



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE TRANSFORMADORES SUMERGIDOS EN ACEITE, EN LA EMPRESA ELECTRO VOLT INGENIEROS S.A”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:
Elías Ríos Núñez

Asesor:
Ing. Mg. Carlos Bueno Ponce

Lima - Perú
2018

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

DEDICATORIA

A mi esposa y mis hijos, por su fuerza, voluntad y perseverancia, gracias por todo su apoyo y comprensión durante mis estudios universitarios.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

AGRADECIMIENTO

A mis padres, mis hermanos, mis tíos, mis cuñados, mi esposa y mis hijos, quienes me brindaron todo su apoyo y comprensión, para lograr mi meta, mis estudios universitarios.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN.....	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
I.1. Antecedentes	13
I.1.1. De la organización.	13
I.1.2. Cadena de valor de Electro Volt Ingenieros S.A.	20
I.2. Determinación del problema de la investigación	21
I.3. Justificación	21
I.4. Objetivos	22
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	24
II.1. Análisis del sector eléctrico	24
II.1.1. Sector eléctrico en el mundo.....	24
II.1.2. Sector eléctrico en el Perú	26
II.1.3. Marco normativo del sector eléctrico peruano	30
II.2. Metodologías y herramientas	39
II.2.1. Gestión de la producción	39
II.2.2. La productividad	43
II.2.3. Mejora de procesos	47
II.2.4. Distribución de planta	70
II.3. Transformadores eléctricos.....	74
II.3.1. Tipos de transformadores eléctricos.....	74
II.3.2. Clasificación de transformadores por protección	76
II.3.3. Elementos de un transformador eléctrico	77
II.3.4. Componentes de un transformador eléctrico	77
II.4. Definición de términos básicos	80
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	82
III.1. Diagnostico Situacional.....	82
III.1.1. Análisis y Caracterización del Proceso	82
III.1.2. Análisis de los indicadores	101
III.1.3. Determinación de las brechas	111
III.1.4. Determinación de la problemática y causas raíz	112
III.2. Determinación de la propuesta de solución	119

III.2.1.	<i>Planteamiento de propuesta de solución</i>	119
III.2.2.	<i>Evaluación y selección de la propuesta de solución</i>	120
III.3.	Planificación del proyecto de mejora	121
III.3.1.	<i>Cronograma de la implementación</i>	121
CAPÍTULO IV.	RESULTADOS	123
IV.1.	Desarrollo de la mejora	123
IV.1.1.	<i>Realización de las actividades de mejora – Plan de acción</i>	123
IV.1.2.	<i>Costo de la implementación</i>	143
CAPÍTULO V.	DISCUSIÓN	145
V.1.	Productividad	145
V.2.	Costo de producción	146
V.3.	Distribución de Planta	149
V.4.	Evaluación Beneficio – Costo	151
CONCLUSIONES		154
RECOMENDACIONES		155
REFERENCIAS		156
ANEXOS		157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 2.1.1.1 Principales centrales hidroeléctricas en el mundo.....	26
Tabla n.º 2.1.3.1 Regulación y supervisión de las actividades del sector eléctrico.....	34
Tabla n.º 2.1.3.2 Número de proyectos contratados.....	37
Tabla n.º 2.2.4.1 Diagrama de relaciones – Matriz de recorridos.....	73
Tabla n.º 2.2.4.2 Matriz de prioridades.....	73
Tabla n.º 3.1.2.1 Fuerza Laboral – Producción.....	101
Tabla n.º 3.1.2.2 Proceso de fabricación del Transformador sumergido en aceite estándar (Modelo 500KVA).....	102
Tabla n.º 3.1.2.3 Horas x Maquina.....	102
Tabla n.º 3.1.2.4 Energía Eléctrica por proceso.....	103
Tabla n.º 3.1.2.5 Materia Prima por proceso	104
Tabla n.º 3.1.2.6 Procesos – Producción.....	105
Tabla n.º 3.1.2.7 Áreas en Producción	107
Tabla n.º 3.1.2.8 Matriz de inter-relaciones	108
Tabla n.º 3.1.2.9 Movimientos entre áreas	109
Tabla n.º 3.1.3.1 Valor estadístico del comportamiento de la productividad	111
Tabla n.º 3.1.4.1 Factores de la productividad	116
Tabla n.º 3.1.4.2 Escala de impacto.....	116
Tabla n.º 3.1.4.3 Matriz de Ponderación.....	117
Tabla n.º 3.1.4.4 Matriz de afinidad	118
Tabla n.º 3.1.4.5 Causa raíces del área de producción	119
Tabla n.º 3.2.2.1 Selección de alternativa de solución	121
Tabla n.º 4.1.1.1 Horas hombre por fabricación de un transformador	124
Tabla n.º 4.1.1.2 Horas x Maquina.....	125
Tabla n.º 4.1.1.3 Energía Eléctrica por proceso.....	126
Tabla n.º 4.1.1.4 Materia Prima por proceso.....	127
Tabla n.º 4.1.1.5 Ventas de transformadores por Potencia.....	128
Tabla n.º 4.1.1.6 Estimación del costo de la hora hombre.....	129
Tabla n.º 4.1.1.7 Costo unitario por transformador.....	130
Tabla n.º 4.1.1.8 Registro de datos – Producción	131
Tabla n.º 4.1.1.9 Cálculo de la Productividad	132
Tabla n.º 4.1.1.10 Costo unitario por transformador	133
Tabla n.º 4.1.1.11 Registro de datos – Producción	133
Tabla n.º 4.1.1.12 Cálculo de la Productividad	134
Tabla n.º 4.1.1.13 Matriz de relaciones	136
Tabla n.º 4.1.1.14 Prioridades	137
Tabla n.º 4.1.1.15 Matriz de Prioridades	137
Tabla n.º 4.1.1.16 Movimientos entre áreas	138

Tabla n.º 4.1.1.17 Diagrama de Hilos SLP	139
Tabla n.º 4.1.2.1 Costos de implementación	143
Tabla n.º 5.1.1 Comparativo de la implementación	145
Tabla n.º 5.2.1 Comparativo de costos por recursos	147
Tabla n.º 5.2.2 Comparativo de costos total	148
Tabla n.º 5.2.3 Calculo de Utilidad bruta	148
Tabla n.º 5.4.1 Flujo de Caja Proyectado	152
Tabla n.º 5.4.2 Indicadores de rentabilidad	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1.1.1.1. Mapa de localización	14
Figura n.º 1.1.1.2. Organigrama estructural	15
Figura n.º 1.1.1.3. Transformador sumergido en aceite y transformador en resina epóxica.....	17
Figura n.º 1.1.1.4. Subestaciones eléctricas compacta y convencional.	17
Figura n.º 1.1.1.5. Tablero de distribución y Celdas modulares.....	18
Figura n.º 1.1.2.1. Cadena de valor de Electro Volt Ingenieros S.A.	20
Figura n.º 2.1.1.1 Evolución de la capacidad instalada de generación en Perú, Latinoamérica y el mundo	25
Figura n.º 2.1.1.2 Evolución del parque de generación eléctrico por tipo de fuente primaria.....	26
Figura n.º 2.1.2.1 Principales hechos de los inicios del sector eléctrico	27
Figura n.º 2.1.3.1 Diseño institucional del sector eléctrico durante el gobierno de Odría	30
Figura n.º 2.1.3.2 Esquema de reestructuración y privatización de las empresas eléctricas en el Perú en los noventa.....	32
Figura n.º 2.1.3.3 Competencias de MEM y Osinergmin	33
Figura n.º 2.1.3.4 Funciones de Osinergmin	34
Figura n.º 2.1.3.5 Esquema de plan de transmisión	35
Figura n.º 2.1.3.6 Marco normativo de los RER en el Perú	36
Figura n.º 2.1.3.7 Marco Institucional para RER.....	36
Figura n.º 2.1.3.8 Energía RER adjudicada en las cuatro subastas RER según tecnología, 2008-2015	37
Figura n.º 2.1.3.9 Línea de tiempo de la Reglamentación del Sector Eléctrico en el Perú.....	38
Figura n.º 2.2.2.1 Características de la productividad en empresas de servicios	45
Figura n.º 2.2.2.2 Medición de la productividad	46
Figura n.º 2.2.2.3 Índice de productividad	47
Figura n.º 2.2.3.1 Diagrama del modelo de pensamiento creativo y lógico	50
Figura n.º 2.2.3.2 Acta de constitución de equipo de mejora continua	52
Figura n.º 2.2.3.3 Etapas del proceso	55
Figura n.º 2.2.3.4 Indicador de capacidad la utilización	59
Figura n.º 2.2.3.5 Indicador de capacidad la eficiencia	59
Figura n.º 2.2.3.6 Horas Productivas	60
Figura n.º 2.2.3.7 Desglose de Horas de Trabajo	61
Figura n.º 2.2.3.8 Ciclo PDCA	62
Figura n.º 2.2.3.9 Ruta de la calidad	63
Figura n.º 2.2.3.10 Resumen de la Ruta de la calidad	65
Figura n.º 2.2.3.11 Diagramas de Ishikawa	66

Figura n.º 2.2.3.12 Formato de control de información	67
Figura n.º 2.2.3.13 Gráfico de control	67
Figura n.º 2.2.3.14 Ejemplo de Flujograma	68
Figura n.º 2.2.3.15 Histograma	69
Figura n.º 2.2.3.16 Pareto	69
Figura n.º 2.2.3.17 Diagrama de dispersión	70
Figura n.º 2.2.4.1 Distribución por proceso	71
Figura n.º 2.2.4.2 Distribución por producto	71
Figura n.º 2.2.4.3 Distribución híbrida - Hombre maquina	72
Figura n.º 2.2.4.4 Tecnologías de grupos	72
Figura n.º 2.2.4.5 Diagrama de espacios.....	74
Figura n.º 2.3.1.1 Clasificación de los transformadores	74
Figura n.º 2.3.1.2 Clasificación Según el tipo de construcción y operación	75
Figura n.º 2.3.2.1 Transformador monofásico	76
Figura n.º 2.3.2.2 Transformador Trifásico	77
Figura n.º 2.3.4.1 Componentes de un transformador	79
Figura n.º 2.3.4.2 Transformador mixto – sumergido	79
Figura n.º 3.1.1.1 Flujo de proceso – Departamento de comercial	83
Figura n.º 3.1.1.2 Flujo de proceso – Departamento ingeniería de diseño	84
Figura n.º 3.1.1.3 Plano de diseño eléctrico	85
Figura n.º 3.1.1.4 Plano de diseño mecánico	86
Figura n.º 3.1.1.5 Flujo de proceso – Producción	87
Figura n.º 3.1.1.6 Flujo de proceso – Compras	88
Figura n.º 3.1.1.7 Flujo de proceso – Despacho	89
Figura n.º 3.1.1.8 Flujo de proceso – Control de calidad.....	90
Figura n.º 3.1.1.9 Bobinado	92
Figura n.º 3.1.1.10 Armado de núcleo magnético.....	92
Figura n.º 3.1.1.11 Conexionado de parte activa.....	93
Figura n.º 3.1.1.12 Secado térmico	94
Figura n.º 3.1.1.13Fabricación de tanque (A)	95
Figura n.º 3.1.1.14 Fabricación de tanque (B)	95
Figura n.º 3.1.1.15 Pintado de tanque	96
Figura n.º 3.1.1.16 Encubado	97
Figura n.º 3.1.1.17 Pruebas de rutina	98
Figura n.º 3.1.1.18 Acabados finales	98
Figura n.º 3.1.1.19 Diagrama de flujo de transformador sumergido en aceite (Antes)..	100
Figura n.º 3.1.2.1 Proceso de Producción	106
Figura n.º 3.1.2.2 Distribución de planta.....	108
Figura n.º 3.1.2.3 Distribución de planta (antes de la mejora).....	110

Figura n.º 3.1.3.1 Comportamiento de la productividad	111
Figura n.º 3.1.3.2 Cumplimiento de producción	112
Figura n.º 3.1.4.1 Brainstorming	113
Figura n.º 3.1.4.2 Diagrama de Ishikawa – Espina de pescado	115
Figura n.º 3.3.1.1 Cronograma para la implementación	122
Figura n.º 3.3.1.2 Cronograma para la ejecución del proyecto de mejora.....	122
Figura n.º 4.1.1.1 Costo promedio de KW.....	129
Figura n.º 4.1.1.2 Costo promedio de hora maquina	130
Figura n.º 4.1.1.3 Diagrama de flujo de transformador sumergido en aceite (Con mejora)	135
Figura n.º 4.1.1.4 Rediseño distribución de planta.....	138
Figura n.º 4.1.1.5 Diagrama de Hilos SLP	139
Figura n.º 4.1.1.6 Distribución de planta mejorado	140
Figura n.º 4.1.1.7 Rediseño de layout de planta	142
Figura n.º 5.1.1 Incremento de la productividad	146
Figura n.º 5.3.1 Relaciones inter-áreas en Producción	149
Figura n.º 5.3.2 Distribución sin mejora	150
Figura n.º 5.3.3 Distribución con mejora.....	150

RESUMEN

La productividad es el indicador que mide la eficiencia del uso de los recursos para obtener productos, el incremento de la misma evidencia, una mejora en las operaciones en una empresa. La presente tesis, tiene como objetivo: “Mejorar la productividad a través del plan de mejora del proceso de producción en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa Electro Volt Ingenieros S.A”

Se ha realizado el Diagnostico situacional, analizando el proceso productivo integral, los indicadores de los recursos y la distribución de planta en el área de Producción. Se desarrolló la alternativa: “Rediseño del proceso y Distribución de Planta”. Las mejoras se han orientado: a) Re-estructuración del método de trabajo, enfocado en el optimar el uso de los recursos: Mano de obra, materia prima, horas máquina y energía eléctrica. b) Implementación de indicadores de gestión: Cálculo de la productividad y c) Rediseño de la distribución de planta, utilizando la matriz de relaciones y prioridades

Obteniéndose así, un incremento de la productividad del 13% lo cual implica una mejora de 0.259 \$ingreso/\$costo. Asimismo, se muestra el Flujo de caja del proyecto, realizando la evaluación de los indicadores de rentabilidad obteniéndose un VAN de \$5,148, y una TIR del 42%, con un Beneficio/Costo de 1.70.

Palabras claves: Transformador eléctrico, Productividad, Distribución de planta

ABSTRACT

The productivity is an indicator that measures efficiency of resource usage to obtain products, the increment de it shows, an improvement in business operations. This thesis, has as a objective: “Improve the productivity through a process improvement plan of mass production of oil immersed transformers, in the enterprise Electro Volt Ingenieros S.A”

It have been done a diagnostic of the current situation, analyzing the integral productivity process, resource metrics and the factory distribution in the production department. It had been developed an alternative: “Process redesign with a factory redistribution”. The improvements as been oriented to the following:

As a result obtaining, a productivity increase of 13% that will imply an improvement of 0.259 \$revenue/\$cost. Also, it shows that the project cash flow, making an evaluation of rentability metrics that obtains a VAN of \$5,148 and a TIR of 42% with a benefit/cost of 1.70

Keywords: electric transformer, productivity, factory distribution

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La competencia en la actualidad entre las organizaciones ha permitido dar lugar a excelentes proyectos de mejora para aumentar su estabilidad económica, de tal modo que permitan no solo mantener a clientes satisfechos, sino que faciliten el logro de nuevos clientes. Ante la acelerada competencia, es necesario implementar nuevas ventajas competitivas que permitan mejorar la calidad del producto y de esta manera cautivar y asegurar la fidelidad de futuros clientes.

Electro Volt Ingenieros S.A. tiene demanda aleatoria de empresas nacionales que exigen calidad y tiempo de entrega oportuna, debido a esto es necesario contar con un sistema productivo organizado para asegurar la rentabilidad operativa donde la mano de obra, materiales, máquinas y procedimientos de fabricación se complementen para obtener un producto de calidad, sin exceso de costo y cumplimiento del plazo pactado.

En el presente proyecto de tesis se analizó el proceso de la línea de fabricación de transformadores sumergidos en aceite para evidenciar la eficiencia y eficacia del trabajo operativo, lo cual se inicia con el levantamiento de información de cada área de trabajo, permitiéndonos identificar los procesos donde existen actividades innecesarias que deben ser eliminadas. El objetivo es mejorar el proceso, logrando disminuir los tiempos de fabricación y la optimización de recursos para el incremento de la productividad.

Al aplicar la mejora en el proceso de fabricación de transformadores sumergidos en aceite en la planta industrial de Electro Volt Ingenieros S.A. se logró varios beneficios como: la disminución de costos, incremento de la capacidad de producción, mejora de tiempos estándar y la distribución del área de trabajo en planta donde contaremos con mejores condiciones de traslado lo cual brinda mayor orden y comodidad a los técnicos operativos; evidenciando así, el incremento de la productividad del departamento de producción.

I.1. Antecedentes

I.1.1. De la organización.

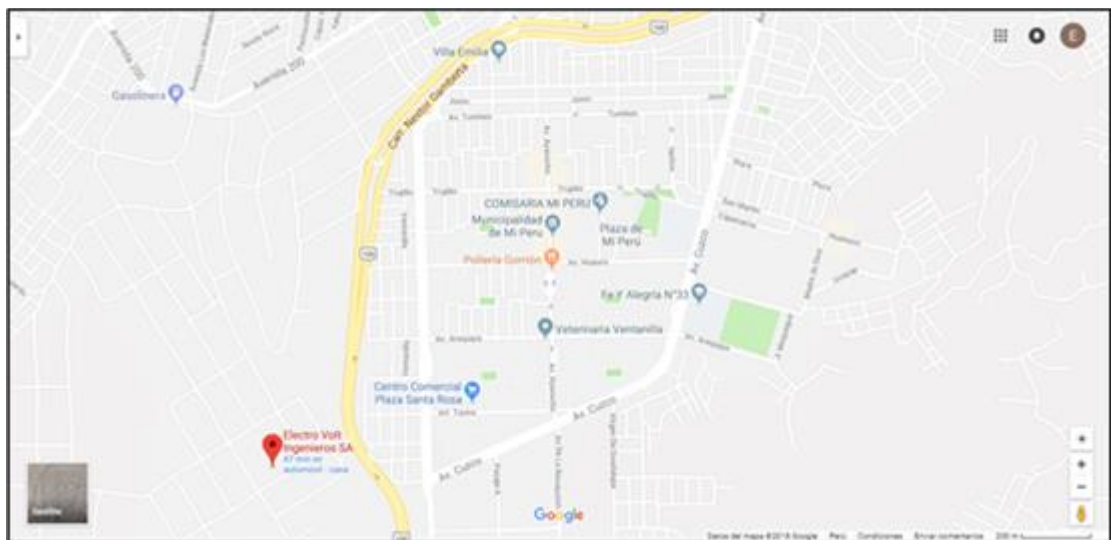
Electro Volt Ingenieros S.A. es una empresa peruana fundada en el año 1998, con 20 años de experiencia en el mercado nacional. Dedicada al diseño y desarrollo de

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

productos electromecánicos, comercialización y servicios integrados de reparación y mantenimiento.

Durante 16 años realizo sus actividades en el distrito del Callao, Av. Morales Duarez 1300 -1304, Carmen de la Legua. Por la demanda que sostenía y el crecimiento del proceso productivo deciden trasladar sus instalaciones al distritito de Ventanilla, Calle J, Mz. E2, Lot. 09, Zona industrial II, Pachacutec.

Figura n.º 1.1.1.1. Mapa de localización



Fuente: Google earth

Misión. Es brindar soluciones integrales de ingeniería y proyectos eléctricos de media y baja tensión, sostenida con tecnología moderna, equipo humano comprometido y especializado con altos estándares de calidad; generando confianza y reconocimiento de nuestros clientes.

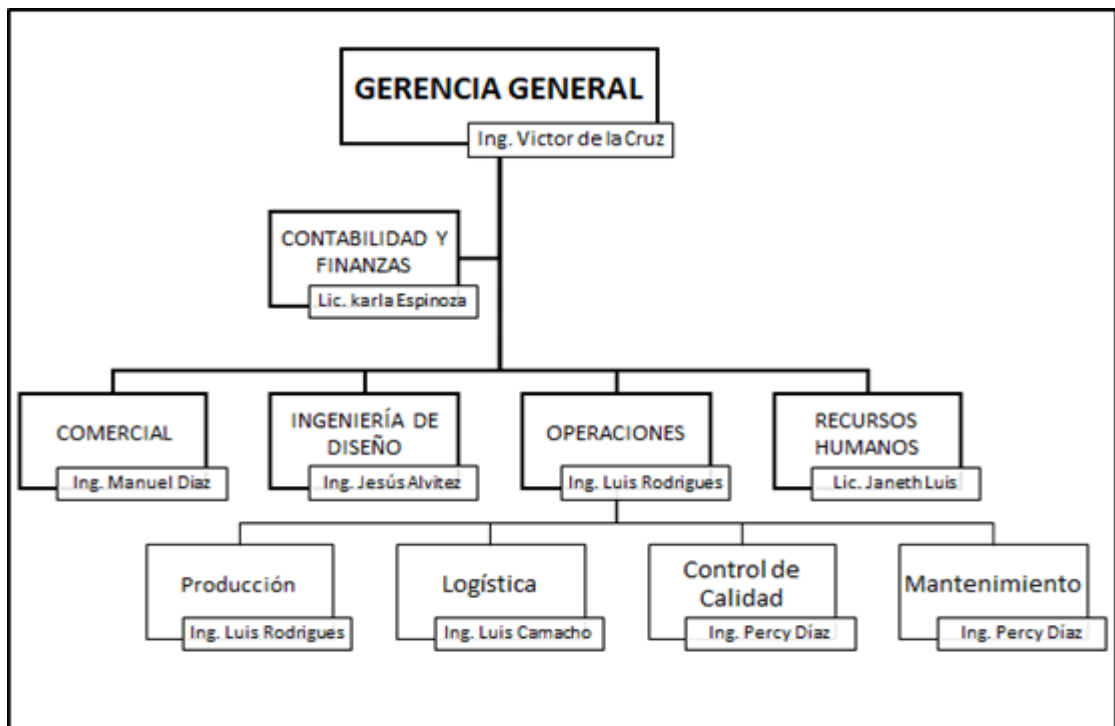
Visión. Ser reconocido como líderes en soluciones eléctricas a nivel nacional, identificados por la excelencia de sus productos, servicios, soporte y como una empresa socialmente responsable y muy cuidadosa del medio ambiente.

Valores.

- El cliente, es la razón de ser de Electro Volt.
- Brindar productos de primera calidad
- El trabajo es lo más importante
- Innovación y tecnología en todas las líneas
- Honestidad
- Compromiso
- Lealtad
- Respeto

Internamente cuenta con una estructura organizativa que presenta un esquema formal de las relaciones, comunicaciones, toma de decisión, los procedimientos y también los sistemas en donde se encuentran las personas que tienen como meta llegar al cumplimiento de los objetivos propuestos por la organización. Obteniendo un funcionamiento correcto y eficiente, hacia lo clientes nuevos y frecuentes.

Figura n.º 1.1.1.2. Organigrama estructural



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Servicios.

Con alta experiencia en productos electromecánicos y trabajando con equipos de última tecnología e innovación, que les permite brindar una línea de servicios en consultorías, proyectos y obras eléctricas:

- Reparaciones de transformadores de distribución, en seco en aceite.
- Implementación de protección de falla a tierra en subestaciones de superficie y subestaciones aéreas.
- Mantenimiento de transformadores en BT y MT.
- Montaje, instalación y puesta en marcha de transformadores y subestaciones eléctricas.
- Desarrollo, diseños y proyectos en baja tensión y media tensión.
- Ejecución de proyectos de media tensión y obras civiles.
- Pruebas eléctricas en nuestro laboratorio y en campo.
- Análisis de redes de baja tensión, Implementación de banco de condensadores.

Productos.

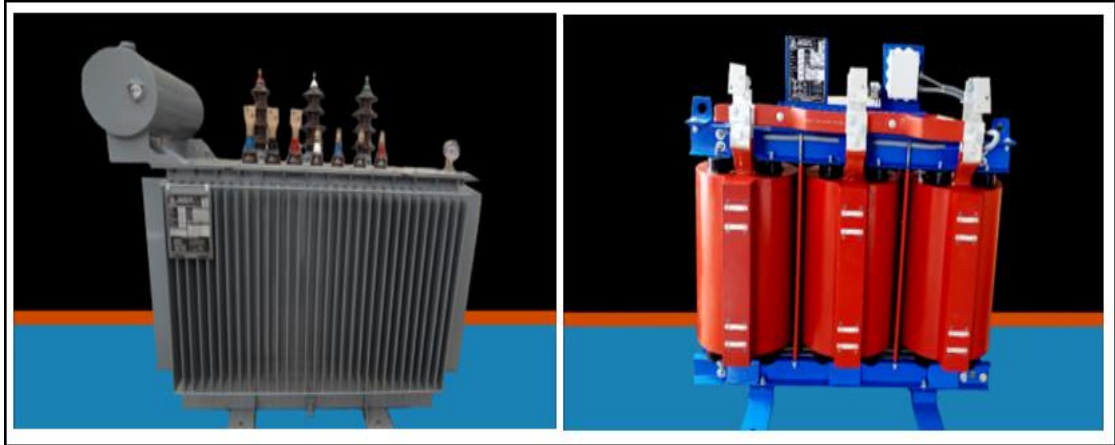
Brinda soluciones integrales, con un amplio portafolio de productos de acuerdo a las necesidades del cliente, como transformadores eléctricos, subestaciones eléctricas, tableros eléctricos y celdas de baja y media tensión:

Transformadores eléctricos:

- Transformador monofásico y trifásico sumergidos en aceite.
- Transformador de medida mixto sumergido en aceite.
- Transformadores de distribución compacta tipo pedestal.
- Transformador de medida y protección en resina en MT.
- Transformador monofásico de control.
- Transformador barnizado en seco.
- Transformador trifásico encapsulado en resina epoxi.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 1.1.1.3. Transformador sumergido en aceite y transformador en resina epoxi.



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A.

Subestaciones eléctricas:

- Subestación eléctrica tipo modular.
- Subestación eléctrica tipo compacta.
- Subestación eléctrica tipo convencional.

Figura n.º 1.1.1.4. Subestaciones eléctricas compacta y convencional.



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A.

Tableros eléctricos:

- Tableros y gabinetes modulares.
- Tableros de distribución de baja tensión.
- Tableros de control.
- Tableros auto soportados.

Celdas de baja y media tensión:

- Celdas de distribución.
- Celdas para banco de condensadores de media tensión.
- Celdas de medición y protección.
- Celdas de entrada, salida y transformación.
- Sub estaciones eléctricas convencionales.
- Sub estaciones eléctricas compactas.

Figura n.º 1.1.1.5. Tablero de distribución y Celdas modulares



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A.

Electro Volt Ingenieros S.A. manifiesta una alta demanda, por sus servicios especializados, en las principales empresas de los sectores de minería, eléctrico e industrial, teniendo como principales clientes:

- Compañía minera Antamina s.a

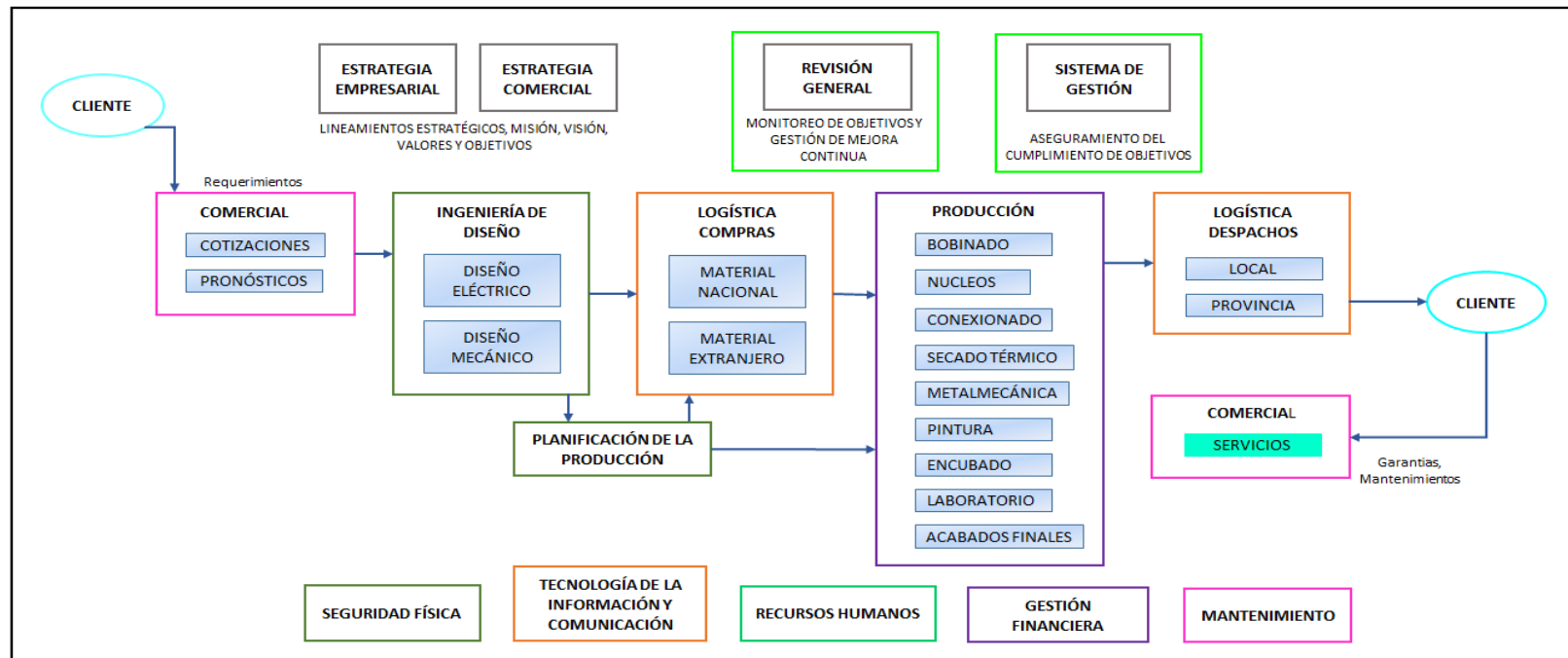
“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

- Vale exploration Perú s.a.
- Cia minera Casapalca s.a.
- Cia Ericccon s.a.
- ABB s.a.
- Sociedad agrícola Viru s.a.
- Corporación Aceros Arequipa s.a.
- Cencosud Perú s.a.
- Luz del Sur s.a.a.
- Manufacturas eléctricas s.a.
- Indeco s.a.
- Electrocentro s.a.
- Eecol Electric s.a.c.
- Schneider Electric s.a.
- Enel Distribución Perú s.a.a.
- Sodexo Perú s.a.c.
- Robert Bosch s.a.c.

I.1.2. Cadena de valor de Electro Volt Ingenieros S.A.

El análisis de la estrategia empresarial apoya a determinar los elementos esenciales para la ventaja competitiva hacia el mercado dirigido, proporcionando un esquema coherente para diagnosticar la posición de la empresa con respecto a sus competidores.

Figura n.º 1.1.2.1. Cadena de valor de Electro Volt Ingenieros S.A.



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A.

I.2. Determinación del problema de la investigación

La empresa Electro Volt Ingenieros S.A., viene creciendo en mercado en el mercado local, incrementando sus productos y servicios, sin embargo, este crecimiento esta siendo limitado por los inconvenientes para atender los pedidos a tiempo. Ello se debe a diversos factores en el Área de Producción, así como su relación con las áreas operativas. Para este trabajo de aplicación, se ha enfocado los esfuerzos en el Área de Producción, ya que esta área está a cargo de la mayor cantidad de mejoras a implementar, asimismo debido al manejo de los datos como parte de mi labor como Coordinador de Planta.

En el Área de Producción se puede observar dificultades en el aprovisionamiento de material, en obtener los planos finales de ingeniería, retrasos en las estaciones de trabajo, mermas y distribución de planta inadecuada. En ese sentido se ha agrupado los problemas, donde Producción puede tener acción de decisión, por ser pertinente al área.

La pregunta de investigación a considerar seria:

¿En qué medida un plan de mejora incrementará la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa Electro Volt Ingenieros SAC?

I.3. Justificación

La gerencia general y el personal de la empresa ha mostrado aprecio por los resultados beneficiosos en cuanto a la rapidez de sus procesos, la mayor expectativa es que la producción en planta sea eficiente y eficaz, obteniendo como resultado un sistema de productivo organizado; permitiendo a Electro Volt Ingenieros S.A. cumplir con los plazos de entrega acordados y reforzar la confianza de los clientes.

La consideración a la implementación de la mejora del proceso productivo es generada por la disminución de tiempos de fabricación y la optimización de los recursos para el incremento de la productividad, se ha observado en las áreas de trabajo en planta un mayor orden y comodidad para los técnicos operativos al momento de realizar sus

actividades, evidenciando el incremento de la productividad, obteniendo una mejora de la rentabilidad y competitividad de la empresa.

La mejora del proceso productivo está en la modernidad de las empresas; antes de la implementación, la línea de fabricación de transformadores sumergidos en aceite no tenía capacidad para cumplir con las ordenes de trabajo o pedidos que solicitaba el departamento de comercial. Con el proyecto de mejora, el proceso de fabricación se ha actualizado en procedimientos, tiempos estándar y layout; permitiendo de esta manera el aumento de la productividad y la competitividad en el mercado.

El beneficio que la empresa adquirió con la implementación de la mejora del proceso productivo es la optimización de los recursos que se complementan para la fabricación de transformadores, mejor ambiente laboral por orden y el fácil tránsito de los técnicos operativos, incremento de la calidad de los productos, evidenciando para la empresa una ventaja competitiva operacional hacia la competencia.

El beneficiario directo de la mejora del proceso productivo es el equipo de técnicos operativos que laboran en cada área de trabajo dentro de la planta de producción, permitiendo desarrollar sus actividades con eficiencia para entregar los productos en los tiempos acordados, este plan de mejora es una herramienta que genera un cambio de método de trabajo de gran impacto para el personal operativo, afianzando el sentido de responsabilidad y de entrega de resultados. Como beneficiario indirecto es el departamento de comercial, permitiendo cautivar y asegurar la fidelidad de los clientes en base a la mejora de la productividad.

I.4. Objetivos

Objetivo general.

Aplicar un plan de mejora para incrementar la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa Electro Volt Ingenieros S.A.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Objetivos específicos

1er objetivo específico

Analizar el proceso de fabricación y su relación con la baja productividad de la línea de transformadores sumergidos en aceite, de la empresa Electro Volt Ingenieros S.A.

2do objetivo específico

Diseñar un plan de mejora para incrementar la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, de la empresa Electro Volt Ingenieros S.A.

3er objetivo específico

Aplicar el plan de mejorar para incrementar la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, de la empresa Electro Volt Ingenieros S.A.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Como parte del desarrollo de la presente tesis se ha recopilado los conceptos teóricos en relación a la productividad y la producción de transformadores eléctricos en la industria. A continuación, se muestra un extracto y el comentario correspondiente en cada caso.

II.1. Análisis del sector eléctrico

El sector eléctrico es una industria clave en el desarrollo económico de un país, porque la electricidad es un insumo esencial para la producción de los bienes y servicios de una economía. Estos productos permiten el incremento de las actividades económicas industriales y el comercio generando desarrollo y bienestar en una economía.

II.1.1. Sector eléctrico en el mundo

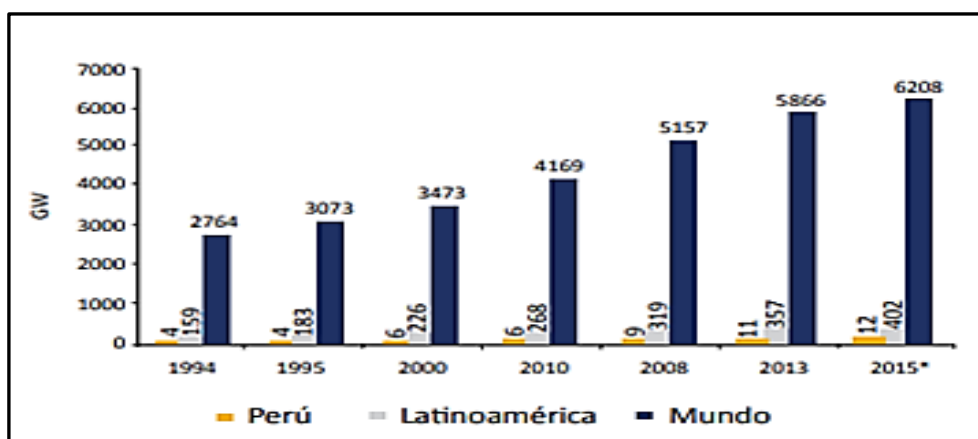
Durante la 2da Revolución industrial, se produjeron aproximadamente entre 1850-1870 hasta 1914. Durante este periodo los cambios sufrieron una fuerte aceleración. El proceso de industrialización cambió de naturaleza y el crecimiento económico transformó su modelo. Entre los principales cambios, tenemos la energía y el petróleo. Es ahí que la Electricidad, se abre paso como el generador de energía más importante para la industrial, luego de la maquina a vapor.

En los Estados Unidos la electrificación fue iniciado por Nikola Tesla, Thomas Alva Edison y George Westinghouse, mientras en Inglaterra, en 1880 entró en funcionamiento en Londres la primera central eléctrica destinada a iluminar la ciudad. Ante las ventajas del cambio en el modelo económico, el menor costo y la generación limpia, es que las aplicaciones de esta forma de energía se han extendido progresivamente, a todo el mundo, desarrollando y consolidando economías en el siglo XX

En la actualidad la capacidad instalada de energía, se ha difundido a todo el mundo, siendo Asia el continente con mayor concentración de la misma. Tamayo et.al. (2016) menciona: “Según datos estimados por la Gerencia de Políticas y Análisis Económico (GPAE) de Osinergmin, la capacidad instalada de generación eléctrica en el mundo en el 2015 fue 6208 gigawatts (GW)” (p.52)

La mayor proporción se desarrolla en Asia con 2881 GW, 46% del total del mundo. Los países con la mayor capacidad instalada en Asia son China (1433 GW), Japón (320 GW) y la India (312 GW). Asimismo, Europa concentra el 23% (1427 GW) y Norteamérica el 22% (1335 GW). Centro y Sudamérica solo representan el 4.5% de la capacidad mundial (318 GW), siendo Brasil y Argentina los países que contaron con la mayor capacidad instalada (134 GW y 42 GW, respectivamente). Dentro de los países sudamericanos Perú aporta 12 GW, lo cual representa el 0.2% de la capacidad instalada mundial. A continuación, se muestra la evolución de la capacidad instalada mundial de electricidad.

Figura n.º 2.1.1.1 Evolución de la capacidad instalada de generación en Perú, Latinoamérica y el mundo

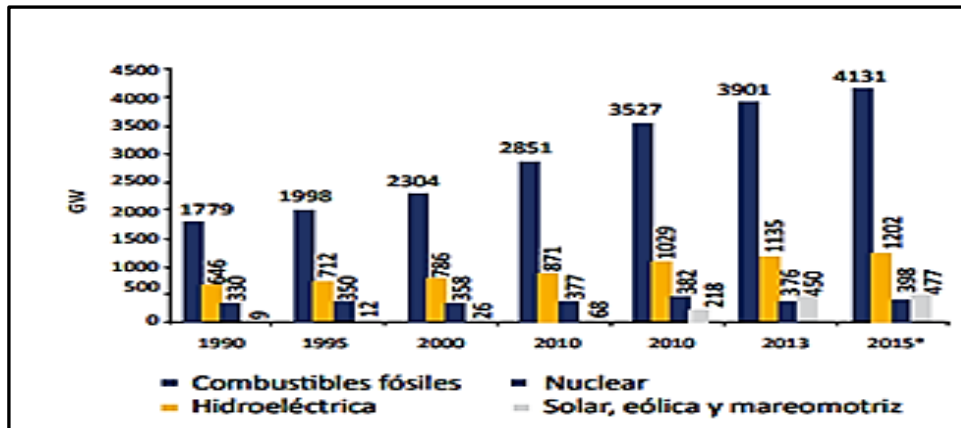


Fuente: ONU y MEM / GPAE Osinerming

En los últimos 20 años se viene cambiando las fuentes primarias para la generación eléctrica, en dicho proceso las tecnologías, limpias y renovables han ido variando la forma de elaboración de esta energía, dando paso a fuentes como la solar y eólica. Asimismo, se sabe que la principal fuente son los combustibles fósiles, y en segundo lugar las Hidroeléctricas. Sin embargo, en Sudamérica dicha situación es diferente, siendo las Hidroeléctrica la principal fuente con un 54% respecto a los combustibles fósiles que alcanzan el 43%, por ello es la región más limpia en generación del mundo. A continuación, se muestra una gráfica donde se visualiza dicha evolución del parque energético mundial

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 2.1.1.2 Evolución del parque de generación eléctrico por tipo de fuente primaria



Fuente: ONU y MEM / GPAE Osinerming

Respecto a las centrales hidroeléctricas, a continuación, se detallan las 5 principales a nivel mundial, donde el Perú se ubica en el 5to puesto con la Central Hidroeléctrica del Mantaro

Tabla n.º 2.1.1.3 Principales centrales hidroeléctricas en el mundo

Nº	Central	País	Capacidad (MW)	Inicio de operación
1	Presa de las Tres Gargantas	China	22 500	2003
2	Itaipú	Brasil - Paraguay	14 000	1984
3	Xiluodu	China	13 860	1984
4	Simón Bolívar (Presa de Guri)	Venezuela	10 235	1986
5	Presa de Tucuruí	Brasil	8370	1984
6	Complejo Hidroeléctrico del Mantaro	Perú	1008	1973

Fuente: ONU y MEM / GPAE Osinerming

II.1.2. Sector eléctrico en el Perú

La producción de energía eléctrica en el Perú se inició en el distrito de Yungas (Huaraz), donde se ubicó la empresa minera Tarijas, quien construyó la primera central hidroeléctrica, la cual comenzó a operar en 1884. Luego, el 15 de mayo de 1886, durante el gobierno presidencial del general Andrés A. Cáceres, la empresa Peruvian Electric Construction and Supply Company (PECSC) inauguró el alumbrado de la

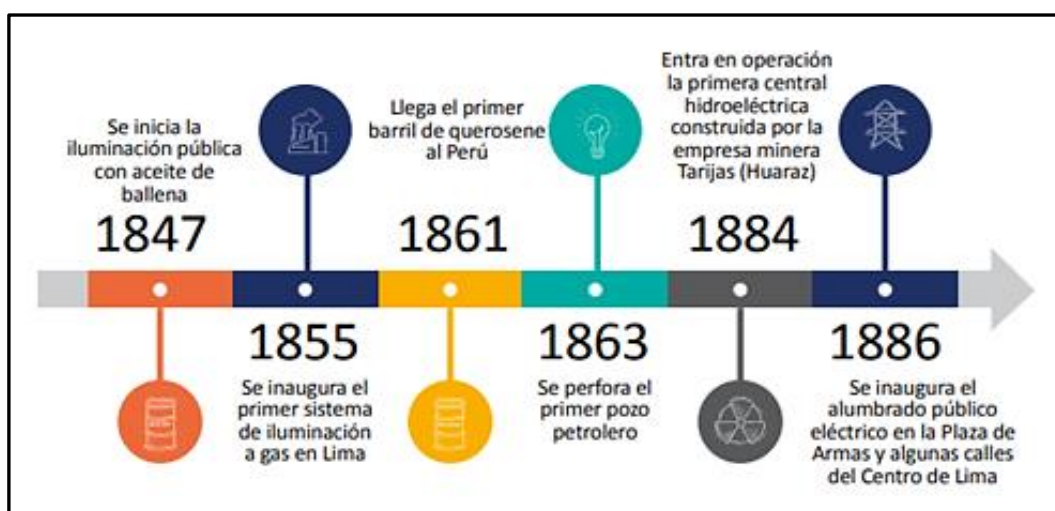
“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Plaza de Armas y de algunas calles del Centro de Lima, luego la iluminación se extiende a algunos predios. La electricidad se elaboraba en una planta a vapor con un motor de 500 caballos de fuerza ubicada frente al Parque Neptuno (primera cuadra del actual Paseo de la República). (Tamayo et al., 2016, p. 86)

Sin embargo, el primer sistema de iluminación fue inaugurado en 1855 por la Empresa del Gas (EdG). En dicho año, la EdG tenía una concesión para el alumbrado público o privado, así como un contrato con la Municipalidad para el alumbrado público a gas. Esto originó una discrepancia con PECSC, debido a que la EdG reclamaba poder continuar el contrato para el alumbrado público a gas en las mismas calles donde se introducía el eléctrico. Para solucionar el conflicto, la EdG compró la planta de PECSC. (Tamayo et al., 2016, p. 86)

El alumbrado público se da inicialmente por medio del uso del gas, y luego recién a energía eléctrica, las concesiones generaban discrepancias entre empresas, pero el Perú se insertaba en la modernidad durante la época de la prosperidad falaz, el primer gobierno de Cáceres fue de una bonanza económica.

