	0
<b>E</b>					-	0	0	0
<b>F</b>						-	0	0
<b>G</b>							-	0
<b>TOTAL</b>	0	648	648	0	188	64	556	<b>1916</b>

Nota: Se calculó sumando el total de cada fila y de cada columna. Referencia:

Elaboración Propia.

$$Eficiencia = \frac{1916}{2522} * 100\%$$

$$Eficiencia = 75,97\%$$

En base al cálculo de la eficiencia por adyacencia, determinamos la mejor opción y se determina que el Layout planteado mediante la metodología Block Plan la eficiencia es del 75,97% mientras que la eficiencia por el software Corelap es del 82,79%. Por tanto, la opción más eficiente a implementarse en la Rectificadora Castillo es la planteada por el software Corelap que se muestra en la **Figura 32**, en la que se detalla las medidas a tomarse por cada departamento, tomando en cuenta los espacios requeridos para el movimiento adecuado de los operadores, con esta nueva distribución se mejora los tiempos de rectificado analizados con anterioridad.



## Análisis de cursogramas con nuevo Layout.

**Tabla 26:**

*Cursograma proceso Rectificado de Bielas con rediseño de Layout*

RECTIFICADORA DE MOTORES CASTILLO							
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO							
Fecha de realización:	05/08/2024			Página	1		
Proceso:	Rectificación de bielas			Ficha			
Actividad:	Producción			Número:			
Tipo de diagrama:	Hombre						
	Material	X					
Método:	Actual						
	Propuesto	X					
Actividad	Actual		Propuesto		Economía		
	Cantidad	Tiempo(m in)	Cantidad	Tiempo( min)	Cantidad	Tiempo(min)	
Operación	5	270	5	270	-	-	
Transporte	5	35	5	13	-	22	
Demora	4	40	2	15	2	25	
Inspección	2	30	2	30	-	-	
Almacenamiento	1	15	1	5	-	10	
Distancia Total(m)	68	-	12	-	56	-	
Tiempo total	-	395	-	333	-	62	
Aprobado por:							
Descripción de Actividades	Actividades						
	Oper.	Trans port.	Demora	Inspección	Almacena.	Distancia (m)	Tiempo (min)
Recepción de motor	●					0	10
Transporte al área de desmontaje		➔				2	5
Desmontaje de las bielas del motor	●					0	60
Transporte área de montaje y desmontaje de partes pequeñas		➔				2	3
Espera por disponibilidad de herramientas			●			0	10
Transporte al área de Rectificación de Bielas		➔				3	1
Espera por espacio en máquinas involucradas			●			0	5
Rectificación de bielas	●					0	120
Inspección de calidad post-rectificación				■		0	15
Transporte al área de montaje y desmontaje de piezas pequeñas		➔				3	1
Almacenamiento temporal					●	0	5
Transporte al área de montaje y desmontaje de motores		➔				2	3
Montaje de bielas en motor	●					0	60
Inspección final				■		0	15
Entrega al cliente	●					0	20
<b>TOTAL</b>	5	5	4	2	1	12	333

Nota: En la tabla se detalla Diagrama de Flujo de proceso de Rectificado de bielas

con la mejora del Layout. Referencia: Elaboración propia.

**Tabla 27:**

*Cursograma proceso Rectificado de Cigüeñales con rediseño de Layout*

RECTIFICADORA DE MOTORES CASTILLO							
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO							
Fecha de realización:	05/08/2024			Página	1		
Proceso:	Rectificación de Cigüeñales			Ficha			
Actividad:	Producción			Número:			
Tipo de diagrama:	Hombre						
	Material	X					
Método:	Actual						
	Propuesto	X					
Actividad	Actual		Propuesto		Economía		
	Cantidad	Tiempo	Cantidad	Tiempo	Cantidad	Tiempo	
Operación	5	810	5	810	-	-	
Transporte	5	40	5	21	-	19	
Demora	4	40	2	15	2	25	
Inspección	2	30	2	30	-	-	
Almacenamiento	1	20	1	5	-	-	
Distancia Total(m)	60	-	16	-	44	-	
Tiempo total	-	940	-	881	-	59	
Aprobado por:							
Descripción de Actividades	Actividades						
	Oper.	Trans port.	Demora	Inspección	Almacena.	Distancia (m)	Tiempo (min)
Recepción de motor	●					0	10
Transporte al área de desmontaje		➔				2	5
Desmontaje del cigüeñal del motor	●					0	240
Transporte área de montaje y desmontaje de partes pequeñas		➔				2	3
Espera por disponibilidad de herramientas			●			0	10
Transporte al área de Rectificación de Cigüeñal		➔				5	5
Espera por espacio en máquinas involucradas			●			0	5
Rectificación de cigüeñal	●					0	300
Inspección de calidad post-rectificación				■		0	15
Transporte al área de montaje y desmontaje de piezas pequeñas		➔				5	5
Almacenamiento temporal					●	0	5
Transporte al área de montaje y desmontaje de motores		➔				2	3
Montaje de cigüeñal en motor	●					0	240
Inspección final				■		0	15
Entrega al cliente	●					0	20
<b>TOTAL</b>	5	5	4	2	1	16	881

Nota: En la tabla se detalla Diagrama de Flujo de proceso de Rectificado de

cigüeñales con la mejora del Layout. Referencia: Elaboración propia

Con el rediseño del Layout actual por el propuesto en la **Figura 32**, se mejora de manera significativa el flujo de trabajo en la organización en cuanto, a distancias recorridas para realizar el proceso de Rectificado de Cigüeñales, en la actualidad es de **60 m**, como se puede observar en la **Tabla 3**, con el Layout propuesto es de **16 m**, es decir el proceso de recorrido mejora un **73,3%**.

Asimismo, el tiempo requerido para realizar el proceso en la actualidad es de **940 minutos** a comparación del propuesto con el nuevo diseño de **881 minutos**, con una disminución de **59 minutos**, que representa el **6,27%** de tiempo de trabajo, optimizando de manera significativa este proceso en la Rectificadora Castillo. De la misma manera, para realizar el proceso de Rectificado de Bielas, en la actualidad es de **68 m**, como se puede observar en la **Tabla 2**, con el Layout propuesto es de **12 m**, es decir el proceso de recorrido mejora un **82,35%**.

Además, el tiempo requerido para realizar el proceso en la actualidad es de **395 minutos** a comparación del propuesto con el nuevo diseño de **333 minutos**, con una disminución de **62 minutos**, que representa el **15,7%** de tiempo de trabajo, optimizando de manera significativa este proceso en la Rectificadora Castillo.

Este enfoque asegurará una mejora integral en la distribución de planta, con impactos positivos en la eficiencia operativa de la organización.

**Tabla 28:***Circuitos de la red eléctrica de fuerza*

<b>N.-De circuito</b>	<b>Equipo eléctrico</b>	<b>Potencia nominal (W)</b>	<b>I nominal de cada equipo (A)</b>
<b>1</b>	Rectificadora de cilindros T807K	250 (W)	2.08 (A)
	Pulidora de banda impulsada	250(W)	1.13(A)
	Rectificadora de válvulas	372,85(W)	3.24(A)
	Rectificadora de asiento de válvulas	559.27(W)	2.54(A)
<b>Potencia nominal, total</b>		1432.12 (W)	
<b>2</b>	Rectificadora de cigüeñales	2236 (W)	5.08 (A)
	<b>Potencia nominal, total</b>		2236(W)
<b>3</b>	Torno Colchester Triumph	5219.9(W)	13,7(A)
	<b>Potencia nominal, total</b>		5219.9 (W)
<b>4</b>	Mandrinadora AMC	2982 (W)	6.77 (A)
	<b>Potencia nominal, total</b>		2982W)
<b>5</b>	Calentador de bielas	1600(W)	7.27(A)
	<b>Potencia nominal, total</b>		1600(W)
<b>6</b>	Balanceadora Zanrosso	2700(W)	12.2(A)
	<b>Potencia nominal, total</b>		2700(W)
<b>7</b>	Esmeril EOF	370(W)	1.68(A)
	Rectificadora de bielas AMC	372(W)	1.69(A)
	Mandrinadora AZ 100	1000(W)	4.54(A)
	<b>Potencia nominal, total</b>		1742(W)
<b>8</b>	Microondas	1000(W)	8.33(A)
	Cafetera	625(W)	5.20(A)
	Computadora de escritorio	330(W)	2.75(A)
	<b>Potencia nominal, total</b>		1955(W)
<b>9</b>	Compresor de aire SA	1644(W)	13.7(A)
	<b>Potencia nominal, total</b>		1644(W)
<b>10</b>	Ducha Eléctrica	1200(W)	10(A)
	<b>Potencia nominal, total</b>		1200(W)

Nota: Circuitos de fuerza propuestos en base a NEC

El rediseño de la nueva red eléctrica de la empresa se basa en el modelo operativo planteado en la **Figura 18**. Para esto es indispensable realizar un levantamiento de los equipos de los circuitos de fuerza ya que la empresa cuenta con equipos que necesitan de una potencia superior a los 1500W. Según la NEC (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018) en el punto 3.2 referente al estudio de demanda y factor de demanda, los equipos con cargas especiales deben ser diseñados de manera individual para soportar su carga nominal específica, para el rediseño de los circuitos correspondientes a tomacorrientes se debe tomar en cuenta la colocación de los mismos a una altura de 0.40 m como lo establece la NEC esto en el caso de las máquinas que se encuentran cerca de las paredes de la organización, mientras que para las máquinas colocadas en el centro de la organización se deben colocar tomacorrientes de manera correcta como lo establece la NEC, es decir empotrados en el piso con cuentan con alta resistencia mecánica y a prueba de humedad, como se establece en el punto 10.1 de la norma. Bajo estos parámetros en la **Tabla 28** se evidencia el levantamiento de las máquinas agrupadas en algunos casos, y en otros de manera individual por lo antes mencionado.

