



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA
ECUATRAN S.A.**

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

Autor

Núñez Jordán Marlon Fabricio

Tutor

Ing. Sánchez Díaz Patricio Eduardo, Msc.

AMBATO – ECUADOR

2023

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

Yo, Marlon Fabricio Núñez Jordán declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “**DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A**”, como requisito para optar al grado de “**INGENIERO INDUSTRIAL**” y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 23 días del mes de febrero de 2023, firmo conforme:

Autor: Núñez Jordán Marlon Fabricio

Firma:

Número de Cédula: 1805130521

Dirección: Huachi Chico, Ambato - Tungurahua

Correo Electrónico: fabrynuezcito789@gmail.com

Teléfono: 0995319268

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A.” presentado por Marlon Fabricio Núñez Jordán, para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación 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 de los Lectores que se designe.

Ambato, 11 de febrero de 2023

PATRICIO

.....
EDUARDO

Ingeniero Patricio Eduardo Sánchez Díaz Msc.

Tutor

Firmado digitalmente por

PATRICIO EDUARDO ...

SANCHEZ DIAZ

Fecha: 2023.02.27 13:23:32
0500

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, 23 de febrero de 2023



.....
Núñez Jordán Marlon Fabricio

180513052-1

APROBACIÓN DE LECTORES

El trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: **“DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA ECUATRAN S.A.”**, 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, 23 de febrero de 2023

.....

Ing. Ruales Martínez María Belén, Msc
LECTORA

.....

Ing. Naranjo Mantilla Olga Marisol Mgtr.
LECTORA

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico en todo mi cariño a mi familia.

A Dios, quien me dio las fuerzas y sabidurías para poder seguir adelante y cumplir uno de muchos objetivos y enfrentar cada obstáculo que la vida nos presenta.

A mi esposa a quien ha motivación principal el pilar principal de mi familia quien me apoyado en todos los momentos difíciles de mi vida a quien quiero con todo mi corazón, gracias soy persona discapacidad auditivo si puede un ejemplo mi futuro logrado profesional.

Núñez Marlon

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a Dios por regalarme la vida, la salud y permitirle alcanza esta meta. Agradezco a Dios por darme la vida para poder paso a paso construir mi sueño.

A mi esposa por permitirme realizarme profesionalmente, por la alegría, ternura y amor que me han dado en aquellos momentos difíciles de mi vida y sobre todo mis padres por el esfuerzo, apoyo incondicional y paciencia mucho sacrificio mi futuro profesional.

Al Ing. Juan Manuel Cuesta Vásconez Gerente General de la empresa Ecuatran S.A. por permitirme ingresar a su prestigiosa compañía y poder aportar el mejoramiento continuo en el sistema de producción flexible.

A mi director de Tesis Msc. Sánchez Díaz Patricio Eduardo por la colaboración y ayuda a la consecución de este trabajo y todos los docentes de la Facultad de Ingeniería, Industria y Producción.

Núñez Marlon

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
ÍNDICE DE IMÁGENES	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN EJECUTIVO	xviii
ABSTRACT.....	xix

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Introducción	1
Antecedentes	5
Árbol de problemas	7
Análisis crítico	8
Justificación.....	9
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

Área de estudio.....	11
Enfoque de la investigación	11
Justificación de la metodología.....	12

Población y muestra	12
Población.....	12
Diseño del trabajo	13
Procedimiento para obtención y análisis de datos.....	14
Indicadores de rendimiento del proceso.....	15
Productividad	15
Teoría de medición de despilfarro de tiempo.....	15
Hipótesis.....	20

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Resultados de la investigación	21
Diagrama de flujo del proceso	21
Diagrama de tareas del proceso.....	22
Pedido de materiales	24
Elaboración de las bobinas.....	24
Elaboración de núcleo	27
Elaboración del tanque.....	29
Ensamblaje del núcleo y bobinas	32
Conexión del cambiador y breaker	34
Secado de parte activa en el horno.....	35
Ensamblaje de parte activa en el tanque.....	36
Llenado de aceite dieléctrico.....	38
Pruebas físicas y eléctricas.....	39
Control de calidad	40
Colocación de accesorios	40
Almacenamiento del transformador.....	42
Bodega.....	43

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interpretación de resultados	47
------------------------------------	----

Determinación del despilfarro.....	47
Contraste con otras investigaciones	59

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones	62
Recomendaciones.....	63
Bibliografía	64
Anexos	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Personas participantes en el estudio.....	13
Tabla 2. Número de trabajadores por proceso de fabricación.....	13
Tabla 3. Operacionalización de la variable Productividad.....	14
Tabla 4. Diagrama de flujo del proceso para la elaboración del transformador monofásico subestación de 25 kVA	21
Tabla 5. Tiempos estándar de las tareas con y sin valor añadido para la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA	47
Tabla 6. Despilfarro total de las tareas para la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA.....	48
Tabla 7. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el pedido de materiales del transformador	49
Tabla 8. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para la elaboración de las bobinas del transformador.....	49
Tabla 9. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para la elaboración del núcleo del transformador.....	50
Tabla 10. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para la elaboración del tanque del transformador.....	50
Tabla 11. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el ensamblaje de núcleo y bobinas del transformador	51
Tabla 12. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para la conexión de cambiador y breaker del transformador.....	52
Tabla 13. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el secado en el horno de parte activa del transformador.....	52
Tabla 14. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el ensamblaje de parte activa en el tanque del transformador.....	53
Tabla 15. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el llenado de aceite dieléctrico del transformador.....	53
Tabla 16. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para las pruebas físicas y eléctricas del transformador.....	54

Tabla 17. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el control de calidad del transformador.....	54
Tabla 18. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para la colocación de accesorios del transformador.	54
Tabla 19. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el almacenamiento del transformador	55
Tabla 20. Despilfarro total de las operaciones para la fabricación del transformador monofásica subestación de 25 kVA	55
Tabla 21. Coeficientes de despilfarro en el método para la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA	56
Tabla 22. Coeficientes de despilfarro e improductividad en la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Coeficientes del despilfarro.	57
Gráfico 2. Improductividad total.	58
Gráfico 3. Tiempo de improductividad (min).	59

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Las bobinas	26
Imagen 2: Los papeles aislantes.....	26
Imagen 3: Las áreas láminas cobre, aluminio y los alambre, cables de cobre y aluminio.	26
Imagen 4: Máquina torno para realizar las bobinas espirales.	27
Imagen 5: Máquinas para preparar bobinas primario y secundario.	27
Imagen 6: Elaboración de núcleo.....	29
Imagen 7: Armazón de núcleos.....	29
Imagen 8: Máquina para el cortado de la plancha de hierro.	31
Imagen 9: Máquina dobladora	31
Imagen 10: Preparación de los tanques monofásicos para soldar y pulir.	31
Imagen 11: Sacado de los puntos soldados y limpieza previo al pintando.	32
Imagen 12: Preparación, soldado, pulido y pintado del tanque	32
Imagen 13: Área ensamble la bobina y núcleos.....	33
Imagen 14: Área de ensamble de conexiones del cambiador y breaker del transformador	35
Imagen 15: Área de encube de parte activa del transformador trifásico.....	37
Imagen 16: Preparación de los accesorios del tanque trifásico.....	37
Imagen 17: Transformador trifásico posterior al ensamblaje de la parte activa en el tanque	37
Imagen 18: Área de laboratorios y pruebas.....	39
Imagen 19: Preparación de los adhesivos, pintando y acabados.....	42
Imagen 20: Tanques monofásicos para llevar al cliente	43
Imagen 21: Bodega	43
Imagen 22: Almacenamiento del material en bodega.....	44
Imagen 23: Zona autorizada de descarga de materia prima.....	44
Imagen 24: Escritorio de la bodega.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas.	7
Figura 2. Concepción de la teoría de medición del despilfarro.....	16
Figura 3. Tiempo estándar resultante de las tareas del proceso.	17
Figura 4. Tiempo estándar de la tarea	18
Figura 5. Tiempo total de ejecución de las tareas.	19
Figura 6: Diagrama de tareas del proceso de elaboración del transformador monofásica subestación de 25 kVA	23
Figura 7: Diagrama de operaciones del pedido de materiales del transformador.	24
Figura 8: Diagrama de operaciones de la elaboración de las bobinas del transformador	25
Figura 9: Diagrama de operaciones de la elaboración del núcleo del transformador.	28
Figura 10: Diagrama de operaciones de la elaboración del tanque del transformador	30
Figura 11: Diagrama de operaciones del ensamblaje del núcleo y bobinas del transformador	33
Figura 12: Diagrama de operaciones de la conexión del cambiador y breaker del transformador	34
Figura 13: Diagrama de operaciones del secado en el horno de la parte activa del transformador	35
Figura 14: Diagrama de operaciones del Ensamblaje de la parte activa en el tanque del transformador	36
Figura 15: Diagrama de operaciones del Llenado de aceite dieléctrico en el transformador	38
Figura 16: Diagrama de operaciones de las Pruebas físicas y eléctricas del transformador	39
Figura 17: Diagrama de operaciones del control de calidad del transformador ..	40
Figura 18: Diagrama de operaciones de la Colocación de accesorios del transformador	41
Figura 19: Diagrama de operaciones de almacenamiento del transformador	42

Figura 20: Plano general de planta de producción..... 46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Formato para diagrama de proceso.	67
Anexo B: Coeficientes de despilfarro e improductividad diarios en la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA	68
Anexo C: Carta de aceptación.....	70

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

TEMA: DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA ECUATRAN S. A.

AUTOR: Núñez Jordán Marlon Fabricio

TUTOR: Ing. Sánchez Díaz Patricio Eduardo Msc.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la empresa Ecuatran S.A. de la ciudad de Ambato y se trata del diagnóstico de la productividad en el proceso de fabricación de transformadores. Se identificaron problemas relacionados a la existencia de tiempo improductivo, lo que ocasiona baja productividad, costos extras, atraso en las entregas y producto no conforme. La finalidad del presente estudio fue describir el proceso de fabricación con sus respectivos tiempos de elaboración, recopilar los tiempos improductivos y determinar la productividad del proceso a través de la teoría del despilfarro. Se consideró como referente el caso del transformador monofásico subestación de 25 kVA, mediante diagramas de flujo y operaciones del proceso, y con el empleo de una hoja de cálculo. Se obtuvo como resultado la existencia de 20 tareas generales para la elaboración del transformador seleccionado, con un tiempo de duración por unidad de 830 minutos. Adicionalmente se determinó que el tiempo improductivo promedio diario es de 495.2 min, y 11.25 min por cada transformador elaborado. El mayor despilfarro de tiempo en el método correspondió a la tarea de elaboración del núcleo del transformador con un valor de 1.75. Finalmente se calculó una improductividad del proceso total del 48.5%, con un coeficiente de despilfarro total de 1.49 y unos coeficientes de despilfarro en diseño y fabricación de 1.25 y 1.19, respectivamente.

Palabras clave: Coeficiente de despilfarro, productividad, tiempo improductivo, transformador monofásico, teoría del despilfarro.

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

THEME: “DIAGNOSIS OF PRODUCTIVITY IN THE TRANSFORMER MANUFACTURING PROCESS OF ECUATRAN S. A.”

AUTHOR: Núñez Jordán Marlon Fabricio

TUTOR: Ing. Sánchez Díaz Patricio Eduardo Msc.

ABSTRACT

This research work was carried out at Ecuatran S.A. in the city of Ambato and deals with the diagnosis of productivity in the transformer manufacturing process. Problems were identified related to the existence of unproductive time, which causes low productivity, extra costs, late deliveries, and nonconforming products. The purpose of this study was to describe the manufacturing process with its respective production times, collect the unproductive times and determine the productivity of the process through the waste theory. The case of the 25 kVA single-phase substation transformer was considered as a reference, using flow diagrams and process operations, and with the use of a spreadsheet. It was obtained as a result of the existence of 20 general tasks for the elaboration of the selected transformer, with a duration time per unit of 830 minutes. In addition, it was determined that the average daily unproductive time is 495.2 min, and 11.25 min for each transformer elaborated. The greatest time wastage in the method corresponded to the transformer core making task with a value of 1.75. Finally, a total process unproductivity of 48.5% was calculated, with a total wastage coefficient of 1.49 and design and manufacturing wastage coefficients of 1.25 and 1.19, respectively.

Keywords: Nonproductive time, productivity, single-phase transformer, wastage coefficient, wastage theory.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Introducción

Las empresas de carácter industrial en los diferentes países del mundo se encargan de la producción, fabricación de productos de calidad y la prestación de servicios financieros, turístico, transporte entre otros, con el propósito de garantizar el desarrollo económico a nivel mundial (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2022).

Sin embargo, al generarse una ineficiencia en el seguimiento de la productividad puede existir pérdidas económicas a causa del desabastecimiento de materias primas, la existencia de cuellos de botellas, atrasos en los plazos y procesos de producción (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2022).

Bajo esa perspectiva, con la investigación sobre el diagnóstico de la productividad se puede ir mejorado la gestión de la producción y administración de recursos de la entidad (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2022). A nivel mundial producto de la pandemia en los últimos tres años el sector industrial ha sufrido una baja significativa en los recursos financieros (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2022).

Para el segundo trimestre de 2021, la producción manufacturera mundial registró una producción anual de crecimiento del 18.2%. Por el contrario, un año antes, la

producción industrial mundial había caído en un 11.4% como consecuencia de las medidas pandémicas (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, 2021).

Al gestionar de forma correcta el recurso de la mano de obra la empresa puede aproximarse a la viabilidad industrial y a la productividad del resto de los factores como los bienes de equipo, construcción, energía, gastos generales, etc. (Cruelles, 2010).

Las empresas a nivel mundial están mejorando constantemente con el fin de satisfacer el mercado competitivo a través de garantizar la calidad en los productos y servicio al cliente (Cruelles, 2010). Bajo esa perspectiva, “la necesidad de sanear los procesos productivos ha hecho de la productividad el foco de atención del gran público y de los especialistas en materia de competitividad” (Carro, y otros, 2018).

La productividad abarca la mejora del proceso productivo mediante la comparación de las salidas y las entradas en un periodo determinado (Carro, y otros, 2018). Es decir, la productividad es un índice que relaciona y diagnostica la calidad de recursos utilizados y los bienes y servicios producidos por un sistema de salidas o producto y los recursos utilizados de entradas o insumos, (Carro, y otros, 2018)

Desde el punto de vista mundial la económica y productividad de China ha presentado una disminución en el dinamismo empresarial alcanzado el puesto 158 en el índice 2022. Además de ocupar el puesto 35 entre 39 países de la región de Asia y el Pacífico, y su puntaje general está por debajo de los promedios regionales y mundiales (Cerdeira, 2022).

La industria manufacturera está en un resurgimiento en los Estados Unidos. Después de los últimos tres años de caída de la producción y un porcentaje decreciente de la fuerza laboral (Cerdeira, 2022). Los catalizadores de esta reactivación incluyen factores como el fortalecimiento de la economía, la calidad de la fuerza laboral, las políticas fiscales, el entorno regulatorio, diagnóstico de la productividad, el costo del transporte y la energía (Wallace, 2022).

La productividad laboral de EE. UU., cayó un 7.6% en el primer trimestre de 2022, lo que implica el mayor descenso de la producción por hora de la mano de obra desde 1947. Y los costos laborales por unidades de producción incrementaron en un 11.6% y un aumento del 3.2% en la remuneración por hora y el declive del 7.5% en la productividad (Wallace, 2022).

Además, según estudio económico de América Latina y el Caribe la dinámica laboral y la productividad en el año 2020 muestra una caída del 17.7% pasando a ser el nivel más bajo de las últimas tres décadas, además de mostrar la menor proporción con relación al PIB de países en vía de desarrollo del mundo cuando se compara con otras regiones en desarrollo y países desarrollados (Bárcena, y otros, 2021).

En el segundo trimestre de 2020, se registra una caída anual del 23.5%. El aumento y la variación positiva en el primer trimestre de año 2021, menciona incentivar al empleo, a la sostenibilidad ambiental y aumento de productividad de las empresas industriales (Bárcena, y otros, 2021). “La medición de la productividad es bastante directa, cuando es medida como horas de mano de obra” (Naciones Unidas, 2022).

En países de Latinoamérica los costes laborales unitarios en el sector empresarial industrial aumentaron un 2.4 % en el tercer trimestre de 2022, lo que refleja un aumento del 3.2% en la compensación por hora y un aumento del 0.8% en la productividad, haciendo que por unidad los costos laborales aumenten un 5.3% en los últimos cuatro trimestres (Oficina de estadísticas laborales, 2022).

Según Federación Nacional de Cámaras de Industrias del Ecuador en Ecuador hay muchas diferencias en la productividad, existe una necesidad de aplicar estrategias de optimización de recursos, tiempos a través de la correcta clasificación, orden, limpieza, estandarización de procesos y disciplina (Quijia, y otros, 2021).

En la provincia de Pichincha, se identifica una serie de problemas en la industria y en su productividad de mano de obra, existiendo aspectos negativos que limitan el desarrollo de la industria por factores de incremento de precios en las materias

primas, la dificultad en los precios para competir con productos chinos, alta dependencia de las importaciones no existe un posicionamiento en el mercado, bajo manejo de desechos (Quijia, y otros, 2021).