Figura n.º 2.1.2.1 Principales hechos de los inicios del sector eléctrico



Fuente: ONU y MEM / GPAA Osinermining

Era 1890, cuando la Sociedad Industrial Santa Catalina, la cual se dedicada a la fabricación de tejidos, comenzó a emplear la fuerza eléctrica para la tracción de sus maquinarias. Debido a beneficios, constituyó la Empresa Transmisora de Fuerza Eléctrica. Fue el 27 de julio de 1898, que la empresa Luz Eléctrica de Arequipa inauguró el alumbrado público de la Plaza de Armas de la ciudad de Arequipa (Egasa, 2005). El servicio se daba de manera gratuita como parte del contrato firmado entre la empresa y la municipalidad para realizar la actividad de generación en las orillas del río Chili. La pequeña planta hidroeléctrica producía 200 kW de potencia.

En 1901, se fundó la Compañía Eléctrica de El Callao y se habilitó una planta a vapor en Chucuito, la cual suministraba energía eléctrica a El Callao.

En 1900, la Sociedad Industrial Santa Catalina se convirtió en la Empresa Eléctrica Santa Rosa y en 1903 construyó la Central Hidroeléctrica de Chosica de 4000 caballos de fuerza ubicada en el km 39 de la Carretera Central, teniendo una potencia instalada superior para la época. En 1905, la Empresa Eléctrica Santa Rosa atendía la demanda del servicio público de electricidad de Lima y suministraba al transporte público, es ahí que se realizó el cambio de su tracción inicial de vapor a tracción eléctrica entre los años de 1902 y 1905. Esto incluía al ferrocarril de Lima-El Callao y el de Lima-Chorrillos. También se incluyó el Tranvía Urbano de Lima (inicialmente con tracción animal). Esta demanda dio un gran impulso a la industria eléctrica y originó la ampliación de la Central Térmica Santa Rosa.

En Arequipa, en 1905, la reciente empresa Sociedad Eléctrica de Arequipa (SEAL) absorbió a la empresa Luz Eléctrica de Arequipa y se comprometió a impulsar la Central Hidroeléctrica de Charcani, instalando en ese año las turbinas de Charcani de 400 kW de potencia. La transmisión eléctrica entre la central y la ciudad tenía una extensión de 20 km. Desde ese momento, la industria eléctrica se expandió rápidamente.

Tamayo et al. (2016) indicaron que en 1912 se funda la Empresa Eléctrica de Tacna, la cual instaló una planta con un motor de 100 caballos de fuerza en el puerto de Iquique, dando inicio al suministro eléctrico en dicha ciudad y a la instalación del ferrocarril Tacna-Arica. (p.82)

En 1914, la Compañía Eléctrica Industrial del Cusco ilumina la ciudad del Cusco, fue la primera vez que se alumbró la ciudad, para lo cual se construyó una central de generación hidroeléctrica en Qorimarca, además de redes eléctricas de 16 km para el transporte de energía. Luego en 1915, se fundó la Cerro de Pasco Copper Corporation, fusión de empresas con mineras y ferroviarias, la cual empezó a utilizar energía eléctrica, para sus labores mineras, además se construyó centrales hidroeléctricas que abastecían sus instalaciones mineras, ferroviarias y pueblos aledaños a Pasco. (p. 88) Destacando Pasco y el Complejo Minero La Oroya.

El desarrollo del servicio eléctrico continuó a un ritmo constante para satisfacer la demanda hasta mediados de los años treinta, en dicho periodo la capacidad instalada en el país era de poco más de 100 000 kW. Para estos años la demanda empieza a superar la oferta instalada.

Para la década de los cuarenta se inicia la inquietud por la regulación de los aspectos relacionados con la seguridad en la industria eléctrica. En ese sentido la Asociación Electrotécnica Peruana (AEP) solicita al Ministerio de Fomento y Obras Públicas la autorización para formular el Código de Electricidad Nacional, el cual fue autorizado mediante la Resolución Suprema (R.S.) N° 1004 del 23 de septiembre de 1946. El proyecto tenía como objetivo establecer las condiciones y requisitos que debían cumplir las instalaciones eléctricas peruanas, en cuanto a calidad y especificaciones técnicas, según las exigencias y tecnología de la época.

En vista de este propósito, se constituyó una comisión presidida por el ingeniero Juan Orellana Zúñiga contando con el apoyo de la Dirección de Industrias y Electricidad del Ministerio de Fomento y Obras Públicas.

En 1951, se construyó en Lima la Central Hidroeléctrica de Moyopampa, con una potencia inicial de 40 000 kW, para aumentar su potencia instalada y servir a la ciudad y al puerto del Callao. Además, se instaló una nueva línea de transmisión Moyopampa Santa Rosa con una longitud de 39 km.

En 1952, la Cerro de Pasco Corporation puso en operación la primera línea de transmisión en 138 kV, Yaupi-Carhuamayo de 68 km. Se construyó para enviar la energía producida en la Central Hidroeléctrica de Yaupi a las obras de construcción de la empresa.

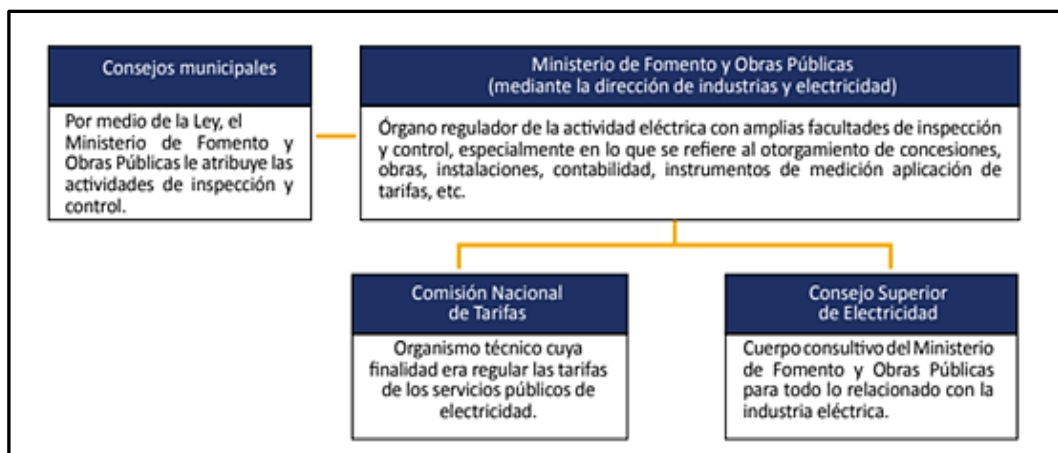
“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Recién a mediados de la década de los cincuenta se inicia la legislación relativa al sector eléctrico, durante el gobierno militar del general Manuel Odría.

II.1.3. Marco normativo del sector eléctrico peruano

El sector eléctrico en el Perú inicia en 1884 con la operación de la mina Tarijas, sin embargo, la regulación recién se daría en el año 1956, con la Ley N°12378, a través del Ministerio de Fomento y Obras Públicas a través de la Dirección de Industrias y Electricidad.

Figura n.º 2.1.3.1 Diseño institucional del sector eléctrico durante el gobierno de Odría



Fuente: ONU y MEM / GPAE Osinerming

A) La Ley de los Servicios Eléctricos Nacionales

Los Servicios eléctricos nacionales (SEN) se crearon a partir de la década del 60, con el incremento de la inversión y el marco normativo favorable para la actividad. En febrero de 1962 se promulgó la Ley N° 13979, la cual autorizaba al Poder Ejecutivo a organizar a los ferrocarriles públicos, el servicio de agua potable de Lima y el servicio nacional de electricidad como empresas autónomas. De esta forma, mediante un Decreto Supremo, se crearon los Servicios Eléctricos Nacionales (SEN) para explotar las numerosas centrales eléctricas que dependían del Estado, Ello con el fin de abastecer de servicios eléctricos a aquellos lugares donde no llegaba la inversión privada, especialmente las zonas rurales.

Durante esta época, la industria eléctrica en el Perú estuvo desarrollada, básicamente, por el sector privado nacional y extranjero (sobre todo suizo, inglés y estadounidense). En ese entonces se abastecía únicamente a 15% de la población, ya que solo quienes vivían en las grandes ciudades recibían el servicio mediante compañías privadas, a las cuales tenían concesiones temporales. Luego, con la aparición de las primeras empresas estatales, los poblados más pequeños empezaron a ser atendidos.

B) Los sistemas eléctricos regionales

Para finales de la década de los sesenta, la industria eléctrica en el Perú estaba compuesta por ocho sistemas eléctricos aislados sin interconexión, que abastecían únicamente las regiones donde se ubicaban sus centrales de generación y donde se contaba con líneas locales de transmisión. De acuerdo con el Plan Nacional de Electrificación y la Ley N° 14080: Ley de Fomento a la Interconexión Eléctrica, la política energética nacional proyectaba construir la primera red central de interconexión de los sistemas eléctricos regionales con el objetivo de disminuir el marcado déficit de energía eléctrica y permitir que la electricidad llegue a más peruanos.

La segunda mitad de la década de los ochenta se caracterizó por una intervención amplia del Gobierno en la economía mediante la implementación de reducciones y exoneraciones de impuestos, exoneraciones arancelarias y restricción de importaciones.

C) La Ley de Concesiones Eléctricas (LCE)

Durante la década del 90, bajo el régimen del gobierno de Alberto Fujimori, se inició un Plan agresivo de privatización, liberación de precios y promoción de inversión privada. En este marco se aprobó la LCE. Esta ley determinó la división de las actividades del sector eléctrico en generación, transmisión, distribución y comercialización, otorgándose concesiones y autorizaciones para dichas actividades, siendo el Estado el ente regulador.

Por otro lado, se estableció un régimen de libertad de precios para los suministros que puedan efectuarse en condiciones de competencia (generación y comercialización), y

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

un sistema de precios regulados en aquellos suministros que por su naturaleza lo requieran, reconociendo costos eficientes (transmisión y distribución)

Figura n.º 2.1.3.2 Esquema de reestructuración y privatización de las empresas eléctricas en el Perú en los noventa



Fuente: Banco Central de reserva 1999

D) El sistema eléctrico interconectado (SEIN)

A fines de la década de los ochenta, la electricidad en el Perú era distribuida a través de 03 sistemas interconectados regionales, aisladas entre ellas. Estos sistemas eran: Centro Norte (SICN), Sureste (SISE) y Suroeste (SISO), además de los sistemas eléctricos aislados. El SICN cubría la franja costera desde Marcona hasta Tumbes en el norte y la zona central del país desde Ayacucho en el sur hasta Aucayaca en el norte. El SISE estaba formado por las regiones de Cusco, Puno y Apurímac, y el SISO por las regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna.

La participación de cada sistema de acuerdo con la facturación, mostraba que el SICN representaba el 84% de la facturación total, el SISO el 7%, el SISE el 4%, y los sistemas aislados el 5%. Posteriormente, surgió el Sistema Interconectado del Sur

(Sisur), producto de la interconexión del SISO y SISE mediante la línea Tintaya-Socabaya en 1997. (Tamayo, 2016, p.109)

Durante 40 años el estado peruano había venido aprobando diversas leyes para regular la actividad en electricidad, hasta que, en el año 1996, se crea la autoridad reguladora de la energía, denominada Osinergmin.

Debido al crecimiento económico, el incremento de la demanda de una población cada vez mayor y la expansión del sector minero, se hacía prioritario interconectar el SICN y el Sisur, para configurar una sola red nacional.

En ese sentido para lograr dicha interconexión nacional, en 1998, el Ministerio de Energía y Minas (MEM) otorgó la ejecución del proyecto al Consorcio TransMantaro S.A. en calidad de concesionario. El contrato incluía la concepción, construcción y la operación de la línea por un periodo de 30 años, después sería entregado al Estado. El 8 de octubre del 2000 se puso en operación comercial la línea Mantaro-Socabaya de 220 kV, y a partir de esa fecha se conformó e inicio sus operaciones el SEIN.

Con la creación del SEIN y el ente regulador, es importante conocer las competencias que estas instituciones tienen para realizar un regulación y fiscalización eficiente en las 4 etapas del proceso de electrificación, a la continuación se detallan las mismas.

Figura n.º 2.1.3.3 Competencias de MEM y Osinergmin



Fuente: Vásquez – Desafíos de la regulación

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

E) Funciones de Osinergmin

Osinergmin como ente regulador tiene 7 funciones pilares para la fiscalización de la actividad, tanto para empresas, ciudadanos y gobierno. A continuación, se muestra las funciones principales:

Figura n.º 2.1.3.4 Funciones de Osinergmin

Fijación tarifaria	<input checked="" type="checkbox"/>	Regulación tarifaria: Fijación de tarifas de electricidad y gas natural.
Normativa	<input checked="" type="checkbox"/>	Normativa: Normativa del cumplimiento de las concesionarias y empresas eléctricas. Aprobación de procedimiento técnicos y regulatorios.
Fiscalización - supervisión	<input checked="" type="checkbox"/>	Supervisión - fiscalización: Multas e incentivos para asegura cumplimientos normativo.
Reclamos de Usuarios	<input checked="" type="checkbox"/>	Reclamos de usuarios: Atención de reclamos de los servicios regulatorios en segunda instancia administrativa.
Solución de controversias	<input checked="" type="checkbox"/>	Solución de controversias: Resolución de controversias que genran entre las empresas reguladas.
Opinión de contratos de concesión	<input checked="" type="checkbox"/>	Opinión a contratos de concesión: Opinión a contratos AFP en el marco del IDL 1224
Administrador temporal del FISE	<input checked="" type="checkbox"/>	

Fuente: Osinergmin

En el marco regulatorio se tiene varias entidades involucradas el siguiente grafico muestra la relación de dichas instituciones gubernamentales.

Tabla n.º 2.1.3.1 Regulación y supervisión de las actividades del sector eléctrico

Rol de entidades	Actividades del sector de electricidad			
	Generación	Transmisión	Distribución	Comercialización
Ente Normativo	MEM	MEM	MEM	MEM
Promoción de la inversión	Proinversión	Proinversión	Proinversión	Proinversión
Contratante	MEM	MEM	MEM	MEM
Supervisión del Contrato	-	Osinergmin	Osinergmin	
Regulador- Tarifas	-	Osinergmin	Osinergmin	
Operador del Sistema	COES	COES		-
Supervisión y Fiscalización:				
a) Normas técnicas y de seguridad	Osinergmin	Osinergmin	Osinergmin	Osinergmin
c) Normas de salud y seguridad ocupacional	Sunafil	Sunafil	Sunafil	Sunafil
Supervisión de la libre y leal competencia y control de fusiones y adquisiciones.	Indecopi	Indecopi	Indecopi	

Fuente: Osinergmin

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

F) Ley para el desarrollo eficiente de la generación eléctrica

La Ley N° 28832 introdujo la planificación del Sistema de Transmisión con el objetivo de incrementar las inversiones en transmisión eléctrica. Para ello se establecieron dos procesos de expansión de la red: i) el plan de transmisión y ii) el plan de inversiones. Asimismo, la Ley añadió dos nuevos sistemas de transmisión: el Sistema Garantizado de Transmisión (SGT) y el Sistema Complementario de Transmisión (SCT). El plan de transmisión es elaborado por el COES cada dos años y aprobado por el MEM, previa opinión de Osinergmin.

Figura n.º 2.1.3.5 Esquema de plan de transmisión



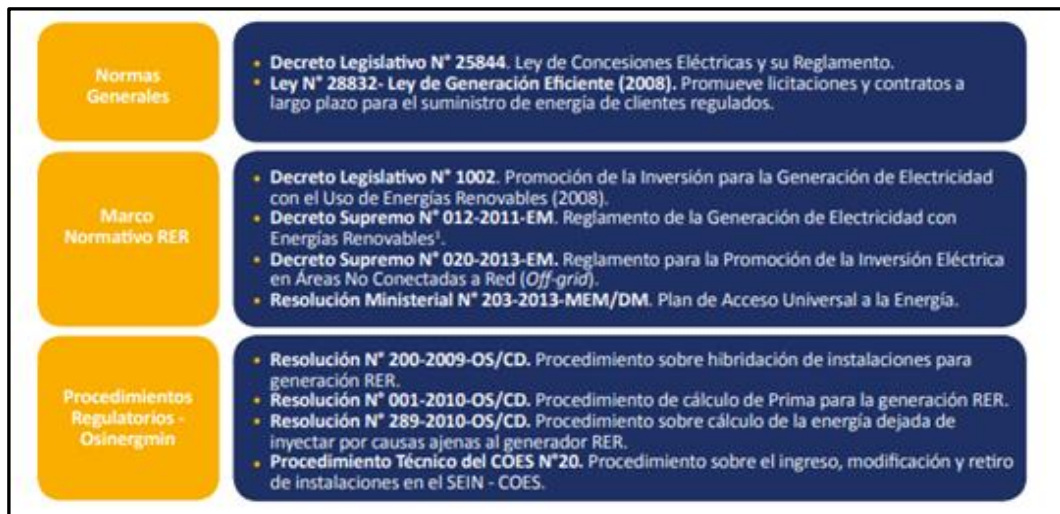
Fuente: Osinergmin

G) Fuentes Primarias de Energía renovables

Los tiempos modernos exigen formas más eficientes, limpias y eco amigables para la generación eléctrica. Es en este marco que las nuevas fuentes que vienen desarrollándose en el mundo contemplan, la energía solar, eólica, biodegradables entre otras. Por ello para fomentar la inversión, en este tipo de tecnologías, para el sector eléctrico, se ha reglamentado la normativa para los Recursos energéticos renovables (RER).

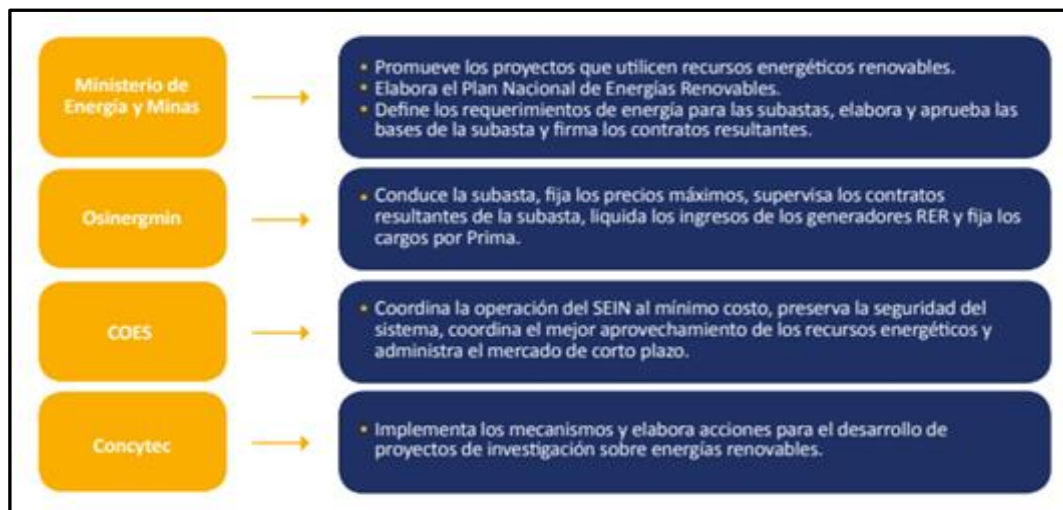
“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 2.1.3.6 Marco normativo de los RER en el Perú



Fuente: MEM, COES Osinergmin

Figura n.º 2.1.3.7 Marco Institucional para RER



Fuente: MEM, COES Osinergmin

Para fomentar los proyectos de generación eléctrica, a partir del 2008 se viene realizando subastas públicas para adjudicar obras con tecnologías renovables. En el cuadro siguiente se puede observar 64 proyectos adjudicados entre el 2008 y el 2015, por tipo de tecnología en el país.

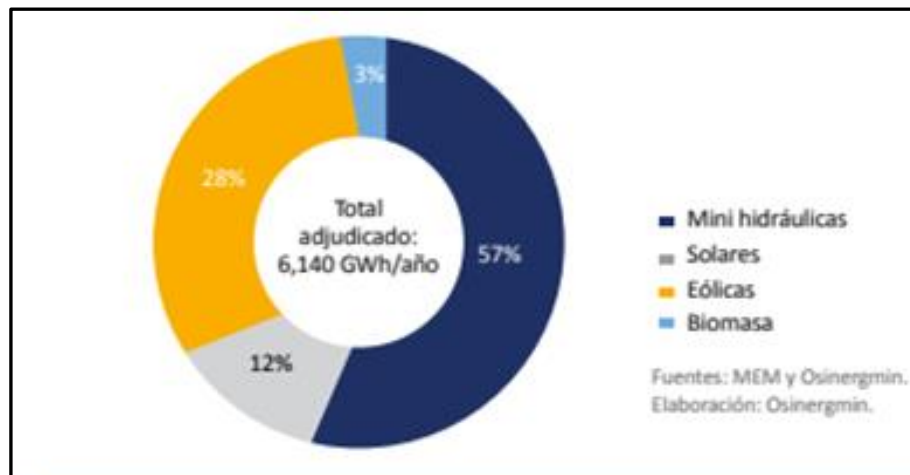
“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Tabla n.º 2.1.3.2 Número de proyectos contratados

Tecnología	Total proyectos
Pequeñas Hidro	45
Biogás	4
Eólica	7
Solar	7
Biomasa	1
Total	64

Fuente: Osinerghmin

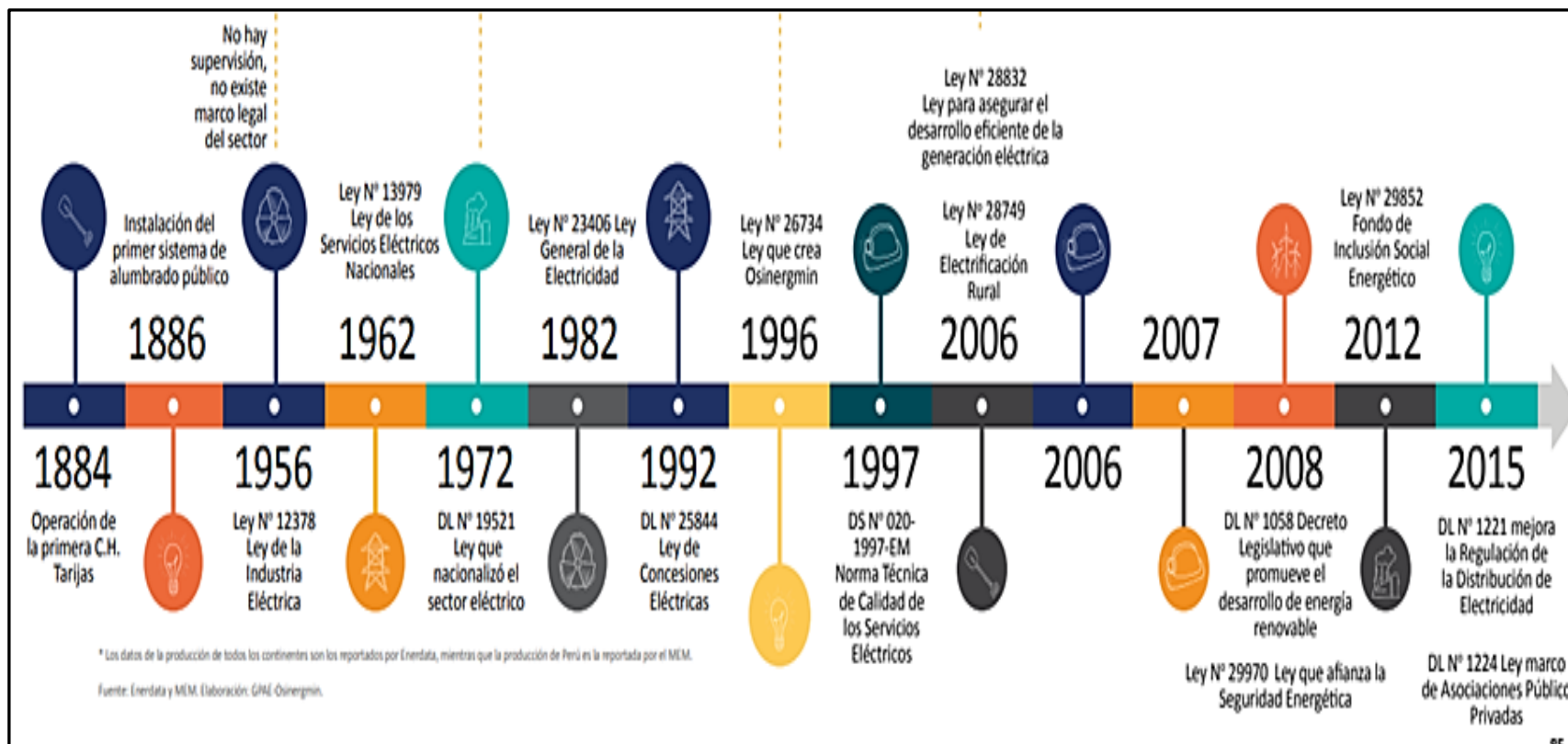
Figura n.º 2.1.3.8 Energía RER adjudicada en las cuatro subastas RER según tecnología, 2008-2015



Fuente: Osinerghmin

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 2.1.3.9 Línea de tiempo de la Reglamentación del Sector Eléctrico en el Perú



Fuente: Osinergmin

II.2. Metodologías y herramientas

II.2.1. Gestión de la producción

La gestión de la producción es fundamental en toda empresa productiva, debido a que todas las planificaciones se soportan en la producción de sus servicios y productos, los cuales generan las ventas reales para la empresa. En el mundo industrial se ha visto muchos casos en los cuales los sistemas de gestión de la producción, no dirigidos correctamente, conllevan al cierre inminente de las empresas. Por ello un sistema de producción, requiere una gestión de la producción, eficiente que permita incrementar el valor y el desempeño de la empresa en cuanto a su entorno comercial, incrementando su competitividad, por ello es tan importante que el modelo de gestión que se utilice este enmarcado en las tendencias modernas, utilizando tecnologías, acorde a las expectativas de los clientes, para asegurar las operaciones de la empresa.

Actividades que integran la gestión de la producción

- Definición de los objetivos de producción y de la estrategia para conseguirlos, teniendo en cuenta los objetivos y las estrategias globales de la organización;
- Elección, especificación e implementación del proceso productivo más adaptado al producto a producir y a la estrategia de producción definida;
- Definición de la capacidad productiva a instalar de acuerdo con las necesidades de producción
- Elección de los equipamientos productivos y de las tecnologías más eficientes y que mejor se adapten al producto a producir, las cantidades definidas y al proceso productivo escogido;
- Layout industrial en el cual se define la disposición de los equipamientos, de los materiales y de los puestos de trabajo bien como el flujo de materiales a lo largo del proceso productivo;
- Definición de la política de control de calidad en la producción, incluyendo la definición de los puntos de control.
- La gestión de la producción puede aún incluir áreas con las cuales trabaja directamente como las compras de materiales y materias primas, la logística de materiales de producto acabado y la gestión de stocks.¹

A) Sistema de producción

Es una serie de elementos organizados, relacionados y que interactúan entre ellos, y que van desde las máquinas, las personas, los materiales, incluyendo los procedimientos y el estilo de liderazgo. Todos esos componentes relacionados hacen que las materias primas y la información que intervenga en el proceso, sea transformada y llegue a ser un producto o servicio terminado, teniendo un resultado de calidad, con costo eficiente en un plazo acorde a la expectativa del cliente.

El sistema de producción es aquel sistema que proporciona una estructura que agiliza la descripción, la ejecución, y el planteamiento de un proceso industrial. Los administradores de operaciones toman decisiones que se relacionan con la función de operaciones y los sistemas de transformación que se emplean en la empresa. De manera similar, los sistemas de producción tienen la capacidad de involucrar las actividades y tareas diarias de adquisición y consumo de recursos. Estos son sistemas que utilizan los gerentes de primera línea dada la relevancia que tienen como factor de decisión empresarial.

B) Recursos de un sistema productivo

Los factores de producción y/o recursos son todos aquellos insumos, que se requieren en los procesos de elaboración de bienes y en la prestación de servicios, que constituyen la primera fase de la actividad económica. En la visión clásica de la economía estos eran Tierra, Trabajo y Capital, los cuales se detallan a continuación:

La Tierra

Comprende a todos los recursos naturales que pueden ser utilizados en el proceso productivo. Por ejemplo, la tierra cultivable, la tierra para edificación, los recursos minerales como oro, plata o acero, las fuentes de energía como agua, gas natural, carbón, etc.

El Trabajo

Son las horas de tiempo que las personas dedican a la producción. De esta forma, las horas de trabajo físico de un agricultor, las horas de trabajo de un minero, las horas de

estudio de un investigador o las horas de clases de un profesor, son ejemplos de este factor productivo.

El Capital

Comprende a los bienes durables que son utilizados para fabricar otros bienes o servicios. En ese sentido tenemos, la maquinaria agrícola, las carreteras, los ordenadores y el dinero estos son considerados Capital.

Actualmente de acuerdo a las nuevas tendencias, la globalización y los nuevos conocimientos en sistemas y tecnologías se ha modificado el factor “Capital” y se ha incrementado los 02 factores adicionales:

a) Capital:

El capital en estos tiempos modernos se divide en Físico, Humano y Financiero.

Capital físico o real:

- Fijo: Instrumentos de cualquier clase empleados en la producción, como lo son los edificios y maquinaria.
- Circulante: Bienes que están en proceso de ser consumidos por el sistema productivo, ejemplo materias primas y aquellas que existen en almacén.

Capital humano: Todo el personal, sean empleados o ejecutivos.

Capital financiero: Formado por el dinero físico o electrónico.

b) Los conocimientos humanos

Que están incorporados al factor trabajo el "know-how", que se requiere ir constantemente cultivando, para generar investigaciones, para el desarrollo de los sistemas productivos y la industria en los tiempos actuales.

c) La tecnología

Llamado también, la técnica, se refiere al conjunto de conocimientos que, aplicados de forma lógica y ordenada, permiten a las personas solucionar problemas, modificar

su entorno y el sistema natural, adaptándose al medio ambiente y la sociedad donde se implementa la misma.

C) Indicadores de producción

Se denomina, indicadores de producción a las diferentes métricas que las empresas utilizan para evaluar, analizar y hacer seguimiento a los procesos, en este caso en especial al sistema de producción. Estas mediciones de rendimiento se utilizan comúnmente para evaluar el éxito con relación a las metas y objetivos planificados.

En las organizaciones todo es susceptible de ser medido y por tanto todo se puede controlar y mejorar, así que medir es la base para el éxito de cualquier administración. El uso adecuado de los indicadores en los programas de optimización de los procesos logísticos en las empresas, será la base de la competitividad y sostenibilidad en el tiempo en el mercado.ⁱⁱ

Los indicadores pueden ser:

Los indicadores de desempeño de los procesos

Llamados también KPI (del inglés: Key Performance Indicator), se centran en cómo se realiza la tarea, midiendo su desempeño y si logran ciertos objetivos. Este indicador debe ser calculado por un índice (generalmente representado por un número) que retrate el progreso del proceso en su conjunto o en parte.ⁱⁱⁱ

Los indicadores de rendimiento estratégico

Tienen la función de comprobar si la organización está logrando los objetivos establecidos por la alta dirección, los llamados objetivos estratégicos.

Asimismo, pueden ser Temporales (Asociados al resultado y al logro, luego del cual ya no es necesario continuar midiendo) y Permanentes (Están asociados a los procesos que normalmente están establecidos en la empresa, los cuales son constantes en el corto y mediano plazo, hasta nuevos cambios en procesos y/o sistemas tecnológicos, donde el indicador se deberá ajustar a esta nueva situación)

Indicadores del desempeño de los procesos.

- Indicadores de eficiencia
- Indicadores de capacidad
- Indicadores de productividad
- Indicadores de calidad
- Indicadores de lucro
- Indicadores de rentabilidad
- Indicadores de competitividad
- Indicadores de efectividad
- Indicadores de valor

Para implementar un sistema de indicadores es necesario seguir algunos pasos importantes los cuales detallamos a continuación.

- Identificar el proceso a medir
- Conceptualizar cada paso del proceso
- Definir el objetivo del indicador y la variable a medir
- Recolectar información el proceso
- Medir las variables
- Establecer y elegir el indicador a controlar
- Comparar el indicador con la competencia interna
- Seguir y retroalimentar las mediciones periódicamente
- Mejorar continuamente el indicador
- Proyección y benchmarking externos

II.2.2. La productividad

La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. En realidad, la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida. (Schroeder, p. 533)

La productividad evalúa la capacidad de un sistema para elaborar los productos que son requeridos y con ello el grado de rendimiento de los recursos utilizados, es decir, el valor agregado. Una mayor productividad utilizando los mismos recursos o produciendo los mismos bienes o servicios resulta en una mayor rentabilidad para la empresa.

La productividad de los factores

Se relaciona con el rendimiento del proceso económico medido en unidades físicas o monetarias, por relación entre factores empleados y productos obtenidos. Es uno de los términos que define el objetivo del subsistema técnico de la organización. La productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas.

La productividad global

Es la relación de la producción obtenida y la sumatoria de los factores utilizados para la elaboración de un bien y/o servicio. Este indicador es muy utilizado para hacer comparaciones en la industria y buscar mejoras en torno al benchmarking del sector industrial.

La productividad marginal

La Ley de los rendimientos decrecientes tiene un rol fundamental en la productividad de un factor, pues indica que la productividad marginal de cada factor disminuye a medida que más unidades de éste se agregan al proceso de producción (dejando el resto de los factores productivos en una cantidad constante). De esta manera sobrepasar la cantidad óptima de un factor productivo puede resultar incluso en un decrecimiento de la productividad total.

La productividad por servicios

La productividad es un concepto teórico muy importante en las ciencias económicas. Ella tiene incidencia, directa o indirecta, tanto en los precios de los servicios ofrecidos por las empresas, como en las demandas de los clientes. Por ello el desarrollo de las

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

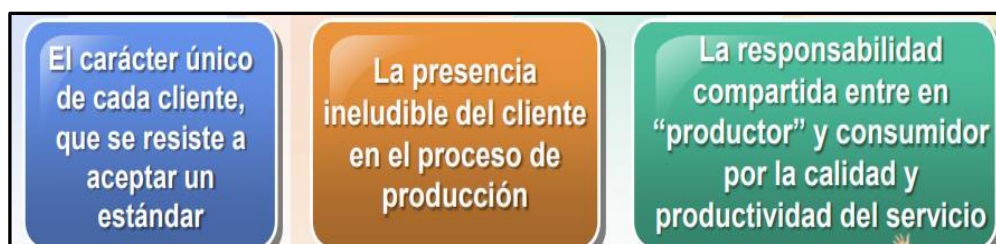
empresas depende en gran medida de su capacidad de mejorar su productividad para disminuir sus costos de producción por unidad de servicio, y conservar así su lugar en el mercado.

Aunque sean varias las diferencias existentes entre las industrias que producen bienes y las empresas que prestan servicios, así como los distintos roles que un cliente puede adoptar durante la prestación del servicio, es de vital importancia hacer énfasis en que las exigencias sobre calidad del producto en las empresas de servicios requieren gran variedad en los servicios ofertados para responder rápidamente a la demanda que se diversifica según la edad, nivel de ingresos, estilos de vida, datos geográficos, entre otros; debiendo ser capaz de ofrecer servicios diferentes en las mismas unidades productivas, haciendo que la complejidad del trabajo aumente y demande constantemente la subjetividad de los trabajadores. “En la época de Taylor, en 1911, los trabajadores no necesitaban pensar; sin embargo, en la actualidad es condición indispensable que el trabajador piense, cree y tome decisiones rápidas, para que pueda ser definido como productivo, apto y saludable.” (Correa, 2017, p.196)

La productividad en servicios debe desarrollar conocimientos y marcas para potenciar y posicionar el nombre de la empresa, fidelizando así a sus clientes, asegurando las operaciones futuras.

- Entre dichos conocimientos tenemos:
- Investigación y desarrollo de exclusividades
- Competencia por posicionamiento
- Desarrollar competencias
- Leer las necesidades del mercado y de cliente potencial

Figura n.º 2.2.2.1 Características de la productividad en empresas de servicios



Fuente: Ramon Rosales, Productividad en Servicios

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

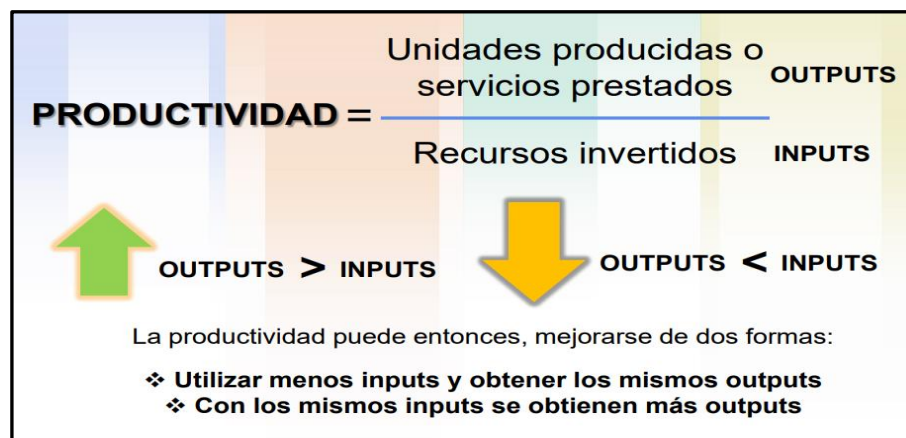
Las empresas de servicios más exitosas recomiendan implementar mejoras en la relación con el cliente para incrementar la productividad. Estas buenas prácticas se detallan:

- **Tangibilidad**, en la persona y desarrollo de nuevos productos
- **Confiabilidad**, en todos los profesionales que brindan el servicio
- **Capacidad de respuesta**, para ayudar y dar soporte al cliente
- **Garantía** de un servicio de calidad
- **Empatía** y buena relación con el cliente

Medición de la productividad

La productividad se define como la relación entre insumos y productos

Figura n.º 2.2.2.2 Medición de la productividad



Fuente: Rojnik Belen, Productividad en el servicio

La productividad observada

Es la productividad medida durante un periodo definido (día, semana, Mes, año) en un sistema conocido (taller, empresa, sector, departamento, mano de obra, energía, país)

El estándar de productividad,

Es la productividad base o anterior que sirve de referencia.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Índice de Productividad, Pero lo más importante es ir definiendo la tendencia por medio del uso de índices de productividad a través del tiempo y, realizar las correcciones necesarias con el fin de aumentar la eficiencia y ser más rentables.

Con el fin de medir el progreso de la productividad, generalmente se emplea el **INDICE DE PRODUCTIVIDAD (P)** como punto de comparación:

Figura n.º 2.2.2.3 Índice de productividad

$$\text{ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD} = \frac{100 * (\text{Productividad Observada})}{\text{Estándar de Productividad}}$$

Fuente: Material de Clase, Ingeniería de métodos -UPN

Ventajas de la medición de la productividad

Actualmente se presta mucha atención a la sostenibilidad, de manera que, en general, cuando la productividad aumenta manteniendo constantes capital y mano de obra, se debe a un menor uso de recursos naturales, como agua o energía.¹¹ Asimismo, el reciclaje de los residuos de una producción, o su aprovechamiento para alimentar otras cadenas de producción según los principios de la economía circular, puede aumentar la productividad total de la empresa, no aumentando la cantidad de producto que fabrica, pero sí reduciendo sus costes.^{iv}

II.2.3. Mejora de procesos

La gestión y mejora de procesos es uno de los pilares sobre los que descansa la gestión según los principios de Calidad Total. Según esta metodología, es necesario que una empresa tenga implementada una Gestión por procesos. Para ello definiremos algunos conceptos:

Proceso

Se puede definir un proceso como cualquier secuencia repetitiva de actividades que una o varias personas (Intervinientes) desarrollan para hacer llegar una Salida a un Destinatario a partir de unos recursos que se utilizan (Recursos que necesitan emplear los intervinientes) o bien se consumen (Entradas al proceso). Teniendo como objetivo la transformación de la materia prima y/o los recursos de entrada, para elaborar un producto, sea este un bien y/o un servicio.

Gestión por procesos

La gestión de procesos o gestión basada en procesos es uno de los 8 principios de la gestión de la calidad. Su importancia radica en que los resultados se alcanzan con más eficiencia cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso. La gestión basada en procesos fue uno de los grandes aportes de la gestión de la calidad cuando nació como evolución del aseguramiento de la calidad.

En general, cualquier organización tiene establecida una gestión funcional, esto es, se trabaja en departamentos con una definición clara de la jerarquía y se concentra la atención en el resultado de las actividades de cada persona o cada departamento. Al adoptar un enfoque de gestión por procesos, no se elimina la estructura de departamentos de la organización, pero se concentra la atención en el resultado de cada proceso y en la manera en que éstos aportan valor al cliente.^v

A) El modelo de las ocho fases (8D)

Esta es una metodología sistematizada para la aplicación de mejoras en los procesos, sobre la base de la mejora enfocada. El objetivo es que las mejoras que se obtengan sean incrementales y sostenibles, que involucren a todo el personal de la empresa y sin incurrir en inversiones intensivas; sin embargo, varía en el hecho de que el planteamiento de los objetivos de mejora y sus correspondientes indicadores de rendimiento, son establecidos por la dirección de mejoramiento, es decir, mejora enfocada.

