



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

TEMA:

**REDISEÑO DEL ÁREA DE LABORATORIO DE TRANSFORMADORES DE LA
EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EEASA**

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

Autor

Flores Salazar Ángel Vinicio

Tutora

Mgtr. Naranjo Mantilla Olga Marisol

AMBATO - ECUADOR

2024

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

Yo, Flores Salazar Ángel Vinicio, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “REDISEÑO DEL ÁREA DE LABORATORIO DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EEASA.”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato a los 8 días del mes de marzo de 2024, firmo conforme:

Autor: Flores Salazar Ángel Vinicio

Firma:

Número de Cédula: 1804631412

Dirección: Tungurahua, Ambato, Huachi Loreto

Correo Electrónico: vinigel1991@hotmail.com

Teléfono: 0984531728

APROBACIÓN DE LA TUTORA

En mi calidad de Tutora del Trabajo de Integración Curricular “REDISEÑO DEL ÁREA DE LABORATORIO DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EEASA.”, presentado por Flores Salazar Ángel Vinicio, para optar por el Título de 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.

Ambato, 04 de mayo del 2024

.....
Mgtr. Naranjo Mantilla Olga Marisol

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

Ambato, 04 de mayo 2024

.....

Flores Salazar Ángel Vinicio

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “REDISEÑO DEL ÁREA DE LABORATORIO DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EEASA.”, 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.

Ambato, 04 de mayo de 2024

.....

Mgtr. Ruales Martínez María Belén

LECTORA

.....

Mgtr. Sánchez Díaz Patricio Eduardo

LECTOR

DEDICATORIA

A Dios por darme vida, salud y esperanza para alcanzar mi carrera universitaria.

A mis padres por el ser pilar fundamental de mis valores e ideales.

A mi pareja sentimental por brindarme ayuda y confianza.

A personas especiales quienes me han sabido aconsejar y guiar en los buenos y malos momentos creando en mí una perspectiva de fuerza y superación.

Ángel Vinicio Flores Salazar.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Indoamérica y la facultad de ingeniería, industria y producción por haberme formado para la obtención de mi título de Ingeniero Industrial

Al Ingeniera Marisol Naranjo, tutora de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la tesis y a la Empresa Eléctrica Ambato Regional entro Norte por abrir sus puertas para el desarrollo de mi proyecto de titulación.

Gracias

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR.....	i
APROBACIÓN DE LA TUTORA	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
APROBACIÓN DE LECTORES.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT	xviii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.....	21
Justificación:.....	23
Objetivo general:	24
Objetivos Específicos:	24

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa:	25
Diagnóstico general de la empresa.	26
Distribución del personal en el área del laboratorio de transformadores	26
Recepción de transformadores buenos y usados	27
Área de pruebas para detectar PCB's en el aceite dieléctrico.	27
Mantenimiento de transformadores y pruebas eléctricas de rutina.	28
Pruebas de aceite dieléctrico (Ruptura dieléctrica.)	28
Lavado y pintura de transformadores.	29

Almacenamiento de transformadores	30
Área de almacén de aceite y de herramientas.....	30
Horno de secado	31
Área de herramientas de repuestos y mesa de trabajo	31
Descripción del proceso actual.....	34
Diagrama de proceso analítico	44
Análisis PERT y CPM de las actividades actuales.....	46
Mantenimientos de transformadores de los tres últimos meses del año.....	52
Área de estudio:.....	52
Modelo operativo:	53
Desarrollo del modelo operativo	53
Metodología SLP.....	53
Identificar el área.....	53
Análisis de relaciones entre áreas.....	55
Método SLP (Planeación Sistemática del Diseño – Systematic Layout Planning).....	55
Desarrollo alternativas Layout.....	58
Selección de mejor alternativa.....	58
Método PERT – CPM	58
Analizar las tareas.....	58
Identificación de tareas.....	58
Identificar precedencia de tareas.....	59
Identificación de la ruta crítica	59
Alternativas.....	59
Descripción del diagrama de procesos analítico alternativa I	59
Análisis PERT y CPM de las actividades de la alternativa I.....	61
Descripción del diagrama de procesos analítico alternativa II.....	65
Análisis PERT y CPM de las actividades de la alternativa II	67

Descripción del diagrama de procesos analítico alternativa III.....	71
Descripción del diagrama de procesos analítico alternativa IV	76
Análisis PERT y CPM de las actividades de la alternativa IV	78
Descripción del diagrama de procesos analítico de la alternativa V	82
Análisis PERT y CPM de las actividades de la alternativa V	84
Selección de alternativas	88

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de propuesta.....	89
Aplicación del método SLP. (Diseño de distribución de planta), CPM-PERT	89
Comparativo actual con el propuesto.....	90
Eficiencia de mantenimientos.....	93
Análisis del mantenimiento actual y el propuesto de Laboratorio de los Transformadores Monofásicos en la EEASA	93
Resultados esperados	98
Cronograma de actividades	99
Análisis de costos.....	100

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:	103
Recomendaciones:.....	105
Bibliografía.....	106
ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información general del Complejo Catiglata, EEASA.....	26
Tabla 2. Determinación de valoraciones, tiempo estándar.	36
Tabla 3. Determinación de suplementos en el proceso de recepción de transformadores	37
Tabla 4. Determinación de suplementos en el proceso de toma de datos de placa	37
Tabla 5. Determinación de suplementos en el proceso de toma de datos de placa	38
Tabla 6. Determinación de suplementos en la ejecución de mantenimiento	38
Tabla 7. Determinación de suplementos en el lavado y pintura	39
Tabla 8. Determinación de suplementos en el almacenaje	39
Tabla 9. Ficha de Observación de tiempos estándar obtenidos en el proceso de recepción de transformadores	40
Tabla 10. Ficha de Observación de tiempos estándar en el proceso de toma de datos de placa.....	41
Tabla 11. Ficha de Observación de tiempos estándar en el proceso de toma de muestras de aceite eléctrico	41
Tabla 12. Ficha de Observación de tiempos estándar en el proceso de mantenimiento	42
Tabla 13. Ficha de Observación de tiempos estándar en el proceso de lavado y pintura	43
Tabla 14. Ficha de Observación de tiempos estándar en el proceso de almacenaje.....	43
Tabla 15. Actividades y tiempos para el análisis PERT y CPM	47
Tabla 16. Mantenimiento de transformadores por semana en los 3 últimos 3 meses.	52
Tabla 17. Área de estudio	52
Tabla 18. Criterio de Cercanías	55
Tabla 19. Relaciones de Cercanías	56
Tabla 20. Áreas de trabajo.....	56
Tabla 21. Actividades y tiempos para el análisis PERT y CPM para la alternativa I ...	61
Tabla 22. Actividades y tiempos para el análisis PERT y CPM para la alternativa II..	67
Tabla 23. Actividades y tiempos para el análisis PERT y CPM para la alternativa III. 72	
Tabla 24. Actividades y tiempos para el análisis PERT y CPM para la alternativa IV	78
Tabla 25. Actividades y tiempos para el análisis PERT y CPM para la alternativa V..	84
Tabla 26. Resultados esperados en las alternativas.	88

Tabla 27. Disminución de tiempos y distancias con alternativa propuesta	92
Tabla 28. Resultados esperados en las alternativas.	93
Tabla 29. Análisis de mantenimiento actual del Laboratorio de los Transformadores Monofásicos en la EEASA.	93
Tabla 30. Análisis de mantenimiento propuesto del Laboratorio de los Transformadores Monofásicos en la EEASA.	97
Tabla 31. Cronograma de actividades	99
Tabla 32. Análisis de costos	100

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama de flujo de operaciones de trabajo. Parte # 1	33
Gráfico 2. Diagrama de flujo de operaciones de trabajo. Parte # 2	34
Gráfico 3. Cursograma analítico de proceso actual.	46
Gráfico 4 Diagrama de precedencias actuales.	49
Gráfico 5. Diagrama PERT de las actividades actuales aplicada al mantenimiento de transformadores.	49
Gráfico 6. Gráfico de las dimensiones de las áreas de trabajo actual.	50
Gráfico 7. Tiempos actuales vs. Actividades.	51
Gráfico 8. Definición del modelo operativo.	53
Gráfico 9. Identificación de áreas dentro del laboratorio de transformadores.	54
Gráfico 10. Diagrama de Relaciones Actuales.	57
Gráfico 11. Cursograma analítico del proceso de la alternativa I.	60
Gráfico 12. Diagrama de Precedencias de las actividades de la alternativa I.	62
Gráfico 13. Diagrama PERT de las actividades de la alternativa I	62
Gráfico 14. Dimensiones de las áreas de trabajo de la alternativa I.	63
Gráfico 15. Tiempos de alternativas I.	64
Gráfico 16. Cursograma analítico del proceso de la alternativa II	66
Gráfico 17. Diagrama de Precedencias de las actividades de la alternativa II	68
Gráfico 18. Diagrama PERT de las actividades de la alternativa II	68
Gráfico 19. Dimensiones de las áreas de trabajo de la alternativa II.	69
Gráfico 20. Tiempos de la alternativa II vs. actividades	70
Gráfico 21. Cursograma analítico del proceso de la alternativa III.	71
Gráfico 22. Diagrama de Precedentes de las actividades de la alternativa III.	73
Gráfico 23. Diagrama PERT de las actividades de la alternativa III.	73
Gráfico 24. Gráfico 24. Dimensiones de las áreas de trabajo de la alternativa III	74
Gráfico 25. Tiempos de la alternativa III vs. Actividades.	75
Gráfico 26. Gráfico del diagrama de procesos de trabajo y almacenamiento de transformadores alternativa IV	77
Gráfico 27. Diagrama de Precedentes de las actividades de la alternativa IV	79
Gráfico 28. Diagrama PERT de las actividades de la alternativa IV.	79
Gráfico 29. Dimensiones de las áreas de trabajo de la alternativa IV	80

Gráfico 30. Tiempos de la alternativa IV vs. actividades.....	81
Gráfico 31. Gráfico del diagrama de procesos de trabajo y almacenamiento de transformadores alternativa V	83
Gráfico 32. Diagrama de Precedencias de las actividades de la alternativa V	85
Gráfico 33. Diagrama PERT de las actividades de la alternativa V	85
Gráfico 34. Dimensiones de las áreas de trabajo de la alternativa V	86
Gráfico 35. Tiempos actuales alternativa V vs. Actividades.....	87
Gráfico 36. Dimensiones de las áreas de trabajo situación actual.....	90
Gráfico 37. Dimensiones de las áreas de trabajo de la alternativa III	91
Gráfico 38. Curva “S”.....	102

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación del Complejo Catiglata, EEASA	26
Imagen 3. Área para pruebas de aceite dieléctrico y PCBs	27
Imagen 4. Área para pruebas de aceite eléctrica de rutina	28
Imagen 5. Área para pruebas de aceite dieléctrico	29
Imagen 6. Área de lavado y pintura de transformadores	29
Imagen 7. Área de almacenaje de transformadores	30
Imagen 8. Área de almacenaje de aceite y la ubicación de herramientas	30
Imagen 9. Horno de secado	31
Imagen 10. Área de herramientas de repuestos y mesa de trabajo	31

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Formula método estadístico nivel de confianza del 95.45 %.	34
Ecuación 2. Tiempos normales.....	35
Ecuación 3. Tiempo estándar.....	35

INDÍCE DE ANEXOS

Anexo 1. Sistema de valoración Westinghouse.	110
Anexo 2. Formula aplicada para el cálculo del tiempo estándar.....	111
Anexo 3. Referencia más común para suplementos.....	112
Anexo 4. Certificado de aceptación de la Tesis en EEASA.....	113
Anexo 5. Disposición actual del laboratorio de transformadores.....	114

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

TEMA: REDISEÑO DEL ÁREA DE LABORATORIO DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EEASA

AUTOR: Flores Salazar Ángel Vinicio

TUTORA: Mgtr. Naranjo Mantilla Olga Marisol

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se enfoca en el rediseño del área de laboratorio de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA., ubicada en el Complejo Catiglata. Con el estudio de campo se verificó que existen dos personas, distribuidos en los procesos de mantenimiento de transformadores, que incluyen las actividades de recepción de transformadores, pruebas para detectar PCB's, lavado y pintura, y el almacenamiento de transformadores. El objetivo es rediseñar el área de laboratorio, debido a que no se cuenta con una distribución acorde al proceso, dando lugar a tiempos excesivos por movimientos innecesarios, para establecer la propuesta se aplicó la metodología SLP, CPM, PERT, donde se tiene como fin mejorar los tiempos y movimientos en el proceso del área de trabajo de transformadores monofásicos, definiendo los tiempos críticos se obtuvo 313,70 minutos. Se analizó 5 alternativas de selección, para obtener la más óptima; logrando en la alternativa I, 294.84 minutos; mientras que en la alternativa II, se alcanzó 273,21 minutos; en la opción III, se llegó a 239,48 minutos; en la IV alternativa se obtuvo 258,64 minutos y en la V, dio un tiempo de 297,39 minutos; mediante la selección de alternativas se escogió la opción III, fijándose que en la recepción de transformadores se tiene 17,65 minutos, mientras que en la toma de datos de la Placa Trifásica al unirse con la toma de muestras de aceite dieléctrico da un total de 28,68 minutos, en tanto que en las pruebas de aceites para el PCB's, se obtiene 13,45 minutos, así como en la ejecución de pruebas 97,70 minutos, en tanto que en el lavado y pintado se espera un tiempo de 75,60 minutos y el almacenaje 19,85 minutos, obteniendo una reducción de tiempo de 23,65 % y con respecto al costo del mantenimiento se alcanzó un ahorro de 26.99 %

DESCRIPTORES: Distribución de planta, Metodología, Rediseño, Transformadores.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

Faculty of Engineering, Industry and Production

Industrial Engineering

AUTHOR:FLORES SALAZAR ANGEL VINICIO

TUTOR:MG. NARANJO MANTILLA OLGA MARISOL

ABSTRACT

REDESIGN OF THE TRANSFORMER LABORATORY AREA OF EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A. EEAASA.

This research work focuses on the redesign of the transformer laboratory area of Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA, located in the Catiglata Operating Center, where two people work and perform the transformer maintenance processes, which include the activities of transformer reception, PCB detection tests in the dielectric oil, washing and painting, and transformer storage. The diagnosis of this situation revealed excessive times due to unnecessary movements because there is no distribution aligned with the process. To establish the proposal, SLP, CPM, and PERT methodologies were applied to reduce times and movements in the maintenance process of single-phase transformers. When defining the critical times, 216.79 minutes were obtained. Five selection alternatives were analyzed to obtain the most optimal one, achieving in alternative I, 187.62 minutes, while in alternative II, 171.82 minutes were obtained; in option III, 153.77 minutes were obtained; in alternative IV, 192.59 minutes were obtained; and in alternative V, 170.72 minutes were obtained. Through the selection of alternatives, option III was chosen, establishing that 12.6 minutes were obtained in the reception of transformers. However, the taking of data from the plate together with the taking of dielectric oil samples gives a total of 9.9 minutes, while in oil tests for PCB's 47.73 minutes are obtained, as well as in the execution of tests 37.7 minutes, while in washing and painting a time of 29.51 minutes is expected and storage 22.4 minutes, obtaining a time reduction of 41,93 %, and concerning the maintenance cost, a saving of 33,52 % was achieved. **KEYWORDS:** methodology, plant design, redesign, transformers



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las empresas eléctricas

Las empresas distribuidoras de electricidad en el mundo son entidades dedicadas a la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica (Isaza, 2020).

Las empresas pueden variar en tamaño, alcance y tipos de servicios que ofrecen, algunas trabajan a nivel nacional, mientras que otras operan de manera internacional (Mancilla, 2023). Su objetivo principal es suministrar energía eléctrica a hogares familias, empresas e industrias para satisfacer las necesidades requeridas por los clientes, una de las más conocidas y que operan a nivel mundial es ENEL (Ente Nacional para la Energía Eléctrica), empresa europea líder en el sector energético su con el compromiso de generar energía que sea eficiente y sostenible (Mancilla, 2023).

Estructura organizativa de las empresas eléctricas en el Ecuador

El estado ecuatoriano al mando del Ministerio de Energía y Minas ente rector del sector eléctrico y de la energía renovable cuyo objetivo principal es satisfacer las necesidades de energía eléctrica creando planes y políticas comprometido con el progreso del país (Ministerio de Energía y Minas, 2021).

El ministerio de energía y minas se encuentra estructurado por:

El CENACE el cual tiene como objetivo actuar como operador técnico del sistema nacional interconectado es responsable del abastecimiento continuo de energía eléctrica (CENACE, 2022).

La Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables ARCERNNR se encarga de regular, controlar y fiscalizar el sector eléctrico (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2023).

Instituto de Investigación Geológico y Energético IIGE enfocados en la investigación de la eficiencia energética (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2023).

Las empresas públicas desempeñan un papel crucial en la generación y autogeneración de energía. Un ejemplo destacado es la hidroeléctrica COCA CODO SINCLAIR, la cual provee una capacidad de generación de 1500 MW de potencia, según datos del (CENACE, 2022).

CELEC EP, TRANSELECTRIC son las encargadas de la transmisión y expansión de líneas en todo el Ecuador (CENACE, 2022).

Las empresas eléctricas son las encargadas de distribuir y comercializar la energía eléctrica son:

- CNEL EP UN EL ORO
- CNEL EP UN MANABÍ
- CNEL EP UN GUAYAS
- CNEL EP UN LOS RÍOS
- CNEL EP UN SANTO DOMINGO
- CNEL EP UN SANTA ELENA
- CNEL EP UN LOS RÍOS
- CNEL EP UN MILAGRO
- CNEL EP UN ESMERALDAS
- CNEL EP UN GUAYAQUIL
- CNEL EP UN SUCUMBÍOS
- CNEL EP UN BOLÍVAR
- EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR
- EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL NORTE
- EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL SUR
- EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO
- EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES
- EMPRESA ELÉCTRICA COTOPAXI
- EMPRESA ELÉCTRICA QUITO
- EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA (CENACE, 2022).

Todas las empresas nombradas se conforman de un consejo de administración o junta directiva responsable de establecer políticas generales, supervisar la gestión de la empresa

y tomar decisiones estratégicas importantes, y directamente se encuentra sujeta a los Órganos de Control y Regulación del Gobierno ecuatoriano (Estauto Orgánico, 2015).

Servicios de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., EEASA.

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., EEASA, presta sus servicios a las provincias de Tungurahua, Pastaza, Napo, y Morona Santiago su objetivo fundamental es distribuir y comercializar energía eléctrica y alumbrado público en toda su área de concesión (Astudillo, 2019).

Antecedentes

Aproximación al concepto de rediseño

El rediseño de plantas, también conocida como BPR (Business process reengineering), surgió en los años 80 a cargo de Michael Hammer y James Champy quienes se enfocaron en el rediseño radical de los procesos al ser reestructurados siendo aplicados a procesos productivos de cualquier sector (Pérez Andrés, 2017).

Según, (Quiroa Myriam, 2021). La reingeniería implica realizar cambios radicales con respecto a la estructura, sistemas de operación y políticas de la organización.

Laboratorio de transformadores

Se debe tener en cuenta que un laboratorio de transformadores es un área especializada donde se realizan análisis, pruebas y ensayos de transformadores eléctricos para evaluar el estado y observar si se requiere mantenimiento general o una reparación (TRAFO ENERGY S.A., 2023).

El laboratorio desempeña un rol importante en el suministro eléctrico, garantizando que los transformadores funcionen de manera correcta evitando posibles fallas (TRAFO ENERGY S.A., 2023).

Proceso del servicio en el laboratorio de transformadores

El servicio que se brinda en el laboratorio de transformadores es la recepción, pruebas de aceite, mantenimiento, pruebas eléctricas de rutina, lavado, pintado, inspección y almacenamiento.

La recepción implica diagnosticar y evaluar el estado del transformador. Durante este proceso, se recopilan datos como el número de serie, la potencia, la conexión, el tipo y el voltaje del transformador.

El transformador eléctrico se somete a pruebas de aceite para detectar la presencia de PCB (Bifenilos Policlorados), Estas pruebas son cruciales para garantizar la seguridad y el cumplimiento ambiental.

El mantenimiento de los transformadores implica varias actividades importantes, como el reemplazo de empaques cristalizados, pernos de ojo sobrecalentados, bushings de cerámica trizados, así como la detección y reparación de fugas de aceite. Además, incluye el cambio de interruptores averiados cuando sea necesario.

Las pruebas eléctricas de rutina comprenden una serie de ensayos cruciales para garantizar el funcionamiento óptimo de los transformadores. Estos incluyen pruebas de tensión en vacío, cortocircuito, resistencia de aislamiento, resistencia óhmica de bobinados y ensayos de rigidez dieléctrica.

A continuación, se lleva a cabo el proceso de lavado y pintado, el cual asegura una protección efectiva contra la corrosión. Este procedimiento prolonga su vida útil al crear una barrera protectora contra los efectos adversos del entorno, como la humedad y la oxidación.

En la etapa de la inspección se constata el buen estado del transformador y se realiza el almacenaje respectivo.

Investigaciones previas

Según, (Calvopiña, 2018). Llevaron a cabo un estudio sobre el diseño de la distribución física del laboratorio para transformadores en la empresa eléctrica CNEL. El objetivo

principal fue establecer áreas ordenadas y dispuestas de acuerdo con las normas internacionales, con especial atención a las rutas de movilización y seguridad de los trabajadores.

Este enfoque se basó en la importancia de garantizar un entorno laboral seguro y eficiente, considerando aspectos cruciales como la circulación fluida del personal, la disposición adecuada de los equipos y la optimización del espacio disponible (Calvopiña, 2018).

Según, (Orozco y otros, 2004). Aplicando el rediseño de un sistema para la realización de ensayos de transformadores en la empresa Magnetrón S.A. alcanzo un buen desempeño con respecto al tiempo y calidad en las pruebas, además se tiene reducción de costos.

Según, (Vásquez Restrepo, 2013). Con la implementación y diseño del área de laboratorio de transformadores de la empresa R.V.R Transformadores evito subcontratar los servicios de laboratorio lo que implica desperdicio de tiempo y dinero en los mantenimientos requeridos por la empresa.

Justificación:

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte EEASA., cuenta con un área de laboratorio de transformadores la cual en la actualidad no se cuenta con una distribución adecuada de los espacios debido a que no hacen uso apropiado y eficiente de este. Lo que ocasiona tiempos muertos y retrasos en el proceso de mantenimiento, por lo que se requiere un rediseño para garantizar que los procesos de mantenimiento sean los adecuados optimizando recursos teniendo como referencia trabajos relacionados con diseño de plantas y estudio de métodos y tiempos.