La productividad laboral de Ecuador mejoró un 0.68 % en el primer trimestre de 2021, en comparación con una caída del 4.65 % en el año 2020. Y para diciembre del 2021 alcanzó un promedio de 0.86 % (CEIC Data, 2021). Las empresas pueden ser competitivas a través de considerar la relación física entre la cantidad producida (output) y la cantidad de recursos utilizados en el curso de la producción (input) (Carro, y otros, 2018).

La economía ecuatoriana en el sector empresarial creció en 3.2% en el tercer trimestre de 2022 con relación al mismo período de 2021, lo que refleja una recuperación de las actividades productivas y la productividad del país (Banco Central del Ecuador, 2022).

La presente investigación se realizó en la empresa Ecuatran S.A. ubicada en la ciudad de Ambato-Ecuador en 1979, de la mano de un grupo de empresarios que incursiono en un mercado aun no explotado en el país, durante los años de boom energético y petrolero en el Ecuador, surgió la idea de crear una empresa dedicada a actividades y soluciones eléctricas en el mercado nacional e internacional del país.

Mejorar la calidad de la producción industrial de transformadores de energía eléctrica, con el fin de obtener productos de calidad y evitar los reprocesos. Es importante, clasificar adecuadamente los inventarios. Existe atrasos en la entrega de los productos a los clientes. Se evidencia la necesidad de una mejorar en el área técnica y operativa con el fin de identificar los gastos operativos reales de la empresa y la suma de los ingresos totales.

Otro aspecto para recalcar en la empresa Ecuatran S.A., se para la producción por maquinas dañados, hasta dar el mantenimiento y servicio técnico los empleados paran sus actividades laborales de entre 3 a 2 horas. Al existir estos contratiempos los trabajadores deben recuperar el tiempo perdido. Bajo esa perspectiva, se

evidencia el Tiempo improductivo indeterminado en el proceso de fabricación de transformadores, he ahí la importancia de diagnosticar la productividad, estandarizar los procesos y que exista un mayor control y mantenimiento de la maquinaria.

Antecedentes

En un estudio sobre **“Estimación de parámetros operativos eficientes enfocados a la fabricación de bobinas eléctricas empleando un diseño experimental 2”** publicado por (Ruelas, y otros, 2019). Manifiestan que se mide la eficiencia comparando la productividad alcanzada en un periodo determinado y con una norma establecida por la alta dirección de la empresa, a su vez de un objetivo o estándar deseado. Durante la investigación de los autores antes mencionados, concluyen que la cantidad y calidad de la producción lograda y el nivel de servicio brindado también es necesario comparar con objetivos o estándares para determinar en qué medida pueden haber causado cambios en la eficiencia de la entidad.

“Un estimador intenta aproximar los parámetros desconocidos usando las medidas, la estimación de parámetros es un paso importante hacia una comprensión más profunda del proceso” (Ruelas, y otros, 2019).

En la investigación titulado **“Diagnóstico y propuesta de mejoramiento de los procesos de producción para la microempresa de la industria de productos plásticos”** publicado por el autor (Medina, 2020) mencionan que la productividad laboral o producción por hora, se calcula dividiendo un índice de producción real por un índice de horas trabajadas por todas las personas, incluidos empleados, propietarios y trabajadores familiares no remunerados.

En la misma investigación manifiestan que la productividad es una medida económica de producción por unidad de insumo. La producción hace referencia a la producción total en términos de unidades o en ingresos, mientras que la entrada se refiere a todos los factores de producción utilizados, como capital, mano de obra, equipos, entre otros. La productividad va de la mano con el indicador de la

eficiencia con la que opera y realiza las actividades una entidad. En conclusión, si una empresa tiene una mayor productividad, con una determinada cantidad de insumos, significa que está utilizando los recursos correctamente (Medina, 2020).

Bajo esa perspectiva, la presente investigación busca realizar un estudio técnico del nivel de improductividad en la Empresa Ecuatran S.A., En este caso, mediante la aplicación de la teoría de medición del despilfarro. El estudio sirve de base para que en un futuro se adopten acciones para disminuir los despilfarros en la fabricación y en el diseño del trabajo.

Al ingresar en el estudio de la problemática existente, se comienza de la presentación del árbol de problemas, conforme se muestra en el Gráfico 1:

Árbol del problema

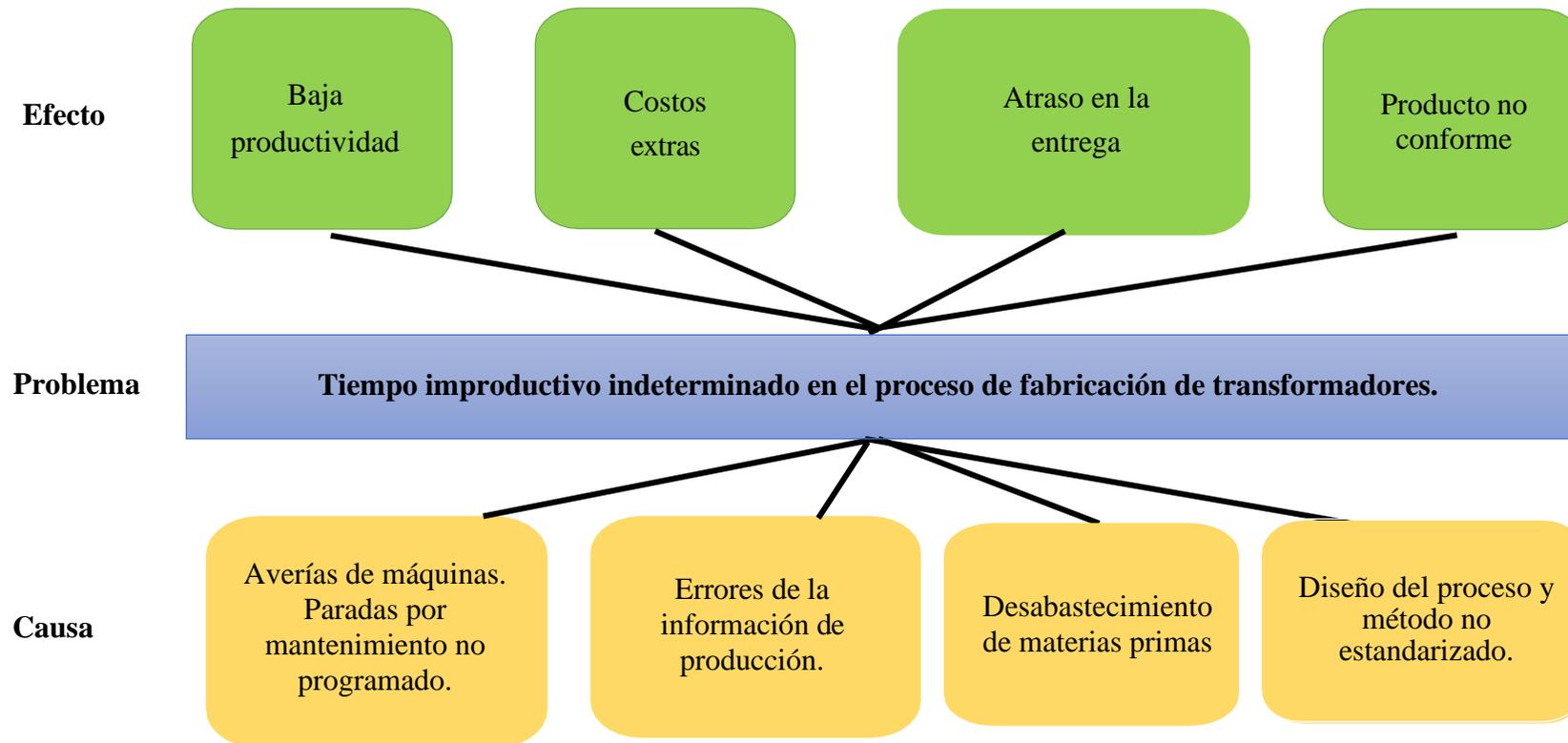


Figura 1. Árbol del problema.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Análisis crítico

En ocasiones se evidencia paradas de máquinas producto del mantenimiento no programado y la deficiencia en la adquisición de materias primas generando tiempo improductivo en el proceso o en la tarea número 3 de la empresa Ecuatran S.A.

En ocasiones se presentan situaciones de falta de materiales en la fabricación en la tarea denominada núcleo dañado, esto se debe por existir una falla en la máquina corte existiendo gastos extras en los procesos de producción. En la entrevista realizada al llevarse a cabo estos escenarios da lugar a un tiempo improductivo entre 3 horas y 15 minutos lo que conlleva a asumir una baja productividad en la entidad (lunes, noviembre, 2022).

Los trabajadores y el jefe inmediato encargados de las tareas de Bobinaje, manifiestan que existe una máquina con el botón eléctrico dañado, por la necesidad de un mantenimiento. Al no estar programados los mantenimientos, el tiempo de atraso varía entre 2 horas y 35 minutos cada 15 segundos (jueves, noviembre, 2022). En la tarea denominada núcleo se ha alcanzado un tiempo de hasta 4 horas, este es el mayor tiempo improductivo registrado. Mientras que en la tarea denominada ensamble, se registran conexiones dañadas, en este proceso se alcanzado hasta un tiempo de 1 horas se atrasó, lo que representa el menor tiempo improductivo por esta misma situación.

Las averías en la producción se dan de acuerdo con la productividad de los trabajadores y la utilización total de las máquinas de un tiempo 7 horas totales, Un aspecto a recalcar que los repuestos para el mantenimiento de las maquinas no se consiguen fácilmente.

En ocasiones existe errores de la información de producción, realizado mal un producto y dando lugar a marcar con tarjeta roja de la empresa Ecuatran S.A., el tiempo improductivo se da por el reproceso de los transformadores trifásico y monofásico menos 30min o 1 hora y registrando como producto no conforme.

Justificación

La presente investigación es importante porque al realizar un diagnóstico de la productividad en el proceso de fabricación de transformadores de la empresa Ecuatran S.A., le ayudará al control de la productividad de la empresa.

La presente investigación es de utilidad para la alta dirección de la empresa Ecuatran S.A., porque un diagnóstico de la productividad ayuda a la organización a tener un acercamiento inmediato de la realidad de un proceso de fabricación o de toda la entidad e identificar los principales desperdicios en la gestión productiva y administrativa.

El estudio es tendrá un impacto positivo porque promoverá la mejora continua para alcanzar niveles más altos de productividad.

Este proyecto es factible porque cuenta con la aprobación de la alta dirección de la empresa Ecuatran S.A., esta investigación proporcionará un documento como una herramienta de productividad.

Los beneficiarios directos del estudio son los directivos, administrativo y todo el personal de la empresa Ecuatran S.A., la investigación permitirá que la alta dirección tome decisiones para la mejora continua. A través del aumento de la productividad se logra mayores ganancias y oportunidades para inversiones. Mientras que, para los trabajadores mayores remuneraciones y mejores condiciones de trabajo.

Para el gobierno, el aumento de la productividad se traduce en mayores ingresos fiscales.

Objetivo general

Diagnosticar la productividad en el proceso de fabricación de transformadores en la empresa Ecuatran S.A. de la ciudad Ambato en el primer trimestre del año 2023 (o puede ser en el cuarto trimestre del 2022).

Objetivos específicos

- Describir el proceso y sus tiempos característicos en la fabricación de transformadores utilizando diagramas con simbología normalizada.
- Recopilar información de tiempos improductivos en la fabricación de transformadores.
- Determinar la productividad en la fabricación de transformadores aplicando la teoría del despilfarro.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

Área de estudio

Dentro del área de estudio del presente proyecto se abordan los siguientes aspectos:

- **Dominio:** Tecnología y sociedad
- **Línea de investigación:** Seguridad, Salud Laboral y Ambiente
- **Campo:** Ingeniería Industrial
- **Área:** Bienestar laboral
- **Aspecto:** Riesgos laborales
- **Objeto de estudio:** Diseño de un manual de SGSST
- **Periodo de análisis:** 2022-2023

Enfoque de la investigación

Desde el punto de vista del enfoque, la investigación es cuantitativa, en función del tipo de datos que se manejan para el procesamiento de la información.

Cuantitativo: Como parte del estudio se obtuvieron y analizaron datos numéricos acerca del tiempo estándar para la ejecución de las tareas, así como de los niveles de eficiencia productiva de cada uno de los recursos de la empresa Ecuatran S. A. Adicionalmente se revisó los registros de los datos de producción para el primer semestre del año 2022, las horas laboradas en el mismo período y se analizó los datos a través de un gráfico de dispersión.

Justificación de la metodología

Se planteó una metodología descriptiva, enfocada en la exposición de la situación actual del proceso de elaboración del transformador monofásico subestación de 25 kVA, a través de la identificación de las tareas y operaciones que conforman el proceso, así como de los tiempos estándar y de despilfarro generados durante un mes de producción. De igual manera se determinó la improductividad como un indicador de la productividad de la empresa en la fabricación de los transformadores. Para el efecto se implementó la teoría de medición del despilfarro (TMD), que es una metodología que permite valorar que tanto una determinada empresa aprovecha sus recursos disponibles para la obtención de los bienes de producción.

Población y muestra

Población

El actual trabajo de investigación se realizó en el ámbito espacial de la empresa Ecuatran S.A. La población del presente estudio estuvo conformada por las personas que ejercen sus funciones laborales en la elaboración de los transformadores. De igual manera, las unidades de producción correspondieron a los transformadores de 25 kVA, habiéndose delimitado a aquella cantidad elaborada durante un mes calendario, comprendido entre los meses de julio y agosto del año 2022. Para efecto del desarrollo de la presente investigación se estudió el caso del modelo de transformador monofásico subestación de 25 kVA, es un modelo con mayor volumen de fabricación y su producción es continua a lo largo del año.

En las tablas 1 y 2 se muestra el número de personas que participaron en el estudio y sus actividades en los distintos procesos que integran las áreas en estudio.

Tabla 1. Personas participantes en el estudio.

Ítem	Población	Cantidad
1	Administración	16
2	Técnicos	8
3	Operarios	94
Total		118

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 2. Número de trabajadores por proceso de fabricación.

Ítem	Proceso	Número de trabajadores
1	Elaboración de las bobinas	30
2	Elaboración del núcleo	10
3	Elaboración del tanque (metalmecánica)	41
4	Ensamblaje de núcleo y bobinas	2
5	Conexión de cambiador y breaker	2
6	Secado de parte activa en el horno	1
7	Ensamblaje de parte activa en el tanque	3
8	Llenado de aceite dieléctrico	2
9	Pruebas físicas y eléctricas	2
10	Colocación de accesorios	1
Total		94

Elaborado por: Marlon Núñez.

Diseño del trabajo

El trabajo de investigación a desarrollar pretende estimar la productividad a través de la metodología del despilfarro. En ese sentido se dispone de una sola variable que es la productividad:

Operacionalización de las variables. Para el caso de estudio, se tiene una única variable que es la productividad que se determinará a través de la metodología del despilfarro. Esta variable tiene como componentes los despilfarros en la fabricación y los despilfarros en el diseño del trabajo.

Tabla 3. Operacionalización de la variable Productividad.

Conceptualización	Categorización	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas e instrumentos
Productividad Mide el grado de utilización efectiva de los elementos de producción	Despilfarro en el diseño del trabajo. Despilfarro en la fabricación	Coficiente de despilfarro en el proceso Coficiente de despilfarro en el Método Coficiente de despilfarro en la fabricación	¿La cuantificación del despilfarro es mayor a 1?	Observación. - Diagramas de flujo de proceso. Observación. - Formatos de registro de información

Elaborado por: Marlon Núñez.

Procedimiento para obtención y análisis de datos

Para el levantamiento de la información acerca del proceso de elaboración del transformador monofásico subestación de 25 kVA, así como de las tareas y operaciones correspondientes se efectuó una visita a la planta de producción, donde se obtuvo datos de los tiempos de desperdicio generados durante la producción. Dicha información se registró en una hoja de cálculo y adicionalmente se recopilaron fotografías acerca del desarrollo de las tareas y operaciones.

Una vez identificadas las tareas y las operaciones, se procedió a elaborar un diagrama de flujo del proceso completo (Tabla 4), complementado con un diagrama de las tareas que conforman el proceso (Figuras 6 y 7) y diagramas de operaciones de cada tarea (Figuras 8 a 17).

Para el cálculo del despilfarro y sus respectivos indicadores se empleó una hoja de cálculo. Los resultados se representaron mediante tablas y gráficos, con la finalidad de facilitar su análisis e interpretación. Para la valoración de la productividad en el proceso de fabricación de transformadores se calculó la improductividad, a través de la teoría de medición del despilfarro (Cruelles, 2012).

Indicadores de rendimiento del proceso

El rendimiento de un proceso es una valoración de los resultados que se obtienen a partir del mismo, para lo cual se compara lo planificado o esperado versus lo real o alcanzado. Existen varios indicadores que permiten conocer el desempeño de los procesos, entre ellos se tienen la productividad, la eficiencia, la eficacia y la efectividad.

Productividad

La productividad es un indicador que mide el grado de utilización efectiva de los elementos de producción, por consiguiente, mide qué tan eficiente es la administración de los recursos. La productividad se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Productos o servicios}}{\text{Recursos utilizados}} \quad (1)$$

En el presente caso, la teoría del despilfarro asume la calificación de la improductividad a la que la empresa está sujeta.

Teoría de medición de despilfarro de tiempo

La teoría de medición del despilfarro (TMD) establece que el tiempo total de ejecución de una tarea equivale a la suma del tiempo estándar de la tarea más el tiempo extra por bajo desempeño y más el tiempo extra por fallos de gestión, conforme se ilustra en la Figura 2.