Determinamos que el número de circuitos eléctricos de fuerza necesarios para el rediseño de la nueva red es de 10, en los que también se debe tomar en cuenta el calibre correspondiente al ser circuitos especiales, según el punto 5.4 de la NEC, literal b, se debe utilizar un conductor de cobre con sección mínima de  $5.26 \text{ mm}^2$  para las fases, esto en los circuitos que en la **Tabla 28** no se encuentren agrupados, usando las mismas características en el neutro del conductor basado en

punto 5.3, literal a, con estos aspectos es imperativo realizar los cálculos de la línea de distribución, así como también de cada circuito.

### **Cálculo de línea de distribución entre transformador y tablero de distribución**

Para los circuitos eléctricos de fuerza es importante realizar el cálculo correspondiente al conductor a utilizarse desde el transformador hasta el tablero principal de la organización, según los requerimientos de las corrientes nominales y su demanda, estos cálculos los podemos realizar con el libro "Problemas resueltos y propuestos de Electrotecnia Básica" de Esteban Amador Martínez (Martínez, 1985.).

$$I_a: \frac{1.25 \times I_{mm} + \sum I_{nom} \times F.D.}{F.T. \times F.C.} \quad (1)$$

Dónde:

- $I_{mm}$ : Corriente nominal que mayor corriente toma de todo lo conectado al alimentador (en ampere).
- $\sum I_{nom}$ : Sumatoria de las corrientes nominales de cada circuito energizado a través del alimentador.
- F.D.: Factor de demanda.
- F.T.: Factor de Temperatura.
- F.C.: Factor de número de conductores.

Para determinar los Factores correspondientes a la corriente nominal es necesario utilizar la **Tabla 29** y la **Tabla 30**, relacionadas al

Factor de número de conductores a través de una misma tubería y el Factor de corrección de Temperatura.

**Tabla 29:**

*Factor de número de conductores a través de una misma tubería*

<b>Número de conductores a través de una misma tubería</b>	<b>F.C.</b>
1 a 3	1.0
4 a 6	0.8
7 a 24	0.7
25 a 42	0.6
43 y más	0.5

Nota: Tabla realizada en base a (Energy Infinitus, 2012)

**Tabla 30:**

*Factores de corrección de temperatura aplicables a conductores de cobre o de aluminio*

<b>Temperatura en °C</b>	<b>Factor de corrección de temperaturas (F.T.)</b>
0-30	1.0
31-40	0.82
41-45	0.71
46-50	0.58
51-55	0.41

Nota: Tabla realizada en base a (Energy Infinitus, 2012)

El Factor de demanda (F.D) empleado para el estudio es de 1, esto a razón de que las máquinas de la organización trabajan a su máxima capacidad y cuentan con circuitos especiales en su estructura es decir planteando el escenario más desfavorable, en relación con el (F.C.) determinamos que el número máximo de

circuitos que transitan por la tubería es de 3, por contar con calibres de conductores de hasta (10AWG) por el uso de circuitos especiales. Con relación al Factor de Temperatura en nuestro caso de estudio tomamos en valor de 1, ya que la organización al estar ubicada en la ciudad de Quito ha llegado a la máxima temperatura de 28,9 grados Celsius en el 2016 (Páez, 2024), verificando de esa manera el valor tomado para el cálculo correspondiente. Con la justificación de los Factores relacionados al cálculo de la corriente nominal, hemos identificado que la corriente con mayor demanda es de 13.7(A) y reemplazamos los valores de la siguiente manera en la ecuación (1).

$$I_a: \frac{1.25 \times I_{mm} + \sum I_{nom} \times F.D.}{FT \times FC} \quad (1)$$

$$I_a: \frac{1.25 \times (13.7) + (2.08 + 1.12 + 3.24 + 2.54 + 5.08 + 13.7 + 6.77 + 9.8 + 1.68 + 7.27 + 1.69 + 4.54 + 12.2 + 8.33 + 5.20 + 2.75 + 13.7 + 10) \times 1}{1 \times 1}$$

$$I_a: 178.565 \text{ (A)}$$

Con los resultados obtenidos, la corriente que circula por el conductor que se debe utilizar bajo los parámetros dados en la Tabla son los que, según el cálculo realizado en nuestro caso de estudio, la sección del conductor debe ser de 107,5 mm<sup>2</sup> con un calibre de 0000 circulares según norma AWG. Además, según la NEC (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018) en este circuito de distribución el aislamiento debe ser del tipo THHN apartado que se especifica en la sección 5.5 de la Norma, otros aspectos a considerar son los relacionados a la sección 6, en las que se especifican consideraciones importantes las cuales son:

- Su ubicación debe ser de fácil acceso para labores de reconexión o mantenimiento.
- En la tapa del tablero se debe colocar de manera obligatoria el diagrama unifilar relacionado a los circuitos del diseño.
- Cada circuito debe tener su protección de sobre corriente.
- La instalación del tablero debe estar a una altura de 1.60 metros desde el piso a la base.
- El conductor del neutro debe estar aislado y disponer de una barra de tierra para seguridad de los circuitos.

**Tabla 31:**

*Capacidades de corriente permisibles a través de conductores de cobre*

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>	No. En norma AWG	
		ampere
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 circulares	215
152,0	300000 mil circulares	240

Nota: Tabla realizada en base a libro de (Energy Infinitus, 2012)

## Cálculo de corriente y protección para circuitos de fuerza

Una vez determinado los parámetros del conductor principal de alimentación hacia los circuitos eléctricos de fuerza es necesario realizar el cálculo correspondiente a cada uno de los circuitos determinados en la **Tabla 28**, esto con el objetivo de seleccionar las protecciones indispensables para la nueva red eléctrica, esto con la ayuda de las ecuaciones descritas a continuación.

$$I_a: \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta} \quad (2)$$

Dónde:

- $I_a$ : Corriente circulante a través del conductor. En Amperes(A)
- $\Sigma P$ : Suma de las potencias nominales que alimentan al conductor. En Vatios(W)
- $V$ : Voltaje del conductor. En Voltios(V)
- $\cos\theta$ : Ángulo de factor de potencia, como trabaja en plena capacidad se coloca el máximo valor que es de (0.85).

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a \quad (3)$$

Dónde:

- $I_{breaker}$ : Corriente nominal de disyuntor. En Amperes(A)
- 1.25: Valor asumido para evitar operaciones innecesarias de disyuntor al operarse con sobre corrientes en procesos transitorios. (adimensional)
- $I_a$ : Corriente de conductor. En Amperes(A)

Con la ayuda de la Ecuaciones (2) y (3) podemos realizar el cálculo de las protecciones correspondientes a los circuitos de fuerza, mediante el uso de la **Tabla 32** para escoger los disyuntores correspondientes para cada circuito.

**Tabla 32:**

*Valores de corriente de operación contra cortocircuito*

<b>Fusibles</b>	<b>Disyuntores o breakers (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 realizada en base a libro de (Energy Infinitus, 2012)

**Circuito 1:**

Rectificadora de cilindros T807K, Pulidora de banda impulsada, Rectificadora de válvulas, Rectificadora de asiento de válvulas.

$$I_a: \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta} \quad (2)$$

$$I_a: \frac{(250W + 250W + 372,5W + 559,27W)}{220V \times 0,85}$$

$$I_a: 7,66 \text{ A}$$

En base a la **Tabla 31** y al resultado obtenido para el Circuito 1, requerimos un conductor de 14(AWG) al soportar la máxima capacidad de 15(A).

### Protección Circuito 1

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a \quad (3)$$

$$I_{breaker} = 1.25 \times 7,66(A)$$

$$I_{breaker} = 9,57(A)$$

En base a la **Tabla 32** en el Circuito 1 se requiere un breaker de 15(A).