La **importancia** del rediseño del área de transformadores se enfoca en la mejora continua y satisfacción al cliente cumpliendo lo estipulado en las normas ISO 9001:2015 con esto la empresa garantiza que los mantenimientos sean correctos y óptimos utilizando recursos materiales y humanos de una forma eficaz.

El **impacto** que se espera dentro de la Empresa Eléctrica Ambato al recomendar un rediseño del área de transformadores es mejorar los procesos y reducir los tiempos

utilizados al realizar trabajos relacionados con los mantenimientos de rutina, preventivos y correctivos de los transformadores.

Será de gran **utilidad** dentro del área de transformadores al tener un área ordenada y dispuesta de la mejor manera, garantizando que el personal técnico pueda realizar y movilizarse de forma adecuada y realizando el mantenimiento en periodos cortos de tiempos.

Los **beneficiarios** directos son el personal permanente del área de transformadores al contar con la distribución adecuada del área y movilizarse de forma rápida a cada uno de los procesos de mantenimiento se optimizará recursos materiales y humanos al ocupar menor tiempo en cada uno de los pasos para la tarea realizada.

El rediseño del área de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato es **factible** por diversas razones. En primer lugar, puede mejorar la eficiencia operativa. Un rediseño bien planificado optimiza los procesos de mantenimiento, reparación y gestión de transformadores, lo que a su vez conduce a una mayor eficiencia operativa y ahorro de costos a largo plazo. Esto se traduce en una mejor utilización de los recursos y una mayor rentabilidad.

Objetivo general:

“Rediseñar el área de laboratorio de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA.”

Objetivos Específicos:

- Realizar un análisis de costos y beneficios del rediseño propuesto en el área de laboratorio de transformadores.
- Evaluar las opciones de diseño de planta para alcanzar la eficiencia y flexibilidad propuestos
- Proponer el rediseño del área de laboratorio de transformadores aplicando la metodología SLP, CPM, PERT.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa:

La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., EEASA, es una institución distribuidora de los servicios básicos de energía eléctrica y alumbrado público con 64 años de existencia. (Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2024).

Tiene a su cargo el área de cobertura más grande del País, que incluye las provincias de Tungurahua, Pastaza, Napo y Morona Santiago. En la actualidad la Empresa cuenta con aproximadamente 306.394 clientes, donde su misión se basa en suministrar energía eléctrica, con las mejores condiciones de calidad y continuidad para satisfacer las necesidades de los clientes en su área de concesión, a precios razonables y contribuir al desarrollo económico y social. Para lo cual se tiene en cuenta que su visión es “Constituirse en una Empresa líder en el suministro de energía eléctrica del país. (Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A., 2024).

La presente propuesta metodológica se enfoca en el rediseño del área de laboratorio de transformadores de dicho complejo, para garantizar que los procesos de mantenimiento sean los adecuados, optimizando recursos teniendo como referencia trabajos relacionados con diseño de plantas, así como el estudio de métodos y tiempos con el objetivo que los transformadores ingresados a las Bodegas de la EEASA, Complejo Operativo Catiglata cumplan con los parámetros establecidos por las normas, a fin de contar con bienes conformes para su uso.

Diagnóstico general de la empresa.

En la tabla 1, se presenta la información del complejo operativo Catiglata, EEASA.

Tabla 1. Información general del Complejo Catiglata, EEASA

Nombre Institución	Complejo Operativo Catiglata, EEASA
Dirección	Calle Ottawa y New York
Sector	Parroquia La Península
Cantón	Ambato
Provincia	Tungurahua
Actividad	Institución distribuidora de energía eléctrica
Gerente General	Ing. Luis Alberto Marcial Domínguez
Cantidad de trabajadores	2
Horario de trabajo	8:00 a 4:30

Fuente: (Empresa Eléctrica Ambato, 2022)

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).



Imagen 1. Ubicación del Complejo Catiglata, EEASA

Fuente: Google Maps (2023)

Distribución del personal en el área del laboratorio de transformadores

El área de laboratorio de transformadores se conforma por el jefe de laboratorio y un ayudante personal permanente de la empresa, cuenta con un área de construcción de 192 m^2 la cual se divide en dos áreas la una utilizada para oficina y la otra destinada para la recepción, pruebas de aceites PCB's, mantenimiento, pruebas eléctricas, lavado, pintado, almacenaje de transformadores, el personal técnico debe permanecer el 90 % de las actividades de pie, realizar movimientos ligeramente incómodos, alzar pesos no

mayores a 2,5 kg el área de laboratorio cuenta con buena iluminación es un trabajo que requiere una concentración mental al realizar pruebas eléctricas de rutina con elevados voltajes.

Recepción de transformadores buenos y usados

Los transformadores que ingresan al laboratorio para el mantenimiento son planificados de acuerdo con el espacio y disponibilidad del área, seguido con una inspección previa, documentación y toma de registro y seguidamente la descarga del transformador en el área de pruebas.

Área de pruebas para detectar PCB's en el aceite dieléctrico.

Las pruebas de PCB's (bifenilos policlorados) en el aceite de transformadores se realizan para detectar la presencia de estos compuestos químicos prohibidos debido a sus efectos perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente. Esta área debe contar con una buena iluminación además de contar con una cabina hermética libre de humedad y polvo, de igual manera debe de tener una distancia alejada y aislada de las otras áreas del laboratorio de transformadores.

El personal que realiza estas pruebas debe proveer del equipo de protección personal adecuado para la toma de muestras como traje de seguridad, gafas, guantes de nitrilo.



Imagen 2. Área para pruebas de aceite dieléctrico y PCBs
Fuente: Flores, Ángel (2023)

Mantenimiento de transformadores y pruebas eléctricas de rutina.

En este proceso se involucran las siguientes actividades como: prueba de relación de transformación, medición de resistencia, medición de pérdidas en el núcleo y en los bobinados, medición de la rigidez dieléctrica del aceite, cambio de breacker de baja tensión, cambios de fusibles internos de media tensión, cambio de bushing y empaques, reemplazo de aceite dieléctrico es importante que en esta área tenga disponibles las herramientas para el mantenimiento, equipo de protección personal, contar con una buena iluminación.



Imagen 3. Área para pruebas de aceite eléctrica de rutina
Fuente: Flores, Ángel (2023)

Pruebas de aceite dieléctrico (Ruptura dieléctrica.)

Tiene el objetivo fundamental de proporcionar aislamiento eléctrico, enfriamiento y protección en equipos eléctricos, al tiempo que permite la detección temprana de problemas potenciales para mantener la integridad y la eficiencia de estos dispositivos a lo largo del tiempo para la ejecución de estas pruebas se requiere la disposición de herramientas y el equipo de protección personal.

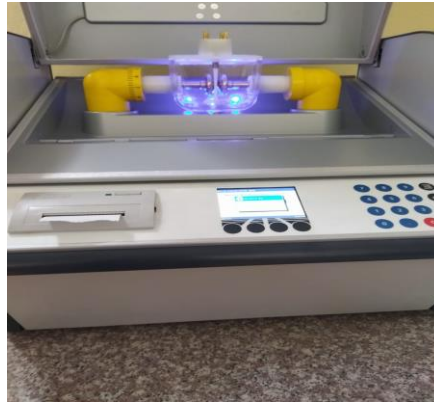


Imagen 4. Área para pruebas de aceite dieléctrico
Fuente: Flores, Ángel (2023)

Lavado y pintura de transformadores.

El lavado y pintura de transformadores un proceso importante en el proceso de mantenimiento ayuda a preservar, prolongar su vida útil y garantizar un funcionamiento seguro. Se ejecutan medidas preventivas y correctivas que tienen como objetivo principal el cuidado del transformador se debe contar con un área con disposición de tomas de energía y agua potable tener desagües en esta etapa se debe tener en cuenta que el trabajador al realizar este proceso adquiere posiciones ligeramente incómodas, fatiga, y trabajar de pie.



Imagen 5. Área de lavado y pintura de transformadores
Fuente: Flores, Ángel (2023)

Almacenamiento de transformadores

Una vez realizado el proceso de mantenimiento en el laboratorio, los transformadores son almacenados en el área correspondiente que posteriormente son trasladados a la bodega de almacenaje por lo que es importante que esta área debe estar junto al área de lavado y pintado esto ayuda a acortar distancias de movilización del técnico que realiza el mantenimiento.



Imagen 6. Área de almacenaje de transformadores

Fuente: Flores, Ángel (2023)

Área de almacén de aceite y de herramientas

Es un área donde se almacenan tanques de aceite, usados y nuevos, empleados para los transformadores, así como las herramientas, equipo de protección personal útiles para el mantenimiento de los transformadores se sugiere que esta área se encuentre cercana al área de mantenimiento y pruebas eléctricas para acortar distancias del operador.



Imagen 7. Área de almacenaje de aceite y la ubicación de herramientas

Fuente: Flores, Ángel (2023)

Horno de secado

El horno cumple la función del secado de bobinas de transformadores esto ayuda a la eliminación de humedad, mejora de propiedades dieléctricas, lo cual garantiza un correcto funcionamiento y desempeño del transformador este equipo actualmente se encuentra junto al equipo de rigidez dieléctrica lo que puede ocasionar distorsión al ejecutar las pruebas se sugiere reubicación del equipo.



Imagen 8. Horno de secado
Fuente: Flores, Ángel (2023)

Área de herramientas de repuestos y mesa de trabajo

Esta área se encuentra los repuestos y herramientas utilizados para el mantenimiento de los transformadores y la mesa de trabajo útil para realizar ajustes y ensambles de piezas y accesorios la localización actual ocasiona tardanzas al operario al trasladarse desde el área de herramientas hacia el área de mantenimiento.



Imagen 9. Área de herramientas de repuestos y mesa de trabajo
Fuente: Flores, Ángel (2023)

En el siguiente flujograma se explica el proceso de operación y mantenimiento que se realiza en el área de laboratorio, se inicia con la recepción de una notificación por correo electrónico desde el fiscalizador de proyectos hacia el jefe encargado, el cual responde con la disponibilidad de espacio, fecha y hora de recepción del lote de transformadores.

El día acordado el ayudante de laboratorio procede con la descarga y verificación de datos de placa de los transformadores, se continúa con la recolección de muestras de aceite, esta prueba es importante en caso de que los valores obtenidos sean mayores a 50 ppm, el aceite contiene PCB's estas procediendo a ser almacenados en la bodega de sustancias peligrosas, caso contrario continúan con las pruebas eléctricas de rutina y mantenimientos necesarios por ejemplo: cambios de bushing, breacker, fusibles, empaques, al culminar los datos obtenidos en las pruebas son ingresados al programa informático si los valores están de acuerdo a la norma para finalizar el proceso de mantenimiento de los transformadores son trasladados al área de lavado, pintura posteriormente son almacenados.

En el gráfico 1, se muestra las actividades del proceso de mantenimiento en el área de laboratorio de transformadores.

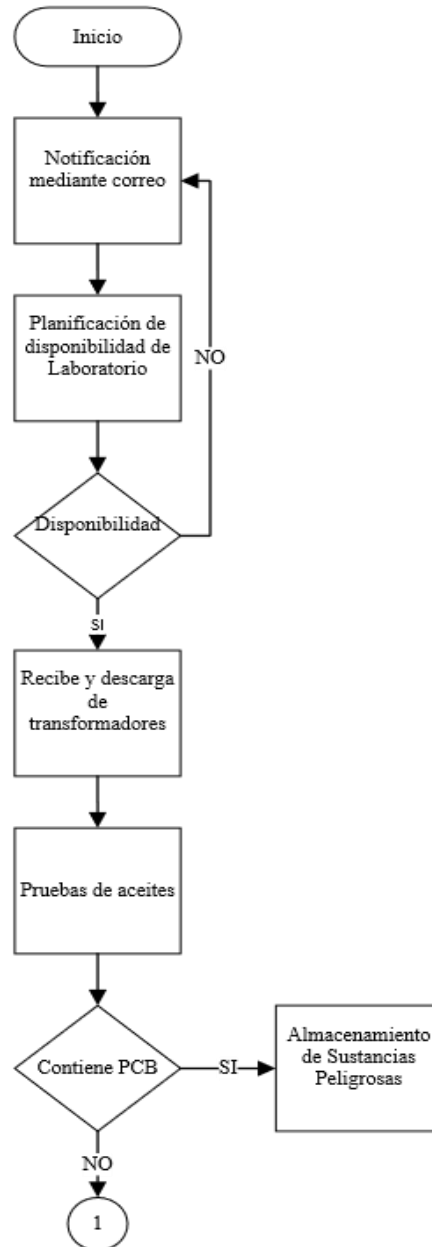


Gráfico 1. Diagrama de flujo de operaciones de trabajo. Parte # 1
Fuente: Flores, Ángel (2023)

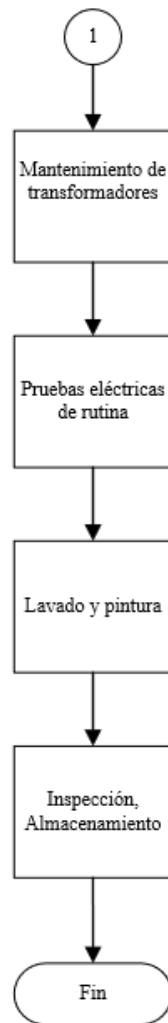


Gráfico 2. Diagrama de flujo de operaciones de trabajo. Parte # 2
Fuente: Flores, Ángel (2023)

Descripción del proceso actual

Según (Benjamin Niebel, 1999). Recomienda que en un estudio de tiempos y movimientos se debe tomar en cuenta tomar muestras aplicando la formula del método estadístico de igual manera para el estudio de tiempos y movimientos aplicar los suplementos y valoraciones para cada trabajador.

$$n = \left(\frac{40^2 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Ecuación 1. Formula método estadístico nivel de confianza del 95.45 %.

Donde:

- n = Número de observaciones
- n' = Número de observaciones del estudio preliminar
- Σ = Suma de los valores
- x = Valor de las observaciones
- 40 = Constante para un nivel de confianza de 94,45 %

$$S = TN/TO$$

Ecuación 2. Tiempo suplementario

Donde:

- S = Suplementos
- TO = Tiempo observado
- TN = Tiempo normal

$$TE = TN * (1 + S)$$

Ecuación 3. Tiempo estándar

Donde:

- TE = Tiempo estándar

Las herramientas que utilizan para tomar las lecturas son de cronometro, tablero y lápiz, programas informáticos.

Por lo que a continuación, se detallan los tiempos estándar con los datos de las valoraciones y suplementos a realizar en cada operación, determinándose en diez días diferentes, obteniéndose:

Determinación valoraciones, tiempos estándar en cada proceso.

En la tabla 2. Se muestra la determinación de las valoraciones individuales del trabajador operativo que se desenvuelve dentro del mantenimiento en el área de laboratorio de transformadores.

Tabla 2. Determinación de valoraciones, tiempo estándar.

Valoración según Westinghouse						
Proceso	Tareas	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Total % Valoración
1	Recepción del transformador	B2	B2	B	C	0,21
	Inspección del estado	B1	B1	A	A	0,31
	Dotación de herramientas	C2	B1	D	B	0,16
	Descarga del transformador	C 2	B1	D	B	0,16
2	Colocación de EPP	A1	B2	D	C	0,24
	Adquisición de herramientas	A1	B2	B	C	0,03
	Toma de datos de la placa de un transformador	A2	D	A	C	0,20
	Colocación de EPP	D	C2	C	D	0,04
3	Adquisición de herramientas	A2	D	A	B	0,23
	Toma de muestras de aceite eléctrico	A2	D	A	B	0,23
	Transporte desde la toma de muestras a las Pruebas PCB's	A2	D	A	B	0,23
	Realizar pruebas de PCB's	A2	D	A	B	0,23
4	Mantenimiento de transformadores	A2	D	A	B	0,23
	Transporte de mantenimiento al desarrollo de pruebas	B2	D	A	A	0,18
	Ejecución de pruebas eléctricas	B2	B2	B	B	0,23
	Transporte hacia el área de lavado	B2	B2	B	B	0,23
5	Lavado	B2	B2	B	B	0,23
	Transporte a pintura	B2	B2	A	C	0,23
	Pintura	B2	B2	A	C	0,23
6	Transporte hacia el área de almacenamiento	B2	B2	B	B	0,23
	Almacenamiento	B2	B2	A	C	0,23

Fuente: Flores, Ángel (2023)

Determinación de suplementos en el proceso de mantenimiento de transformadores.

En la tabla 3, 4, 5, 6, 7, 8. Se muestra la determinación de suplementos en cada tarea de mantenimiento aplicada al trabajador que realiza su desempeño en el área de laboratorio de transformadores.

Tabla 3. Determinación de suplementos en el proceso de recepción de transformadores

Suplementos recepción de transformadores				
Suplementos	Recepción %	Inspección %	Dotación %	Descarga %
1. Suplementos constantes				
Necesidades personales	5	5	5	5
Fatiga	4	4	4	4
2. Suplementos variables				
Trabajar de pie				2
Incomoda	2	2	2	2
Peso levantado 7,5 Kg	2			
Peso levantado 5 Kg			1	
Aburrido			2	2
Bastante monótono	1	1		
Total	14	12	14	15

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Tabla 4. Determinación de suplementos en el proceso de toma de datos de placa

Suplementos toma de datos de placa			
Suplementos	Colocación EPP %	Adquisición %	Toma de datos %
1. Suplementos constantes			
Necesidades personales	5	5	5
Fatiga	4	4	4
2. Suplementos variables			
Trabajar de pie	2	2	2
Incomoda	2	2	2
Peso levantado 7,5 Kg			
Aburrido	2	2	2
Bastante monótono			
Total	15	15	15

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Tabla 5. Determinación de suplementos en el proceso de toma de datos de placa

Suplementos toma de muestras de aceite eléctrico y pruebas de PCB's					
Suplementos	Colocación EPP	Adquisición	Muestras	Transporte	Pruebas PCB's
	%	%	%	%	%
1. Suplementos constantes					
Necesidades personales	5	5	5	5	5
Fatiga	4	4	4	4	4
2. Suplementos variables					
Trabajar de pie	2	2	2	2	2
Baja precisión	0	0		0	0
Incomoda					
Peso levantado 7,5 Kg					
Peso levantado 5 Kg			1		
Peso levantado 2,5 Kg	0	0		0	0
Aburrido			2		
Algo monótono				0	0
Bastante monótono					
Total	11	11	14	11	11

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Tabla 6. Determinación de suplementos en la ejecución de mantenimiento

Suplementos ejecución de mantenimiento			
Suplementos	Mantenimiento	Transporte	Ejecución de pruebas
	%	%	%
1. Suplementos constantes			
Necesidades personales	5	5	5
Fatiga	4	4	4
2. Suplementos variables			
Trabajar de pie	2	2	2
Gran precisión o muy fatigoso			5
Baja presión	0	0	
Peso levantado 5 Kg	0	1	1
Peso levantado 2,5 Kg		0	0
Muy monótono		4	4
Bastante monótono	0		
Total	11	16	21

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Tabla 7. Determinación de suplementos en el lavado y pintura

Suplementos lavado y pintura				
Suplementos	Transporte	Lavado	Transporte	Pintura
	%	%	%	%
1. Suplementos constantes				
Necesidades personales	5	5	5	5
Fatiga	4	4	4	4
2. Suplementos variables				
Trabajar de pie	2	2	2	2
Gran precisión o muy fatigoso	5	5	5	5
Baja presión		0		
Incomoda				
Peso levantado 7,5 Kg				
Peso levantado 5 Kg	1	1	1	1
Aburrido				
Muy monótono	4	4	4	4
Bastante monótono				
Total	21	21	21	21

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Tabla 8. Determinación de suplementos en el almacenaje

Suplementos Almacenaje			
Suplementos	Transporte	Almacenaje	Supervisión
	%	%	%
1. Suplementos constantes			
Necesidades personales	5	5	5
Fatiga	4	4	4
2. Suplementos variables			
Trabajar de pie	2	2	2
Gran precisión o muy fatigoso	5		
Baja presión		0	0
Peso levantado 7,5 Kg			
Peso levantado 5 Kg	1	1	1
Aburrido			
Muy monótono	4		
Bastante monótono			
Total	21	12	12

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

En la tabla 9. Se encuentran las tareas que conforman el proceso denominado recepción de transformadores la cual está compuesta por las siguientes tareas: Recepción de transformadores en la cual se obtuvieron datos de valoración, el tiempo observado, suplementos y tiempo estándar los cuales fueron analizados individualmente en el tiempo estándar en la recepción de transformadores se obtuvo 2,17 minutos, inspección del estado 3,96 minutos, dotación de herramientas 6,45 minutos y como actividad final la descarga del transformador se obtuvo 7.24 minutos como resultado final se da un tiempo de 19.82 minutos al finalizar el proceso de recepción de transformadores.

Tabla 9. Ficha de Observación de tiempos estándar obtenidos en el proceso de recepción de transformadores

Proceso 1	Tarea	Descripción	Valoración	Tiempo Observado (minutos)	Tiempo normal (minutos)	Suplemento	Tiempo estándar (minutos)
Recepción de transformadores	1	Recepción de transformadores	1,21	1,60	1,94	1,14	2,17
	2	Inspección del estado	1,31	2,70	3,54	1,12	3,96
	3	Dotación de herramientas	1,16	4,88	5,66	1,14	6,45
	4	Descarga del transformador	1,16	5,36	6,22	1,15	7,24

Fuente: Flores, Ángel (2023)

En tanto que en la segunda ficha da:

En la tabla 10. Se encuentran los tiempos actuales estándar del proceso toma de datos de placa está compuesto por las siguientes tareas: Colocación de EPP obteniendo un tiempo estándar de 3,31 minutos, la adquisición de herramientas con 3,75 minutos y finalmente la tarea toma de datos de placa de un transformador 4,12 minutos alcanzando una suma de 11,18 minutos en el proceso descrito. Adicionalmente los datos de valoración y suplementos fueron obtenidos y valorados individualmente en cada tarea. ver anexo 1.

Tabla 10. Ficha de Observación de tiempos estándar en el proceso de toma de datos de placa

Proceso 2	Tarea	Descripción	Valoración	Tiempo Observado (minutos)	Tiempo normal (minutos)	Suplemento	Tiempo estándar (minutos)
Toma de datos de placa	1	Colocación de EPP	1,24	2,32	2,88	1,15	3,31
	2	Adquisición de herramientas	1,03	3,17	3,27	1,15	3,75
	3	Toma de datos de la placa de un transformador	1,2	2,86	3,43	1,2	4,12

Fuente: Flores, Ángel (2023)

En la tabla 11. Se encuentran los tiempos actuales estándar que se demoran durante la toma de muestras de aceite eléctrico, determinadas como colocación de EPP con un tiempo estándar de 2,82 minutos, adquisición de herramientas obtuvo 13,45 minutos, y la toma de muestras de aceite con un tiempo de 8,26 minutos, para el transporte de muestras de aceite a las pruebas de PCB's se obtuvo un tiempo de 3,39 minutos finalmente se obtuvo el tiempo de 8,39 para ejecución de pruebas de PCB's en el aceite dieléctrico obteniendo un tiempo total estándar para este proceso de 36,30 minutos.