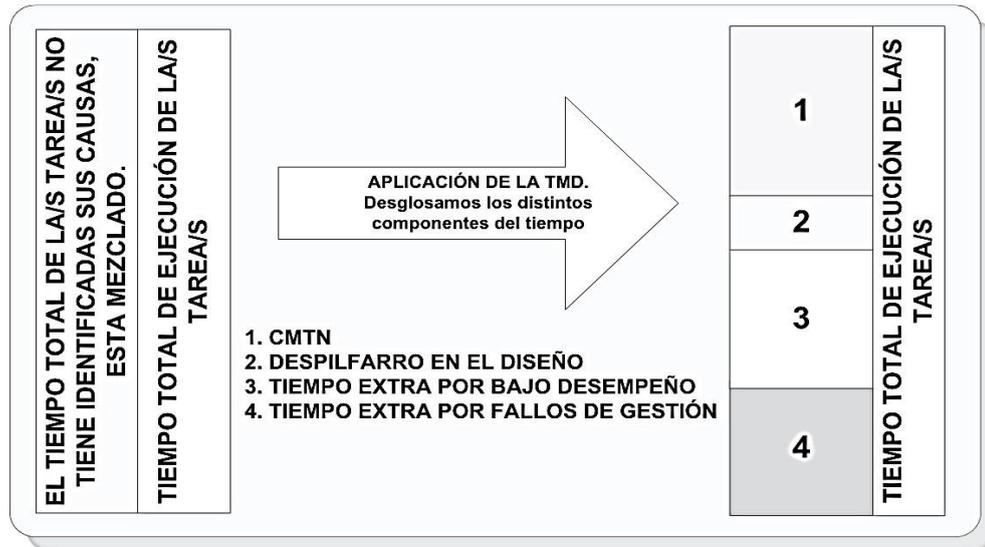


Figura 2. Concepción de la teoría de medición del despilfarro.

Fuente: (Cruelles 2010, p. 7).

La cantidad mínima de tiempo necesario para producir (CMTN) corresponde al mejor tiempo estándar requerido para la elaboración de un transformador, lo cual representa el tiempo no despilfarrado. Por otra parte, el tiempo extra corresponde al tiempo excedente debido al diseño del trabajo (fallos de gestión en el proceso y/o en el método) o a la fabricación (bajo rendimiento de la mano de obra). Para el efecto se calculan los coeficientes de despilfarro de tiempo en el proceso, en el método y en la fabricación.

Despilfarro en la fabricación CdF

El despilfarro en la fabricación se mide a través del coeficiente CdF, que representa la proporción de tiempo excedente originada por bajo desempeño de los operarios, desabastecimiento de materia prima, averías de máquinas o cualquier situación no prevista que ralentiza el normal desarrollo de las tareas y operaciones. Las fórmulas para emplear son las siguientes:

$$\sum T_E = T_E \cdot \text{Volumen de producción} = CdD \cdot \text{CMTN} \quad (2)$$

$$\text{CMTN} = \sum \text{Mejor } T_{Ei} \quad (3)$$

Mejor tiempo estándar. Se deduce de restar al tiempo estándar la suma de tiempos de todas las operaciones de no valor añadido del método medido. Es decir, es la suma de los tiempos de las *OVA* (operaciones de valor añadido) y puede estar referido a una tarea o a todo un proceso.

$$T_{\text{REAL}} = \text{CdF} \cdot \sum T_E = \# \text{operarios} \cdot \text{tiempo del turno} \cdot \# \text{turnos} \quad (4)$$

$$\text{CdF} = \frac{T_{\text{REAL}}}{\sum T_E} \quad (5)$$

Despilfarro en el diseño del trabajo CdD

El despilfarro en el diseño del trabajo se mide a través del coeficiente CdD, que representa la proporción de tiempo excedente derivada del diseño del proceso y del método, es decir obedece a la forma en que están distribuidas las tareas y sus operaciones. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$\text{CdD} = \text{CdP} \cdot \text{CdM} \quad (6)$$

Despilfarro en el diseño del proceso CdP

El despilfarro en el diseño del proceso se mide a través del coeficiente CdP, que representa la proporción de tiempo excedente debido a la distribución de las tareas, su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\text{CdP} = 1 + \frac{\sum \text{TNVA}_T}{\sum \text{TVA}_T} \quad (7)$$

Σ TIEMPO TAREAS VALOR AÑADIDO	Σ TIEMPO ESTÁNDAR DE LAS TAREAS DEL PROCESO
Σ TIEMPO TAREAS NO VALOR AÑADIDO	

Figura 3. Tiempo estándar resultante de las tareas del proceso.

Fuente: (Cruelles, 2012, p. 47).

Despilfarro en el diseño del método CdM

El despilfarro en el diseño del método se mide a través del coeficiente CdM, que representa la proporción de tiempo excedente debido a la distribución de las operaciones, su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$CdM = 1 + \frac{\sum TNVA_0}{\sum TVA_0} \quad (8)$$

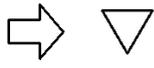
MEJOR TIEMPO ESTÁNDAR Σ TIEMPO OPERACIONES VALOR AÑADIDO AÑADIDO (VA)	TIEMPO ESTÁNDAR DE LA TAREA
DESPILFARRO EN EL MÉTODO Σ TIEMPO OPERACIONES NO VALOR AÑADIDO (NVA)	
	

Figura 4. Tiempo estándar de la tarea.

Fuente: (Cruelles, 2012, p. 42).

Donde:

T_{REAL} : Tiempo real [minutos]

T_E : Tiempo estándar [minutos]

T_{BD} : Tiempo extra de bajo desempeño [minutos]

T_{FG} : Tiempo extra por fallos de gestión [minutos]

C_d : Coeficiente del despilfarro

C_{dD} : Coeficiente de despilfarro por diseño en el trabajo que es mayor que 1.

C_{dF} : Coeficiente de despilfarro de fabricación.

C_{dP} : Coeficiente de despilfarro en el proceso.

C_{dM} : Coeficiente de despilfarro en el método.

C_{dT} : Coeficiente de despilfarro total.

$\sum TVA_0$: Sumatoria de tiempos de tarea de valor añadido de las operaciones.

$\sum TNVA_0$: Sumatoria de tiempos de tarea de no valor añadido de las operaciones.

$\Sigma TVAT$: Sumatoria de tiempos de tarea de valor añadido de la tarea.

$\Sigma TNVAT$: Sumatoria de tiempos de tarea de no valor añadido de la tarea.

CMTN: Cantidad mínima de tiempo necesario para producir [minutos].

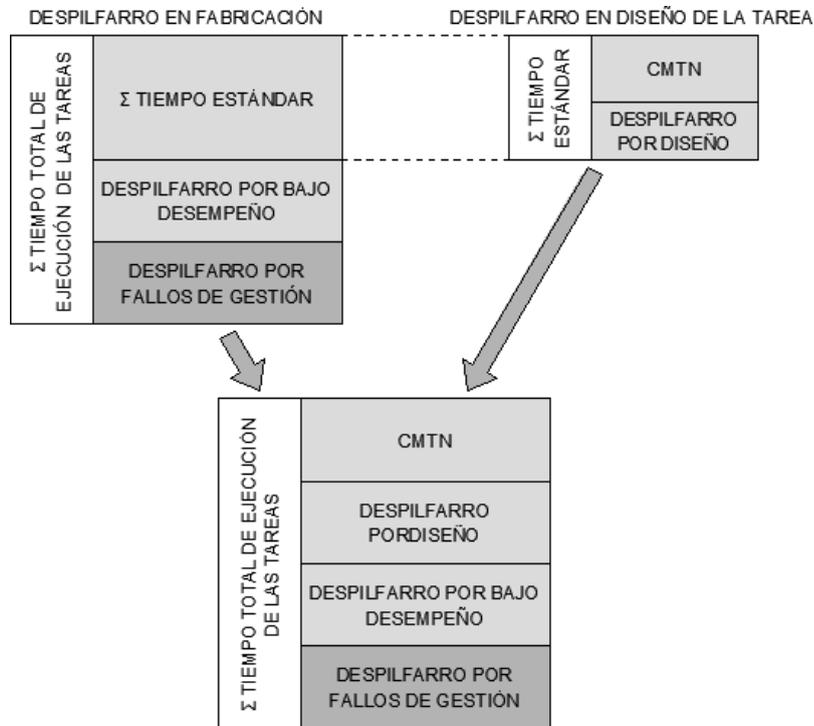


Figura 5. Tiempo total de ejecución de las tareas.

Fuente: (Cruelles, 2012, p. 42).

Combinación de los coeficientes de despilfarro

A partir de los coeficientes de fabricación y de diseño del trabajo se determina el coeficiente de despilfarro total, mediante la siguiente fórmula:

$$CdT = CdF \cdot CdD \quad (9)$$

Improductividad total

Con la finalidad de determinar la productividad de fabricación de los transformadores, el autor de la TMD sugiere calcular la improductividad, utilizando la siguiente fórmula:

$$Improductividad\ total\ (\%) = [(CdF \times CdD) - 1] \cdot 100\% \quad (10)$$

$$\text{Tiempo de Improductividad} = [(CdF \cdot CdD) - 1] \cdot CMTN \quad (11)$$

Hipótesis

A partir de las expectativas de la empresa, se establece como límite máximo admisible una improductividad de 45% para la producción de transformadores monofásicos subestación de 25 kVA. Tomando en cuenta dicho criterio, se establece la siguiente hipótesis de investigación:

Hipótesis alternativa H_1 :

La improductividad total promedio de la empresa Ecuatran S.A. es mayor al 45% (0.45).

Hipótesis nula H_0 :

La improductividad total promedio de la empresa Ecuatran S.A. es menor o igual al 45% (0.45).

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Resultados de la investigación

Diagrama de flujo del proceso

Tabla 4. Diagrama de flujo del proceso para la elaboración del transformador monofásico subestación de 25 kVA.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO										
MÉTODO ACTUAL <u>X</u> MÉTODO PROPUESTO <u>_</u>				No. Hojas: 2						
PROCESO: Elaboración del transformador monofásico subestación de 25 kVA				RESUMEN						
				ACTIVIDAD					ACTUAL	
PRINCIPIO: Elaboración de las bobinas				Operación	○					10
FINAL: Colocación de accesorios				Transporte	⇨					0
FECHA: lunes 17 de enero de 2023				Inspección	□					1
LUGAR: Planta de producción				Demora	D					1
Almacenamiento				▽					1	
REALIZADO POR: Marlon Núñez	EQUIPO MEDICIÓN: Cronómetro con vuelta a cero			SÍMBOLO DE DIAGRAMA						
Tarea	Actividad No.	Distan. (m)	Tiempo estándar (min)	○	⇨	□	D	▽	Observaciones	
Pedido de materiales	1	-	25.0	○	⇨	□	D	▽	En la bodega	
Elaboración de las bobinas	2	-	80.0	○	⇨	□	D	▽	En el área de bobinado	
Elaboración del núcleo	3	-	35.0	○	⇨	□	D	▽	En el área de núcleos	
Ensamblaje de núcleo y bobinas	4	-	40.0	○	⇨	□	D	▽	En el área de ensamblaje y conexiones	
Conexión de cambiador y breaker	5	-	40.0	○	⇨	□	D	▽	En el área de ensamblaje y conexiones	

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO										
MÉTODO ACTUAL <u>X</u> MÉTODO PROPUESTO <u>_</u>				No. Hojas: 2						
PROCESO: Elaboración del transformador monofásico subestación de 25 kVA				RESUMEN						
				ACTIVIDAD					ACTUAL	
PRINCIPIO: Elaboración de las bobinas FINAL: Colocación de accesorios				Operación	○					10
FECHA: lunes 17 de enero de 2023				Transporte	⇒					0
				Inspección	□					1
LUGAR: Planta de producción				Demora	D					1
				Almacenamiento	▽					1
REALIZADO POR: Marlon Núñez	EQUIPO MEDICIÓN: Cronómetro con vuelta a cero			SÍMBOLO DE DIAGRAMA						
Tarea	Actividad No.	Distan. (m)	Tiempo estándar (min)	○	⇒	□	D	▽	Observaciones	
Secado de parte activa	6	-	490	○	⇒	□	D	▽	En el horno de secado	
Elaboración del tanque	7	-	200	○	⇒	□	D	▽	En el taller de metalmecánica	
Ensamblaje de parte activa en el tanque	8	-	50.0	○	⇒	□	D	▽	En el área de estanque y llenado	
Llenado de aceite dieléctrico	9	-	35.0	○	⇒	□	D	▽	En el área de estanque y llenado	
Pruebas físicas y eléctricas	10	-	25.0	○	⇒	□	D	▽	En el área de laboratorio	
Control de calidad	11	-	10.0	○	⇒	□	D	▽	Inspección visual	
Colocación de accesorios	12	-	25.0	○	⇒	□	D	▽	En el área de terminados	
Almacenamiento del transformador	13	-	10.0	○	⇒	□	D	▽	En la bodega	
TOTAL	13	0 m	830 min 13h 50min	10	0	1	1	1	-	

Elaborado por: Marlon Núñez.

Diagrama de tareas del proceso

A continuación, se muestra los diagramas de proceso para cada una de las tareas que son necesarias para la fabricación de los transformadores de estudio.

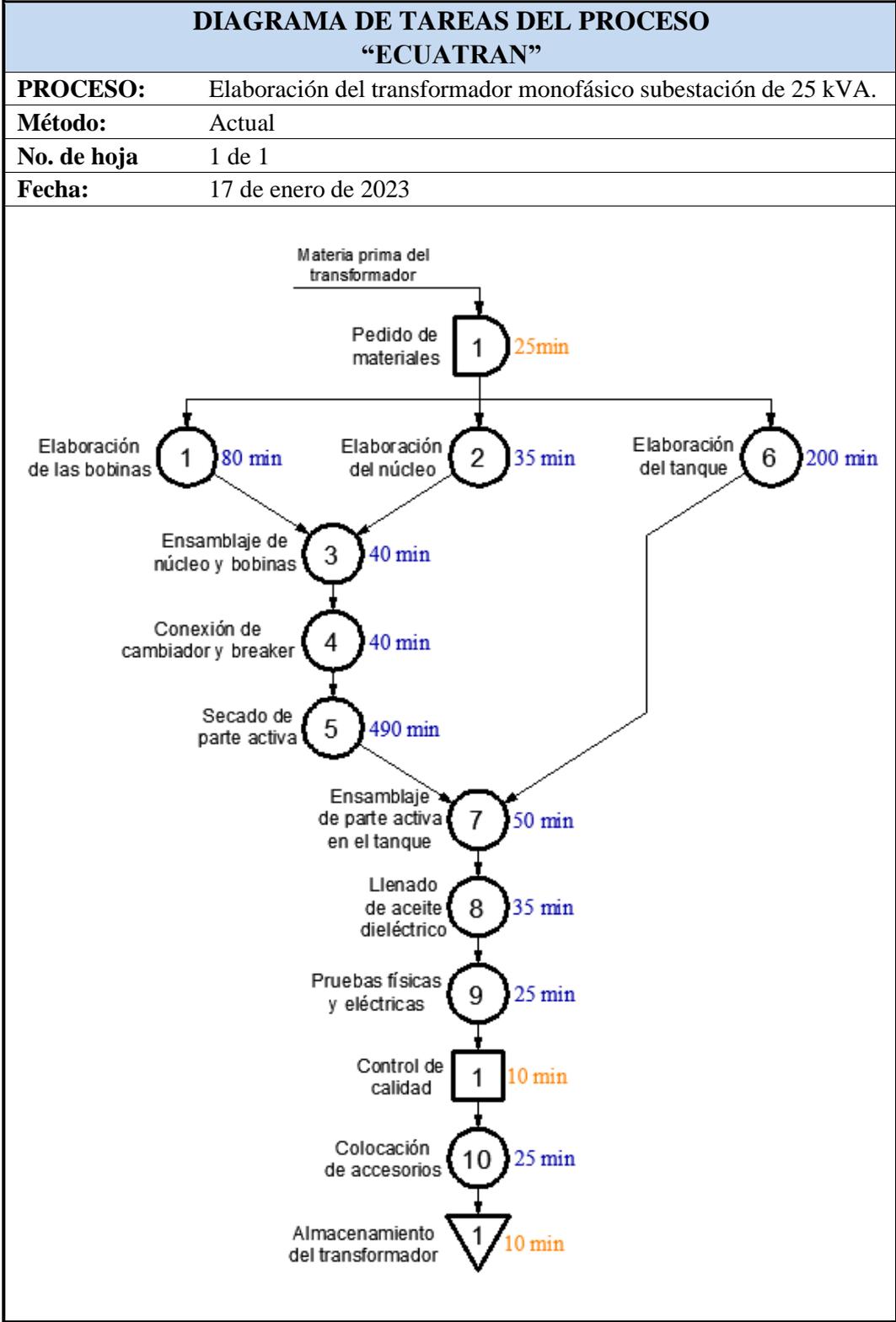


Figura 6: Diagrama de tareas del proceso de elaboración del transformador monofásico subestación de 25 kVA.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Pedido de materiales

El orden de pedido de materiales lo realiza el jefe de planta con la asistencia de los supervisores de cada área y lo pasa a bodega para su adquisición. Previo a la orden de pedido de materiales, se realiza la orden de trabajo y la planificación de la producción.