### Circuito 2:

2 Rectificadoras de cigüeñales.

$$I_a = \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta}$$

$$I_a = \frac{(2236W)}{220 V \times 0,85}$$

$$I_a = 11,96(A)$$

En base a la **Tabla 31** y al resultado obtenido para el Circuito 2, requerimos un conductor de 14(AWG) al soportar la máxima capacidad de 15(A).

### Protección Circuito 2

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a$$

$$I_{breaker} = 1.25 \times 11,96(A)$$

$$I_{breaker} = 14,95(A)$$

En base a la **Tabla 32** en el Circuito 2 se requiere un breaker de 15(A).

### Circuito 3:

Torno Colchester Triumph.

$$I_a = \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta}$$

$$I_a = \frac{(5219.9W)}{380 V \times 0,85}$$

$$I_a = 16,16(A)$$

En base a la **Tabla 31** y al resultado obtenido para el Circuito 3, requerimos un conductor de 12(AWG) al soportar la máxima capacidad de 20(A).

### Protección Circuito 3

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a$$

$$I_{breaker} = 1.25 \times 16,16(A)$$

$$I_{breaker} = 20,2(A)$$

En base a la **Tabla 32** en el Circuito 3 se requiere un breaker de 30(A).

### Circuito 4:

Mandrinadora AMC.

$$I_a = \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta}$$

$$I_a = \frac{(2982W)}{220V \times 0,85}$$

$$I_a = 15,95(A)$$

En base a la **Tabla 31** y al resultado obtenido para el Circuito 4, requerimos un conductor de 12(AWG) al soportar la máxima capacidad de 20(A).

### Protección Circuito 4

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a$$

$$I_{breaker} = 1.25 \times 15,95(A)$$

$$I_{breaker} = 19,93(A)$$

En base a la **Tabla 32** en el Circuito 4 se requiere un breaker de 20(A).

### **Circuito 5:**

Calentador de bielas.

$$I_a = \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta}$$

$$I_a = \frac{(1600W)}{220 V \times 0,85}$$

$$I_a = 8,56(A)$$

En base a la **Tabla 31** y al resultado obtenido para el Circuito 5, requerimos un conductor de 14(AWG) al soportar la máxima capacidad de 15(A).

### **Protección Circuito 5**

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a$$

$$I_{breaker} = 1.25 \times 8,56(A)$$

$$I_{breaker} = 10,7(A)$$

En base a la **Tabla 32** en el Circuito 5 se requiere un breaker de 15(A).

### **Circuito 6:**

Balanceadora Zanrosso.

$$I_a = \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta}$$

$$I_a = \frac{(2700W)}{220 V \times 0,85}$$

$$I_a = 14,44(A)$$

En base a la **Tabla 31** y al resultado obtenido para el Circuito 6, requerimos un conductor de 14(AWG) al soportar la máxima capacidad de 15(A).

### **Protección Circuito 6**

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a$$

$$I_{breaker} = 1.25 \times 14,44(A)$$

$$I_{breaker} = 18.05(A)$$

En base a la **Tabla 32** en el Circuito 6 se requiere un breaker de 20(A).

### **Circuito 7:**

Esmeril EOF, Rectificadora de bielas AMC, Mandrinadora AZ 100.

$$I_a = \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta}$$

$$I_a = \frac{(370W + 372W + 1000W)}{220 V \times 0,85}$$

$$I_a = 9,32(A)$$

En base a la **Tabla 31** y al resultado obtenido para el Circuito 7, requerimos un conductor de 14(AWG) al soportar la máxima capacidad de 15(A).

### **Protección Circuito 7**

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a$$

$$I_{breaker} = 1.25 \times 9,32(A)$$

$$I_{breaker} = 11,65(A)$$

En base a la **Tabla 32** en el Circuito 7 se requiere un breaker de 15(A).

### **Circuito 8:**

Microondas, Cafetera, Computadora de escritorio.

$$I_a = \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta}$$

$$I_a = \frac{(1000W + 625W + 330W)}{110 V \times 0,85}$$

$$I_a = 20,9(A)$$

En base a la **Tabla 31** y al resultado obtenido para el Circuito 8, requerimos un conductor de 12(AWG) al soportar la máxima capacidad de 30(A).

### **Protección Circuito 8**

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a$$

$$I_{breaker} = 1.25 \times 19,9(A)$$

$$I_{breaker} = 24,87(A)$$

En base a la **Tabla 32** en el Circuito 8 se requiere un breaker de 30(A).

### **Circuito 9:**

Compresor de aire SA.

$$I_a = \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta}$$

$$I_a = \frac{(1644W)}{110V \times 0,85}$$

$$I_a = 17,58(A)$$

En base a la **Tabla 31** y al resultado obtenido para el Circuito 9, requerimos un conductor de 12(AWG) al soportar la máxima capacidad de 20(A).

### **Protección Circuito 9**

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a$$

$$I_{breaker} = 1.25 \times 17,58(A)$$

$$I_{breaker} = 21,98(A)$$

En base a la **Tabla 32** en el Circuito 9 se requiere un breaker de 30(A).

### **Circuito 10:**

Ducha Eléctrica.

$$I_a = \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta} \quad (2)$$

$$I_a = \frac{(1200W)}{110 V \times 0,85}$$

$$I_a = 12,83(A)$$

En base a la **Tabla 31** y al resultado obtenido para el Circuito 10, requerimos un conductor de 14(AWG) al soportar la máxima capacidad de 15(A).

### **Protección Circuito 10**

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a \quad (3)$$

$$I_{breaker} = 1.25 \times 12,83(A)$$

$$I_{breaker} = 16,04(A)$$

En base a la **Tabla 32** en el Circuito 10 se requiere un breaker de 20(A).

El calibre calculado para cada circuito debe cumplir con los parámetros de instalación relacionados a la NEC, con respecto a sección, N.º AWG y aislamiento en la **Tabla 34** se indica de manera resumida los circuitos calculados para la red eléctrica de fuerza con su corriente nominal y sección transversal, además el diámetro de la tubería está relacionado al Factor de número de conductores (F.C.), esto se puede visualizar en la **Tabla 33**, en la que tomando los datos calculados de sección transversal y tipo de calibre de conductor AWG, para la tubería del conductor entre el transformador y tablero de distribución es de 2 ½ pulgadas, por tener una sección de 107,5 mm<sup>2</sup> y un conductor AWG (0000).

**Tabla 33:**

*Máximo número de conductores en tuberías de diámetro convencional*

Calibre del conductor		Diámetro de la tubería						
mm <sup>2</sup>	AWG	½ pulg.	¾ pulg.	1 pulg.	1 ¼ pulg.	1 ½ pulg.	2 pulg.	2 ½ pulg.
0,82	18	7	12	20	35	49	80	115
1,31	16	6	10	17	30	41	68	98
2,1	14	4	6	10	18	25	41	58
3,3	12	3	5	8	15	21	34	50
5,2	10	1	4	7	13	17	29	41
8,4	8	1	3	4	7	10	17	25
13,3	6	1	1	3	4	6	10	15
21,2	4	1	1	1	3	5	8	12
26,6	3		1	1	3	4	7	10
33,6	2		1	1	3	3	6	9
42,4	1		1	1	1	3	4	7
53,5	0			1	1	2	4	6
67,7	00			1	1	1	3	5
85,2	000			1	1	1	3	4
107,5	0000				1	1	2	3

Nota: Tabla realizada en base a libro de (Martínez, 1985.), pág. 316

Considerando los valores calculados en los circuitos de fuerza y en base a el número de conductor AWG, se determina según la **Tabla 33**, que el diámetro adecuado para 8 circuitos es de ½ pulgada y de 2 circuitos es de ¾ pulgada.

### **Elección de aislamiento para conductores de red de fuerza**

En la **Tabla 34** se puede observar las variables específicas necesarias para los circuitos de fuerza que deben estar instalados en la organización, además el recubrimiento para estos circuitos según la NEC debe ser el del tipo THHN con una sección mínima de 5,26 mm<sup>2</sup> para el conductor de (10 AWG) en el apartado de la Norma NEC, sección 5.4. de circuitos especiales, y para los circuitos que usan el conductor de (12 AWG) con el mismo tipo de aislamiento THHN con sección mínima de 4mm<sup>2</sup> como lo especifica en la sección 5.3. de la Normativa NEC.