Tabla 11. Ficha de Observación de tiempos estándar en el proceso de toma de muestras de aceite eléctrico

Proceso 3	Tarea	Descripción	Valoración	Tiempo Observado (minutos)	Tiempo normal (minutos)	Suplemento	Tiempo Estándar (minutos)
Toma de muestras de aceite eléctrico	1	Colocación de EPP	1,04	2,44	2,54	1,11	2,82
	2	Adquisición de herramientas	1,23	9,85	12,12	1,11	13,45
	3	Toma de muestras de aceite eléctrico	1,23	6,05	7,44	1,11	8,26
	4	Transporte desde la toma de muestras a las Pruebas PCB's	1,23	2,48	3,05	1,11	3,39
	5	Realizar pruebas de PCB's	1,23	6,14	7,55	1,11	8,39

Fuente: Flores, Ángel (2023)

En la tabla 12. Se encuentran los tiempos actuales estándar que se demoran durante el proceso de mantenimiento de transformadores donde se obtuvieron los siguientes tiempos estándar por cada tarea: Mantenimiento de transformadores 61,03 minutos, transporte de mantenimiento al desarrollo de pruebas 6,93 minutos para finalizar con la ejecución de pruebas eléctricas con un tiempo de 33,31 minutos para este proceso se obtuvo un tiempo total estándar de 101,26 minutos.

Tabla 12. Ficha de Observación de tiempos estándar en el proceso de mantenimiento

Proceso 4	Tarea	Descripción	Valoración	Tiempo Observado (minutos)	Tiempo normal (minutos)	Suplemento	Tiempo Estándar (minutos)
Mantenimiento	1	Mantenimiento de transformadores	1,23	44,70	54,98	1,11	61,03
	2	Transporte de mantenimiento al desarrollo de pruebas	1,18	5,06	5,97	1,16	6,93
	3	Ejecución de pruebas eléctricas	1,23	22,38	27,53	1,21	33,31

Fuente: Flores, Ángel (2023)

En la tabla 13. Se encuentran los tiempos estándar actuales en el proceso de lavado y pintura la cual consta de las siguientes tareas con sus respectivos tiempos estándar: Traslado hacia el área de lavado 14,00 minutos, en la tarea de lavado se obtuvo 28,31 minutos, mientras que en el transporte a pintura se obtuvo 14,73 minutos y como última actividad la tarea de pintura alcanzo un tiempo de 100,01 minutos

Tabla 13. Ficha de Observación de tiempos estándar en el proceso de lavado y pintura

Proceso 5	Tarea	Descripción	Valoración	Tiempo Observado (minutos)	Tiempo normal (minutos)	Suplemento	Tiempo Estándar (minutos)
Lavado y pintura	1	Traslado hacia el área de lavado	1,23	9,41	11,57	1,21	14,00
	2	Lavado	1,23	19,03	23,40	1,21	28,31
	3	Transporte a pintura	1,23	9,90	12,18	1,21	14,73
	4	Pintura	1,23	28,86	35,50	1,21	42,96

Fuente: Flores, Ángel (2023)

En la tabla 14. Se encuentran los tiempos estándar actuales en el proceso de almacenaje está compuesto por las siguientes tareas: Traslado hacia el área de almacenaje obteniendo 14,00 minutos, en la tarea de almacenaje de transformadores alcanzo un tiempo de 13,60 minutos y como último se encuentra la tarea de supervisión con un tiempo de 17,52 minutos en total de tiempo estándar de este proceso es de 45,13 minutos.

Tabla 14. Ficha de Observación de tiempos estándar en el proceso de almacenaje

Proceso 6	Tarea	Descripción	Valoración	Tiempo Observado (minutos)	Tiempo normal (minutos)	Suplemento	Tiempo Estándar (minutos)
Almacenaje	1	Traslado hacia área de almacenaje	1,23	9,41	11,57	1,21	14,00
	2	Almacenaje	1,23	9,87	12,15	1,12	13,60
	3	supervisión	1,23	12,72	15,64	1,12	17,52

Fuente: Flores, Ángel (2023)

Diagrama de proceso analítico

El proceso de mantenimiento se encuentra formado por las siguientes actividades:

1. Recepción de transformadores, del cual se integran:

- Recepción del transformador
- Inspección del estado
- Dotación de herramientas
- Descarga del transformador

2. Toma de datos de placa, del cual se integran:

- Colocación de EPP
- Adquisición de herramientas
- Toma de datos de la placa de un transformador

3. Toma de muestras de aceite eléctrico y pruebas de PCB's, del cual se integran:

- Colocación de EPP
- Dotación de herramientas
- Toma de muestras de aceite
- Transporte desde la toma de muestras a las pruebas PCB's
- Realizar las Pruebas PCB's

4. Ejecución de mantenimiento y pruebas se integran:

- Ejecución del mantenimiento a transformador
- Transporte hacia el área de pruebas eléctricas
- Ejecución de pruebas

5. Lavado y pintura se integran por:

- Transporte a lavado
- Lavado
- Transporte a pintura
- Pintado

6. Almacenaje, del cual se integran:

- Transporte de pintura a almacenamiento
- Almacenaje
- Supervisión final

Según (Kanawaty, 1996), la OIT (Organización Internacional del Trabajo), en el gráfico 3. se muestra el diagrama analítico de procesos en el mantenimiento de transformadores, hoy en día, de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA, se conforman de 6 actividades se inicia con la recepción de transformadores, seguido de la toma de datos de placa y descarga del transformador, como siguiente actividad es la toma de muestras de aceite eléctrico, determinándose además las pruebas de aceite para el PCB's, así como la ejecución de pruebas eléctricas de rutina, siendo antepenúltima actividad el lavado y pintado finalizando con el almacenaje y supervisión del transformador, el cual estaría listo para su uso; definiéndose 22 tareas a ejecutar, donde 14 son operaciones, 1 inspecciones, 5 transporte, 0 demora y 1 almacenamiento, dando un total, del proceso de 135 m de recorrido con 313,70 minutos durante este proceso para finalizar su trabajo.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° __1__ De: __6__ Diagrama N°: __1__		Operario x Material		Máquina						
Proceso:		RESUMEN								
Fecha: Noviembre 2023		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.				
El estudio Inicia: Recepción de transformador		●	Operación	14						
Método: Actual: X		➡	Transporte	6						
Producto: Transformadores		■	Inspección	2						
Nombre del operario: Eduardo Camacho		◐	Espera	0						
Elaborado por: Angel Flores		▼	Almacenaje	1						
Tamaño del Lote: 1		Total de Actividades realizadas		23						
		Distancia total en metros		135						
		Tiempo min/hombre		0						
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo minutos	SÍMBOLOS PROCESOS					
					●	➡	■	◐	▼	
1	Recepción del transformador	1	6,00	2,17	●					
	Inspección del estado	1	1,00	3,96				●		
	Dotación de herramientas	1	5,00	6,45	●					
	Descarga del transformador	1	6,00	7,24	●					
2	Colocación EPP	1	3,00	3,31	●					
	Adquisición de herramientas	1	5,00	3,75	●					
	Toma de datos de placa del transformador	1	2,00	4,12	●					
3	Colocación de EPP para toma de muestras	1	3,00	2,82	●					
	Adquisición de herramientas	1	5,00	13,45	●					
	Toma de muestras de aceite	1	1,00	8,26	●					
	Transporte desde toma de muestras a las pruebas de PCB's	1	5,00	3,39				●		
	Realizar pruebas de PCB's	1	0,00	8,39	●					
4	Ejecución de mantenimiento a transformador	1	5,00	61,03	●					
	Transporte hacía área de pruebas eléctricas	1	6,00	6,93				●		
	Ejecución de pruebas	1	5,00	33,31	●					
5	Transporte hacía el área de lavado	1	30,00	14,00				●		
	Lavado	1	2,00	28,31	●					
	Transporte a pintura	1	5,00	14,73				●		
	Pintura	1	10,00	42,96	●					
6	Transporte hacía almacenamiento	1	30,00	14,00				●		
	Almacenaje	1	0,00	13,60					●	
	Supervisión final	1	0,00	17,52					●	
		m	135,0	313,70	Minutos					

Gráfico 3. Cursograma analítico de proceso actual.

Fuente: Flores, Ángel (2023)

Análisis PERT y CPM de las actividades actuales

En la tabla 15. Se muestra las actividades que se llevan a cabo en el análisis PERT y CPM son:

Tabla 15. Actividades y tiempos para el análisis PERT y CPM

Características	Actividades	Predecesor	Tiempo (min)
A	Recepción del transformador	---	2,17
B	Inspección del estado	A	3,96
C	Dotación de herramientas	B	6,45
D	Descarga del transformador	C	7,24
E	Colocación de EPP	D	3,31
F	Adquisición de herramientas	D	3,75
G	Toma de datos de la placa de un transformador	E, F	4,12
H	Colocación de EPP para toma de muestras	G	2,82
I	Adquisición de herramientas	G	13,45
J	Toma de muestras de aceite	H, I	8,26
K	Transporte desde la toma de muestras a las Pruebas PCB's	G	3,39
L	Realizar las Pruebas PCB's	K	8,39
M	Ejecución del mantenimiento de	J, L	61,03

Características	Actividades	Predecesor	Tiempo (min)
	transformador		
N	Ejecución de pruebas eléctricas	M	33,31
O	Transporte hacia área de lavado	N	14,00
P	Lavado	O	28,31
Q	Transporte hacia el área de pintura	P	14,73
R	Pintura	Q	42,96
S	Transporte área de almacenamiento	R	14,00
T	Almacenaje	S	13,60
U	Supervisión final	T	17,52

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

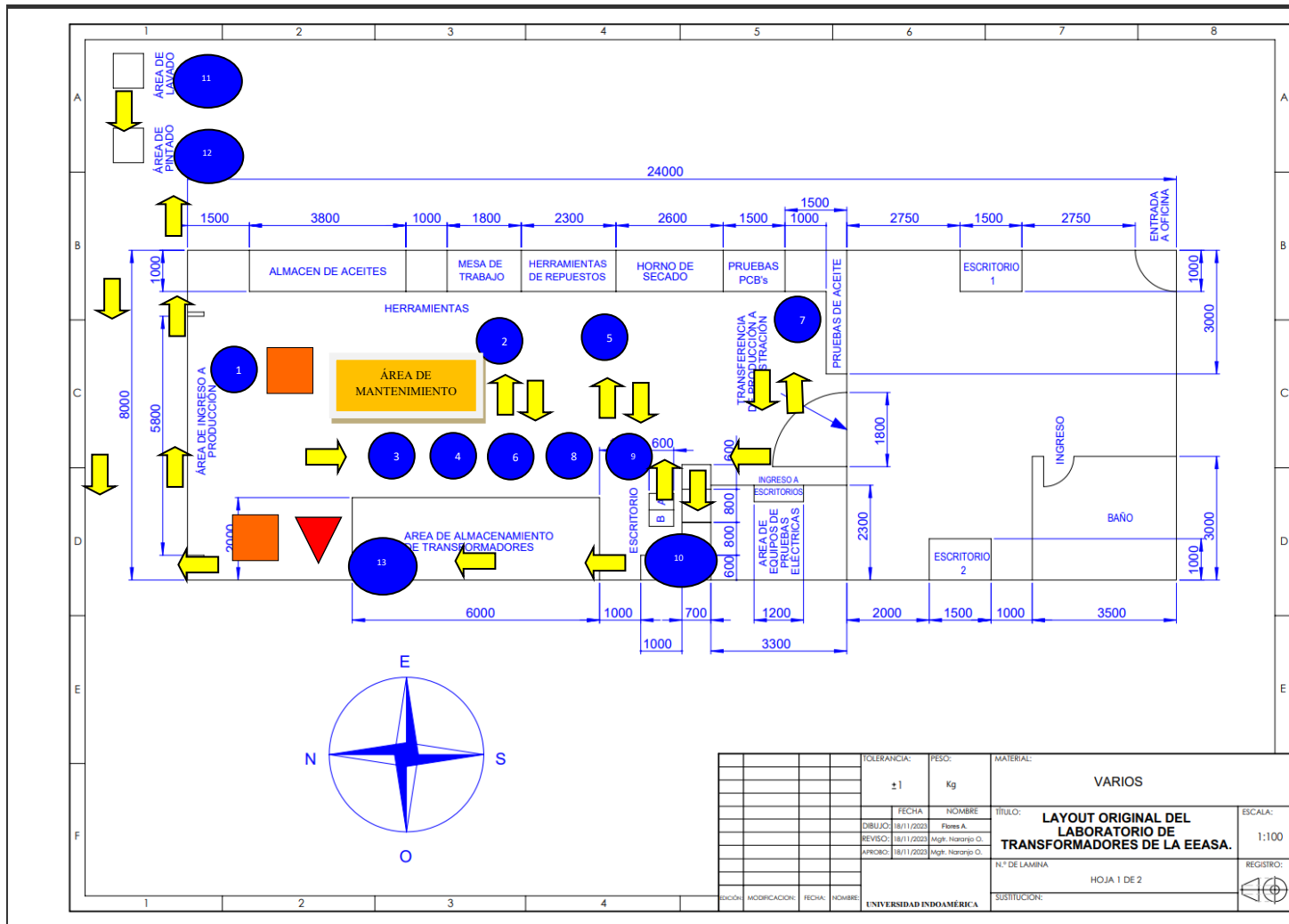


Gráfico 6. Gráfico de las dimensiones de las áreas de trabajo actual.
Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

En el gráfico 7. Se muestran los tiempos actuales, se puede observar que en las tareas de ejecución de mantenimiento se tiene 61,03 minutos, mientras que en ejecución de pruebas eléctricas 33,31, en la tarea de lavado 28,31 y pintura con un tiempo de 42,96 minutos en estas tareas los valores de tiempos son los más altos lo que provoca una demora en el mantenimiento.

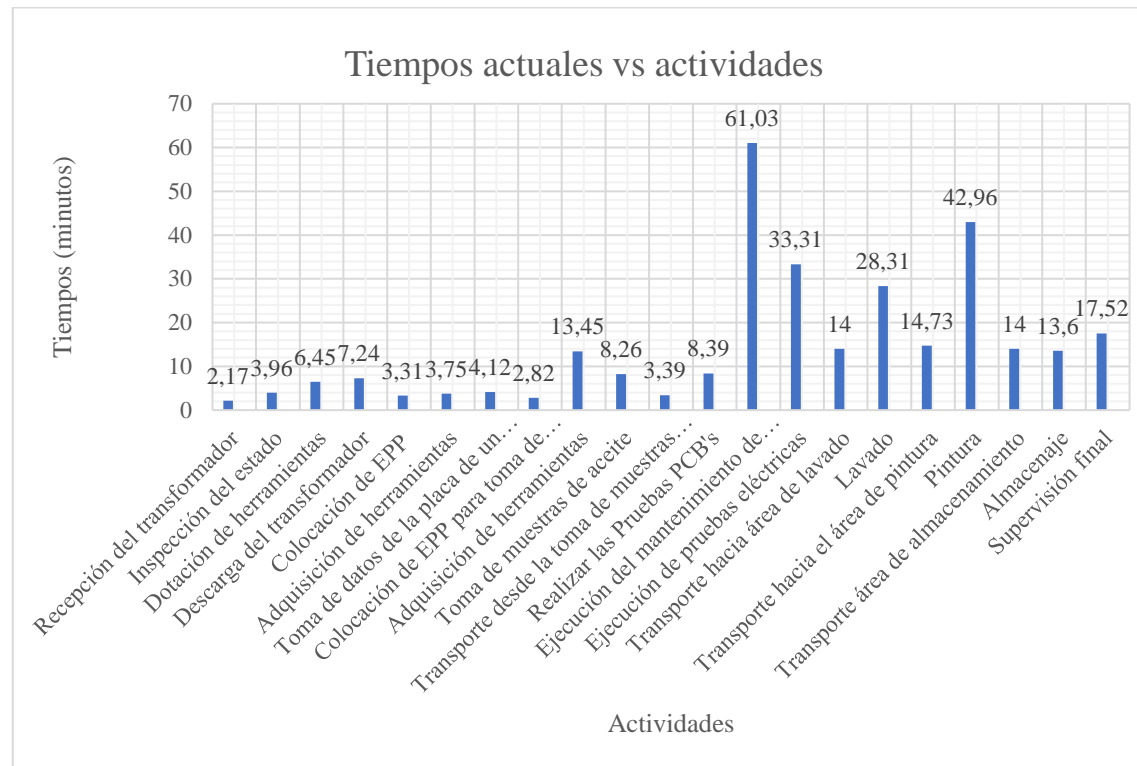


Gráfico 7. Tiempos actuales vs. Actividades.

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Mantenimientos de transformadores de los tres últimos meses del año

En la tabla 16. Asumiendo que el tiempo por mantenimiento de la suma de los tiempos de la operación descrita anteriormente se realiza un cálculo del tiempo estimado ideal de los tres últimos meses del año 2023 obteniendo 1,05 mantenimientos diarios.

Tabla 16. Mantenimiento de transformadores por semana en los 3 últimos 3 meses.

Mantenimiento en los últimos 3 meses.							
Mes	S.1	S.2	S.3	S.4	Total, promedio	Tiempo por mto. (horas)	Mantenimientos diarios
Sep.	6	4	5	6	5,25	5,23	1
Oct.	7	6	5	4	5,5	5,23	1,05
Nov.	6	7	5	5	5,75	5,23	1,1
Total, de mantenimientos promedios diarios							1,05

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

*mto. Mantenimiento

*S. Semana

Área de estudio:

Tabla 17. Área de estudio

Dominio:	Tecnología y Sociedad
Línea de Investigación:	Sistemas Industriales
Campo:	Ingeniería Industrial
Área:	Gestión de Sistemas Productivos
Aspecto:	Rediseño del área de laboratorio de transformadores de la empresa eléctrica Ambato regional centro norte S.A. EEASA
Objeto de estudio:	Evaluación de las opciones de diseño de planta para alcanzar la eficiencia y flexibilidad propuestos en el laboratorio de transformadores de la empresa eléctrica Ambato regional centro norte S.A. EEASA.
Periodo de análisis:	2023 – 2024

Fuente: Flores, Ángel (2023)

Modelo operativo:

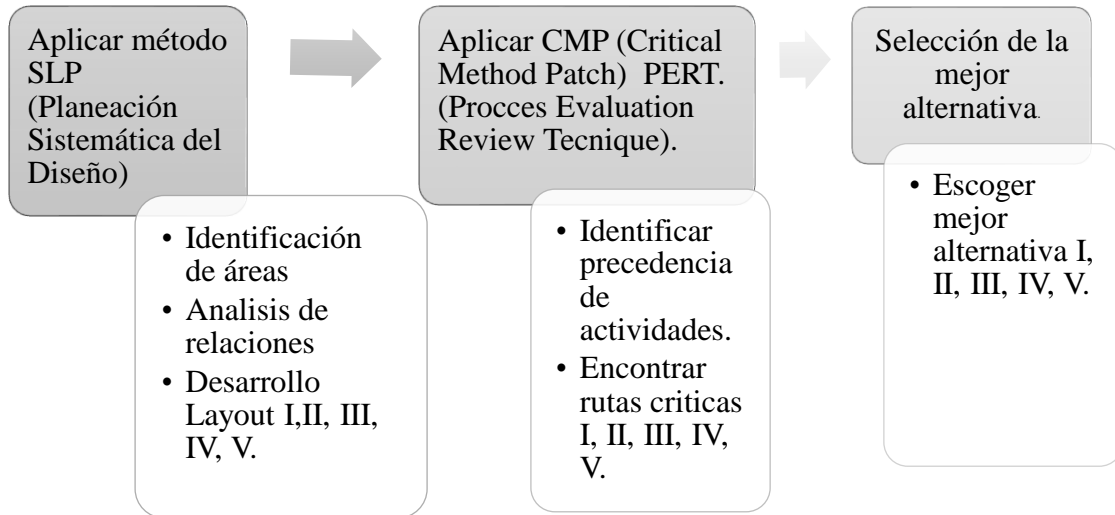


Gráfico 8. Definición del modelo operativo.
Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Desarrollo del modelo operativo

Metodología SLP.

Se aplicará la metodología SLP (Systematic Layout Planning) la cual nos servirá para diseñar la disposición de las áreas de las alternativas propuestas dentro del área del laboratorio de transformadores se conforma de las siguientes fases:

Identificar el área.

Con la ayuda del layout se podrá identificar las áreas de laboratorio y las diferentes tareas que involucran en el mantenimiento de transformadores de igual manera se podrá visualizar las distancias que comprenden en cada fase, Esto incluye determinar las áreas necesarias para cada etapa del proceso, los espacios requeridos para equipos grandes o de servicio, las áreas de almacenamiento para repuestos y materiales, y cualquier otra necesidad específica del proceso.

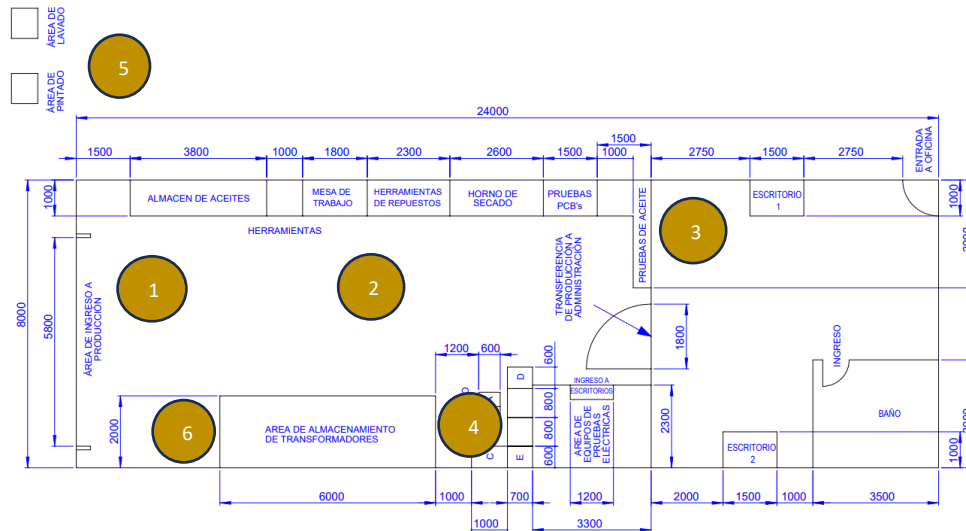


Gráfico 9. Identificación de áreas dentro del laboratorio de transformadores.
Fuente: Flores, Ángel (2023)

1. Recepción de transformadores, del cual se integran:

- Recepción del transformador
- Inspección del estado
- Dotación de herramientas
- Descarga del transformador

2. Toma de datos de placa, del cual se integran:

- Colocación de EPP
- Adquisición de herramientas
- Toma de datos de la placa de un transformador

3. Toma de muestras de aceite eléctrico y pruebas de PCB's, del cual se integran:

- Colocación de EPP
- Dotación de herramientas
- Toma de muestras de aceite
- Transporte desde la toma de muestras a las pruebas PCB's
- Realizar las Pruebas PCB's

4. Ejecución de mantenimiento y pruebas se integran:

- Ejecución del mantenimiento a transformador
- Transporte hacia el área de pruebas eléctricas

- Ejecución de pruebas

5. Lavado y pintura se integran por:

- Transporte a lavado
- Lavado
- Transporte a pintura
- Pintado

6. Almacenaje, del cual se integran:

- Transporte de pintura a almacenamiento
- Almacenaje
- Supervisión final

Análisis de relaciones entre áreas.