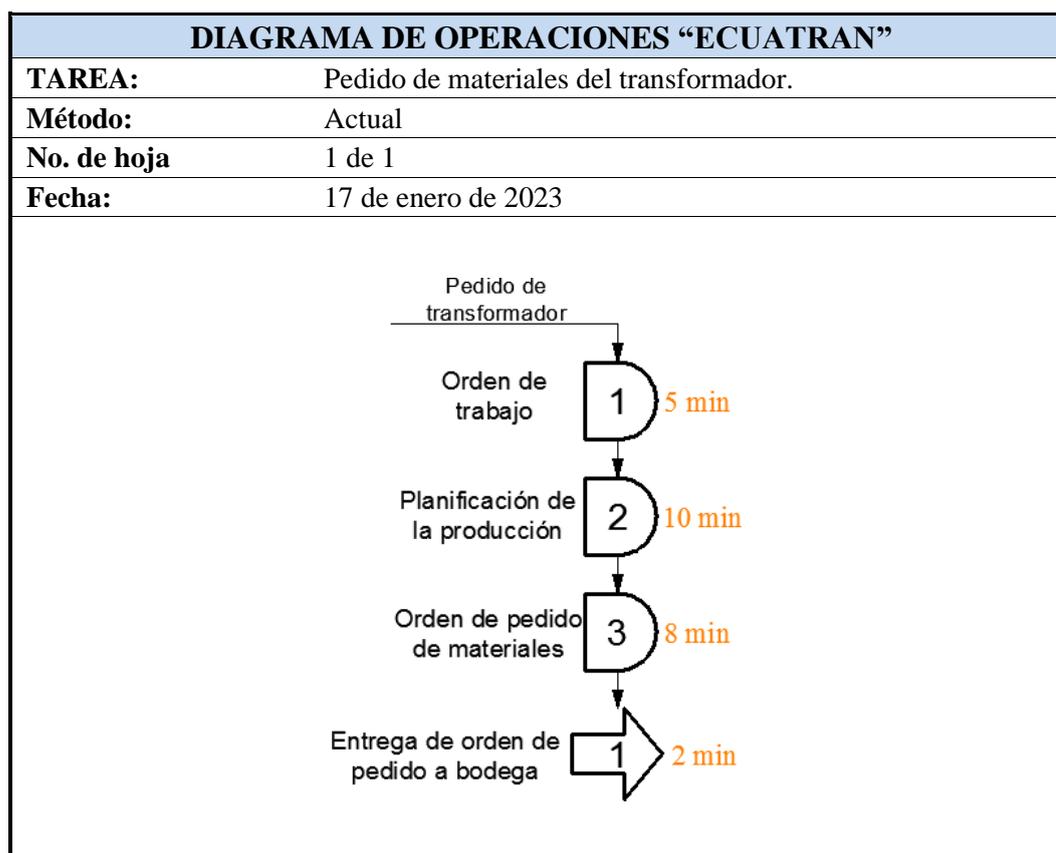


Figura 7: Diagrama de operaciones del pedido de materiales del transformador.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Elaboración de las bobinas

En este proceso lo que se forma es la o las bobinas a emplearse en el transformador de distribución eléctrica la misma está formada en el casco de los monofásicos por un secundario interior, un primario y un secundario exterior, diferenciándose de los trifásicos en la exclusión del bobinado secundario exterior.

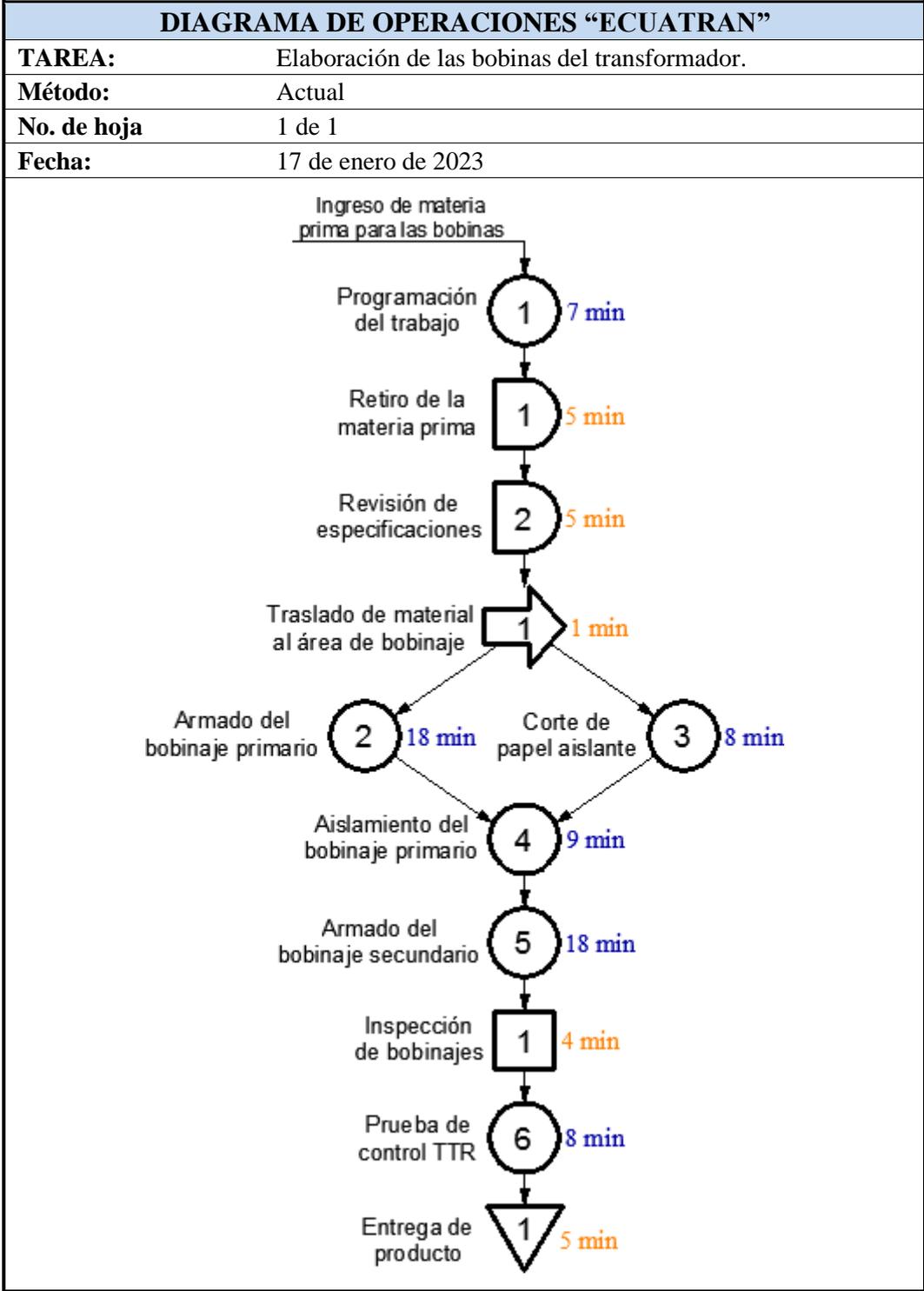


Figura 8: Diagrama de operaciones de la elaboración de las bobinas del transformador.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En la imagen 1, 2 y 3 se muestra las bobinas, los papeles aislantes utilizados para los bobinajes y las áreas de descarga de aluminio y cobre, respectivamente.



Imagen 1: Las bobinas.

Elaborado por: Marlon Núñez.



Imagen 2: Los papeles aislantes.

Elaborado por: Marlon Núñez.



Imagen 3: Las áreas láminas cobre, aluminio y los alambre, cables de cobre y aluminio.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Este proceso se realiza en el área de bobinado y núcleos en su mayoría y de acuerdo con las especificaciones emitidas por el departamento de diseño con alambre de cobre, lámina de cobre, papel Kraft y base de cartón. Las bobinas realizan bobinado primario lámina de cobre y bobinado secundario alambres de cobre. En la imagen 4 se observa la máquina torno utilizada para el armado de los bobinajes, mientras que en la imagen 5 se observan los papeles aislantes colocados en los tornos.



Imagen 4: Máquina torno para realizar las bobinas espirales.

Elaborado por: Marlon Núñez.



Imagen 5: Máquinas para preparar bobinas primario y secundario.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Elaboración de núcleo

El corte núcleo láminas de acero silicio todos los puestos de trabajos los tamaños armados núcleos todos diferentes transformadores conjunto tres bobinas de trifásico, una sola bobina transformador de monofásico.



Figura 9: Diagrama de operaciones de la elaboración del núcleo del transformador.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En la imagen 6 se muestran las computadoras donde se programa el trabajo y al pie los núcleos una vez que éstos han sido elaborados. En la imagen 7 se muestran los armazones de los núcleos.



Imagen 6: Elaboración de núcleo.

Elaborado por: Marlon Núñez.



Imagen 7: Armazón de núcleos.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Elaboración del tanque

Realizar el proceso los tanque para trifásicos y monofásicos las planchas de hierro para realizar los tanques, por último, los tanques entran para pintado y secado los tanques secos preparados con los accesorios, luego armado se conecta el transformador bobinas.

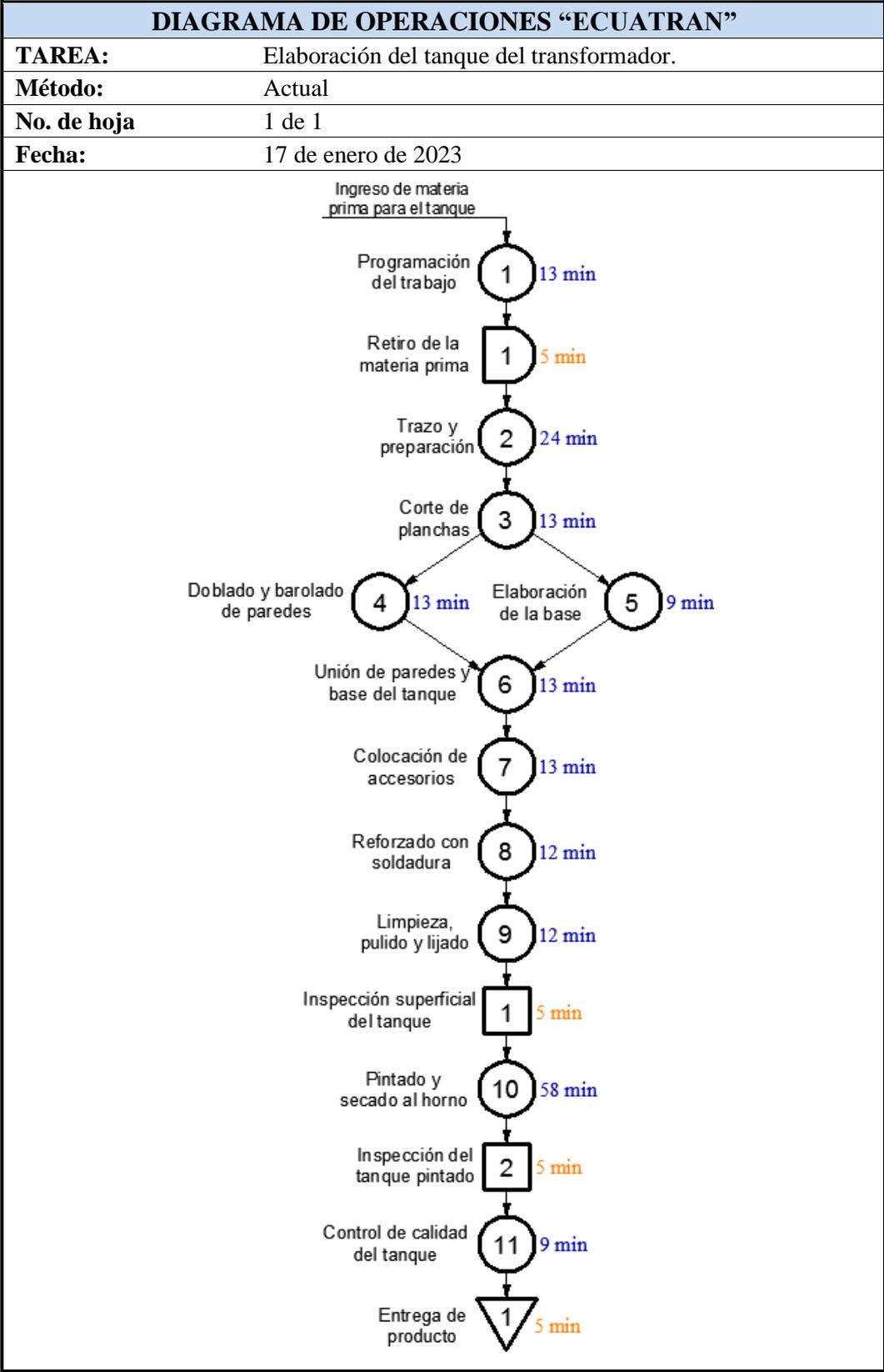


Figura 10: Diagrama de operaciones de la elaboración del tanque del transformador.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En la imagen 8 se muestra el puesto de trabajo del corte de las planchas de hierro, previo a las operaciones de doblado, barolado y elaboración de la base; en la imagen 9 se muestra una de las máquinas dobladoras disponibles; y en la imagen 10 se presentan los tanques monofásicos previo a la operación de refuerzo con soldadura, limpieza, pulido y lijado de las superficies de los tanques.



Imagen 8: Máquina para el cortado de la plancha de hierro.

Elaborado por: Marlon Núñez.



Imagen 9: Máquina dobladora.

Elaborado por: Marlon Núñez.



Imagen 10: Preparación de los tanques monofásicos para soldar y pulir.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En la imagen 11 se observa un tanque luego de haber sido ejecutado el refuerzo mediante la operación de soldadura.



Imagen 11: Sacado de los puntos soldados y limpieza previo al pintando.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En la imagen 12 se muestran los tanques previo y posterior a la operación de pintado y secado al horno.



Imagen 12: Preparación, soldado, pulido y pintado del tanque.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Ensamblaje del núcleo y bobinas

Ensamble sobre la mesa de trabajo. las bobinas de armado núcleos tipos los tamaños de los transformadores trifásico y monofásico.

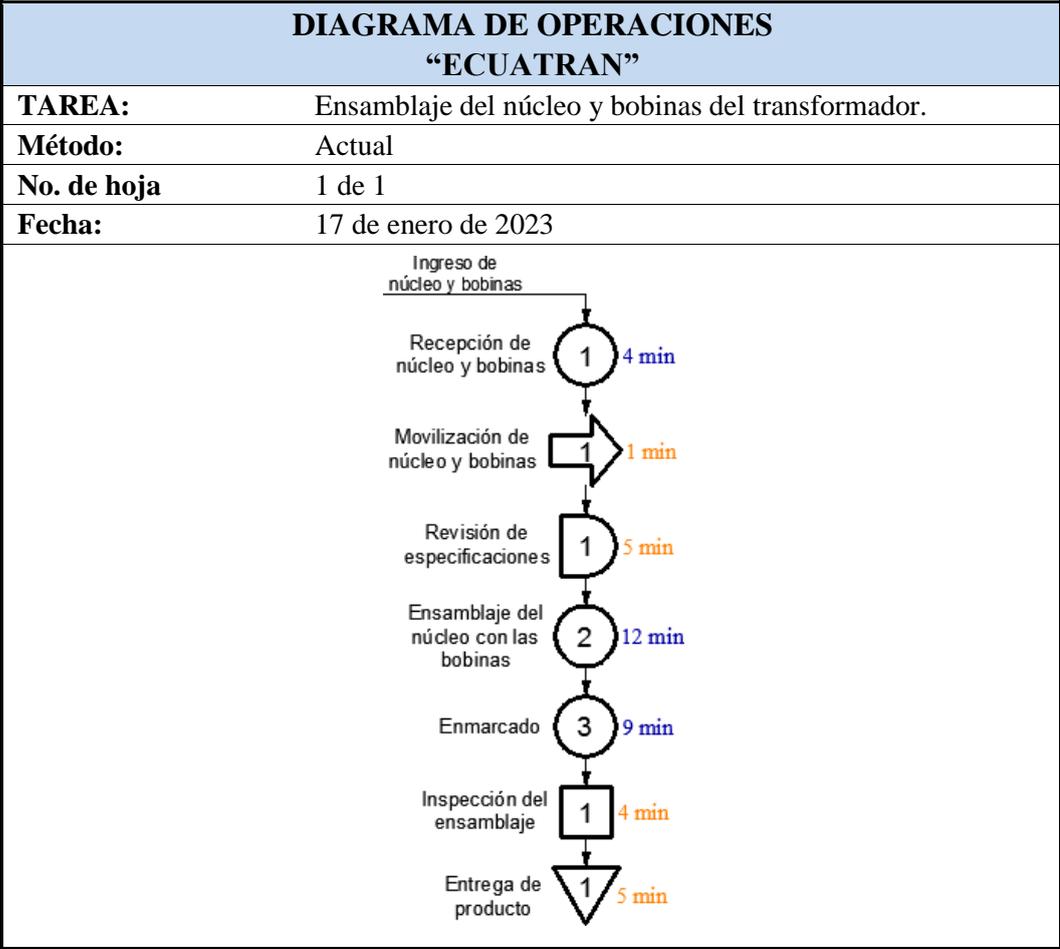


Figura 11: Diagrama de operaciones del ensamblaje del núcleo y bobinas del transformador.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En la imagen 13 se aprecia el área de ensamble de las bobinas y núcleos, así como la mesa de trabajo.