Las fases que componen la metodología 8D son:

- Formación del grupo de mejora (equipo)
- Definición del problema
- Implementación de soluciones de contención
- Medición y análisis: Identificación de las causas raíces
- Análisis de soluciones para las causas raíces
- Elección e implementación de soluciones raíces (comprobación)
- Prevención de recurrencias del problema y causas raíces
- Reconocimiento del equipo de mejora

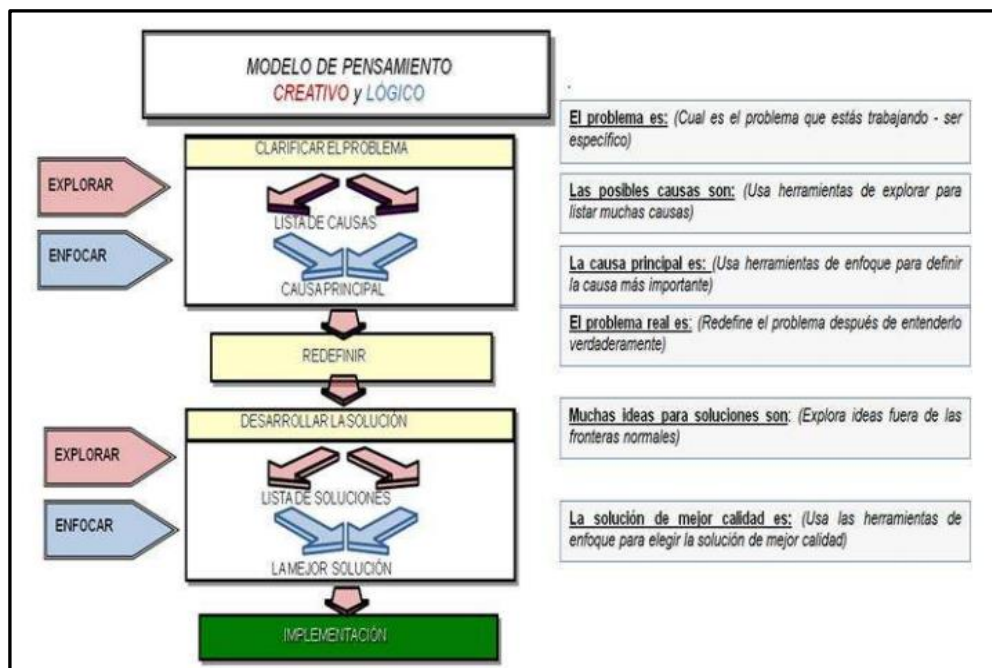
Selección del proceso a mejorar

La mejora continua del proceso se basa en la evaluación continua, a través de la aplicación del Ciclo de Shewart (Plan, Do, Check, Act), de todos los aspectos que conforman el mismo: su diseño, ejecución, las medidas de control y su ajuste.

La resolución de problemas es fundamental para la mejora continua y progreso de las empresas. Conocer herramientas para resolver problemas de manera tanto lógica como creativa, puede ayudar a contribuir a alcanzar mejores resultados de negocio y, en definitiva, a poder realizar de manera más eficiente el trabajo y a que reconozcan el valor añadido que la persona representa para la empresa.

Es necesario realizar un análisis consensuado con las áreas involucradas en la problemática para elegir la de mayor significancia para la organización. En ese sentido es importante, conocer las dimensiones del problema, para encontrar realmente cual es el problema y enfocarnos en la solución de la misma. A continuación, se presenta un diagrama que detalla los pensamientos lógicos de este proceso, a fin de enfocar esfuerzos.

Figura n.º 2.2.3.1 Diagrama del modelo de pensamiento creativo y lógico



Fuente: Revista de investigación Editada por Área de Innovación y Desarrollo, S.L

Organizar el equipo de mejora

El método de las ocho fases puede desarrollarse de forma individual o colectiva, y los criterios sobre los cuales se basa la decisión de conformar un equipo de trabajo son principalmente la complejidad del problema y/o su criticidad. Los equipos de mejora continua se denominan por lo general EMC. Para conformar un EMC es necesario entender la problemática a abordar, para ello se dividen los problemas en complejos y críticos, a fin de incluir profesionales especializados, según se requiera.

Problema complejo

Situación cuyas causas y soluciones no son obvias, y se precisa de la interacción de varios individuos para definir correctamente el problema, y buscar medidas que lo mitiguen desde diferentes puntos de vista.

Problema crítico

Situación de alto impacto en los procesos, en la que los errores tienen un alto costo, y los grados de responsabilidad son mayores. Teniendo en cuenta la problemática, las empresas de acuerdo a su organización interna, pueden definir un equipo para al análisis de problema y formulación de a solución, con dedicación parcial (modelo matricial) o a tiempo completo (funcional).

Estructura de proyectos clásica

Estos equipos se caracterizan por tener un responsable del proyecto, quien trabaja a tiempo completo en el mismo; el resto de integrantes que conforman el equipo alternan su tiempo entre sus actividades diarias, y las actividades del proyecto; tiene una duración habitual de aproximadamente 4 a 16 semanas.

Estructura de proyectos Kaizen

Estos equipos se caracterizan por tener un responsable o coordinador que se encarga de gestionar diferentes equipos en la organización (Kaizen teams); los integrantes del equipo trabajan a tiempo completo en el proyecto (fuera de línea); tiene una duración habitual de aproximadamente 1 a 2 semanas.

Consideraciones para la implementación de un EMC

- ◆ Compromiso de la Alta Dirección
- ◆ Motivación del personal
- ◆ Capacitación en temas de Calidad
- ◆ Resultados no son inmediatos
- ◆ Recursos de capacitación

Los equipos de mejora deben ser formalmente constituidos para ello debe de tener un Acta de constitución, se presenta a continuación un ejemplo de ello.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 2.2.3.2 Acta de constitución de equipo de mejora continua

ACTA DE CONSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE MEJORA CONTINUA							
Seleccione el tipo de equipo:		Grupo de Progreso <input type="checkbox"/>	Círculo de Control de Calidad <input type="checkbox"/>	(Línea Solo Por TQM)			
Categoría:		Realización del producto <input type="checkbox"/>	Apoyo o Soporte <input type="checkbox"/>	N° DE REGISTRO			
Nombre del equipo de mejora: _____							
INTEGRANTES						FECHA DE	
N°	CÓDIGO	APELLIDOS Y NOMBRES	SECCIÓN	Año de Ingreso a la Empresa	FIRMA	INGRESO AL EQUIPO	SALIDA DEL EQUIPO
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
<small>NOTA: El máximo número de integrantes activos no debe exceder de 08 personas.</small>							
FACILITADORES						FECHA DE	
N°	CÓDIGO	APELLIDOS Y NOMBRES	SECCIÓN	AÑO DE INGRESO A LA EMPRESA	FIRMA	INGRESO AL EQUIPO	SALIDA AL EQUIPO
1							
2							
<small>NOTA: El máximo número de facilitadores activos no debe exceder de 2 personas.</small>							
CARGOS							
LÍDER		VICE - LÍDER		SECRETARIO			
AÑO	APELLIDOS Y NOMBRES		APELLIDOS Y NOMBRES		APELLIDOS Y NOMBRES		

Fuente: Tecsup, material de clase

Asimismo, todo EMC debería de tener un nombre del equipo, un logo y eslogan para crear independencia y reconocimiento propio de los integrantes, como parte activa en el compromiso de búsqueda de mejoras para la organización.

Definición del problema

Un problema existe cuando hay una desviación entre el desempeño actual de un proceso, producto o servicio y el nivel deseado de desempeño. Entonces es importante descubrir la causa de esa desviación y tomar acciones correctivas para eliminarlo.

Los problemas de una institución se pueden clasificar en los siguientes cuatro tipos:

1. Problemas simples: los problemas simples tienen causas simples, por lo que la acción tomada para resolverlos es obvia y solamente se requiere de la inteligencia, conocimiento, habilidades y experiencia de los colaboradores para resolverlos
2. Problemas que requieren tecnología: es factible que se pueda conocer la causa, pero no saber cómo resolverlo.
3. Problemas de acción conocida: donde la acción requerida es conocida, pero se requiere cuidado para resolverlo, esto sucede porque se sabe la acción que debe ser tomada pero no se ha entendido bien la causa del problema.

4. Problemas que vale la pena resolver: son denominados así cuando su causa y efecto no son conocidos.

Siempre se asumen actitudes ante los problemas, sólo que son diversas y responden a las distintas perspectivas de los participantes según sus roles en el escenario interno y el entorno.

Para una solución efectiva de los problemas es muy importante hacer una correcta identificación del problema.

Gutiérrez “Se debe definir y delimitar con claridad un problema importante, de tal forma que se entienda en qué consiste el problema, cómo y dónde se manifiesta, cómo afecta al cliente y cómo influye en la calidad y la productividad”

Oportunidad de mejora

Es una posibilidad, una alternativa que se abre y a través de ella se podrá encaminar algo importante o valioso que permitirá darle una solución o una mejora a un proceso. Se podría decir que, una oportunidad de mejora son acciones que se destinan a la mejora de un proceso o sistema.

Medición y análisis: Identificar las causas raíces

En el método tradicional se tiene que solucionar los problemas, acudiendo a medidas centradas en los síntomas, y no analizando la estructura real del problema, razón por la cual, la fase de medición y análisis es quizá la que mayor valor agregue en una metodología de mejora de procesos.

La primera tarea a la que se enfrenta el grupo de mejora de procesos en esta fase consiste en el cálculo de los indicadores de rendimiento, dichos indicadores (KPI's) debieron ser establecidos en la definición del problema según se hayan establecido los objetivos del grupo, es una práctica recomendada no excederse de 04 indicadores, y centrar la atención del equipo en los más relevantes, para ello debe establecerse de forma clara:

- ¿Cuáles son los indicadores más representativos del proceso?
- ¿Cómo se calculan los indicadores?
- ¿Cómo se recolectan los datos que alimentan los indicadores?

Realizada la recolección de datos para los indicadores, y como proceso transversal de la fase, debe especificarse un "Plan de toma de datos", dicho plan debe responder las siguientes preguntas y aplicarse para cada tarea de la fase de medición y análisis:

- ¿Qué datos se van a tomar?
- ¿Cómo se van a tomar, cuál es el procedimiento y cuáles son las herramientas?
- ¿Cuántos datos se van a tomar?
- ¿Quiénes se encargarán de la toma de datos?

Cuando el grupo tiene la información respecto al comportamiento de los indicadores relevantes del proceso, este tiene la base del análisis causal de la situación problema, y a partir de la data debe iniciar el grupo un debate que conduzca a encontrar la causa o las causas raíces.

Concluida esta fase el grupo está más focalizado, tiene claro cuáles son sus objetivos y que causas debe atacar para encontrar una solución definitiva del problema.

B) Metodología para la solución del problema: El Proyecto de Mejora

Es importante cambiar el paradigma de tener un problema para virar hacia tenemos una oportunidad de mejora. Siempre viendo la problemática en positivo, genera un mayor espectro de alternativas de solución para seleccionar la más viable.

El objetivo será diseñar, de forma completa, la solución más adecuada para eliminar o minimizar el problema objeto de estudio. Con el objetivo de alcanzar una solución optimizada, es necesario realizar los siguientes pasos:

a) Listar todas las posibles soluciones a las causas raíz detectadas por los responsables de la resolución del problema, de forma que se recojan todas las ideas al respecto.

b) Evaluar las diferentes alternativas de solución en función de criterios que permitan la optimización de la solución final adoptada, como:

- Impacto o eficacia en la resolución del problema.
- Resistencia al cambio de los impactos producidos por la solución.
- Coste de la solución
- Tiempo de implantación.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

- Relación coste / beneficio

c) Diseñar en detalle la solución más idónea.

Una vez seleccionada aquella posible solución que parece aportar mayores “beneficios”, es necesario diseñar en detalle:

- Nuevos procesos y procedimientos de actuación.
- Nuevas instalaciones o modificaciones a las existentes.
- Necesidades de personal y recursos materiales.

d) Diseñar el sistema de control de la nueva situación de forma que permita la medición periódica del nuevo proceso y el mantenimiento de los resultados alcanzados.^{vi}

Para ello será necesario definir:

- Los parámetros a controlar y sus estándares de funcionamiento.
- Los procedimientos de actuación para el control y ante las desviaciones.
- Los recursos necesarios para el funcionamiento del sistema de control.

En el grafico siguiente se describe con detalle los pasos para realizar el Proyecto de Mejora, El Plan de Acción de la propuesta de solución viable y elegida.

Figura n.º 2.2.3.3 Etapas del proceso



Fuente: www.gestiopolis.com

Para determinada la propuesta de solución se debe de realizar los siguientes pasos:

- Concretar la Propuesta de mejora o cambio, para solucionar, mejorar o bloquear el problema o aprovechar el área de oportunidad
- Redacción concreta y sintetizada de la propuesta de mejora o cambio, en lenguaje de venta, con palabras clave que motiven y despierten interés y atracción.
- Resaltar Beneficios e Impactos esperados de la propuesta de mejora en el orden económico, organizativo, humano, institucional, social, profesional, personal (venta de ideas).
- Diseño del FODA para la mejora - Identificación de los aspectos internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) que caracterizan la situación en el momento actual y que podrían influir y determinar en la aprobación, resistencia e implementación del cambio o propuesta de mejor^{vii}

Para elaborar el Plan de Acción para la implementación de la mejora, debemos de contemplar los siguiente:

1. Se define el objetivo general a lograr con la mejora, a través del Plan de acción
2. Se ratifica la estrategia predominante con que se acometerá el Plan de acción
3. Se diseña el Plan de acción, partiendo de Objetivos- meta que deben ser específicos, realistas, medibles, alcanzables enmarcados en tiempo y alineados con el objetivo general y la estrategia predominante a alcanzar.
 - Se planean las acciones (¿QUÉ?) para implementar la mejora correspondiente a cada objetivo meta,
 - Se precisa una breve descripción del alcance de cada acción (¿CÓMO?)
 - Se asignan responsabilidades (¿QUIÉN?) y participantes en cada acción (QUIENES) realizarán dichas acciones,
 - Se decide los tiempos o plazos de ejecución (inicio y final) (¿CUÁNDO?) en que se realizará cada acción
 - Se determinan los recursos necesarios (¿CON QUÉ?) y las vías de adquisición

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

- Se estima el impacto que provocarán las acciones,
- Se determinan los indicadores de resultados
- Se estiman los mecanismos de control

Constituyen entonces la fase de toma de decisiones.

4. Se revisa y analiza por el equipo el diseño final del Plan de acción
5. Se consulta el Plan de acción a los actores, decisores e involucrados para su retroalimentación y aprobación.

Las estrategias, objetivos y metas del proyecto deben dar respuesta a la forma en que se solucionará el problema mediante la eliminación, bloqueo o disminución de las causas raíces.

Cuando se selecciona las mejores alternativas considerar:

- Efectividad: ¿resolverá todo o parte del problema?
- Factibilidad: ¿De podrá implantar la solución?
- Factor tiempo: ¿Qué tan rápido dará resultados? ¿Es una solución de corto o de largo plazo?
- Orientación al usuario: ¿Satisface los resultados del usuario? ¿Mejora el servicio?
- Eficacia: ¿es una solución costo- efectividad?
- Creatividad: Solución innovadora del problema. Idea y /o solución original equilibrada con el concepto institucional.
- Facilidad de adaptación
- Claridad expositiva: Calidad de la formulación y fundamentación del proyecto. Precisión y claridad del proyecto. Manejo del estado del conocimiento del proyecto
- Atractividad de la presentación o venta de la idea.

C) Capacidad del proceso

a) Definición

La capacidad es el “volumen de producción” (throughput) o número de unidades que puede alojar, recibir, almacenar o producir una instalación en un periodo de tiempo específico de tiempo. A menudo, la capacidad determina los requerimientos de capital y, por consiguiente, una gran parte del costo fijo. La capacidad también determina si se cumplirá la demanda o si las instalaciones estarán desocupadas.

Si la instalación es demasiado grande, algunas de sus partes estarán ociosas y agregarán costos a la producción existente. Si la instalación es demasiado pequeña, se perderán clientes y quizá mercados completos.

Por lo tanto, la determinación del tamaño de las instalaciones, con el objetivo de alcanzar altos niveles de utilización y un elevado rendimiento sobre la inversión, resulta crítica.^{viii}

b) Tipos de capacidad

Diseño o teórica: Es el nivel máximo posible de producción

Instalada o efectiva: Nivel máximo de producción que los trabajadores con la maquinaria, e infraestructura disponible puede generar permanentemente.

Real o utilizada: Porcentaje de la capacidad instalada que en promedio se está utilizando, teniendo en cuenta las contingencias de producción y ventas.

c) Indicadores de capacidad

Los principales indicadores de capacidad son la Eficiencia de la Línea y la Utilización de la misma

La utilización: es simplemente el porcentaje de la capacidad de diseño que realmente se logra.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 2.2.3.4 Indicador de capacidad

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Capacidad real o utilizada}}{\text{Capacidad diseñada o teórica}}$$

Fuente: Elaboración propia

La eficiencia: es el porcentaje de la capacidad efectiva que se alcanza en realidad.

Figura n.º 2.2.3.5 Indicador de capacidad

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad real o utilizada}}{\text{Capacidad efectiva}}$$

Fuente: Elaboración propia

Cuello de botella: determina la cantidad de piezas posibles después de un determinado periodo de tiempo. Es importante identificar los cuellos de botella en los procesos de producción y sobre todo efectuar un análisis profundo en cómo aumentar la eficiencia en esta operación.

d) Distribución del tiempo – horas asignadas

En una jornada laboral se puede distinguir varios tipos de tiempos, los cuales son importantes de identificar para realizar los cálculos de ritmo de trabajo de un proceso de fabricación. Debemos de tomar en cuenta las horas disponibles y no disponibles del total de horas del personal, es decir de la permanencia de estos en la empresa. A continuación, se define las mismas:

Las horas disponibles:

Tiempo que disponemos de nuestro personal para realizar actividades

Las horas No disponibles:

Implica paradas repetitivas de actividades: Refrigerios, charlas

Dentro de las Horas disponibles que el personal debe de desarrollar su labor debemos observar el Tiempo Productivo e Improductivo. Donde se debe considerar paradas por capacitaciones, convenios, etc.

Horas productivas:

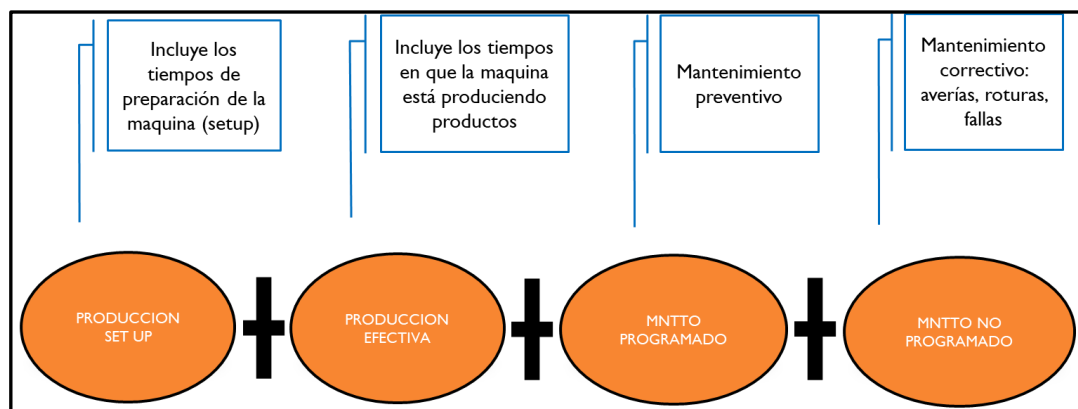
Comprende producción y mantenimiento

Horas improductivas:

Comprende paradas intempestivas, capacitaciones al personal, ausentismo, etc.

A continuación, se detallan los tipos de horas que intervienen en las Horas Productivas en una empresa industrial.

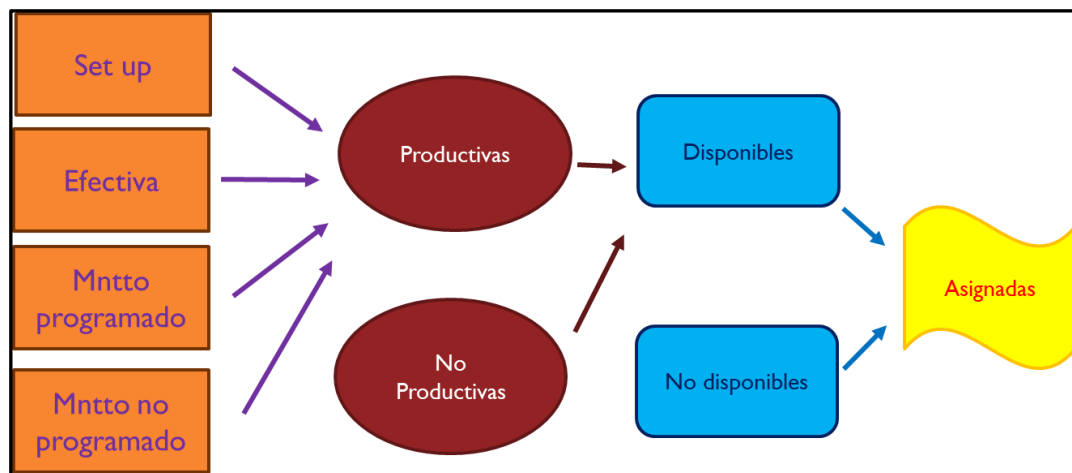
Figura n.º 2.2.3.6 Horas Productivas



Fuente: Material de clase UPN

A manera de resumen, se presenta a continuación el desglose de las horas del personal destacado en su puesto de trabajo.

Figura n.º 2.2.3.7 Desglose de Horas de Trabajo



Fuente: Material de clase UPN

D) Mejora continua el Ciclo PDCA

La implementación de pequeñas mejoras, por más mínimas que estas parezcan, tienen el potencial de mejorar la eficiencia de las operaciones, y lo que es más importante, crean una cultura organizacional que garantiza la continuidad de los aportes, y la participación activa del personal en una búsqueda constante de soluciones adicionales.

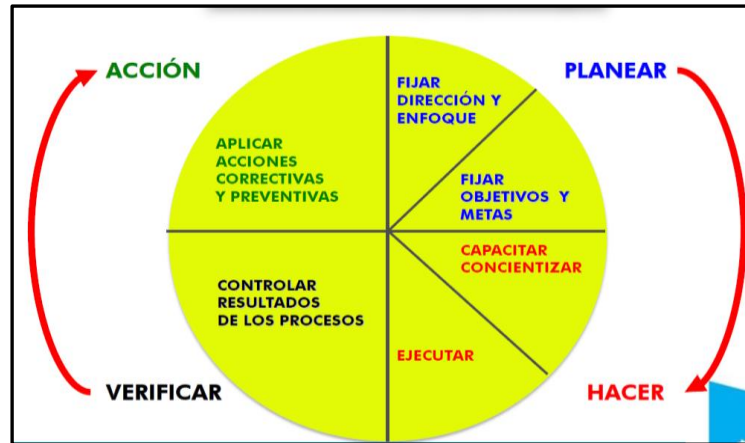
a) El ciclo PDCA

Conocido como “ciclo de Deming” (Edwards Deming) es una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos: Plan, Hacer Verificar y Actuar.

Las siglas PDCA significan:

- Plan (Planificar)
- Do (hacer)
- Check (Verificar)
- Act (Actuar)

Figura n.º 2.2.3.8 Ciclo PDCA



Fuente: Tecsup material de clase

Planificar (Plan)

Se buscan las actividades susceptibles de mejora y se establecen los objetivos a alcanzar. Para buscar posibles mejoras se pueden realizar grupos de trabajo, escuchar las opiniones de los trabajadores

Hacer (Do)

Se realizan los cambios para implantar la mejora propuesta. Generalmente conviene hacer una prueba piloto para probar el funcionamiento antes de realizar los cambios a gran escala.

Controlar o Verificar (Check)

Una vez implantada la mejora, se deja un periodo de prueba para verificar su correcto funcionamiento. Si la mejora no cumple las expectativas iniciales habrá que modificarla para ajustarla a los objetivos esperados.

Actuar (Act)

Por último, una vez finalizado el periodo de prueba se deben estudiar los resultados y compararlos con el funcionamiento de las actividades antes de haber sido implantada

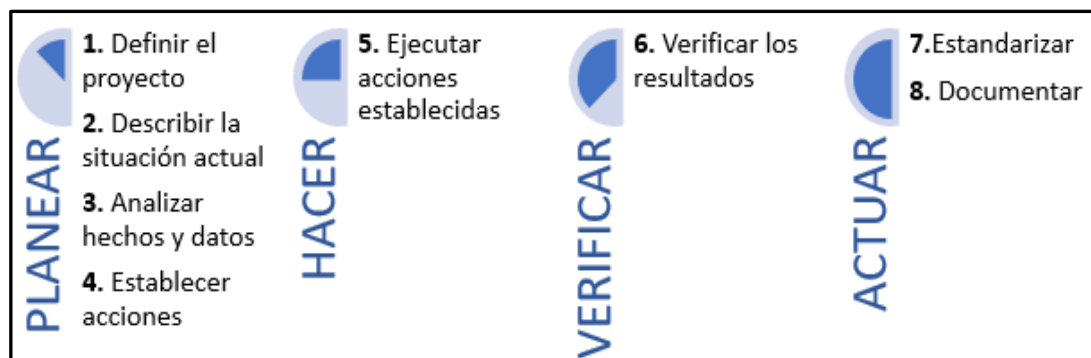
“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

la mejora. Si los resultados son satisfactorios se implantará la mejora de forma definitiva, y si no lo son habrá que decidir si realizar cambios para ajustar los resultados o si desecharla. Una vez terminado este paso, se debe volver al primer paso periódicamente para estudiar nuevas mejoras a implementar.^{ix}

b) La ruta de la calidad

Es una metodología sistemática basada en el ciclo de Deming, conocido con el nombre de PDCA (Plan, Do, Check, Act) o PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), cuyo propósito es el de brindar una secuencia normalizada que permita solucionar problemas o gestionar proyectos relacionados con el control de calidad, soportándose en el uso adecuado e intensivo de las herramientas básicas de calidad.^x

Figura n.º 2.2.3.9 Ruta de la calidad



Fuente; <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ruta-de-la-calidad/>

Definir el proyecto:

Definir y delimitar el problema o proyecto reconociendo su importancia.

Siempre que se aborde un proyecto de calidad, es importante partir de unos requerimientos claros y precisos; de manera que el problema quede muy bien delimitado en función del alcance, de la meta y del impacto que el mismo persigue.

Situación actual:

Investigar la situación con espíritu analítico y crítico desde diferentes puntos de vista y acudiendo a diversas disciplinas.

Es necesario entonces determinar todas las variables y parámetros que gobiernan el sistema objeto del estudio, con el fin de predecir sus efectos y por ende descubrir las pistas de resolución que se encuentran en el problema mismo.

Análisis:

Descubrir las causas fundamentales del problema. Para ello se debe establecer las causas principales del problema implica plantear inicialmente unas hipótesis y comprobar su relación con el efecto puesto que, en la Ruta de la Calidad, las causas son determinadas científicamente (hechos y datos).

Acciones:

Determinar un plan de acción efectivo. Las actividades que se abordan en las acciones son las siguientes:

- Realizar una lluvia de ideas sobre las posibles acciones preventivas o acciones para la implementación del proyecto.
- Seleccionar varias alternativas con base en: efectividad, factibilidad, costo, aceptación, ventajas, desventajas.
- Evaluar efectos colaterales, al mismo tiempo que se descartan alternativas.
- Involucrar al equipo directamente implicado en el proceso en la elección de las alternativas, del mismo modo en la implementación.
- Realizar pruebas piloto.
- Establecer indicadores de rendimiento y directrices de control.

Ejecución:

Llevar a cabo el plan de acción, documentando los resultados. La ejecución corresponde a la segunda fase del ciclo PHVA, es decir, un paso más allá del plan, el HACER.

Verificación:

Verificar si las acciones ejecutadas han sido efectivas. De esta manera la verificación consiste en comprobar la efectividad de las acciones considerando los resultados parciales y/o finales y la situación inicial. El éxito de la Ruta de la Calidad se mide en función de la productividad, de manera que debe evaluarse con espíritu crítico en los términos en los cuales está establecida la meta del proceso.

Estandarización:

Prevenir la reaparición del problema. En el ciclo PHVA transita en ascenso por medio de mejoras incrementales en la pendiente inclinada del devenir de los procesos; en cuyo caso, la cuña que asegura que no se vuelva gradualmente a las prácticas anteriores es la estandarización

Documentación:

El objetivo de la fase de documentación del cierre del proyecto consiste en recapitular información que servirá como guía y derrotero para futuros proyectos. De manera que en esta fase el equipo deberá revisar el proceso llevado a cabo y los resultados obtenidos.

En caso de que los resultados no sean los esperados, es decir, no sean efectivos, debe retomarse el segundo paso de la metodología.

Figura n.º 2.2.3.10 Resumen de la Ruta de la calidad

PHVA	FLUJO	FASE	OBJETIVO
P	1	Identificación del problema	Definir claramente el problema y reconocer su importancia (Otras fuentes distintas auditorías)
	2	Observación	Investigar las características específicas del problema desde varios puntos de vista
	3	Análisis	Descubrir las causas inmediatas y básicas
	4	Plan de acción	Concebir un plan para bloquear las causas inmediatas y básicas
H	5	Acción	Eliminar las causas inmediatas y básicas
V	6	Verificación	Verificar si el bloqueo fue efectivo
	?	¿Fue efectivo?	
A	7	Estandarización	Prevenir la reaparición del problema.
	8	Conclusión	Recapitular todo el proceso de solución del problema para el trabajo futuro.

Fuente: <http://files.yomaira-orozcocorrea.webnode.es>

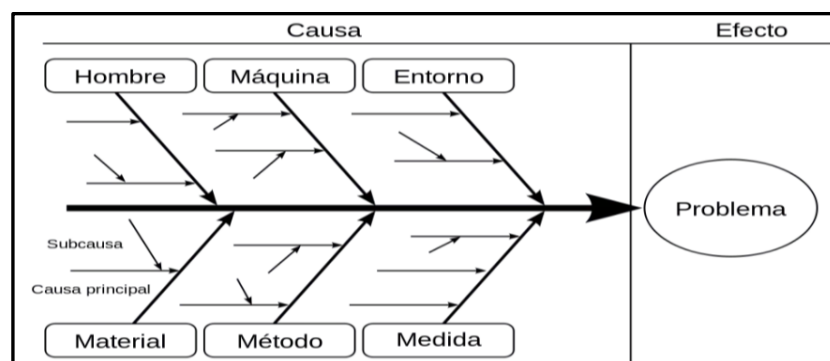
E) Herramientas para la mejora de procesos

- Diagramas de Causa - Efecto
- Hoja de verificación
- Gráficos de control
- Diagramas de flujo
- Histogramas
- Gráficos de Pareto
- Diagramas de dispersión

Diagrama causa – efecto

La herramienta de análisis más utilizada son los llamados diagramas de causa - efecto, conocidos también como diagramas de espina de pescado, o diagramas de Ishikawa.

Figura n.º 2.2.3.11 Diagramas de Ishikawa



Fuente: Herramientas de ingeniería

Hoja de verificación

Las hojas de verificación son una herramienta de recolección y registro de información. La principal ventaja de éstas es que dependiendo de su diseño sirven tanto para registrar resultados, como para observar tendencias y dispersiones.

Figura n.º 2.2.3.12 Formato de control de información

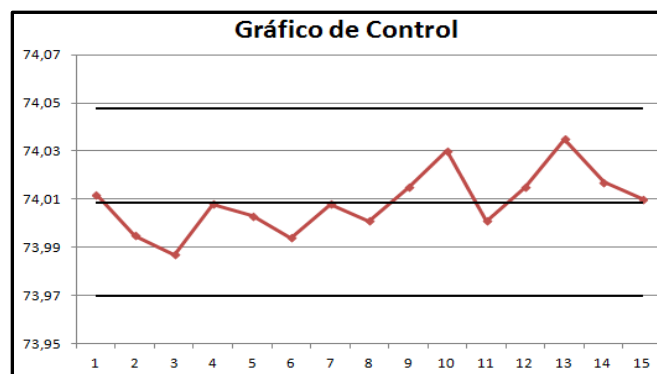
HOJA DE CONTROL DE INFORMACIÓN		
PROCESO		
PROCESO O PROCEDIMIENTO		
CODIGO	FECHA	PERSONA
CÓDIGOS DE CONTROL		INCIDENCIAS
Código A	Datos de control	
Código B		
Código H		
ELEMENTOS DE CONTROL		
ELEMENTOS	AGREGADOS	
AAAA		
BBB		
MMM		
TOTAL		
VALIDACION	FIRMA:	FECHA:

Fuente: Herramientas de ingeniería

Gráficos de control

Se utilizan para determinar si un proceso es estable o tiene un comportamiento predecible. Los límites superior e inferior de las especificaciones se basan en los requisitos establecidos previamente. En éste caso todas las observaciones fluctúan alrededor de la línea central y dentro de los límites de control preestablecidos, sin embargo, no siempre será así, cuando una observación no se encuentre dentro de los límites de control puede ser el indicio de que algo anda mal en el proceso.

Figura n.º 2.2.3.13 Gráfico de control



Fuente: Herramientas de ingeniería

Diagrama de Flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, esperas, decisiones y otros eventos que ocurren en un proceso. Su importancia consiste en la simplificación de un análisis preliminar del proceso.

Figura n.º 2.2.3.14 Ejemplo de Flujograma



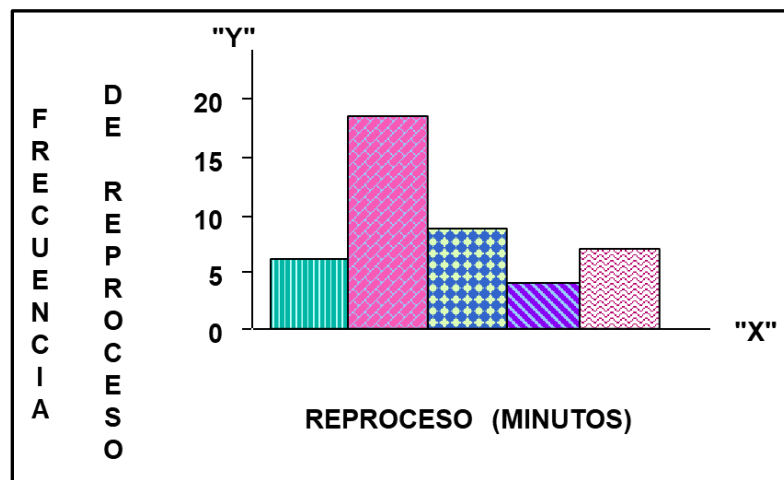
Fuente: Herramientas de ingeniería

Histograma

Son una forma especial de diagrama de barras y se utilizan para describir la tendencia central, dispersión y forma de una distribución estadística. A diferencia del diagrama de control, el histograma no tiene en cuenta la influencia del tiempo en la variación existente en la distribución.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 2.2.3.15 Histograma

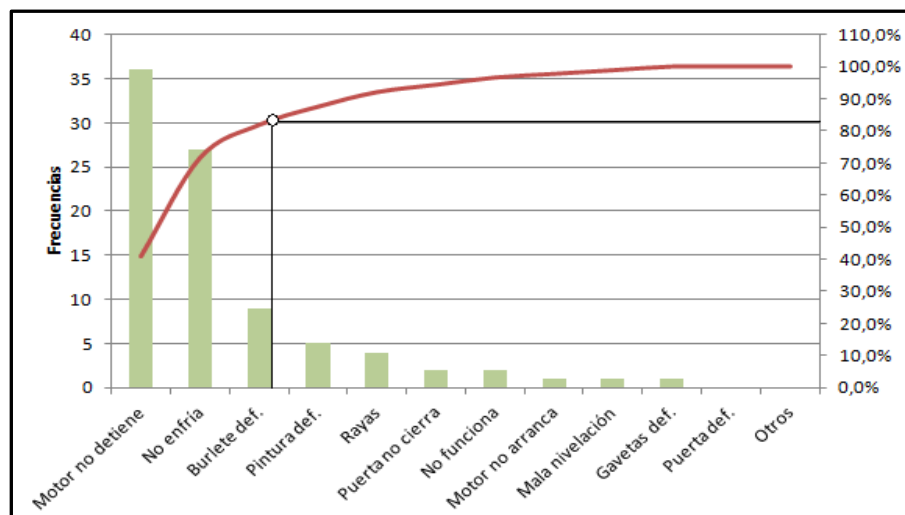


Fuente: Herramientas de ingeniería

Pareto

El diagrama de Pareto es una variación del histograma tradicional, puesto que en el Pareto se ordenan los datos por su frecuencia de mayor a menor. El principio de Pareto, también conocido como la regla 80 -20.

Figura n.º 2.2.3.16 Pareto



Fuente: Herramientas de ingeniería

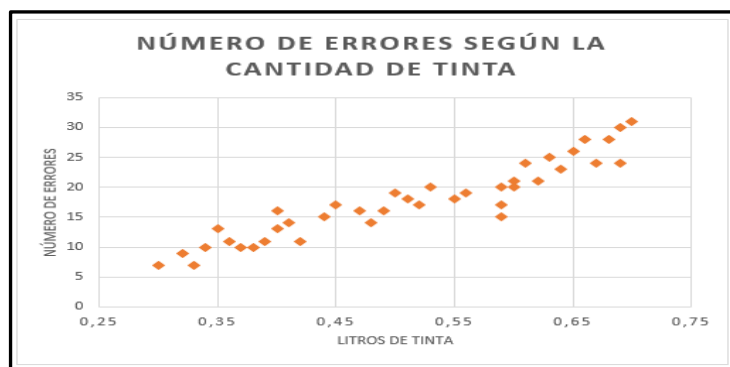
Diagrama de dispersión

Representan pares ordenados (X, Y) y a menudo se les denomina diagramas de correlación, ya que pretenden explicar un cambio en la variable dependiente Y en relación con un cambio observado en la variable independiente X.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

La dirección de la correlación puede ser proporcional (correlación positiva), inversa (correlación negativa), o bien puede no darse un patrón de correlación (correlación cero). En caso de que se pueda establecer una correlación, se puede calcular una línea de regresión y utilizarla para estimar cómo un cambio en la variable independiente influirá en el valor de la variable dependiente.

Figura n.º 2.2.3.17 Diagrama de dispersión



Fuente: Herramientas de ingeniería

II.2.4. Distribución de planta

La distribución en planta es la ordenación física de los elementos que constituyen una instalación sea industrial o de servicios. Esta ordenación alcanza todos los espacios necesarios para los recorridos y/o movimientos, productivos, administrativos, de almacenamiento, de personal directos o indirectos y todas las actividades que tengan lugar en dicha organización.

1. Objetivos de la distribución de planta

La distribución en planta se define como la ordenación física de los elementos que constituyen una instalación sea industrial o de servicios. Esta ordenación comprende los espacios necesarios para los movimientos, el almacenamiento, los colaboradores directos o indirectos y todas las actividades que tengan lugar en dicha instalación.^{xi}

Entre los beneficios de una mejora en la distribución de planta tenemos:

- Reducción de riesgos de enfermedades profesionales y accidentes de trabajo
- Mejora la satisfacción del trabajador
- Incremento de la productividad
- Disminuyen los retrasos

- Optimización del espacio
- Reducción del material en proceso
- Mejora en la supervisión

2. Tipos de distribución de planta

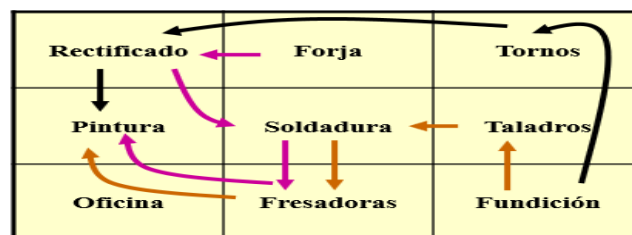
A) Distribución por posición fija.

El material permanece en situación fija y son los hombres y la maquinaria los que confluyen hacia él. Lo determina el tamaño del producto: Por ejemplo: a) Construcción de barcos, b) Ensamble de trenes c) Construcción de presas de agua.

B) Distribución por proceso.

Las operaciones del mismo tipo se realizan dentro del mismo sector.

Figura n.º 2.2.4.1 Distribución por proceso

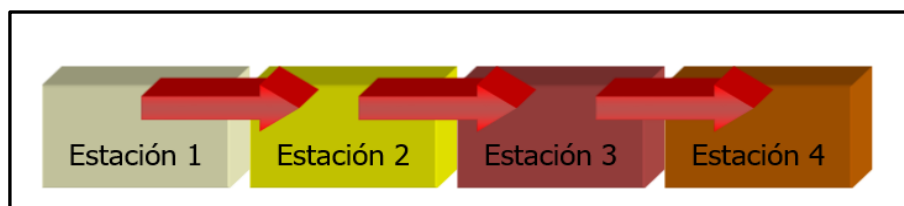


Fuente: Material de clase UPN

C) Distribución por producto

El material se desplaza de una operación a la siguiente sin solución de continuidad. (Líneas de producción, producción en cadena). Las estaciones o departamentos se distribuyen linealmente. También, pueden adoptar formas como en L, O, S o U. Son conocidas como líneas de producción o ensamble.

Figura n.º 2.2.4.2 Distribución por producto

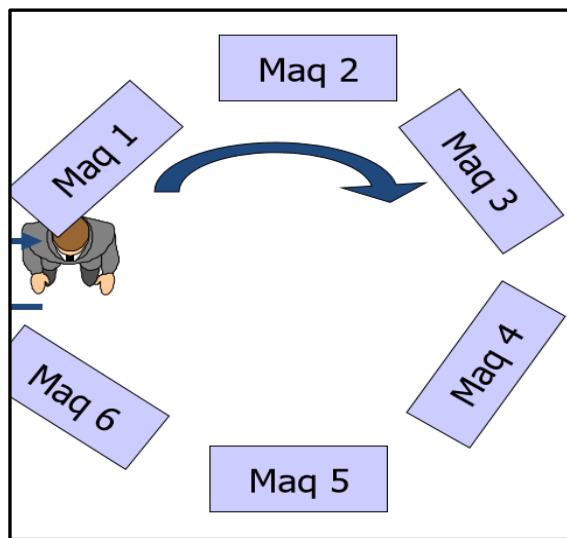


Fuente: Material de clase UPN

D) Distribución Híbrida

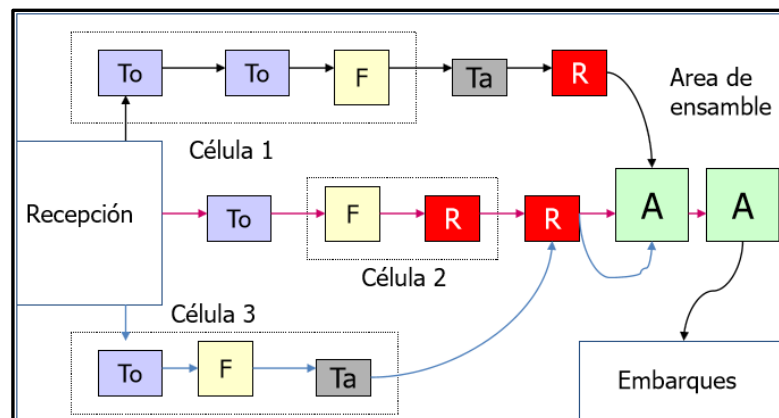
En este tipo de distribución se combina la distribución por productos y por procesos. También se combinan las operaciones de manufactura, ensamble y acabados. Se introducen células de fabricación, tecnologías de grupos, un trabajador y maquinas.