- El análisis de relaciones entre áreas es un punto muy importante a tener en cuenta por lo que se aplicara el diagrama de relaciones entre las diferentes tareas y áreas dentro del proceso de mantenimiento esto comprende entender cómo interactúan las actividades entre sí y cómo se puede optimizar la disposición física para mejorar la eficiencia y minimizar los tiempos de desplazamiento.

Método SLP (Planeación Sistemática del Diseño – Systematic Layout Planning)

Este método se emplea la organización de las áreas de trabajo, para optimizar su proceso de trabajo, para lo cual se emplea lo siguiente:

Tabla 18. Criterio de Cercanías

Código	Criterio
1	Supervisión o Control
2	Contacto Necesario
3	Seguridad
4	Distancia
5	Comodidad

Fuente: Flores, Ángel (2023)

Tabla 19. Relaciones de Cercanías

Código	Relaciones
A	Absolutamente Necesario
E	Especialmente Importante
I	Importante
O	Ordinariamente Importante
U	Sin Importancia
X	No Deseable

Fuente: Flores, Ángel (2023)

De las siguientes áreas

Tabla 20. Áreas de trabajo.

Nº	Área	Código
1	Área de Almacenamiento	A-A
2	Zona de herramientas y EPP	H-EPP
3	Almacén de aceites	A-Ac
4	Mesa de Trabajo	M-T
5	Herramientas de repuestos	H-R
6	Horno de secado	H-S
7	PCB's	PCB
8	Área de pruebas de aceite	P-A
9	Área de pintado y lavado	P-L
10	Área de equipos de pruebas eléctricas	E-PE
11	Escritorio 1	E-1
12	Escritorio 2	E-2
13	Baños	B

Fuente: Flores, Ángel (2023)

Criterio

Según gráfico 8 diagrama de relaciones actuales, se obtienen que los vínculos adecuados absolutamente necesarios bajo el criterio de supervisión o control A/1 se indica que es entre el Área de Almacenamiento y la Zona de herramientas y EPP, Con respecto a la relación Absolutamente necesario bajo contacto necesario A/2 se tiene que la mesa de trabajo debe estar junto al almacén de aceites, con la misma valoración se da el espacio de repuestos debe estar junto a la mesa de trabajo, y el área de pruebas de aceite debe estar con contacto necesario con el área de pruebas de PCB's, con respecto al vinculo absolutamente necesario con respecto a seguridad A/3 se tiene el área de lavado y pintado

Desarrollo alternativas Layout.

Después de aplicar el análisis de relaciones entre áreas se procede al desarrollo de las alternativas propuestas del Layout para el proceso de mantenimiento de transformadores. Estas alternativas deben tener en cuenta los requerimientos específicos del proceso y buscar optimizar el flujo de trabajo y la utilización del espacio.

Selección de mejor alternativa.

Para realizar la selección de la mejor alternativa se toma en cuenta los criterios como eficiencia operativa, flujo de trabajo, acceso a equipos y materiales, seguridad, entre otros.

Método PERT – CPM

PERT (Process Evaluation Review Technique), (CPM Critical Method Patch), son métodos que se utilizan para estimar la duración de las actividades de un proyecto, las actividades deben estar interrelacionadas entre sí, la idea general se encuentra en realizar un gráfico de un proyecto e identificar sus componentes se debe tener las actividades bien definidas, cada actividad debe ser independiente, las actividades deben tener una precedencia se muestra mediante un gráfico con nodos los cuales son unidos por flechas indicando el modo secuencial ayudando a identificar la ruta crítica.(Trujillo et al., 2024)

Analizar las tareas

Para realizar un análisis de actividades utilizando la metodología CPM (Critical Path Method) y PERT (Program Evaluation and Review Technique), se van a tomar en cuenta los siguientes pasos:

Identificación de tareas.

En el proceso de mantenimiento de transformadores monofásicos en el área de laboratorio se han identificado las siguientes tareas más relevantes:

- Recepción de transformadores
- Toma de datos de placa
- Toma de muestras de aceite eléctrico y pruebas de PCB's
- Ejecución de mantenimiento y pruebas
- Lavado y pintura
- Almacenaje

Identificar precedencia de tareas.

El proceso de mantenimiento se encuentra formado por las siguientes actividades las cuales están en orden secuencial algunas pueden comenzar solo siempre y cuando otra haya terminado.

Identificación de la ruta crítica.

La ruta crítica se calculará con la secuencia de todas las actividades implicadas y su objetivo será determinar la duración total del proceso de mantenimiento de transformadores en cada una de las tareas identificadas aplicando la metodología CPM- PERT.

Alternativas

A continuación, se plantea la primera alternativa detallada como propuesta 1:

Descripción del diagrama de procesos analítico alternativa I

En la figura 11. Se muestra el diagrama de procesos analítico de la primera propuesta dada en la alternativa I, el proceso de trabajo y almacenamiento de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA, se dan en 6 procesos que se inicia con la recepción de transformadores, seguido de la toma de datos de placa trifásicas, mientras que el tercer proceso es la toma de muestras de aceite eléctrico, determinándose además las pruebas de aceite para el PCB's, así como la ejecución de pruebas, siendo antepenúltimo proceso es el lavado y pintado finalizando con el almacenaje del Transformador, el cual estaría listo para su distribución; definiéndose 19 actividades a ejecutar, donde 12 son operaciones, 2 inspecciones, 4 transporte, 0 demora y 1 almacenamiento, dando un total, del proceso de 137 metros , 196 minutos, durante este proceso para finalizar su trabajo.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N° 2 De: 6 Diagrama N°: 2		Operar. <input checked="" type="checkbox"/>		Mater. <input type="checkbox"/>	Maqui. <input type="checkbox"/>				
Proceso: Mantenimiento de transformadores			RESUMEN						
Fecha: Noviembre 2023			SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.		
El estudio Inicia: Recepción de transformadores			●	Operación	14	12	-14%		
Método: Actual: ___ Propuesto: ___x___			➡	Transporte	6	4	-33%		
Producto: Transformador			■	Inspección	2	2	0%		
Nombre del operario: Eduardo Camacho			◐	Espera	0	0	0%		
Elaborado por: Angel Flores			▼	Almacenaje	1	1	0%		
Tamaño del Lote: 1			Total de Actividades realizadas		23	19	-17%		
			Distancia total en metros		135	137	1%		
			Tiempo min/hombre		0	0	0%		
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo minutos	SÍMBOLOS PROCESOS				
					●	➡	■	◐	▼
1	Recepcion del transformador	1	6	2,17	●				
	Inspección del estado	1	1	3,96				●	
	Dotación de herramientas	1	5	6,45	●				
	Descarga del transformador	1	0	7,24	●				
2	Adquisición de herramientas, EPP	1	1	3,75	●				
	Toma de datos de placa del transformador	1	2	4,12	●				
3	Adquisición de herramientas, EPP para toma de muestras	1	3	13,45	●				
	Toma de muestras de aceite	1	1	8,26	●				
	Transporte desde toma de muestras a las pruebas de PCB's	1	5	3,39		●			
	Realizar pruebas de PCB's	1	0	8,39	●				
4	Ejecución de mantenimiento	1	5	61,03	●				
	Transporte hacia área de pruebas electricas	1	6	6,93		●			
	Ejecución de pruebas eléctricas	1	5,0	33,31	●				
5	Traslado hacia área de lavado y pintura	1	45,0	14,00				●	
	Lavado	1	2,0	28,31	●				
	Pintura	1	5,0	42,96	●				
6	Transporte hacia área de almacenamiento	1	45,0	14,00				●	
	Almacenaje	1	0,0	13,60					●
	Supervisión final	1	0,0	17,52					●
		<u>m</u>	137,0	293	<u>minutos</u>				

Gráfico 11. Cursograma analítico del proceso de la alternativa I
Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Análisis PERT y CPM de las actividades de la alternativa I

Tabla 21. Actividades y tiempos para el análisis PERT y CPM para la alternativa I

Características	Actividades	Predecesor	Tiempo (min)
A	Recepción del transformador	---	2,17
B	Inspección del estado	A	3,96
C	Dotación de herramientas	B	6,45
D	Descarga del transformador	C	7,24
E	Adquisición de herramientas y de EPP	D	3,75
F	Toma de datos de la placa de un transformador	E	4,12
G	Adquisición de herramientas y de EPP	F	13,45
H	Toma de muestras de aceite	G	8,26
I	Transporte desde la toma de muestras a las Pruebas PCB's	F	3,39
J	Realizar las Pruebas PCB's	I	8,39
K	Ejecución del mantenimiento	H, J	61,03
L	Transporte hacia área de pruebas eléctricas	K	6,93
M	Ejecución de pruebas eléctricas	L	33,31
N	Transporte hacia el área de lavado	M	14,00
O	Lavado	N	28,31
P	Pintado	O	42,96
Q	Transporte hacia área de almacenamiento	P	14,00
R	Almacenaje	Q	13,60
S	Supervisión final	R	17,52

Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

En el gráfico 12. Se muestra el diagrama de precedencias de la alternativa I:

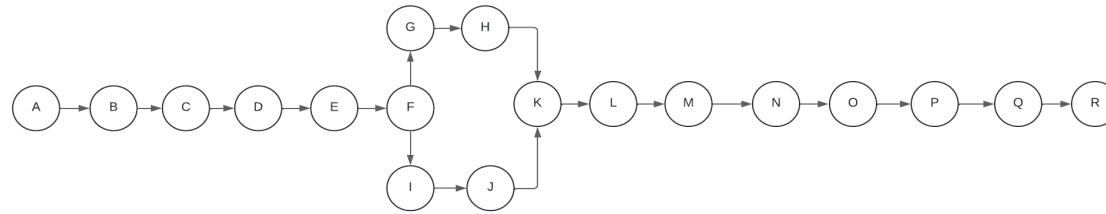


Gráfico 12. Diagrama de Precedencias de las actividades de la alternativa I
Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

El gráfico 13. Se determina los tiempos más tempranos y más tardío, para lo cual se utiliza el siguiente formato:

Por el método PERT y CPM se puede indicar que la secuencia crítica según las actividades ejecutadas es la siguiente: A-B-C-D-E-F-G-H-K-L-M-N-N-O-P, en el cual se determina los 281,06 minutos.

62

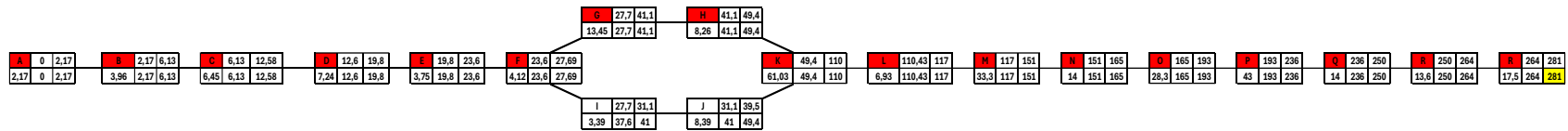


Gráfico 13. Diagrama PERT de las actividades de la alternativa I
Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

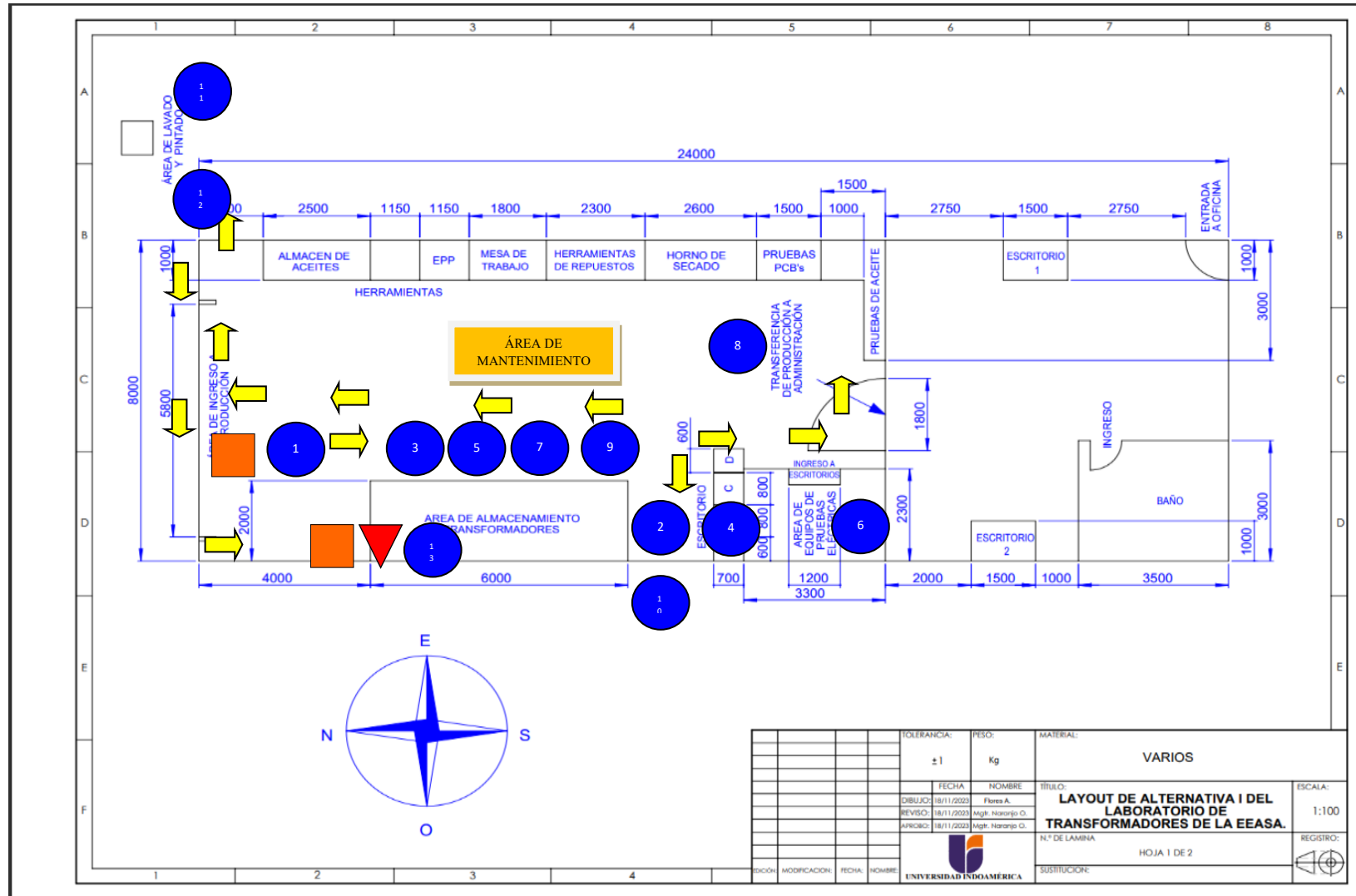


Gráfico 14. Dimensiones de las áreas de trabajo de la alternativa I
Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

En el gráfico 15. Alternativa I se puede observar que el proceso de mantenimiento se conforma de 19 tareas en las cuales se observan tiempos elevados con respecto a las demás, en las tareas de ejecución de mantenimiento se tiene 61,03 minutos, mientras que en ejecución de pruebas eléctricas 33,31, en la tarea de lavado 28,31 y pintura con un tiempo de 42,96 minutos en estas tareas los valores de tiempos son los más altos lo que provoca una demora en el mantenimiento.

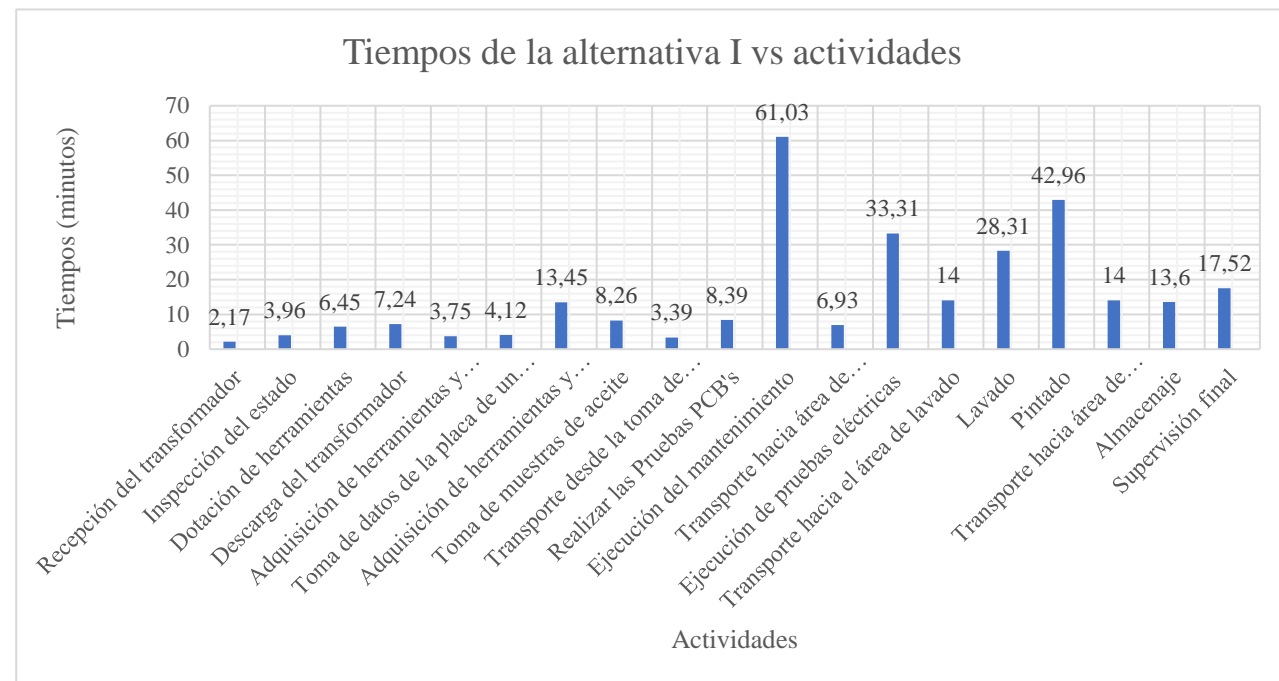


Gráfico 15. Tiempos de alternativas I
Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

La siguiente alternativa a plantear es la segunda opción detallada como propuesta 2:

Descripción del diagrama de procesos analítico alternativa II

En el gráfico 16. Se muestra el diagrama de procesos analítico de la segunda propuesta dada en la alternativa II, el proceso de trabajo y almacenamiento de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA, se dan en 6 procesos que se inicia con la recepción de transformadores, seguido de la toma de datos de placa, mientras que el tercer proceso es la toma de muestras de aceite eléctrico, determinándose además las pruebas de aceite para el PCB's, así como la ejecución de pruebas, siendo antepenúltimo proceso es el lavado y pintado finalizando con el almacenaje del Transformador, el cual estaría listo para su distribución; definiéndose 15 actividades a ejecutar, donde 10 son operaciones, 0 inspecciones, 4 transporte, 0 demora y 1 almacenamiento, dando un total, del proceso de 141 m de recorrido con 273 minutos, durante este proceso para finalizar su trabajo.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N° <u>3</u> De: <u>6</u> Diagrama N°: <u>3</u>			Operar. x	Mater.	Maqui.				
Proceso: Mantenimiento de transformadores		RESUMEN							
Fecha: Noviembre 2023		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.			
El estudio Inicia: Recepción de transformadores		●	Operación	14	10	-29%			
Método: Actual: ___ Propuesto: <u>x</u>		➔	Transporte	6	4	-33%			
Producto: Transformador		■	Inspección	2	0	-100%			
Nombre del operario: Eduardo Camacho		◐	Espera	0	0	0%			
Elaborado por: Angel Flores		▼	Almacenaje	1	1	0%			
Tamaño del Lote: 1		Total de Actividades realizadas		23	15	-35%			
		Distancia total en metros		135	141	4%			
		Tiempo min/hombre		0	0	0%			
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo minutos	SÍMBOLOS PROCESOS				
					●	➔	■	◐	▼
1	Recepción e inspección del transformador	1	6,0	3,96	●				
	Dotación de herramientas	1	5,0	6,45	●				
	Descarga del transformador	1	0,0	7,24	●				
2	Adquisición de herramientas, EPP y toma de datos de placa	1	1,0	6,12	●				
3	Adquisición de herramientas, EPP y toma de muestras de aceite	1	3,0	15,12	●				
4	Transporte hacia cabina de pruebas de PCB's	1	5,0	3,39		●			
	Realizar pruebas de PCB's	1	0,0	8,39	●				
5	Ejecución del mantenimiento	1	5,0	61,03	●				
	Transporte hacia el área de pruebas eléctricas	1	6,0	6,93		●			
	Ejecución de pruebas	1	5,0	33,31	●				
6	Transporte hacia área de lavado y pintura	1	45,0	14,00		●			
	Lavado	1	5,0	28,31	●				
	Pintura	1	10,0	42,96	●				
	Transporte hacia área de almacenamiento	1	45,0	14,00		●			
	Almacenaje y supervisión final	1	0,0	22,00					●
		<u>m</u>	141,0	273,21	<u>minutos</u>				

Gráfico 16. Cursograma analítico del proceso de la alternativa II

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Análisis PERT y CPM de las actividades de la alternativa II

En la tabla 22. Se enumeran las actividades de la alternativa II a ejecutar para el análisis PERT y CPM son:

Tabla 22. Actividades y tiempos para el análisis PERT y CPM para la alternativa II

Características	Actividades	Predecesor	Tiempo (min)
A	Recepción e inspección del transformador	---	3,96
B	Dotación de herramientas	A	6,45
C	Descarga del transformador	B	7,24
D	Adquisición de herramientas, de EPP y toma de datos de la placa	C	6,12
E	Adquisición de herramientas, de EPP y toma de muestras de aceite	D	15,12
F	Transporte desde la toma de muestras a las Pruebas PCB's	D	3,39
G	Realizar las Pruebas PCB's	F	8,39
H	Ejecución del mantenimiento	E, G	61,03
I	Ejecución de pruebas	H	33,31
J	Lavado	I	28,31
K	Pintura	J	42,96
L	Almacenaje y supervisión final	K	22,00

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

En el gráfico 16. Se observa el diagrama de precedencias de la alternativa planteada II.