Imagen 13: Área ensamble la bobina y núcleos.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Conexión del cambiador y breaker

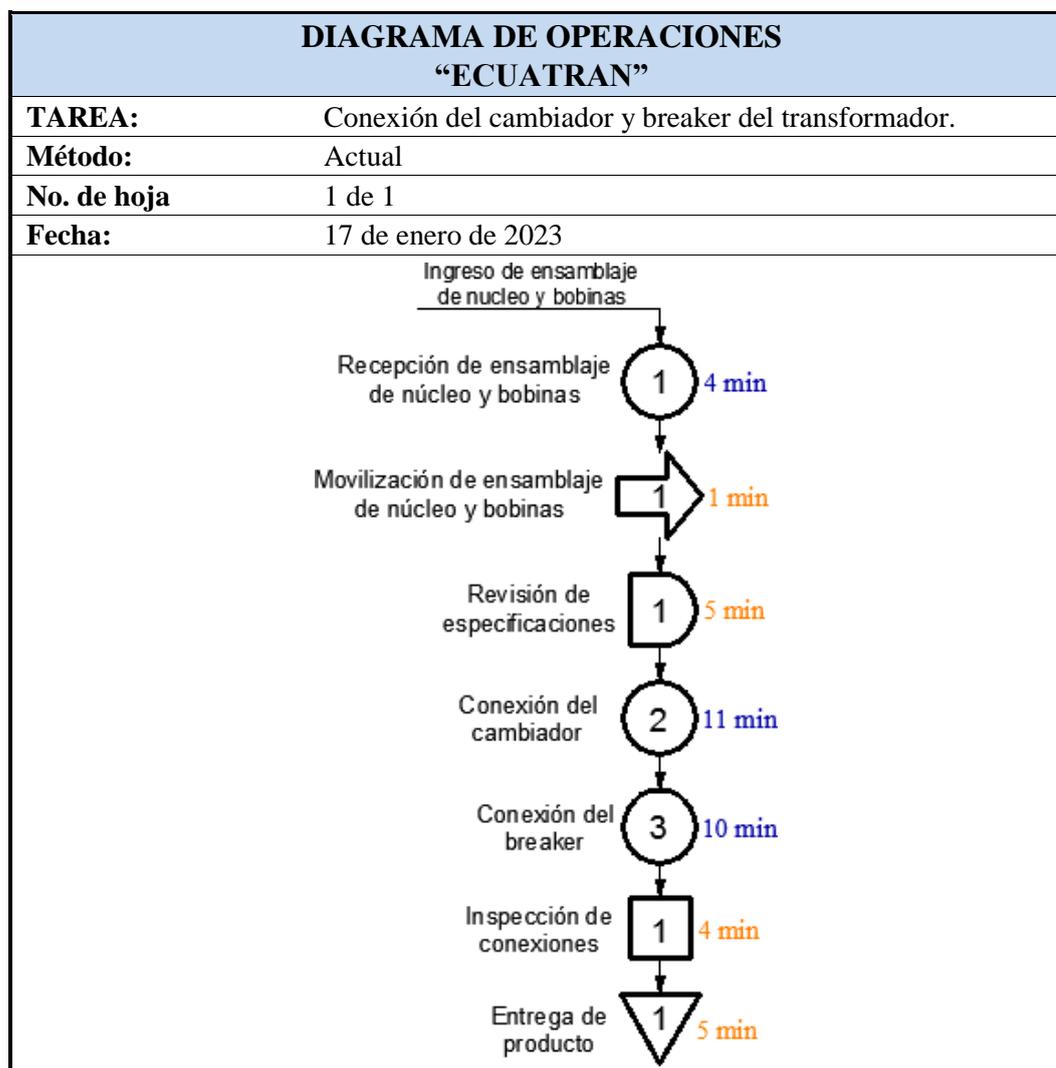


Figura 12: Diagrama de operaciones de la conexión del cambiador y breaker del transformador.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En los transformadores monofásicos lo que se procede a realizar es el ensamble de la parte activa que consiste en la unión de bobinas y un par de núcleos junto con la colocación de un marco proporcionado por metalmecánica, posterior a ellos se realiza la colocación del cambiador de derivaciones y la realización de prueba de TTR a cada una de las unidades. En la imagen 14 se presenta el área de conexión del cambiador y breaker del transformador.



Imagen 14: Área de ensamble de conexiones del cambiador y breaker del transformador.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Secado de parte activa en el horno

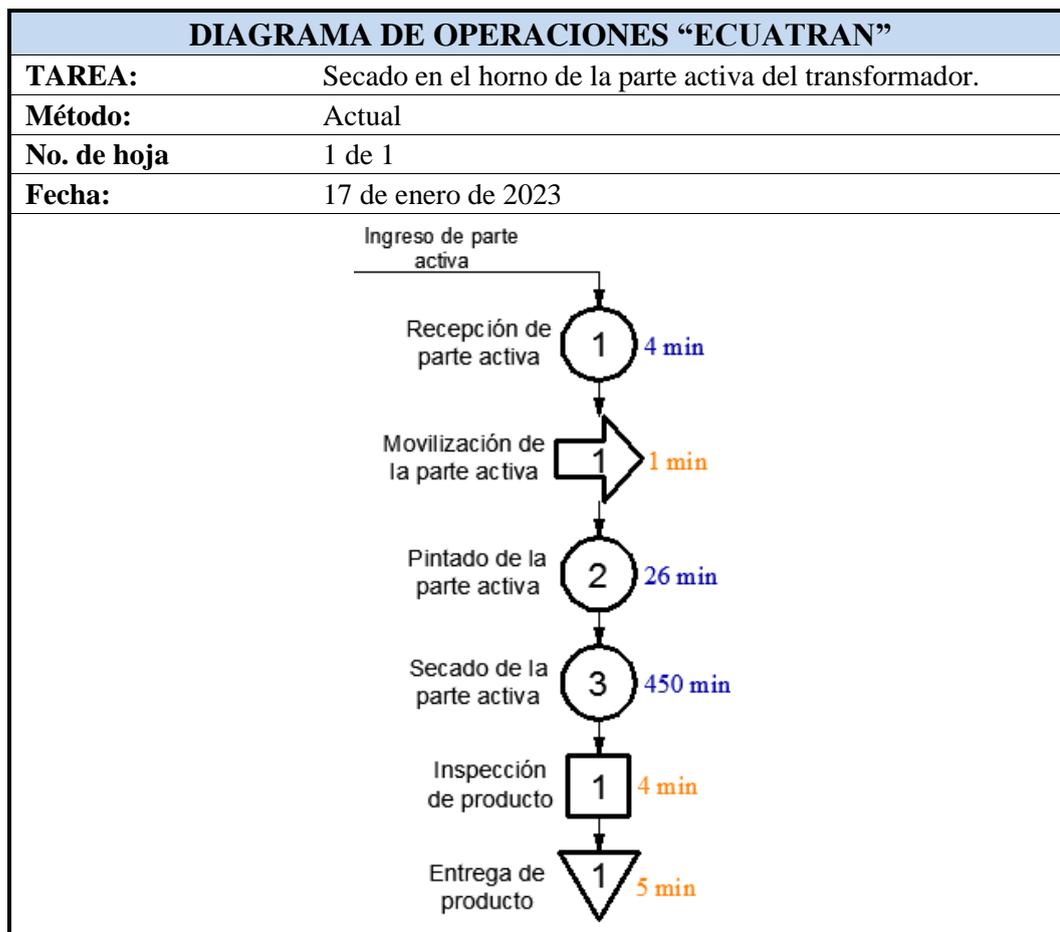


Figura 13: Diagrama de operaciones del secado en el horno de la parte activa del transformador.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Para el secado en el horno de la parte activa del transformador se preparan los accesorios conectados los transformadores trifásicos y monofásicos, se realiza la programación, se busca la tarjeta con el número de especificación de los materiales, una vez preparados los accesorios se ajustan las rodela planas, presión inoxidable y tuerca bronce silicón 3/8”.

Ensamblaje de parte activa en el tanque

Se realiza la inserción de la parte activa al tanque, en esta área se realizan conexiones de accesorios internos del transformador y también la colocación de accesorios externos.

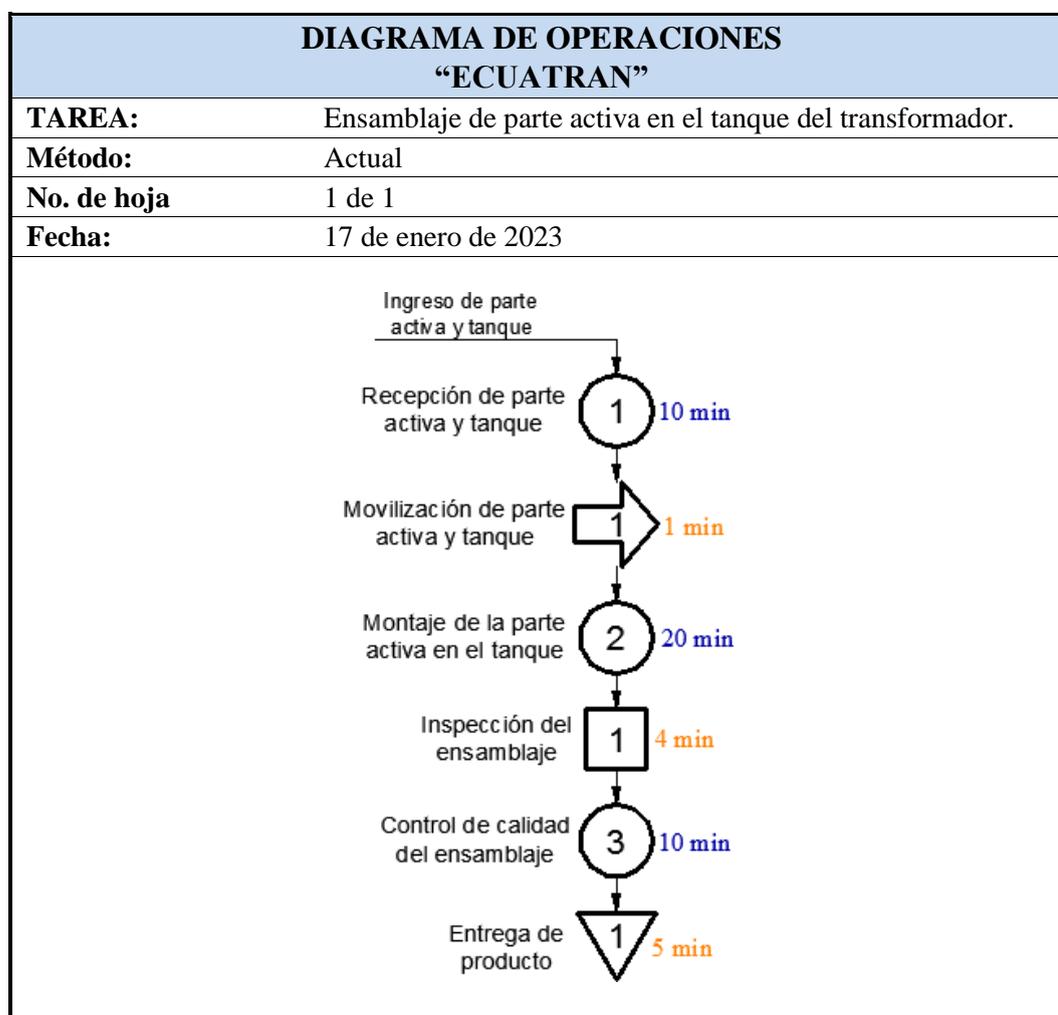


Figura 14: Diagrama de operaciones del Ensamblaje de la parte activa en el tanque del transformador.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En la imagen 15 se aprecia el área de encube de la parte activa del transformador trifásico.



Imagen 15: Área de encube de parte activa del transformador trifásico.

Elaborado por: Marlon Núñez.

La imagen 16 muestra la mesa de preparación de los accesorios del tanque trifásico.



Imagen 16: Preparación de los accesorios del tanque trifásico.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En la imagen 17 se muestra un transformador trifásico posterior al ensamblaje de la parte activa en el tanque, posterior al control de calidad.



Imagen 17: Transformador trifásico posterior al ensamblaje de la parte activa en el tanque.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Llenado de aceite dieléctrico

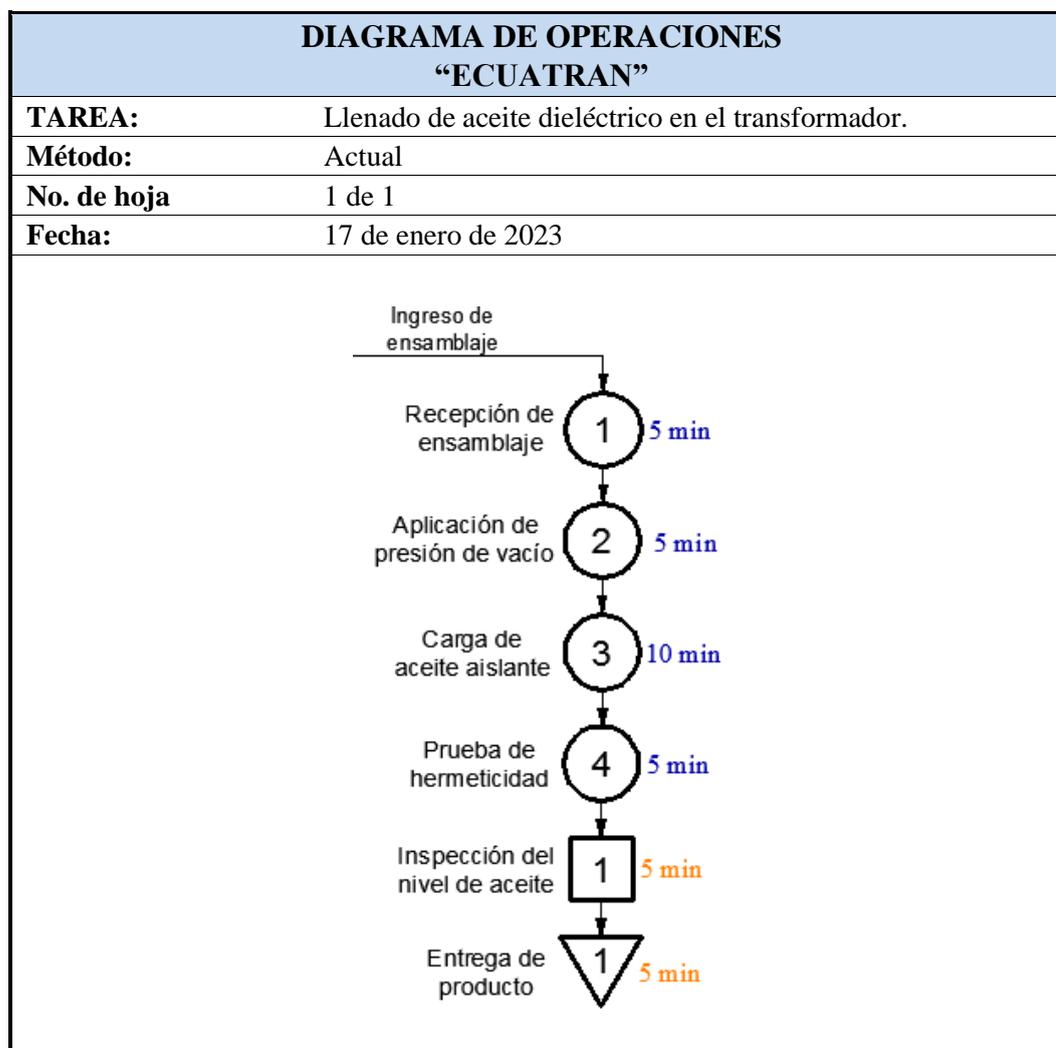


Figura 15: Diagrama de operaciones del Llenado de aceite dieléctrico en el transformador.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Vacío. - Posterior al Entancado se somete al tanque sellado a una presión de vacío permitiendo de esta manera evitar pérdidas de potencia por la conductividad de presencia de humedad.

Llenado. - Aun con la presencia de presión de vacío se inserta aceite vegetal libre de PCBs, se utiliza aceite dieléctrico que sirve como aislante y un medio de enfriamiento para el transformador.