Figura n.º 2.2.4.3 Distribución híbrida - Hombre maquina



Fuente: Material de clase UPN

Figura n.º 2.2.4.4 Tecnologías de grupos



Fuente: Material de clase UPN

3. Herramienta para la distribución de planta

A) Diagrama relacional de actividades

Indica el número de recorridos que se realiza en cada par de departamentos en el curso de un período.

Tabla n.º 2.2.4.1 Diagrama de relaciones – Matriz de recorridos

		Recorridos entre departamentos					
		1	2	3	4	5	6
1	Taladrado y rectificación		20		20		80
2	Equipo NC			10		75	
3	Embarques y recepción				15		90
4	Tornos y taladros					70	
5	Depósitos de Herramientas						
6	Inspección						

Fuente: Material de clase UPN

B) Matriz de prioridades- Juicios Cualitativos

Nos muestra el tipo de relación cualitativa entre las áreas. Con esta valoración se obtiene las parejas de “áreas críticas” que por su naturaleza y las actividades y/o recursos que comparten deben estar más próximas. Y caso contrario, las parejas con menor criticidad para ubicarlas en posiciones, no tan adyacentes. Logrando así la optimización de los recorridos en la planta.

Tabla n.º 2.2.4.2 Matriz de prioridades

		Recorridos entre departamentos					
		1	2	3	4	5	6
1	Taladrado y rectificación		E 3,2	S	I 2,1,	S	A 1
2	Equipo NC			O 1	S	E 1	I 6
3	Embarques y recepción				O 1	S	A 1
4	Tornos y taladros					E 1	N 5
5	Depósitos de Herramientas						S
6	Inspección						

Clasificación de proximidad
A: absolutamente necesario
E: especialmente importante
I: importante
O: proximidad ordinaria
S: sin importancia
N: no deseable

Claves explicativas
1: Manejo de materiales
2: Personal compartido
3: Facilidad supervisión
4: Utilización de espacio
5: Ruido
6: Actitudes del Empleado

Fuente: Material de clase UPN

C) Diagrama relacional de espacios

Este diagrama muestra a modo de cajas las diversas áreas de una planta. Para ello se debe codificar con una letra las Áreas, ejemplo: A = Corte, B= Pintura, C= Ensamblaje, etc.

Figura n.º 2.2.4.5 Diagrama de espacios



Fuente: Conteña y Huallpa – UARM

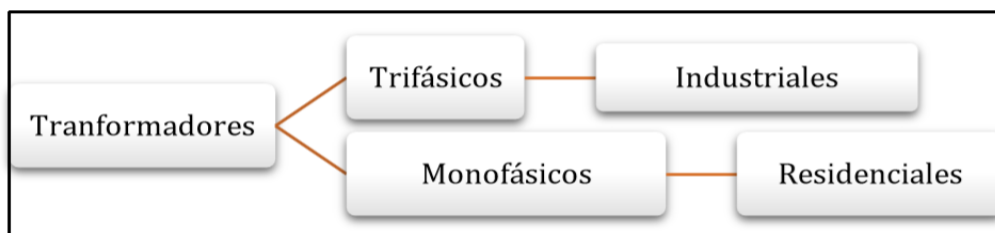
II.3. Transformadores eléctricos

Es un equipo eléctrico que permite incrementar o disminuir la tensión de un circuito de corriente alterna manteniendo la potencia, la medición de la potencia que ingresa al transformador debe ser igual a la medición de potencia de salida.

El funcionamiento es por inducción electromagnética, para ello se constituye bobinas fabricadas de material conductor devanadas sobre un núcleo ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente, el núcleo es construido con láminas de acero al silicio, aleación adecuada para optimizar el flujo magnético. Las bobinas son llamados primarios o secundarios según sean entradas o salidas.

II.3.1. Tipos de transformadores eléctricos

Figura n.º 2.3.1.1 Clasificación de los transformadores Por el uso:



Fuente: Tania Ortiz, Catalogo de transformadores distribucion_trifasicos_en_aceite_amv_electric

Figura n.º 2.3.1.2 Clasificación Según el tipo de construcción y operación



Fuente: Tania Ortiz, Catalogo de transformadores
distribucion_trifasicos_en_aceite_amv_electric

Tipo Subestación. – Transformador comúnmente usado para transferir la energía eléctrica a circuitos de servicios del consumidor: industrial, comercial y residencial. Se los puede montar en poste o cámara de distribución de acuerdo a las normativas de las empresas distribuidoras de energía eléctrica.

Tipo Padmounted. - Se lo conoce como frente muerto, debido a que sus terminales de Alta Tensión están aislados y separados mecánicamente a través de una carcasa metálica de protección, generalmente se lo utiliza a nivel del suelo y cerca de las actividades humana.

Tipo radial. - Conocido también como fin de línea debido a que no permite continuidad de línea.

Tipo Anillo. – Pueden ser conectados a otros transformadores con el fin de extender la red de alimentación primaria.

Transformador seco. - Como su nombre lo indica está libre de aceites, transformadores que, por la necesidad de operación del cliente como ejemplo por medidas de inocuidad alimentaria, seguridad y manejo ambiental no incluye aceite y su composición es de materiales más costosos.

II.3.2. Clasificación de transformadores por protección

Transformadores Auto protegidos.

Transformado convencional construido con elementos de protección, seleccionados bajo el criterio del control óptimo de pérdidas de energía sin perjuicio de vida útil, su función principal es proteger el módulo del transformador.

- Protección sobretensiones. - Pararrayos.
- Sobre corrientes por cortocircuito. - Fusible de expulsión.
- Sobrecarga. - Interruptor termomagnético

Transformador Convencional. - Transformador comúnmente usado para transferir la energía eléctrica a circuitos de servicios del consumidor: industrial, comercial y residencial.

Transformadores de distribución Monofásicos. - Son aquellos que tienen una o dos líneas de media tensión según la conexión, fabricados para montaje en poste.

Figura n.º 2.3.2.1 Transformador monofásico



Fuente: Tania Ortiz, Catalogo de transformadores
distribucion_trifasicos_en_aceite_amv_electric

Transformadores de distribución Trifásicos. - Son aquellos construidos y fabricados para brindar energía con montaje en poste o cámara de distribución de acuerdo a las normativas de la empresa eléctrica. Tienen tres líneas de media tensión

y tres o cuatro líneas de baja tensión. Su uso es industrial y comercial. Se fabrica según requerimiento técnico.

Figura n.º 2.3.2.2 Transformador Trifásico



Fuente: Tania Ortiz, Catalogo de transformadores
distribucion_trifasicos_en_aceite_amv_electric

II.3.3. Elementos de un transformador eléctrico

Potencia. - Es la capacidad de un transformador, es la cantidad de corriente que puede entregar un transformador.

Voltaje de entrada. – Son voltajes variables suministrados por las empresas eléctricas que como su nombre indica ingresan al transformador.

Voltaje de salida. - Es el voltaje suministrado por el transformador para uso del cliente. Generalmente es de 220 y 110V

Especificación. – Es el diseño de la Parte activa, incluye todas las instrucciones y materiales para su construcción como; número de espiras, materiales, cantidad de aislamiento y cantidad de material conductor, partiendo del requerimiento del cliente.

II.3.4. Componentes de un transformador eléctrico

Núcleo

La disposición en láminas del núcleo ayuda a reducir las corrientes de Foucault. El núcleo de un transformador es la zona por la que circula el campo magnético entre los

devanados primario y secundario. Dependiendo de la finalidad del transformador, puede tener varias formas y estar constituido por diferentes materiales.

Bobina

Las bobinas son generalmente de cobre enrollado en el núcleo. Según el número de espiras (vueltas) alrededor de una pierna inducirá un voltaje mayor. Se juega entonces con el número de vueltas en el primario versus las del secundario. En un transformador trifásico el número de vueltas del primario y secundario debería ser igual para todas las fases.

Debido a que las diferentes partes eléctricas de un transformador se encuentran a distintas tensiones, es necesario aislarlas entre sí para evitar la aparición de arcos eléctricos y consecuente degradación de los componentes.

Conexión

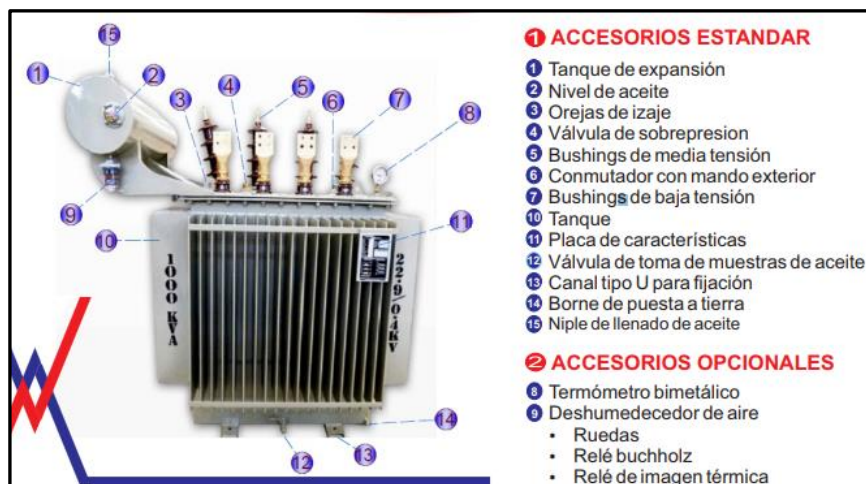
Las diferentes formas de conexión de los bobinados trifásicos de un transformador, recibe el nombre de grupo de conexión. Además de identificar las conexiones de los bobinados primario y secundario (en estrella, en triángulo o en zigzag), el grupo de conexión indica el desfase entre las tensiones de línea primaria y secundaria, de los sistemas trifásicos vinculados por el transformador

Tanque

La cuba de los transformadores de distribución es del tipo elástica para absorber, sin deformación permanente, el aumento de volumen del líquido aislante debido a las variaciones de temperatura provocadas por la carga del transformador. Están formadas por chapa de acero laminado al frío con espesor que oscila, entre 1 y 1.5 mm, plegada sin estiramiento. La elasticidad se logra mediante la adecuada combinación de la altura, profundidad, espesor, de chapa y presión interna resultante.^{xii}

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 2.3.4.1 Componentes de un transformador



Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/CATALOGO_DE_TRANSFORMADORES_DISTRIBUCION_TRIFASICOS_EN_ACEITE_AMV_ELECTRICA.pdf

Transformadores en aceite MT/BT

En este tipo de transformador el circuito magnético y los arrollamientos están sumergidos en un líquido aislante como el aceite. Este puede ser de tipo mineral, de silicona, éster o vegetal. La elección del aceite está vinculada al tipo de instalación y a la necesidad específica del cliente.^{xiii}

Figura n.º 2.3.4.2 Transformador mixto – sumergido



Fuente: <http://www.promelsa.com.pe/pdf/cat-transformadores-promelsa.pdf>

II.4. Definición de términos básicos

Indicador:

Es el número que representa el rendimiento obtenido en un proceso por sus indicadores de desempeño

Objetivo:

Es el valor que debe ser retratado por los indicadores de desempeño de los procesos en un período de tiempo predeterminado

Tolerancia:

Permite controlar el comportamiento de una meta. Para ello se utilizan límites de tolerancia que muestra el nivel del resultado. Los valores fuera de este intervalo de tolerancia indican que el desarrollo del proceso es crítico y debe tomarse alguna acción

Productividad:

Indicador de monitoreo de la eficiencia operativa, permite determinar el uso adecuado de los recursos

Fecha de entrega planificada: Fecha acordada con el cliente para el envío del producto

Eficacia:

Es el logro o modificación de cambios reales en evento que se ha decidido afectar, teniendo en cuenta el tiempo real de ejecución de la actividad planificada. La Eficacia es el cumplimiento de los fines, objetivos y metas.

Eficiencia:

Mide la relación entre los recursos invertidos y los logros obtenidos. Logra su mayor nivel al hacer uso óptimo de los recursos disponibles. La meta es lograr el máximo de producto con el mínimo costo o inversión.

Indicadores de gestión:

Son instrumentos para medir la eficiencia en la administración de insumos, recursos y esfuerzos dedicados a obtener objetivos en un tiempo definido, registrado y analizado.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Indicadores de logro:

Son hechos concretos, verificables, medibles, evaluables, que permiten apreciar el cumplimiento de objetivos y metas.

Meta de Producción:

La expresión cuantitativa y cualitativa de los logros en el proceso de fabricación que se esperan obtener con el Área de Producción.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Para la comercialización de los transformadores sumergidos en aceite la empresa Electro Volt Ingenieros S.A., se realiza una coordinación de trabajo con los departamentos de: comercial, ingeniería de diseño y operaciones. Con el objetivo de mantener informado al cliente, desde la cotización hasta la entrega del producto.

III.1. Diagnostico Situacional

A continuación, se detallará los procesos operacionales del taller de la empresa Electro Volt S.A.C. que nos servirán para el estudio en el incremento de la productividad mediante un rediseño del proceso de producción de transformadores sumergidos en aceite, en la planta, donde se tomará en cuenta todas las áreas, materiales y equipos.

III.1.1. Análisis y Caracterización del Proceso

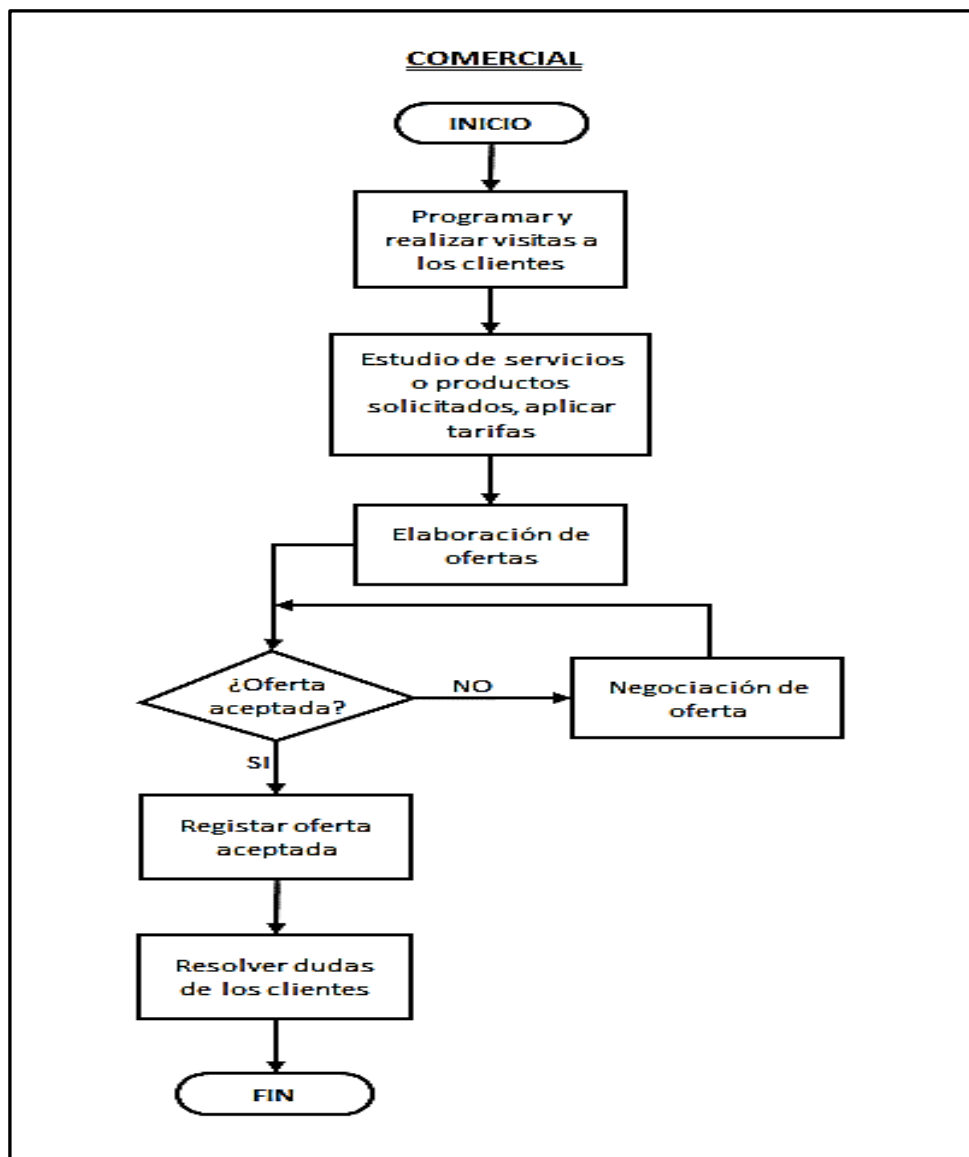
Para el análisis, se ha tomado en cuenta las Áreas: a) Comercial, donde inicia los pedidos (requerimientos de los clientes), b) Ingeniería, encargada del diseño técnico de la solución acorde a los solicitado por el cliente, c) Operaciones, donde se genera el proceso productivo que tiene como finalidad la obtención del producto terminado, En este punto, se considera las Áreas internas de Logística y Producción, y d) Control de calidad, para verificar los protocolos y estándares técnicos que debe de cumplir el producto terminado.

A. Comercial.

Conoce perfectamente el producto o servicio, las tendencias del mercado, los gustos y preferencias de los clientes y potenciales clientes; mantiene una comunicación con el cliente, ofreciendo valores añadidos como asesoramiento y buena atención en futuras contrataciones o compras.

Asimismo, realiza el seguimiento de los procesos de ventas para constatar el nivel de satisfacción y dar respuesta a todas las dudas y problemas que le puedan surgir al producto, antes y después de la adquisición.

Figura n.º 3.1.1.1 Flujo de proceso – Departamento de comercial

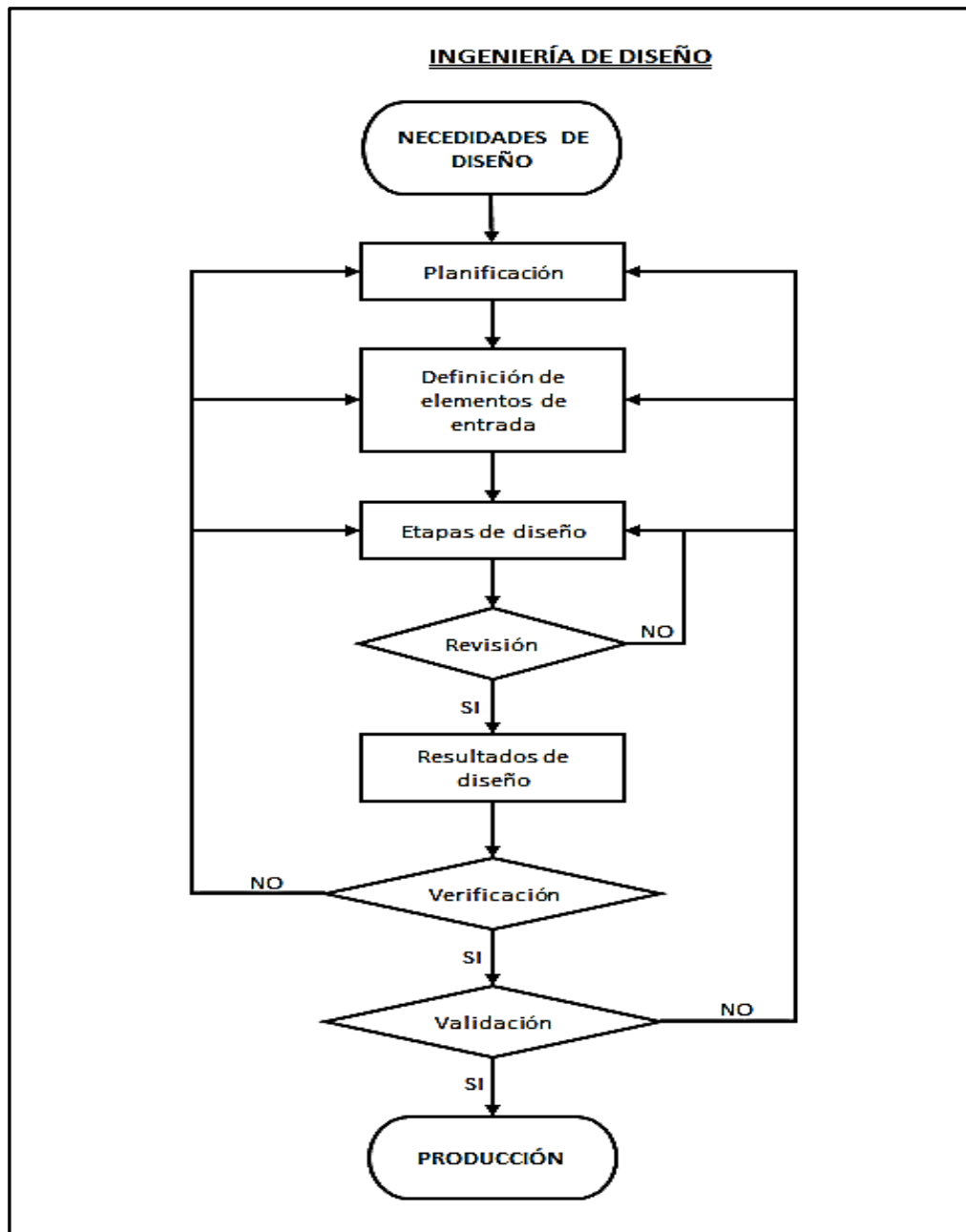


Fuente: Electrovolt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

B. Ingeniería de diseño.

Encargada de realizar los diseños y especificaciones técnicas de los requerimientos de pedidos de ventas. Este proceso, debe de elaborar la solución técnica óptima para las necesidades del cliente. El entregable de este proceso son los planos de fabricación. Luego del cual este será el input principal para el área de producción que realiza la fabricación del transformador.

Figura n.º 3.1.1.2 Flujo de proceso – Departamento ingeniería de diseño



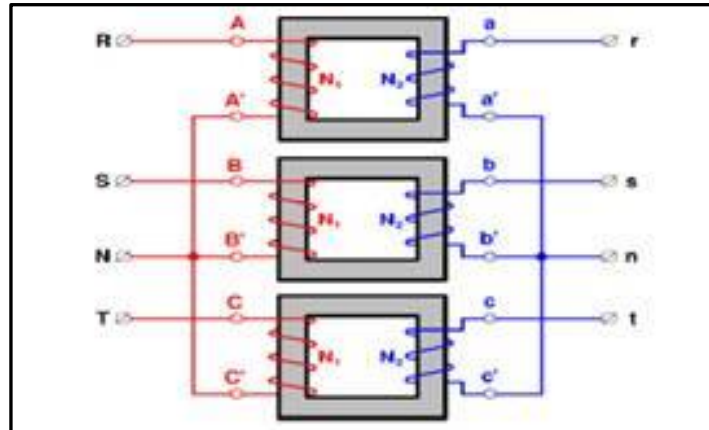
Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

El departamento de ingeniería de diseño elabora dos tipos de diseño para la fabricación de un transformador: a) Eléctrico y b) Mecánico. A continuación, detallamos las mismas.

Diseño eléctrico

Determina las dimensiones y características de los elementos internos del transformador, como los materiales de aislamiento. Calcula de las dimensiones de las bobinas en alta y baja tensión, de acuerdo al requerimiento del cliente.

Figura n.º 3.1.1.3 Plano de diseño eléctrico



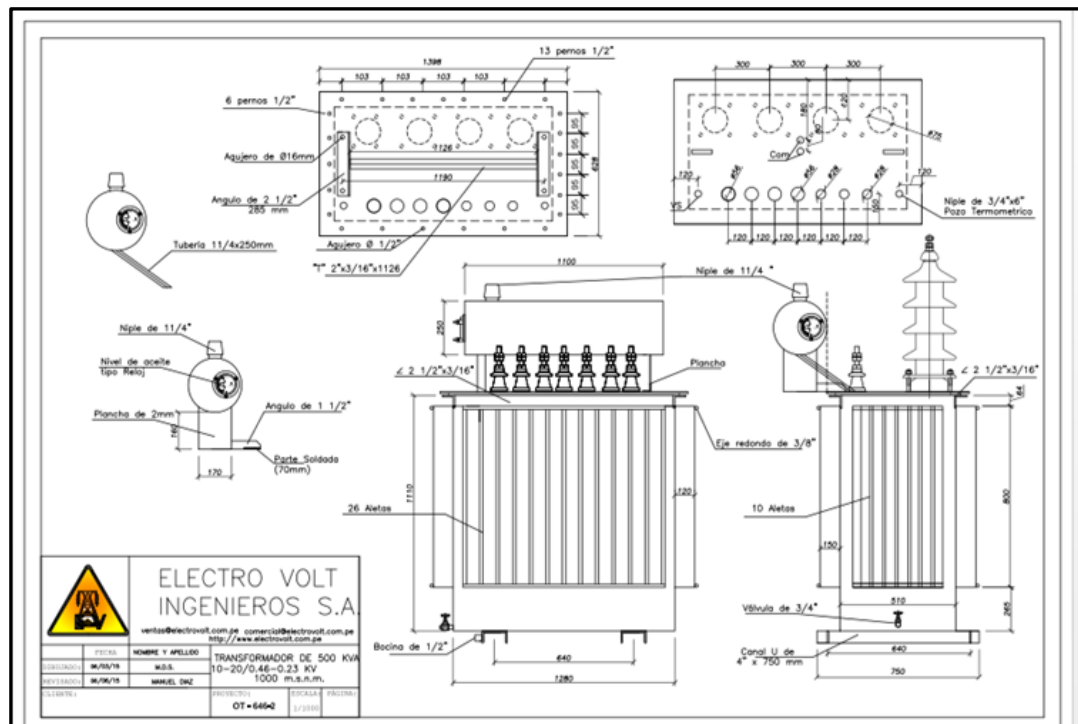
Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Diseño mecánico

Realiza el diseño mecánico de toda la infraestructura del tanque del transformador. Calcula las dimensiones de los materiales (ancho, alto y espesor), de acuerdo al requerimiento del cliente.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 3.1.1.4 Plano de diseño mecánico



Fuente: Electro Volt Ingenieros s.a.

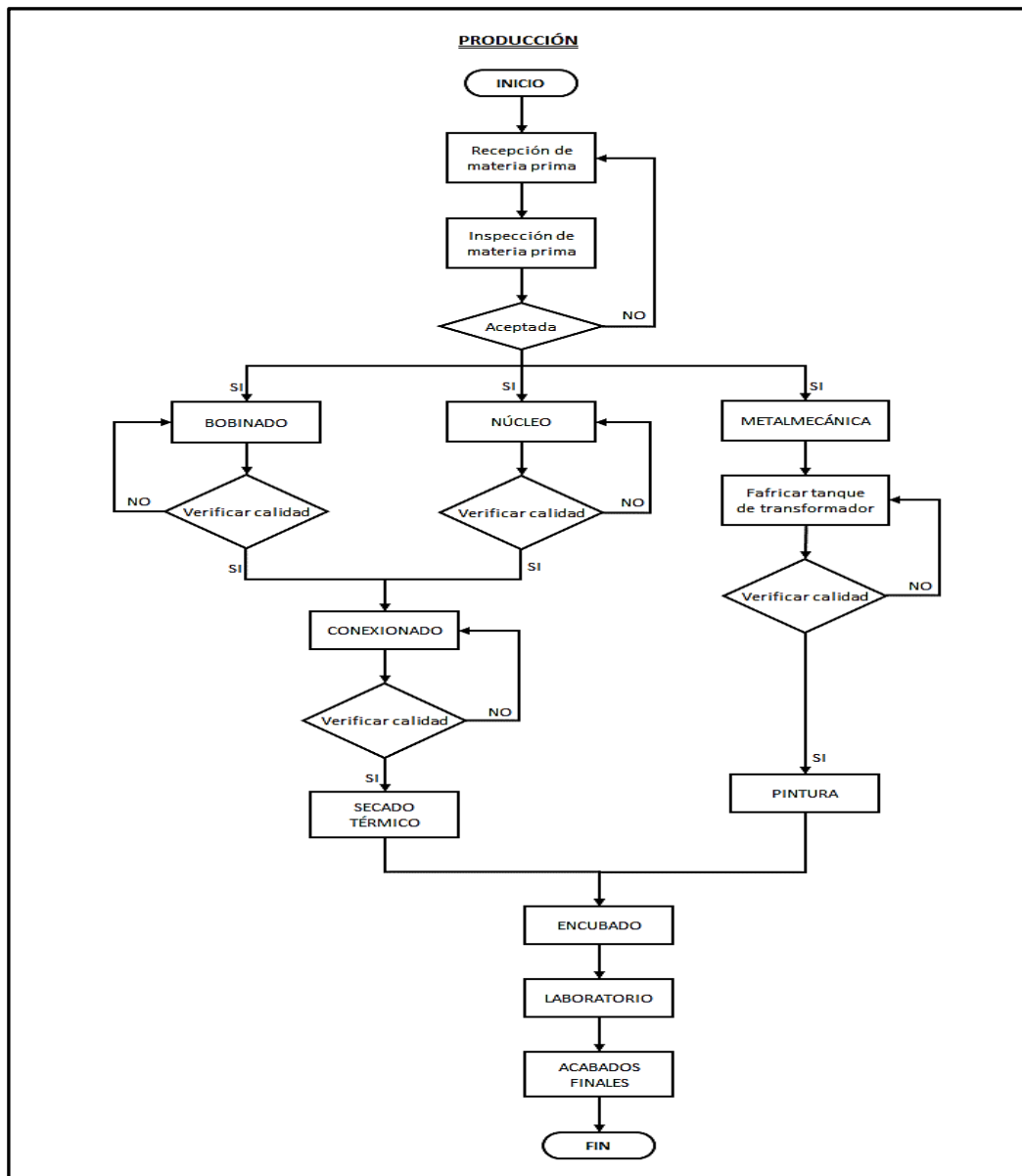
C. Operaciones

Es la encargada de planear y organizar desde la cadena de suministro, los requerimientos para una etapa de difusión exitosa hasta las solicitudes de la alta gerencia.

Producción

Encargada de procesar todos los recursos con el fin de obtener de un producto de calidad, distribuyendo la carga de trabajo en todas las áreas, como: bobinado, núcleo, conexionado, secado térmico, metalmecánica, pintura, encubado, laboratorio y acabados finales.

Figura n.º 3.1.1.5 Flujo de proceso – Producción



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

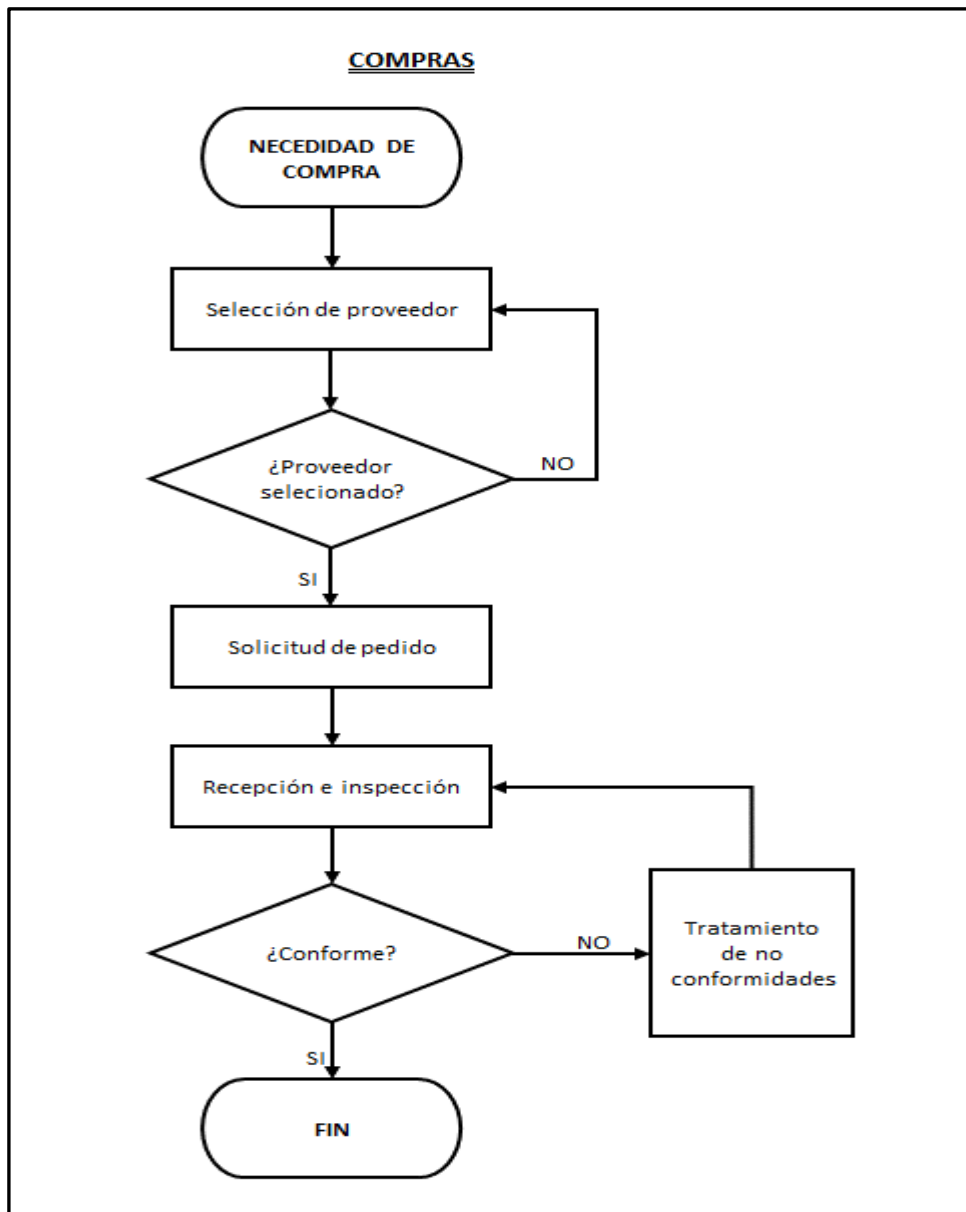
Logística.

Participa al inicio y fin de la cadena de suministro, conformada por dos áreas: compras y despacho.

Logística compras.

Se encarga del aprovisionamiento o adquisición de las materias primas o productos, que necesita el departamento de operaciones. Encargado de realizar los inventarios de almacenes y la reposición de los materiales más frecuentes.

Figura n.º 3.1.1.6 Flujo de proceso – Compras

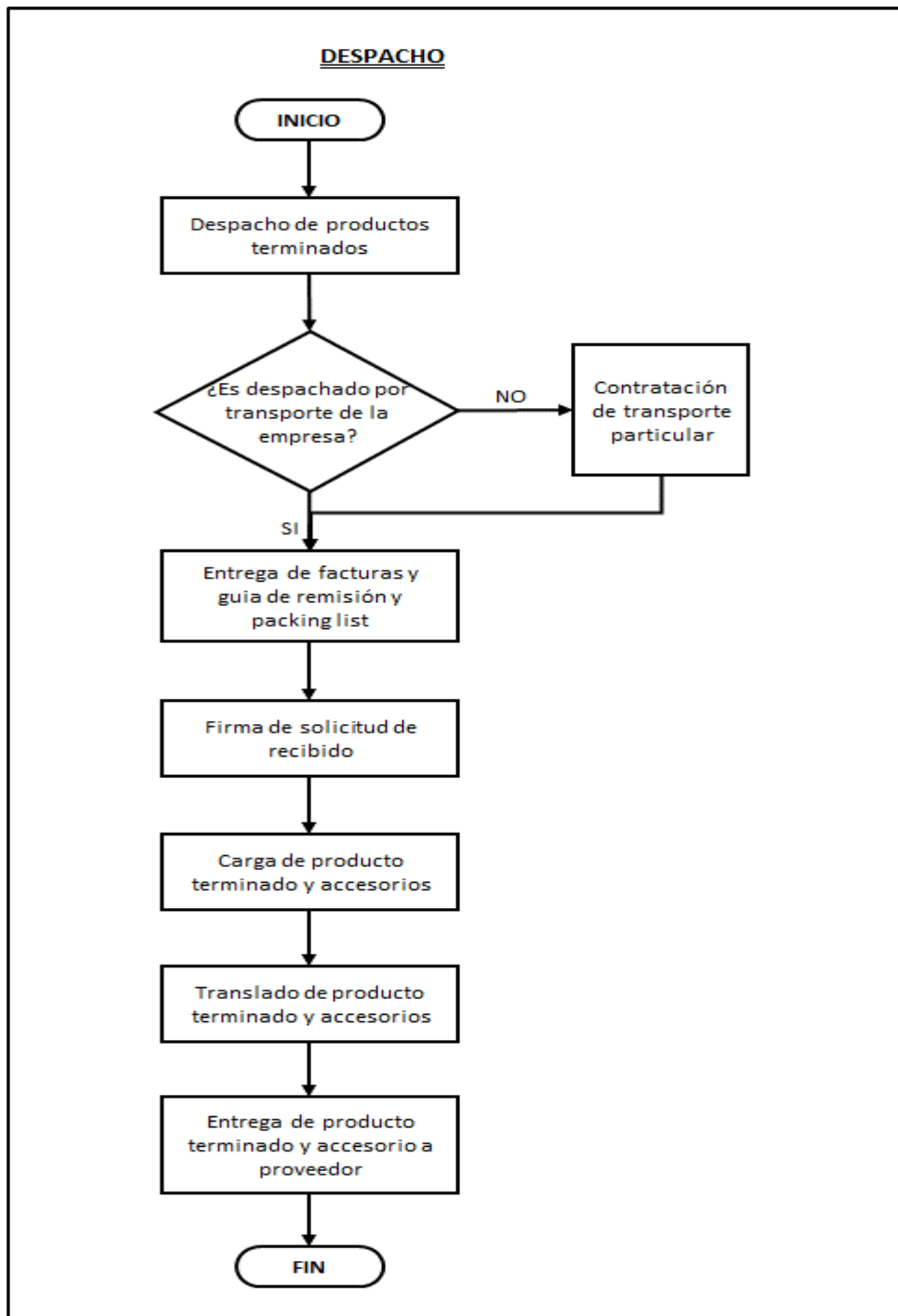


Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Logística de despacho.

Se encarga de la recepción, almacenaje y control de inventarios de los productos terminados. Encargada del despacho de los productos a los clientes designados por el departamento de comercial.

Figura n.º 3.1.1.7 Flujo de proceso – Despacho

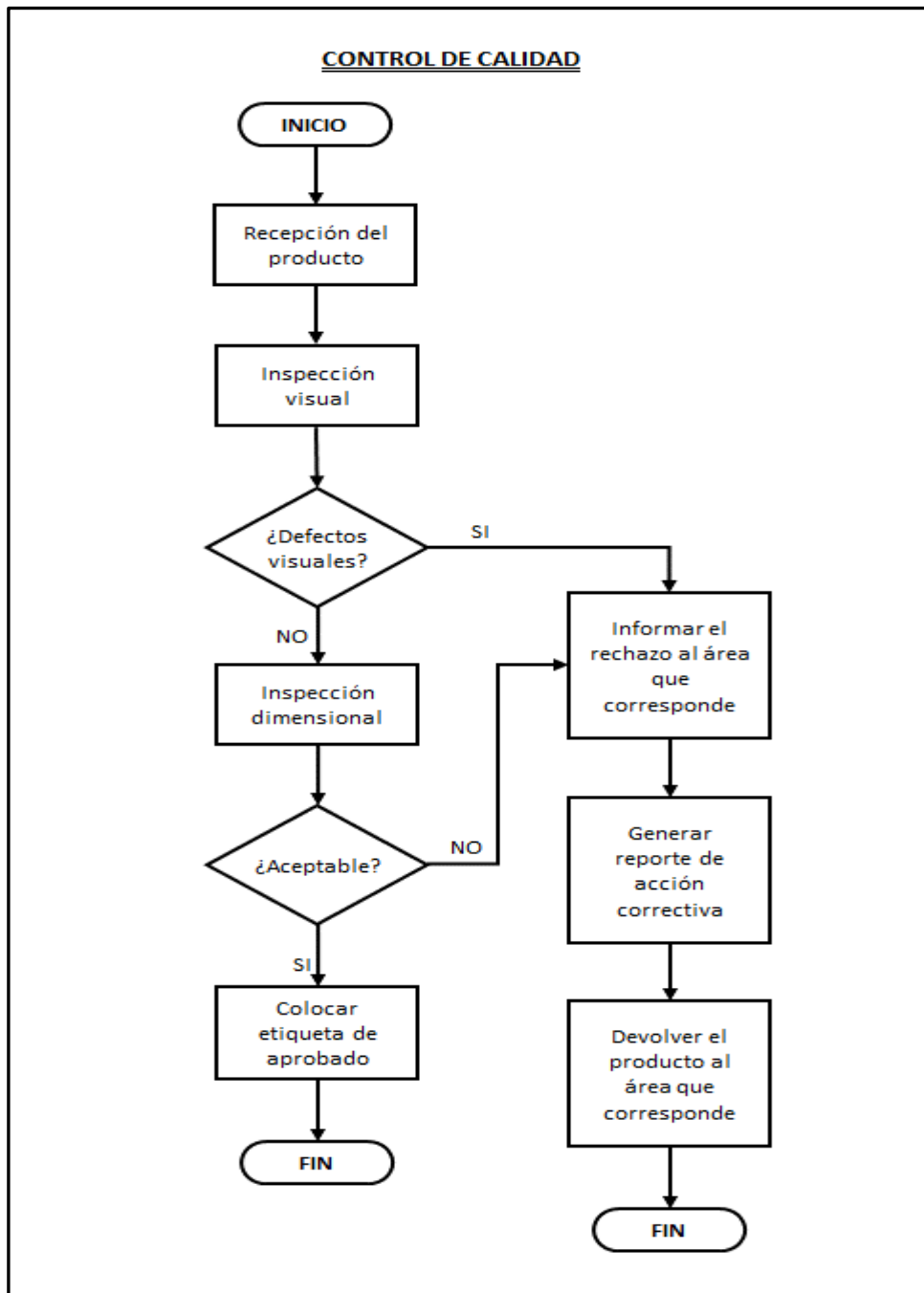


Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

D. Control de calidad.

Encargada de asegurar el cumplimiento de los estándares y procedimientos, para garantizar productos óptimos de acuerdo a los requerimientos y/o especificaciones técnicas solicitadas por el cliente.

Figura n.º 3.1.1.8 Flujo de proceso – Control de calidad



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

E. Sistema productivo de la organización

El sistema productivo que se maneja en los últimos años no viene cumpliendo con las necesidades reales que necesita la empresa, por lo tanto, muchos de los procesos de fabricación se realizan de acuerdo a las órdenes de trabajo que emite el departamento de comercial, dando entender que no se cuenta con un diseño de proceso de fabricación.

La producción en planta es programada semanalmente de acuerdo a la información de la demanda del cliente y/o previsiones de ventas. El personal de comercial tiene la potestad para realizar cualquier modificación en la producción programada.