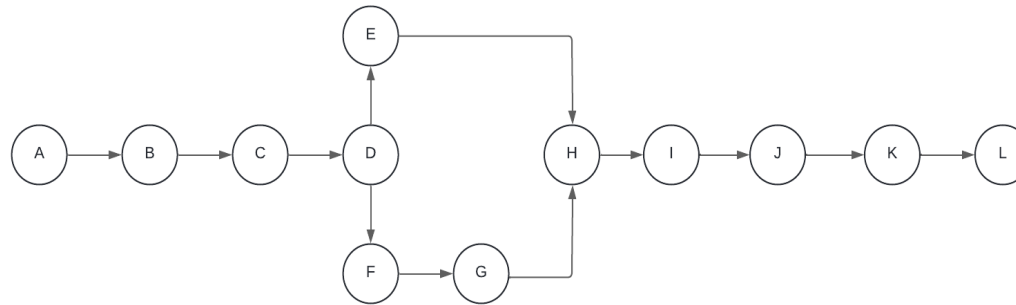


Gráfico 17. Diagrama de Precedencias de las actividades de la alternativa II
 Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

∞ En el gráfico 18. Se indica la secuencia crítica según las actividades ejecutadas es la siguiente: A-B-C-D-E-H-I-J-K-L, en el cual se determina los 226.5 minutos.

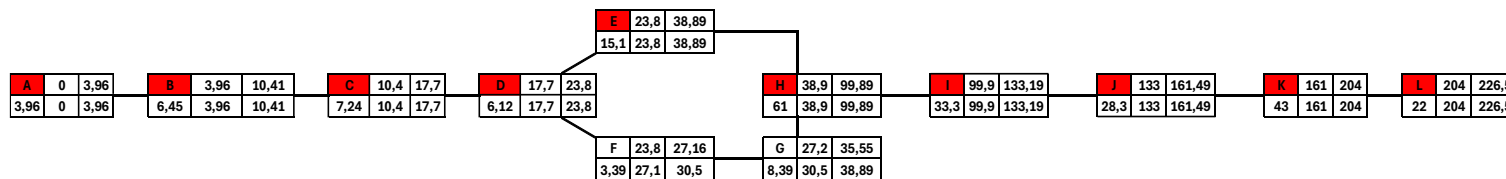


Gráfico 18. Diagrama PERT de las actividades de la alternativa II
 Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

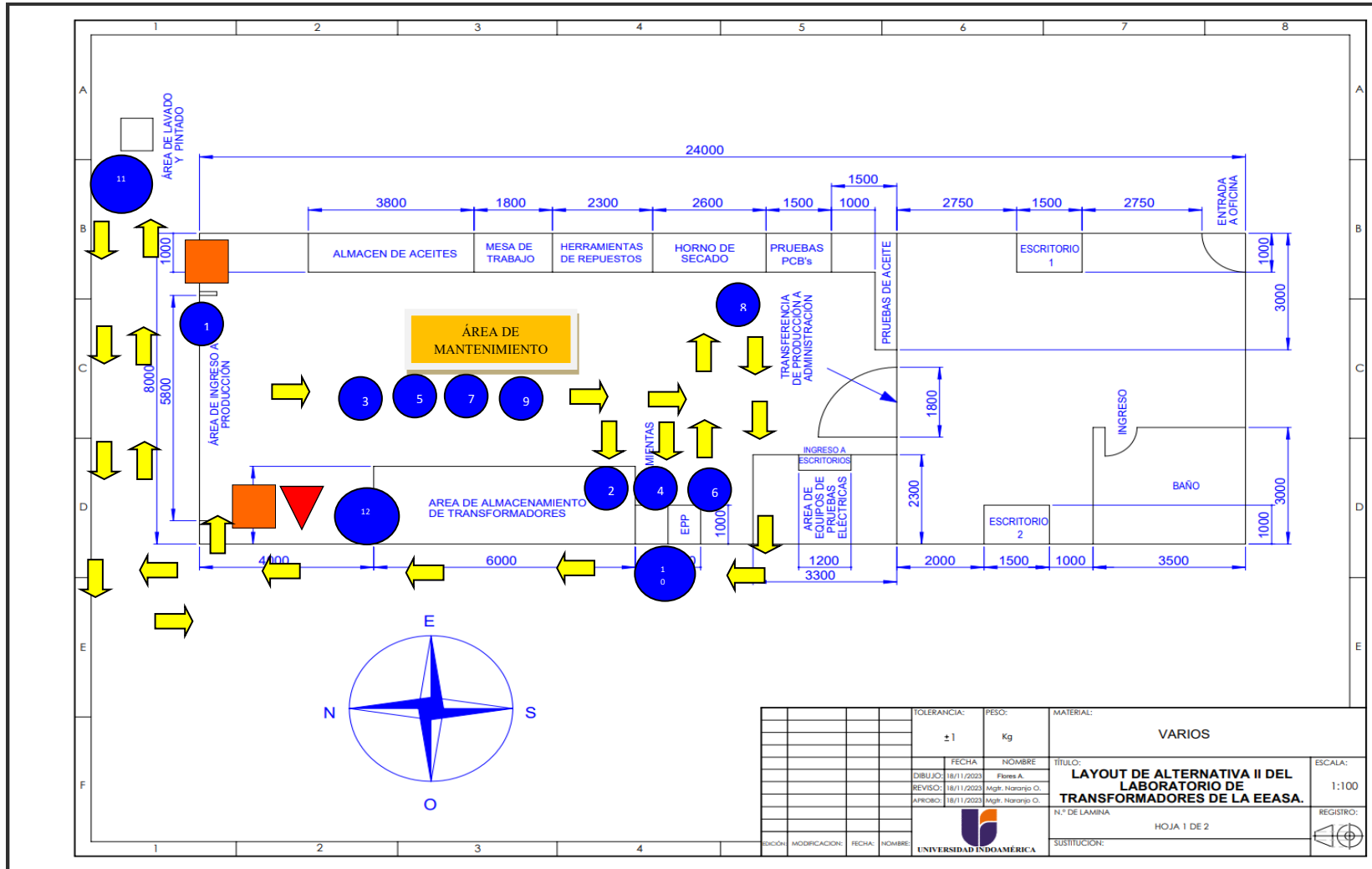


Gráfico 19. Dimensiones de las áreas de trabajo de la alternativa II
Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

En el gráfico 20. Alternativa II se puede observar que el proceso de mantenimiento se conforma de 12 tareas en las cuales se observan tiempos elevados con respecto a las demás, en las tareas de ejecución de mantenimiento se tiene 61,03 minutos, mientras que en ejecución de pruebas eléctricas 33,31, en la tarea de lavado 28,31 y pintura con un tiempo de 42,96 minutos en estas tareas los valores de tiempos son los más altos lo que provoca una demora en el mantenimiento.

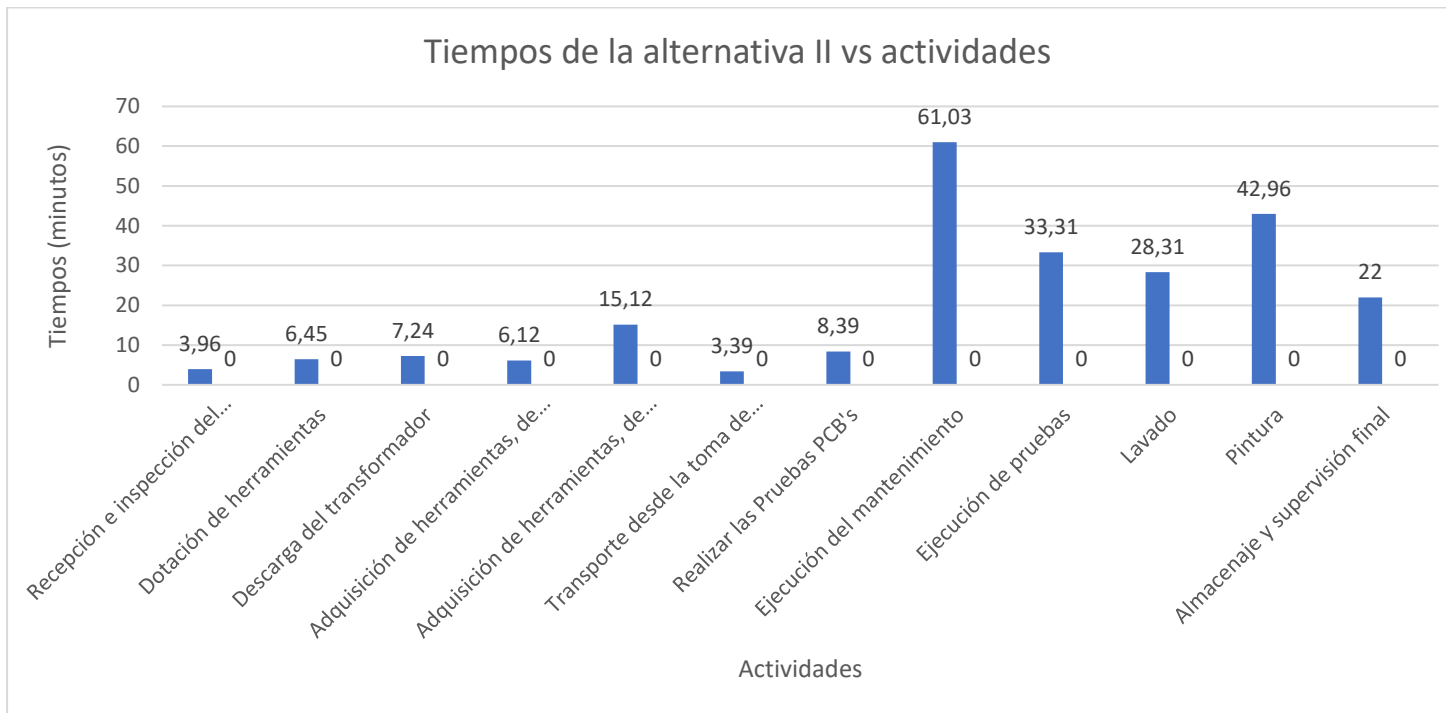


Gráfico 20. Tiempos de la alternativa II vs. actividades
Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

Descripción del diagrama de procesos analítico alternativa III

En el gráfico 21. Se muestra la siguiente alternativa a plantear es la tercera opción detallada como propuesta III:

En el diagrama de procesos analítica de la tercera propuesta dada en la alternativa III, el proceso de mantenimiento de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA, se dan en 6 procesos que se inicia con la recepción de transformadores, seguido de la toma de datos de placa, mientras que el tercer proceso es la toma de muestras de aceite eléctrico, determinándose además las pruebas de aceite para el PCB's, así como la ejecución de pruebas, siendo antepenúltimo proceso es el lavado y pintado finalizando con el almacenaje del Transformador, el cual estaría listo para su distribución; definiéndose 12 actividades a ejecutar, donde 8 son operaciones, 0 inspecciones, 3 transporte, 0 demora y 1 almacenamiento, dando un total, del proceso de 61 m de recorrido 239.5 minutos, durante este proceso para finalizar su trabajo











CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N°_4_ De:___6_ Diagrama N°:_4_			Operar. <input checked="" type="checkbox"/> Mater. <input type="checkbox"/> Maqui. <input type="checkbox"/>						
Proceso: Mantenimiento de transformadores		RESUMEN							
Fecha: Noviembre 2023		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.			
El estudio Inicia: Recepción de transformadores			Operación	14	8	-43%			
Método: Actual:___ Propuesto:___x___			Transporte	6	3	-50%			
Producto: Transformador			Inspección	2	0	-100%			
Nombre del operario: Eduardo Camacho			Espera	0	0	0%			
Elaborado por: Ángel Flores			Almacenaje	1	1	0%			
Tamaño del Lote: 1		Total de Actividades realizadas		23	12	-48%			
		Distancia total en metros		135	61	-55%			
		Tiempo min/hombre		0	0	0%			
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo minutos	SÍMBOLOS PROCESOS				
									
1	Recepción e inspección de transformador	1	6,00	3,96	●				
	Dotación de herramientas	1	5,00	6,45	●				
	Descarga de transformador	1	6,00	7,24	●				
2	Adquisición de herramientas de EPP, toma de datos de placa, así como toma de muestras.	1	3,00	15,23	●				
3	Transporte y ejecución de realización de las pruebas en aceite PCB's	1	5,00	13,45	●				
4	Ejecución del mantenimiento	1	5,00	61,0	●				
	Transporte de mantenimiento hacia área de pruebas eléctricas	1	6,00	3,39		●			
5	Ejecución de pruebas eléctricas	1	5,00	33,3	●				
	Transporte hacia área de lavado	1	10,00	4,33		●			
6	Lavado y pintura	1	5,00	71,3	●				
	Transporte de pintura hacia el almacenaje	1	5,00	2,33		●			
	Almacenaje y supervisión final	1	0,00	17,52				●	
		m	61,0	239,5	minutos				

Gráfico 21. Cursograma analítico del proceso de la alternativa III.
Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Análisis PERT y CPM de las actividades de la alternativa III

Se visualiza en la tabla 27. Las actividades de la alternativa III a ejecutar para el análisis PERT y CPM son:

Tabla 23. Actividades y tiempos para el análisis PERT y CPM para la alternativa III

Características	Actividades	Predecesor	Tiempo (min)
A	Recepción e inspección del transformador	---	3,96
B	Dotación de herramientas	A	6,45
C	Descarga del transformador	B	7,24
D	Adquisición de herramientas, de EPP y toma de datos de la placa, así como muestra de aceite	C	15,23
E	Transporte y ejecución de realización de las Pruebas PCB's	C	13,45
F	Ejecución del mantenimiento	D, E	61,0
G	Transporte de mantenimiento hacia área de pruebas eléctricas.	F	3,39
H	Ejecución de pruebas eléctricas	G	33,3
I	Transporte hacia el área de lavado	H	4,33
J	Lavado y pintado	I	71,3
K	Transporte de pintura hacia el almacenamiento.	J	2,33
L	Almacenaje y supervisión final	K	17,52

Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

En el gráfico 22. Se muestra el diagrama de precedentes de cada una de las actividades de la alternativa III.

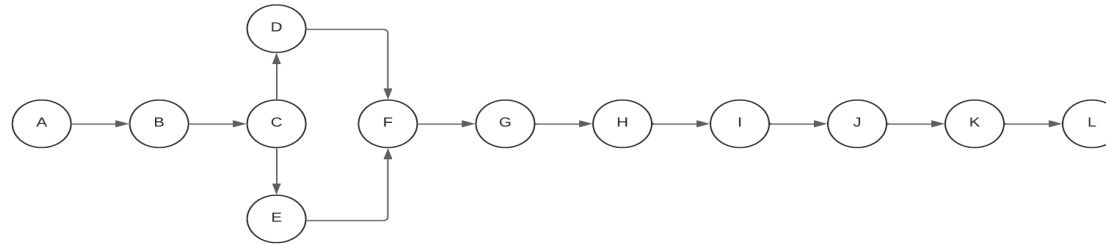


Gráfico 22. Diagrama de Precedentes de las actividades de la alternativa III
Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

En el gráfico 23. Se indica la secuencia crítica según las actividades ejecutadas es la siguiente: A-B-C-D-F-G-H-I, en el cual se determina los 226,05 minutos.

73

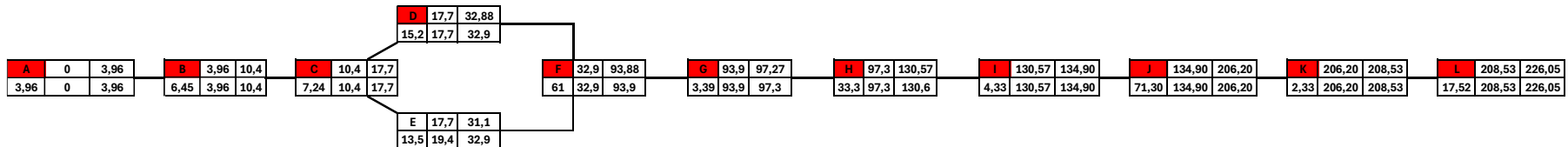


Gráfico 23. Diagrama PERT de las actividades de la alternativa III
Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

En el gráfico 25. Alternativa III se puede observar que el proceso de mantenimiento se conforma de 12 tareas en las cuales se observan tiempos elevados con respecto a las demás, en las tareas de ejecución de mantenimiento se tiene 61 minutos, mientras que en ejecución de pruebas eléctricas 33,31, en la tarea de lavado y pintura 71,3 en estas tareas los valores de tiempos son los más altos lo que provoca una demora en el mantenimiento.

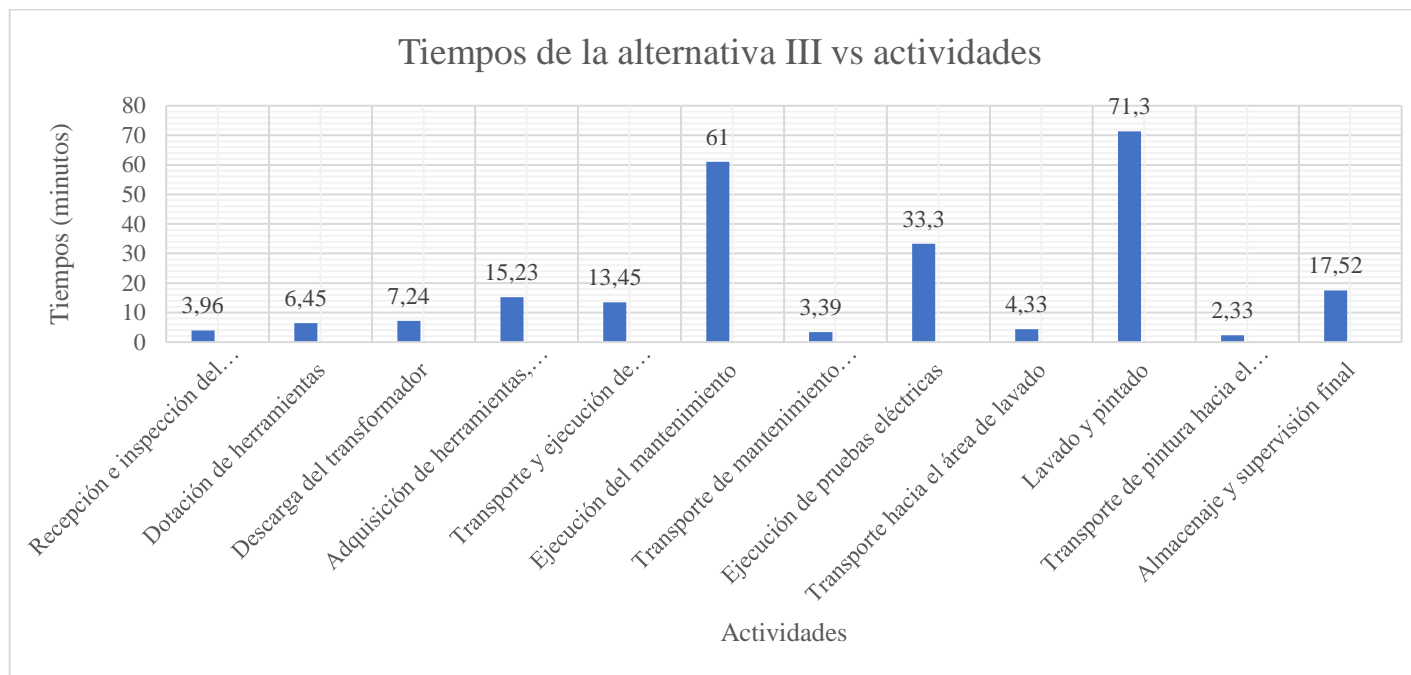


Gráfico 25. Tiempos de la alternativa III vs. Actividades.

Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

De igual manera, se obtiene la opción cuarta detallada como propuesta 4:

Descripción del diagrama de procesos analítico alternativa IV

En el gráfico 26. Se muestra el diagrama de procesos analítica de la cuarta propuesta dada en la alternativa IV, el proceso de trabajo y almacenamiento de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA, se dan en 7 procesos que se inicia con la recepción de transformadores, seguido de la toma de datos de placa, mientras que el tercer proceso es la toma de muestras de aceite eléctrico, determinándose además las pruebas de aceite para el PCB's, así como la ejecución de pruebas, siendo antepenúltimo proceso es el lavado y pintado finalizando con el almacenaje del Transformador, el cual estaría listo para su distribución; definiéndose 15 actividades a ejecutar, donde 11 son operaciones, 0 inspecciones, 3 transporte, 0 demora y 1 almacenamiento, dando un total, del proceso de 60 m de recorrido con 259 minutos, durante este proceso para finalizar su trabajo.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° 5		De: 6		Diagrama N°: 5		Operar.	x	Mater.	Maqui.	
Proceso: Mantenimiento de transformadores					RESUMEN					
Fecha: Noviembre 2023					SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.	
El estudio Inicia: Recepción de transformadores					●	Operación	14	11	-21%	
Método: Actual: _____ Propuesto: x					➔	Transporte	6	3	-50%	
Producto: Transformador					■	Inspección	2	0	-100%	
Nombre del operario: Eduardo Camacho					◐	Espera	0	0	0%	
Elaborado por: Angel Flores					▼	Almacenaje	1	1	0%	
Tamaño del Lote: 1					Total de Actividades realizadas		23	15	-35%	
					Distancia total en metros		135	60	-56%	
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo minutos	SÍMBOLOS PROCESOS					
					●	➔	■	◐	▼	
1	Recepción e inspección del transformador	1	6,00	3,96	●					
	Dotación de herramientas	1	5,00	6,45	●					
	Descarga del transformador	1	0,00	7,24	●					
2	Adquisición de herramientas y de EPP	1	5,00	15,23	●					
	Toma de datos de placa de transformador	1	2,00	4,12	●					
3	Adquisición de herramientas y de EPP	1	3,00	13,45	●					
	Toma de muestras de aceite	1	1,00	8,26	●					
	Transporte y ejecución de pruebas de PCB's	1	5,00	10,32	●	➔				
4	Ejecución de mantenimiento	1	5,00	61,03	●					
	Ejecución de pruebas	1	5,00	33,31	●					
5	Traslado hacía área de lavado y pintura	1	10,00	6,00	●					
	Lavado pintura	1	2,00	28,31	●					
6	Transporte de área de pintura hacía almacenamiento	1	6,00	6,00	●					
	Almacenaje y supervisión final	1	0,00	12,00	●					
		m	60,0	259	minutos					

Gráfico 26. Gráfico del diagrama de procesos de trabajo y almacenamiento de transformadores alternativa IV

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Análisis PERT y CPM de las actividades de la alternativa IV

En la tabla 29. Se indican las actividades de la alternativa IV a ejecutar para el análisis PERT y CPM son:

Tabla 24. Actividades y tiempos para el análisis PERT y CPM para la alternativa IV

Características	Actividades	Predecesor	Tiempo (min)
A	Recepción e inspección del transformador	---	3,96
B	Dotación de herramientas	A	6,45
C	Descarga del transformador	B	7,24
D	Adquisición de herramientas y de EPP	C	15,23
E	Toma de datos de placa de un transformador	D	4,12
F	Adquisición de herramientas y de EPP para la toma de muestras	C	13,45
G	Ejecución de la toma de muestras de aceite	F	8,26
H	Transporte y ejecución de realización de las Pruebas PCB's	E, G	10,32
I	Ejecución del mantenimiento	H	61,03
J	Ejecución de pruebas	I	33,31
K	Traslado hacia área de lavado y pintura	J	6,00
L	Lavado	K	28,31
M	Pintado	L	42,96
N	Transporte de área de pintura hacia almacenamiento	M	6,00
O	Almacenaje y supervisión final	N	12,00

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

En el gráfico 27. Se muestra el diagrama de precedentes de las actividades de la alternativa IV.