Pruebas físicas y eléctricas

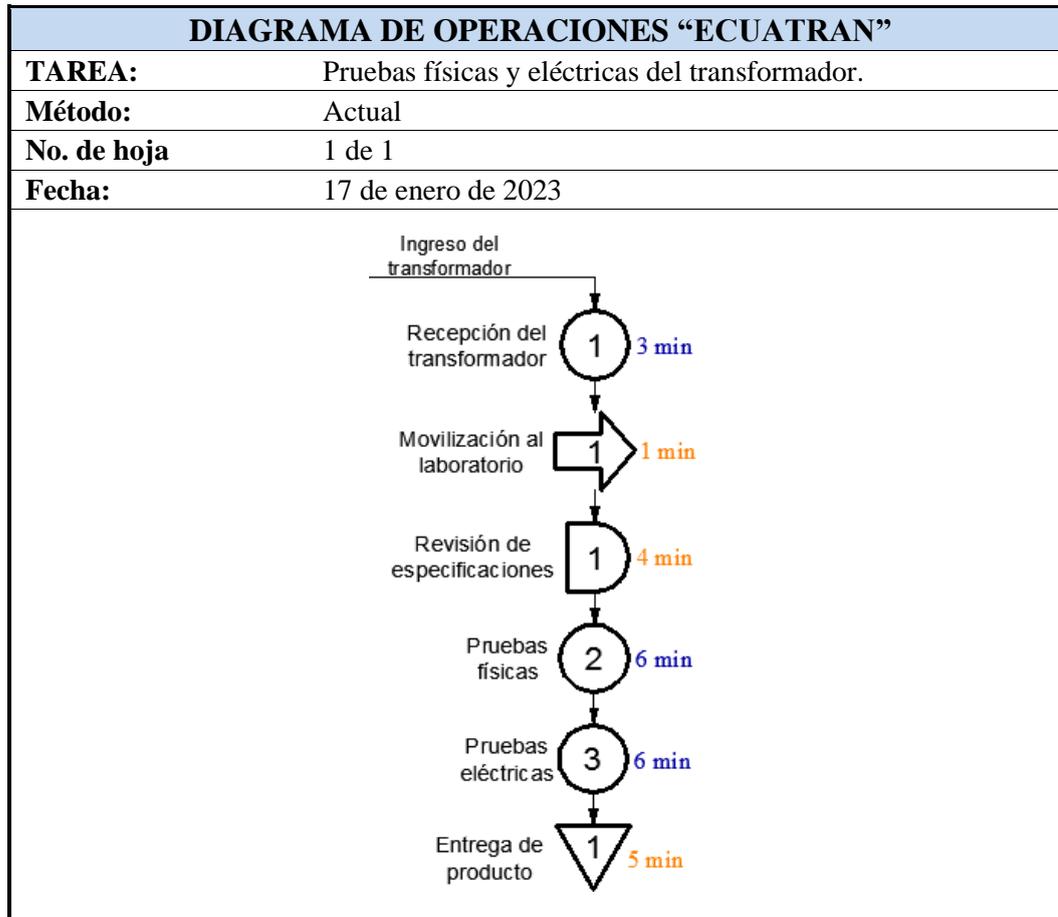


Figura 16: Diagrama de operaciones de las Pruebas físicas y eléctricas del transformador.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En la imagen 18 se presenta una panorámica del área de laboratorio y pruebas físicas y eléctricas del transformador, previo a la entrega al área de terminados.



Imagen 18: Área de laboratorios y pruebas.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Esas pruebas son las realizadas en los laboratorios, entre las cuales se pueden destacar las de corto circuito, pérdidas de vacío, pérdidas de cobre y de rigidez eléctrica, tanto para transformadores trifásicos como monofásicos, sean de la empresa o reparaciones.

Control de calidad

El control de calidad lo realiza un inspector de control de calidad, donde realiza una revisión general del transformador y anota cualquier anomalía encontrada en el registro de control de calidad.

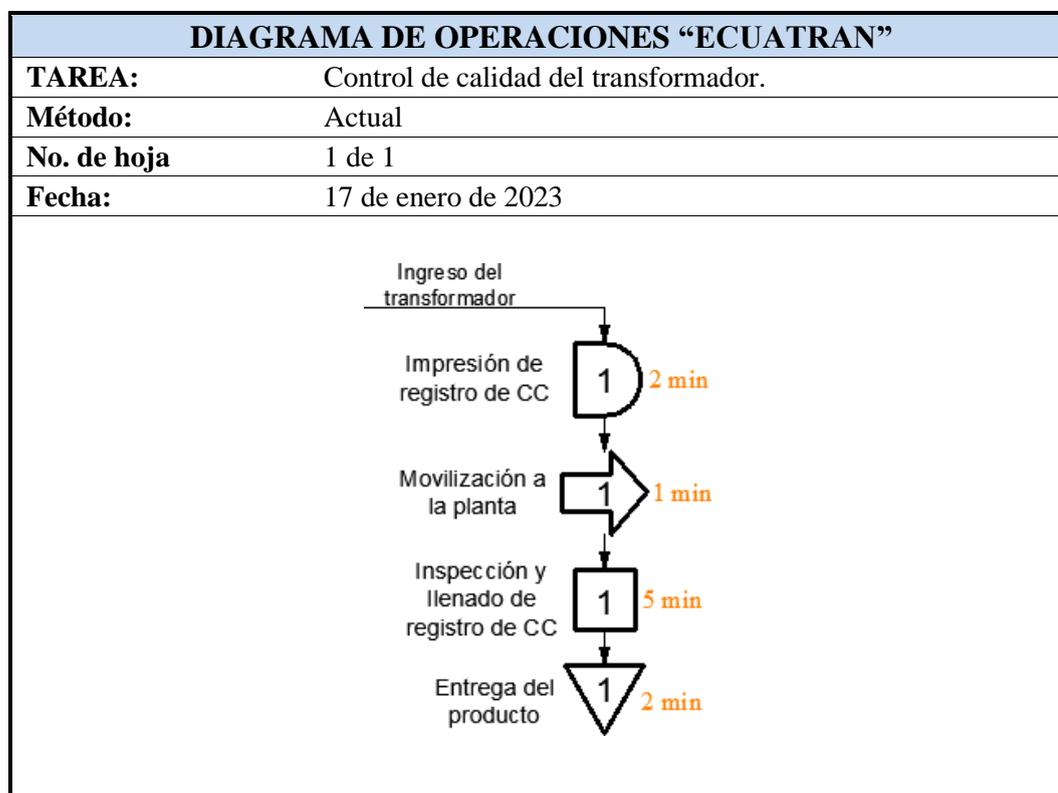


Figura 17: Diagrama de operaciones del control de calidad del transformador.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Colocación de accesorios

En el área de terminados se colocan los strikes distintivos para cada uno de los transformadores tanto trifásicos como monofásicos, con lo cual se identifica la potencia, la empresa fabricante, números requeridos por los clientes.

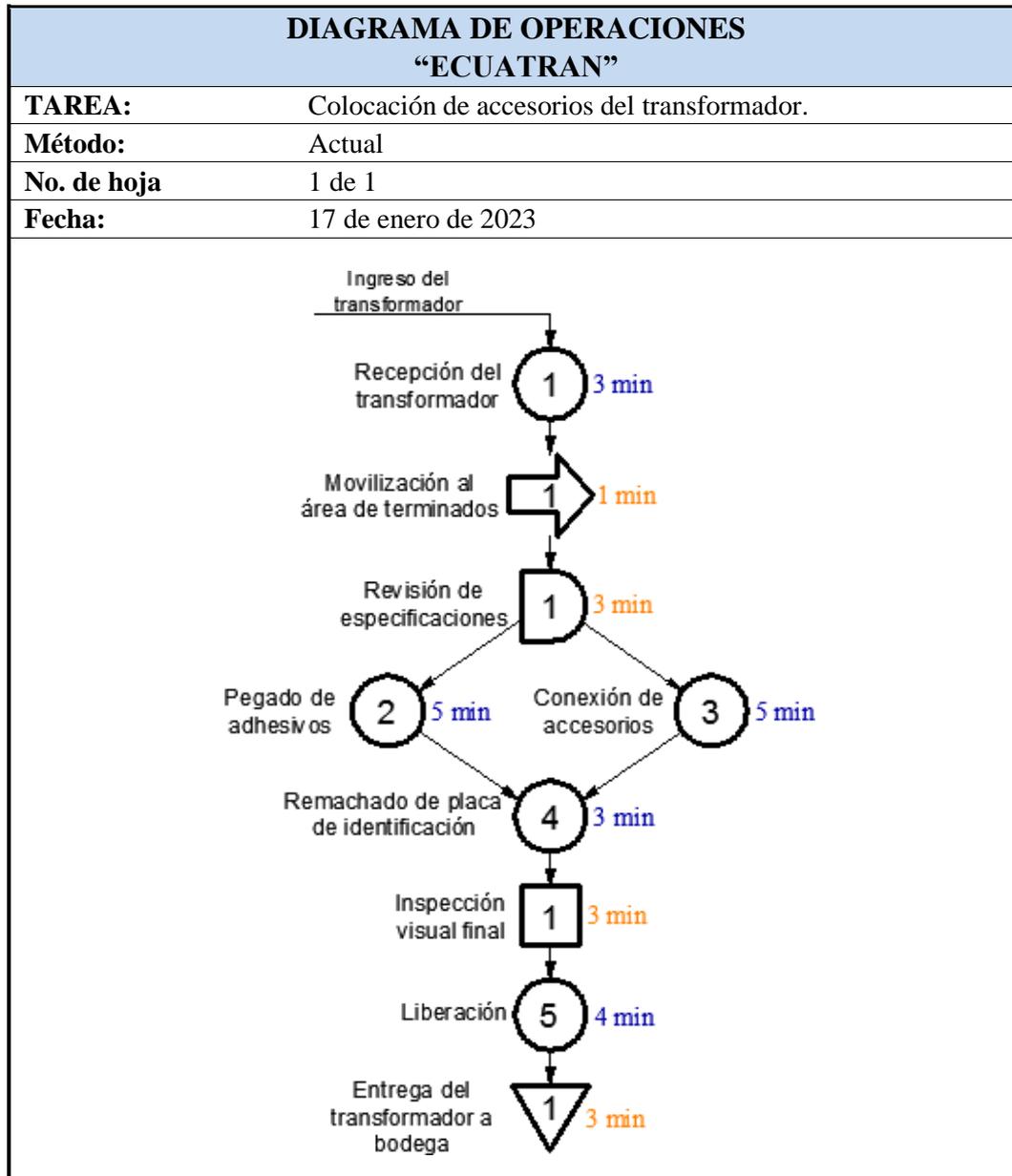


Figura 18: Diagrama de operaciones de la Colocación de accesorios del transformador.

Elabora do por: Marlon Núñez.

Luego de realizadas las pruebas en laboratorio se transporta el transformador al área de terminados, se corrigen fallas de pintura, se colocan adhesivos de identificación y logos correspondientes, se ubica el transformador en el pallet se realiza una revisión final de calidad y se libera el producto final. En la imagen 19 se muestra el área de trabajo en la que se preparan los adhesivos informativos de los transformadores, se realiza el pintado y acabados.



Imagen 19: Preparación de los adhesivos, pintando y acabados.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Almacenamiento del transformador

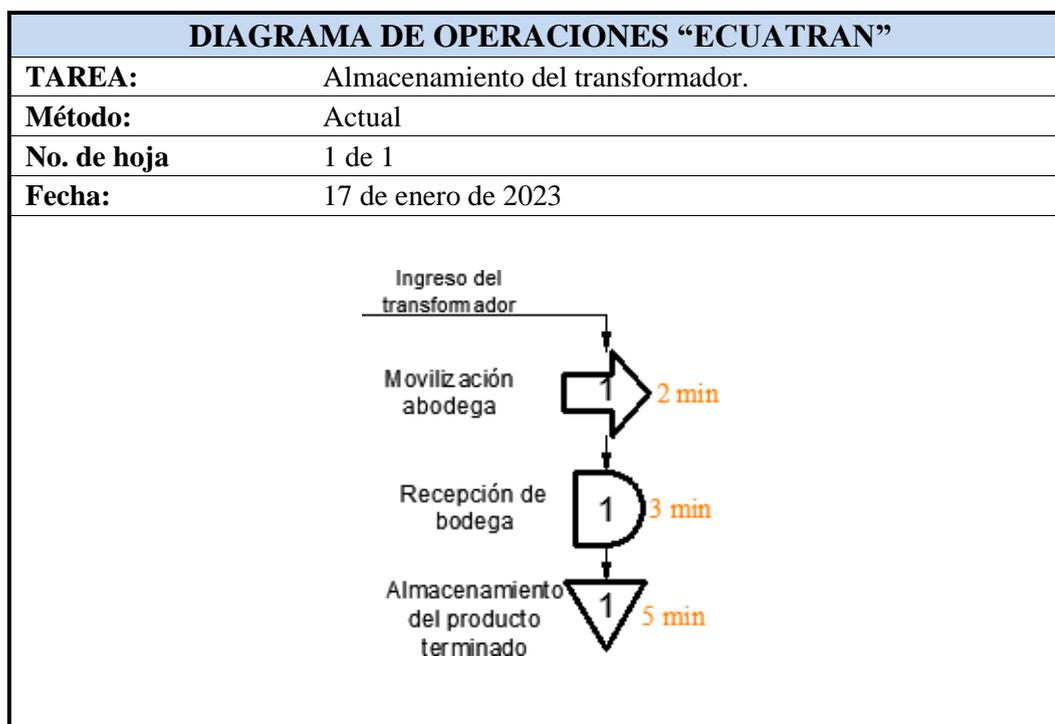


Figura 19: Diagrama de operaciones de almacenamiento del transformador.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Finalmente, como se muestra en la figura 20, los transformadores terminados se almacenan en los exteriores de la planta previo a su despacho a los lugares de destino.



Imagen 20: Tanques monofásicos para llevar al cliente.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Bodega

Las materias primas, bien sean importadas o de fabricación nacional, se suelen almacenar en la bodega. A su vez el manejo de las materias primas, materiales e insumos está bajo la responsabilidad del bodeguero, quien se encarga del ingreso, ordenamiento y despacho según sea requerido por parte de producción.

En la imagen 21 se muestra la fachada exterior de la bodega de materias primas.



Imagen 21: Bodega.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En la imagen 22 se aprecia los estantes y perchas que se utilizan para el almacenamiento de materias primas en el interior de la bodega.



Imagen 22: Almacenamiento del material en bodega.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En la imagen 23 se identifica la puerta de ingreso a la bodega, así como la zona autorizada para la descarga de la materia prima.



Imagen 23: Zona autorizada de descarga de materia prima.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En la imagen 24 se presenta el escritorio del puesto de trabajo del bodeguero, sitio en que el encargado procede a llevar la información del inventario existente.



Imagen 24: Escritorio de la bodega.

Elaborado por: Marlon Núñez.

En la figura 24 se muestra el plano general de la planta de producción, que ilustra la ubicación de cada una de las áreas en las que se desarrolla el proceso de elaboración de los transformadores, entre ellas: metalmecánica, granallado y pintura, bobinados, núcleos, entanque y llenado, ensamble y conexiones trifásicas, terminados trifásicos, terminados monofásicos y laboratorio.

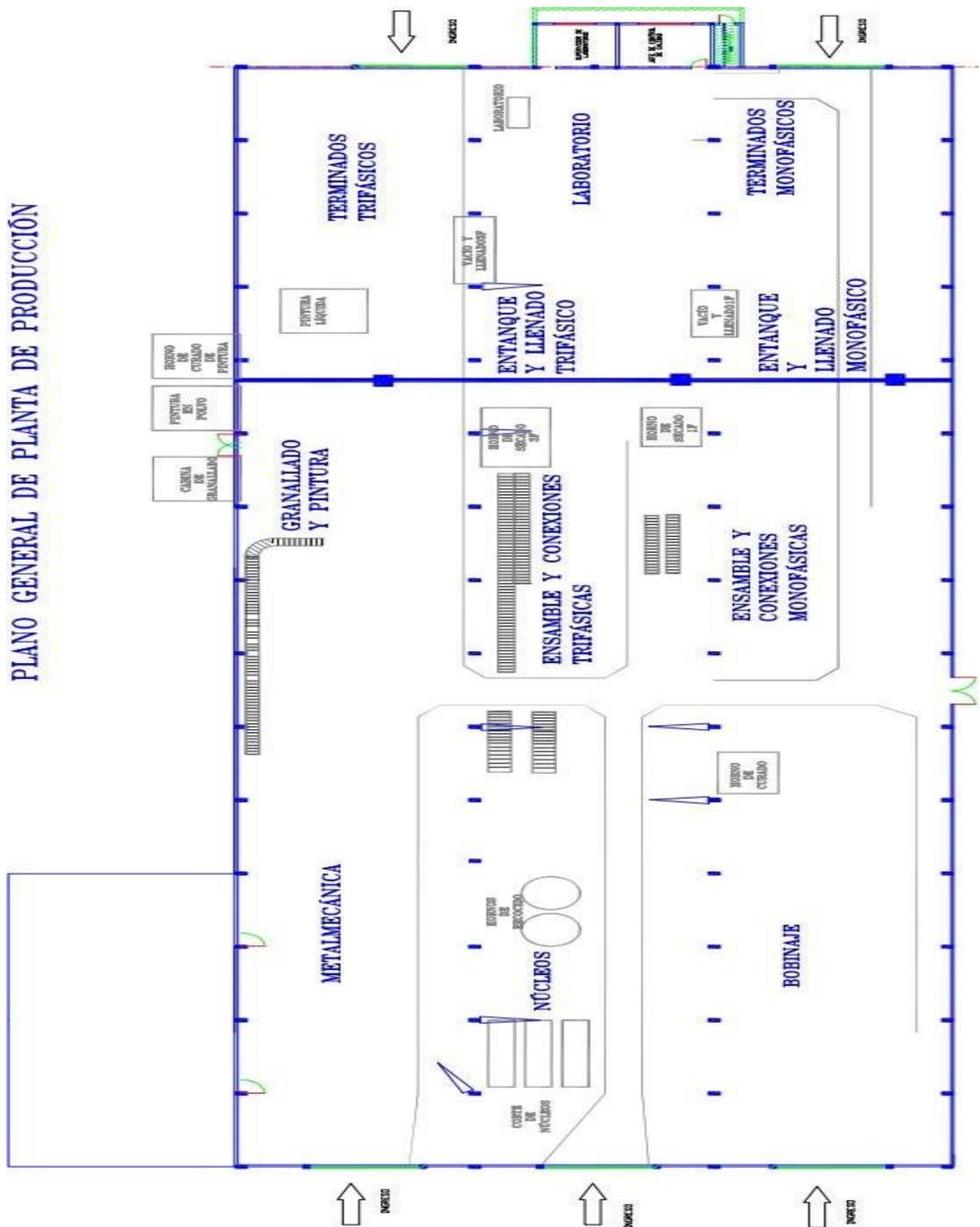


Figura 20: Plano general de planta de producción.