Para el cálculo de los recursos se realizaba por estimación, pues la planta de producción no tenía conocimiento exacto, acerca de cuánto debe utilizar por cada transformador, es así que el tiempo de entrega para el cliente es de acuerdo el ingreso de órdenes de trabajo.

El criterio para la asignación de la carga en las aéreas de trabajo se basa en la experiencia y el histórico de la capacidad que cada área tiene para atender la demanda, hecho que provoca frecuentes irregularidades en el volumen de la producción, requiriendo por lo tanto un sistema con mayor precisión con el fin de respetar las limitaciones de carga.

Para este proyecto de mejora, nos enfocaremos específicamente a la línea producción de transformadores sumergidos en aceite, conformado por una serie de procesos que se elaborara en cada área de trabajo. Desde el bobinado hasta los acabados del producto final.

Bobinado

Este proceso de bobinado se realiza por medio de una producción mecanizada, una maquina por trabajador. Se fabrica dos tipos de bobinas, la de baja y la de alta tensión. Utilizando alambre de cobre esmaltado o hilo rectangular, lamina de aluminio, alambre de aluminio con aislamiento de papel termo estabilizado o poliéster. Según especificaciones entregadas por al departamento de diseño.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 3.1.1.9 Bobinado



Fuente: Electro Volt Ingenieros s.a.

Armado de núcleo

Este proceso se inicia por el corte de las láminas de acero al silicio, utilizando una maquina por persona. Las dimensiones del corte varían de acuerdo a las especificaciones entregadas por el departamento de diseño. Posteriormente se procede al armado del núcleo magnético con apoyo de un plano, luego se realiza el enzunchado para que finalmente quede en forma de un bloque de láminas.

Figura n.º 3.1.1.10 Armado de núcleo magnético



Fuente: Electro Volt Ingenieros s.a.

Conexionado de parte activa

Este proceso consiste en dos partes: ensamblaje núcleo – bobinas y conexionado entre bocinas. El ensamblaje consiste en unir las bobinas con el núcleo, inicialmente se abre los extremos para desmontar el núcleo lámina por lámina, luego se inserta las bobinas y se procede a cerrar el paquete de laminación colocando la lámina uno por una. Finalmente se sujetan los núcleos perimetralmente con un zuncho, otra parte importante es la instalación del marco, que se trata de una estructura metálica que soportara la parte activa, asimismo pueda sujetarse al tanque.

La conexión consiste en aislar las extensiones, acomodar y acondicionar los terminales de baja y alta tensión, luego soldar terminales con extensiones, colocar accesorios de acuerdo a las características física de cada transformador. Las características originales son proporcionadas por el departamento de diseño.

Figura n.º 3.1.1.11 Conexionado de parte activa



Fuente: Electro Volt Ingenieros s.a.

Secado térmico

El proceso de secado es indispensable en el ciclo de fabricación, debido a que cualquier sospecha de humedad es un riesgo para el transformador. Consiste en someter a un proceso de horneado de la parte activa del transformador a una temperatura de 150 °C, el tiempo de duración dentro del horno está en el rango de 8 a 14 horas, dependiendo del tamaño de las bobinas o capacidad del transformador. Luego de completar el tiempo de secado estará listo para pasar al proceso de encubado.

Figura n.º 3.1.1.12 Secado térmico



Fuente: Electro Volt Ingenieros s.a.

Fabricación del tanque (Metalmecánica)

Para este proceso desarrollaremos la fabricación de cada parte metálica y ensamblaje entre ellas, para obtener el tanque del transformador.

La fabricación del collarín y tapa, consta en el cortado de perfil en “L” y planchas de acero, las dimensiones son de acuerdo al diseño entregado por ingeniería, luego se procede al armado y soldado del collarín, tomando como base de referencia la forma rectangular de la tapa. Después de limpiar las piezas se procede a unir con punto de soldadura para realizar el trazado, perforado de agujeros que servirán para la instalación de accesorios y pernos que sujetarán la tapa con el tanque.

La cuba o base, consta en el cortado y dobles de planchas de acero, el espesor y las dimensiones son de acuerdo al tamaño del transformador. Se procede a fijar las esquinas de los dobles para obtener una forma de bandeja, luego se realiza el soldado y limpieza de la cuba o base.

Las aletas frontales y laterales, consta en el cortado y dobles de planchas de acero, las dimensiones y el espesor son de acuerdo a la potencia del transformador. Una vez teniendo el doble de todas las aletas se procede a soldar y limpiar los extremos de las aletas.

El armado del tanque, consta en la unión de las partes mencionadas anteriormente con puntos de soldadura. Teniendo el tanque armado se procede a realizar el proceso de

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

soldeo, donde todas las juntas serán soldadas con soldadura Supercito 7018. Luego se realiza una limpieza de todo el tanque para proceder a la prueba hermeticidad.

La prueba de hermeticidad, consta en la inyección de aire al tanque, para proceder a la prueba de burbujeo. Colocar en un recipiente agua con jabón y rosear por la parte exterior del tanque, exactamente por todos los cordones de soldadura, para verificar si existe alguna fuga. Para solucionar las fugas encontradas se vuelve a realizar el proceso de soldeo.

Figura n.º 3.1.1.13 Fabricación de tanque



Fuente: Electro Volt Ingenieros s.a.

Figura n.º 3.1.1.14 Fabricación de tanque



Fuente: Electro Volt Ingenieros s.a.

Pintura

El proceso de pintado del tanque consiste en tres fases,

Primera fase es pintada en base epóxica de color verde.

Segunda fase es pintada con esmalte epóxico de color gris

Tercera fase es pintada con poliuretano de color perla.

Figura n.º 3.1.1.15 Pintado de tanque



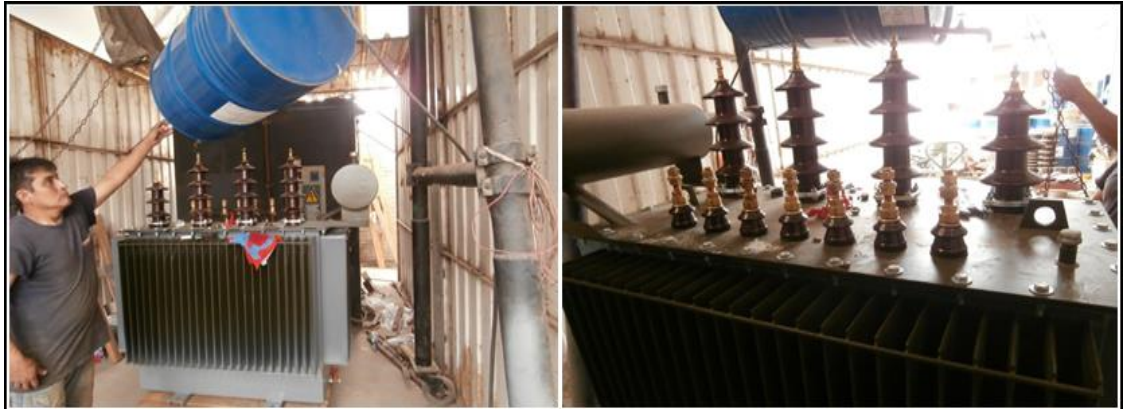
Fuente: Electro Volt Ingenieros s.a.

Encubado

Este proceso consiste en el montaje de la parte activa del transformador, que se encuentra en el horno. Luego del montaje y la instalación de todos los accesorios que le pertenecen de acuerdo a la potencia del transformador, se procede al llenado del aceite dieléctrico. Donde este aceite utilizado para el transformador también pasa por tratamiento para eliminar la humedad.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 3.1.1.16 Encubado



Fuente: Electro Volt Ingenieros s.a.

Laboratorio

Este proceso Electro Volt Ingenieros S.A. realiza las pruebas eléctricas de rutina por cada transformador, estas son:

- Resistencia óhmicas de los arrollamientos
- Relación de transformación en todas las tomas del conmutador
- Medición del nivel de aislamiento (Meghado)
- Medición de la corriente de excitación y las corrientes en vacío
- Tensión de corto circuito y perdidas en los arrollamientos
- Ensayo de tensión aplicada
- Ensayo de tensión inducida

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 3.1.1.17 Pruebas de rutina



Fuente: Electro Volt Ingenieros s.a.

Acabados finales

Finalizando todos procesos mencionados, se traslada al transformador para colocar el estampado de Electro Volt Ingenieros S.A, la placa de caracterización, letras de señalización, placas de conmutador y placas de voltaje. En algunos casos a pedido del cliente proporciona un deshumecedor y ruedas bidireccionales.

Figura n.º 3.1.1.18 Acabados finales



Fuente: Electro Volt Ingenieros s.a.

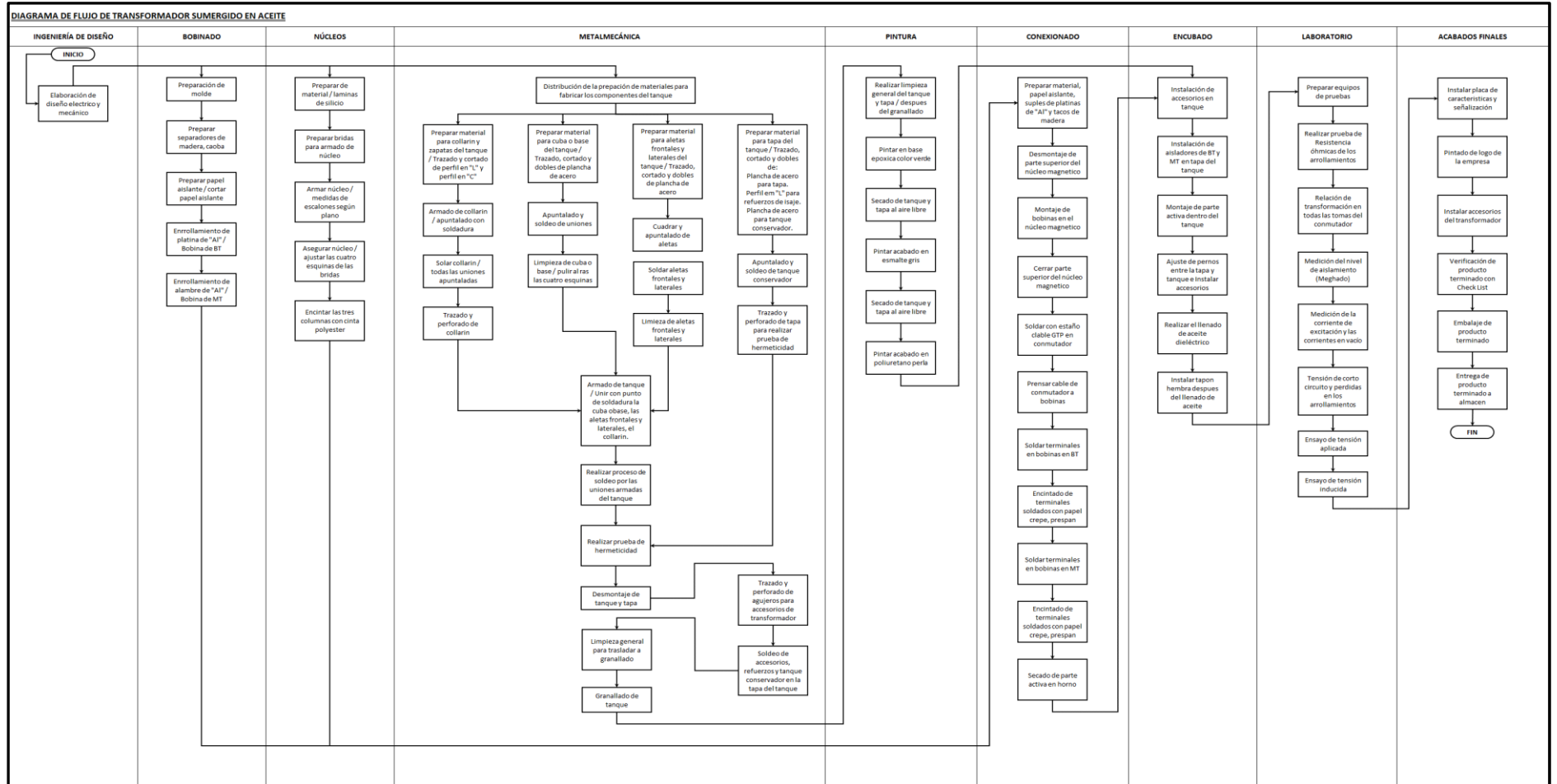
“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

F. Flujograma del proceso productivo (Antes de la mejora)

En el siguiente flujograma se detalla las relaciones entre las Áreas de producción, para la elaboración del Transformador sumergido en aceite.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 3.1.1.19 Diagrama de flujo de transformador sumergido en aceite (Antes de la mejora)



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

III.1.2. Análisis de los indicadores

Para el cálculo de la productividad es necesario tener la información de todos los recursos utilizados en el Proceso Productivo, donde el levantamiento de información de cada área de trabajo será crucial para la mejora.

Recurso del Área de Producción

En el cuadro a continuación se observa el detalle del personal, maquinaria, energía y materia prima necesaria en el Área de Producción

A) Fuerza Laboral - Mano de Obra

A continuación, se detallan el personal que labora en el área de estudio y costos de la misma.

Tabla n.º 3.1.2.1 Fuerza Laboral – Producción

TRABAJADORES	SUELDO (+) C. SOCIAL (S/.)	CANTIDAD DE TRABAJADOR
JEFE DE SECCIÓN	4380	1
OPERARIO 1 (METALMECÁNICA)	2190	3
OPERARIO 2 (ELECTRICISTA)	2628	3
OPERARIO (AYUDANTE)	1460	2
OPERARIO (PRUEBAS)	2190	1
OPERARIO (PINTURA)	2190	1
	TOTAL TRABAJADORES	11

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Horas Hombre – Proceso de Fabricación

A continuación, se detallan las horas hombre utilizadas para la fabricación de 01 Transformador estándar sumergido en aceite (como referencia el Transformador de 500 KVA), en el Área de Producción.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Tabla n.º 3.1.2.2 Proceso de fabricación del Transformador sumergido en aceite estándar (Modelo 500KVA)

PROCESOS	HORAS HOMBRE PARA FABRICACIÓN
FABRICACIÓN DE BOBINAS / BT, MT	28
FABRICACIÓN DE NÚCLEO MAGNÉTICO	24
FABRICACIÓN DE TANQUE	44
PINTADO DE TANQUE / EN BASE EPÓXICA	8
CONEXIÓN / PARTE ACTIVA	24
TRATAMIENTO TÉRMICO / SECADO	12
ENCUBADO DE TRANSFORMADOR	8
PINTADO DE TRANSFORMADOR / EN ESMALTE	27
PRUEBAS ELÉCTRICAS	8
ACABADOS / ACCESORIOS Y ETIQUETADO	6
CONTROL DE CALIDAD	2
EMBALAJE / PRODUCTO TERMINADO	6
TOTAL HORAS	197

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

B) Horas Maquina

En el cuadro a continuación se observa el detalle las horas máquina que se utilizan para la fabricación de 01 Transformador Sumergido en aceite, en el Área de Producción.

Tabla n.º 3.1.2.3 Horas x Maquina

PROCESOS	HM
BOBINADORA	24
GUILLOTINA	6
DOBLADORA	6
MAQUINA DE SOLDAR	45
COMPRESORA	8
EQUIPO DE PRUEBAS	8
TOTAL	97

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

C) Energía Eléctrica

En el cuadro a continuación se observa el detalle las horas máquina que se utilizan para la fabricación de 01 Transformador Sumergido en aceite, en el Área de Producción.

Tabla n.º 3.1.2.4 Energía Eléctrica por proceso

PROCESOS	KW
FABRICACIÓN DE BOBINAS / BT, MT	150
FABRICACIÓN DE NÚCLEO MAGNÉTICO	120
FABRICACIÓN DE TANQUE	100
PINTADO DE TANQUE / EN BASE EPÓXICA	50
CONEXIÓN / PARTE ACTIVA	120
TRATAMIENTO TÉRMICO / SECADO	150
ENCUBADO DE TRANSFORMADOR	80
PINTADO DE TRANSFORMADOR / EN ESMALTE	50
PRUEBAS ELÉCTRICAS	100
ACABADOS / ACCESORIOS Y ETIQUETADO	25
CONTROL DE CALIDAD	80
EMBALAJE / PRODUCTO TERMINADO	25
TOTAL KW PARA 1 TRANSFORMADOR	1050

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

D) Materia Prima

En el cuadro a continuación se observa el detalle los materiales que se utilizan para la fabricación de 01 Transformador Sumergido en aceite, en el Área de Producción (Modelo estándar 500 KVA).

Tabla n.º 3.1.2.5 Materia Prima por proceso

MATERIALES POR PROCESO	COSTO UNITARIO (SOLES)	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTOS (S/.)
<u>BOBINA</u>				
ALAMBRE ESMALTADO DE ALUMINIO	7.5	KG	27	202.5
PAPEL NOMEX	20	UND	5	100
SEPARADOR DE MADERA	0.2	UND	450	90
PLATINA ESMALTADA DE ALUMINO	9.8	KG	47	460.6
<u>NUCLEO</u>				
LAMINA DE SILICIO	16	KG	80	1280
PERFIL EN "C" DE ACERO AL CARBONO	8.5	M/LIN	3	21.25
ESPARRAGOS DE 1/8" CON TUERCAS	11.5	M/LIN	2	17.25
SOLDADURA	18	KG	1	9
PAPEL NOMEX	20	UND	1	20
<u>TANQUE</u>				
PLANCHA DE ACERO AL CARBONO E=6MM	450	UND	1	225
PLANCHA DE ACERO AL CARBONO E=1.5MM	180	M/LIN	5	900
PERFIL EN "L" 2 1/2" X 1/8"	8.5	M/LIN	3	21.25
SOLDADURA	18	KG	5	90
FIERRO CIRCULAR 1/8"	8.5	M/LIN	2	17
<u>OTROS</u>				
ACEITE DIELECTRIO	77	GAL	43	3343.4
CONMUTADOR	250	und	1	250
AISLADORES AT	180	UND	3	540
AISLADORES BT	80	UND	6	480
MEDIDOR DE ACEITE	15	UND	1	15
DESHUMEDECEDOR	35	UND	1	35
TOTAL MATERIA PRIMA				8117.27

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Los procesos del Área de Producción son 09 los cuales se observan en el cuadro adjunto.

Tabla n.º 3.1.2.6 Procesos – Producción

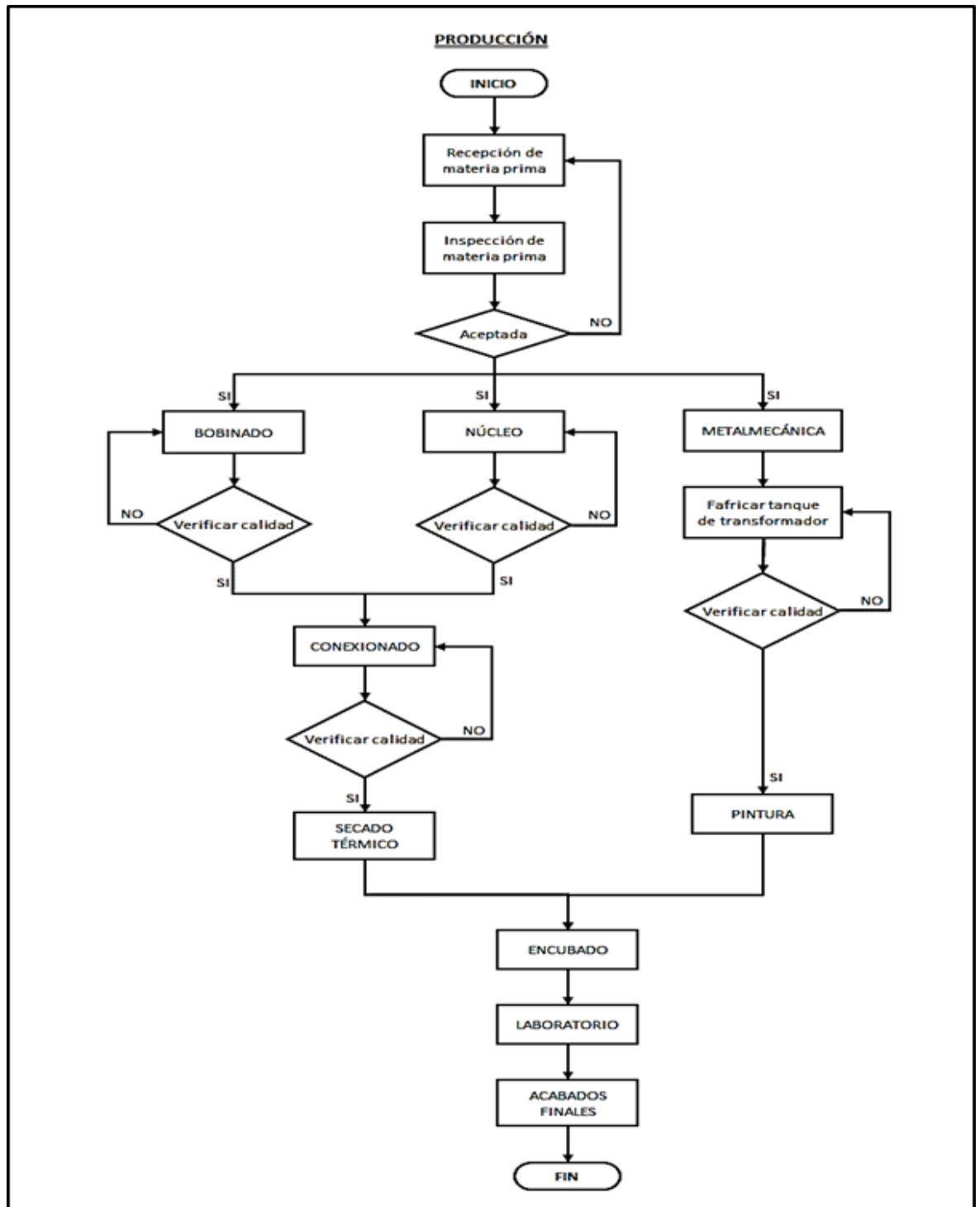
Nº	MACRO-PROCESOS PRODUCCIÓN
1	BOBINADO
2	NUCLEO
3	CONEXIONADO
4	SECADO TERMICO
5	METALMECANICA
6	PINTURA
7	ENCUBADO
8	LABORATORIO
9	ACABADOS FINALES

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Proceso de Producción

A continuación, se presenta el flujograma de procesos del Área de producción, donde se integran los 9 procesos generales

Figura n.º 3.1.2.1 Proceso de Producción



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Distribución de Planta en Producción

Producción se divide en 14 zonas áreas físicas las cuales se detallan a continuación:

Tabla n.º 3.1.2.7 Áreas en Producción

Codigo	Areas	L (mt)	A (mt)	AREA (m2)
A	DEPOSITO	20.5	7.5	153.75
B	METALMECANICA	17.5	15.5	271.25
C	CONEXIONADO	17.5	3.75	65.625
D	NUCLEO	17.5	3.75	65.625
E	BOBINADO	17.5	15	262.5
F	PRODUCTO TERMINADO	17.5	12.5	218.75
G	LABORATORIO	9.5	6.5	61.75
H	ALMACEN	18.5	6.5	120.25
I	CARPINTERIA	3.5	8.5	29.75
J	ENCUBADO	5.5	8	44
K	SECADO TERMICO	14.5	8	116
L	PINTURA EN POLVO	7.5	8	60
M	PINTURA LIQUIDA	7.8	8	62.4
N	GRANALLADO	9.3	8	74.4
				1606.05

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Asimismo, se tiene la siguiente matriz de relaciones entre las áreas indicadas:

Tabla n.º 3.1.2.8 Matriz de relaciones

Codigo	Areas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	DEPOSITO		1		1										
B	METALMECANICA								1					1	1
C	CONEXIONADO				1	1			1	1		1			
D	NUCLEO								1						
E	BOBINADO								1	1					
F	PRODUCTO TERMINADO							1							
G	LABORATORIO											1			
H	ALMACEN											1			
I	CARPINTERIA														
J	ENCUBADO														
K	SECADO TERMICO														
L	PINTURA EN POLVO														
M	PINTURA LIQUIDA														1
N	GRANALLADO														

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

En la cual se detallan el número de movimientos entre cada pareja de áreas. Ello nos permite observar las relaciones de trabajo entre dichas áreas, a fin de identificar las prioridades y la naturaleza de las mismas. A continuación, se presenta la distribución de la planta, antes de la mejora, en forma de diagrama de cajas.

Figura n.º 3.1.2.2 Distribución de planta

N	M	L	K	J	I	H
A	B	C	D	E	F	G

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Con esta distribución se ha realizado el estimado de movimientos entre áreas que se relación, obteniéndose el cuadro presentado a continuación:

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Tabla n.º 3.1.2.9 Movimientos entre áreas

PARES	RELACIONES	RECORRIDO ENTRE AREAS
A-B	1	1
A-D	1	3
B-H	1	6
B-M	1	1
B-N	1	2
C-D	1	1
C-E	1	2
C-H	1	5
C-I	1	4
C-K	1	2
D-H	1	4
E-H	1	3
E-I	1	2
F-G	1	1
G-J	1	3
H-J	1	2
M-N	1	1
TOTAL	17	43

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Con lo cual se observa un total de 43 recorridos entre áreas para elaborar 01 Transformador sumergido en aceite.

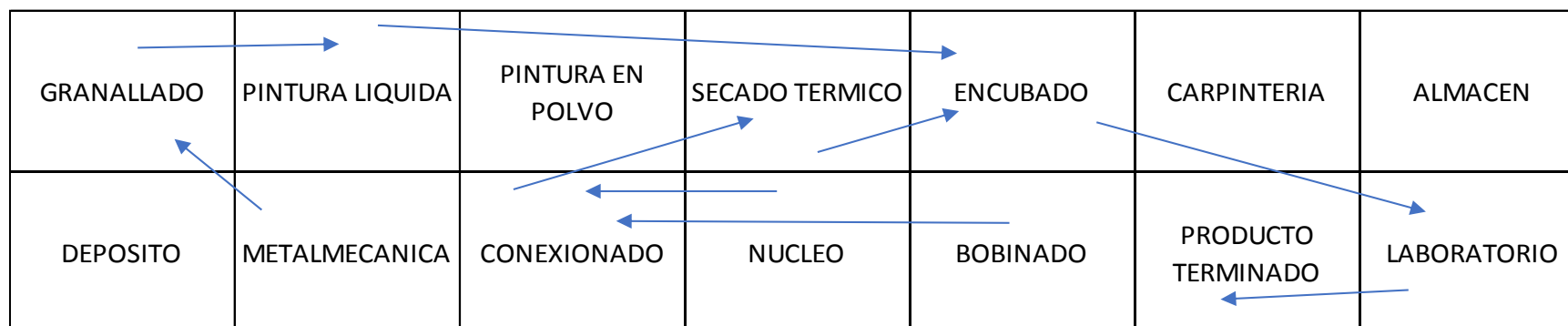
A) Proceso productivo y distribución de planta

El proceso productivo se inicia en 03 frentes: Bobinado, núcleo y metalmecánica, completado los dos primeros procesos, se trasladan estos productos intermedios a conexionado. En conexionado se completa las operaciones pertinentes y continua su proceso en secado térmico.

Por otro lado, metalmecánica, donde se fabrica el tanque, completado este proceso, se traslada a granallado, para la limpieza del mismo y preparación para continuar en pintura líquida.

Terminado el secado térmico y habiéndose pintado y secado el tanque, se continua hacia el encubado, donde se añade el aceite, completado así dicha operación. A continuación, se realizan las pruebas en laboratorio. Si las pruebas son conformes, se procede al embalaje y deposito en productos terminados. Completando así el ciclo de producción.

Figura n.º 3.1.2.3 Distribución de planta (antes de la mejora)



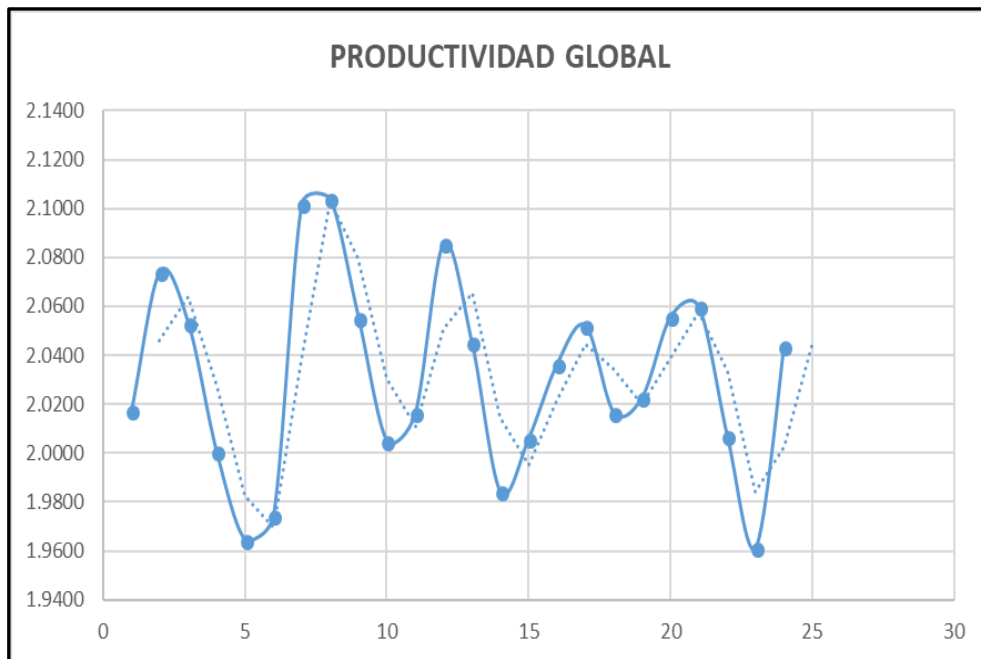
Recorrido Línea de Transformadores sumergidos en aceite

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

III.1.3. Determinación de las brechas

La empresa se plantea incrementar la productividad para el año 2017, teniendo en cuenta los datos de los años 2015 y 2016. Los datos reales de los años indicados presentan el siguiente comportamiento.

Figura n.º 3.1.3.1 Comportamiento de la productividad



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Este comportamiento se ajusta a una tendencia del tipo Promedio Móvil con $n=2$, donde podemos observar la media y mediana del conjunto de datos.

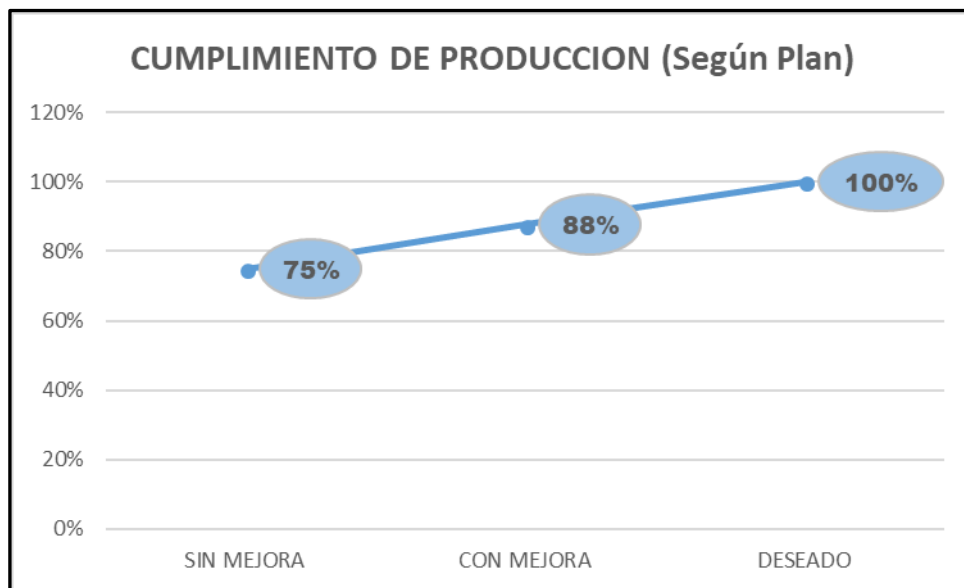
Tabla n.º 3.1.3.1 Valor estadístico del comportamiento de la productividad

ESTADISTICO	VALOR	UNIDAD
MEDIA	2.031	\$/Ingreso/\$Costo
MEDIANA	2.030	

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Según los datos analizados para una Productividad Promedio de 2.031 \$Ingreso/\$Costos, se tiene un promedio de Cumplimiento de Producción, en fecha según planificado, del 75%, es en este sentido que la empresa desearía incrementar su eficiencia de Producción para lograr el 100% Siendo así la brecha de operacional de Producción del 25%. Para este trabajo de investigación se estima realizar una mejora del 50% sobre la brecha calculada, ello representa el 13%.

Figura n.º 3.1.3.2 Cumplimiento de producción



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

III.1.4. Determinación de la problemática y causas raíz

Para determinar qué factores afectan a la productividad es necesario realizar el levantamiento de datos enfocados en el Área de Producción, para ello realizaremos herramientas diversas como diagrama – esquemático donde visualizaremos todos los factores que se encuentran involucrados en la misma.

A) Análisis de la Problemática general

Este análisis permite levantar todos los problemas y factores, que afectan la productividad, a fin de identificar el y/o los problemas más críticos, para ello se ha

realizado una lluvia de ideas a fin de recopilar los problemas que afectan el área de producción.

Figura n.º 3.1.4.1 Brainstorming



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Con esta información, se ha logrado identificar los problemas principales, que ocasionan la baja productividad de la planta de fabricación. Para este estudio se ha elegido los problemas:

1. Distribución de Planta inadecuado,
2. Exceso en los tiempos de fabricación,
3. Retrasó en la entrega de los productos terminados

Esta elección se debe a que se tiene información recopilada de la misma, debido a mi trabajo como Coordinador de Planta, durante los años 2015 y 2016. Asimismo, estos problemas representan en conjunto el 40% de los inconvenientes registrados en el periodo de estudio.

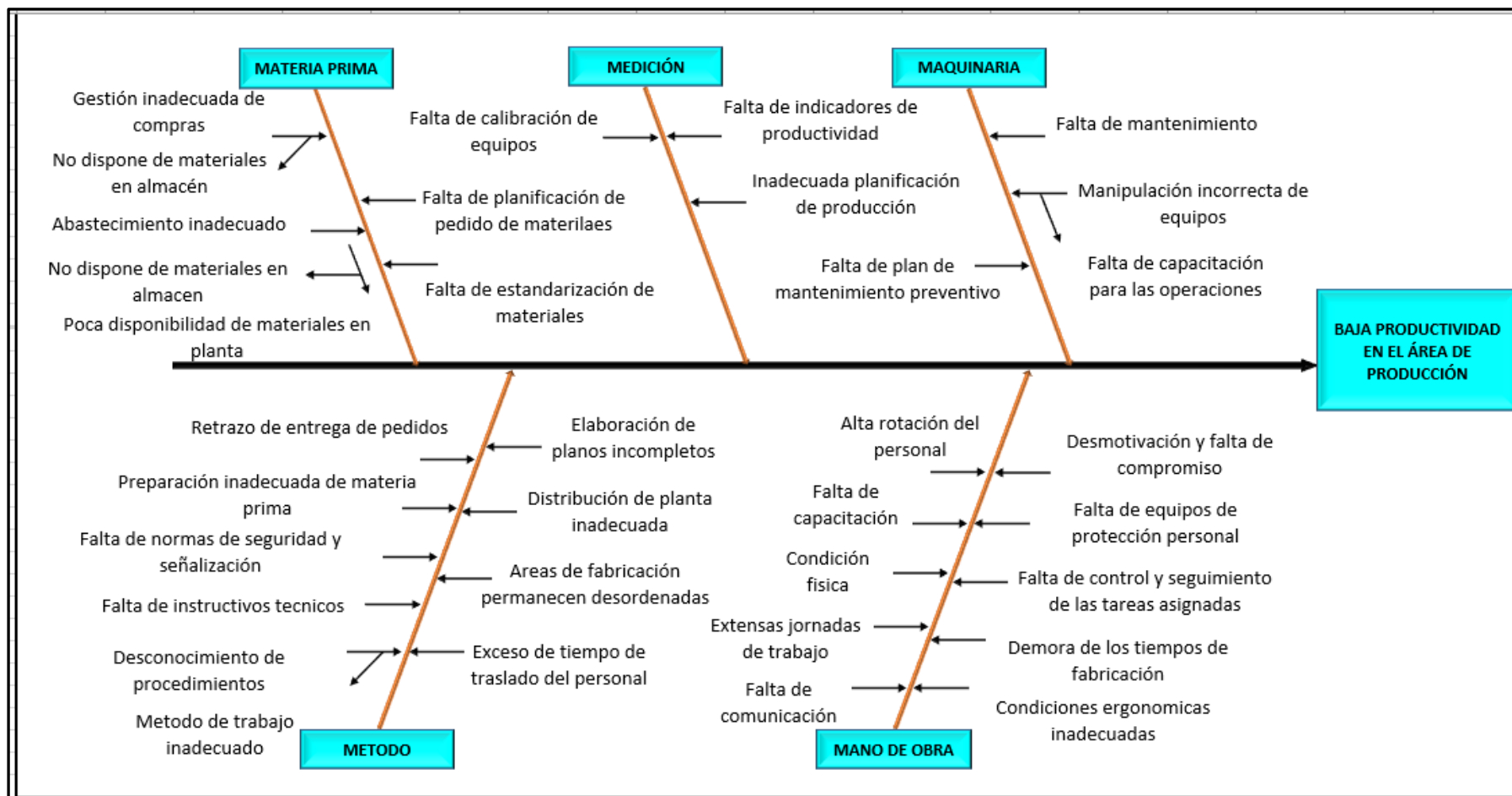
“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

B) Análisis causa raíz

Este análisis permite identificar las causas reales que afectan la productividad de la empresa. Identificando así, las verdaderas causas para lograr proponer e implementar soluciones efectivas.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 3.1.4.2 Diagrama de Ishikawa – Espina de pescado



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración Propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Con los datos recopilado en el diagrama de Ishikawa, procedió a realizar una matriz de factores – Ponderación a fin de priorizar las causas raíces más importantes y prioritarias, aquellas “pocos” vitales” que tienen impactos significativos en la mejora del proceso.

C) Matriz de Ponderación

Esta técnica tiene su base en la Matriz FACTIS, la cual ha sido personalizada utilizando los factores más significativos en el Área de producción, de la empresa Electro Volt S.A., a) Producción b) Calidad de los productos elaborados, en este caso: Transformadores sumergidos en aceite y c) Costos.

Para ello se ha considerado los siguientes factores:

Tabla n.º 3.1.4.1 Factores de la productividad

FACTORES	Siglas
Producción	Pr
Calidad	Ca
Costos	Co

Fuente: Material de clase - UPN

Es decir, cuanto es el impacto en lograr las metas de Producción (Pr), la calidad adecuada para el producto final en este caso el “Transformador sumergido en aceite” (Ca), y finalmente el impacto en el uso del recurso financiero, en los costos para la empresa (Co).

Asimismo, la escala del 1 al 5 de acuerdo a la siguiente leyenda:

Tabla n.º 3.1.4.2 Escala de impacto

ESCALA	Puntaje
Nada	1
Poco	2
Regular	3
Bastante	4
Mucho	5

Fuente: Material de clase - UPN

La escala utilizada se refiere al impacto en los factores utilizados, siendo 1 muy poco o nada y 5 mucho o muy crítico.

Tabla n.º 3.1.4.3 Matriz de Ponderación

N°	ACTIVIDADES	AREA RESPONSABLE	FACTORES			SUMA
			Pr	Ca	Co	
1	Gestión inadecuada de compras	LOGISTICA	4	2	3	9
2	No dispone de materiales en almacén	LOGISTICA	5	2	3	10
3	Abastecimiento inadecuado	LOGISTICA	4	2	4	10
4	No dispone de materiales en almacen	LOGISTICA	5	2	4	11
5	Poca disponibilidad de materiales en planta	LOGISTICA	4	2	3	9
6	Falta de planificación de pedido de materiales	LOGISTICA	2	4	4	10
7	Falta de estandarización de materiales	LOGISTICA	3	3	4	10
8	Falta de calibración de equipos	MANTENIMIENTO	3	3	4	10
9	Falta de indicadores de productividad	PRODUCCIÓN	5	2	3	10
10	Inadecuada planificación de producción	PRODUCCIÓN	5	2	4	11
11	Falta de plan de mantenimiento preventivo	MANTENIMIENTO	3	3	5	11
12	Falta de mantenimiento	MANTENIMIENTO	3	3	4	10
13	Manipulación incorrecta de equipos	PRODUCCIÓN	3	1	4	8
14	Falta de capacitación para las operaciones	PRODUCCIÓN	2	1	5	8
15	Retrazo de entrega de pedidos	PRODUCCIÓN	2	1	4	7
16	Preparación inadecuada de materia prima	LOGISTICA	3	2	4	9
17	Falta de normas de seguridad y señalización	SEGURIDAD	2	1	3	6
18	Falta de instructivos tecnicos	PRODUCCIÓN	3	1	3	7
19	Desconocimiento de procedimientos	PRODUCCIÓN	3	2	3	8
20	Metodo de trabajo inadecuado	PRODUCCIÓN	3	2	3	8
21	Elaboración de planos incompletos	INGENIERIA	3	1	3	7
22	Distribución de planta inadecuada	PRODUCCIÓN	3	2	5	10
23	Areas de fabricación permanecen desordenadas	PRODUCCIÓN	2	1	2	5
24	Exceso de tiempo de traslado del personal	PRODUCCIÓN	3	2	3	8
25	Alta rotación del personal	RRHH	3	1	3	7
26	Falta de capacitación	PRODUCCIÓN	3	1	3	7
27	Condición física	PRODUCCIÓN	3	1	2	6
28	Extensas jornadas de trabajo	PRODUCCIÓN	2	1	4	7
29	Falta de comunicación	VARIOS	2	1	3	6
30	Desmotivación y falta de compromiso	RRHH	2	1	3	6
31	Falta de equipos de protección personal	SEGURIDAD	2	2	3	7
32	Falta de control y seguimiento de las tareas asignadas	PRODUCCIÓN	2	1	4	7
33	Demora de los tiempos de fabricación	PRODUCCIÓN	4	1	5	10
34	Condiciones ergonomicas inadecuadas	PRODUCCIÓN	2	1	3	6

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Del análisis de las 34 Causas Raíces, se clasifico según las Áreas responsable de dichas problemáticas, realizando así la Matriz de Afinidad, la cual se muestra a continuación:

Tabla n.º 3.1.4.4 Matriz de afinidad

Suma de SUMA AREA RESPONSABLE	Puntos por Area	%
INGENIERIA	7	2%
LOGISTICA	78	28%
MANTENIMIENTO	31	11%
PRODUCCIÓN	133	47%
RRHH	13	5%
SEGURIDAD	13	5%
VARIOS	6	2%
Total general	281	100%

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

De esta Matriz de afinidad se observa que las problemáticas más críticas se presentan en las Áreas de Producción con un valor de 133 Puntos y en Logística con 78 Puntos. En este trabajo aplicado, se enfocó los esfuerzos en el Área de producción el cual contiene el 47% de las causas raíces del problema principal: Baja Productividad en el Área de Producción.

Luego del cual se realizó el análisis de las causas raíces contenidas en el Área de Producción a fin de priorizar las más significativas. A continuación, se presenta el detalle del mismo.