**Tabla 34:**

*Resumen diseño red eléctrica para fuerza*

<b>Circuito de red eléctrica para fuerza</b>	<b>de circuito</b>	<b>Sección transversal de conductor</b>	<b>Diámetro de tubería</b>	<b>Disyuntor Adecuado</b>
1	11,49 A	14(AWG)	½ pulgada	15 A
2	14,96 A	14(AWG)	½ pulgada	15 A
3	16,2 A	10(AWG)	¾ pulgada	30 A
4	15,95 A	12(AWG)	½ pulgada	20 A
5	8,56 A	14(AWG)	½ pulgada	15 A
6	14,4 A	14(AWG)	½ pulgada	20 A
7	9,32 A	14(AWG)	½ pulgada	15 A
8	19,9 A	10(AWG)	¾ pulgada	30 A
9	17,6 A	12(AWG)	½ pulgada	20 A
10	12,8 A	14(AWG)	½ pulgada	20 A

Nota: Elaborado por el autor en base a cálculos realizados

### **Parámetros adecuados para circuito de iluminación**

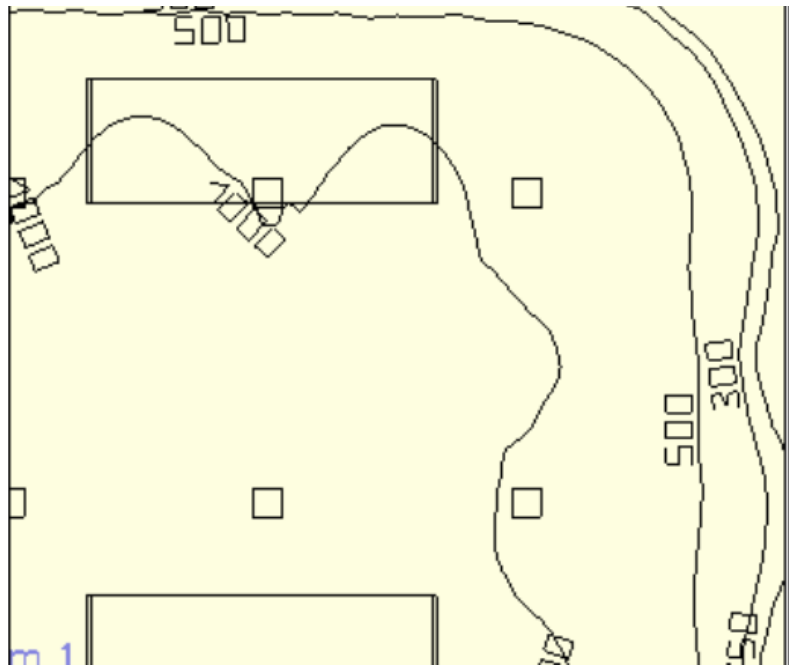
Para el desarrollo del circuito de alumbrado es indispensable considerar el cumplimiento de la Normativa NEC Ecuatoriana con relación a la carga máxima del circuito para los puntos de iluminación necesarios en la organización, establecidos en la **Tabla 6** en donde se indica el número mínimo de circuitos en base a el área de construcción, en la que la organización al contar con 230.58 m<sup>2</sup>, según la Normativa debe tener un mínimo de 3 circuitos de iluminación para cumplir con los estándares de iluminación en las diferentes áreas de trabajo , así como también el cumplimiento de niveles permisibles de iluminación en el área de trabajo basados en la Normativa UNE 12464.1, como se muestra en la **Tabla 8** y **Tabla 9**, con el objetivo de salvaguardar la integridad física de los trabajadores y mejorar la productividad y confort visual en las diferentes áreas de trabajo.

Con los puntos planteados con relación a las Normativas, debe existir iluminación adecuada en las áreas de trabajo de la organización, para esto se realiza una simulación en el software DIALux Evo, para determinar el número

correcto de lúmenes con los que debe contar cada área de trabajo, el que se puede observar en las esto en comparación con el Layout que cuenta en la actualidad la organización, dado que en varias áreas no se cumple con los parámetros descritos en la Norma Europea 12464.1 como se puede evidenciar en la **Tabla 10**, con esto podemos determinar los luxes que requiere cada área de trabajo para su posterior dimensionamiento tal como se muestra en las **Figura 34** y **Figura 35**.

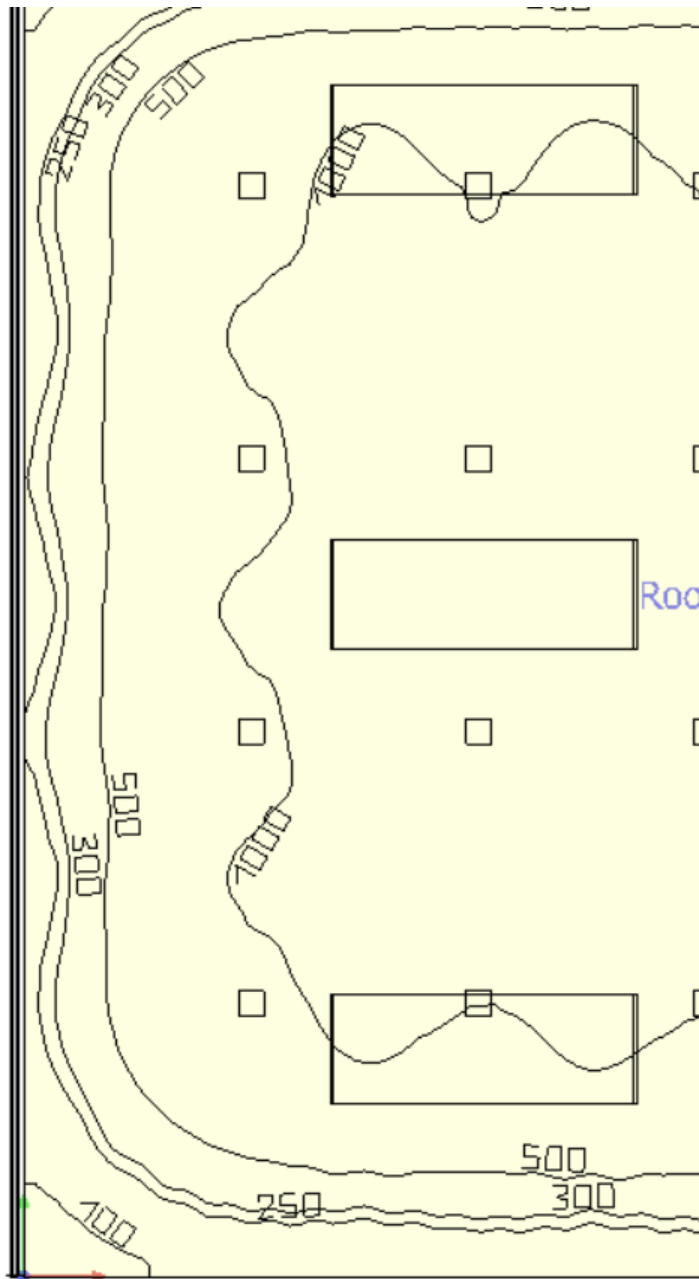
**Figura 34:**

*Simulación de luxes en área de oficinas*



Nota: Simulación realizada en software DIALux en la se muestra la correcta iluminación en el área.

**Figura 35:**  
*Simulación de luxes en áreas de rectificado y montaje*



Nota: Simulación realizada en software DIALux en la se muestra la iluminación adecuada en el área.

**Tabla 35:**

*Propuesta de circuitos y luminarias para Rectificadora de motores Castillo*

N.º Circuito	Área	Luxes requeridos por Norma UNE 12464.1	N.º Luminarias	Corriente nominal del circuito	Potencia Unitaria	Potencia Total
1	Preparación de motores	300	2	10A	100W	200W
	Rectificado de Cigüeñales	300	5		100W	500W
	Rectificado de Cabezotes	300	4		100W	400W
2	Rectificado de Blocks	300	4	10A	100W	400W
	Rectificado de Bielas	300	4		100W	400W
	Montaje y Desmontaje	300	3		100W	300W
3	Administración	500	6	5.45A	100W	600W
POTENCIA TOTAL REQUERIDA						3100W

Nota: Propuesta de circuitos y luminarias requeridas en áreas de trabajo y potencia total requerida. Elaborado por el Investigador

### **Cálculo de corriente y protección para circuitos de alumbramiento**

Con el planteamiento del número de circuitos necesarios para la red de alumbrado en base a los datos proporcionados por la **Tabla 35**, calculamos los amperes necesarios para cada circuito y su correspondiente protección contra sobre corrientes, con la ayuda de las Ecuaciones (2) y (3) para la determinación correcta del requerimiento.

#### **Circuito 1 de iluminación:**

Iluminación Preparación de motores, Rectificado de Cabezotes, Rectificado de Cigüeñales.

$$I_a = \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta} \quad (2)$$

$$I_a = \frac{(500W + 400W + 200W)}{110V \times 0,85}$$

$$I_a = 11,74 (A)$$

En base a la **Tabla 31** y al resultado obtenido para el Circuito 1 de iluminación, requerimos un conductor de 14(AWG) al soportar la máxima capacidad de 15(A).

#### **Protección Circuito 1 de iluminación:**

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a (3)$$

$$I_{breaker} = 1.25 \times 11,74 (A)$$

$$I_{breaker} = 14.70 (A)$$

En base a la **Tabla 32** en el Circuito 1 de iluminación se requiere un breaker de 15(A).