Elaborado por: Marlon Núñez

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Interpretación de resultados

El tiempo estándar para la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA se obtuvo a partir de los datos proporcionados por la empresa Ecuatran S.A. (Tabla 4). Para el cálculo del tiempo de despilfarro y la improductividad se consideraron los tiempos de las tareas y sus correspondientes operaciones, teniendo en cuenta aquellas que son de valor añadido y las que no representan valor añadido (transporte, inspección, demora y almacenamiento).

Determinación del despilfarro

Los tiempos de duración de las tareas y los resultados del cálculo del despilfarro tanto para las tareas como para las operaciones que contiene cada tarea se dan a conocer en las siguientes tablas:

Tabla 5. Tiempos estándar de las tareas con y sin valor añadido para la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA.

Id	Tarea	Tipo	Estatus de valor añadido	T_{Ei} (min)	$T_{Ei VA_T}$ (min)	$T_{Ei NVA_T}$ (min)
1	Pedido de materiales	Demora	NVA	25	-	25
2	Elaboración de las bobinas	Operación	VA	80	80	-
3	Elaboración del núcleo	Operación	VA	35	35	-
4	Elaboración del tanque	Operación	VA	200	200	-

Id	Tarea	Tipo	Estatus de valor añadido	T_{Ei} (min)	T_{Ei} VA_T (min)	T_{Ei} NVA_T (min)
5	Ensamblaje de núcleo y bobinas	Operación	VA	40	40	-
6	Conexión de cambiador y breaker	Operación	VA	40	40	-
7	Secado en el horno de parte activa	Operación	VA	490	490	-
8	Ensamblaje de parte activa en el tanque	Operación	VA	50	50	-
9	Llenado de aceite dieléctrico	Operación	VA	35	35	-
10	Pruebas físicas y eléctricas	Operación	VA	25	25	-
11	Control de calidad	Inspección	NVA	10	-	10
12	Colocación de accesorios	Operación	VA	25	25	-
13	Almacenamiento del transformador	Almacenamiento	NVA	10	-	10

NVA: Sin valor añadido; **VA:** Con valor añadido; **T_{Ei}:** Tiempo estándar de la tarea; **T_{Ei} VA_T:** tiempo estándar de la tarea con valor añadido; **T_{Ei} NVA_T:** tiempo estándar de la tarea sin valor añadido.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 6. Despilfarro total de las tareas para la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA.

Despilfarro total de las tareas	
Tiempo estándar total de las tareas con valor añadido T_E VA_T (min)	1020
Tiempo estándar total de las tareas sin valor añadido T_E NVA_T (min)	45
Cantidad mínima de tiempo necesario para producir CMTN (min)	1020
Tiempo estándar total T_E (min)	1065
Coeficiente del despilfarro del proceso CdP	1.0441

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 7. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el pedido de materiales del transformador.

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
1. Pedido de materiales	Orden de trabajo	Demora	NVA	5	-	5
	Planificación de la producción	Demora	NVA	10	-	10
	Orden de pedido de materiales	Demora	NVA	8	-	8
	Entrega de orden de pedido a bodega	Transporte	NVA	2	-	2

NVA: Sin valor añadido; VA: Con valor añadido; T_{Ei}: Tiempo estándar de la operación; T_{Ei} VA_O: tiempo estándar de la operación con valor añadido; T_{Ei} NVA_O: tiempo estándar de la operación sin valor añadido.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 8. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para la elaboración de las bobinas del transformador.

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
2. Elaboración de las bobinas	Programación del trabajo	Operación	VA	7	7	-
	Retiro de la materia prima	Demora	NVA	5	-	5
	Revisión de especificaciones	Demora	NVA	5	-	5
	Traslado de material al área de bobinado	Transporte	NVA	1	-	1
	Armado del bobinado primario	Operación	VA	18	18	-
	Corte de papel aislante	Operación	VA	8	8	-
	Aislamiento del bobinado primario	Operación	VA	9	9	-
	Armado del bobinado secundario	Operación	VA	18	18	-
	Inspección de bobinados	Inspección	NVA	4	-	4
	Prueba de control TTR	Operación	VA	8	8	-
Entrega de producto	Operación	NVA	5	-	5	

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 9. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para la elaboración del núcleo del transformador.

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
3. Elaboración del núcleo	Programación del trabajo	Operación	VA	2	2	-
	Retiro de la materia prima	Demora	NVA	4	-	4
	Revisión de especificaciones	Demora	NVA	4	-	4
	Traslado de material al área de núcleos	Transporte	NVA	1	-	1
	Corte y armado del núcleo	Operación	VA	3	3	-
	Preparado y ensanchado	Operación	VA	3	3	-
	Horneado	Operación	VA	7	7	-
	Enfriado	Operación	VA	3	3	-
	Inspección del núcleo	Inspección	NVA	3	-	3
	Prueba del control de calidad	Operación	VA	2	2	-
	Entrega del producto	Almacenamiento	NVA	3	-	3

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 10. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para la elaboración del tanque del transformador.

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
4. Elaboración del tanque	Programación del trabajo	Operación	VA	13	13	-
	Retiro de la materia prima	Demora	NVA	5	-	5
	Trazado y preparación	Operación	VA	24	24	-
	Corte de planchas	Operación	VA	13	13	-
	Doblado y barolado de paredes	Operación	VA	13	13	-
	Elaboración de la base	Operación	VA	9	9	-
	Unión de paredes y base del tanque	Operación	VA	13	13	-
	Colocación de accesorios	Operación	VA	13	13	-

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
4. Elaboración del tanque	Reforzado con soldadura	Operación	VA	12	12	-
	Limpieza, pulido y lijado	Operación	VA	12	12	-
	Inspección superficial del tanque	Inspección	NVA	5	-	5
	Pintado y secado al horno	Operación	VA	58	58	-
	Inspección del tanque pintado	Inspección	NVA	5	-	5
	Control de calidad del tanque	Operación	VA	9	9	-
	Entrega del producto	Almacenamiento	NVA	5	-	5

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 11. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el ensamblaje de núcleo y bobinas del transformador.

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
5. Ensamblaje de núcleo y bobinas	Recepción de núcleo y bobinas	Operación	VA	4	4	-
	Movilización de núcleo y bobinas	Transporte	NVA	1	-	1
	Revisión de especificaciones	Demora	NVA	5	-	5
	Ensamblaje del núcleo con las bobinas	Operación	VA	12	12	-
	Enmarcado	Operación	VA	9	9	-
	Inspección del ensamblaje	Inspección	NVA	4	-	4
	Entrega del producto	Almacenamiento	NVA	5	-	5

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 12. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para la conexión de cambiador y breaker del transformador.

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
6. Conexión de cambiador y breaker	Recepción de ensamblaje de núcleo y bobinas	Operación	VA	4	4	-
	Movilización de ensamblaje de núcleo y bobinas	Transporte	NVA	1	-	1
	Revisión de especificaciones	Demora	NVA	5	-	5
	Conexión del cambiador	Operación	VA	11	11	-
	Conexión del breaker	Operación	VA	10	10	-
	Inspección de conexiones	Inspección	NVA	4	-	4
	Entrega del producto	Almacenamiento	NVA	5	-	5

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 13. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el secado en el horno de parte activa del transformador.

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
7. Secado de parte activa	Recepción de parte activa	Operación	VA	4	4	-
	Movilización de la parte activa	Transporte	NVA	1	-	1
	Pintado de la parte activa	Operación	VA	26	26	-
	Secado de la parte activa	Operación	VA	450	450	-
	Inspección del producto	Inspección	NVA	4	-	4
	Entrega del producto	Almacenamiento	NVA	5	-	5

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 14. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el ensamblaje de parte activa en el tanque del transformador.

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
8. Ensamblaje de parte activa en el tanque	Recepción de parte activa y tanque	Operación	VA	10	10	-
	Movilización de la parte activa y tanque	Transporte	NVA	1	-	1
	Montaje de la parte activa en el tanque	Operación	VA	20	20	-
	Inspección del ensamblaje	Inspección	NVA	4	-	4
	Control de calidad del tanque	Operación	VA	10	10	-
	Entrega de producto	Almacenamiento	NVA	5	-	5

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 15. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el llenado de aceite dieléctrico del transformador.

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
9. Llenado de aceite dieléctrico	Recepción de ensamblaje	Operación	VA	5	5	-
	Aplicación de presión de vacío	Operación	VA	5	5	-
	Carga de aceite aislante	Operación	VA	10	10	-
	Prueba de hermeticidad	Operación	VA	5	5	-
	Inspección del nivel de aceite	Inspección	NVA	5	-	5
	Entrega de producto	Almacenamiento	NVA	5	-	5

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 16. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para las pruebas físicas y eléctricas del transformador.

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
10. Pruebas físicas y eléctricas	Recepción del transformador	Operación	VA	3	3	-
	Movilización al laboratorio	Transporte	NVA	1	-	1
	Revisión de especificaciones	Demora	NVA	4	-	4
	Pruebas físicas	Operación	VA	6	6	-
	Pruebas eléctricas	Operación	VA	6	6	-
	Entrega de producto	Demora	NVA	5	-	5

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 17. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el control de calidad del transformador.

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
11. Control de calidad	Impresión de registro de CC	Demora	NVA	2	-	2
	Movilización a planta	Transporte	NVA	1	-	1
	Inspección y llenado de registro de CC	Inspección	NVA	5	-	5
	Entrega del producto	Almacenamiento	NVA	2	-	2

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 18. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para la colocación de accesorios del transformador.

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
12. Colocación de accesorios	Recepción del transformador	Operación	VA	3	3	-
	Movilización al área de terminado	Transporte	NVA	1	-	1
	Revisión de especificaciones	Demora	NVA	5	-	5
	Pegado de adhesivos	Operación	VA	5	5	-

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
12. Colocación de accesorios	Conexión de accesorios	Operación	VA	5	5	-
	Remachado de placa de identificación	Operación	VA	3	3	-
	Inspección visual final	Inspección	NVA	5	-	5
	Liberación	Operación	VA	4	4	-
	Almacenamiento del transformador	Almacenamiento	NVA	5	-	5

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 19. Tiempos estándar de las operaciones con y sin valor añadido para el almacenamiento del transformador.

Tarea	Operaciones	Tipo	Estatus de valor añadido	T _{Ei} (min)	T _{Ei} VA _O (min)	T _{Ei} NVA _O (min)
13. Almacenamiento	Movilización a bodega	Transporte	NVA	2	-	2
	Recepción de bodega	Demora	NVA	3	-	3
	Almacenamiento del producto terminado	Almacenamiento	NVA	5	-	5

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 20. Despilfarro total de las operaciones para la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA.

Despilfarro total de las operaciones	
Tiempo estándar total de las operaciones con valor añadido T _E VA _O (min)	907
Tiempo estándar total de las operaciones sin valor añadido T _E NVA _O (min)	180
Cantidad mínima de tiempo necesario para producir CMTN (min)	907
Tiempo estándar total T _E (min)	1087
Coefficiente del despilfarro en el método CdM	1.1985
Coefficiente de despilfarro por diseño en el trabajo CdD	1.2513

Elaborado por: Marlon Núñez.

Tabla 21. Coeficientes de despilfarro en el método para la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA.

Coeficientes de despilfarro en el método por tarea CdM		
No.	Tarea	CdM
1	Pedido de materiales	-
2	Elaboración de las bobinas	1.29
3	Elaboración del núcleo	1.75
4	Elaboración del tanque	1.11
5	Ensamblaje de núcleo y bobinas	1.60
6	Conexión de cambiador y breaker	1.60
7	Secado en el horno de parte activa	1.02
8	Ensamblaje de parte activa en el tanque	1.25
9	Llenado de aceite dieléctrico	1.40
10	Pruebas físicas y eléctricas	1.67
11	Control de calidad	-
12	Colocación de accesorios	1.50
13	Almacenamiento del transformador	-

Elaborado por: Marlon Núñez.

De acuerdo con la información de la Tabla 21, el menor coeficiente de despilfarro en el método corresponde a la tarea de secado en el horno de parte activa con un valor de 1.02, en tanto que el mayor valor de CdM es de la tarea de elaboración del núcleo con un valor de 1.75. Por consiguiente, en primera instancia la empresa debería contemplar la posibilidad rediseñar la ejecución de las operaciones que conforman la tarea de elaboración del núcleo.

Tabla 22. Coeficientes de despilfarro e improductividad en la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA.

	Mínimo	Mediana	Media o promedio	Máximo	DE	Error estándar de la media	IC 95% LI	IC 95% LS
Cantidad producida (u)	43	45	44.64	47	1.09	0.23	44.2	45.1
ΣT_E (min)	45795	47925	47538	50055	1164	248	47051	48024
CdF	1.127	1.177	1.187	1.232	0.029	0.01	1.175	1.199

	Mínimo	Mediana	Media o promedio	Máximo	DE	Error estándar de la media	IC 95% LI	IC 95% LS
CdT	1.410	1.473	1.485	1.541	0.036	0.01	1.470	1.500
Improductividad Total	41.0%	47.3%	48.5%	54.1%	3.60%	0.77%	47.0%	50.0%
Tiempo de improductividad (min)	418.1	482.1	495.2	551.9	36.69	7.82	479.8	510.5

CdF: Coeficiente de despilfarro en la fabricación; **CdT:** Coeficiente de despilfarro total; **DE:** Desviación estándar; **IC:** Intervalo de confianza; **LI:** Límite inferior; **LS:** Límite superior.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Los coeficientes de despilfarro e improductividad totales para la fabricación del transformador de estudio se presentan en la tabla 22.

El detalle de los valores de los coeficientes de despilfarro e improductividad encontrados para cada día durante el mes de análisis, se presentan en el Anexo B del presente documento, donde el número de operarios por turno es de 47 personas, el tiempo de jornada es de 600 minutos (10 horas), el número de turnos por día es 2, y el tiempo real para la fabricación de todos los transformadores por día es de 56400 minutos (940 horas).

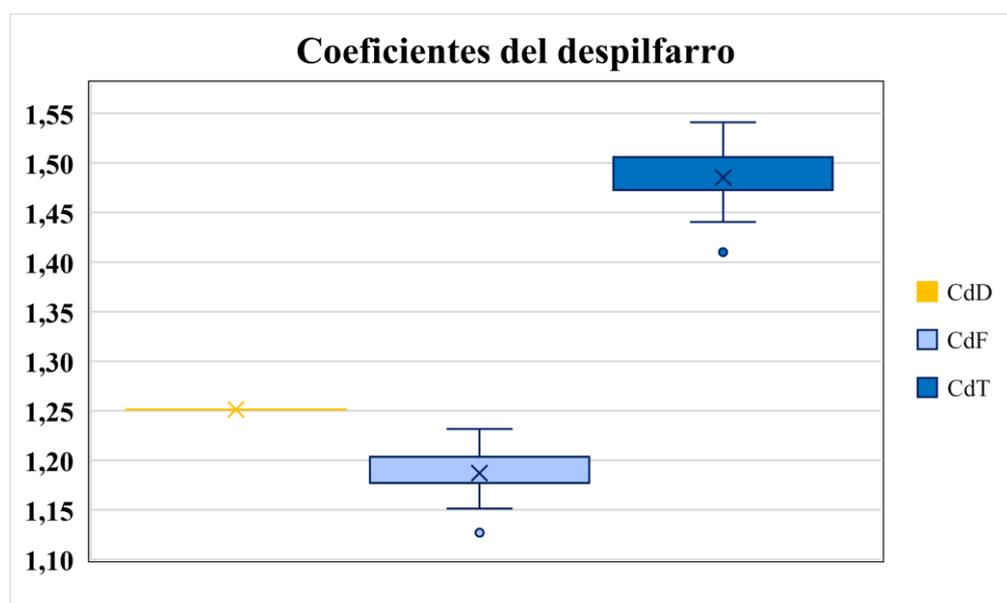


Gráfico 1. Coeficientes del despilfarro.

Elaborado por: Marlon Núñez.

Los gráficos 1, 2 y 3 muestran los resultados de los coeficientes de despilfarros por diseño del trabajo, por fabricación y el total, además indican la improductividad y el tiempo de improductividad.

El coeficiente de despilfarro por diseño del trabajo (CdD) es constante con un valor de 1.251. El coeficiente de despilfarro de fabricación (CdF) tiene un valor promedio de 1.187 ± 0.029 , con un mínimo 1.127 de y un máximo de 1.232. El coeficiente de despilfarro total (CdT) que es igual al producto de los despilfarros de diseño y fabricación, tiene una magnitud media de 1.485 ± 0.036 , con un mínimo de 1.410 y un máximo de 1.541. De los coeficientes de despilfarro de diseño y fabricación, el primero es el que tiene un valor mayor. Es decir, existe mayor despilfarro de tiempo en el diseño del transformador, por consiguiente, la empresa principalmente debería adoptar acciones para mejorar el proceso y método de trabajo para reducir el despilfarro de tiempo.