Tabla n.º 3.1.4.5 Causa raíces del área de producción

Suma de SUMA	AREA RESPONSA	ACTIVIDADES	Total	%
	PRODUCCIÓN	Areas de fabricación permanecen desordenadas	5	4%
		Condición física	6	5%
		Condiciones ergonomicas inadecuadas	6	5%
		Demora de los tiempos de fabricación	10	8%
		Desconocimiento de procedimientos	8	6%
		Distribución de planta inadecuada	10	8%
		Exceso de tiempo de traslado del personal	8	6%
		Extensas jornadas de trabajo	7	5%
		Falta de capacitación para las operaciones	8	6%
		Falta de capacitación	7	5%
		Falta de control y seguimiento de las tareas asignadas	7	5%
		Falta de indicadores de productividad	10	8%
		Falta de instructivos técnicos	7	5%
		Inadecuada planificación de producción	11	8%
		Manipulación incorrecta de equipos	8	6%
		Metodo de trabajo inadecuado	8	6%
		Retrazo de entrega de pedidos	7	5%
	Total PRODUCCIÓN		133	100%

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

De las causas raíces correspondientes a Producción, nos enfocaremos en las más representativas:

Demora de tiempos de fabricación, Distribución de planta inadecuada, Inadecuada planificación de producción y Falta de indicadores de productividad, los cuales representan el 32% de la problemática en Producción.

III.2. Determinación de la propuesta de solución

Las alternativas de solución planteadas para incrementar la productividad operacional en Electro Volt S.A., son las siguientes:

III.2.1. Planteamiento de propuesta de solución

Para solucionar las causas raíces prioritarias se propone 2 soluciones, las cuales se detallan a continuación:

- Modernización y ampliación de las Áreas de fabricación
- Rediseño del Proceso y Distribución de Planta

A. Modernización y ampliación de Áreas de fabricación

Electro Volt S.A. en su afán de mejorar sus operaciones y atender con mayor celeridad a sus clientes, está evaluando la opción de modernizar sus instalaciones, así como sus maquinarias, para incrementar su capacidad productiva. Para ello se requiere la compra de maquinaria con tecnología moderna, redistribución de todas las áreas de la empresa a fin de ampliar el espacio físico para el Área de Producción, luego del cual se deberá acondicionar las áreas de los procesos de fabricación como: Bobinado, Núcleo, Conexionado, Pintura, Metalmecánica y Pruebas eléctricas principalmente.

B. Rediseño del Proceso y Distribución de Planta

Se redistribuiría la planta optimizando las áreas de trabajo, espacios destinados para cada área, recorridos tanto del personal, materias primas y productos finales, Para ello se utilizará el mismo espacio, número de trabajadores, máquinas y recursos, para lograr así incrementar la productividad.

III.2.2. Evaluación y selección de la propuesta de solución

Para realizar la selección de la alternativa de solución, basada en las 02 propuestas antes indicadas, se ha utilizado un Cuadro de Ponderación. Para ello se ha elegido los factores de a) Inversión, b) Tiempo de implementación, c) Productividad y d) Flexibilidad. A continuación, se detalla dichos factores para la selección de la alternativa más adecuada.

- **Inversión:** Es el factor económico que influye en todo el proyecto, siempre ha sido importante para ser tomado en cuenta al momento de determinar cuál de las alternativas es que mejor se acomode a la distribución de planta que se quiere realizar; ya que, esta inversión está muy relacionado con los factores tanto como maquinaria, tiempo de ser implementado, mano de obra, etc.xiv Por ello siempre tendrá una ponderación un poco elevado y para el siguiente estudio se considerará un peso de 35%.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

- **Tiempo de Implementación:** Este es un factor importante ya que se debe desarrollar todas las actividades planeadas, según los cronogramas establecidos al inicio de todo proyecto, siempre se busca que sea fácil de implementar y al mínimo tiempo posible; por ello en este caso se considerara un peso de 25%.
- **Productividad:** Este es el factor importante ya que de ello depende muchos otros factores como es la disminución de costos, recursos (mano de obra y materia prima) y el tiempo de reparación de cada grupo electrógeno; por ello en este caso se considerará un peso de 20%.
- **Flexibilidad:** Este factor nos ayudará para saber cuánto puede soportar el diseño ante un aumento de la demanda, así conocer la capacidad de la planta; por ello se considerará un peso de 20%

Tabla n.º 3.2.2.1 Selección de alternativa de solución

	PESO	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
INVERSION	0.35	1	0.35	3	1.05
T. IMPLEMENTACION	0.25	2	0.50	3	0.75
PRODUCTIVIDAD	0.20	4	0.80	3	0.60
FLEXIBILIDAD	0.20	5	1.00	2	0.80
			2.65		2.80

Fuente: Material de clase - Tecsup

De acuerdo a la Tabla de ponderación, observamos un mayor índice para la Alternativa N°2 es decir: “Rediseño del Proceso y Distribución de Planta”, en ese sentido esta alternativa es la elegida para el desarrollo de la Solución a implementar.

III.3. Planificación del proyecto de mejora

III.3.1. Cronograma de la implementación

Para la planificación y ejecución del desarrollo de las actividades de mejora, se ha realizado las siguientes actividades programadas.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Figura n.º 3.3.1.1 Cronograma para la implementación

Nº.	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3			
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
1	Levantamiento de información del proceso productivo	■	■										
2	Elaboración del layout inicial de la planta			■	■								
3	Análisis de la información recopilada				■	■							
4	Elaboración de la matriz de relación de áreas en la planta					■	■						
5	Identificar puntos críticos en el proceso de fabricación					■	■						
6	Elaboración de propuesta de solución							■	■	■	■		
6.1	Rediseño del proceso de fabricación							■	■	■	■		
6.2	Rediseño de la distribución de planta							■	■	■	■		
7	Elaboración del cronograma de implementación											■	
8	Estimación del costo y beneficio											■	
9	Redacción de la propuesta de mejora												■

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Durante la implementación del proyecto de mejora se desarrollaron las siguientes actividades:

Figura n.º 3.3.1.2 Cronograma para la ejecución del proyecto de mejora

Nº.	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
1	Comunicación al personal	■	■																		
2	Adquisición de recursos (materiales y herramientas)		■	■	■																
3	Mejoras implementadas																				
	• Reestructuración del método de trabajo,				■	■	■	■	■												
	• Organización del área de trabajo,					■	■	■	■												
	• Planificación de las tareas a realizar					■	■	■	■												
	• Implementación de indicadores de gestión.							■	■	■	■										
	• Re-diseño de la distribución de planta									■	■	■	■	■	■						
4	Capacitación al personal operativo							■	■	■	■										
5	Acompañamiento en la aplicación de la mejora											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Informe final																				■

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Como podemos observar el proyecto se ha ejecutado en un periodo de 8 meses, 3 meses de preparación y 5 meses de ejecución.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

IV.1. Desarrollo de la mejora

IV.1.1. Realización de las actividades de mejora – Plan de acción

Mejoras implementadas

Luego del levantamiento de la informacional inicial, se procedió con el análisis de dicha información. En este análisis, para la mejora de los procesos de fabricación y lograr la mejora de la productividad, el cual es el objetivo principal de esta aplicación, se ha realizado las siguientes actividades:

- Reestructuración del método de trabajo
 - Organización del área de trabajo
 - Planificación de las tareas a realizar
- Implementación de indicadores de gestión.
- Re-diseño de la distribución de planta

A continuación, mostraremos los ahorros obtenidos, con la mejora del proceso productivo en las áreas de trabajo de la planta.

A) Reestructuración del método de trabajo

Para realizar la reestructuración del método de trabajo se ha analizado el proceso productivo y los recursos utilizados. Implementando acciones para optimizar el uso de los recursos, a fin de lograr mejoras en el uso racional de los mismos, evidenciando así ahorros económicos.

Se ha analizado los consumos de recursos como: Horas Hombre, Horas máquina, Energía y Materia Prima en los diversos procesos del área de producción para la fabricación de 01 Transformador sumergido en aceite de 500 KVA.

1. Horas Hombre – Proceso de Fabricación

A continuación, se detallan las horas hombre utilizadas, implementada la mejora, para la fabricación de 01 Transformador estándar sumergido en aceite (como referencia el Transformador de 500 KVA).

Para ello se implementó el seguimiento del trabajo del personal de producción, a través de Tareos semanales.

En el formato de Control de Tareo y HH, se registraba el trabajo de acuerdo al área a cuál habían sido asignados y al pedido programado. Con dicha información se obtuvo las horas hombre utilizadas en los procesos del área productiva, antes y después de la mejora.

Tabla n.º 4.1.1.1 Horas hombre por fabricación de un transformador

PROCESOS	HORAS HOMBRE - CON MEJORA	HORAS HOMBRE - SIN MEJORA	AHORRO
FABRICACIÓN DE BOBINAS / BT, MT	24	28	4
FABRICACIÓN DE NÚCLEO MAGNÉTICO	18	24	6
FABRICACIÓN DE TANQUE	32	44	12
PINTADO DE TANQUE / EN BASE EPÓXICA	6	8	2
CONEXIÓN / PARTE ACTIVA	24	24	0
TRATAMIENTO TÉRMICO / SECADO	12	12	0
ENCUBADO DE TRANSFORMADOR	7	8	1
PINTADO DE TRANSFORMADOR / EN ESMALTE	25	27	2
PRUEBAS ELÉCTRICAS	6	8	2
ACABADOS / ACCESORIOS Y ETIQUETADO	5	6	1
CONTROL DE CALIDAD	2	2	0
EMBALAJE / PRODUCTO TERMINADO	5	6	1
TOTAL HORAS	166	197	31

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Como se observa en el cuadro adjunto se rediseño principalmente los procesos de Fabricación de tanque, núcleo y bobina, para mejorar los tiempos de fabricación. El proceso de fabricación no contemplaba pruebas de calidad intermedias, realizándose todas las Pruebas (07 Pruebas) al finalizar en “Control de calidad”. En ese sentido si había alguna No conformidad que correspondía a Bobinado, Núcleo y/o Conexionado,

se regresaba a dicho proceso y de ahí debía continuar nuevamente el flujo de fabricación estándar.

Este retrabajo generaba exceso de tiempos de fabricación e inadecuado uso de la mano de obra, para mejorar ello, se implementó 03 controles de calidad intermedios: a) En Bobinado: Prueba de Relación de Transformador, b) En Núcleo: Prueba de medición de la corriente de excitación y la corriente de vacío y c) Conexionado: Prueba del nivel de aislamiento.

En estos procesos se logró un ahorro de 22 horas. Asimismo, se hicieron ajustes en Pintura, Acabados, Encubado y Embalaje, logrando así 31 HH de ahorro, lo cual representa un 17% de optimización en el uso de la mano de obra.

2. Horas Maquina

En el cuadro a continuación se observa el detalle de las horas máquina utilizadas luego de implementar la mejora para la fabricación de 01 Transformador Sumergido en aceite. Se ha analizado las maquinas principales, en las Áreas de Bobinado, Metalmecánica y Pintura.

Tabla n.º 4.1.1.2 Horas x Maquina

AREA	PROCESOS	HH- CON MEJORA	HH- SIN MEJORA	AHORRO
BOBINADO	BOBINADORA	22	24	2
METALMECANICA	GUILLOTINA	6	6	0
	DOBLADORA	6	6	0
	MAQUINA DE SOLDAR	38	45	7
PINTURA	COMPRESORA	8	8	0
PRUEBAS ELECTRICAS	EQUIPO DE PRUEBAS	8	8	0
	TOTAL	88	97	9

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

El tiempo utilizado, es mejorado principalmente en la máquina de soldar la cual se realizaba en 45 horas a la semana, ello se debía a que el proceso de fabricación en

metalmecánica se realizaba por partes. Es decir, se iniciaba, con la base, luego llegaba las aletas posteriores y laterales, la cuba y finalmente la tapa.

Para mejorar el proceso de fabricación utilizando la máquina de soldar, se reestructuro el flujo del trabajo, de tal manera que, a Metalmecánica, llegaban todas las partes al mismo tiempo optimizando así el uso de la máquina de soldar y el tiempo de fabricación en dicha estación de trabajo. Se logró mejorar el uso de la máquina, utilizando 38 horas a la semana.

Asimismo, se realizó el ajuste del tiempo en la maquina bobinadora en 2 horas. Logrando así un ahorro de 9 horas, lo cual representa del 9%.

3. Energía Eléctrica

En el cuadro a continuación se observa el detalle de KW utilizados, luego de las mejoras implementadas principalmente en el Área de bobinado en la maquina bobinadora y en el Área de Metalmecánica- Tanque en la máquina de soldar, lográndose un ahorro de 20 kW, correspondiente a un 2%, en el Área de Producción.

Tabla n.º 4.1.1.3 Energía Eléctrica por proceso

PROCESOS	CANTIDAD X KW - CON MEJORA	CANTIDAD X KW - SIN MEJORA	AHORRO
FABRICACIÓN DE BOBINAS / BT, MT	145	150	5
FABRICACIÓN DE NÚCLEO MAGNÉTICO	120	120	0
FABRICACIÓN DE TANQUE	85	100	15
PINTADO DE TANQUE / EN BASE EPÓXICA	50	50	0
CONEXIÓN / PARTE ACTIVA	120	120	0
TRATAMIENTO TÉRMICO / SECADO	150	150	0
ENCUBADO DE TRANSFORMADOR	80	80	0
PINTADO DE TRANSFORMADOR / EN ESMALTE	50	50	0
PRUEBAS ELÉCTRICAS	100	100	0
ACABADOS / ACCESORIOS Y ETIQUETADO	25	25	0
CONTROL DE CALIDAD	80	80	0
EMBALAJE / PRODUCTO TERMINADO	25	25	0
TOTAL KW PARA 1 TRANSFORMADOR	1030	1050	20

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

4. Materia Prima

En el uso de los materiales para el proceso de fabricación, se logró mejorar la utilización de 3 materiales principalmente, Alambre esmaltado, Platinas esmaltadas y Láminas de silicio, ello debido a la mejora en el método de trabajo en producción y las especificaciones técnicas de ingeniería mejoradas, por las coordinaciones continuas y acuerdos con dicha área. Disminuyendo, así la merma de las mismas, obteniendo una utilización mejorada de 4%, para el Alambre esmaltado, del 7% para las platinas esmaltadas y finalmente de 4% para las láminas de silicio.

En el cuadro a continuación se observa el detalle los materiales que se utilizan para la fabricación de 01 Transformador Sumergido en aceite. Asimismo, el comparativo de la situación antes y después de la mejora.

Tabla n.º 4.1.1.4 Materia Prima por proceso

MATERIALES	COSTO UNITARIO (SOLES)	UNIDAD DE MEDIDA	CON MEJORA		SIN MEJORA		AHORRO
			CANTIDAD	COSTOS (\$/.)	CANTIDAD	COSTOS (\$/.)	
BOBINA							
ALAMBRE ESMALTADO DE ALUMINIO	7.5	KG	26	195.00	27	202.50	7.50
PAPEL NOMEX	20	UND	5	100.00	5	100.00	0.00
SEPARADOR DE MADERA	0.2	UND	450	90.00	450	90.00	0.00
PLATINA ESMALTADA DE ALUMINO	9.8	KG	44	431.20	47	460.60	29.40
						0.00	0.00
NUCLEO							
LAMINA DE SILICIO	16	KG	77	1,232.00	80	1,280.00	48.00
PERFIL EN "C" DE ACERO AL CARBONO	8.5	M/LIN	3	21.25	3	21.25	0.00
ESPARRAGOS DE 1/8" CON TUERCAS	11.5	M/LIN	2	17.25	2	17.25	0.00
SOLDADURA	18	KG	1	9.00	1	9.00	0.00
PAPEL NOMEX	20	UND	1	20.00	1	20.00	0.00
						0.00	0.00
TANQUE							
PLANCHA DE ACERO AL CARBONO E=6MM	450	UND	1	225.00	1	225.00	0.00
PLANCHA DE ACERO AL CARBONO E=1.5MM	180	M/LIN	5	900.00	5	900.00	0.00
PERFIL EN "L" 2 1/2" X 1/8"	8.5	M/LIN	3	21.25	3	21.25	0.00
SOLDADURA	18	KG	5	90.00	5	90.00	0.00
FIERRO CIRCULAR 1/8"	8.5	M/LIN	2	17.00	2	17.00	0.00
						0.00	0.00
OTROS							
ACEITE DIELECTRIO	77	GAL	43	3,343.42	43	3,343.42	0.00
CONMUTADOR	250	und	1	250.00	1	250.00	0.00
AISLADORES AT	180	UND	3	540.00	3	540.00	0.00
AISLADORES BT	80	UND	6	480.00	6	480.00	0.00
MEDIDOR DE ACEITE	15	UND	1	15.00	1	15.00	0.00
DESHUMEDECEDOR	35	UND	1	35.00	1	35.00	0.00
TOTAL MATERIA PRIMA				8,032.37		8,117.27	84.90

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

La mejora implementada, logro un ahorro de \$84.9 lo cual representa el 1% del costo de la materia prima.

B) Implementación de indicadores de gestión

La empresa Electro Volt S.A. no disponía de un sistema de indicadores de seguimiento y gestión, como parte de las actividades realizadas se implementó el registro de: a) Los Pedidos de Fabricación (Ordenes de Trabajo), b) Uso de los recursos y c) Elaboración de reportes de seguimiento de producción y cálculo de Productividad.

A continuación, se presentan los datos calculados para obtener la Productividad.

1. Cálculo de la Productividad (Antes de la mejora)

A continuación, se presenta los datos de precio de ventas y cálculo del costo unitario por cada uno de los recursos analizados: hora hombre, hora máquina y energía.

Tabla n.º 4.1.1.5 Ventas de transformadores por Potencia

TRANSFORMADORES SUMERGIDOS EN ACEITE SEGÚN POTENCIA	PRECIO (\$)	PORCENTAJE DE VENTAS
170 KVA	4800	4%
220 KVA	5200	3%
280 KVA	5700	3%
300 KVA	6000	2%
320 KVA	6300	4%
350 KVA	6700	5%
370 KVA	6800	4%
400 KVA	7000	4%
450 KVA	7200	6%
500 KVA	7500	37%
600 KVA	8000	2%
650 KVA	8600	2%
700 KVA	9300	2%
800 KVA	10000	18%
1000 KVA	11500	4%
	TOTAL	100%

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Donde el Transformador de 500KVA es el modelo con mayor demanda, por ello ha sido elegido para nuestro análisis.

Estimación de costo de hora hombre (H.H)

Tabla n.º 4.1.1.6 Estimación del costo de la hora hombre

TRABAJADORES	SUELDO (+) C. SOCIAL (S/.)	PORCENTAJE DE ASIGNACIÓN	CANTIDAD DE TRABAJADOR	PESO	COSTO PERSONAL	
JEFE DE SECCIÓN	4380	10%	1	0.1	438	
OPERARIO 1 (METALMECANICA)	2190	100%	3	3	6,570	
OPERARIO 2 (ELECTRICISTA)	2628	100%	3	3	7,884	
OPERARIO (AYUDANTE)	1460	100%	2	2	2,920	
OPERARIO (PRUEBAS)	2190	50%	1	0.5	1,095	
OPERARIO (PINTURA)	2190	100%	1	1	2,190	
TOTAL TRABAJADORES			11			
				TOTAL COSTO MO	21,097	
JORNADA LABORAL (HH) / MES				176	PROMEDIO DE COSTO MO	1,918
TURNO DE 8 HORAS 5 DIAS A LA SEMANA				TIPO DE CAMBIO	3.5	
EN PROMEDIO 22 DIAS AL MES				COSTO UNITARIO MO (PROMEDIO)	\$547.97	
				COSTO UNITARIO MO X HH	\$3.11	

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Del cuadro indicado se ha estimado un costo de HH promedio de la cuadrilla de Trabajo de \$3.11, con lo cual se ha realizado las estimaciones del cálculo de productividad.

Estimación del costo de energía (KW)

Figura n.º 4.1.1.1 Costo promedio de KW

COSTO POR KW (PROMEDIO HORA PUNTA Y NORMAL)	1
--	----------

Fuente: Osinerming

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Estimación del costo de hora maquina (H.M.)

Figura n.º 4.1.1.2 Costo promedio de hora maquina

COSTO DE HORA MAQUINA PROM (DOLARES)	5
---	----------

Fuente: Matriz de costos GMI – 2011

Con estos recursos se ha calculado un totalizado de costo unitario por transformador estándar de 500KVA, el cual se presenta a continuación:

Tabla n.º 4.1.1.7 Costo unitario por transformador

DESCRIPCION	TOTAL (\$)	%
MATERIA PRIMA	2,319.30	62%
MANO DE OBRA	613.39	16%
ENERGIA	300.00	8%
HORA MAQUINA	485.00	13%
TOTAL	3,717.69	100%

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

A continuación, se presenta el registro de Producción de unidades fabricadas y los recursos utilizados.

Tabla n.º 4.1.1.8 Registro de datos - Producción

MES /AÑO	PRODUCCIÓN OBTENIDA (REAL EN CANTIDAD)	HORAS HOMBRE	COSTO MATERIA PRIMA	HORA MAQUINA	CANTIDAD ENERGIA KW
Ene-15	4	752	10230	212	4336
Feb-15	5	920	12330	265	5455
Mar-15	6	1194	14850	312	6258
Abr-15	5	985	12465	310	5820
May-15	2	354	5460	96	2076
Jun-15	3	552	7956	162	3189
Jul-15	7	1246	16749	441	7500
Ago-15	8	1536	19218	420	8450
Set-15	6	1080	14838	378	6306
Oct-15	3	537	7810	165	3200
Nov-15	3	537	7818	147	3270
Dic-15	6	1065	14812	305	6726
Ene-16	4	712	10050	228	4416
Feb-16	3	591	7857	150	3123
Mar-16	4	780	10222	208	4424
Abr-16	5	945	12585	255	5640
May-16	5	970	12330	260	5680
Jun-16	4	704	10230	240	4390
Jul-16	6	1194	14910	315	7146
Ago-16	7	1386	17222	385	7259
Set-16	8	1496	19510	504	8545
Oct-16	5	935	12520	310	5960
Nov-16	2	358	5404	108	2062
Dic-16	6	1188	14854	322	6490

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Tabla n.º 4.1.1.9 Cálculo de la Productividad

ITEM	MES /AÑO	PRODUCCIÓN PLANIFICADA (EN CANTIDAD SEGÚN PLAN)	PRODUCCIÓN OBTENIDA (REAL EN CANTIDAD)	INGRESO POR VENTAS - VALOR (\$) PRODUCCIÓN REAL	COSTO TOTAL RECURSOS (\$)	PRODUCTIVIDAD (\$Ingreso/\$Costo)				
						PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA	PRODUCTIVIDAD DE LA MATERIA PRIMA	PRODUCTIVIDAD DE LA MAQUINARIA	PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGIA	PRODUCTIVIDAD GLOBAL
1	Ene-15	8	4	30000	14,870.3	12.8125	2.9326	28.3019	24.2159	2.0174
2	Feb-15	5	5	37500	18,078.1	13.0911	3.0414	28.3019	24.0605	2.0743
3	Mar-15	8	6	45000	21,915.7	12.1043	3.0303	28.8462	25.1678	2.0533
4	Abr-15	6	5	37500	18,744.8	12.2272	3.0084	24.1935	22.5515	2.0006
5	May-15	5	2	15000	7,635.4	13.6088	2.7473	31.2500	25.2890	1.9645
6	Jun-15	4	3	22500	11,395.9	13.0911	2.8281	27.7778	24.6943	1.9744
7	Jul-15	9	7	52500	24,976.4	13.5324	3.1345	23.8095	24.5000	2.1020
8	Ago-15	6	8	60000	28,514.8	12.5456	3.1221	28.5714	24.8521	2.1042
9	Set-15	4	6	45000	21,892.4	13.3820	3.0328	23.8095	24.9762	2.0555
10	Oct-15	7	3	22500	11,221.3	13.4568	2.8809	27.2727	24.6094	2.0051
11	Nov-15	3	3	22500	11,159.3	13.4568	2.8780	30.6122	24.0826	2.0163
12	Dic-15	8	6	45000	21,574.7	13.5705	3.0381	29.5082	23.4166	2.0858
13	Ene-16	4	4	30000	14,668.6	13.5324	2.9851	26.3158	23.7772	2.0452
14	Feb-16	8	3	22500	11,339.4	12.2272	2.8637	30.0000	25.2161	1.9842
15	Mar-16	7	4	30000	14,954.6	12.3526	2.9348	28.8462	23.7342	2.0061
16	Abr-16	7	5	37500	18,413.8	12.7448	2.9797	29.4118	23.2713	2.0365
17	May-16	8	5	37500	18,273.1	12.4163	3.0414	28.8462	23.1074	2.0522
18	Jun-16	5	4	30000	14,876.3	13.6861	2.9326	25.0000	23.9180	2.0166
19	Jul-16	9	6	45000	22,244.4	12.1043	3.0181	28.5714	22.0403	2.0230
20	Ago-16	6	7	52500	25,536.5	12.1655	3.0484	27.2727	25.3134	2.0559
21	Set-16	8	8	60000	29,129.4	12.8811	3.0753	23.8095	24.5758	2.0598
22	Oct-16	7	5	37500	18,684.1	12.8811	2.9952	24.1935	22.0218	2.0071
23	Nov-16	6	2	15000	7,647.8	13.4568	2.7757	27.7778	25.4607	1.9613
24	Dic-16	8	6	45000	22,017.3	12.1655	3.0295	27.9503	24.2681	2.0438
TOTAL		156	117	877500	429,764.65	12.8955	2.9731	27.5104	24.1300	2.0310

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Se observa en el cuadro una productividad inicial de 2.031 \$ingreso / \$costo

2. Cálculo de la Productividad (Con el Proyecto de Mejora)

Para este cálculo se mantendrá fijo los costos unitarios estimados anteriormente, así como el precio de venta del transformador de 500 KVA. De esta manera se procederá a calcular el costo unitario, donde se ha implementado las mejoras en el uso de las cantidades de horas hombre, horas máquina, energía y materiales descritos anteriormente. A continuación, se presentan los cálculos realizados:

Tabla n.º 4.1.1.10 Costo unitario por transformador

DESCRIPCION	TOTAL (\$)	%
MATERIA PRIMA	2,295.00	62%
MANO DE OBRA	516.86	14%
ENERGIA	294.29	8%
HORA MAQUINA	440.00	12%
TOTAL	3,546.15	100%

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

A continuación, se presenta el registro de Producción de unidades fabricadas y los recursos utilizados.

Tabla n.º 4.1.1.11 Registro de datos - Producción

MES /AÑO	PRODUCCIÓN OBTENIDA (REAL)	HORAS HOMBRE	COSTO MATERIA	HORA MAQUINA	CANTIDAD ENERGIA KW
Ene-17	6	975	13422	280	5820
Feb-17	5	795	11087	230	4855
Mar-17	6	957	13415	312	6624
Abr-17	5	810	11087	255	5295
May-17	6	973	13418	282	6408
Jun-17	5	786	11095	240	4980
Jul-17	6	958	13406	288	6648
Ago-17	8	1307	18048	416	8904
Set-17	5	781	11095	260	5085
Oct-17	6	966	13403	294	5790
Nov-17	5	785	11088	260	4786
Dic-17	7	1142	15720	360	8218

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Tabla n.º 4.1.1.12 Cálculo de la Productividad

ITEM	MES /AÑO	PRODUCCIÓN PLANIFICADA (EN CANTIDAD SEGÚN PLAN)	PRODUCCIÓN OBTENIDA (REAL EN CANTIDAD)	INGRESO POR VENTAS -VALOR (\$) PRODUCCIÓN REAL	COSTO TOTAL RECURSOS (\$)	PRODUCTIVIDAD (\$Ingreso/\$Costo)				
						PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA	PRODUCTIVIDAD DE LA MATERIA PRIMA	PRODUCTIVIDAD DE LA MAQUINARIA	PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGIA	PRODUCTIVIDAD GLOBAL
1	Ene-17	9	6	45000	19,520.7	14.8231	3.3527	32.1429	27.0619	2.3053
2	Feb-17	8	5	37500	16,099.5	15.1494	3.3823	32.6087	27.0340	2.3293
3	Mar-17	8	6	45000	19,847.3	15.1019	3.3545	28.8462	23.7772	2.2673
4	Abr-17	7	5	37500	16,396.9	14.8689	3.3823	29.4118	24.7875	2.2870
5	May-17	6	6	45000	19,688.4	14.8536	3.3537	31.9149	24.5787	2.2856
6	Jun-17	5	5	37500	16,165.2	15.3229	3.3799	31.2500	26.3554	2.3198
7	Jul-17	9	6	45000	19,728.3	15.0862	3.3567	31.2500	23.6913	2.2810
8	Ago-17	6	8	60000	26,741.5	14.7437	3.3245	28.8462	23.5849	2.2437
9	Set-17	4	5	37500	16,279.6	15.4210	3.3799	28.8462	25.8112	2.3035
10	Oct-17	7	6	45000	19,535.1	14.9612	3.3575	30.6122	27.2021	2.3036
11	Nov-17	3	5	37500	16,199.6	15.3424	3.3820	28.8462	27.4237	2.3149
12	Dic-17	8	7	52500	23,423.8	14.7647	3.3397	29.1667	22.3595	2.2413
TOTAL		80	70	525000	229625.8	15.0366	3.3621	30.3118	25.3056	2.2902

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

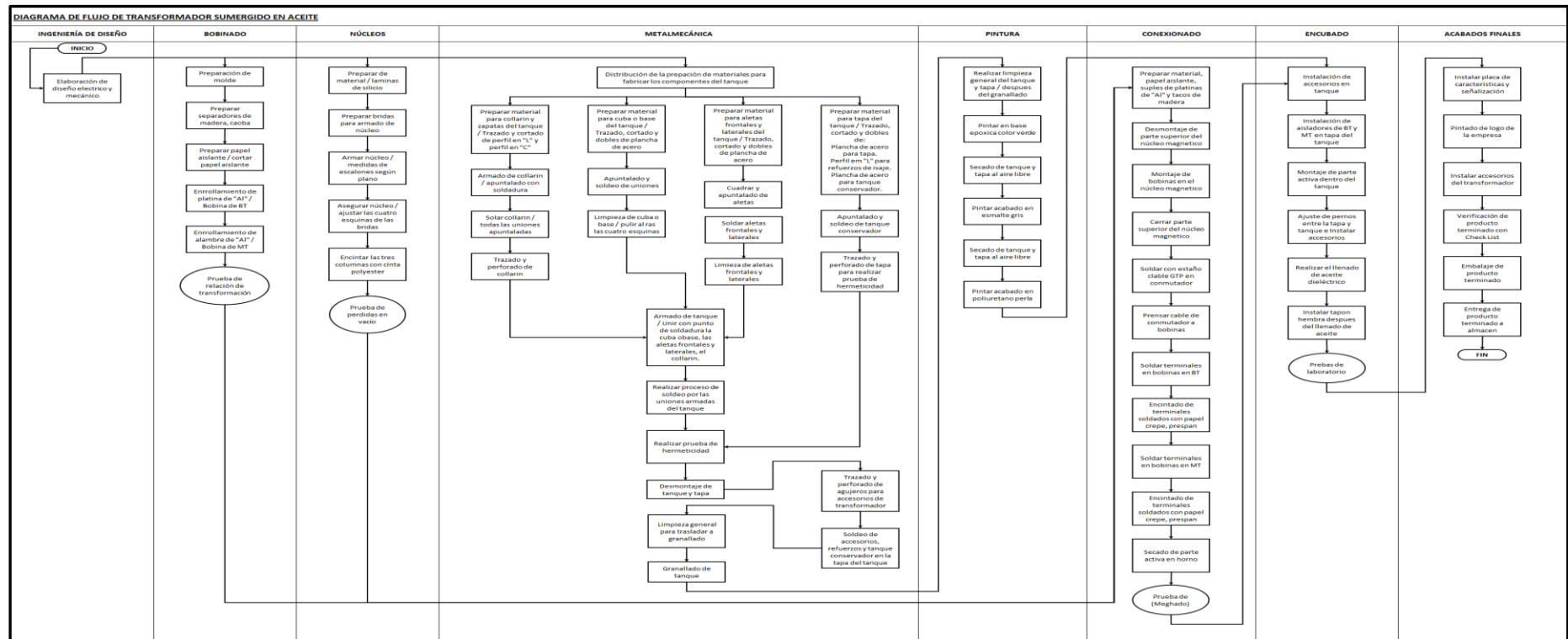
Se observa en el cuadro una productividad inicial de 2.290 \$ingreso / \$costo

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

3. Flujo del proceso de fabricación (con mejora)

En el siguiente flujograma se detalla las relaciones entre las Áreas de producción, para la elaboración del Transformador sumergido en aceite, luego de las mejoras implementadas.

Figura n.º 4.1.1.3 Diagrama de flujo de transformador sumergido en aceite (Con mejora)



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración Propia)

C. Rediseño de la distribución de planta

Para la elaboración del rediseño de la distribución de planta se realizó el análisis de las áreas de trabajo y la matriz de relaciones de las mismas. A continuación, se detalla la misma

1. Distribución de Planta en Producción

La matriz de relaciones ha sido ajustada, en la mejora, incluyendo 03 Pruebas de Laboratorio, en los productos intermedios. Estas pruebas se realizan en las entre las áreas de Bobinado, núcleo y conexionado. De esta manera, se puede identificar a tiempo los errores en la línea de proceso, para tomar las acciones correctivas, asegurando así la calidad del producto terminado.

Tabla n.º 4.1.1.13 Matriz de Inter-relaciones

Codigo	Areas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	DEPOSITO		1		1										
B	METALMECANICA								1					1	1
C	CONEXIONADO				1	1			1	1		1			
D	NUCLEO								1						
E	BOBINADO								1	1					
F	PRODUCTO TERMINADO							1							
G	LABORATORIO										1				
H	ALMACEN											1			
I	CARPINTERIA														
J	ENCUBADO														
K	SECADO TERMICO														
L	PINTURA EN POLVO														
M	PINTURA LIQUIDA														1
N	GRANALLADO														

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Con esta matriz de relaciones se ha realizado “La matriz de prioridades” entre las áreas que se relación. Para ello se ha utilizado la siguiente escala de prioridades:

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Tabla n.º 4.1.1.14 Prioridades

LETRA	Areas
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Ordinario o Normal
U	Sin importancia
X	Indeseable

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Con estas prioridades y la matriz de relaciones se realiza el cuadro a continuación:

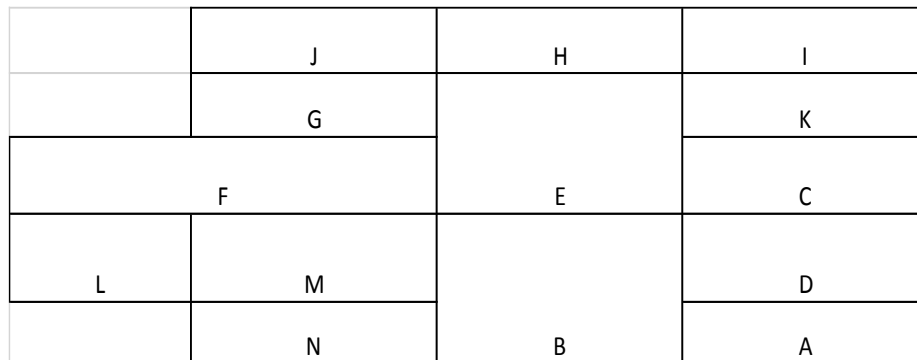
Tabla n.º 4.1.1.15 Matriz de Prioridades

Codigo	Areas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	DEPOSITO		E		A										
B	METALMECANICA								I					A	E
C	CONEXIONADO				A	A		I	E	I		A			
D	NUCLEO							I	I						
E	BOBINADO							I	E	I					
F	PRODUCTO TERMINADO							A							
G	LABORATORIO										A				
H	ALMACEN										E				
I	CARPINTERIA														
J	ENCUBADO														
K	SECADO TERMICO														
L	PINTURA EN POLVO														
M	PINTURA LIQUIDA														A
N	GRANALLADO														

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

De acuerdo a este cuadro de prioridades se ha realizado el rediseño de la planta, el cuales e presenta a continuación a modo de diagrama de cajas:

Figura n.º 4.1.1.4 Rediseño distribución de planta



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Con esta distribución mejorada se ha realizado el estimado de movimientos entre áreas que se relación, obteniéndose el cuadro presentado a continuación:

Tabla n.º 4.1.1.16 Movimientos entre áreas

PARES	CON MEJORA		SIN MEJORA		AHORRO
	RELACIONES	RECORRIDO ENTRE AREAS	RELACIONES	RECORRIDO ENTRE AREAS	
A-B	1	1	1	1	0
A-D	1	1	1	3	2
B-H	1	2	1	6	4
B-M	1	1	1	1	0
B-N	1	1	1	2	1
C-D	1	1	1	1	0
C-E	1	1	1	2	1
C-G	1	3	0	0	-3
C-H	1	2	1	5	3
C-I	1	2	1	4	2
C-K	1	1	1	2	1
D-H	1	3	1	4	1
D-G	1	4	0	0	-4
E-G	1	1	0	0	-1
E-H	1	1	1	3	2
E-I	1	2	1	2	0
F-G	1	1	1	1	0
G-J	1	1	1	3	2
H-J	1	1	1	2	1
M-N	1	1	1	1	0
TOTAL	20	31	17	43	12

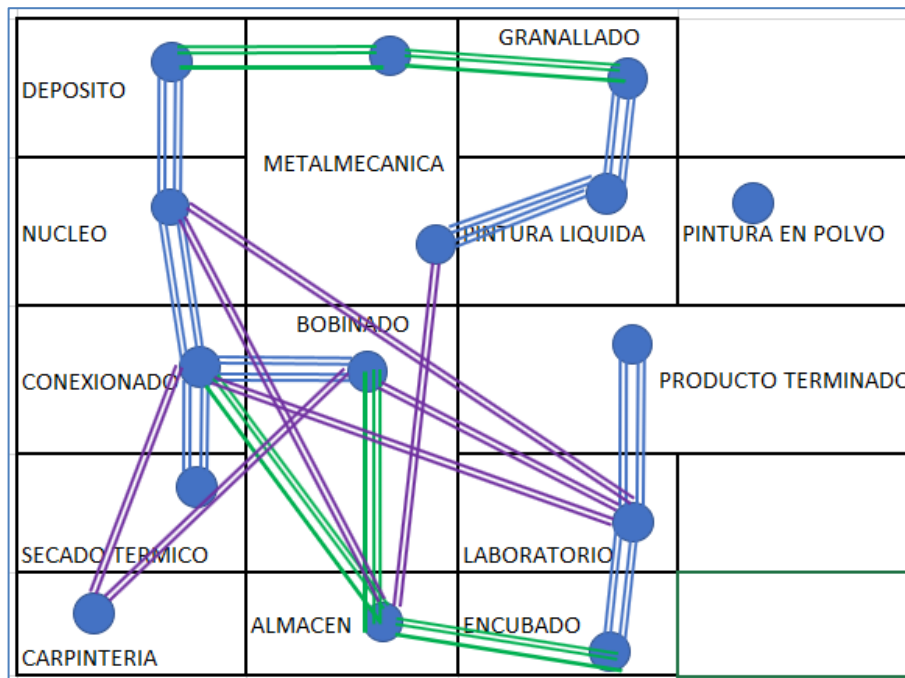
Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Con lo cual se observa un total de 31 recorridos entre áreas. Cabe mencionar, que se ha incluido 3 relaciones adicionales, para realizar las pruebas de productos intermedios en bobinado, núcleo y conexonado. De esta manera se obtiene un ahorro de 12 recorridos y/o movimientos que equivalen a 28%.

2. Diagrama de Hilos

De acuerdo a la Matriz de relaciones y las prioridades entre áreas, se ha obtenido el siguiente diagrama de Hilos SLP.




Figura n.º 4.1.1.5 Diagrama de Hilos SLP



Fuente: Elaboración propia / Datos Electro Volt Ingenieros S.A.

Se utilizó el código de líneas detallado a continuación:

Tabla n.º 4.1.1.17 Código de Líneas

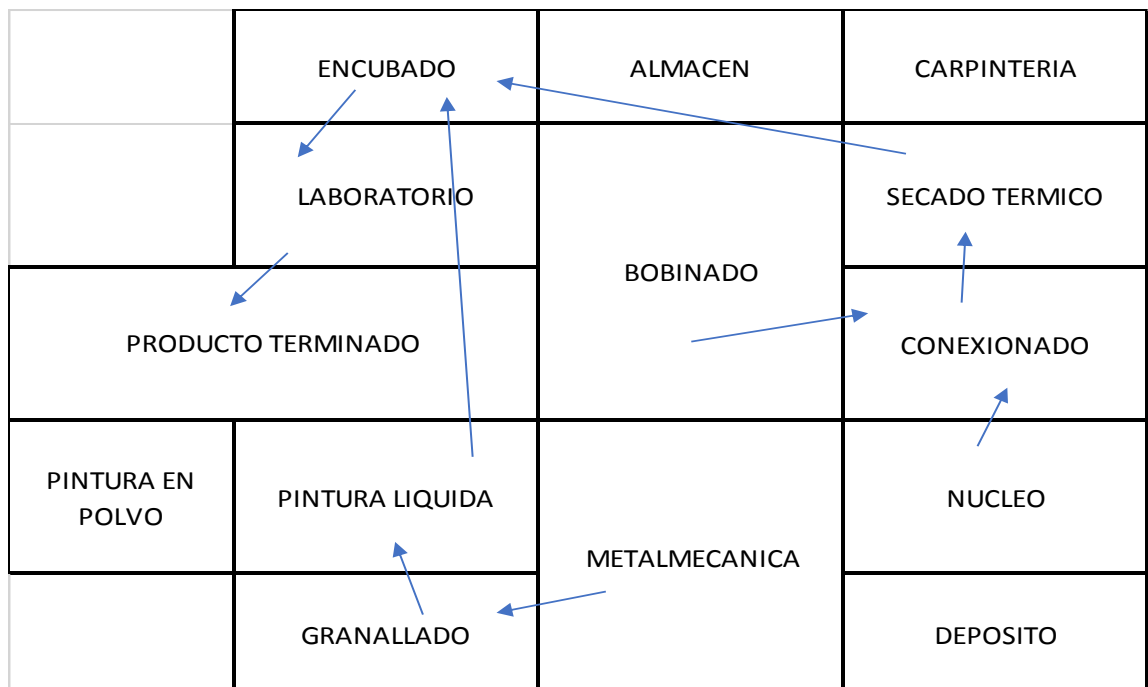
CODIGO DE LINEAS	PRIORIDAD	DESCRIPCIÓN PRIORIDAD
	A	Absolutamente necesario
	E	Especialmente necesario
	I	Importante

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Donde se puede observar que las áreas de prioridad A, se encuentran adyacentes. Respecto a los de prioridad E, en 4 de los 5 casos se encuentran adyacentes, solo 1 caso se encuentra a 2 ubicaciones. Del mismo modo respecto a la prioridad I, 3 casos se encuentra a 2 ubicaciones y 2 casos a 3 ubicaciones.