#### **Circuito 2 de iluminación:**

Rectificado de Blocks, Rectificado de Bielas, Montaje y Desmontaje

$$I_a = \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta} (2)$$

$$I_a = \frac{(400W + 400W + 300W)}{110V \times 0,85}$$

$$I_a = 11,74 (A)$$

En base a la **Tabla 31** y al resultado obtenido para el Circuito 2 de iluminación, requerimos un conductor de 14(AWG) al soportar la máxima capacidad de 15(A).

#### **Protección Circuito 2 de iluminación:**

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a (3)$$

$$I_{breaker} = 1.25 \times 11,74 (A)$$

$$I_{breaker} = 14.70 (A)$$

En base a la **Tabla 32** en el Circuito 2 de iluminación se requiere un breaker de 15(A).

### **Circuito 3 de iluminación:**

Rectificado de Blocks, Rectificado de Bielas, Montaje y Desmontaje

$$I_a = \frac{\Sigma P}{V \times \cos\theta} \quad (2)$$

$$I_a = \frac{(600W)}{110V \times 0,85}$$

$$I_a = 6,41 \text{ (A)}$$

En base a la **Tabla 31** y al resultado obtenido para el Circuito 3 de iluminación, requerimos un conductor de 14(AWG) al soportar la máxima capacidad de 15(A).

### **Protección Circuito 3 de iluminación:**

$$I_{breaker} = 1.25 \times I_a \quad (3)$$

$$I_{breaker} = 1.25 \times 6.41 \text{ (A)}$$

$$I_{breaker} = 8.02 \text{ (A)}$$

En base a la **Tabla 32** en el Circuito 3 de iluminación se requiere un breaker de 15(A).

Después de identificar el número de circuitos de iluminación necesarios para la organización se identifican los parámetros técnicos del conductor a utilizarse en base a las Normativas NEC Ecuatoriana y UNE Española, como también datos importantes relacionados a la sección transversal, el diámetro de la tubería basado en la **Tabla 33**, estos datos se especifican en la **Tabla 36** a manera de resumen.

**Tabla 36:**

*Resumen diseño red eléctrica para alumbramiento*

<b>Circuito de red eléctrica para alumbramiento</b>	<b>de circuito</b>	<b>Sección transversal de conductor</b>	<b>Diámetro de tubería</b>	<b>Disyuntor Adecuado</b>
1	11.74 A	14(AWG)	½ pulgada	15 A
2	11,74 A	14(AWG)	½ pulgada	15 A
3	6,41 A	14(AWG)	½ pulgada	15 A

Nota: Elaborado por el autor en base a datos calculados

### **Elección de aislamiento para conductores de red de alumbramiento**

Los circuitos de iluminación deben tener un recubrimiento aislado THHN, para la fase, neutro y conductor de tierra con una sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>, N.º de cable (14 AWG), para cumplir con los requerimientos mínimos establecidos por la NEC (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018), con sus protecciones correspondientes de cada circuito antes mencionado.

### **Elección de transformador para instalación eléctrica**

Lo cálculos de los circuitos de fuerza y alumbramiento son la base para identificar el transformador adecuado para todo el circuito eléctrico de la Rectificadora Castillo, con los datos obtenidos procedemos al cálculo de la potencia requerida por el transformador, para esto se utiliza la Ecuación (6), sin antes realizar el cálculo de la potencia reactiva de los circuitos de fuerza y alumbramiento que en su posterioridad se utilizarán para calcular la potencia demandada por el transformador, con lo expuesto se utilizan las Ecuaciones (4) para corrientes monofásicas y la Ecuación (5) para corrientes trifásicas, a continuación se presentan las ecuaciones:

$$Q_{1\phi} = VxIx \sin \varphi \quad (4)$$

Dónde:

V: Voltaje

I: Corriente nominal

$\varphi$ : ángulo de factor de potencia

$$Q_{3\varphi} = \sqrt{3}x(VxIx \sin \varphi) \text{ (5)}$$

Dónde:

V: Voltaje

I: Corriente nominal

$\varphi$ : ángulo de factor de potencia

### **Cálculo de Potencia Reactiva en circuitos de fuerza y alumbramiento**

El caso de estudio en la Rectificadora Castillo se basa en que los equipos trabajan a su máxima capacidad, esto a razón de que la corriente necesaria para cumplir con la demanda debe ser la de su máxima capacidad en todos los circuitos eléctricos tanto de fuerza como de alumbramiento, dicho esto el factor de potencia en estas condiciones es de 0.85, este valor se utiliza en el ángulo de fase para calcular la potencia reactiva, en las ecuaciones (4) y (5). Para obtener el ángulo de fase lo determinamos de la siguiente manera:

$$\cos\varphi = 0.85$$

$$\varphi = \cos^{-1}(0.85)$$

$$\varphi = 31.78^\circ$$

La potencia activa tanto de circuitos de fuerza como de alumbrado ya se especifican en la **Tabla 28** y **Tabla 35** , con esto se procede a calcular la potencia reactiva de los circuitos de fuerza y alumbrado.

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

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \text{ (4)}$$

$$Q_{1\varphi} = (220 \text{ V}) x (2,08\text{A}+1.13\text{A}+3.24\text{A}+2.54\text{A}) x \sin 31.78^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 1041.62 \text{ VAR}$$

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

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \text{ (4)}$$

$$Q_{1\varphi} = (220 \text{ V}) x (5.08\text{A}) x \sin 31.78^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 588.59 \text{ VAR}$$

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

$$Q_{3\varphi} = \sqrt{3}x (VxIx \sin \varphi) \text{ (5)}$$

$$Q_{3\varphi} = \sqrt{3}x ((380 \text{ V}) x (13.7\text{A}) x \sin 31.78^\circ)$$

$$Q_{1\varphi} = 4748.91 \text{ VAR}$$

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

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \text{ (4)}$$

$$Q_{1\varphi} = (220 \text{ V}) x (6.77\text{A}) x \sin 31.78^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 784.40 \text{ VAR}$$

### **Potencia reactiva circuito fuerza 5**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \text{ (4)}$$

$$Q_{1\varphi} = (220 \text{ V}) x (7.27\text{A}) x \sin 31.78^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 842.33 \text{ VAR}$$

### **Potencia reactiva circuito fuerza 6**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \text{ (4)}$$

$$Q1\varphi = (220 \text{ V}) \times (12.2\text{A}) \times \sin 31.78^\circ$$

$$Q1\varphi = 1413.55 \text{ VAR}$$

#### **Potencia reactiva circuito fuerza 7**

$$Q1\varphi = VxIx \sin \varphi \text{ (4)}$$

$$Q1\varphi = (220 \text{ V}) \times (1.68\text{A}+1.69\text{A}+4.54\text{A}) \times \sin 31.78^\circ$$

$$Q1\varphi = 916.49 \text{ VAR}$$

#### **Potencia reactiva circuito fuerza 8**

$$Q1\varphi = VxIx \sin \varphi \text{ (4)}$$

$$Q1\varphi = (110 \text{ V}) \times (8.33\text{A}+5.20\text{A}+2.75\text{A}) \times \sin 31.78^\circ$$

$$Q1\varphi = 943.14 \text{ VAR}$$

#### **Potencia reactiva circuito fuerza 9**

$$Q1\varphi = VxIx \sin \varphi \text{ (4)}$$

$$Q1\varphi = (110 \text{ V}) \times (13.7\text{A}) \times \sin 31.78^\circ$$

$$Q1\varphi = 793.67 \text{ VAR}$$

#### **Potencia reactiva circuito fuerza 10**

$$Q1\varphi = VxIx \sin \varphi \text{ (4)}$$

$$Q1\varphi = (110 \text{ V}) \times (10\text{A}) \times \sin 31.78^\circ$$

$$Q1\varphi = 579.32 \text{ VAR}$$

#### **Potencia reactiva circuito alumbramiento 1**

$$Q1\varphi = VxIx \sin \varphi \text{ (4)}$$

$$Q1\varphi = (110 \text{ V}) \times (10\text{A}) \times \sin 31.78^\circ$$

$$Q1\varphi = 579.32 \text{ VAR}$$

### **Potencia reactiva circuito alumbramiento 2**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \text{ (4)}$$

$$Q_{1\varphi} = (110 \text{ V}) x (10\text{A}) x \sin 31.78^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 579.32 \text{ VAR}$$

### **Potencia reactiva circuito alumbramiento 1**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \text{ (4)}$$

$$Q_{1\varphi} = (110 \text{ V}) x (5.45\text{A}) x \sin 31.78^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 367.27 \text{ VAR}$$

### **Potencia del transformador**

Con la Potencia reactiva calculada de los circuitos a continuación se realiza la sumatoria de las potencias reactivas resultantes de los circuitos de fuerza y alumbrado para reemplazar estos valores en la Ecuación (6), en donde se suman las potencias activa y reactiva, con el fin de seleccionar la potencia adecuada para el transformador requerido por la organización.