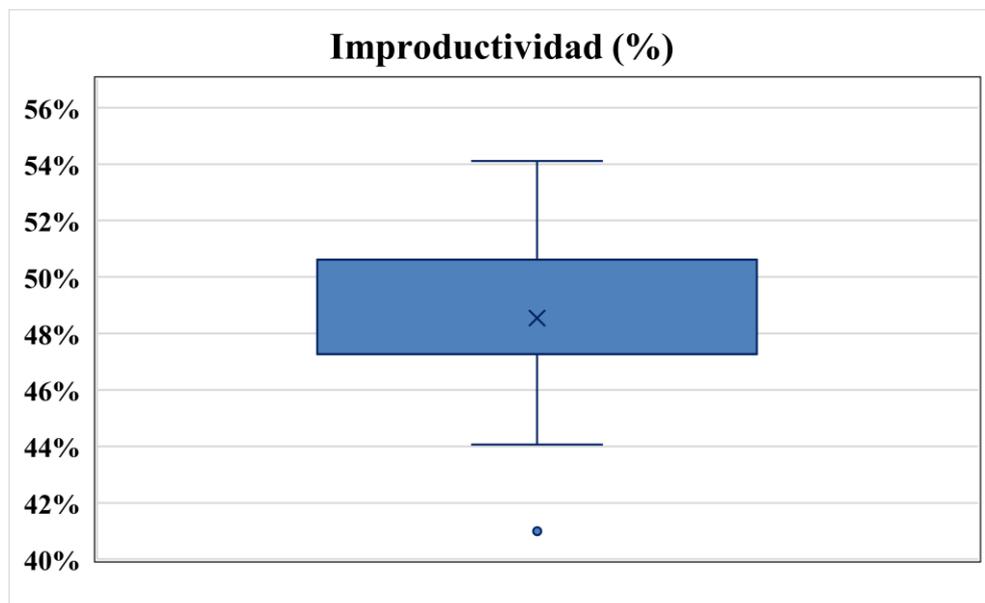


Gráfico 2. Improductividad total.

Elaborado por: Marlon Núñez.

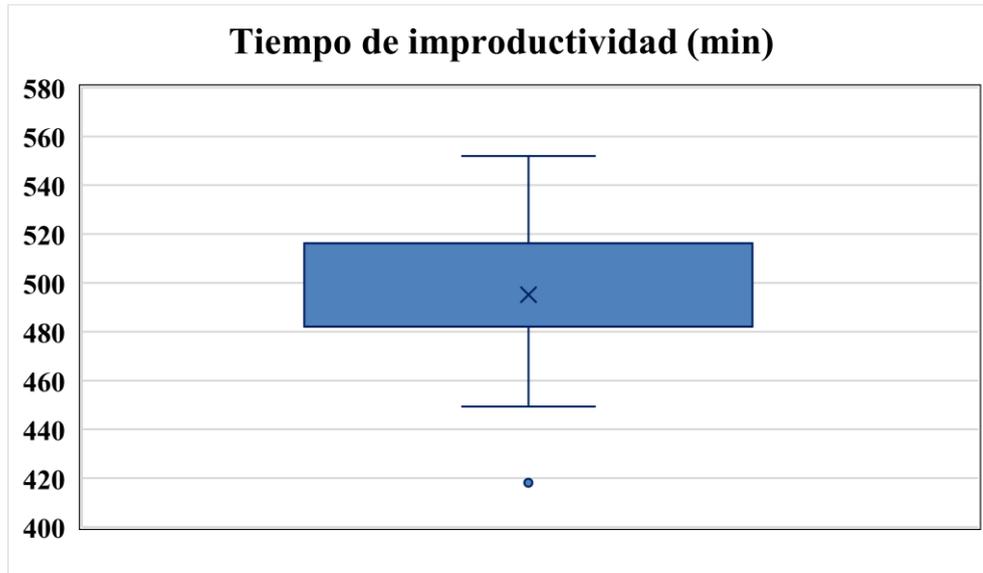


Gráfico 3. Tiempo de improductividad (min).

Elaborado por: Marlon Núñez.

La improductividad total del proceso de fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA tiene un valor promedio de $48.5 \pm 3.6\%$, con un mínimo del 41.0% y un máximo del 54.1%. Este valor es considerable, por lo que se debería tratar de disminuir el despilfarro por diseño.

El promedio del tiempo de improductividad por día en la fabricación del transformador es de 495.2 ± 36.7 min (8.25 ± 0.61 h), con un mínimo de 418.1 min (6.97 h) y un máximo de 551.9 min (9.20 h). Si se analiza el tiempo de improductividad por unidad (44.64 ± 1.09 u/día), se tiene que éste es en promedio igual a 11.09 min, es decir, este tiempo se desperdicia en la producción de cada transformador.

Contraste con otras investigaciones

A partir de la revisión de publicaciones existentes en las que se han desarrollado estudios sobre la productividad mediante la aplicación de la teoría de medición del despilfarro se encontraron los siguientes referentes:

Los autores Balda, Castañeda y Quiliche (2019) realizaron un estudio sobre el coeficiente de despilfarro por método CdM en la reducción de desperdicios en una planta embotelladora de agua. En dicho trabajo al inicio el coeficiente CdM era de 2.56, mientras tanto que luego de la implementación de mejoras enfocadas en el mejoramiento de las condiciones de la maquinaria y el método de trabajo de la mano de obra, el CdM se redujo a 1.4. Es decir que en dicho trabajo se refleja que el valor del coeficiente de despilfarro por método fluctúa entre 1.4 y 2.56. En el caso de la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA la empresa Ecuatran S.A. tuvo un CdM igual a 1.1985, que significa que el diseño del método de trabajo es aceptable, pero susceptible de ser mejorado.

Verificación de la hipótesis:

La verificación deberá estar basado en la justificación y aplicación de un método estadístico, este método deberá ser seleccionado en concordancia a las variables y los datos recolectados en la investigación.

De acuerdo con la información proporcionada en la empresa, se admite como límite máximo una improductividad de 45%, por consiguiente, las hipótesis quedan formuladas de la siguiente manera:

Hipótesis alternativa H_1 :

La improductividad total promedio de la empresa Ecuatran S.A. es mayor al 45% (0.45).

Hipótesis nula H_0 :

La improductividad total promedio de la empresa Ecuatran S.A. es menor o igual al 45% (0.45).

Para la comprobación de la hipótesis se aplicó la prueba estadística t de Student para una muestra, teniendo como valor de contraste el 45% (0.45) y un nivel de confianza del 95% (significancia = 0.05). Los datos utilizados corresponden a los 22 valores de improductividad diaria (Anexo B) obtenidos en el mes de estudio. El modelo matemático es el siguiente:

$$H_0: \mu \leq 0.45$$

$$H_1: \mu > 0.45$$

Una vez efectuada la prueba en un software estadístico se obtuvieron los siguientes resultados:

Grados de libertad: 21

t: 4.6205

p - valor: 0.00007376

Dado que p-valor obtenido es menor que el valor de significancia de 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa: La improductividad total promedio de la empresa Ecuatran S.A. es mayor al 45% (0.45). Por consiguiente, se recomienda que la empresa adopte acciones para disminuir el despilfarro de tiempo, especialmente el que se origina en el diseño del trabajo.

Componente Ambiental:

En el campo ambiental, el desarrollo del estudio no genera impactos adicionales a los producidos por las tareas cotidianas para la fabricación de transformadores, debido a que utiliza información ya existente que la empresa (estudio de tiempos), por lo que no se requiere la ejecución de nuevas operaciones que tiendan a generar algún tipo de contaminación ambiental.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El proceso de fabricación de transformadores en la Empresa Ecuatran S. A. consta de veinte actividades generales, para el caso del transformador monofásico subestación de 25 kVA, el tiempo medio de duración de la fabricación es de 830 minutos (13.83 horas), donde las operaciones de secado de la parte activan, elaboración del tanque y de elaboración de las bobinas, son las que tienen una mayor duración con 490, 200, y 80 minutos, respectivamente. La capacidad diaria de producción del transformador de estudio es de 44 unidades.
- El tiempo total improductivo diario en la fabricación de los transformadores monofásicos subestación de 25 kVA es de 495.2 minutos (8.25 horas) para los 47 trabajadores por turno, lo que equivale a 11.25 minutos de tiempo improductivo por cada transformador construido. El mayor valor de CdM corresponde a la tarea de elaboración del núcleo del transformador con un valor de 1.75.
- La improductividad total existente en la fabricación del transformador de estudio tiene un valor medio del 48.5%, con un coeficiente de despilfarro total de 1.89 y con coeficientes de despilfarro en diseño y fabricación de 1.25 y 1.19,

respectivamente. Por lo tanto, se determina que existe una mayor cantidad de despilfarro de tiempo en el proceso y en el método de trabajo.

Recomendaciones

- Revisar el plan existente del diseño del trabajo para la fabricación de los transformadores de Ecuatran S.A. y proponer acciones de mejora para reducir el despilfarro del diseño de manera global, que actualmente es de 1.25.
- Realizar un estudio complementario de tiempos y movimientos en la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA que permita la identificación y tratamiento de los cuellos de botella y bajo rendimiento de la mano de obra, para reducir el despilfarro de tiempo en la fabricación (actualmente el coeficiente es de 1.19) y la improductividad. En primera instancia la empresa debería contemplar la posibilidad rediseñar la ejecución de las operaciones que conforman la tarea de elaboración del núcleo
- Seleccionar los transformadores que se construyen con mayor frecuencia en Ecuatran S.A. y elaborar procedimientos de estandarización de los procesos de fabricación, con la finalidad de mejorar el control de los procesos de fabricación y reducir los tiempos improductivos.

Bibliografía

Banco Central del Ecuador. 2022. La Economía Ecuatoriana Creció 3,2% en el Tercer Trimestre de 2022. [En línea] diciembre de 2022. [Citado el: 08 de enero de 2023.] <https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1530-la-economia-ecuatoriana-crecio-3-2-en-el-tercer-trimestre-de-2022>.

Bárcena, Alicia, Cimoli, Mario y García-Buchaca, Raúl. 2021. Estudio Económico de América Latina y el Caribe. [En línea] 04 de febrero de 2021. [Citado el: 08 de enero de 2023.] https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47192/58/S2100608_es.pdf. ISBN: 978-92-1-122074-2.

Carro, Roberto y González, Daniel. 2018. *Productividad y Competitividad*. Universidad Nacional de Mar del Plata. Buenos Aires: s.n., 2018. págs. 1-18, Académico.

CEIC Data. 2021. Crecimiento de la productividad laboral de Ecuador. [En línea] diciembre de 2021. [Citado el: 09 de Enero de 2023.] <https://www.ceicdata.com/en/indicator/ecuador/labour-productivity-growth>.

Cerdeira, Diego. 2022. El declive del dinamismo empresarial de China. [En línea] 14 de junio de 2022. [Citado el: 09 de enero de 2023.] <file:///C:/Users/Avigail/Downloads/wpiea2022032-print-pdf.pdf>.

Coefficiente de despilfarro por método CdM en la reducción de desperdicios en una planta embotelladora de agua. **Balta, Nathaly, Castañeda, Angela y Quilche, Ruth. 2019.** 1, 2019, ING nosis, Vol. 5, págs. 30-44. 2414-8199.

Cruelles, José. 2012. *Despilfarro cero. La mejora continua a partir de la medición y reducción del despilfarro*. Primera. Barcelona: Marcombo, 2012. pág. 194.

—. **2010.** *La teoría de la medición del despilfarro*. Torrijos: s.n., 2010.

- Medina, Edison. 2020.** *Diagnóstico y propuesta de mejoramiento de los procesos de producción para microempresas.* Universidad Andina Simón Bolívar. Quito: s.n., 2020. págs. 1-136.
- Naciones Unidas. 2022.** La economía de América Latina crecerá un 3,2% en 2022. [En línea] 19 de octubre de 2022. [Citado el: 18 de enero de 2023.] <https://news.un.org/es/story/2022/10/1516252#:~:text=La%20regi%C3%B3n%20avanzar%C3%A1%20un%203,2%20PIB%20de%202022%20C7%25>.
- Oficina de estadísticas laborales. 2022.** Productividad y costos, tercer trimestre de 2022. [En línea] 07 de diciembre de 2022. [Citado el: 09 de enero de 2023.] <https://www.bls.gov/news.release/prod2.nr0.htm>.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. 2022.** *Informe Sobre el Desarrollo Industrial 2022 - Resumen.* Pekín: ONUDI ID/450, 2022. págs. 3-44, Economía.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. 2021.** Manufactura mundial Producción. [En línea] 03 de noviembre de 2021. [Citado el: 08 de enero de 2023.] <http://images.mofcom.gov.cn/vienna/202109/20210917212838355.pdf>.
- Quijia, Jonathan, Guevara, Carolina y Ramírez, José. 2021.** 1, Quito: s.n., 28 de febrero de 2021, Determinantes de la Productividad Laboral para las Empresas, Vol. 47.
- Ruelas, Edgar y Cardiel, José. 2019.** *Estimación de parámetros operativos.* Guanajuato: s.n., 2019. págs. 1-25.
- Wallace, Alicia. 2022.** La productividad de los trabajadores estadounidenses tuvo el descenso más rápido en casi 75 años. *¿Por qué bajó la productividad laboral en EE. UU.?* [En línea] 05 de mayo de 2022. [Citado el: 09 de enero de 2023.] <https://cnnespanol.cnn.com/2022/05/05/productividad-trabajadores-estadounidenses-trax/>.

Anexos

Anexo B: Coeficientes de despilfarro e improductividad diarios en la fabricación del transformador monofásico subestación de 25 kVA.

Día	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11
Cantidad producida (Transformador monofásico subestación de 25 kVA)	45	44	46	47	44	47	44	45	43	45	45
$\sum T_E$ (min)	47925	46860	48990	50055	46860	50055	46860	47925	45795	47925	47925
# Operarios por turno	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
Tiempo de jornada (min)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
# Turnos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T_{REAL} (min)	56400	56400	56400	56400	56400	56400	56400	56400	56400	56400	56400
CdF	1.1768	1.20	1.15	1.13	1.20	1.13	1.20	1.18	1.23	1.18	1.18
CdT	1.47	1.51	1.44	1.41	1.51	1.41	1.51	1.47	1.54	1.47	1.47
CdD	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251
Improductividad	47.26%	50.61%	44.06%	40.99%	50.61%	40.99%	50.61%	47.26%	54.11%	47.26%	47.26%
Tiempo de improductividad (min)	482.07	516.20	449.41	418.15	516.20	418.15	516.20	482.07	551.93	482.07	482.07

Elaborado por: Marlon Núñez.

Día	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22
Cantidad producida (Transformador monofásico subestación de 25 kVA)	43	45	44	44	45	45	44	43	45	44	45
ΣT_E (min)	45795	47925	46860	46860	47925	47925	46860	45795	47925	46860	47925
# Operarios por turno	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
Tiempo de jornada (min)	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
# Turnos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T_{REAL} (min)	56400	56400	56400	56400	56400	56400	56400	56400	56400	56400	56400
CdF	1.23	1.18	1.20	1.20	1.18	1.18	1.20	1.23	1.18	1.20	1.18
CdT	1.54	1.47	1.51	1.51	1.47	1.47	1.51	1.54	1.47	1.51	1.47
CdD	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251	1.251
Improductividad	54.11%	47.26%	50.61%	50.61%	47.26%	47.26%	50.61%	54.11%	47.26%	50.61%	47.26%
Tiempo de improductividad (min)	551.93	482.07	516.20	516.20	482.07	482.07	516.20	551.93	482.07	516.20	482.07

Elaborado por: Marlon Núñez.

Anexo C: Carta de aceptación



Ambato, 08 de Marzo del 2023

Yo, **ANDRÉS XAVIER CALDERÓN SERRANO**, portador de la cédula de identidad 1707980312, Director de Gestión Humana de la empresa Ecuatran S A, certifico que el señor **MARLON FABRICIO NÚÑEZ JORDÁN** con cedula de ciudadanía 180513052-1, estudiante de la Universidad Tecnológica Indoamerica realizó su trabajo de titulación "**DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TRANSFORMADORES DE LA EMPRESA ECUATRAN SA**"

El trabajo de titulación antes mencionado fue realizado bajo la tutoría del ingeniero Sánchez Díaz Patricio Eduardo, Msc. La propuesta servirá para obtener beneficios entorno a la productividad y mejora de los tiempos de producción, garantizado aumento en la misma y en de la calidad del producto.

Luego conocer la estructura de dicho de proyecto puedo certificar que en el desarrollo del trabajo de titulación el señor **MARLON FABRICIO NÚÑEZ JORDÁN**, ha demostrado capacidad responsabilidad y colaboración para poder plasmar los objetivos planteados al inicio del mismo.

Este certificado se emite para los fines pertinentes que el señor **MARLON FABRICIO NÚÑEZ JORDÁN** los considere.

Atentamente,

Andrés Xavier Calderón Serrano

Director de Gestión Humana

www.ecuatran.com

ENERGÍA QUE
TRASFORMA
AL MUNDO

LÍNEA DE ATENCIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL: Tel. (593 3) 3700 100 - **AMBATO**: Fábrica Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría (Km 7 1/2 vía a Guaranda) parroquia Santa Rosa, Casilla 18-01-65 - ventas@ecuatran.com - **QUITO**: Av. América y calle Juan Diguja, Edificio Opal, Oficina 406 ecuatran_uio@ecuatran.com - **GUAYAQUIL**: Pedro L. Valverde Álvarez y Av. Juan Tancamarengo Km 3-5 (atrás de Mavesa) ecuatran_gyq@ecuatran.com - **ATENCIÓN INTERNACIONAL**: Tel. (593 3) 3700 100 Cel. (593) 990 458 595 - ecuatran@ecuatran.com