3. Proceso productivo y distribución de planta

Figura n.º 4.1.1.6 Distribución de planta mejorado



 Recorrido Línea de Transformadores sumergidos en aceite

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

El proceso productivo se inicia en: Bobinado, núcleo y metalmecánica, completado los dos primeros procesos, Laboratorio procede a realizar las pruebas respectivas, a) En bobinado: Prueba de Relación de Transformador, y b) En Núcleo: Prueba de medición de la corriente de excitación y la corriente de vacío rutina, siendo conforme las mismas, se trasladan hacia conexionado.

En conexionado se completa las operaciones que corresponden, ahí se realiza una Prueba del nivel de aislamiento. Si las pruebas son conformes, continua su proceso hacia secado térmico.

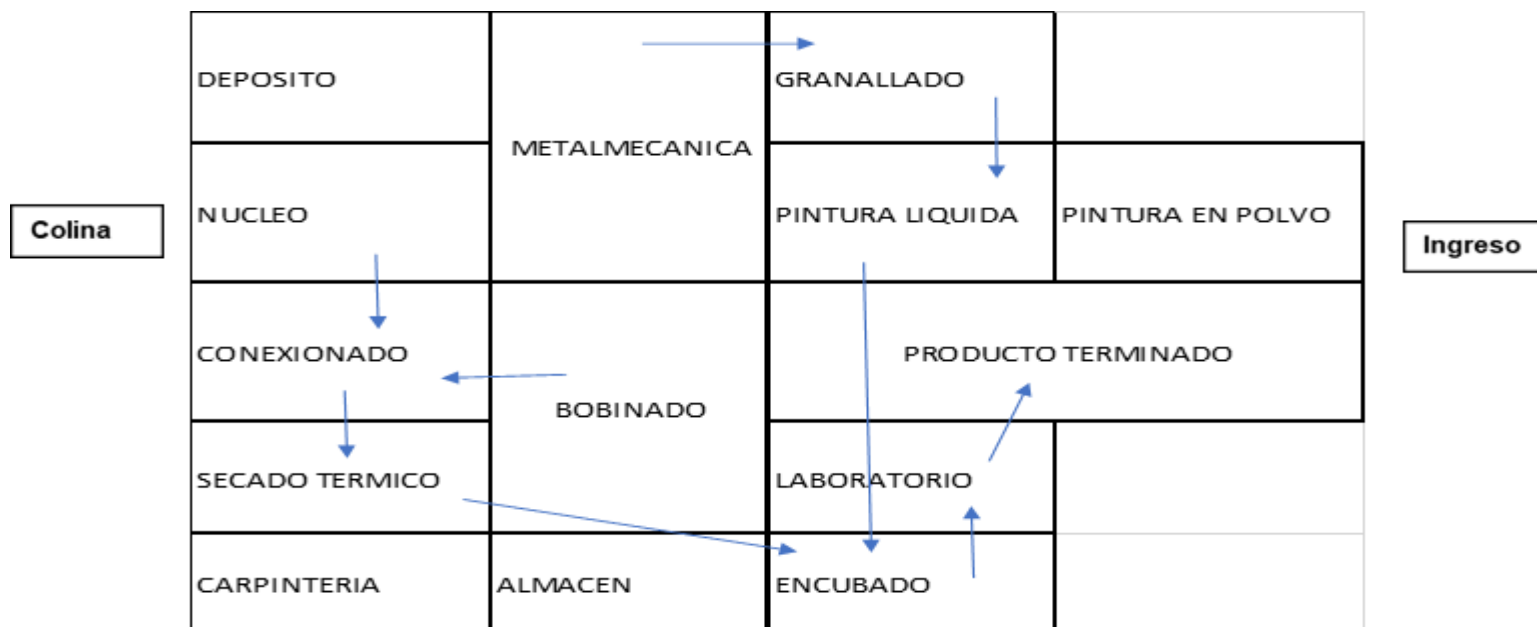
Por otro lado, en metalmecánica, donde se fabrica el tanque, completado este proceso, se traslada a granallado, para la limpieza del mismo y preparación para continuar en pintura líquida.

Terminado el secado térmico y habiéndose pintado y secado el tanque, se continua hacia el encubado, donde se añade el aceite, completado así dicha operación. A continuación, se realizan las pruebas restantes en laboratorio. (En total son 7 pruebas en todo el proceso). Si las pruebas son conformes, se procede al embalaje y depósito en productos terminados. Completando así el ciclo de producción.

4. Rediseño del Layout de la planta (con la mejora)

A continuación, se presenta el Rediseño de la distribución del Área Productiva de la planta Electro Volt S.A. De acuerdo a las características del terreno de la planta, junto a una colina, se presenta a continuación la distribución de planta con mejora:

Figura n.º 4.1.1.7 Rediseño de layout de planta



Recorrido Línea de Transformadores sumergidos en aceite

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración Propia)

IV.1.2. Costo de la implementación

Para la ejecución de la propuesta de mejora se incurrió en diversos costos como: Materiales, Equipos, Recursos humanos y gastos de gestión.

En el cuadro siguiente se muestra el detalle de los costos utilizados en la implementación de la mejora.

Tabla n.º 4.1.2.1 Costos de implementación

N°.	ACTIVIDADES	Recurso necesarios								
		Equipos	Costo	Materiales	Costo	Personal	Costo	Gestión	Costo	Costo total
A	Preparación del Proyecto					Coordinador de planta	1503	Coordinaciones varias	450	1953
B	Ejecución del Proyecto									
1	Comunicación al personal	Proyector Laptop	300	Papelografos, plumones	200	Coordinador de planta	253	Coordinaciones varias	150	903
2	Adquisición de recursos (materiales y herramientas)	Laptop	150	Utiles de oficina	200	Analista de compras	152	Coordinaciones varias	210	712
3	Mejoras implementadas									
	▪ Reestructuración del método de trabajo,									
	▪ Organización del área de trabajo,	Laptop	300	Herramientas manuales Bombos de separación, Señalética	10000	Coordinador de planta Personal operario	3524			13824
	▪ Planificación de las tareas a realizar	Laptop	300	Utiles de oficina	200	Coordinador de planta	503			1003
	▪ Implementación de indicadores de gestión.	Laptop	300			Coordinador de planta	503	Coordinaciones varias	300	1103
	▪ Re-diseño de la distribución de planta	Laptop	450			Coordinador de planta	753	Coordinaciones varias	450	1653
4	Capacitación al personal operativo	Proyector Laptop	300	Papelografos, plumones	200	Coordinador de planta Personal operario	1762	Coordinaciones varias	300	2562
5	Acompañamiento en la aplicación de la mejora	Laptop	520			Coordinador de planta	870			1390
6	Informe final	Laptop	210			Coordinador de planta	353			563
								TOTAL		25,667

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración Propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Como se puede observar se tiene un costo total de S/25,667 soles utilizado durante el periodo de planificación y ejecución de la mejora, la cual tuvo una duración de 3 y 5 meses respectivamente.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

Luego de realizar el proyecto de mejora enfocado en a) Reestructuración del método de trabajo y b) Rediseño de la distribución de planta, se ha calculado las mejoras respecto de la Productividad, Costos y Distribución de Planta.

V.1. Productividad

Se realizó el cálculo de la productividad, antes y con la mejora, evidenciándose el incremento del mismo. A continuación, se presenta el detalle del mismo.

Tabla n.º 5.1.1 Comparativo de la implementación

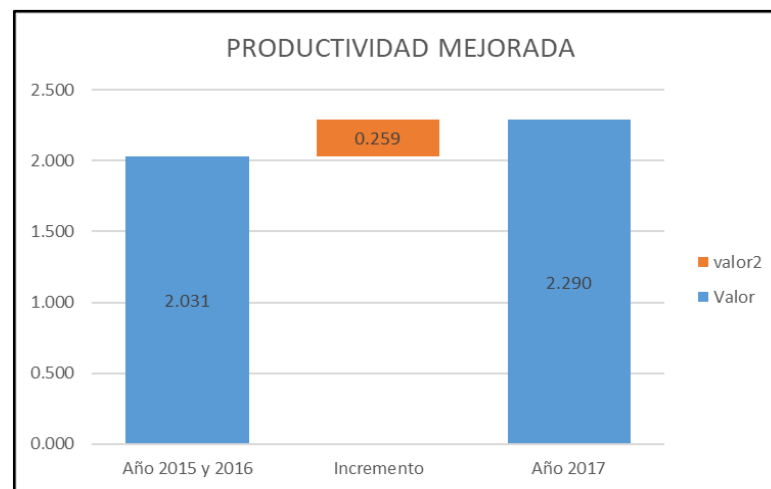
		PRODUCTIVIDAD (\$Ingreso / \$Costo)				
	DESCRIPCION	PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA	PRODUCTIVIDAD DE LA MATERIA PRIMA	PRODUCTIVIDAD DE LA MAQUINARIA	PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGIA	PRODUCTIVIDAD GLOBAL
SITUACION ANTES	2015	13.0732	2.9729	27.6879	24.3680	2.0378
	2016	12.7178	2.9733	27.3329	23.8920	2.0243
	PROMEDIO	12.8955	2.9731	27.5104	24.1300	2.0310
CON MEJORA	2017	15.0366	3.3621	30.3118	25.3056	2.2902
INCREMENTO		2.1411	0.389066122	2.801391634	1.175608799	0.2591
MEJORA PORCENTUAL		17%	13%	10%	5%	13%

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Como se puede observar la productividad global de la empresa ha tenido un incremento, 2.031 \$ingreso/\$costo calculado como el promedio de los años 2015 y 2016, antes de la mejora, a 2.29 \$ingreso/\$costo implementado el proyecto de mejora.

Obteniéndose así un incremento de 0.259 \$ingreso/\$costo, lo cual representa un aumento del 13% en la eficiencia operacional.

Figura n.º 5.1.1 Incremento de la productividad



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

V.2. Costo de producción

Análisis de costos de Producción

Tomando en cuenta el Diagrama de Actividades antes de la mejora, se identificó oportunidades en las actividades de metalmecánica, conexionado, bobinado y núcleo, donde era posible combinar operaciones y con ello mejorar los tiempos de fabricación. Asimismo, incluir controles de calidad en los procesos intermedios en las áreas indicadas, a fin de evitar retrabajo al finalizar la fabricación y con ello disminuir las mermas. Se ha tomado en cuenta en la combinación, inclusión y eliminación de tareas, las herramientas de ingeniería como DOP y DAP, análisis de recorrido, mejora continua (PDCA). Identificando oportunidades de mejora, promoviendo en los trabajadores la formación de equipos de mejora continua (EMC). Incluyendo los conocimientos técnicos de Mecánico en Construcciones metálicas. Con esta herramienta se realizó el Diagrama de actividades propuesto implementado en la ejecución del proyecto de mejora.

Se ha realizado el análisis de los costos de producción considerando 04 factores considerados los más relevantes en el proceso de producción, dichos factores son: Materia Prima, Mano de Obra, Energía y Hora Maquina. Según el cuadro, antes de la mejora, se observa que el mayor porcentaje el 62% lo representa el costo de materia

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

prima, este factor, es poco controlable para la empresa, debido a que son adquisiciones de equipos electrónicos con capacidad de negociación limitada, ello debido al volumen de compras mensuales. Sin embargo, si posible disminuir mermas, debido a retrabajo por calidad, procesos reiterativos o parciales, por no tener los planos completos al inicio de la operación, o cuellos de botella.

En segundo lugar, se ubica la Mano de Obra con un 16%, siendo una oportunidad para mejorar el proceso de trabajo y disminuir los tiempos de fabricación, según el DAP mejorado en contraste con el DAP anterior, se puede observar un ahorro de 31 horas. Con un tiempo de fabricación inicial de 197 horas, se redujo a 166 horas implementado el proyecto de mejora.

Respecto a las horas máquina, al lograr reducir horas de operación especialmente en metalmecánica y bobinado, se utiliza un menor tiempo la máquina de soldar y la bobinadora, logrando un ahorro de 9 horas, de un inicial de 97 horas a 88 horas implementada la mejora.

Asimismo, podemos indicar como el proyecto de mejora ha logrado incrementar la eficiencia del uso de los recursos, para la elaboración del Transformador sumergido en aceite de 500 KVA, dicho detalle se muestra a continuación.

Tabla n.º 5.2.1 Comparativo de costos por recursos

DESCRIPCION	CON MEJORA		SIN MEJORA		AHORRO	
	TOTAL (\$)	%	TOTAL (\$)	%	TOTAL (\$)	%
MATERIA PRIMA	2,295.00	65%	2,319.30	62%	24.30	14%
MANO DE OBRA	516.86	15%	613.39	16%	96.52	56%
ENERGIA	294.29	8%	300.00	8%	5.71	3%
HORA MAQUINA	440.00	12%	485.00	13%	45.00	26%
TOTAL	3,546.15	100%	3,717.69	100%	171.54	100%

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

El ahorro obtenido asciende a \$171.54 por cada unidad de producto terminado. Dicho ahorro significa un 5% del costo directo de producción.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Teniendo como base el Precio del Transformador sumergido en aceite de 500 KVA, el cual asciende a \$7,500 y con utilizando una ratio de 30% de costos indirectos respecto a los costos directos, podemos obtener el costo total del producto, el cual se presenta a continuación:

Tabla n.º 5.2.2 Comparativo de costos total

	CON MEJORA	SIN MEJORA	AHORRO
DESCRIPCION	TOTAL (\$)	TOTAL (\$)	TOTAL (\$)
COSTO DIRECTO	3,546	3,718	172
COSTOS INDIRECTOS	1,064	1,115	51
COSTO TOTAL	4,610	4,833	223
PRECIO PROM (\$)	7,500	7,500	

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Con lo cual tenemos un costo total productivo de \$4,610 con proyecto, respecto a \$4,833 sin proyecto lo cual significa un ahorro de \$223 lo cual representa un 5% de ahorro.

Respecto a la utilidad bruta, tenemos lo siguiente:

Tabla n.º 5.2.3 Calculo de Utilidad bruta

UTILIDAD BRUTO (\$)	2,890	2,667
% de Utilidad respecto al Precio	39%	36%
MEJORA UTILIDAD (%)	3%	

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Observamos así una mejora en la utilidad bruta del 3%, con la implementación de la mejora.

V.3. Distribución de Planta

Respecto al movimiento y/o recorridos de la distribución de planta tenemos el siguiente resumen de las relaciones entre áreas y la mejora obtenida.

Figura n.º 5.3.1 Relaciones inter-áreas en Producción

CON PROYECTO		SIN PROYECTO		AHORRO	
CANTIDAD DE RELACIONES	RECORRIDO ENTRE AREAS	CANTIDAD DE RELACIONES	RECORRIDO ENTRE AREAS	CANTIDAD DE RELACIONES	RECORRIDO ENTRE AREAS
20	31	17	43	-3	12
				AHORRO	28%

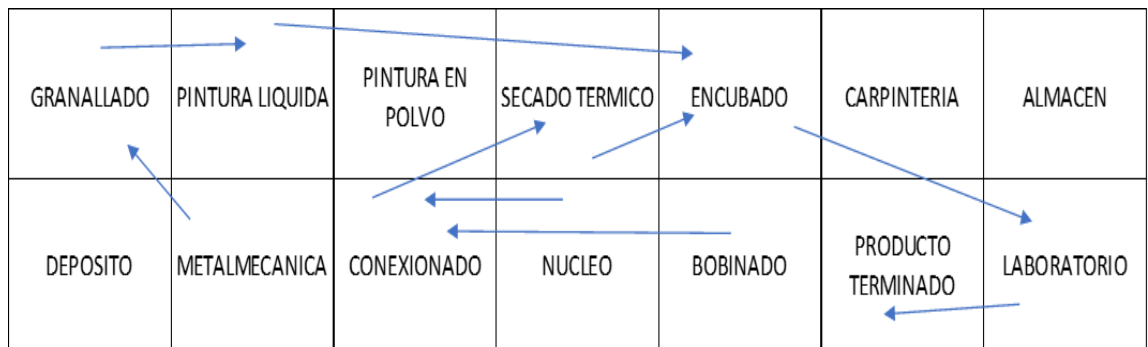
Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Podemos observar que la cantidad de movimiento totales ha disminuido incrementando así la eficiencia del proceso. Se tenía 43 pares de relaciones entre áreas, lo cual ha sido mejorado a 31 pares de relaciones entre áreas.

Lo cual significa un ahorro de 12 relaciones que representa un 28% de mejora en la cantidad de recorridos inter-áreas en Producción.

A continuación, mostramos los recorridos antes y luego de realizado el proyecto de mejora.

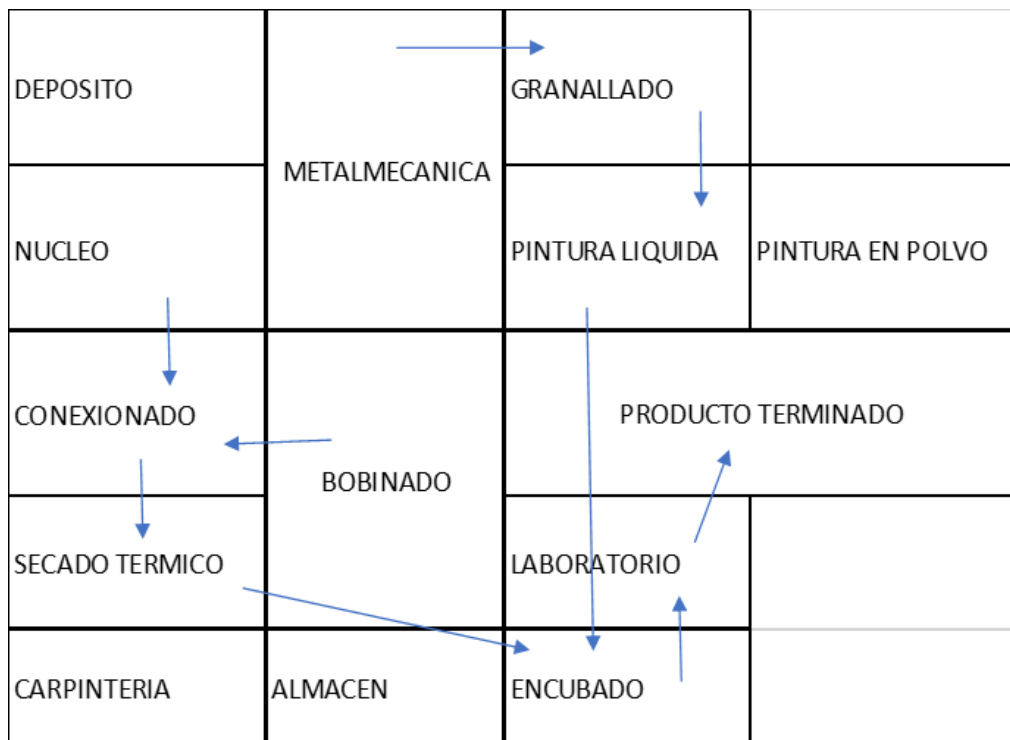
Figura n.º 5.3.2 Distribución sin mejora



➡ Recorrido Línea de Transformadores sumergidos en aceite

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Figura n.º 5.3.3 Distribución con mejora



➡ Recorrido Línea de Transformadores sumergidos en aceite

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

V.4. Evaluación Beneficio – Costo

Se ha realizado el flujo de caja del proyecto implementado, considerando una Vida Útil del proyecto de 5 años en adelante.

Según José Llado y Mauricio Concha en la Revista Moneda “Cual es el retorno mínimo exigido para invertir en el Perú”, se puede observar que la sugerencia es del 14.43 % para Microempresas. Basado en ello se ha utilizado un Costo de oportunidad del capital, COK del 15%.

El cálculo del COK, en la fuente indicada ha sido realizado según el Modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model), el cual vincula la rentabilidad de cualquier activo financiero con el riesgo de mercado de ese activo.

$$\text{CAPM} = R_f + \text{Beta} * (\text{Prima de Riesgo}) + \text{Riesgo País}$$

Los componentes de dicha formula son:

- Rf: Tasa libre de Riesgo.
- Beta: Indicador de Riesgo de Mercado.
- Prima de riesgo: Plus por cambiar activos sin riesgo por activos con riesgos de mercado.
- Riesgo País El riesgo país es un índice que intenta medir el grado de riesgo que entraña un país para las inversiones extranjeras

Asimismo, se ha tomado como base el promedio de ventas mensuales que asciende a 5 unidades por mes en los últimos 5 años y el tipo de cambio de 3.5, con lo cual se ha obtenido el siguiente cuadro.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Tabla n.º 5.4.1 Flujo de Caja Proyectado

FLUJO DE CAJA (\$)						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas unidades		60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Precio Ventas		7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00	7,500.00
Total Ingreso		450,000.00	450,000.00	450,000.00	450,000.00	450,000.00
Cantidad producida		60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Costo unitario de producción		4,609.99	4,609.99	4,609.99	4,609.99	4,609.99
Costo de producción		276,599.65	276,599.65	276,599.65	276,599.65	276,599.65
Gastos de Administración y Ventas		105,970.29	105,970.29	105,970.29	105,970.29	105,970.29
Gastos Generales		25,028.57	25,028.57	25,028.57	25,028.57	25,028.57
Fletes		11,657.14	11,657.14	11,657.14	11,657.14	11,657.14
Imprevistos (5% de costos)		20,962.78	20,962.78	20,962.78	20,962.78	20,962.78
Total Egresos		444,828.43	444,828.43	444,828.43	444,828.43	444,828.43
Utilidad bruta		5,171.57	5,171.57	5,171.57	5,171.57	5,171.57
Impuestos Renta (28%)		1,448.04	1,448.04	1,448.04	1,448.04	1,448.04
Utilidad neta		3,723.53	3,723.53	3,723.53	3,723.53	3,723.53
Flujo de inversiones	-	7,333.52				
Flujo neto económico	-	7,333.52	3,723.53	3,723.53	3,723.53	3,723.53

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Se observa una recuperación rápida de la inversión y un flujo neto económico positivo en todos los años, lo cual indica una recuperación en 1 año y 11.6 meses.

A continuación, se detalla los indicadores de rentabilidad del proyecto.

Tabla n.º 5.4.2 Indicadores de rentabilidad

EVALUACIÓN ECONÓMICA	
VAN (\$)	5,148
TIR	42%
BENEFICIO/COSTO (\$)	1.70
TIEMPO DE RECUPERO/ PAY BACK	1 AÑO Y 11.6 MES
COK	15%

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

Obtenemos así:

VAN de \$5,148 lo cual implica una ganancia neta de la operación.

El indicador TIR muestra un valor del 42% lo cual es muy superior al 10% del inversionista, evidenciando así que el proyecto es rentable para la empresa.

El tiempo de recuperación de la inversión es 1 años y 11 meses.

El beneficio/costo de 1.70 es decir por un dólar invertido tenemos una recuperación neta de 0.7, lo cual significa un 70%.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

CONCLUSIONES

Respecto al objetivo general, incrementar la productividad en la empresa Electro Volt Ingenieros S.A, con una mejora en el proceso de producción, se logró una mejora del 13%, lo cual implica una mejora de 0.259 \$ingreso/\$costo.

Del 1er objetivo específico, Analizar el problema de la baja productividad en el proceso de fabricación de la línea de transformadores sumergidos en aceite, de la empresa Electro Volt Ingenieros S.A., se realizó la misma identificando las causas raíces más importantes: Demora en los tiempos de fabricación, distribución de planta inadecuado y falta de indicadores de productividad.

Del 2do objetivo específico, Determinar el plan de mejora en el proceso de fabricación de la línea de transformadores sumergidos en aceite, de la empresa Electro Volt Ingenieros S.A., se elaboró el cronograma de planificación y se ejecutó la misma. Siendo las actividades del plan de mejora: reestructurar el método de trabajo, implementar indicadores de gestión y rediseñar la distribución de planta. (Duración de 3 y 5 meses respectivamente).

Del 3er objetivo específico, Aplicar el plan de mejora en el proceso de fabricación de la línea de transformadores sumergidos en aceite, de la empresa Electro Volt Ingenieros S.A. Se logró un ahorro de 223\$ en el costo de fabricación, aproximadamente el 5%. Respecto a la distribución de planta se disminuyó en 12 los recorridos entre áreas, logrando una mejora del 28%. Se realizó, los indicadores de rentabilidad obteniéndose: VAN = \$5,148, TIR = 42%, Tiempo de recupero = 1 año y 11.6 meses y un Beneficio/Costo = 1.70 lo cual indica una rentabilidad del 0.70, es decir un 70%.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

RECOMENDACIONES

Del Diagrama de Ishikawa, se identificó el 28% de las causas raíces, que explican la problemática: “Baja productividad en el proceso de fabricación” corresponden al Área de Logística, se recomienda realizar un Plan de Mejora para incrementar la eficiencia en las actividades de dicha área.

Del Diagrama de Ishikawa, se identificó el 11% de las causas raíces, que explican la problemática: “Baja productividad en el proceso de fabricación” corresponden al Área de Mantenimiento, se recomienda realizar un Plan de Mejora para implementar una gestión adecuada de Mantenimiento, enmarcado en herramientas Lean, como Mantenimiento total de la Producción TPM.

De La matriz de ponderación se identifica que en Producción se requiere implementar instructivos técnicos y procedimientos, se recomienda entonces, realizar un Plan de Implementación de procedimientos e instructivos operacionales en el Área de producción.

REFERENCIAS

- Asociación Española para la Calidad (2018) “Gestión por procesos”,
<https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/gestion-por-procesos>
- Aguirre, R. (2014) *Mejora Continua*. ICIC, Ciudad Victoria, Tamaulipas. Recuperado de
<http://www.cmicvictoria.org/wp-content/uploads/2012/06/GU%C3%8DA-MEJORA-CONTINUA.pdf>
- Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. “Buenas prácticas empresariales”.
Recuperado de:
<http://herramientas.camamedellin.com.co/Inicio/Buenaspracticasesempresariales>
- Correa, A. (2017) “Medición de la Productividad en Empresas de Servicios y su Impacto en la Salud Mental de los Trabajadores” en *Memorias de la Décima Sexta Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2017)*, p.190-195.
Recuperado de <http://www.iiis.org/CDs2017/CD2017Summer/papers/CA126DI.pdf>
- Gutiérrez, H. *Calidad total y productividad*
- Heflo. “Tipos de Indicadores de desempeño” <https://www.heflo.com/es/blog/planificacion-estrategica/indicadores-rendimiento-procesos/>
- Nunes P. (2016) “Gestión de la Producción” en *Enciclopedia Temática Knoow*. Recuperado de <http://knoow.net/es/cieeconcom/gestion/gestion-la-produccion/>
- Schroeder, R. *Administración de operaciones*, McGraw Hill.
- Tamayo, J.; Salvador, J.; Vásquez, A. y Carlo V. (Editores) (2016). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*. Osinergmin. Lima, Perú. Recuperado de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf

ANEXOS

Anexo n.º 1. Medición de la productividad por recurso año 2015 -2016 / validado.....	158
Anexo n.º 2. Medición de la productividad por recurso año 2017 / validado.....	159
Anexo n.º 3. Comparativo de productividad / validado	160
Anexo n.º 4. Distribución de planta / validado	161
Anexo n.º 5. Rediseño de layout de planta / validado.....	162
Anexo n.º 6. Diagrama de operaciones del proceso – antes / validado	163
Anexo n.º 7. Diagrama de operaciones del proceso – mejorado / validado.....	164
Anexo n.º 8. Diagrama de análisis del proceso – antes / validado	165
Anexo n.º 9. Diagrama de análisis del proceso – mejorado / validado	166
Anexo n.º 10. Formato de cronograma de orden de trabajo.....	167
Anexo n.º 11. Formato de programación de personal - planta.....	168
Anexo n.º 12. Formato de calendario de trabajo – producción	169
Anexo n.º 13. Fotos de la planta de electro volt s.a. parte 1.....	170
Anexo n.º 14. Fotos de la planta de electro volt s.a. parte 2.....	171

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Anexo n.º 1. Medición de la productividad por recurso año 2015 -2016 / validado

MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD POR RECURSO / AÑO 2015 - 2016

PRODUCTO: TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN ACEITE DE 500 KVA EMPRESA: ELECTRO VOLT INGENIEROS S.A.
 DEPARTAMENTO: OPERACIONES ELABORADO POR: ELÍAS RÍOS NÚÑEZ
 ÁREA: PRODUCCIÓN AÑO DE MEDICIÓN: 2015 - 2016
 INDICADOR: PRODUCTIVIDAD

ITEM	MES/AÑO	PRODUCCIÓN PLANIFICADA (EN CANTIDAD SEGÚN PLAZA)	PRODUCCIÓN OBTENIDA (REAL EN CANTIDAD)	INGRESO POR VENTAS -VALOR (B) PRODUCCIÓN REAL	CANT. HORAS	COSTO MANO DE OBRA POR HORA	COSTO TOTAL MANO DE OBRA (C)	MATERIA PRIMA (GLOBAL)	COSTO DE MATERIA PRIMA POR TRANSFORMADO	COSTO TOTAL MATERIA PRIMA (E)	VALOR DE LOS RECURSOS				PRODUCTIVIDAD (\$/ingreso/costo)					INDICADOR COSTOS TOTALES / INGRESOS TOTALES			
											MAQUINARIA (CANTIDAD HORAS)	COSTO DE MAQUINARIA A POR HORA	COSTO TOTAL HORAS MAQUINARIA (G)	CANTIDAD DE KW	COSTO DEL KW	COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (H)	COSTO TOTAL RECURSOS (I)	PRODUCTIVIDAD D DE LA MANO DE OBRA	PRODUCTIVIDAD D DE LA MATERIA PRIMA		PRODUCTIVIDAD D DE LA MAQUINARIA	PRODUCTIVIDAD D DE LA ENERGÍA	PRODUCTIVIDAD D-GLOBAL
1	Ene-15	8	4	30,000	752	3.11	2,341.45	4	2,557.50	10,230.00	212	5	1,066.00	4,336.00	0.29	1,238.86	14,870.31	12.8125	2.9326	28.3015	24.2159	2.0174	0.4917
2	Feb-15	5	5	37,500	910	3.11	2,864.55	5	2,466.00	12,330.00	265	5	1,325.00	5,455.00	0.29	1,558.57	18,078.12	13.0911	3.0414	28.3015	24.0605	2.0741	0.4813
3	Mar-15	8	6	45,000	1,194	3.11	3,717.68	6	2,475.30	14,850.00	312	5	1,560.00	6,258.00	0.29	1,788.00	21,915.68	12.3043	3.0303	28.8462	25.1678	2.0533	0.4870
4	Abr-15	6	5	37,500	985	3.11	3,066.93	5	2,593.00	12,465.00	310	5	1,550.00	5,920.00	0.29	1,602.86	18,748.79	12.2272	3.0084	24.1935	22.5515	2.0086	0.4989
5	May-15	5	2	15,000	354	3.11	1,102.23	2	2,730.00	5,460.00	96	5	480.00	2,076.00	0.29	593.14	7,635.37	13.6688	2.7473	11.2568	25.2899	1.9645	0.5090
6	Jun-15	4	3	22,500	552	3.11	1,718.73	3	2,652.00	7,856.00	162	5	810.00	3,189.00	0.29	911.14	11,395.87	13.0911	2.9281	27.7778	24.6441	1.9744	0.5065
7	Jul-15	9	7	52,500	1,746	3.11	3,879.59	7	2,392.71	16,749.00	441	5	2,205.00	7,500.00	0.29	2,142.86	24,976.45	13.5334	3.1345	23.3095	24.5800	2.1020	0.4752
8	Ago-15	6	8	60,000	1,536	3.11	4,782.55	8	2,402.25	19,218.00	420	5	2,100.00	8,450.00	0.29	2,414.29	28,514.83	12.5456	3.1221	28.5714	24.8521	2.1042	0.4752
9	Sep-15	4	6	45,000	1,080	3.11	3,362.73	6	2,473.00	14,838.00	378	5	1,890.00	6,306.00	0.29	1,801.71	21,892.44	13.3850	3.0328	23.8095	24.9762	2.0555	0.4885
10	Oct-15	7	3	22,500	537	3.11	1,672.02	3	2,603.33	7,810.00	165	5	825.00	3,200.00	0.29	914.29	11,221.31	13.4568	2.8809	27.2727	24.6094	2.0051	0.4987
11	Nov-15	3	3	22,500	537	3.11	1,672.02	3	2,606.00	7,818.00	147	5	735.00	3,270.00	0.29	914.29	11,159.31	13.4568	2.8809	27.2727	24.6094	2.0051	0.4987
12	Dic-15	8	6	45,000	1,065	3.11	3,316.02	6	2,468.67	14,912.00	305	5	1,525.00	6,226.00	0.29	1,921.71	21,574.74	13.5705	3.0781	20.6122	24.0826	2.0163	0.4960
13	Ene-16	4	4	30,000	712	3.11	2,216.91	4	2,512.50	10,050.00	228	5	1,140.00	4,416.00	0.29	1,261.71	14,668.62	13.5334	2.9851	26.3136	23.7772	2.0452	0.4890
14	Feb-16	8	3	22,500	591	3.11	1,840.16	3	2,619.00	7,857.00	150	5	750.00	3,123.00	0.29	892.29	11,339.44	12.2272	2.9637	30.0000	25.2161	1.9842	0.5040
15	Mar-16	7	4	30,000	780	3.11	2,428.64	4	2,555.50	10,222.00	208	5	1,040.00	4,424.00	0.29	1,264.00	14,954.64	12.5526	2.9348	28.8462	23.7342	2.0061	0.4885
16	Abr-16	7	5	37,500	945	3.11	2,942.39	5	2,517.00	12,585.00	255	5	1,275.00	5,640.00	0.29	1,611.43	18,413.81	12.7448	2.9797	28.4138	23.2713	2.0365	0.4910
17	May-16	8	5	37,500	910	3.11	3,020.23	5	2,468.00	12,336.00	260	5	1,300.00	5,490.00	0.29	1,622.86	18,275.08	12.4163	3.0414	28.8462	23.1074	2.0322	0.4910
18	Jun-16	5	4	30,000	794	3.11	2,192.00	4	2,557.50	10,230.00	240	5	1,200.00	4,398.00	0.29	1,254.29	14,876.29	12.1043	3.0181	28.5714	22.8403	2.0230	0.4945
19	Jul-16	9	6	45,000	1,194	3.11	3,717.68	6	2,485.00	14,910.00	315	5	1,575.00	7,148.00	0.29	2,041.71	22,244.40	13.6961	2.9326	25.0000	23.9180	2.0166	0.4959
20	Ago-16	6	7	52,500	1,386	3.11	4,315.50	7	2,460.29	17,222.00	385	5	1,925.00	7,250.00	0.29	2,074.00	25,536.50	12.1655	3.0484	27.2727	25.1134	2.0559	0.4864
21	Sep-16	8	8	60,000	1,496	3.11	4,658.00	8	2,438.75	19,510.00	504	5	2,520.00	8,545.00	0.29	2,441.43	29,129.43	12.8811	2.9753	23.8095	24.5758	2.0598	0.4915
22	Oct-16	7	5	37,500	935	3.11	2,931.25	5	2,504.00	12,520.00	310	5	1,550.00	5,960.00	0.29	1,702.86	18,684.11	12.8811	2.9952	24.1935	22.0218	2.0071	0.4982
23	Nov-16	6	2	15,000	358	3.11	1,114.68	2	2,702.00	5,404.00	108	5	540.00	2,062.00	0.29	589.14	7,647.82	13.4568	2.7757	27.2728	25.4607	1.9613	0.5099
24	Dic-16	8	6	45,000	1,198	3.11	3,699.00	6	2,475.97	14,854.00	322	5	1,610.00	6,490.00	0.29	1,854.29	22,017.29	12.1655	3.0295	27.9503	24.2481	2.0438	0.4893
TOTAL		156	117	872,800			68,582.98			292,230.00			92,490.00			36,491.71	428,764.65	12.8995	2.9731	27.5104	24.1300	2.0810	

VALIDADO POR :



ING. María Elizabeth Labán Salguero
 Ingeniero de Proyectos
 CIP 108168

Fuente: Electro volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Anexo n.º 2. Medición de la productividad por recurso año 2017 / validado

MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD POR RECURSO / AÑO 2017

PRODUCTO: TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN ACEITE DE 500 KVA
DEPARTAMENTO: OPERACIONES
ÁREA: PRODUCCIÓN
INDICADOR: PRODUCTIVIDAD

EMPRESA: ELECTRO VOLT INGENIEROS S.A.
ELABORADO POR: ELÍAS RÍOS NÚÑEZ
AÑO DE MEDICIÓN: 2017

ITEM	MES / AÑO	PRODUCCIÓN PLANIFICADA (EN CANTIDAD SEGUN PLAN)	PRODUCCIÓN OBTENIDA (REAL EN CANTIDAD)	INGRESO POR VENTAS (VALOR \$) PRODUCCIÓN REAL	VALOR DE RECURSOS										PRODUCTIVIDAD (Ingresos/Coste)				INDICADOR COSTOS TOTALES / INGRESOS TOTALES				
					CANT. HORAS	COSTO MANO DE OBRA POR HORA	COSTO TOTAL MANO DE OBRA (\$)	MATERIA PRIMA (GLOBAL)	COSTO DE MATERIA PRIMA POR TRANSFORMADOR	COSTO TOTAL MATERIA PRIMA (\$)	MAQUINAS (CANTIDAD HORAS)	COSTO DE MAQUINARIA POR HORA	COSTO TOTAL HORAS MAQUINA (\$)	CANTIDAD DE KW	COSTO DEL KW	COSTO DE ENERGIA ELECTRICA (\$)	COSTO TOTAL RECURSOS (\$)	PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA		PRODUCTIVIDAD DE LA MATERIA PRIMA	PRODUCTIVIDAD DE LA MAQUINARIA	PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGIA	PRODUCTIVIDAD GLOBAL
1	Ene-17	9	6	45000	975	3.11	3,035.8	6	2,237.0	13,422.0	280	5	1,400.0	5820	0.29	1,662.9	19,520.7	14.8211	3.3527	32.1429	27,0619	2.3053	0.4338
2	Feb-17	8	5	37500	795	3.11	2,475.3	5	2,217.4	11,087.0	230	5	1,150.0	4855	0.29	1,387.1	16,099.5	15.1454	3.3823	32.6087	27,0340	2.1293	0.4293
3	Mar-17	8	6	45000	957	3.11	2,979.8	6	2,235.8	13,415.0	332	5	1,660.0	6624	0.29	1,892.6	19,847.3	15.1019	3.3545	28.8462	23,7772	2.2673	0.4411
4	Abr-17	7	5	37500	810	3.11	2,522.0	5	2,217.4	11,087.0	255	5	1,275.0	5295	0.29	1,512.9	16,396.9	14.8689	3.3823	29.4118	24,7879	2.2870	0.4378
5	May-17	6	6	45000	973	3.11	3,025.6	6	2,236.3	13,418.0	262	5	1,310.0	6408	0.29	1,830.9	19,688.4	14.8536	3.3537	31.9149	24,5787	2.1856	0.4375
6	Jun-17	5	5	37500	786	3.11	2,441.9	5	2,219.0	11,095.0	240	5	1,200.0	4980	0.29	1,422.9	16,165.2	15.3219	3.3759	31.2500	26.3554	2.1188	0.4311
7	Jul-17	9	6	45000	958	3.11	2,982.9	6	2,234.3	13,406.0	288	5	1,440.0	6648	0.29	1,899.4	19,728.3	15.0862	3.3567	31.2500	23.6913	2.2810	0.4384
8	Ago-17	6	8	60000	1307	3.11	4,069.5	8	2,256.0	18,048.0	416	5	2,080.0	8904	0.29	2,544.0	26,741.5	14.7437	3.3245	28.8462	23.5859	2.2437	0.4457
9	Set-17	4	5	37500	781	3.11	2,431.8	5	2,219.0	11,095.0	260	5	1,300.0	5085	0.29	1,452.9	16,279.6	15.4210	3.3799	28.8462	25.8112	2.1035	0.4341
10	Oct-17	7	6	45000	966	3.11	3,007.8	6	2,233.8	13,403.0	294	5	1,470.0	5790	0.29	1,654.3	19,535.1	14.9612	3.3575	30.6122	27.2021	2.1036	0.4341
11	Nov-17	3	5	37500	785	3.11	2,444.2	5	2,217.6	11,088.0	260	5	1,300.0	4786	0.29	1,367.4	16,199.6	15.3424	3.3820	28.8462	27.4237	2.1149	0.4320
12	Dic-17	8	7	52500	1142	3.11	3,555.8	7	2,245.7	15,720.0	360	5	1,800.0	8218	0.29	2,348.0	23,423.8	14.7647	3.3397	29.1667	22.3595	2.2413	0.4462
TOTAL		80	70	525000			34981.70455			156234			17385			20975.14284	229625.8	15.0346	3.3621	30.3118	25.8056	2.2802	

VALIDADO POR:



ING. María Elizabeth Labán Salguero
Ingeniero de Proyectos
CIP 108168

Fuente: Electro volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Anexo n.º 3. Comparativo de productividad / validado

COMPARATIVO DE PRODUCTIVIDAD

PRODUCTO: TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN ACEITE DE 500 KVA
DEPARTAMENTO: OPERACIONES
ÁREA: PRODUCCIÓN
INDICADOR: PRODUCTIVIDAD

EMPRESA: ELECTRO VOLT INGENIEROS S.A.
ELABORADO POR: ELIAS RIOS NUÑEZ
AÑO DE MEDICIÓN: 2017

DESCRIPCION	PRODUCTIVIDAD (\$Ingreso / \$Costo)				PRODUCTIVIDAD GLOBAL	INDICADOR COSTOS / POR TRANSFORMADOR	
	PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA	PRODUCTIVIDAD DE LA MATERIA PRIMA	PRODUCTIVIDAD DE LA MAQUINARIA	PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGIA			
SITUACION ANTES	AÑO 2015	13.0732	2.9729	27.6879	24.3680	2.0378	0.4910
	AÑO 2016	12.7178	2.9733	27.3329	23.8920	2.0243	0.4941
	PROMEDIO	12.8955	2.9731	27.5104	24.1300	2.0310	0.4925
CON MEJORA	AÑO 2017	15.0366	3.3621	30.3118	25.3056	2.2902	0.4367
INCREMENTO		2.1411	0.3891	2.8014	1.1756	0.2591	-0.0558
MEJORA PORCENTUAL		17%	13%	10%	5%	13%	-11%

VALIDADO POR:



Inga. María Elizabeth Labán Salguero
Ingeniero de Proyectos
CIP 108168

Fuente: Electro volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Anexo n.º 4. Distribución de planta / validado

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

PRODUCTO: TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN ACEITE DE 500 KVA
DEPARTAMENTO: OPERACIONES
ÁREA: PRODUCCIÓN
INDICADOR: PRODUCTIVIDAD

EMPRESA: ELECTRO VOLT INGENIEROS S.A.
ELABORADO POR: ELIAS RIOS NUÑEZ
AÑO DE ELABORACIÓN: 2017

MATRIZ RELACIONES

Codigo	Areas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	DEPOSITO		1		1										
B	METALMECANICA								1					1	1
C	CONEXIONADO				1	1		1	1	1		1			
D	NUCLEO							1	1						
E	BOBINADO							1	1	1					
F	PRODUCTO TERMINADO							1							
G	LABORATORIO											1			
H	ALMACEN											1			
I	CARPINTERIA														
J	ENCUBADO														
K	SECADO TERMICO														
L	PINTURA EN POLVO														
M	PINTURA LIQUIDA														1
N	GRANALLADO														