### **Cálculo de potencia demandada por el transformador**

$$SS_{3\varphi} = \sqrt{(\varepsilon P_{1y3\varphi})^2 + (\varepsilon Q_{1y3\varphi})^2} \text{ (6)}$$

Dónde:

- $(\varepsilon P_{1y3\varphi})^2$ = Sumatoria de la Potencia activa en corriente trifásica y monofásica.
- $(\varepsilon Q_{1y3\varphi})^2$ =Sumatoria de la Potencia reactiva en corriente trifásica y monofásica.

$$SS_{3\phi} = \sqrt{(27917)^2 + (14177.93)^2}$$

$$SS_{3\phi} = 31310.90 \text{ VA}$$

Con el valor calculado de la Potencia total requerida debemos añadir al cálculo el 20% de seguridad que necesita el transformador para que funcione de manera óptima, lo que se detalla a continuación:

$$SS_{3\phi} = 31310.90 \text{ VA} + (31310.90 \times 20\%)$$

$$SS_{3\phi TOTAL} = 37573.080 \text{ VA}$$

El valor obtenido se puede seleccionar de la **Tabla 37**, en la que constan los valores normalizados de transformadores trifásicos, disponibles para diferentes necesidades en las industrias, en nuestro caso necesitamos el de la capacidad de 45KVA que es siguiente valor aproximado al que requerimos, ya que el de 30KVA no cumpliría con la demanda calculada.

**Tabla 37:**

*Tabla normalizada de transformadores trifásicos*

KVA	KW	33000 V	23000 V	13200 V	440 V	254 V	220 V	127 V
15 KVA	13.5 KW	0.26 A	0.38 A	0.66 A	19.7 A	34.1 A	39.4 A	68.2 A
30 KVA	27.0 Kw	0.52 A	0.75 A	1.31 A	39.4 A	68.2 A	78.7 A	136.4 A
45 KVA	40.5 kW	0.79 A	1.13 A	1.97 A	59.0 A	102.3 A	118.1 A	204.6 A
75 KVA	67.5 Kw	1.31 A	1.88 A	3.28 A	98.4 A	170.5 A	196.8 A	341.0 A
112.5 KVA	101.3 Kw	1.97 A	2.82 A	4.92 A	147.6 A	255.7 A	295.2 A	511.4 A
150 KVA	135.0 Kw	2.6 A	3.8 A	6.6 A	196.8 A	341.0 A	393.7 A	681.9 A
225 KVA	202.5 Kw	3.9 A	5.6 A	9.8 A	295.2 A	511.4 A	590.5 A	1022.9 A
300 KVA	270.0 Kw	5.2 A	7.5 A	13.1 A	393.7 A	681.9 A	787.3 A	1363.9 A
400 KVA	360.0 Kw	7.0 A	10.0 A	17.5 A	524.9 A	909.2 A	1049.8 A	1818.5 A
500 KVA	450.0 Kw	8.7 A	12.6 A	21.9 A	656.1 A	1136.5 A	1312.2 A	2273.1 A
630 KVA	567.0 Kw	11.0 A	15.8 A	27.6 A	826.7 A	1432.1 A	1653.4 A	2864.1 A
750 KVA	675.0 Kw	13.1 A	18.8 A	32.8 A	984.1 A	1704.8 A	1968.3 A	3409.6 A
1000 KVA	900.0 Kw	17.5 A	25.1 A	43.7 A	1312.2 A	2273.1 A	2624.4 A	4546.2 A

Nota: Tabla tomada de (appgametutoriales, 2021)

## Análisis de costo del proyecto

En referencia a la nueva redistribución de los departamentos, se debe tomar en cuenta las actividades necesarias para el movimiento de la maquinaria a las nuevas áreas de trabajo y mejorar la relación entre departamentos.

Estos costos se detallan en la base a la **Tabla 42**, en la actividad de “Ejecución de redistribución de maquinaria y obra civil” y se describen en la a detalle en la **Tabla 38**.

**Tabla 38:**

*Costos obra civil*

COSTO TOTAL OBRA CIVIL				
<b>Días trabajados</b>				4 días
<b>COSTOS</b>				
<b>COSTO DE MONTACARGAS</b>				\$60 por día
<b>Subtotal</b>				\$240
<b>Iva 15%</b>				\$36
<b>Total</b>				\$276
<b>COSTOS DE MANO DE OBRA</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Cargo</b>	<b>Costo de hora</b>	<b>Costo día (8h)</b>	<b>Total (4 días)</b>
1	Arquitecto	\$6.25	\$50	\$200
3	Técnico Drywall	\$4,37	\$35	\$140
			<b>Total</b>	\$340
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>\$616</b>

Nota: Costos relacionados con la redistribución de maquinaria y obra civil de la Organización

Para comprender de manera detallada los costos relacionados al proyecto eléctrico, es necesario identificar el costo de materiales necesarios para el rediseño eléctrico de circuitos de fuerza e iluminación en la organización Rectificadora Castillo, en base al cronograma detallado en la **Tabla 42**.

**Tabla 39:***Costos de Materiales eléctricos*

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b>
Cable 500 MCM Cobre THHN/THWN-2	1	\$190,80
Rollo Cable calibre AWG 14	3	\$67,30
Disyuntor 15 amperios	3	\$1,81
Rollo Cable calibre AWG 6	5	\$45,50
Disyuntor de 70 A	5	\$32,81
Rollo Cable calibre AWG 12	1	\$82,30
Disyuntor de 30 A	1	\$115,38
Rollo Cable THW-LS 12 AWG600V	1	\$1056
LED HIGHBAY UFO 2-100 de 100W	2	\$98,12
Transformador Trifásico Convencional 75 KVA	1	\$22984,01
<b>TOTAL</b>		<b>\$25221,61</b>

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

**Tabla 40:***Costos instalaciones eléctricas*

<b>COSTO TOTAL INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>				
<b>Días trabajados</b>				18 días
<b>COSTOS</b>				
<b>COSTO DE MATERIALES</b>				
<b>Subtotal</b>				\$25221,61
<b>Iva 15%</b>				\$3783,18
<b>Total</b>				\$29004,79
<b>COSTOS DE MANO DE OBRA</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Cargo</b>	<b>Costo de hora</b>	<b>Costo día (8h)</b>	<b>Total (18 días)</b>
1	Ingeniero Eléctrico	\$6.25	\$50	\$900
3	Técnico Eléctrico	\$3,75	\$30	\$1620
			<b>Total</b>	\$2520
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>\$31524,79</b>

Nota: Costos relacionados con el rediseño de la red eléctrica de la Organización

Para la propuesta de mejora del proyecto de redistribución y rediseño de la Rectificado Castillo se toman en cuenta los costos de la obra civil para la redistribución de la maquinaria y los costos de las instalaciones eléctricas, esto se detalla en la teniendo de esta manera una mejor adyacencia entre departamentos, así como también instalaciones eléctricas seguras para los trabajadores de la organización.

**Tabla 41:**

*Costo total del proyecto*

<b>ALCANCE DEL PROYECTO</b>	
<b>Días trabajados</b>	22 días
<b>COSTOS</b>	
COSTO DE OBRA CIVIL	\$616
COSTO INSTALACIONES ELÉCTRICAS	\$31524,79
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$32140,79</b>

## Cronograma de Actividades

Tabla 42:

Cronograma de actividades

MES	SEPTIEMBRE																OCTUBRE																																	
	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4					SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4														
ACTIVIDADES PR REALIZAR	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V					
Presentación de propuesta a Gerente de Rectificadora	■	■																																																
Entrega de detalles del proyecto	■	■	■	■	■																																													
Dar a conocer las actividades a realizar a los operadores				■	■	■	■	■	■	■	■																																							
Ejecución de redistribución de maquinaria y obra civil											■	■	■	■	■																																			
Ejecución de rediseño eléctrico																■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																				
Control de la Propuesta																										■	■	■	■	■																				
Revisión detallada de las normativas NEC y UNE 12464-1 para establecer los requisitos específicos del rediseño.																																																		
Capacitación para el personal encargado del rediseño, asegurando una comprensión completa de las normativas.																																																		
Realización de una auditoría detallada de las instalaciones eléctricas actuales, toma de medidas y documentación de los hallazgos.																																									■	■	■	■	■					

Nota: En la Tabla se detalla el cronograma referente a la redistribución de planta, así como también la redistribución eléctrica de la organización. Referencia: Elaboración Propia.