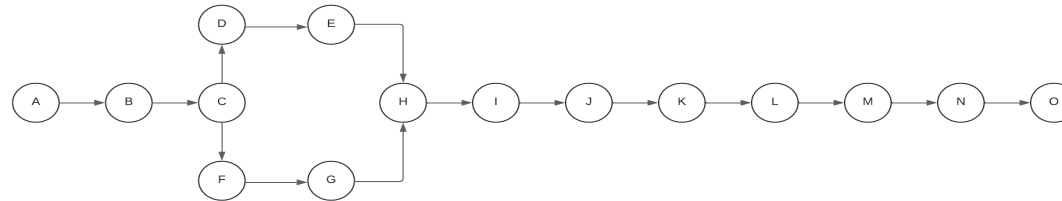


Gráfico 27. Diagrama de Precedentes de las actividades de la alternativa IV
Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

El gráfico 28. Por el método PERT y CPM se puede indicar que la secuencia crítica según las actividades ejecutadas es la siguiente: A-B-C-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O en el cual se determina los 239,3 minutos.

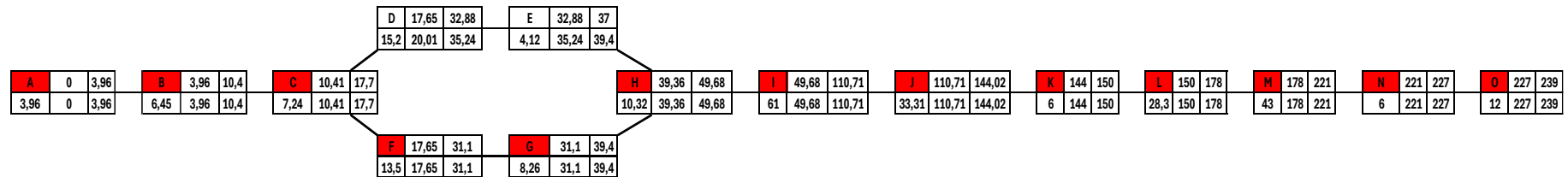


Gráfico 28. Diagrama PERT de las actividades de la alternativa IV
Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

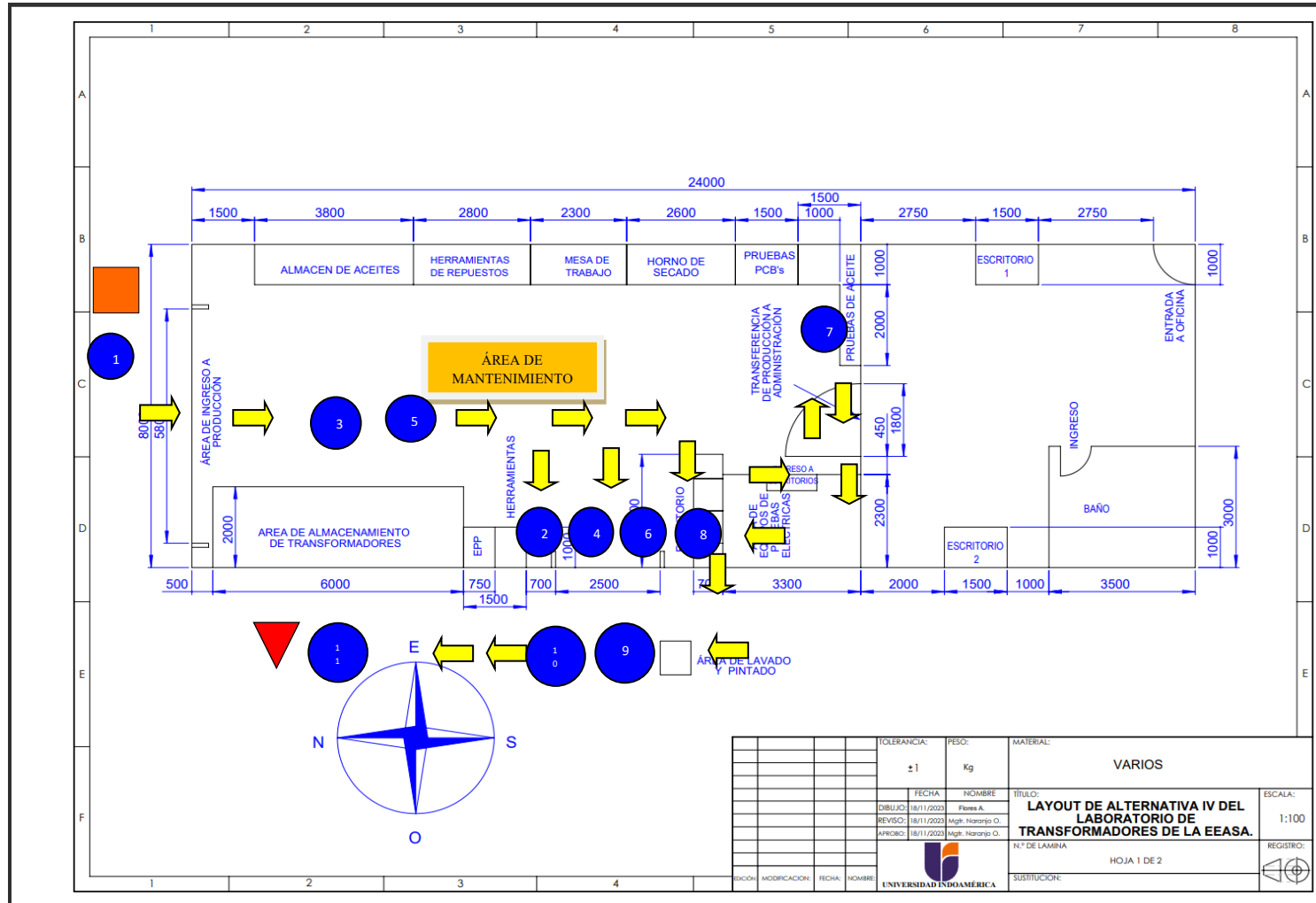


Gráfico 29. Dimensiones de las áreas de trabajo de la alternativa IV
 Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

En el gráfico 30. Alternativa IV se puede observar que el proceso de mantenimiento se conforma de 15 tareas en las cuales se observan tiempos elevados con respecto a las demás, en las tareas de ejecución de mantenimiento se tiene 61,03 minutos, mientras que en ejecución de pruebas eléctricas 33,31, en la tarea de lavado 28,31 y pintura con un tiempo de 42,96 minutos en estas tareas los valores de tiempos son los más altos lo que provoca una demora en el mantenimiento.

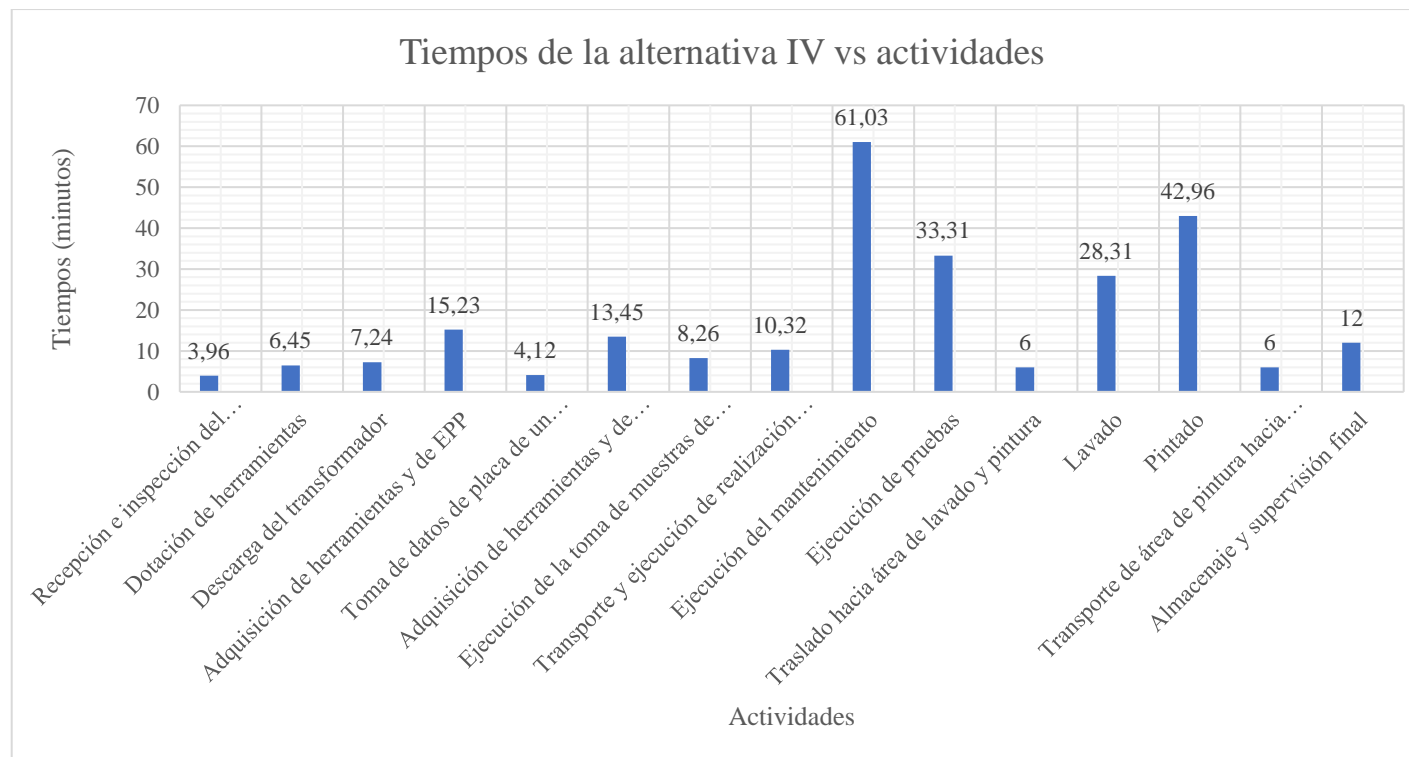


Gráfico 30. Tiempos de la alternativa IV vs. actividades
Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Finalmente, se obtiene la opción quinta detallada como propuesta 5:

Descripción del diagrama de procesos analítico de la alternativa V

En el gráfico 31. Se indica el diagrama de procesos analítico de la quinta propuesta dada en la alternativa V, el proceso de trabajo y almacenamiento de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA, se dan en 6 procesos que se inicia con la recepción de transformadores, seguido de la toma de datos de placa, mientras que el tercer proceso es la toma de muestras de aceite eléctrico, determinándose además las pruebas de aceite para el PCB's, así como la ejecución de pruebas, siendo antepenúltimo proceso es el lavado y pintado finalizando con el almacenaje del Transformador, el cual estaría listo para su distribución; definiéndose 16 actividades a ejecutar, donde 12 son operaciones, 1 inspección, 2 transporte, 0 demora y 1 almacenamiento, dando un total, del proceso de 140 m de recorrido con 289,29 minutos, durante este proceso para finalizar su trabajo.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N° <u>6</u> De: <u>6</u> Diagrama N°: <u>6</u>			Operar. x	Mater.	Maqui.				
Proceso: Mantenimiento de transformadores		RESUMEN							
Fecha: Noviembre 2023		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.			
El estudio Inicia: Recepción de transformadores		●	Operación	14	12	-14%			
Método: Actual: <u> </u> Propuesto: <u>x</u>		→	Transporte	6	2	-67%			
Producto: Transformador		■	Inspección	2	1	-50%			
Nombre del operario: Eduardo Camacho		◐	Espera	0	0	0%			
Elaborado por: Angel Flores		▼	Almacenaje	1	1	0%			
Tamaño del Lote: 1		Total de Actividades realizadas		23	16	-30%			
		Distancia total en metros		135	140	4%			
		Tiempo min/hombre		0	0	0%			
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo minutos	SÍMBOLOS PROCESOS				
					●	→	■	◐	▼
1	Recepción e inspección del transformador	1	6,00	4,17	●				
	Dotación de herramientas	1	5,00	6,45	●				
	Descarga del transformador	1	6,00	7,24	●				
2	Adquisición de herramientas y de EPP	1	3,00	15,60	●				
	Toma de datos de placa de un transformador	1	2,00	4,12	●				
3	Adquisición de herramientas y del EPP	1	3,00	14,25	●				
	Toma de muestras de aceite	1	3,00	8,26	●				
	Ejecución de pruebas PCB's	1	5,00	8,39	●				
4	Ejecucion de mantenimiento	1	5,00	61,03	●				
	Ejecución de pruebas eléctricas	1	5,00	33,31	●				
	Transporte hacia de área de lavado y pintura	1	45,00	14,00		→			
5	Lavado	1	2,00	28,31	●				
	Pintura	1	5,00	42,96	●				
6	Transporte hacia área de almacenamiento	1	45,00	14,00		→			
	Almacenaje	1	0,00	17,65				▼	
	Supervisión final	1	0,00	17,65					●
		m	140,0	297,39	minutos				

Gráfico 31. Gráfico del diagrama de procesos de trabajo y almacenamiento de transformadores alternativa V

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Análisis PERT y CPM de las actividades de la alternativa V

Las actividades de la alternativa V a ejecutar para el análisis PERT y CPM son:

Tabla 25. Actividades y tiempos para el análisis PERT y CPM para la alternativa V

Características	Actividades	Predecesor	Tiempo (min)
A	Recepción e inspección del transformador	---	4,17
B	Dotación de herramientas	A	6,45
C	Descarga del transformador	B	7,24
D	Adquisición de herramientas y de EPP	C	15,60
E	Ejecución de la toma de datos de la placa de un transformador	D	4,12
F	Adquisición de herramientas y de EPP para la toma de muestras	C	14,25
G	Ejecución de la toma de muestras de aceite	F	8,26
H	Ejecución de las Pruebas PCB's	E, G	8,39
I	Ejecución del mantenimiento	H	61,00
J	Ejecución de pruebas eléctricas	H	33,33
K	Transporte hacia de área de lavado y pintura	I, J	14,00
L	Lavado	K	30,05
M	Pintado	L	29,51
N	Transporte hacia área de almacenamiento	M	14,00
O	Almacenaje y supervisión final	N	35,30

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

En el gráfico 32. Se muestra el diagrama de precedencias de las actividades propuestas por la alternativa V.

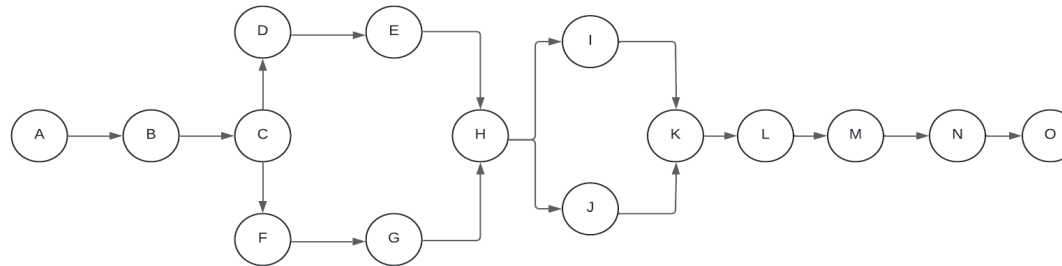


Gráfico 32. Diagrama de Precedencias de las actividades de la alternativa V
Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

El gráfico 33. Muestra la secuencia crítica según las actividades ejecutadas es la siguiente: A-B-C-F-G-H-I-K-L-M, N,O en el cual se determina los 265.8 minutos.

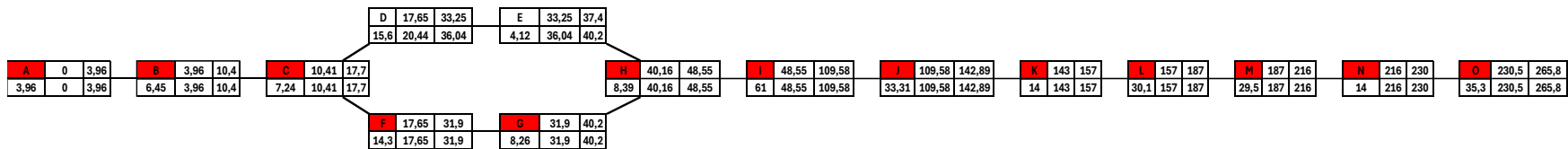


Gráfico 33. Diagrama PERT de las actividades de la alternativa V
Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

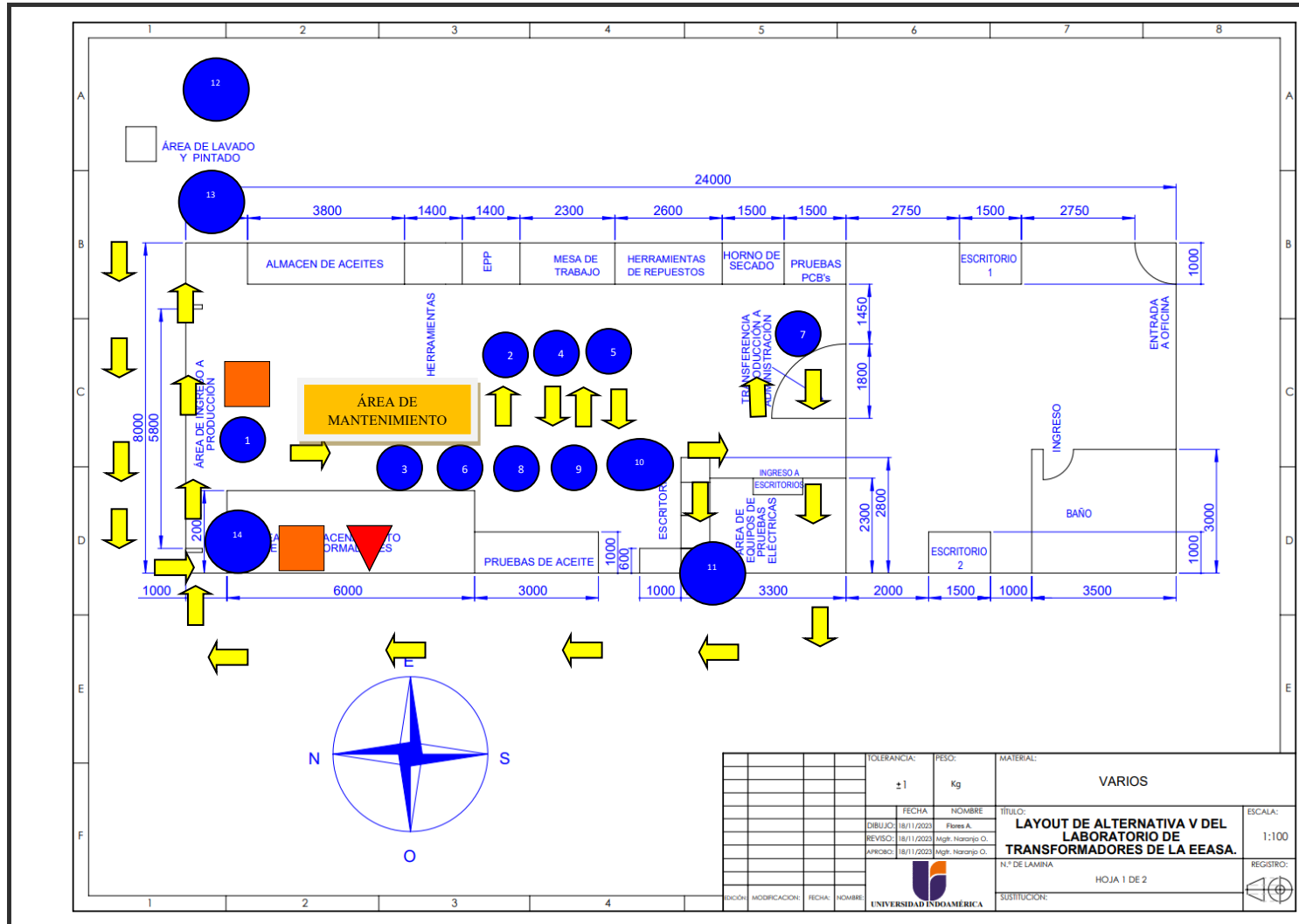


Gráfico 34. Dimensiones de las áreas de trabajo de la alternativa V
Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

En el gráfico 35. Alternativa V se puede observar que el proceso de mantenimiento se conforma de 15 tareas en las cuales se observan tiempos elevados con respecto a las demás, en las tareas de ejecución de mantenimiento se tiene 61,03 minutos, mientras que en ejecución de pruebas eléctricas 33,31, en la tarea de lavado 30,05 y pintura con un tiempo de 29,51 minutos en estas tareas los valores de tiempos son los más altos lo que provoca una demora en el mantenimiento.