MATRIZ DE PRIORIDADES

Codigo	Areas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A	DEPOSITO		E		A										
B	METALMECANICA								I					A	E
C	CONEXIONADO				A	A		I	E	I		A			
D	NUCLEO							I	I						
E	BOBINADO							I	E	I					
F	PRODUCTO TERMINADO							A							
G	LABORATORIO											A			
H	ALMACEN											E			
I	CARPINTERIA														
J	ENCUBADO														
K	SECADO TERMICO														
L	PINTURA EN POLVO														
M	PINTURA LIQUIDA														A
N	GRANALLADO														

VALIDADO POR:



MAR. Mariana Elizabeth Labán Salguero
Ingeniero de Proyectos
CIP 108168

Fuente: Electro volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

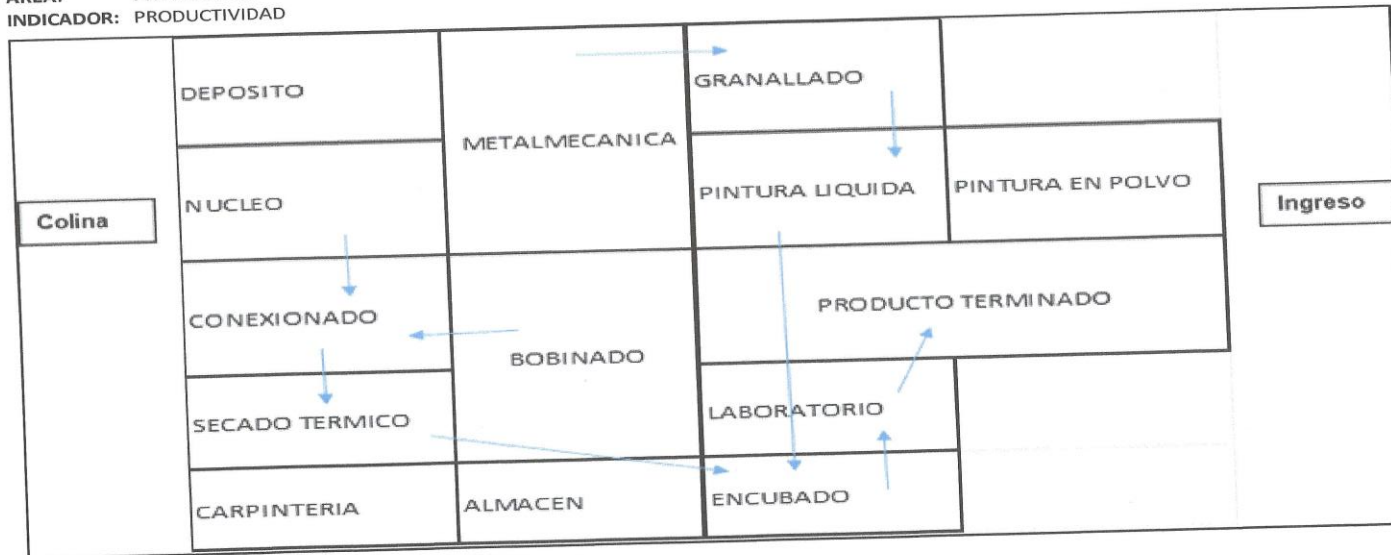
“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Anexo n.º 5. Rediseño de layout de planta / validado

REDISEÑO DE LAYOUT DE PLANTA

PRODUCTO: TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN ACEITE DE 500 KVA
DEPARTAMENTO: OPERACIONES
ÁREA: PRODUCCIÓN
INDICADOR: PRODUCTIVIDAD

EMPRESA: ELECTRO VOLT INGENIEROS S.A.
ELABORADO POR: ELIAS RIOS NUÑEZ
AÑO DE ELABORACIÓN: 2017



VALIDADO POR:

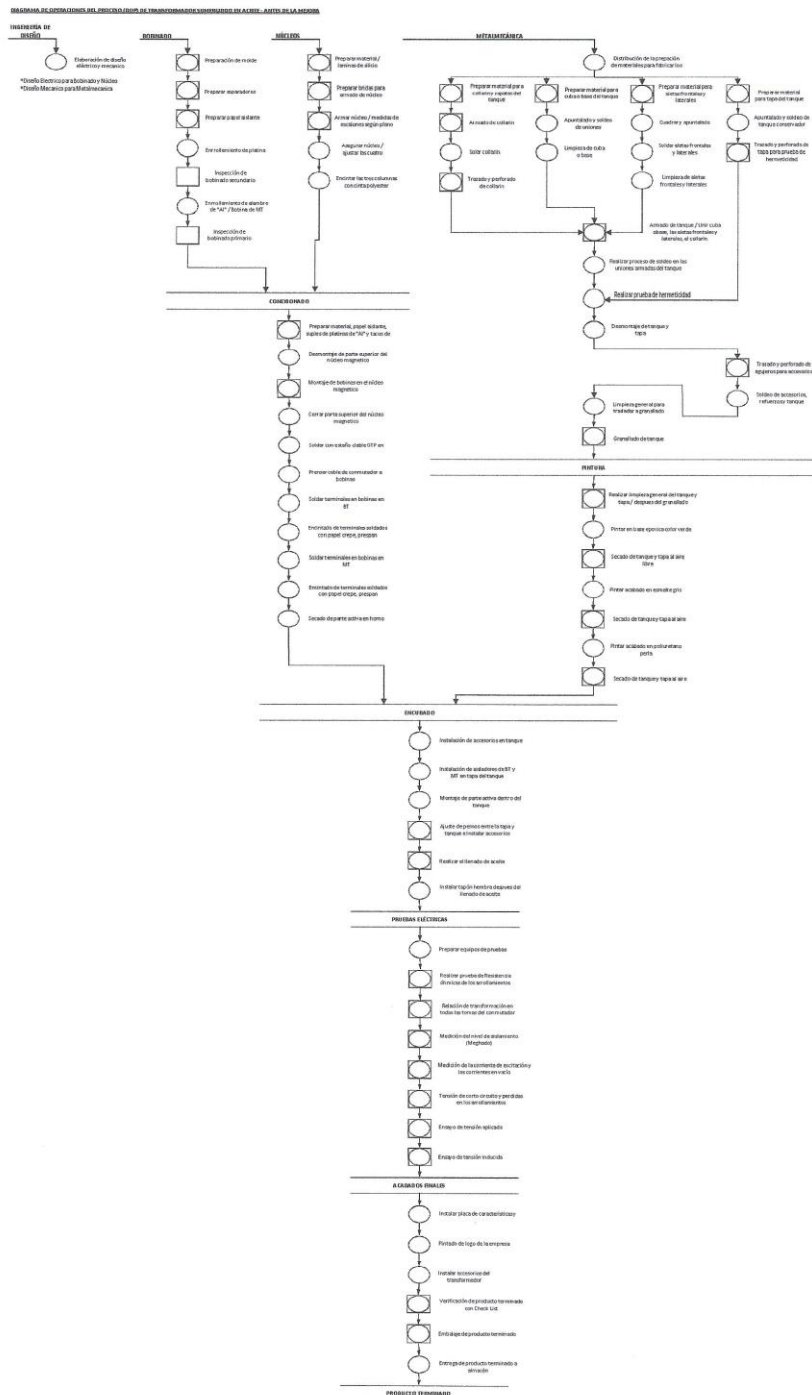


INC. Mariana Elizabeth Labán Salguero
 Ingeniero de Proyectos
 CIP 108168

Fuente: Electro volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Anexo n.º 6. Diagrama de operaciones del proceso – antes / validado

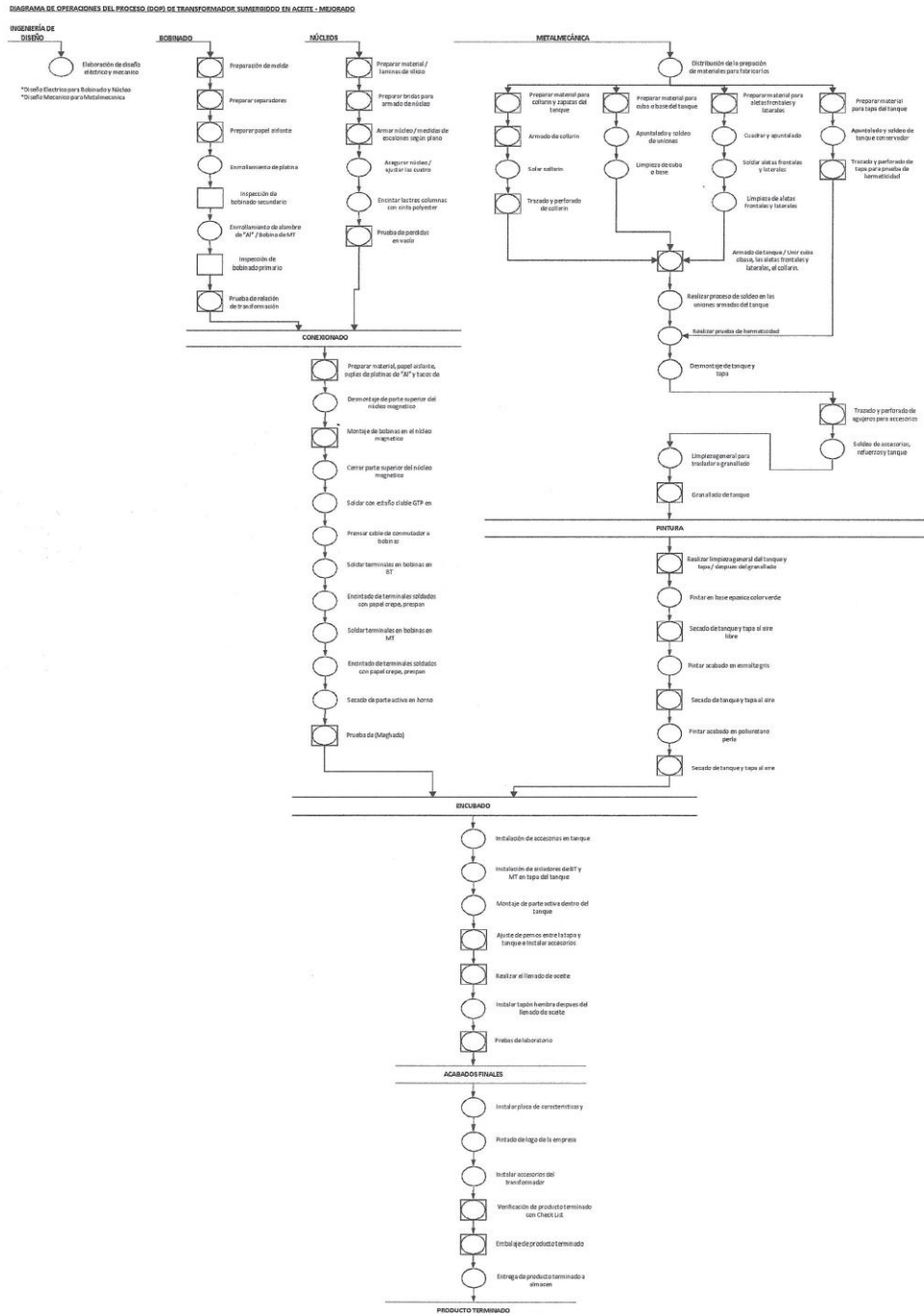



 I.N.C. María Elizabeth Labán Salguero
 Ingeniero de Proyectos
 CIP 108168

Fuente: Electro volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Anexo n.º 7. Diagrama de operaciones del proceso – mejorado / validado




INC. María Elizabeth Labán Salguero
Ingeniero de Proyectos
CIP 108168

Fuente: Electro volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Anexo n.º 8. Diagrama de análisis del proceso – antes / validado

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO (DAP) - ANTES DE LA MEJORA

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESO		RESUMEN						
DEPARTAMENTO:	OPERACIONES	ACTIVIDAD	ACTUAL	MEJORA	AHORRO			
AREA:	PRODUCCIÓN	OPERACIÓN	47					
PROCESO:	FABRICACIÓN DE TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN ACEITE	INSPECCIÓN	12					
METODO:	ACTUAL	TRANSPORTE	24					
LUGAR:	PLANTA DE ELECTRO VOLT S.A.	ESPERA	14					
OPERARIOS:	11	ALMACENAR	1					
ELABORADO POR:	ELIAS RIOS NUÑEZ	DISTANCIA	40,7					
APROBADO POR:	VICTOR DE LA CRUZ	TIEMPO	11820					
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA (metros)	TIEMPO (min)	SIMBOLO			OBSERVACIONES		
BOBINADO								
01. Preparación de muelle		97,6				Manual: Com madera caoba		
02. Inspección de muelle		27,4				Manual		
03. Traslado al área de carpintería	5,7	1,72				Desde el área de bobinado		
04. Preparar separadores de madera		186				Máquina: Sierra circular		
05. Inspección de separadores de madera		35,2				Manual		
06. Traslado al área de corte	2,9	3,72				Desde el área de bobinado		
07. Preparar papel aislante		204				Máquina: Guillotina		
08. Traslado al área de bobinado	2,9	2,9				Desde el área de corte		
09. Enrollamiento de platinas de "MI" / Bobina de BT		546				Máquina: Bobinadora		
10. Traslado bobina en mesa de trabajo	2,1	0,95				Manual		
11. Inspección de bobinado secundario / Bobina de MT		6,78				Manual: Inspección visual		
12. Enrollamiento de alambres de "MI" / Bobina de MT		546				Máquina: Bobinadora		
13. Traslado bobina en mesa de trabajo	2,1	0,95				Manual		
14. Inspección de bobinado primario		9,78				Manual: Inspección visual		
NÚCLEO								
15. Preparar material / laminas de alúmina		86,33				Máquina: Guillotina		
16. Inspección de material de alúmina		47,2				Manual		
17. Traslado al área metalmeccánica	1,9	1,97				Desde el área de núcleos		
18. Preparar bridas para armado de núcleo		336				Máquina: Soldadora, Amoladora		
19. Traslado al área de núcleos	1,9	1,97				Manual		
20. Traslado al área de núcleos	1,9	1,97				Desde el área de metalmeccánica		
21. Armar núcleo / medidas de escalones según plano		732				Manual: Apoyo con el diablo		
22. Inspección de armado de núcleo		72,5				Manual		
23. Ajustar núcleos / ajustar las cuatro esquinas de las bridas		46,9				Manual: Trabajo con llaves mixtas		
24. Traslado a mesa de trabajo para apoyo	1,5	1,53				Equipo: Soplete		
25. Eliminar las tres columnas con cinta poliestere		54,8				Manual: Ajustar estabilizad		
TANQUE								
26. Distribución de la presión de materiales para fabricar los componentes del tanque		33				Manual: Identificar trabajo		
Collar, Zapatas								
27. Preparar material para collarín y zapatas del tanque		44,8				Máquina: Amoladora		
28. Inspección de material para collarín y zapatas		37				Manual		
29. Armado de collarín y zapatas		49,2				Manual, Máquina de soldar		
30. Inspección dimensional		25				Manual		
31. Soldar collarín y zapatas		41,8				Máquina: Soldadora		
32. Limpieza de collarín y zapatas		20				Manual		
33. Trazado y perforado de collarín		59,4				Manual, Taladro manual		
Cuba o base								
34. Preparar material para cuba o base del tanque		123				Manual, Máquina Plegadora		
35. Apuntado y soldado de uniones		123				Manual, Máquina de soldar		
36. Limpieza de cuba o base		54				Manual, Máquina pulidora		
Alasas frontales y laterales								
37. Preparar material para alasas frontales y laterales		156				Manual, Máquina Plegadora		
38. Inspección dimensional		86				Manual		
39. Cuadro y asegurabdo de alistas		90				Manual		
40. Soldar alasas frontales y laterales		126				Máquina: Soldadora		
41. Limpieza de alasas frontales y laterales		39				Manual, Máquina pulidora		
Tapa								
42. Preparar material para tapa del tanque		150				Manual, Amoladora circular		
43. Inspección dimensional de materiales		48,2				Manual		
44. Apuntado y soldado de tanque conservador		47,8				Máquina: Soldadora		
45. Trazado y perforado de tapa para prueba de hermeticidad		51,5				Manual, Taladro manual		
46. Trazado y perforado de agujeros para accesorios de transformador		39,7				Manual, Taladro manual		
47. Soldado de accesorios, reductor y tanque conservador en tapa		96				Máquina: Soldadora		
48. Limpieza de tapa		55,7				Manual, Máquina pulidora		
Armar Tanque								
49. Armado de tanque / unir cuba, alasas frontales y laterales, el collarín		216				Manual, Máquina de soldar		
50. Realizar proceso de soldado en las uniones armadas del tanque		264				Máquina: Soldadora		
51. Realizar prueba de hermeticidad		108				Manual, Máquina compresora		
52. Desmontado de tanque y tapa		33,2				Manual		
53. Limpieza general para trasladar a granallado		65				Manual		
54. Traslado al área de granallado	4,7	3,7				Desde el área de metalmeccánica		
55. Granallado de tanque		396				Máquina: Granalladora		
PINTURA								
56. Traslado al área de pintura	4,7	5,3				Desde el área de granallado		
57. Realizar limpieza general del tanque y tapa / después del granallado		48,4				Manual		
58. Pintar en base técnica color verde		70,4				Máquina: Compresora		
59. Secado de tanque y tapa al aire libre		330				Manual: Al aire libre		
60. Pintar acabado en esmalte gris		77,2				Máquina: Compresora		
61. Secado de tanque y tapa al aire libre		720				Manual: Al aire libre		
62. Pintar acabado en poliuretano perla		108,7				Máquina: Compresora		
63. Secado de tanque y tapa al aire libre		720				Manual: Al aire libre		
CONEXIONADO								
64. Preparar material, papel aislante, suples de platinas de "MI" y tacos de madera		222				Manual		
65. Traslado de núcleos y bobinas al área de conexionado	2,5	3,5				Desde el área de bobinado, núcleos		
66. Limpieza de partes superior del núcleo magnético		90				Manual		
67. Montaje de bobinas en el núcleo magnético		162				Manual		
68. Conectar partes superior del núcleo magnético		204				Manual		
69. Soldar con estaño cables OTP en convertidor		61				Máquina: Soldadora		
70. Prensar cables de convertidor a bobinas		55,3				Manual: Herramienta		
71. Soldar terminales en bobinas en MT		183				Manual: Equipo metalmeccánica		
72. Bobinado de terminales soldados con papel crepe, presión		41				Manual		
73. Soldar terminales en bobinas en MT		276				Manual: Equipo metalmeccánica		
74. Enrollado de terminales soldados con papel crepe, presión		41				Manual		
75. Traslado de parte activa al horno	3,8	2,1				Desde el área de conexionado		
76. Secado de parte activa en horno		720				Máquina: Horno Eléctrico		
ENCUABADO								
77. Traslado al área de encuabado	2,2	2,9				Desde el área de secado termico		
78. Instalación de accesorios en tanque		39				Manual		
79. Instalación de soldadores de BT / MT en tapa del tanque		37,7				Manual		
80. Montaje de parte activa dentro del tanque		114				Máquina: Fuente grua		
81. Ajuste de parcos entre la tapa y tanque e instalar accesorios		85,1				Manual		
82. Realizar el llenado de aceite dielectrico		210				Máquina: Fuente grua		
83. Instalar tapón hembra después del llenado de aceite		15				Manual		
84. Traslado a laboratorio	1,8	2,3				Desde el área de encuabado		
PRUEBAS ELÉCTRICAS								
85. Preparar equipos de pruebas		45				Manual		
86. Realización de pruebas de los enrollamientos		55				Máquina: Equipo de laboratorio		
87. Realización de transformación en todos los ramos del convertidor		55				Máquina: Equipo de laboratorio		
88. Medición del nivel de aislamiento (Megohm)		65				Máquina: Equipo de laboratorio		
89. Medición de la corriente de excitación y las corrientes en vacío		65				Máquina: Equipo de laboratorio		
90. Tensión de corto circuito y perdidas en los enrollamientos		60				Máquina: Equipo de laboratorio		
91. Ensayo de tensión aplicada		60				Máquina: Equipo de laboratorio		
92. Ensayo de tensión inducida		75				Máquina: Equipo de laboratorio		
ETIQUETADO FINALES								
93. Instalar placa de características y señalización		90				Manual		
94. Pintado de logo de la empresa		108				Manual: Pintura en spray		
95. Instalar accesorios del transformador		127				Manual		
96. Verificación de producto terminado con Check List		120				Manual: Inspección visual		
97. Embalaje de producto terminado		360				Manual: Máquina selladora		
98. Entrega de producto terminado e almacen		33				Manual: Estaca Hércules		
TOTAL		40,7	11820	47	12	34	14	

M.ª. María Elizabeth Labrán Salguero
Ingeniero de Proyectos
CIP 108168

Fuente: Electro volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Anexo n.º 9. Diagrama de análisis del proceso – mejorado / validado

DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO (DAP) - MEJORADO		RESUMEN						
DEPARTAMENTO:	OPERACIONES	ACTIVIDAD	ACTUAL	MEJORA	AHORRO			
AREA:	PRODUCCION	OPERACION	47	35	12			
PROCESO:	FABRICACION DE TRANSFORMADOR SUMERGIDO EN ACEITE	INSPECCION	12	4	8			
METODO:	ACTUAL	TRANSPORTE	24	29	-5			
LUGAR:	PLANTA DE ELECTRO VOLT S.A.	ESPERA	14	11	3			
OPERARIOS:	11	ALMACENAJE	1	1	0			
ELABORADO POR:	ELIAS RIOS NUÑEZ	INSTANCIA	40.7	27.8	12.9			
APROBADO POR:	VICTOR DE LA CRUZ	TIEMPO	11820	9960	1860			
DESCRIPCION	DISTANCIA (metros)	TIEMPO (min)	SIMBOLO		OBSERVACIONES			
BOBINADO								
01. Preparación de molde		71.7			Manual: Con madera caoba			
02. Traslado al área de carpintería	4.5	1.5			Desde el área de bobinado			
03. Preparar separadores de madera		138			Máquina: Sierra circular			
04. Traslado al área de corte	2.4	1.5			Desde el área de bobinado			
05. Preparar papel aislante		144			Máquina: Guillotina			
06. Traslado al área de bobinado	2.4	2.3			Desde el área de corte			
07. Enrollamiento de platina de "AI" / Bobina de BT		534			Máquina: Bobinadora			
08. Inspección de bobinado secundario		6.5			Manual: Inspección visual			
09. Enrollamiento de alambres de "AI" / Bobina de MT		584			Máquina: Bobinadora			
10. Inspección de bobinado primario		6.5			Manual: Inspección visual			
11. Prueba de relación de transformación		54			Máquina: Equipo de laboratorio			
NÚCLEO								
12. Preparar material / laminas de silicio		41.1			Máquina: Guillotina			
13. Traslado al área metalmeccánica	1.6	1.5			Desde el área de núcleos			
14. Preparar bridas para armado de núcleo		288			Máquina: Soldadora, Amoladora			
15. Traslado al área de núcleos	1.6	1.4			Desde el área de metalmeccánica			
16. Armar núcleo / medidas de escalones según plano		678			Manual: Apoyo con el diseño			
17. Asegurar núcleo / ajustar las cuatro esquinas de las bridas		37			Manual: Trabajo con llaves mixtas			
18. Excitar las tres columnas con cinta polyester		33			Manual: Asegurar estabilidad			
19. Prueba de perdidas en vacio		54			Máquina: Equipo de laboratorio			
TANQUE								
20. Distribución de la preparación de materiales para fabricar los componentes del tanque		15			Manual: Planificar trabajo			
Collarín, Zapatas								
21. Preparar material para collarín y zapatas del tanque		44.6			Máquina: Amoladora			
22. Armado de collarín y zapatas		49.2			Manual, Máquina de soldar			
23. Soldar collarín y zapatas		41.8			Máquina: Soldadora			
24. Trazado y perforado de collarín		59.4			Manual, Taladro manual			
Cuba o base								
25. Preparar material para cuba o base del tanque		90			Manual, Máquina Plegadora			
26. Apuntalado y soldado de uniones		90			Manual, Máquina de soldar			
27. Limpieza de cuba o base		30			Manual, Máquina pulidora			
Aletas frontales y laterales								
28. Preparar material para aletas frontales y laterales		144			Manual, Máquina Plegadora			
29. Cuadrar y apuntalado de aletas		84			Manual			
30. Soldar aletas frontales y laterales		114			Máquina: Soldadora			
31. Limpieza de aletas frontales y laterales		18						
Tapa								
32. Preparar material para tapa del tanque		133			Manual, Amoladora circular			
33. Apuntalado y soldado de tanque conservador		42.8			Máquina: Soldadora			
34. Trazado y perforado de tapa para prueba de hermeticidad		46.5			Manual, Taladro manual			
35. Trazado y perforado de agujeros para accesorios de transformador		54.7			Manual, Taladro manual			
36. Soldado de accesorios, refuerzos y tanque conservador en tapa		84			Máquina: Soldadora			
Armar Tanque								
37. Armado de tanque / Unir cuba obase, las aletas frontales y laterales, el collarín		174			Manual, Máquina de soldar			
38. Realizar proceso de soldado en las uniones armadas del tanque		234			Máquina: Soldadora			
39. Realizar prueba de hermeticidad		66			Manual, Máquina compresora			
40. Desmontaje de tanque y tapa		12.9			Manual			
41. Limpieza general para trasladar a granallado		53			Manual			
42. Traslado al área de granallado	3.9	2.1			Desde el área de metalmeccánica			
43. Granallado de tanque		240			Máquina: Granalladora			
PINTURA								
44. Traslado al área de pintura	2.3	2.3			Desde el área de granallado			
45. Realizar limpieza general del tanque y tapa / despues del granallado		36.7			Manual			
46. Pintar en base epoxica color verde		42			Máquina: Compresora			
47. Secado de tanque y tapa al aire libre		300			Manual: Al aire libre			
48. Pintar acabado en esmalte gris		47			Máquina: Compresora			
49. Secado de tanque y tapa al aire libre		660			Manual: Al aire libre			
50. Pintar acabado en poliuretano perlá		52			Máquina: Compresora			
51. Secado de tanque y tapa al aire libre		720			Manual: Al aire libre			
CONEXIONADO								
52. Preparar material, papel aislante, suples de platinas de "AI" y lacos de madera		222			Manual			
53. Traslado de núcleo y bobinas al área de conexonado	2.5	3.6			Del área de bobinado, núcleos			
54. Desmontaje de parte superior del núcleo magnetico		90			Manual			
55. Montaje de bobinas en el núcleo magnetico		162			Manual			
56. Cerrar parte superior del núcleo magnetico		204			Manual			
57. Soldar con estano estable GTP en conmutador		63			Máquina: Soldadora			
58. Prensar cable de conmutador a bobinas		55.3			Manual: Herramienta			
59. Soldar terminales en bobinas en BT		282			Manual: Equipo oxiacetilénica			
60. Encintado de terminales soldados con papel crepe, prespan		41			Manual			
61. Soldar terminales en bobinas en MT		276			Manual: Equipo oxiacetilénica			
62. Encintado de terminales soldados con papel crepe, prespan		41			Manual			
63. Traslado de parte activa al horno	3.8	2.1			Desde el área de conexonado			
64. Secado de parte activa en horno		720			Máquina: Horno Eléctrico			
65. Prueba de (Meghado)		60			Máquina: Equipo de laboratorio			
ENCUBADO								
66. Traslado al área de encubado	1.6	2.7			Desde el área de secado termico			
67. Instalación de accesorios en tanque		33			Manual			
68. Instalación de aisladores de BT y MT en tapa del tanque		34.7			Manual			
69. Montaje de parte activa dentro del tanque		96			Máquina: Puente grua			
70. Ajuste de pernos entre la tapa y tanque e instalar accesorios		56.3			Manual			
71. Realizar el llenado de aceite dielectrico		186			Máquina: Puente grua			
72. Instalar tapón hembra despues del llenado de aceite		10			Manual			
73. Traslado a laboratorio	1.2	1.3			Desde el área de encubado			
74. Pruebas de laboratorio		192			Máquina: Equipo de laboratorio			
ACABADOS FINALES								
75. Instalación placa de características y señalización		72			Manual			
76. Pintado de logo de la empresa		96			Manual: Pintura en Spray			
77. Instalar accesorios del transformador		112			Manual			
78. Verificación de producto terminado con Check List		120			Manual: Inspección visual			
79. Embalaje de producto terminado		300			Manual, Máquina Sierra Circular			
80. Entrega de producto terminado a almacén		20			Máquina: Esteca Hidráulica			
TOTAL	27.8	9960	35	4	29	11	1	80



Ing. Maria Elizabeth Lobón Siquero
Ingeniero de Proyectos
CIP 108168

Fuente: Electro volt Ingenieros S.A. (Elaboración propia)

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Anexo n.º 11. Formato de programación de personal - planta

PROGRAMACIÓN DE PERSONAL - PLANTA											
PERSONAL	PROCESO	SUB PROCESO	ACTIVIDAD	OT/OTIVOS/ OR	FECHA	DIA	Hora Inicio	Hora final	HORAS	UBICACIÓN	
Homero Quintana Regalado	ACONDICIONAR TRANSFORMADOR DE 630 KVA	Modificar tanque y tapa	Fabricar accesorios para tapa del tanque.(orejas de isaje, soportes y tapas del tanque conservador.)	704	18/09/2015	Viernes	08:00 am	06:30 pm	9.5	Planta	
			Cortar perfiles en "L" (ángulos) para isaje de parte activa y refuerzos de tapa	704							
			Soldar la unión del rolado del tanque y las tapas en los extremos del mismo tanque conservador.	704							
			Esmerilar y pulir las uniones soldadas del tanque conservador	704							
			Perforar en el extremo del tanque conservador. Para el nivel de aceite	704							
			Soldar en tanque conservador, pernos para el nivel de aceite	704							
			Cortar ángulos para marcos d bombos	227							
			Armar soldar marcos para bombos	227							
			Orden y limpieza de su area de trabajo (10 minutos)								
			FABRICAR BOMBOS PARA EL SERCADO DE LA AREA DE BOBINADO	Fabricar marcos para bombos							
Homero Quintana Burga (apoyo en metal mecanica)	ACABADOS EN PINTURA, CONSTRUCCIÓN CIVIL	Apoye en metal mecanica cuando lo necesite	Consultar con Homero Quintana Burga	---	18/09/2015	Viernes	08:00 am	12:30 pm	4.5	Planta	
			Pintar acabados en estructura de conedor	230							
			Limpieza de estructuras para el pintado	230							
			Retques de pintura en partes de soldadura y manchas de cemento	230							
			Orden y limpieza de su area de trabajo (10 minutos)								
Arturo Huaman Aldunate	Pintado de tanque y tapa "transformador"	Pintar transformador en acabado "poliuretano perla"	Lijar y limpiar transformador para repintar segundo acabado	700	18/09/2015	Viernes	08:00 am	06:30 pm	9.5	Puente piedra	
			Preparación de pintura "poliuretano perla"	700							
			Ejecutar el pintado de transformador en poliuretano perla	700							
			Lijar y limpiar transformador para repintar segundo acabado	701							
			Preparación de pintura "poliuretano perla"	701							
			Ejecutar el pintado de transformador en poliuretano perla	701							
			Pintar letras electro volt y potencia en transformador	700							
			Pintar letras electro volt y potencia en trafomís	701							
			Pintar acabados en estructura de conedor	230							
			Limpieza de estructuras para el pintado	230							
Retques de pintura en partes de soldadura y manchas de cemento	230										
Percy Diaz Luna	FABRICAR CELDA DE MEDICIÓN Y LLEGADA PARA MANTENIMIENTO DE S. E. DE ELECTRO VOLT (SOTANO)	Ascondonar calda de llegada	Fabricar barras para aisladores de bastidor	202	18/09/2015	Viernes	08:00 am	06:30 pm	9.5	Puente piedra	
			Preparar tres cables para sistema de tira en seccionador de potencia	202							
			Instalar cable para iluminacion	222							
			Instalar interruptores	222							
			cambiar 3 florecntes en oficina central	----							
Manuel Rivera	FABRICAR CELDA DE MEDICIÓN Y LLEGADA PARA MANTENIMIENTO DE S. E. DE ELECTRO VOLT (SOTANO)	Ascondonar calda de llegada	Fabricar bastidor en calda de llegada	202	18/09/2015	Viernes	08:00 am	06:30 pm	9.5	Puente piedra	
			Instalar aisladores de 12 kv en bastidor	202							
			Fabricar barras para aisladores de bastidor	202							
			Preparar tres cables para sistema de tira en seccionador de potencia	202							
			Instalar cable para iluminacion	222							
Raul Osvaldo Becerra del Rosario	FABRICAR BOMBOS PARA EL SERCADO DE LA AREA DE BOBINADO	Fabricar marcos para bombos	Cortar ángulos para marcos d bombos	227	18/09/2015	Viernes	08:00 am	06:30 pm	9.5	Puente piedra	
			Armar soldar marcos para bombos	227							
			Orden y limpieza de su area de trabajo (10 minutos)								
			Fabricación de parihuela tipo jaula o base	700							
			Armadado de parihuela tipo jaula o base	700							
Rosalino Francisco Huaman Aldunate	ACABADOS EN PINTURA, CONSTRUCCIÓN CIVIL EN COMEDOR	Llenado de columnas y tarrajes	Cortar madera de acuerdo al tamaño de transformador	701	18/09/2015	Viernes	08:00 am	06:30 pm	9.5	Planta	
			Fabricación de parihuela tipo jaula o base	700							
			Armadado de parihuela tipo jaula o base	701							
			Preparacion de mezcla	230							
			Encofrado de columna para tarrajeo	230							
Miguel Huaman Peres	Mantenimiento de planta	Realizar trabajos internos	Limpieza de recepcion (mesas, pasadizo, sillas)	171	18/09/2015	Viernes	07:00 am	08:00 am	1	Planta	
			Limpieza de planta parte frontal para visita	171							
			Ordenar chatarra en deposito de la planta	171							
			Orden y limpieza de su area de trabajo (10 minutos)								

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Anexo n.º 12. Formato de calendario de trabajo – producción

CALENDARIO DE TRABAJO - PRODUCCIÓN						
L	M	Mi	J	V	S	D
1	2	3	4	5	6	7
		OT.657 finalizar proceso de bobinado. OT. 661 en area de ingeniería OT.655 entrega de transf. 2.00 pm OT.646-1 fabricar planchas intermedias, conectar puertas	OT.657 conexaso OT.659 demontado de bobinas OT.659 bobinado primera bobina	Feriado	OT.659 bobinar segunda bobina OT.658 bobinar prima bobina
OT.657 barnizado de transformador OT.657 finalizar fabricacion de gabinete OT.661 fabricacion primera y segunda bobinas (1transf.) OT.658 finalizar segunda y tercera bobina OT.658 desmontado de bobinas	OT.657 pruebas finales (PERC) OT.657 finalizar proceso de pintado (ART) OT.657 montaje en gabinete (PERC) OT.657 fabricar parihuela (LINO) OT.661 finalizar tercera y cuarta bobina (LM) OT.661 proceso de pintado (1 gabinete)(ART) OT.661 finalizar fabricacion de gabinete (HOMR) OT.658 finalizar conexonado y al horno en la noche (LM) OT.659 conexonado 50% (LM) OT.659 finalizar tercera bobina OT.662 fabricar bridas (RAUL) OT.662 fabricar gabinete (HOMR)	OT.657 acabado final (PERC) OT.657 entrega de transformador (LINO) OT.661 finalizar quinta y sexta bobina (LM) OT.661 finalizar pintado segundo gabinete (ART) OT.661 conexonado 50% (1transf.) (LM) OT.659 finalizar conexonado (LM) OT.659 en la tarde se hornea OT.658 sigue en horno OT.662 finalizar fabricar gabinete (HOMR) OT.662 fabricar primera y segunda bobina (LM) OT.646-1 acondicionamiento de puertas laterales y posteriores (HOMR)	OT.646-1 Conexionar viga H en base, conectar planchas intermedias (HOMR) OT.658 sigue en horno OT.659 sigue en horno OT.661 finalizar pintado (2 gabinete) (ART) OT.661 armar nucleo (LM) OT.662 fabricar segunda y tercera bobina (LM) OT.663 fabricar bobina 1,2,3 (LM)	OT.646-2 fabricacion de tanque y tapa (HOMR) OT.659 encubado (LM) OT.663 conexonado (LM) OT.661 fabricacion de 2 parihuela(LINO) OT.661 conexonado 50% (2 transf.) (LM) OT.661 armar nucleo (LM) OT.663 fabricar gabinete OT.663 fabricar bridas (RAUL)	OT.658 pintura final (ART) OT.659 pintura final (ART) OT.663 conexonado (LM) OT.663 fabricar parihuela (LINO)	OT.661 finalizar conexonado (1transf.) (LM) OT.661 finalizar conexonado (2 transf.) (LM)
OT.646-2 fabricacion de tanque y tapa (HOMR) OT.658 pruebas finales (PERC) OT.659 pruebas finales (PERC) OT.661 barnizado de transformador (PERC) OT.662 pintado de gabinete (ART) OT.663 barnizado de transformador (PERC) OT.663 pintado de gabinete (ART) OS.324 desmontar accesorios (PERC)	OT.646-1 pintar base en acabado de S.E.compacta(ART) OT.646-2 fabricacion de tanque y tapa (HOMR) OT.658 embalaje entrega de transf. (LINO) OT.659 pruebas finales (PERC) OT.663 pruebas finales y acabado final (PERC) OS.324 servicio de sincado (LOG) OS.324 pintado de chasis de seccionador (ART) OS.324 ensamblar seccionador (PERC)	OT.646-1 pintado de S.E.compacta, puertas, protecciones, techo ,falso techo (ART) OT.646-2 fabricacion de tanque y tapa (HOMR) OT.659 embalaje entrega de transf. (LINO) OT.661 pruebas finales y acabado final (PERC) OT.662 fabricar bobinas(LM)	OT.646-1 pintado de S.E.compacta, puertas, protecciones, techo ,falso techo (ART) OT.646-2 fabricacion de tanque y tapa (HOMR) OT.659 embalaje entrega transformador (LINO)	OT.646-1 pintado de S.E.compacta, puertas, protecciones, techo ,falso techo (ART) OT.646-2 conexonado (LM) OT.646-2 servicio de granallado OT.661 entrega transf. (1 transf) (LINO)	OT.646-1 pintado de S.E.compacta, puertas, protecciones, techo ,falso techo (ART)
OT.646-1 pintado de S.E.compacta, puertas, protecciones, techo ,falso techo (ART) OT.646-2 pintado de tanque en base verde (ART) OT.665 fabricacion de gabinete(HOMR)	OT.646-1 pintado de S.E.compacta, puertas, protecciones, techo ,falso techo (ART) OT.646-2 conexonado (LM) OT.661 entrega transf. (2 transf.) (LINO) OT.665 fabricacion de gabinete(HOMR) OT.666 armar nucleo(LM) OT.666 fabricar bobinas(LM)	OT.646-1 pintado de S.E.compacta, puertas, protecciones, techo ,falso techo (ART) OT.662 armar nucleo(LM) OT.665 fabricacion de bobinas(LM) OT.665 pintado de gabinete(ART) OT.666 fabricacion de gabinete(HOMR) OT.666 fabricar bobinas(LM)	OT.646-1 pintado de S.E.compacta, puertas, protecciones, techo ,falso techo (ART) OT.662 fabricar parihuela OT.665 fabricacion de bobinas(LM) OT.665 armar nucleo(LM) OT.664 cortar separadores de madera (LINO) OT.666 conexonado (LM) OT.666 fabricacion de gabinete(HOMR) OT.666 pintar gabinete (ART)	OT.646-1 pintado de S.E.compacta, puertas, protecciones, techo ,falso techo (ART) OT.662 conexonado(LM) OT.665 fabricar parihuela OT.664 fabricacion de tanque y tapa(HOMR) OT.666 barnizado y pruebas electricas(PERC) OT.666 fabricar parihuela	OT.646-1 pintado de S.E.compacta, puertas, protecciones, techo ,falso techo (ART) OT.662 barnizado y pruebas electricas(PERC) OT.664 fabricacion de bobinas(LM)
OT.662 entrega de transf. (LINO) OT.662 acabado finales (PERC) OT.664 fabricacion de bobinas(LM) OT.664 fabricacion de tanque y tapa(HOMR) OT.665 conexonado (LM) OT.665 entrega de transf. (LINO)	OT.646-1 ensamblaje de S.E.compacta (HOMR) OT.646-2 conexonado (LM) OT.664 fabricacion de tanque y tapa(HOMR) OT.664 fabricacion de nucleo OT.665 conexonado (LM)	OT.646-1 ensamblaje de S.E.compacta (HOMR) OT.646-2 conexonado (LM) OT.664 fabricacion de tanque y tapa(HOMR) OT.664 servicio de granallado OT.664 conexonado (LM) OT.665 barnizado y pruebas electricas(PERC) OT.667-1 habilitado de material (HOMR)	OT.646-1 ensamblaje de seccionadores en S.E.compacta (HOMR) OT.664 conexonado (LM) OT.664 pintar base epoxica, verde(ART) OT.665 entrega de transf. (LINO) OT.667-1 habilitado y armado de celidas

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A.

Anexo n.º 13. Fotos de la planta de electro volt s.a. parte 1



Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A.

“Mejora del proceso de producción para el incremento de la productividad en la línea de transformadores sumergidos en aceite, en la empresa electro volt ingenieros s.a.”

Anexo n.º 14. Fotos de la planta de electro volt s.a. parte 2



Aislamiento después del conexionado



Equipo para pruebas eléctricas



Embalaje de producto terminado

Fuente: Electro Volt Ingenieros S.A.

ⁱ Basado en el artículo digital “Gestión de la Producción” de Nunes P. (2016) en *Enciclopedia Temática Knowow*.<http://knowow.net/es/cieeconcom/gestion/gestion-la-produccion/>

ⁱⁱ Basado en el web de la *Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia*.

ⁱⁱⁱ Basado en la web de la empresa Heflo,<https://www.heflo.com/es/blog/planificacion-estrategica/indicadores-rendimiento-procesos/>

^{iv} Andorrano (10 de noviembre de 2015). [«Productividad»](#).

^v Tomado del artículo digital “Gestión por procesos”, de la Asociación Española para la Calidad (AEC)<https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/gestion-por-procesos>

^{vi} Basado en el texto *Mejora Continua*, 2014.

^{vii} <https://www.gestiopolis.com/metodologia-para-la-solucion-de-problemas-y-proyectos-de-mejora-empresarial/>

^{viii} Krawjeski *Planeación de la capacidad - Suplemento*

^{ix} <https://www.pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/>

^x <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ruta-de-la-calidad/>

^{xi} <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/distribucion-de-planta>

^{xii} https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/CATALOGO_DE_TRANSFORMADORES_DISTRIBUCION_TRIFASICOS_EN_ACEITE_AMV_ELECTRIC.pdf

^{xiii} <https://www.gbeonline.com/es/prodotti/transformadores-en-aceite-mtbt/>

^{xiv} Conteña Huallpa, *Tesis Mejora de Distribución de planta – Humboldt Sac - UARM*

^{xv} GMI, *Matriz de Costos 2011*