## CAPÍTULO IV

### Conclusiones

- Al analizar la situación actual en las áreas de trabajo dentro de la organización, mediante el uso de cursogramas analíticos y una auditoría basada en la Normativa NEC IC-SB Ecuatoriana y Normativa UNE 12464.1, se determinó que existen inconvenientes en el flujo de trabajo, como se muestra en la **Tabla 2** y **Tabla 3**. Además, no se cumple con las normativas NEC IC-SB Ecuatoriana y UNE 12464.1 como se evidencia en la **Tabla 7**. Algunas áreas presentan deficiencias en la iluminación y en la disposición de equipos que afectan la eficiencia operativa. Se identifican oportunidades significativas de mejora en la distribución de la planta, especialmente en la reubicación de maquinarias y la optimización de flujos de trabajo para reducir tiempos muertos y mejorar la eficiencia de recorridos como se aprecia en las tablas citadas anteriormente, con distancias de flujo de trabajo largas por la falta de interrelación entre las áreas y puestos de trabajo dentro de la organización.
- La aplicación de la Metodología SLP ha permitido identificar una distribución de planta más eficiente como se evidencia en la **Tabla 19** que muestra que el espacio disponible por la organización es el adecuado. También el uso de las herramientas de diseño de Layout utilizadas permiten determinar una mejor adyacencia entre puestos de trabajo como se muestran en la **Figura 28** y **Figura 31**. Lo anteriormente planteado incide en una mejora de la productividad del proceso, al reducir los

tiempos de traslado y minimizar interferencias entre las áreas de trabajo.

El uso de estas herramientas, disminuyen tiempos de inactividad y mejoran la coordinación entre puestos de trabajo como se demuestra en la **Tabla 26**, optimizando tiempos de trabajo y distancias recorridas.

Asimismo, con los cálculos realizados correspondientes a la red eléctrica se evidencia el número de circuitos tanto de fuerza como de alumbrado que necesita la organización, los cuales aparecen en las **Tabla 34** y **Tabla 35**, respectivamente, apreciándose el cumplimiento de las normativas NEC IC-SB y UNE 12464.1 de manera correcta.

- Se compara la metodología Corelap y Block Plan resultando más eficiente para el rediseño de planta la primera al presentar un 82,79% con respecto a la segunda con un 75,97% de eficiencia. Se realiza un diseño de la red eléctrica que incluye la selección de un transformador eléctrico con una capacidad de 45KVA, circuitos de fuerza y alumbrado ver **Tabla 34** y **Tabla 36**. Para cada circuito se selecciona: área de la sección transversal del conductor, aislamiento, diámetro de la canalización y elemento de protección al circuito. Ver **Tabla 35**.

## Recomendaciones

- Se recomienda implementar un plan de reubicación de planta y optimizar los flujos de trabajo con el uso de los cursogramas analíticos, disminuyendo los transportes innecesarios, priorizando la adyacencia entre departamentos clave. Además, es necesario mejorar la iluminación en áreas deficientes para cumplir con los estándares, lo que incrementará la eficiencia operativa y reducirá tiempos innecesarios.
- Se recomienda la utilización de al menos 2 herramientas de distribución de planta, para realizar una comparación porcentual, con el objetivo de seleccionar la más eficiente, así mismo se debe considerar las características adecuadas para el diseño de los circuitos de fuerza y alumbrado basados en la Normativa de instalaciones eléctricas y alumbrado.
- Se recomienda utilizar el diseño de planta con mejor porcentaje de eficiencia tomando en cuenta las adyacencias entre departamentos, así como también la elección adecuada del transformador que se ajuste a las necesidades de la demanda eléctrica.

## Bibliografía

- Agencia Internacional de Energía. (2022). *www.iea.org*. Recuperado el 26 de 04 de 2024, de <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022>
- Antonio Vázquez, J. M. (2022). *studocu*. Recuperado el 10 de 05 de 2024, de Empalmes: <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-tecnologica-de-huejotzingo/fundamentos-de-la-robotica-industrial/empalmes/38695948>
- appgametutoriales. (24 de 09 de 2021). Recuperado el 11 de 07 de 2024, de App Game Tutoriales: <https://appgametutoriales.com/capacidades-de-transformadores/>
- ARCERN. (2022). Recuperado el 15 de 04 de 2024, de <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/03/EstadisticaAnual2022-baja-1.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2021). *www.iadb.org*. Recuperado el 30 de 04 de 2024, de <https://publications.iadb.org/en/publication/16848/optimizing-industrial-plant-layout-improved-efficiency>
- Barriga, B. (Enero de 2024). *REDISEÑO DE LA RED ELECTRICA DE FUERZA Y ALUMBRADO EN LA EMPRESA METALICA INDICOMS UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO*. (U. T. INDOAMERICA, Ed.) Recuperado el 16 de 05 de 2024
- Bocángel, G., Rosas, C., & Marín, G. (2021). *Ingeniería Industrial Introducción al Diseño de Plantas*. Biblioteca Nacional del Perú.

Caza, G. (2023). *Rediseño de la planta de producción de lácteos de la empresa de productos lácteos Peters*. Quito : Universidad Tecnológica Indoamérica.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2022). *www.cepal.org*.

Recuperado el 30 de 04 de 2024, de

[https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/42393/S1601348\\_es.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/42393/S1601348_es.pdf)

Cuatrecasas, L. (2017). *INGENIERIA de PROCESOS y de PLANTA*. Recuperado

el 26 de 08 de 2024, de [https://todoproyecto.wordpress.com/wp-](https://todoproyecto.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/08/ingenieria-de-procesos-y-de-planta-ingenieria-lean-lluis-cuatrecasas.pdf)

[content/uploads/2020/08/ingenieria-de-procesos-y-de-planta-ingenieria-lean-lluis-cuatrecasas.pdf](https://todoproyecto.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/08/ingenieria-de-procesos-y-de-planta-ingenieria-lean-lluis-cuatrecasas.pdf)

de regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No renovables. (2022).

Recuperado el 15 de 04 de 2024, de

[https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-](https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/03/EstadisticaAnual2022-baja-1.pdf)

[content/uploads/downloads/2023/03/EstadisticaAnual2022-baja-1.pdf](https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/03/EstadisticaAnual2022-baja-1.pdf)

Energy Infinitus. (29 de 11 de 2012). *Energy Infinitus*. Recuperado el 26 de 05 de

2024, de <https://energyinfinitus.com/tablas-electricas/>

gderos. (23 de 09 de 2020). *igus blogs*. Recuperado el 20 de 06 de 2024, de

Aislamiento del cable en altas temperaturas (Artículo de Blog):.

[https://blog.igus.mx/aislamiento-de-cable-para-altas-](https://blog.igus.mx/aislamiento-de-cable-para-altas-temperaturas/#:~:text=Efectos%20de%20las%20altas%20temperaturas%20en%20cables&text=Hay%20n%C3%BAcleos%20en%20el%20cable,un%20cortocircuito%20y%20prenderse%20fuego.)

[temperaturas/#:~:text=Efectos%20de%20las%20altas%20temperaturas%20en%20cables&text=Hay%20n%C3%BAcleos%20en%20el%20cable,un](https://blog.igus.mx/aislamiento-de-cable-para-altas-temperaturas/#:~:text=Efectos%20de%20las%20altas%20temperaturas%20en%20cables&text=Hay%20n%C3%BAcleos%20en%20el%20cable,un%20cortocircuito%20y%20prenderse%20fuego.)

[%20cortocircuito%20y%20prenderse%20fuego.](https://blog.igus.mx/aislamiento-de-cable-para-altas-temperaturas/#:~:text=Efectos%20de%20las%20altas%20temperaturas%20en%20cables&text=Hay%20n%C3%BAcleos%20en%20el%20cable,un%20cortocircuito%20y%20prenderse%20fuego.)

Heizer, J. (2007). *Dirección de la producción y operaciones*. Madrid: Pearson

Education.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). *www.ecuadorencifras.gob.ec*.

Recuperado el 05 de 05 de 2024, de

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/industria-manufacturera/>

Latam, Manufactura. (04 de 04 de 2023). Recuperado el 19 de 04 de 2024, de

<https://www.manufactura-latam.com/es/noticias/tendencias-en-el-diseno-de-plantas-industriales>

Minas, M. d. (08 de 2023). *Balance Energético Nacional*. Recuperado el 15 de 04

de 2024, de [https://www.celec.gob.ec/wp-](https://www.celec.gob.ec/wp-content/uploads/2023/08/Balance-Energetico-Nacional-BEN-2022_.pdf)

[content/uploads/2023/08/Balance-Energetico-Nacional-BEN-2022\\_.pdf](https://www.celec.gob.ec/wp-content/uploads/2023/08/Balance-Energetico-Nacional-BEN-2022_.pdf)

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (Febrero de 2018). *Norma*

*Ecuatoriana de la Construcción - Instalaciones Eléctricas*. Recuperado el

19 de 06 de 2024, de [https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-](https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Elctricas.pdf)

[content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Elctricas.pdf](https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-NEC-SB-Instalaciones-Elctricas.pdf)

Norma IEC 60617. (08 de 12 de 2014). *Slideshare*. Obtenido de

[https://es.slideshare.net/slideshow/simbologia-iec-](https://es.slideshare.net/slideshow/simbologia-iec-60617completa/42481715)

[60617completa/42481715](https://es.slideshare.net/slideshow/simbologia-iec-60617completa/42481715)

Organización Internacional del Trabajo. (2023). *www.ilo.org*. Recuperado el 25 de

04 de 2024, de [https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-](https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--en/index.htm)

[work/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--en/index.htm)

Páez, C. (07 de 2024). *Primicias*. Recuperado el 07 de 2024, de La temperatura en

Quito no ha dejado de subir desde 2004:

<https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/temperatura-quito-calor->

[calentamiento-](https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/temperatura-quito-calor-)



## Anexos

### *Anexo 1:*

*Portada Norma Española UNE-EN 12464-1*



**Norma Española**  
**UNE-EN 12464-1**  
Marzo 2022  
Versión corregida, Diciembre 2022

## Luz e iluminación

### Iluminación de los lugares de trabajo

### Parte 1: Lugares de trabajo en interiores

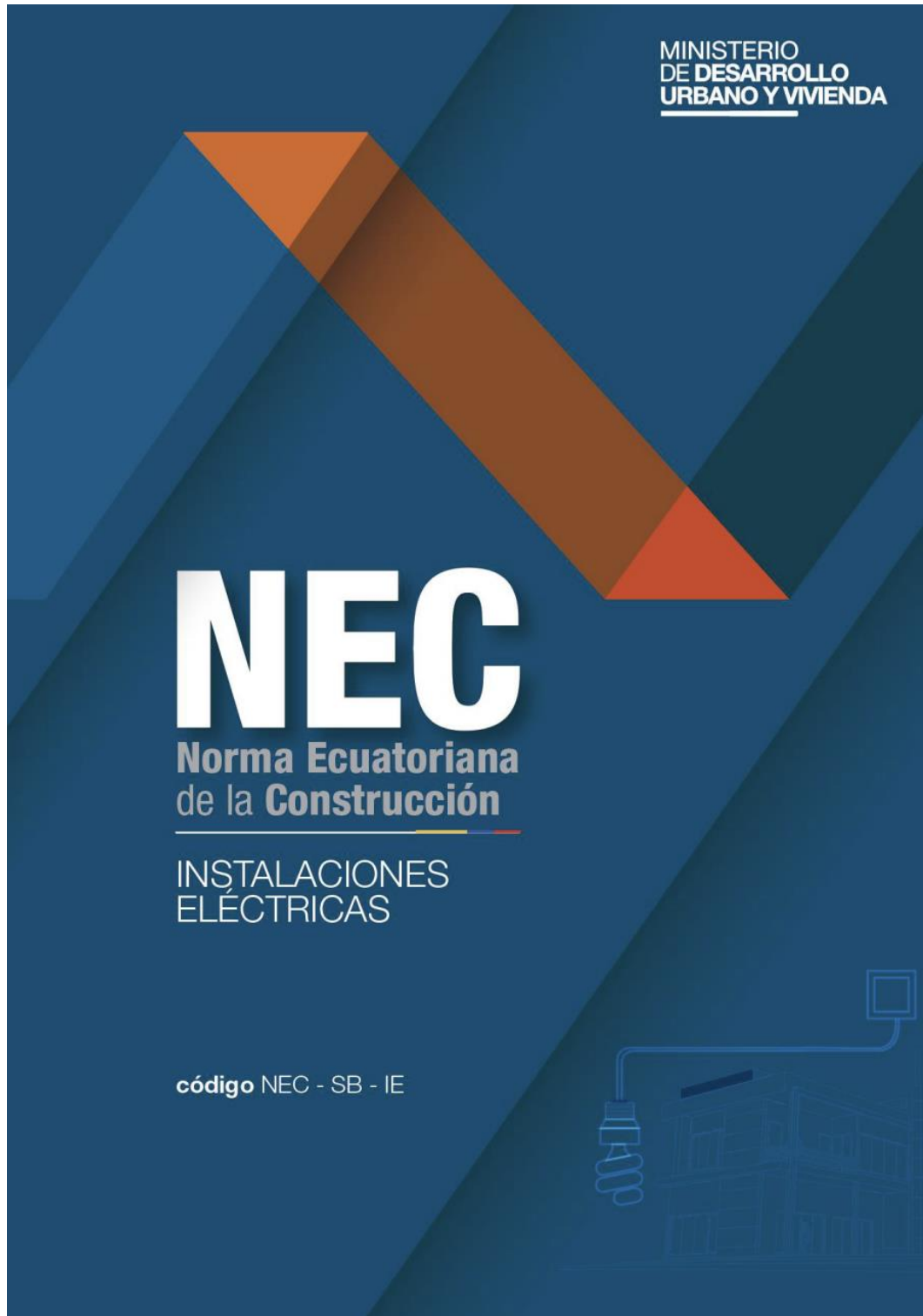
Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN-UNE 72 *Luz, iluminación y báculos*, cuya secretaría desempeña ANFALUM.



## **EXTRACTO DEL DOCUMENTO UNE-EN 12464-1**

**Anexo 2:**

*Norma NEC - SB - IE*



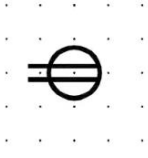


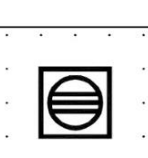
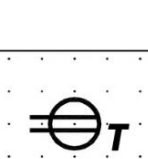
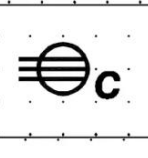
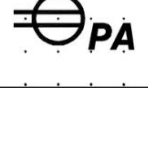
**Anexo 3:**

*Normativa IEC 60617(Simbología Eléctrica) (Norma IEC 60617, 2014)*






**Anexo 4:**

*Simbología eléctrica(tomacorrientes)*

09-93-13		Tomacorriente monofásico  Nota: <i>Para indicar el tipo de tomacorriente o los diferentes usos de éste, deberá colocarse una letra o número en la parte inferior derecha del símbolo, el cual debe ser detallado en la leyenda del plano.</i>
09-93-14		Tomacorriente monofásico en el piso  Nota: <i>Para indicar el tipo de tomacorriente o los diferentes usos de éste, deberá colocarse una letra o número en la parte inferior derecha del símbolo, el cual debe ser detallado en la leyenda del plano.</i>
09-93-15		Tomacorriente trifásico  Nota: <i>Para indicar el tipo de tomacorriente o los diferentes usos de éste, deberá colocarse una letra o número en la parte inferior derecha del símbolo, el cual debe ser detallado en la leyenda del plano.</i>
09-93-16		Tomacorriente trifásico en el piso  Nota: <i>Para indicar el tipo de tomacorriente o los diferentes usos de éste, deberá colocarse una letra o número en la parte inferior derecha del símbolo, el cual debe ser detallado en la leyenda del plano.</i>
09-93-17		Tomacorriente monofásico puesto a tierra
09-93-18		Salida trifásica para cocina
09-93-19		Tomacorriente monofásico a prueba de agua

**Anexo 5:**

*Simbología eléctrica(interruptores)*

		<b>- Interruptores</b>
09-93-28		Interruptor, símbolo general
09-93-29		Interruptor con luz piloto
	<b>.S<sub>L</sub></b>	Interruptor con lámpara piloto
09-93-30		Interruptor con tiempo de cierre limitado, unipolar
	<b>.S</b>	Interruptor unipolar

*Anexo 6:*

*Aprobación de Abstract por parte del departamento de idiomas*

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTY OF ENGINEERING, INDUSTRY AND PRODUCTION**

**Industrial Engineering**

**AUTHOR:** RAMON SISALEMA GILBERT MIGUEL

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

**ABSTRACT**

**PLANT LAYOUT REDESIGN FOR THE COMBUSTION ENGINE GRINDING MACHINE.**

This research is carried out in an organization dedicated to the rectification of internal combustion engines. It is currently facing significant problems in the plant layout due to the empirical implementation of its design, together with an obsolete electrical network that has been in operation for more than 40 years. This situation has led to the need to redesign the plant layout in the organization through the use of the analytical diagram, which evaluates the operations and transports performed in the grinding process, SLP (Systematic Layout Planning) to evaluate the current state of the plant design, the NEC (Ecuadorian Construction Norm - Electrical Installations) to identify the current electrical installations of the organization and the UNE 12464-1 Standard, which allows evaluating the current conditions of the lighting fixtures in the work areas. The results obtained after using the aforementioned methodologies were favorable in terms of a reduction of transportation and unnecessary working times performed by the operators by 85.2% in the route and a 15.8% reduction in the operating time, corresponding to the connecting rod grinding process: of 73.3% in the route and a 6.27% reduction in the time of this operation, corresponding to the crankshaft grinding process. It is concluded that the proposed new plant design guarantees an adequate relationship between the areas and workstations located. Likewise, the new design of the power and lighting network guarantees adequate operation of the electrical equipment, meeting service quality standards. In addition, the new lighting network allows for a proper light level that meets standards, which improves workers' occupational health and safety.

**KEYWORDS:** diagram, engine rectification, electrical network, redesign, slp.