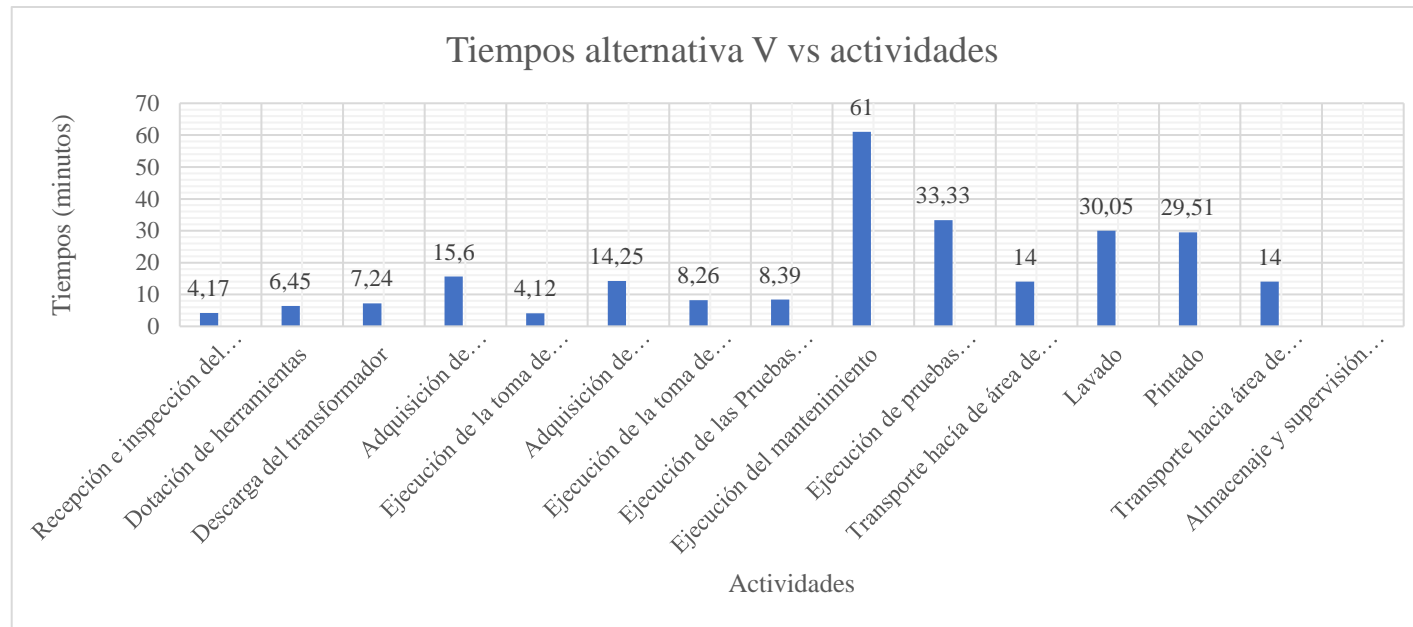


Gráfico 35. Tiempos actuales alternativa V vs. Actividades.
Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

Selección de alternativas

La selección de alternativas según el análisis se puede notar que el tiempo de la alternativa III, es la menor con 239,51 minutos en todo el proceso, el cual se da según el diagrama de procesos

Tabla 26. Resultados esperados en las alternativas.

	Recepción de transformadores	Toma de datos de placa	Toma de muestras de aceite eléctrico y pruebas de PCB's	Ejecución de mantenimiento	Lavado y pintura	Almacenaje	Total, Tiempo minutos
Tiempo Actual	19,82	11,18	36,31	101,27	100,00	45,12	313,70
Tiempo I	19,82	7,87	33,49	101,27	85,27	45,12	292,84
Tiempo II	17,65	6,12	26,90	101,27	85,27	36,00	273,21
Tiempo III	17,65	15,23	13,45	97,70	75,60	19,85	239,48
Tiempo IV	17,65	19,35	32,03	94,34	77,27	18,00	258,64
Tiempo V	17,86	19,72	30,90	94,34	85,27	49,30	297,39

Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

De los resultados esperados se puede visualizar en la siguiente tabla que tienen valores actuales medidos de un total de 313,70 minutos, y la alternativa III seleccionada da 239,48 minutos, las cuales se han reducidos según las distintas etapas.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de propuesta

La propuesta se enfoca en rediseñar el área de laboratorio de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte EEASA., basado en la metodología SLP (System Layout Planing),(Diseño de distribución de planta), CPM -PERT (Ruta crítica, identificación de tareas) desarrollada en el capítulo anterior con esto se planea mejorar los procesos de mantenimiento dentro de dicha área, con lo cual va a permitir reducir tiempos y acortar distancias del operario, mejorando así la eficiencia mejorando tiempos con lo cual alcanzamos mayor número de mantenimientos.

Aplicación del método SLP. (Diseño de distribución de planta), CPM-PERT

Al aplicar la metodología SLP. (diseño de la distribución de planta) dentro del área de laboratorio de transformadores se busca evaluar la distribución adecuada de las áreas de recepción, mantenimiento, pruebas eléctricas, pruebas de aceites, lavado y pintura con lo cual espera tener una distribución adecuada optimizando tiempos y distancias en cada proceso.

De igual manera se aplicó la metodología CPM-PERT con lo cual identificamos la precedencia de actividades de igual manera se obtiene la ruta crítica en cada alternativa. Se realizaron cinco alternativas aplicando las metodologías descritas en la cual se identificó las tareas realizadas en el proceso de mantenimiento se obtuvo una ruta crítica en cada alternativa de igual manera se realizó un Layout por cada alternativa tomando en cuenta la ubicación y distancias de las diferentes áreas a continuación se realiza una tabla resumen de los resultados obtenidos.

Comparativo actual con el propuesto

A continuación, en el gráfico 35 se muestra la distribución actual de la planta en la cual se puede observar el orden de los procesos que se llevan a cabo dentro del área de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato EEASA., esto nos ayuda a identificar visualmente de qué manera se pueden ubicar las distintas áreas para llevar a cabo un mantenimiento adecuado utilizando menos tiempo.

Por otro lado, en el gráfico 36 se observa cómo se pretende distribuir las diferentes áreas de igual manera se muestran el flujo de procesos involucrados en el mantenimiento con esta alternativa se pretende tener un ahorro de tiempo y acortar distancias dentro de dicha área y alcanzar mayor número de mantenimientos mensuales.

A continuación, se muestra la situación actual del laboratorio de transformadores.

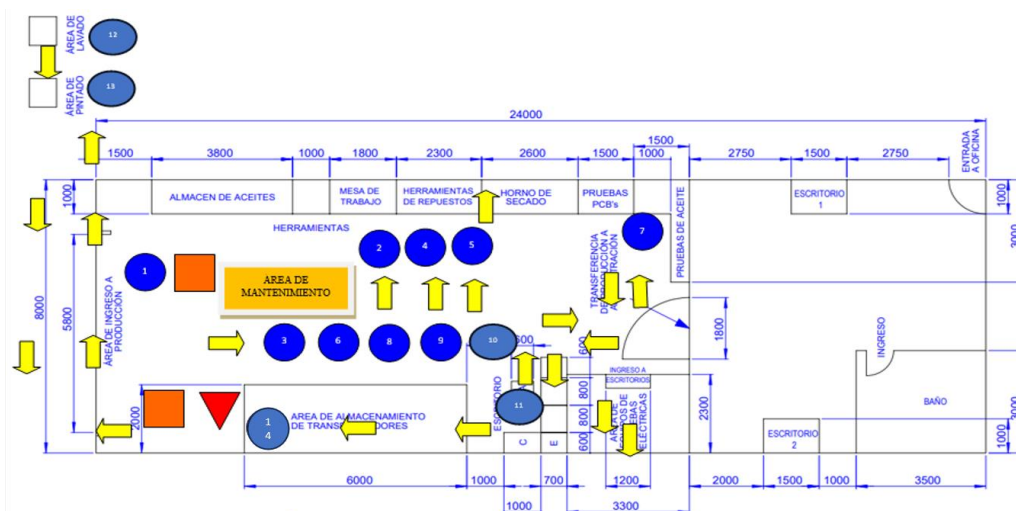


Gráfico 36. Dimensiones de las áreas de trabajo situación actual.

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Con la aplicación de la metodología SLP, CPM Pert realizada en el capítulo II se pudo obtener una alternativa que satisface las necesidades requeridas estas son la disminución de tiempos y distancias utilizadas al realizar el mantenimiento de transformadores en el área de laboratorio.

En la distribución propuesta se planta reubicar el área de lavado y pintura la cual se encuentra alejada en la situación actual de igual manera se requiere mover estanterías que contienen herramientas y equipos de protección personal, las áreas que no se considera para la reubicación son las áreas dispuestas para las pruebas eléctricas, pruebas de aceites.

En el gráfico 35 se puede observar las dimensiones y áreas de trabajo con su recorrido propuesto de la alternativa III

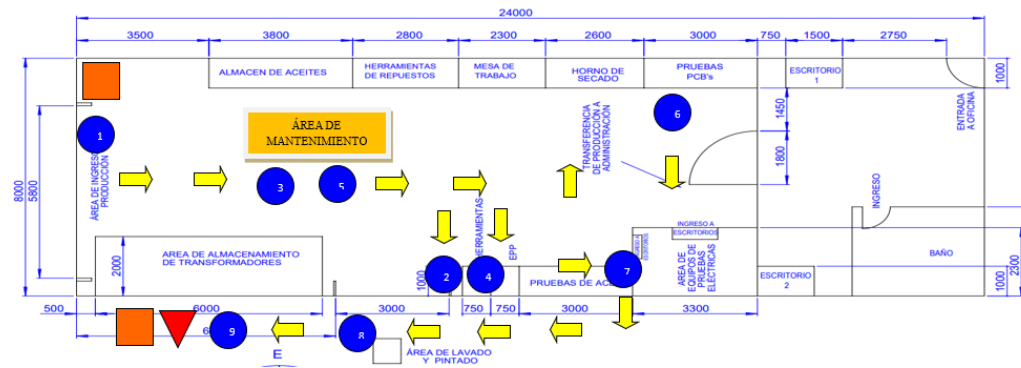


Gráfico 37. Dimensiones de las áreas de trabajo de la alternativa III
 Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

16

En la tabla 27. Se muestran los datos de tiempo, distancias obtenidas en la situación actual de igual manera se muestran los tiempos y distancias de la propuesta tomando en cuenta la reducción de tiempos.

Tabla 27. Disminución de tiempos y distancias con alternativa propuesta

Tareas	Actividades	Distribución actual		Distribución propuesta		Disminución de distancia y tiempo	
		Distancia (m)	Tiempo (min)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Distancia (m)	Tiempo (min)
1	Recepción del transformador						
	Inspección del estado	7,00	6,13	6	3,96	0,87	2,17
	Dotación de herramientas	5,00	6,45	5	6,45	0,00	0,00
	Descarga del transformador	6,00	7,24	6	7,24	0,00	0,00
2	Colocación EPP						
	Adquisición de herramientas						
	Toma de datos de placa del transformador						
3	Colocación de EPP para toma de muestras	19,00	35,71	3	15,23	16,00	20,48
	Adquisición de herramientas						
	Toma de muestras de aceite						
	Transporte desde toma de muestras a las pruebas de PCB's	5,00	11,78	5	10,45	0,00	1,33
4	Realizar pruebas de PCB's						
	Ejecución de mantenimiento a transformador	5,00	61,03	5,00	61,00	0,00	0,03
	Transporte hacia área de pruebas eléctricas	6,00	6,93	6,00	3,39	0,00	3,54
	Ejecución de pruebas	5,00	33,31	5,00	33,30	0,00	0,01
5	Transporte hacia el área de lavado	30,00	14,00	10,00	4,33	20,00	9,67
	Lavado						
	Transporte a pintura	17,00	86,00	5	71,3	12,00	14,70
6	Pintura						
	Transporte hacia almacenamiento	30,00	45,12	5	19,85	25,00	25,27
	Almacenaje						

Elaborado por: Flores, Angel (2024)

Eficiencia de mantenimientos.

Se obtiene una reducción de tiempo de 23,65 % con respecto al mantenimiento actual de igual manera se espera obtener un promedio semanal de 9 mantenimientos semanales en comparación con la situación actual que se realizaba 5 mantenimientos semanales.

Tabla 28. Resultados esperados en las alternativas.

Mantenimiento en los últimos 3 meses.								
Meses	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Total, promedio	Tiempo por mantenimiento (horas)		Mantenimientos
Diciembre	9	8	10	9	9,00	3,99	horas	2,25
Enero	9	9	10	8	9,00	3,99	horas	2,25
Febrero	9	9	9	9	9,00	3,99	horas	2,25
Total, de mantenimientos promedios diarios								2,25

Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

Análisis del mantenimiento actual y el propuesto de Laboratorio de los Transformadores Monofásicos en la EEASA

En la tabla 29. Se realiza el análisis económico actual que se da en el área de laboratorio de transformadores tomando en cuenta el costo de movilización, horas hombre, materiales y recursos utilizados alcanzando un valor por mantenimiento de 269,79 \$ por mantenimiento de transformador.

Tabla 29. Análisis de mantenimiento actual del Laboratorio de los Transformadores Monofásicos en la EEASA.

MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES MONOFASICOS EN LA EEASA ÁREA DE TRANSFORMADORES DE LABORATORIO

No.	Descripción	Unidad	Cantidad Tiempo/60	Costo Unitario	Subtotal
1	Recepción de transformador	Hora	0,33	10	3,30
2	Toma de datos de placa transformador.	Hora	0,19	10	1,86
3	Toma de muestras de aceite dieléctrico y pruebas PCB's	Hora	0,61	20	12,10
4	Ejecución de mantenimiento	Hora	1,69	50	84,39
5	Lavado y pintura	Hora	1,67	60	100,00
6	Almacenaje	Hora	0,75	5	3,76
TOTAL, EQUIPOS (USD)					205,42

No.	Descripción	Categoría	Cantidad	Costo Horario	Subtotal
1	Electricista 1	E. Ocupacional E2	5,23	3,54	18,51
TOTAL, MANO DE OBRA = MO (USD)					18,51

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Subtotal
1.	Cabo estrobo	Unidad	1,00	0,80	0,80
2.	Guantes de nitrilo	Unidad	2,00	0,75	1,50

No.	Descripción	Unidad	Cantidad Tiempo/60	Costo Unitario	Subtotal
3.	Jeringuillas	Unidad	1,00	0,20	0,20
4.	Manguera	Metros	0,20	0,20	0,04
5.	Paños absorbentes	Unidad	3,00	1,75	5,25
6.	Químicos reactivos	Litros	0,25	5,00	1,25
7.	Empaques	Unidad	1,00	1,25	1,25
8.	Traje de seguridad	Unidad	1,00	5,00	5,00
9.	Aceite dieléctrico	Litros	1,00	5,00	5,00
10.	Tiñer	Litros	1,00	1,20	1,20
11.	Pintura	Litros	1,00	1,50	1,50
12.	Lija	Unidad	2,00	0,50	1,00
13.	Desengrasante	Litros	1,00	2,35	2,35
14.	Cepillo de cerdas de metal	Unidad	1,00	2,50	2,50
15.	Cepillo de plástico	Unidad	1,00	1,50	1,50
16.	Guaípe	Kg	0,50	1,50	0,75
TOTAL, MATERIALES (USD)				31,09	

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Subtotal
1	Puente grúa	Hora	0,2	20	4,77
TOTAL, TRANSPORTE (USD)					4,77
Total					259,79

TOTAL, COSTOS DIRECTOS (CD)	259,79
INDIRECTOS	10,00
UTILIDAD	- -
TOTAL, RUBRO	269,79

Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

En la tabla 30. Se observa el análisis de costo de la propuesta presentada se toma en cuenta los recursos utilizados para la movilización, equipos, materiales, insumos, horas hombre dando como resultado un costo por cada mantenimiento de transformador de 196.95 \$

Tabla 30. Análisis de mantenimiento propuesto del Laboratorio de los Transformadores Monofásicos en la EEASA.

MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES MONOFASICOS EN LA EEASA. ÁREA DE TRANSFORMADORES

No.	Descripción	Unidad	Cantidad Tiempo/60	Costo Unitario	Subtotal
1.	Recepción de transformador	Hora	0,294	10	2,94
2.	Toma de datos de placa transformador.	Hora	0,254	10	2,54
3.	Toma de muestras de aceite dieléctrico y pruebas PCB's	Hora	0,224	20	4,48
4.	Ejecución de mantenimiento	Hora	1,628	30	48,85
5.	Lavado y pintura	Hora	1,260	50	63,00
6.	Almacenaje	Hora	0,331	60	19,85
TOTAL, EQUIPOS (USD)					141,66

No.	Descripción	Categoría	Cantidad	Costo Horario	Subtotal
1.	Electricista 1	E. Ocupacional E2	2,66	3,54	9,43
TOTAL, MANO DE OBRA = MO (USD)					9,43

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Subtotal
1.	Cabo estrobo	Unidad	1	0,8	0,8
2.	Guantes de nitrilo	Unidad	2	0,75	1,5
3.	Jeringuillas	Unidad	1	0,2	0,2
4.	Manguera	Metros	0,2	0,2	0,04

No.	Descripción	Unidad	Cantidad Tiempo/60	Costo Unitario	Subtotal
5.	Paños absorbentes	Unidad	3	1,75	5,25
6.	Químicos reactivos	Litros	0,25	5	1,25
7.	Empaques	Unidad	1	1,25	1,25
8.	Traje de seguridad	Unidad	1	5	5
9.	Aceite dieléctrico	Litros	1	5	5
10.	Tiñer	Litros	1	1,2	1,2
11.	Pintura	Litros	1	1,5	1,5
12.	Lija	Unidad	2	0,5	1
13.	Desengrasante	Litros	1	2,35	2,35
14.	Cepillo de cerdas de metal	Unidad	1	2,5	2,5
15.	Cepillo de plástico	Unidad	1	1,5	1,5
16.	Guaípe	Kg.	0,5	1,5	0,75
TOTAL, MATERIALES (USD)					31,09

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Subtotal
2.	Puente grúa	Hora	0,24	20	4,77
TOTAL, TRANSPORTE (USD)					4,77
Total					186,95

TOTAL, COSTOS DIRECTOS (CD)	186,95
INDIRECTOS	10,00
TOTAL, RUBRO	196,95

Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

Resultados esperados

Con la presente propuesta se pretende implementar el rediseño del área de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato EEASA., la propuesta está encaminada directamente a reducir los tiempos y distancias en todas las tareas involucradas en los mantenimientos de transformadores con esto se alcanzara una eficiencia en el proceso lo que se espera por parte de la administración de la empresa es implementar

la propuesta de una manera que se cumpla con los requerimientos técnicos propuestos, de igual manera aplicando la propuesta metodológica se espera alcanzar un ahorro de 31080,6 anuales lo que beneficia directamente a la empresa.

Cronograma de actividades

Tabla 31. Cronograma de actividades

Tiempo	2023				2024												
	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	3	
Presentación de las Actividades																	
Presentar los resultados.	X	X															
Implementar la propuesta			X	X	X												
Proporcionar las alternativas						X											
Detallar la alternativa elegida al personal							X										
Capacitar al personal sobre los tipos de actividades.								X									
Localización de las Áreas para reubicación										X							
Instalación de equipos de pruebas											X						
Instalación de nueva área de pintura y lavado													X				
Reubicación de estanterías														X	X		
Evaluación de la propuesta seleccionada																	X

Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

Análisis de costos.

Al realizar el análisis de costo para la implementación del rediseño del área de laboratorio de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato, se basó en valores estimados actuales, los cuales pueden tener cambios al momento de realizar la implementación. A continuación, se detallan los respectivos costos en la tabla 32.

Tabla 32. Análisis de costos

Costos de la implementación				
Descripción	Precio Unitarios (\$)	Cantidad	Unidad	Precio Total (\$)
Área de lavado y pintura				
Tubería 1/2 "de 6 metros	13,85	2,00	metros	27,70
Llaves	4,50	3,00	Unidad	13,50
Codos	2,25	10,00	Unidad	22,50
Teflón	1,20	3,00	Unidad	3,60
Unión 1/2 "	0,25	12,00	Unidad	3,00
Pegamento de tubo	3,32	4,00	Unidad	13,28
Cemento	5,00	5,00	Unidad	25,00
Tomacorriente	3,00	4,00	Unidad	12,00
Cable	0,80	100,00	Unidad	80,00
Bloques	0,35	100,00	Unidad	35,00
Granillo	1,50	100,00	Kilogramo	150,00
Arena	1,25	100,00	kilogramo	125,00
Tubo Desagüe EC 160 mm x 3 m	14,80	4,00	Unidad	59,20
Rejilla	6,75	4,00	Unidad	27,00
Sifón desagüe 160 mm	9,75	4,00	Unidad	39,00
Total				635,78
Área de mantenimiento, PCB's, Pruebas eléctricas				
Descripción	Precio Unitarios (\$)	Cantidad	Unidad	Precio Total (\$)
Tomacorrientes	2,75	8,00	Unidad	22,00
Interruptores simples	5,00	4,00	Unidad	20,00
Interruptores dobles	5,00	2,00	Unidad	10,00
Lámparas led 50 watts	4,70	8,00	Unidad	37,60
Alambre	0,80	250,00	metros	200,00
Taípe	0,75	5,00	Unidad	3,59
Conector puesta a tierra	5,00	15,00	Unidad	75,00
Tubería	0,25	100,00	metros	25,00
Cajetines rectangulares	0,30	15,00	Unidad	4,50
Mano de obra	50,00	15,00	días	750,00

Total					1147,69
	Materiales varios				
	Descripción	Precio Unitarios (\$)	Cantidad	Unidad	Precio Total (\$)
	Programas	110,00	1,00	Unidad	110,00
	Pasajes	200,00	1,00	Unidad	200,00
	Recursos de oficina	500,00	1,00	Unidad	500,00
	Alimentación	300,00	1,00	Unidad	300,00
	Montacargas	230,00	1,00	Unidad	227,00
	Herramientas	151,00	1,00	Unidad	151,00
	Gasolina	150,00	1,00	Unidad	150,00
					1638,00
	Capacitación personal				
	Descripción	Precio Unitarios (\$)	Cantidad	Unidad	Precio Total (\$)
	Capacitación personal	500,00	3,00	unidad	1500,00
	Evaluación de propuestas	500,00	3,00	Unidad	1500,00
	Subtotal				6421,47
	imprevistos 10%				642,15
Total					7063,62

Elaborado por: Flores, Ángel (2023)

Análisis de costo y tiempo. (Curva "S")

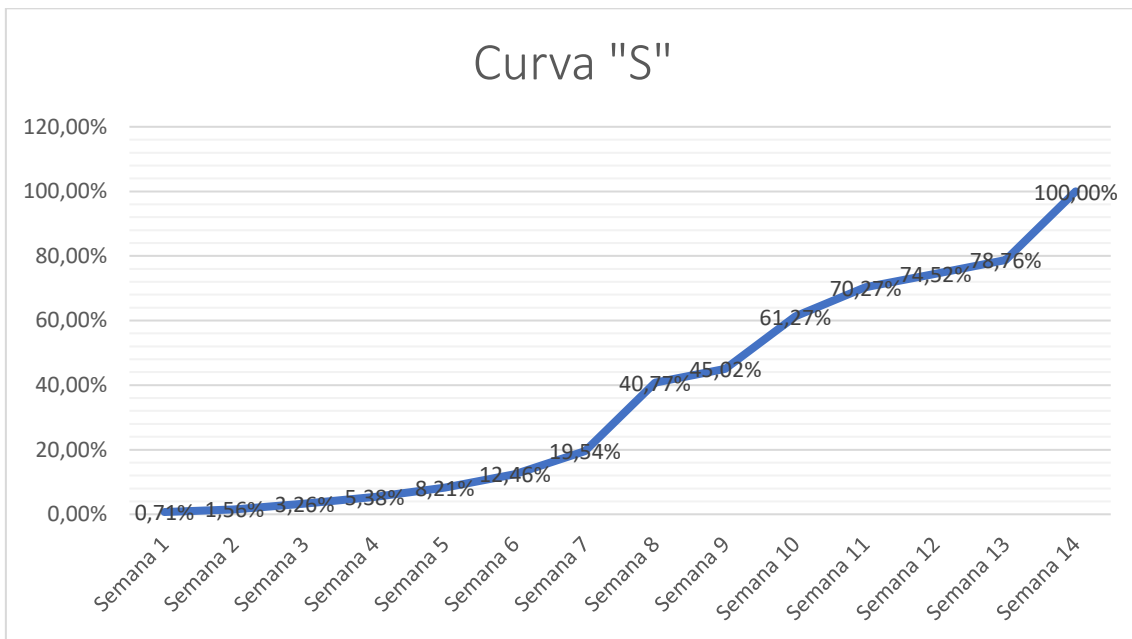


Gráfico 38. Curva "S"

Elaborado por: Flores, Ángel (2023).

Análisis

En la curva "S" se puede observar desde la semana 1 hasta la semana 8 se tiene gastos administrativos actividades relacionadas con: presentar, proporcionar alternativas, escoger mejor alternativas, tanto que la semana 9 se ve un aumento del presupuesto por el motivo de realizar las mejoras y reubicación de áreas, capacitar al personal, en la semana 11 se realiza la construcción del área de lavado, en las siguientes semanas 12 y 13 se prevé la reubicación de estanterías y como ultima la semana 14 se tiene la evaluación de la propuesta alcanzando el 100 % en las actividades.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Se determinaron las restricciones mediante el método SLP, donde el diagrama de relaciones actuales, se especifican que las conexiones adecuadas entre las áreas de almacenamiento y las de las herramientas, así como la de equipos de protección personal son absolutamente necesarios según criterios de seguimiento o control, así como el espaciamiento de los puestos de trabajo; sin embargo, por razones de seguridad, se indica que debe haber mucha proximidad entre las herramientas y el área de EPP, con el horno secador, debe haber cercanía; así como las áreas de las pruebas PCB's, con aquellas que se realizan con las de aceite y áreas de equipos de prueba eléctricas.
- Entre las condiciones técnicas para mejorar el desempeño están, los tiempos críticos de las alternativas I, II, III, IV y V, mediante los métodos CPM y PERT, en el cual se definen las tareas, así como los tiempos delimitados en cada proceso, continuando con la programación y gestión de los diferentes procesos, siguiendo con la selección de la mejor alternativa, finalizando con el rediseño propuesto; en tanto que a través del Método SPL, se identifican el área, dándose con la evaluación de los elementos del conjunto, visualizando la distribución detallada, todo esto vinculado con los diagramas de recorridos que se dan en la alternativas I, II, III, IV y V.
- Mientras que la evaluación de las opciones de diseño de planta para alcanzar la eficiencia y flexibilidad propuestas, se dan en cinco opciones las cuales según el diagrama de procesos de trabajo y almacenamiento de transformadores se da, en

función de un tiempo actual de 313,70 minutos, mientras que en la alternativa I da un total de 292,84 minutos; mientras que en la alternativa II, genera un tiempo de 273,21 minutos; en tanto que en la opción III, daría 239,48 minutos; en tanto que, en la IV, generaría un tiempo total de 258,64 minutos y finalmente la opción V, daría un total de 297,39 minutos.

- Se propone el rediseño del área de laboratorio de transformadores empleando una metodología SLP, donde se describen las relaciones actuales, bajo los criterios, en zonas definidas, así como con el uso de los diagramas CPM y PERT se obtuvieron una secuencia crítica de hasta 288,86 minutos; mientras que en las diferentes alternativas como la I, da 281,06 minutos, en tanto que en la II, da 226,05 minutos, mientras que en la alternativa III, se tiene 226.05 minutos; en tanto que en la alternativa IV, genera 239,30 minutos; y en la opción V da 265,80 minutos.
- Se logra un ahorro en costos del 26.99% por cada mantenimiento traducido a valor económico. Por ejemplo, al llevar a cabo 5 mantenimientos semanales, el costo total sería de \$1348.95 utilizando los procedimientos actuales, mientras que con la alternativa propuesta realizando los mismos 5 mantenimientos se alcanza un costo de 984,75 \$ con esto se obtendría un ahorro de 364,2 \$ semanal obteniendo anualmente 31080,6 \$ con lo que la Empresa Eléctrica Ambato podría invertir en compras de suministros y repuestos para el área de laboratorio de transformadores lo cual es de beneficio para la empresa y la sociedad.
- De igual forma se obtiene una reducción de 23,65% de tiempos en el proceso de mantenimiento con respecto a la situación actual al aplicar la alternativa propuesta se espera alcanzar 1,7 mantenimientos diarios a comparación del actual se realiza en promedio 1 mantenimiento diario.

Recomendaciones:

- La Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. debería considerar las propuestas presentadas en este proyecto y ejecutarlas con el fin realizar los mantenimientos de una manera efectiva reduciendo tiempos en cada una de las tareas.
- Dar seguimiento a la propuesta una vez implantada en la empresa, para constatar que los resultados sean los esperados dentro del área de laboratorio de transformadores.
- Realizar capacitaciones frecuentes al personal que se desempeña en el área sobre los rediseños implementados dentro del laboratorio de transformadores.

Bibliografía

(201). <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4186>

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (25 de Julio de 2023). *Regulación y control*. Misión y visión.:

<https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/>

Astudillo, J. (Diciembre de 2019). *INFORME DE RENDICIÓN DE CUENTAS*.

<https://www.eeasa.com.ec/>:

<https://www.eeasa.com.ec/content/uploads/2020/10/INFORME-RC-EE-AMBATO-2019-DEF.pdf>

Benjamin Niebel, A. F. (1999). *Ingeniería industrial*. printed in Mexico.

Calvopiña, M. M. (3 de Septiembre de 2018). *Diseño de la distribución física del*

laboratorio y guías de pruebas para cables subterráneos, transformadores e

interruptores a nivel de tensión de 13,8 KV. <https://www.dspace.espol.edu.ec/>:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/44738>

CENACE. (03 de Mayo de 2022). *Informe anual*. Operador nacional de electricidad:

<https://www.cenace.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/04/Parte-1-Informe-Anual-2022.pdf>

Contreras, A. D. (2019). *Rediseño de la Planta de Producción de la Empresa Biblos*.

Facultades de ciencias básicas de ingenierías y arquitectura:

<https://repositorio.cecar.edu.co/bitstream/handle/cecar/7215/462e9c5a-a1b1-4a78-a3f5-512c93b54b64.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. (3 de Mayo de 2024). *Quiénes*

somos. <https://www.eeasa.com.ec/#>: <https://www.eeasa.com.ec/presentacion/>

- Estauto Orgánico. (Enero de 2015). *ESTATUTO ORGÁNICO DE GESTIÓN ORGANIZACIONAL*. <https://www.cnelep.gob.ec/>:
<https://www.cnelep.gob.ec/estatuto-organico/>
- Instituto de Investigación Geológico y Energético. (25 de Julio de 2023). *El instituto*.
Instituto de Investigación Geológico y Energético:
<https://www.geoenergia.gob.ec/el-instituto/>
- Isaza, J. (25 de Noviembre de 2020). *Opinión: El rol y la importancia de las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica en el ecosistema*. Mobility Portal Latinoamérica: Opinión: El rol y la importancia de las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica en el ecosistema
- Mancilla, R. (12 de Septiembre de 2023). *Sustentabilidad en la organización*.
<https://www.coursehero.com/>: <https://www.coursehero.com/file/220876629/sus-en-organizacion-semana2docx/>
- Martínez, J. A. (2010). *REDISEÑO DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BORNES DE RISARALDA*. <https://core.ac.uk/download/pdf/71396029.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas. (2 de Junio de 2021). *3 de mayo de 2024*. Visión:
<https://www.recursosyenergia.gob.ec/valores-mision-vision-e/>
- Orozco, Á., CALZADA, M., & GIRALDO, E. (25 de Agosto de 2004). *Scientia Et Technica*. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84911685004.pdf>:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911685004>
- Pérez Andrés, V. G. (Diciembre de 2017). *BUSINESS REINGENERING PROCESS*.
<https://3ciencias.com/>: <https://3ciencias.com/articulos/articulo/reingenieria-de-procesos/>

Quiroa Myriam, G. W. (1 de Septiembre de 2021). *Reingeniería de procesos*.

<https://economipedia.com/definiciones/reingenieria-de-procesos.html>

TRAFO ENERGY S.A. (1 de Junio de 2023). *Laboratorio eléctrico, la magia detrás*

del diagnóstico de los transformadores . https://es.linkedin.com/?trk=article-ssr-frontend-pulse_nav-header-logo: <https://es.linkedin.com/pulse/laboratorio-el%C3%A9ctrico-la-magia-detr%C3%A1s-del-diagn%C3%B3stico-de>

Vargas, A. J. (2021). *Rediseño de una planta manufacturera a través de la*

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://biblat.unam.mx/es/revista/ingenieria-industrial-actualidad-y-nuevas-tendencias/articulo/redisen-de-una-planta-manufacturera-a-traves-de-layout-orientado-al-proceso&ved=2ahUKEwjSxre>

Vásquez Restrepo, L. A. (25 de Enero de 2013). *Diseño de un laboratorio de pruebas*

eléctricas para transformadores de distribución de la empresa " R.V.R.

Transformadores". <https://www.ups.edu.ec/>:

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4186>

ANEXOS

Anexo 1. Sistema de valoración Westinghouse.

Fuente: (Benjamin Niebel, 1999)

Sistema de valoración Westinghouse						
Habilidad				Esfuerzo		
+0.15	A1	Superhábil		+0.13	A1	Excesivo
+0.13	A2	Superhábil		+0.12	A1	Excesivo
+0.11	B1	Excelente		+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente		+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Bueno		+0.05	C1	Bueno
+0.03	C2	Bueno		+0.02	C2	Bueno
0.0	D	Promedio		0.0	D	Promedio
-0.05	E1	Regular		-0.04	E1	Regular
-0.10	E2	Regular		-0.08	E2	Regular
-0.16	F1	Pobre		-0.12	F1	Pobre
-0.22	F2	Pobre		-0.17	F2	Pobre
Condiciones				Consistencia		
+0.06	A	Ideal		+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelente		+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Buena		+0.01	C	Buena
0.0	D	Promedio		0.0	D	Promedio
-0.03	E	Regular		-0.02	E	Regular
-0.07	F	Pobre		-0.04	F	Pobre

$$TN = \frac{TO}{1 + \text{suma de valores de cada factor}}$$

Anexo 2. Formula aplicada para el cálculo del tiempo estándar.

Fuente: (Benjamin Niebel, 1999)

Siguiendo con el ejemplo anterior (Westinghouse)

$$TE = (TN)(1 + \text{suma de suplementos en decimal})$$

Anexo 3. Referencia más común para suplementos

Fuente: (Benjamin Niebel, 1999)

REFERENCIA MÁS COMÚN PARA APLICAR SUPLEMENTOS				
1. Suplementos constantes			E) Condiciones atmosféricas	
	Hombres	Mujeres	Suplemento de Kata (milicalorías/Cm ² /Seg)	Suplemento
Necesidades personales	5	7	16	0
Fátiga	4	4	14	0
			12	0
			10	3
2. Suplementos variables			8	10
A) Trabajar de pie	2	4	6	21
			5	31
B) Postura incomoda			4	45
Ligeramente incomoda	0	1	3	64
Incomoda	2	3	2	100
Muy incomoda	7	7		
			F) Concentración intensa	
				Hombres
				Mujeres
			Baja precisión	0
			De precisión o fatigosos	2
			Gran precisión o muy fatigosos	5
C) Uso de fuerza o energía muscular			G) Ruido	
Peso levantado por Kg			Continuo	0
2.5	0	1	Intermitente y fuerte	2
5	1	2	Intermitente y muy fuerte	5
7.5	2	3	Estridente y fuerte	
10	3	4		
12.5	4	6	H) Tensión mental	
15	5	8	Proceso complejo	1
17.5	7	10	Atención dividida en varios objetos	4
20	9	13	Muy complejo	8
22.5	11	16	I. Monotonía	
25	13	20 (máx)	Algo monótono	0
30	17	---	Bastante monótono	1
33.5	22	---	Muy monótono	4
D) Mala iluminación			J) Tedio	
Ligeramente deficiente	0	0	Algo aburrido	0
Bastante deficiente	2	2	Aburrido	2
Absolutamente insuficiente	5	5	Muy aburrido	5

Anexo 4. Certificado de aceptación de la Tesis en EEASA

Fuente: (Empresa Eléctrica Ambato S.A.,2024)



**EMPRESA ELECTRICA AMBATO
REGIONAL CENTRO NORTE S.A.**

Trabajando con energía..!

CERTIFICADO

Ambato, marzo 05 de 2024

Mediante el presente documento certifico que el **Sr. FLORES SALAZAR ÁNGEL VINICIO**, con C.I. **1804631412**, estudiante de la Universidad Indoamérica del cantón Ambato, ha realizado el tema: "**Rediseño del Área de Laboratorio de Transformadores de la Empresa Eléctrica de Ambato EEASA**" en la sección Transformadores y Líneas Energizadas del Departamento de Distribución, del 18 de octubre 2023 al 05 de marzo de 2024, y al conocer la estructura de la propuesta, servirá para incrementar la productividad, como minimizar los tiempos en el mantenimiento de los transformadores, por lo mismo puedo certificar que el señor, ha demostrado responsabilidad y actitud para conseguir los objetivos planteados en este proyecto.

Por esta razón manifiesto que en honor a la verdad la Sr. Ángel Flores, puede hacer uso del presente certificado de manera que estime a convenir siempre y cuando no perjudique directa o indirectamente a la Empresa.

Atentamente,

**Ing. Santiago Espinosa
JEFE SECCIÓN DIST- TRF
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCIÓN**

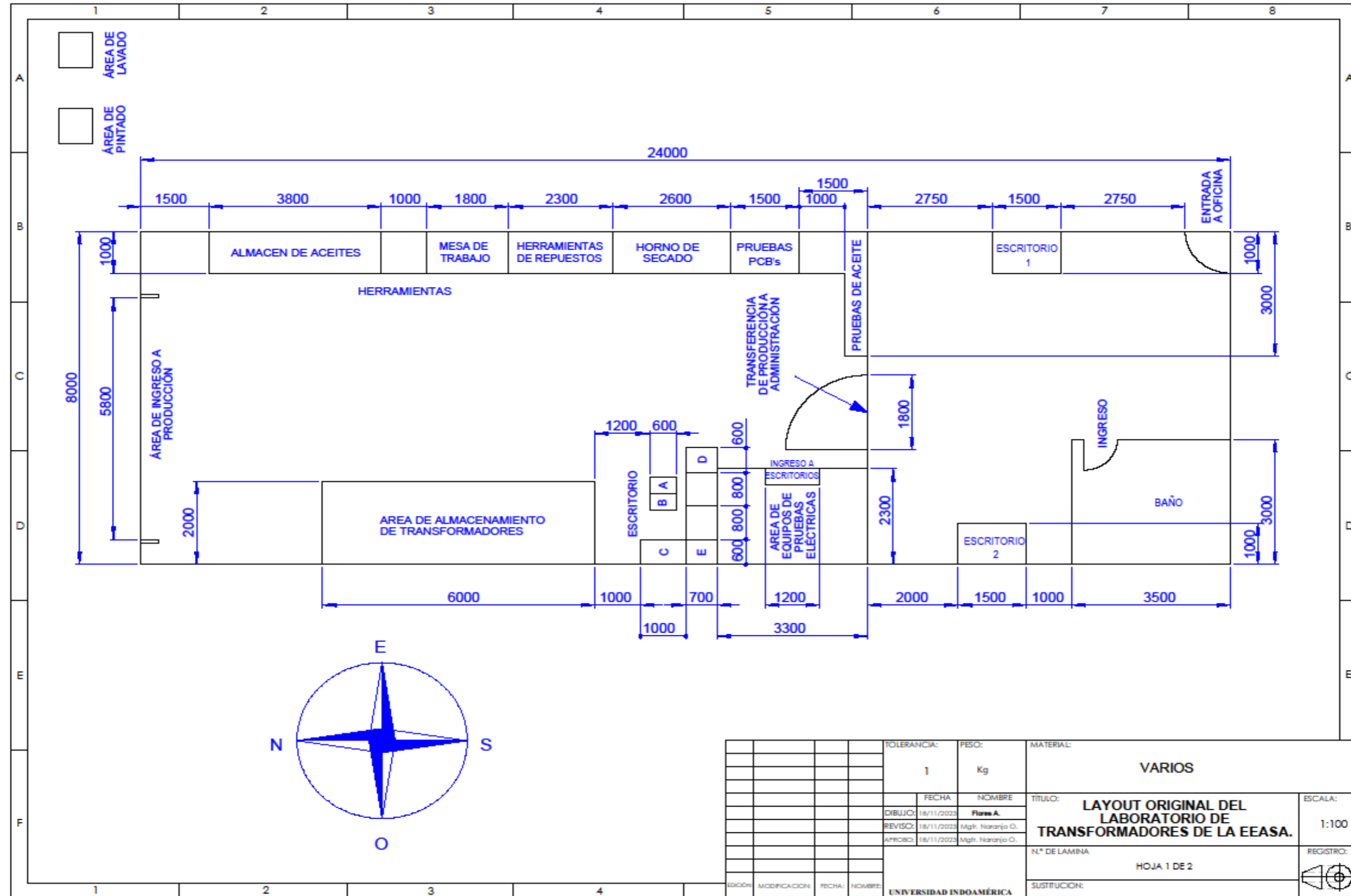


Av. 12 de Noviembre 11-29 y Espejo Casilla 18-01-446
Telf: (03) 2998600 Reparaciones: 136 Fax: (03) 2421265
www.eeasa.com.ec e-mail: presidencia@eeasa.com.ec
Ambato - Ecuador



Anexo 5. Disposición actual del laboratorio de transformadores.

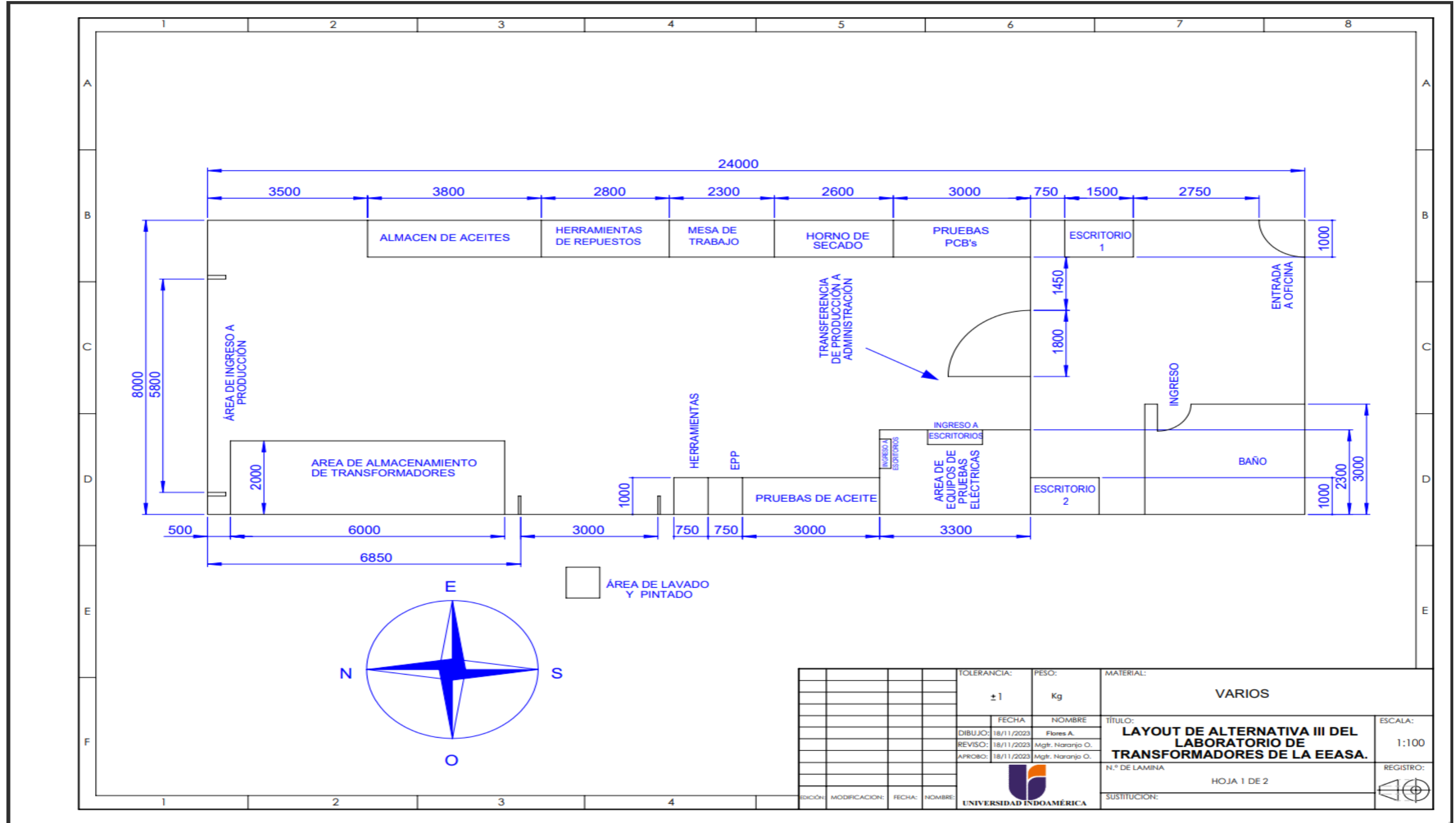
Fuente: Angel Flores 2023



Anexo 6. Disposición propuesta del laboratorio de transformadores.

Fuente: Angel Flores 2023

115



TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
± 1	Kg	VARIOS	
DIBUJO:	FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:
18/11/2023	18/11/2023	Flores A.	LAYOUT DE ALTERNATIVA III DEL LABORATORIO DE TRANSFORMADORES DE LA EEASA.
REVISO:	18/11/2023	Mgtr. Naranjo O.	ESCALA:
APROBO:	18/11/2023	Mgtr. Naranjo O.	1:100
UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA			N.º DE LAMINA
			HOJA 1 DE 2
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	REGISTRO: