



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA

INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA

INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

ANÁLISIS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE BOBINAS, Y SU
INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA RVR
TRANSFORMADORES

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

AUTOR:

Bonilla Nazareno Josué Alexander

TUTOR:

Msc. Juan Joel Segura D'Rouville

QUITO-ECUADOR

2019

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Yo, Josué Alexander Bonilla Nazareno, en calidad de estudiante de la facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, declaro que los contenidos de este documento, requisito previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos, personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 2019-09-03

Josué Alexander Bonilla Nazareno

CI 1714764212

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

Yo, Josué Alexander Bonilla Nazareno, declaro ser el autor del Trabajo de Titulación, bajo la modalidad de Proyecto Técnico titulado “ANÁLISIS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE BOBINAS, Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA RVR TRANSFORMADORES” como requisito para obtener el grado de Ingeniero Industrial, autorizo al sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 2 días del mes de septiembre del año 2019, firmo:

Autor: Josué Alexander Bonilla Nazareno

Firma

CI 1714764212

Tlf 0992723503

Correo electrónico: alexusbonillum@hotmail.com

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, nombrado por el Honorable Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Indoamérica:

CERTIFICO:

Que el trabajo de grado “**ANÁLISIS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE BOBINAS, Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA RVR TRANSFORMADORES**” presentado por el estudiante Josué Alexander Bonilla Nazareno, de la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, carrera de Ingeniería Industrial, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador que el Honorable Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Indoamérica designe.

Quito, 2019-09-02

TUTOR:

MSc. Juan Joel Segura D’Rouville

CI: 1756974968

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

El trabajo de Estudio Técnico, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previa la obtención del Título de Ingeniero Industrial por lo tanto los miembros del Tribunal aprueban el informe de Tesis sobre el tema: “ANÁLISIS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE BOBINAS, Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA RVR TRANSFORMADORES” del estudiante Josué Alexander Bonilla Nazareno de la facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación, autorizamos al postulante a la presentación a efectos de su sustentación pública.

Quito, _____

_____.

PRESIDENTE

VOCAL 1

VOCAL 2

DEDICATORIA

A mi esposa y mis hijos, quienes son mi impulso y por quienes busco mejorar cada día.

AGRADECIMIENTO

A mi esposa, por su apoyo y comprensión durante este camino, ha permitido que llegue a lograr mis objetivos.

A mis hijos, quienes han soportado tener un poco menos de mí.

A Christian Vásquez, el primer impulso moral y fraternal.

A mi madre, por su confianza en mí.

A mi hermano, Adrián, por su ejemplo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

TEMA.....	15
INTRODUCCIÓN.....	15
ANTECEDENTES.....	23
JUSTIFICACIÓN.....	24
OBJETIVOS.....	25

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

área de estudio	27
ENFOQUE	27
JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	28
DISEÑO DEL TRABAJO.....	29
PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS Y SU ANÁLISIS ..	31
POBLACIÓN	31

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

DESARROLLO.....	34
SUBPROCESO CONSTRUCCIÓN DE BOBINAS	46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	63
-----------------------------------	----

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	67
recomendaciones	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Comparativo de Impuesto a la renta causado por empresas fabricantes de transformadores	20
<i>Figura 2</i> Arbol de problemas	23
<i>Figura 3</i> Esquema del skid de bombeo electrosumergible.....	34
<i>Figura 4</i> Forma de onda sinusoidal 1 fase	35
<i>Figura 5</i> Efecto de la presencia de armónicos en la red.....	36
<i>Figura 6</i> Transformador multitap.....	37
<i>Figura 7</i> Diagrama del proceso de producción	40
<i>Figura 8</i> Proceso de construcción de tanques	41
<i>Figura 9</i> Preparación superficial del tanque.....	42
<i>Figura 10</i> Bodega de producto terminado del proceso de recubrimientos.....	43
<i>Figura 11</i> Proceso de construcción de bobinas	44
<i>Figura 12</i> Conjunto de bobina y núcleo.....	45
<i>Figura 13</i> Diagrama del proceso de construcción de bobinas.....	46
<i>Figura 14</i> Identificación individual de las bobinas terminadas	49
<i>Figura 15</i> Efectos de las fallas de material en el proceso de construcción de bobinas..	51
<i>Figura 16</i> Diagrama de Pareto de los tipos de transformadores fabricados en el período	53
<i>Figura 17</i> Histograma de cumplimiento de tiempos de finalización de actividad Construcción de Bobinas	56
<i>Figura 18</i> Histograma de motivos de retraso en la finalización del proceso de Construcción de Bobinas	59
<i>Figura 19</i> Horas hombre utilizadas en el proceso de Construcción de bobinas.....	60
<i>Figura 20</i> Productividad de un factor, para el proceso de construcción de bobinas.....	62

Figura 21 Gráfico de dispersión de las variables 65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Impuesto a la renta causado.....	19
Tabla 2 Operacionalización de la variable independiente	29
Tabla 3 Operacionalización de la variable dependiente	30
Tabla 4 Plan de recolección de datos	31
Tabla 5 Análisis FODA	38
Tabla 6 Resultado del análisis de la organización con método DELPHI.....	39
Tabla 7 Recursos principales del proceso Construcción de Bobinas	50
Tabla 8 Tipos de transformadores fabricados en el período.....	52
Tabla 9 Toma de tiempos en el proceso construcción de bobinas.....	54
Tabla 10 Frecuencias de tiempos de retraso	56
Tabla 11 Suma de días de retraso, por tipo de transformador.	57
Tabla 12 Datos para cálculo de productividad de un factor	61
Tabla 13 Datos de productividad y suma de días de retraso	64
Tabla 14 Descripción del modelo de correlación de variables	64
Tabla 15 Resultados correlación de variables	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Listado de alambres esmaltados utilizados en la construcción de bobinas.....	72
Anexo B Mapa de la ubicación de la planta RVR Calacalí.....	74
Anexo C Layout de la planta superior de la planta RVR Carcelén.....	75
Anexo D Layout de la planta de producción Calacalí.....	76
Anexo E Datos obtenidos de producción de bobinas, período 2018.....	77
Anexo F Horas - hombre trabajadas en el proceso de construcción de bobinas, durante el año 2018.....	88
Anexo G Diagramas de flujo del proceso construcción de bobinas, equipo de 4 kVA..	89
Anexo H Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo 225 kVA.....	90
Anexo I Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo de 630 kVA..	92
Anexo J Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo de 1200 kVA	94
Anexo K Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo de 850 kVA	96
Anexo L Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo 260 kVA.....	98
Anexo M Resumen de los motivos de retraso en la finalización del proceso construcción de bobinas.....	99

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: análisis del proceso de construcción de bobinas, y su incidencia en la productividad de la empresa RVR Transformadores

AUTOR: Josué Alexander Bonilla Nazareno

TUTOR: Msc. Juan Joel Segura D`Rouville

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio se llevó a cabo en las plantas industriales de Rafael Vásquez Ramírez Transformadores Cía. Ltda. (RVR Transformadores) en la ciudad de Quito, en el proceso de construcción de bobinas para transformadores, para poder identificar el estado actual del proceso, y definir una línea base para crear indicadores de producción que permitan mejorar la productividad de la empresa. Se realiza un análisis de los resultados del proceso de construcción de bobinas, con el fin de identificar su capacidad y, cuantificar el cumplimiento de los tiempos propuestos de fabricación. A través del diagrama de Pareto, se pudo identificar los cuatro tipos de bobinas para transformadores más representativas en el período de estudio año 2018: reductor, reductor desfasador, autotransformadores secos y multitap. Al analizar la productividad del proceso de construcción de bobinas, se puede apreciar una variabilidad en la cantidad de equipos producidos por períodos mensuales, sin embargo, las horas trabajadas mensualmente presentan un incremento sostenido, resultando en variaciones en la productividad calculada. Al establecer una correlación entre los retrasos en el proceso productivo y la productividad, por medio del método de mínimos cuadrados aplicando el software de estadística SPSS, se obtiene un índice de correlación de Pearson, R^2 , de 0.00008, indicando una baja correlación entre las variables estudiadas.

Palabras clave: Productividad, procesos, producción.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

THEME: analysis of the coil construction process, and its incidence in the productivity of the RVR transformers company

AUTHOR: Josué Alexander Bonilla Nazareno

TUTOR: Msc. Juan Joel Segura D`Rouville

ABSTRACT

The present study was carried out in the industrial plants of RVR Transformers in the city of Quito, in the process of construction of coils for transformers, in order to identify the current state of the process, and define a baseline to create production indicators that allow improving the productivity of the company. An analysis of the results of the coil construction process is carried out, in order to identify its capacity and quantify compliance with the proposed manufacturing times. Through the Pareto diagram, the four types of coils for most representative transformers in the 2018 study period could be identified: step down, step down phase shifter, dry type autotransformers and “multi-tap”. When analyzing the productivity of the coil construction process, a variability in the amount of equipment produced by monthly periods can be seen, however, the hours worked monthly have a sustained increase, resulting in variations in the calculated productivity. By establishing a correlation between the delays in the production process and productivity, through the method of least squares applying the SPSS statistical software, a Pearson correlation index, R^2 , of 0.00008 is obtained, indicating a low correlation between the variables studied.

Keywords: Productivity, processes, production.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

TEMA

ANÁLISIS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE BOBINAS, Y SU
INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA RVR
TRANSFORMADORES

INTRODUCCIÓN

Contexto de la organización

La empresa RVR Transformadores es una organización enfocada en la fabricación, reparación y mantenimiento de transformadores eléctricos, que son utilizados en aplicaciones industriales, facilidades petroleras y transmisión de energía.

Los inicios de la organización se remontan a los años 80, donde el socio fundador, el Ing. Rafael Vásquez, migra de Colombia a Ecuador, con el fin de explorar el mercado en el sector eléctrico. Encuentra un nicho de mercado desatendido en el sector petrolero, muy en boga en dicha década, e inicia los trabajos en diagnóstico, reparación y diseño de transformadores eléctricos, para sistemas de bombeo electro sumergible y para sistemas de distribución y transmisión eléctrica.

Con el fin de atender al mercado, contrata a personal para realizar los mantenimientos sugeridos luego de los análisis respectivos, con lo que se da inicio a la empresa, bajo la forma de persona natural y dedicada a la reparación y mantenimiento.

A partir de 2005, se inicia la fabricación de transformadores eléctricos, bajo la marca RVR (Rafael Vásquez Ramírez). Debido a la rápida expansión y a los

requerimientos de la principal operadora del país, se ve necesario constituir una empresa que no dependa totalmente del fundador.

Desde 2012 se constituyó a la empresa como Compañía de responsabilidad Limitada, y una de sus primeras estrategias fue la implementación de un sistema de gestión de la calidad.

El sector de servicios petroleros es el mercado objetivo de la organización, dentro del cual se encuentran varias empresas nacionales e internacionales, que prestan sus servicios a Petroamazonas EP, siendo ésta última, la que establece la pauta de la producción del resto de empresas.

Macro

La industria mundial de transformadores eléctricos, está dominada por grandes empresas multinacionales, reconocidas por su calidad. Entre ellas, se encuentran Siemens, ABB, Cooper Power Systems, RYMEL, TRAFO, etc. Estas empresas han abastecido al mercado ecuatoriano durante varios años, y por tanto, sus productos son los más conocidos entre técnicos e ingenieros que diseñan, instalan y prestan mantenimiento de transformadores.

La escala de estas empresas internacionales, la capacidad de producción (de varios cientos de unidades día, según la potencia), la tecnología que utilizan en sus procesos productivos y en los ensayos para determinar el correcto funcionamiento de los transformadores, han hecho que las empresas nacionales no sean competitivas, hasta que en 2007, como política de Petroamazonas EP, y de otros entes gubernamentales, se priorizó la compra de productos nacionales por sobre los importados, poniendo un arancel de 35% ad valorem a los transformadores importados.

A pesar de que en el mercado se encuentran estos verdaderos titanes empresariales, los procesos en ciertos pasos no logran ser totalmente automatizados, puesto que las operaciones requeridas, como la soldadura de la salida de taps y el ensamblaje, son intensivas en el uso de mano de obra.

Meso

Ecuador no contaba con una empresa dedicada a la fabricación de transformadores eléctricos, de potencias mayores a 150 kVA, ya que la técnica y el nivel de ingeniería necesario no se había desarrollado, ni en la academia ni en el sector privado, orientado por tanto tiempo al mundo comercial, más que al mundo productivo.

A nivel país, tenemos en la década de 1970, la incursión de varias empresas enfocadas en la fabricación, reparación, mantenimiento e incluso el diseño de transformadores, para diversas aplicaciones, siendo la empresa RVR Transformadores, la que tiene un enfoque casi exclusivo al mercado de petróleos.

Las empresas ECUATRAN, INATRA, tienen un enfoque a fabricar y comercializar transformadores de distribución, tipo poste (Normalizados bajo NTE INEN 2120) para abastecer tanto el mercado nacional como para exportación, sin embargo, en los dos últimos años, ECUATRAN ha iniciado su ingreso en el mercado petrolero ecuatoriano, convirtiéndose en la principal competencia de la empresa RVR Transformadores.

El tamaño de ECUATRAN y la capacidad de inversión, hacen que su ingreso al mercado, deba ser observado con cuidado y obliga a redefinir las estrategias adoptadas por la empresa.

El mercado interno, impulsado por el cambio de la matriz productiva, se ha visto fortalecido, hasta el punto que el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos,

impulsó desde 2014 una sustitución de importaciones, de varios ítems, entre ellos, los transformadores.

Este mercado es de aproximadamente 7 millones USD anuales, sólo en transformadores de potencias superiores a 10 MVA, que se utilizan en subestaciones, para la distribución de la energía eléctrica. Este valor era absorbido en su totalidad por empresas extranjeras, o por comercializadores nacionales que no agregaban ningún valor. Al impulsar las compras locales, ha dado a las empresas fabricantes un impulso y una razón para invertir en la mejora de sus capacidades.

Tabla 1 Impuesto a la renta causado

Fuente: Servicio de Rentas Internas

Elaborado por: Josué Bonilla

Año	ECUATRAN S.A.	INATRA S.A.	RVR Transformadores	MORETRAN C.A.
2002	\$66 754,97	\$2 939,14	Empresa no existe	\$806,96
2003	\$44 998,88	\$5 996,64		\$-
2004	\$-	\$10 381,34		\$-
2005	\$128 552,17	\$13 995,98		\$-
2006	\$249 515,39	\$21 979,30		\$-
2007	\$298 891,36	\$29 173,12		\$-
2008	\$372 215,72	\$65 224,63		\$7 772,48
2009	\$308 205,59	\$91 273,32		\$34 458,28
2010	\$357 271,86	\$134 497,13		\$56 840,93
2011	\$318 199,66	\$176 388,32		\$60 561,58
2012	\$313 594,40	\$495 402,03	\$39 571,24	\$96 537,72
2013	\$356 557,66	\$396 148,40	\$146 742,84	\$76 573,11
2014	\$170 680,79	\$432 063,12	\$122 164,17	\$214 649,33
2015	\$331 409,44	\$745 976,91	\$166 994,03	\$91 387,76
2016	\$145 036,32	\$426 130,71	\$136 792,15	\$56 947,85
2017	\$91 544,09	\$459 239,18	\$161 331,42	\$44 780,59
Total	\$1 317 278,61	\$2 495 721,17	\$773 595,85	\$536 095,77

Valores de impuesto a la renta pagado por las empresas fabricantes de transformadores, desde el año 2002 al año 2017.

Los datos obtenidos del Servicio de Rentas Internas, que permite definir cuál es el nivel de rentabilidad de las empresas fabricantes de transformadores, es información de entrada que permite conocer el estado del mercado.

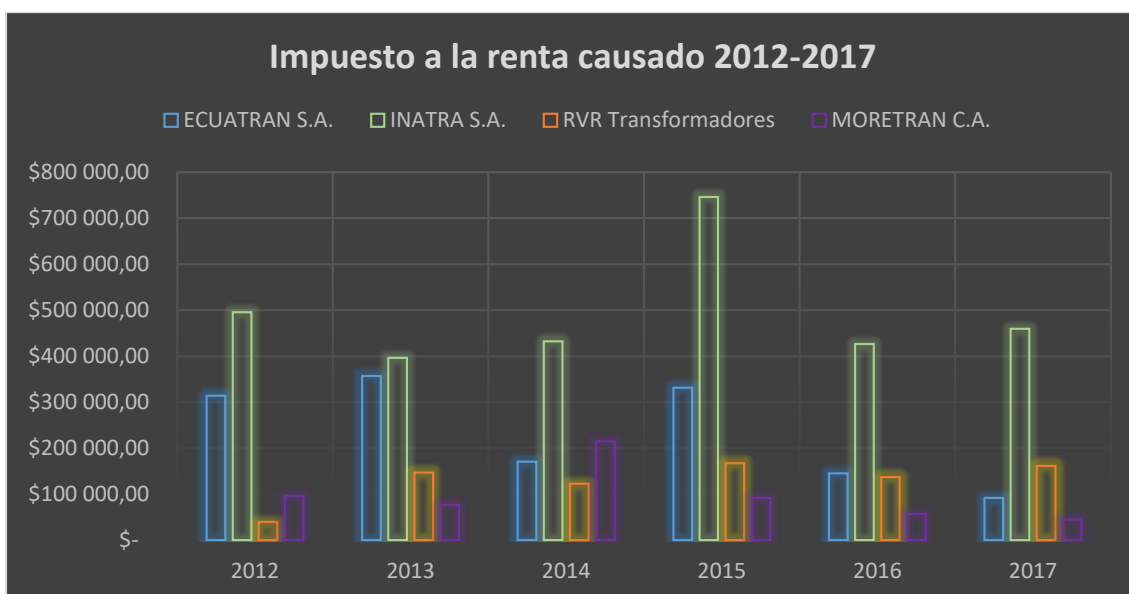


Figura 1 Comparativo de Impuesto a la renta causado por empresas fabricantes de transformadores
Fuente: Servicio de Rentas Internas
Elaborado por: Josué Bonilla
Comparativo de los valores de impuesto a la renta reportados al Servicio de Rentas Internas por las empresas fabricantes de transformadores ecuatorianas durante los años 2012-2017

La evolución de los valores pagados por impuesto a la renta, que son un reflejo de la productividad de la empresa (Diéguez-soto, 2014) y el estado del mercado en el año fiscal, nos muestra que RVR Transformadores mantiene una participación similar, y que varía a la par de las demás compañías del sector.

La participación de la empresa en las utilidades generadas entre 2012 y 2017 es del 15.07 %, se identifica que la mayor parte del valor es aportado por Inatra, con el 48.26% del total del impuesto recaudado.

Micro

En la ciudad de Quito, se encontraba basado ASIAELECTRIC, una empresa casi artesanal de fabricación de transformadores, orientada al sector de distribución, los transformadores que se encuentran en los postes para alimentar a las empresas, hogares, etc. Dicha empresa cerró sus puertas, ya que sus costos de operación eran demasiado altos, por la ausencia de una economía de escala, que ya había sido absorbida en su totalidad por MORETRAN, INATRA, ECUATRAN y otros actores menores.

La empresa RVR Transformadores, como se vio en el contexto de la organización, lleva poco tiempo de haberse constituido, por tanto, mantiene la herencia del manejo tipo taller. Se han realizado ya varios esfuerzos tendientes a mejorar la productividad de la empresa, pero hay procesos que no han cambiado en su técnica donde un rediseño de los puestos de trabajo podrían apoyar a mejorar la productividad (ACEVEDO & BOTERO, 2017).

Es posible que la inversión en nuevas tecnologías no sea lo adecuado, ya que no se ha explorado aún cuál es la real capacidad de los procesos y por tanto, aventurar una solución de automatización podría dar resultados adversos, como explica la paradoja de Braess. Presentada en 1968 explica que agregar mayor capacidad a una red, puede en algunos casos reducir el desempeño total de la red, si se puede escoger la ruta de forma egoísta.

Visto esto, es necesario hacer un adecuado análisis del proceso, para primeramente mejorar su capacidad y no realizar una inversión que podría terminar siendo contraproducente.

La empresa debe buscar nuevas estrategias para mejorar sus procesos, buscando maximizar los resultados económicos, ya sea reduciendo los costos o mejorando la productividad, y qué mejor si se logra aplicar ambos.

Formulación del problema

A pesar de contar con un sistema de gestión de la calidad certificado bajo ISO 9001:2015, no se ha contado hasta el momento con un análisis de los procesos productivos desde la óptica de la productividad, por lo cual la capacidad productiva disponible y potencial de la planta se define de manera empírica, y no se tiene una forma de identificar la capacidad real del proceso productivo.

Como resultado, se tiene un inadecuado proceso de bobinas, que si bien cumple con los criterios de entrega de un producto de calidad, no cumple con criterios de productividad y tiempos de entrega, haciendo difícil identificar la capacidad real de la planta.

El problema con los tiempos de entrega, se ve reflejada en las encuestas de satisfacción del cliente que se realiza semestralmente en la empresa, y que tienen como uno de los puntos más bajos, precisamente a éste, con una valoración de 81%, siendo la meta mantener un nivel de satisfacción global de 80%. Por tanto, tenemos que el cumplimiento de tiempos de entrega debe ser mejorado, y para mejorarlo, se necesita un análisis a fondo de la situación imperante con el fin de determinar cuáles son las deficiencias dentro del proceso, que llevan a un resultado cercano a lo no adecuado.

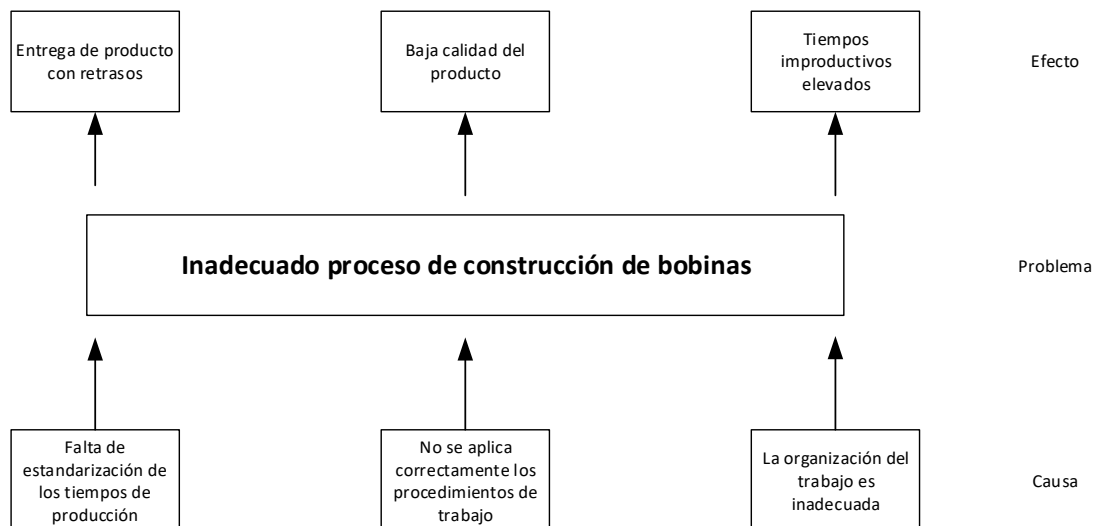


Figura 2 Arbol de problemas
Fuente: Investigación directa
Elaborado por: Josué Bonilla

ANTECEDENTES

La preocupación por mejorar la productividad, es una constante en todas las empresas, a nivel internacional. La aplicación de herramientas que permiten detectar los puntos que requieren mejora, y la toma de decisiones en cuanto a mejoras, ha llevado a implementar técnicas como TPM o Mantenimiento Productivo Total, que permite aumentar la productividad en 21.07% (Aponte Trujillo, 2017).

En Colombia, la compañía Magnetron, se enfocó en rediseñar los puestos de trabajo de un proceso, denominado Metalmecánica, que se encarga de la elaboración y ensamble del cuerpo de transformadores trifásicos. Éste trabajo tuvo un impacto en la reducción de riesgos y el ambiente laboral de los trabajadores, esperando redunde en una mejora de la productividad (ACEVEDO & BOTERO, 2017)

Trabajos realizados a nivel nacional, enfocados en mejorar el proceso de fabricación de transformadores, han tenido resultados que determinan que las condiciones actuales que presta el sistema de recolección de datos, y los datos registrados en sí, no

permiten evaluar adecuadamente la productividad, y se debe mejorar los sistemas de registro (Narváz Uquillas Sonia Graciela, 2009).

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo tiene como principal propósito estudiar el proceso de construcción de bobinas, y proporcionar información inicial para poder establecer un procedimiento de medición de los índices de productividad, tiempos de producción y motivos de retrasos en la producción, para establecer estrategias operativas con el fin de mejorar el proceso.

La organización, al igual que cualquier otra empresa, requiere conocer el estado de sus procesos, para poder tomar acciones tendientes a reducir costos de producción, aumentar la productividad y eficiencia, siendo este trabajo **importante** para establecer criterios de medición, con lo que se puede obtener un panorama claro de la situación de la empresa e identificar las áreas que se requieren mejorar.

El **impacto** del trabajo se centra en la mejora de productividad, una vez que se identifiquen los factores que la merman y evitan obtener mayores réditos de la operación. Al identificar las principales causas de retrasos en la producción, se espera que se tomen acciones con el fin de mejorar los tiempos de entrega de los productos.

Una vez registrados y presentados los resultados de la investigación se espera que sea de **utilidad** para el proceso de producción, al momento de establecer estrategias operativas para incrementar la productividad en la construcción de bobinas de transformadores eléctricos.

Los **beneficiarios** principales de esta investigación son quienes conforman RVR Transformadores, en especial su grupo accionista, que obtendrá un diagnóstico del estado de los procesos productivos y podrá aplicar estrategias para empezar a ver un retorno de

capital en un período menor, al reducir los tiempos de proceso y tener un dato real de la capacidad de la empresa, permitiendo vender el producto que realmente se puede entregar, ofertar tiempos de entrega más acertados y por consiguiente aumentar la satisfacción del cliente.

Este trabajo investigativo cuenta con el apoyo de la alta dirección, y el interés del jefe de producción, quienes buscan mejorar los procesos, a niveles operativos, tácticos para que puedan cumplirse las metas estratégicas establecidas.

El aporte a la misión, los objetivos financieros y de la calidad de la empresa es directo, puesto que toda organización requiere ganar más con el menor desgaste de sus capacidades. Una correcta medición de productividad y el seguimiento a estos parámetros, aportan directamente a cumplir los retos impuestos a la organización.

OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar el proceso de Construcción de bobinas para transformadores eléctricos, y su incidencia en la productividad de la empresa RVR Transformadores.

Objetivos específicos

- Analizar el proceso de construcción de bobinas, mediante la información obtenida del sistema de producción ÍCARO e investigación de campo para identificar el cumplimiento de tiempos de entrega del producto y posibles causas de retrasos.
- Cuantificar la productividad del proceso de construcción de bobinas con respecto al factor del talento humano, mediante la relación entre salidas y entradas, con el fin de establecer parámetros iniciales para la medición continua en la empresa.

- Realizar el cálculo entre los retrasos en el proceso productivo y la productividad en la construcción de bobinas, por el método de mínimos cuadrados para establecer la correlación entre las variables.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se lleva a cabo en las instalaciones de la empresa RVR Transformadores Cía. Ltda., en el sector Carcelén Industrial, ciudad de Quito DM, provincia de Pichincha.

Dominio: Tecnología y sociedad.

Línea de investigación: Empresarialidad y productividad.

Campo: Ingeniería Industrial.

Área: Proceso de producción.

Aspecto: Productividad.

Objeto de estudio: Proceso de producción y productividad.

Período de análisis: los datos que se analizarán son los obtenidos de las operaciones realizadas durante el año 2018.

ENFOQUE

El presente trabajo toma el enfoque cuantitativo, dado que se utiliza la recolección de datos de las operaciones en la construcción de bobinas y los recursos utilizados para obtener la producción y se realiza un análisis con el fin de contestar preguntas de la investigación y probar las hipótesis establecidas.

El enfoque cualitativo será aplicado al momento de analizar los procesos, en base a atributos. A pesar de que no necesariamente se utiliza para probar hipótesis, permite descubrir y refinar las preguntas que pueden surgir en la investigación.

JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

El presente trabajo es de tipo **exploratorio**, siendo el primer trabajo en la empresa con respecto a productividad, donde no se cuenta con información estructurada, y se debe iniciar con la toma de datos y organización de la información, para establecer líneas base con las cuales se pueda medir el estado de la empresa y facilitar proyectos posteriores.

Con los datos obtenidos, se realiza una investigación **correlacional y de variables**, para comparar el comportamiento que tiene la variable dependiente, con relación a la variable independiente.

La investigación **de campo** será la principal fuente de información (datos) para poder definir y calcular la productividad del proceso de construcción de bobinas.

Se aplicará el análisis de procesos y de causa raíz para determinar los principales factores que inciden en los retrasos en la entrega de los productos del proceso objeto de estudio.

DISEÑO DEL TRABAJO

Operacionalización de la variable independiente

Tabla 2 Operacionalización de la variable independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMES BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Proceso de construcción de bobinas: El proceso de construcción de bobinas, crea una de las partes fundamentales del transformador eléctrico, en dependencia de sus características (número de vueltas, densidad de corriente), se establecerán los parámetros nominales del mismo.</p>	<p>Falta de estandarización de los tiempos de producción.</p>	<p>Tiempos de producción de conjuntos de bobinas por tipo y potencia.</p>	<p>¿Son conocidas las actividades que se realizan durante el proceso?</p>	<p>Levantamiento de un Diagrama de flujo de procesos.</p>
			<p>¿Se cuenta con mediciones de tiempo estándar de cada actividad en el proceso?</p>	<p>Toma de tiempos, cronómetro.</p>
	<p>No se aplican correctamente los procedimientos de trabajo.</p>	<p>Porcentaje de rechazos de los conjuntos de bobinas terminados.</p>	<p>¿Se conocen los criterios de calidad para el producto?</p>	<p>Observación de Gráficos de control de procesos.</p>
	<p>La organización del trabajo es inadecuada.</p>	<p>Cumplimiento de la planificación establecida.</p>	<p>¿Se cuenta con una planificación de producción?</p> <p>¿Se cumple con la fecha de entrega de los conjuntos de bobinas?</p>	<p>Observación de un Plan maestro de producción (PMP).</p> <p>Documentación de datos históricos de producción.</p>

Fuente: Investigación directa
Elaborado por: Josué Bonilla

Operacionalización de la variable dependiente

Tabla 3 Operacionalización de la variable dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Productividad:</p> <p>Relación entre las salidas obtenidas en el proceso y los recursos utilizados, en este caso, enfocado en las horas - hombre necesarias para obtener un producto.</p>	<p>Productividad monofactorial, factor humano</p>	<p>Sumatoria de la capacidad de las bobinas producidas en el período (en kVA) / horas hombre del período en el proceso de construcción de bobinas</p>	<p>¿Se tiene una relación constante entre la suma de la capacidad de las bobinas producidas en el período y las horas hombre empleadas en el proceso de construcción de bobinas?</p>	<p>Toma de datos del sistema ÍCARO y de los reportes de horas trabajadas de talento humano.</p> <p>Reporte de producción (Bobinas) / Reporte de horas trabajadas</p>

Fuente: Investigación directa
Elaborado por: Josué Bonilla

PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS Y SU ANÁLISIS

La organización cuenta con un sistema de control de producción, denominado ÍCARO, en el cual se definen las fechas de entrega de los subproductos o pre-ensambles que se generan para completar un producto final, esto es, un transformador completo.

Las fechas se definen automáticamente a partir del ingreso de la fecha de entrega del transformador terminado, y calcula hacia atrás las fechas de finalización de cada una de las partes. Los tiempos están registrados en días, y no admiten fracciones ni decimales.

Tabla 4 Plan de recolección de datos

Actividades	Fuente de información	Observación
Describir el proceso, los cambios recientes y las particularidades del tipo de producción bajo pedido	Visita de campo, revisión de los procesos, revisión documental Diagrama del proceso	Descripción del proceso
Obtener información del sistema de producción	Sistema de producción ÍCARO	Histograma de tiempos de retraso / adelanto en finalización de tarea
Identificar las causas de los retrasos / demoras en la producción de bobinas	Entrevista a operadores y coordinadores	Método Delphi, Diagrama de Pareto
Identificar la correlación entre las causas raíz de los retrasos / demoras con relación a la productividad	Análisis de causa raíz 5 ¿Por qué?	Análisis de varianza, prueba ANOVA

Fuente: Investigación directa
Elaborado por: Josué Bonilla

POBLACIÓN

El período que se estudiará comprende el año 2018, con la información obtenida del sistema de control de producción ÍCARO, desarrollado por RVR. Se compone de una producción de 420 juegos de bobinas para transformadores, de potencias que varían desde 0.5 kVA (500 VA) hasta 2 500 kVA, y que comprenden 8 tipos distintos de bobinas para transformadores, con un total de 190 191 kVA.

Para identificar los motivos de retrasos en el cierre de las actividades en el sistema de producción, se identifican los equipos que se han registrado con retraso en el sistema de producción, se compone por 327 elementos.

Para realizar el cálculo de la muestra, se aplica la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * k^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + k^2 * p * q}$$

Donde:

N = tamaño de la población

k = constante dependiente del nivel de confianza asignado, para una distribución binomial.

e = error muestral aceptable deseado

p = proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Se presume desconocido, y se aplica $p = q = 0.5$

q = la proporción de individuos que no poseen la característica de estudio, siendo $q = 1 - p$.

n = tamaño de la muestra, en nuestro caso, la cantidad de transformadores a ser estudiados.

Los datos a ingresar son los siguientes:

N = 327 equipos (juegos de bobinas de transformadores)

k = 1.96 para un nivel de confianza de 95%

e = 5%

Sustituyendo los valores, se obtiene:

$$n = \frac{327 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (327 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 176.890 \approx 177$$

Por ende, se deben elegir 177 juegos de transformadores fabricados en el período comprendido entre enero y diciembre de 2018, por el método aleatorio simple. Para tal efecto, se utiliza la lista de juegos de bobinas fabricados en el período, ordenados según la fecha de finalización real.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

DESARROLLO

Los transformadores utilizados por los clientes de la empresa RVR Transformadores, en el proceso de bombeo electro sumergible (levantamiento artificial de petróleo) poseen características muy distintas a la de los transformadores utilizados en subestaciones y en las redes de distribución.

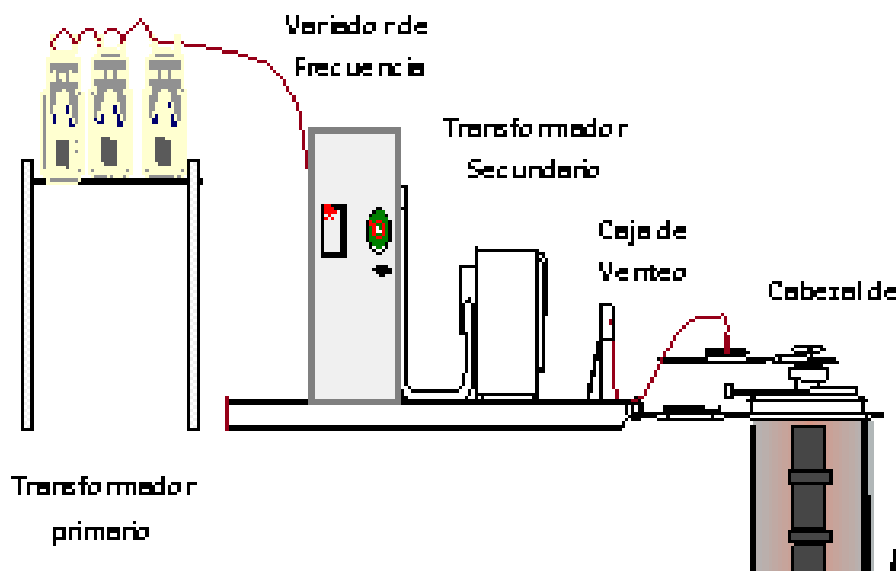


Figura 3 Esquema del skid de bombeo electrosumergible

Fuente: Edisalic Vargas

Elaborado por: Edisalic Vargas

Los requisitos para este tipo de transformadores están dados principalmente por la soportabilidad a extracorrentes de conexión o también llamada corriente de INRUSH, que son mayores a las que están expuestos los transformadores de distribución, al ser conectados a cargas dedicadas, en este caso un motor que consume la totalidad de la potencia del skid de superficie, además de que el diseño pueda manejar el incremento de corriente por la presencia de armónicos en la red.

La presencia de armónicos en la red, afecta a los transformadores al incrementar las pérdidas I^2R (efecto Joule), las pérdidas por corrientes de eddy y las pérdidas adicionales, por consiguiente, las temperaturas en los devanados que conducen corrientes de carga y en la estructura del transformador se elevan, deteriorando su vida útil, si el diseño no tiene en cuenta estos factores (Arcila, 2010).

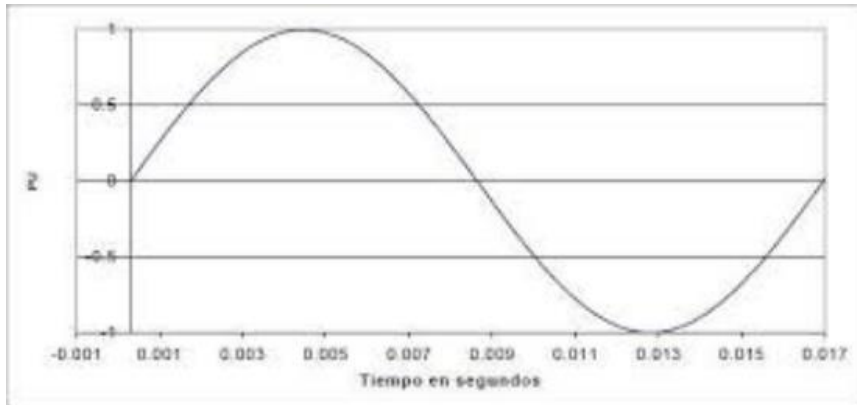


Figura 4 Forma de onda sinusoidal 1 fase

Forma de onda sinusoidal de la corriente, para una fase. No se presentan distorsiones por armónicos ni cargas inductivas o capacitivas.

Fuente: Edisalic Vargas

Uno de los requisitos de los clientes es que los equipos sean diseñados para factores K01, K04, K13 y K20, según las características de la red a la que van a ser conectados y al nivel de armónicos presentes, mientras más alto el factor, más robusto debe ser el diseño.

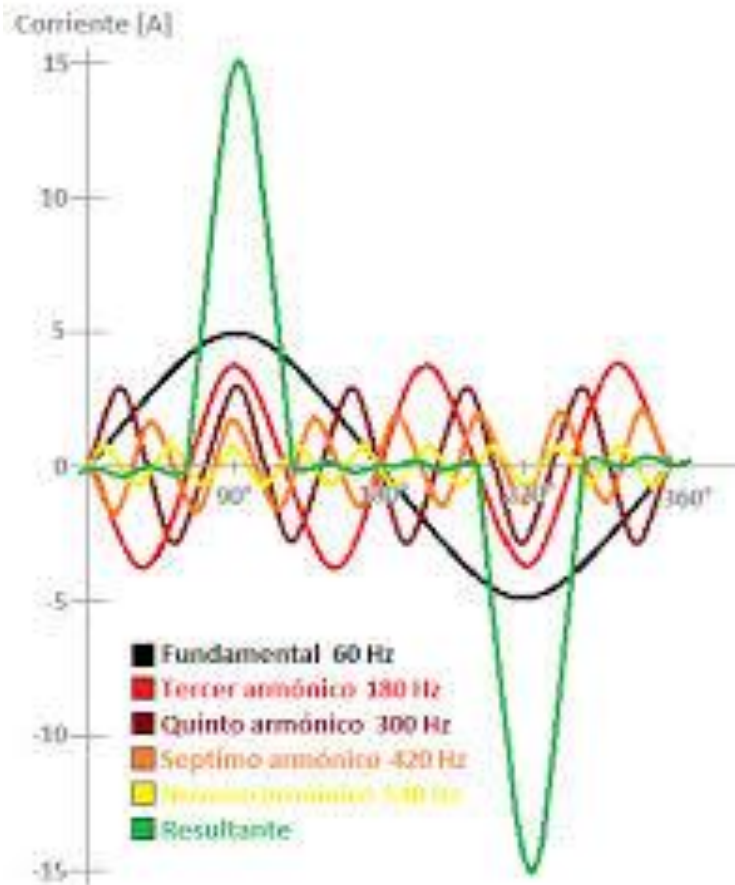


Figura 5 Efecto de la presencia de armónicos en la red

Fuente: Molano, Tique, 2013

Efectos de los armónicos en la corriente monofásica resultante, tomando en cuenta los primeros tres armónicos.

Los equipos utilizados en el BES (bombeo electro sumergible), tienen 2 divisiones principales: Transformadores reductores y transformadores elevadores. Los equipos reductores a su vez pueden tener 3, 6, 9, 12 fases de salida y los elevadores pueden tener 25 o 28 niveles de voltaje de salida distintos, según los requerimientos del diseño del pozo, y deben poder conmutarse basados en la viscosidad del crudo, la profundidad a la que se encuentre la bomba y demás parámetros necesarios para mantener un nivel de producción (extracción) de crudo correspondiente a la planificación de nuestros clientes.



Figura 6 Transformador multitap

Fuente: RVR

Transformador multitap de potencia 1200 kVA, utilizado en la industria petrolera. Este tipo de transformadores tiene la capacidad de elevar el voltaje de salida de los variadores de frecuencia, desde 480 V de entrada, hasta un rango entre 1600V a 5570 V en la salida, controlado por 25 o 28 taps de salida.

Las características antes mencionadas, hacen que los diseños utilizados no sean simples y fáciles de fabricar, tendiendo a tomar tiempos altos de manufactura. Por esta razón, es requerido que el proceso presente una alta producción, cuidando la productividad.

Con el fin de determinar los procesos que deben estudiarse, se realiza una entrevista al Gerente General, para conocer cuáles son los principales problemas que ha detectado durante su gestión.

Se considera como el principal problema la falta de liquidez, ya que los clientes trabajan únicamente mediante créditos a mínimo 90 días. También existe una cartera

vencida que llega a un nivel de aproximadamente el 10% de la facturación anual. Estos problemas son realmente amenazas, dentro del análisis FODA de la compañía, por lo que se sigue la indagación hasta identificar debilidades sobre las que se pueda trabajar.

Tabla 5 Análisis FODA

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Alta adaptación a necesidades del cliente • Alta experiencia en el mercado • Equipo joven • Certificaciones de calidad • Facilidades de crédito • Gestión de campo • Diseño • Productos y servicios de alta calidad • Infraestructura actual en expansión. • Personal técnico capacitado. • Valor al capital humano. • Control de Procesos. • Se cuenta con maquinaria necesaria. • Logística • Fuerte nombre de marca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Productos eléctricos y no eléctricos y servicios amplio • Mercado no petrolero (x ejem mercado minero) • Repunte de economía. Aumento precio del Petróleo • Mercados internacionales • Fusión PAM-Petroecuador • Ampliar las instalaciones y ordenar las operaciones en Calacalí. • Acceso a asociaciones vinculadas al Sector
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de orden en (procesos de) la Operación. Falta de medición de procesos. No se siguen procedimientos • Poca formación técnica y operativa • Falta de recursos económicos y liquidez • Desorganización. Falta de planes-presupuestos o no se siguen • Comunicación dispersa y débil • Maquinaria de fabricación y herramientas obsoletas • Solo se ofertan transformadores • Falta de espacio en fabricación • No hay evaluación de desempeño • Falta de responsabilidades • Falta de estandarización de diseños • Gestión logística débil. • Falta de stock de materia prima. • Enfoque en un solo sector de mercado especializado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja de los precios del Petróleo. • Dependencia al sector petrolero. • Forma de pagos de mercado actual. • Empresas extranjeras • Cierre de créditos • Desprotección de la Industria Nacional • Proveedores descontentos • Competencia fuerte en precios. • Inestabilidad económica • Retazo en entregas • Pérdida de mercado • Pérdida de calidad

Fuente: RVR Transformadores

Elaborado por: Josué Bonilla

Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas presentes para la organización RVR Transformadores realizado durante el año 2018.

Para identificar las ventajas competitivas de la empresa, se realiza una reunión de planificación estratégica, con el método DELPHI, donde identificamos y valoramos los

siguientes aspectos: cercanía con el cliente, producto diferenciado y eficiencia operativa, siendo la última, la que menor puntaje presenta, obteniendo 5.8 / 10.

Tabla 6 Resultado del análisis de la organización con método DELPHI

Criterio	Evaluación
Eficiencia operativa	5.8
Cercanía con el cliente	8.3
Producto diferenciado	8.6

Fuente: RVR Transformadores

Elaborado por: Josué Bonilla

Resultados de la evaluación de las ventajas competitivas de la empresa RVR Transformadores, durante las sesiones de planificación estratégica, utilizando el método DELPHI.

Es consenso dentro del grupo de expertos, iniciar un proceso de estudio de las capacidades internas, organización de planta y requerimientos de nueva maquinaria, enfocándose en el proceso de Producción, por lo que se motiva el inicio de este trabajo.

Dentro del proceso de producción, se encuentran diferentes subprocesos, cada uno con sus características individuales, y productos diferenciados.

El diagrama SIPOC permite que todas las personas que lo revisan, puedan identificar de manera sencilla sus componentes (proveedores, entradas, actividades, salidas, clientes) muestra las interacciones con el resto de procesos de la empresa, las entradas requeridas para ejecutar las actividades, y las salidas esperadas (García Valbuena, 2009). La información para el proceso de producción, de la figura 7 describe las características de las salidas, dadas por la información generada en el proceso de Ingeniería y Diseño. El proceso de Control de Calidad es el encargado de verificar que el producto que se obtiene cumple con las características definidas en el diseño y los planos.

PROCESO DE PRODUCCIÓN				
ENTRADAS		ACTIVIDADES	SALIDAS	
PROVEEDOR	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	NOMBRE	CLIENTE
Gestión de Calidad.	Estado del proceso, acciones a tomarse.		Indicadores, solicitud de ACPM	Gestión de Calidad.
Gestión de Talento Humano.	Personal capacitado / contratado.		Solicitud de personal y/o capacitación de personal.	Gestión de Talento Humano.
Gestión de Adquisiciones.	Materia prima.		Requisición de compra de materias primas.	Gestión de Adquisiciones.
Gestión de Mantenimiento.	Máquinas en buen estado de funcionamiento.		Solicitud de mantenimiento correctivo.	Gestión de Mantenimiento.
Gestión de Sistemas.	Sistemas y hardware en buen estado operativo		Requerimientos de software Solicitudes de mantenimiento	Gestión de Sistemas.
Ingeniería y Diseño.	Orden de Producción revisada y aprobada	Planificación de producción		
	Diseños, planos			
		Construcción de tanques y radiadores		
		Recubrimiento de tanques y radiadores		
		Construcción de bobinas		
		Construcción de núcleos		
		Conexiones		
		Ensamble final	Transformador ensamblado.	Control de Calidad

Figura 7 Diagrama del proceso de producción

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

Diagrama del proceso de producción, mostrando las interacciones con el resto de procesos, sus entradas, salidas y actividades para obtener un transformador ensamblado.

El proceso de metalmecánica, consiste en convertir planchas de metal en el tanque del transformador, por medio de procesos de corte, perforación, doblado y soldadura. Las características principales para determinar la forma y dimensiones del tanque son:

- Potencia
- Tipo de transformador, por su configuración externa
 - Subestación
 - Padmounted
- Tipo de transformador por su funcionalidad
 - Reductor

- Desfasador
- Elevador
- Multifrecuencial
- Instrumentos de seguimiento solicitados

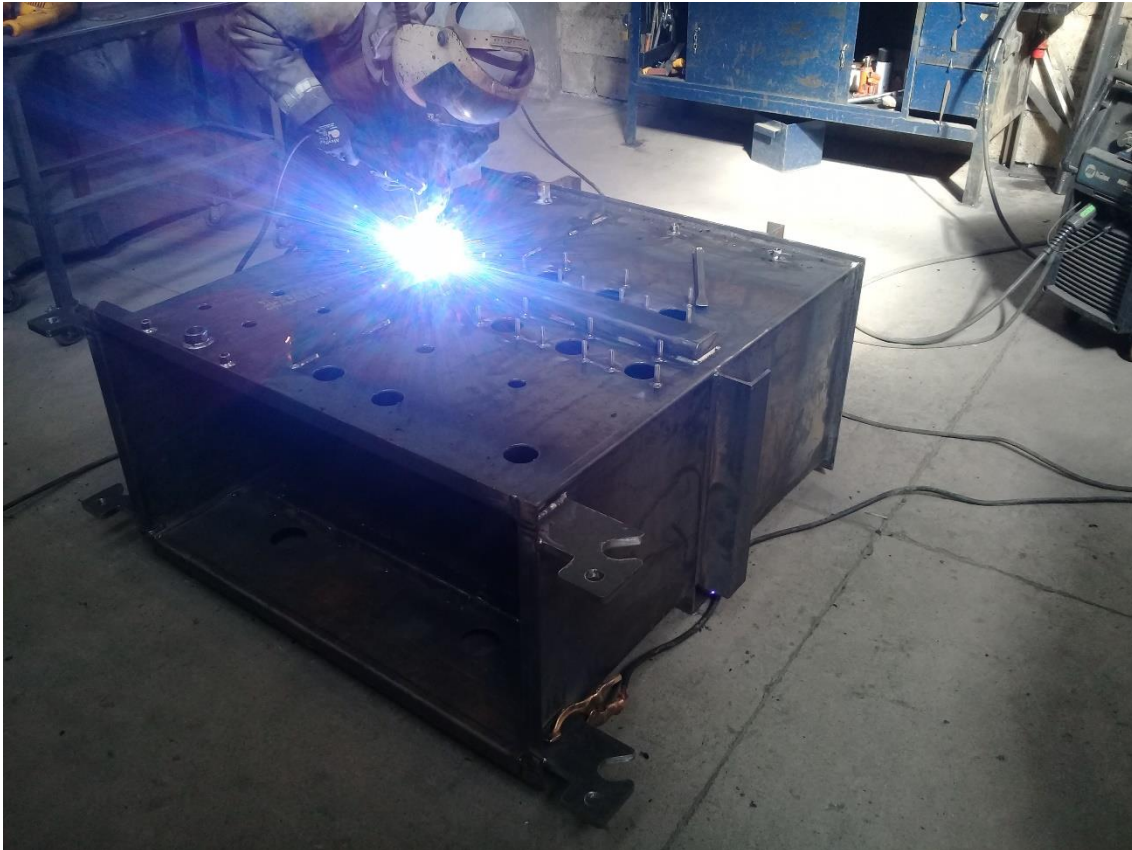


Figura 8 Proceso de construcción de tanques

Fuente: Investigación directa

Los tanques para los transformadores fabricados por RVR, se sueldan por medio de procesos MIG, con soldadores certificados en conformidad con los criterios de la norma ASME BPVC Sección IX- Calificaciones para soldadura, soldadura fuerte y fusión.

El tiempo de espera para que un tanque sea operado por el proceso de recubrimientos va desde horas (en caso de modificaciones a la planificación por requerimientos urgentes del cliente) hasta semanas.

En este subproceso, se realiza una limpieza superficial por medios manuales y químicos (SSPC SP1 y SP2) para aplicar la base epóxica (fondo), que protege a la superficie de corrosión, previo a la aplicación de un acabado de poliuretano, para proteger a la base epóxica de los rayos UV, que degeneran el fondo hasta convertirla en polvo.



Figura 9 Preparación superficial del tanque

Fuente: Investigación directa

El proceso de recubrimientos está compuesto de 4 actividades principales, que son: limpieza superficial del metal, aplicación del fondo epóxico, afinado de superficies (en la figura presente) y aplicación del recubrimiento final tipo poliuretano.

Posterior al proceso de recubrimientos también se identifica una cantidad de stock de tanques pintados a la espera de partes activas. Este producto se encuentra detenido hasta por semanas, a la espera del subensamblaje correspondiente para poder terminar el equipo.



Figura 10 Bodega de producto terminado del proceso de recubrimientos

Fuente: RVR

Una vez terminado el proceso de recubrimiento, los tanques pasan a una zona de espera para el siguiente proceso. En este punto, el equipo ya presenta el color final, pero las identificaciones de potencia, voltajes y tipo de aceite se ubican posteriormente.

El proceso de Construcción de Bobinas, es el encargado de transformar la información contenida en los planos y las materias primas recibidas, en bobinas, que son la parte realmente funcional del transformador. Los diseños son realizados enfocados en la durabilidad, resistencia y soportabilidad de sobrecargas, ya que cada equipo está conectado directamente a una carga altamente inductiva, que es una bomba de levantamiento artificial, a diferencia de las cargas que se ocupan en el sector residencial, que se van incorporando paulatinamente.

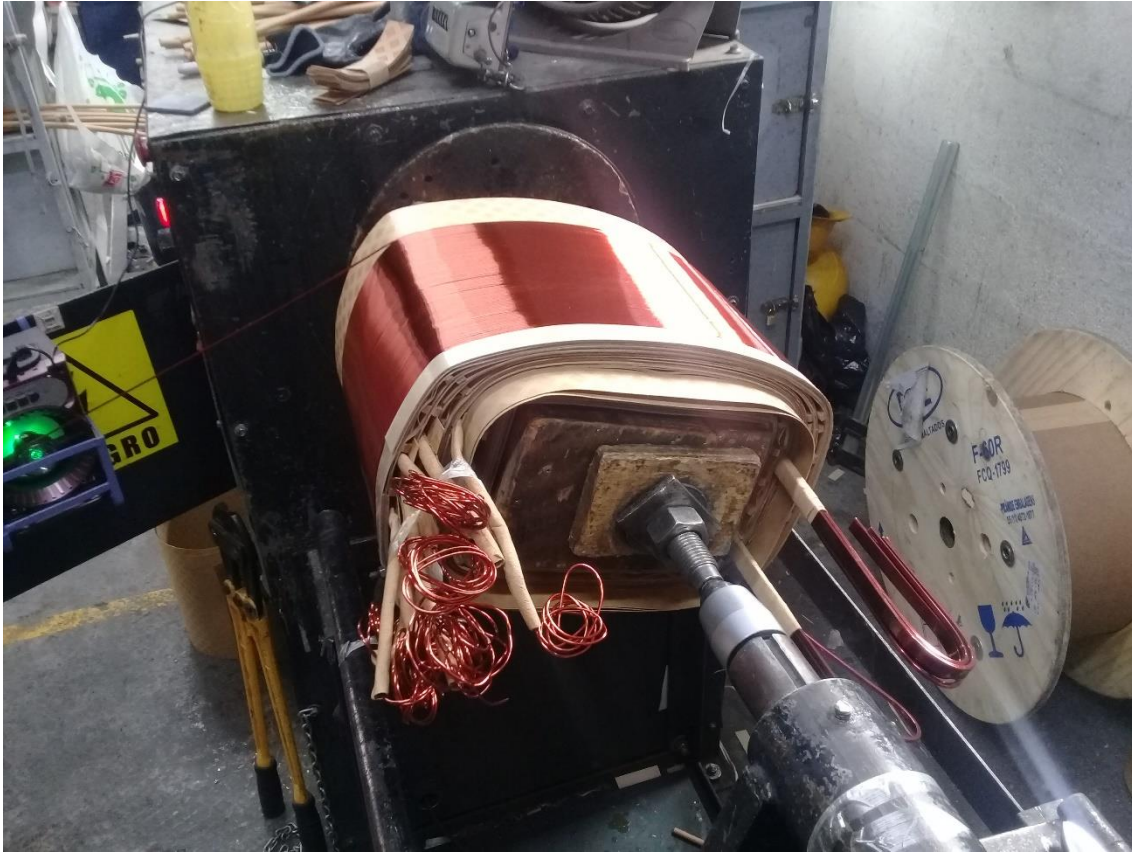


Figura 11 Proceso de construcción de bobinas

Fuente: RVR

Para la construcción de una bobina, se requiere una máquina bobinadora, siendo la principal restricción del proceso productivo.

Estas bombas tienen corrientes de INRUSH altas, y un diseño de bobinas inadecuado, deviene en un transformador quemado, con los consiguientes riesgos de seguridad y operacionales.

El subproceso de Ensamble Parte Activa, requiere de 3 bobinas, más un núcleo de hierro-silicio de grano orientado, y posterior al mismo, se conecta y encuba, añadiendo los accesorios necesarios tendientes a completar el transformador para su despacho.



Figura 12 Conjunto de bobina y núcleo

Fuente: RVR

El principio de circuito electromagnético, se aplica en este conjunto de bobina y núcleo. Al aplicar una fuerza electromotriz a través del devanado primario, se genera el campo magnético en el núcleo ferromagnético, el cual excita el devanado secundario, generando una fuerza electromotriz de valor distinto a la inicial. Los materiales utilizados son importantes, por sus características, que definen las propiedades del transformador.

Todos los equipos fabricados por la empresa son realizados bajo demanda, es decir, que no se produce piezas ni partes para stock, así como transformadores completos.

La etapa final de la fabricación de un transformador, consiste en el ensamblaje del equipo, dividido en dos fases, las conexiones o ensamblaje de parte activa, y el encubado de la parte activa, con el tanque pintado, conocido por ensamblaje de equipo.

En esta etapa, es donde se incluyen los accesorios que sirven de interface entre la parte activa, y el exterior, manteniendo la estanqueidad al interior del tanque de transformador.

SUBPROCESO CONSTRUCCIÓN DE BOBINAS

Los procesos son un conjunto de actividades mutuamente relacionadas que utilizan las entradas para proporcionar un resultado previsto (ISO 9000:2015) y en el estudio, se revisará las entradas, las actividades y las salidas del proceso en estudio.

ENTRADAS		PROCESO CONSTRUCCIÓN DE BOBINAS	SALIDAS	
PROVEEDOR	ELEMENTO ENTRADA	ACTIVIDADES	PRODUCTO	CLIENTE
GESTIÓN DE LA CALIDAD	Estado del proceso, acciones a tomarse.		Indicadores, solicitudes de ACPM.	GESTIÓN DE LA CALIDAD
GESTIÓN DE TALENTO HUMANO	Personal capacitado / contratado.		Solicitud de personal y/o de capacitación de personal.	GESTIÓN DE TALENTO HUMANO
GESTIÓN DE ADQUISICIONES	Materia prima.		Requisición de compra de materia prima.	GESTIÓN DE ADQUISICIONES
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	Máquinas en buen estado de funcionamiento.		Solicitud de mantenimiento Correctivo.	GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
GESTIÓN DE SISTEMAS	Redes y computadores en buen estado de funcionamiento.		Solicitudes a Gestión de Sistemas.	GESTIÓN DE SISTEMAS
INGENIERÍA Y DISEÑO	Órdenes de producción y planos	Elaborar planificación de actividades.		
		Elaborar Formaleta.		
		Preparar materiales (alambre, fleje, ductos, collarines, papel, cartón).		
		Bobinar la baja tensión		
		Bobinar la media tensión		
		Identificar la bobina	Juego de bobinas	CONTROL DE CALIDAD
		Llenar los registros.	Registro de control de bobinas.	CONTROL DE CALIDAD

Figura 13 Diagrama del proceso de construcción de bobinas

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

Diagrama del proceso de construcción de bobinas, mostrando las interacciones con el resto de procesos, sus entradas, salidas y actividades para obtener un juego de bobinas para transformador

El aislamiento utilizado en la construcción de bobinas para transformadores, es el elemento que determina la vida útil del equipo. Una adecuada selección y cálculo de los espesores requeridos, garantiza que el producto entregado a nuestros clientes, tenga la duración que se espera del mismo. En la tabla 5 se puede identificar las variaciones de materiales aislantes utilizados en la construcción de un juego de bobinas.

Las dimensiones de los conductores (alambre de cobre esmaltado) utilizados en la fabricación de los conjuntos de bobinas para transformadores, es variable, como se puede ver en el Anexo A. El conductor utilizado depende de la corriente que se espera que

circule a través del mismo, en función de la sección transversal calculada en el diseño del transformador.

En este punto, se encuentra un primer inconveniente que puede darse durante el diseño de las bobinas de los transformadores. Este material es aplicado principalmente en el embobinado y rebobinado de motores, transformadores y balastos, haciendo que el mercado nacional sea comparativamente reducido con respecto a otros mercados, como Colombia y por tanto, el material suele ser escaso o muy costoso, por lo que mantener un nivel de stock alto, generaría costos exagerados para la empresa.

El manejo de las órdenes de producción se lleva a cabo a través del sistema ÍCARO, creado por personal de la empresa. Este sistema está en constante modificación y crecimiento, ya que hasta el momento, ha servido para registrar las órdenes que llegan por parte de los clientes, pero en vista del crecimiento de la empresa, y la necesidad de contar con más y mejores sistemas de medición de la situación de los procesos, se ve la oportunidad de crear módulos adicionales que permitan a los responsables identificar el estado de los mismos y mejorarlos.

Por lo pronto, el sistema permite registrar datos con respecto a las etapas de fabricación de los distintos componentes de los transformadores:

- Construcción del radiador
- Construcción del tanque
- Recubrimiento del tanque
- Construcción de bobinas
- Ensamble final del equipo
- Control de calidad (Pruebas finales del equipo).

Para el estudio, se utilizan los campos que registran los siguientes parámetros:

- Número de serie del transformador
- Tipo de transformador
- Potencia del transformador
- Fecha esperada de inicio de la tarea
- Fecha real de finalización de la tarea
- Fecha esperada o planificada de finalización de la tarea

Al momento del estudio, el sistema no permite generar reportes como el requerido directamente, por lo que se realiza consultas directas a la base de datos.

La trazabilidad de los componentes es un requisito dentro de la empresa, por parte del Sistema de Gestión de Calidad, que aplica la norma ISO 9001:2015 para control de los procesos. Es así que, por medio del marcaje del producto se puede acceder a los registros de cada una de las bobinas fabricadas, permitiendo identificar a los operadores que intervinieron en la fabricación, los aislamientos y conductores utilizados, incluyendo el lote de fabricación del proveedor.

El criterio de trazabilidad utilizado, es el número de serie asignado a cada transformador, el mismo que identifica las distintas partes fabricadas, hasta su ensamblaje final. El marcado del número de serie en las bobinas, se realiza según lo indicado en la figura 14 y tiene información disponible para las personas que accedan a una investigación al interior del transformador, o a las investigaciones por medio de registros.



Figura 14 Identificación individual de las bobinas terminadas

Fuente: RVR

Para mantener la trazabilidad de los productos elaborados, se identifica cada bobina terminada, con información del cliente, orden de trabajo, diseño, fecha de elaboración, nombres de los bobinadores de baja y media tensión.

El proceso se encontraba desarrollándose en la planta Carcelén, hasta septiembre de 2018 previo a su traslado y ampliación al galpón construido en la vía a Rayocucho, en el sector de Calacalí (Anexo B).

Este nuevo galpón tiene una superficie de 2700 m² y una distribución en una sola planta, como se puede ver en el Anexo D, comparando con los aproximadamente 900 m² del galpón de la ubicación anterior, lo que permite que los procesos tengan más espacio para desenvolverse.

La planta anterior, tenía el proceso de Construcción de Bobinas ubicado en una segunda planta, en mezzanine de aproximadamente 123 m², y alejado de la bodega de

materiales, haciendo necesario que el personal se traslade por una escalera, para requerir cualquier material, como se puede ver en el Anexo C.

Estos traslados no fueron evaluados anteriormente, haciendo prácticamente imposible cuantificar las mejoras obtenidas con el cambio de sitio. La única forma disponible para conocer cómo todos los cambios operados afectan a la productividad, se da por medio del cálculo de productividad propuesto más adelante.

La nueva ubicación del proceso de Construcción de Bobinas, ha sido considerada tomando en cuenta el flujo del material, y el incremento de maquinaria para el proceso, pero no se ha generado un estudio para identificar la ubicación óptima. Para poder tener el espacio requerido para el ingreso de 5 nuevas máquinas, se ha asignado un área de 380 m² aproximadamente, más del triple del área previamente utilizada por el proceso.

Tabla 7 Recursos principales del proceso Construcción de Bobinas

Maquinaria	Cantidad planta Carcelén	Cantidad planta Calacalí
Bobinadoras semi-automáticas	6	9
Bobinadoras automáticas	0	2
Cortadoras de papel	1	1
Mesas de corte de papel / cartón	2	4
Personal	11	15

Fuente: RVR Transformadores

Elaborado por: Josué Bonilla

Breve resumen de los cambios en los recursos disponibles y el personal asignado al proceso Construcción de Bobinas. Esta tabla hace visible el incremento de recursos (columna derecha) al migrar a la nueva planta de producción en Calacalí.

Con estas condiciones, la fabricación de transformadores ha resultado variable en el tiempo, y al momento no se han establecido metas ni una capacidad real de la planta. Lo que se puede revisar con relativa facilidad, es la cantidad de equipos fabricados, y la potencia total que cada tipo de equipo representa dentro de la producción real de la empresa



Figura 15 Efectos de las fallas de material en el proceso de construcción de bobinas

Fuente: RVR

Una falla en el aislamiento de los alambres utilizados en el bobinado, genera un arco eléctrico entre espiras o entre capas. La energía que se produce en este arco es suficiente para fundir a los alambres de cobre, y genera las incrustaciones presentes en la parte inferior de la bobina. Una falla de este tipo obliga a reemplazar la o las bobinas afectadas.

Los datos recopilados en el Anexo E, corresponden al cierre de la actividad “BOBINAS” dentro del sistema de producción y podemos evidenciar que los equipos reductores de distribución, reductor desfasador y multita, son los que ocupan la mayor proporción de componentes finalizados en el período.

Los resultados de la medición se presentan en la Tabla 8 y se encuentran segmentados por tipo de transformador para el cual se ha fabricado el conjunto de bobinas.

Tabla 8 Tipos de transformadores fabricados en el período

Tipo transformador	Cantidad	Participación	Acumulado
Multitap	125	29,76%	29,76%
Autotransformadores secos	94	22,38%	52,14%
Reductor desfasador	75	17,86%	70,00%
Reductor distribución	71	16,90%	86,90%
Transformador seco	38	9,05%	95,95%
Multifrecuencial	14	3,33%	99,29%
Reductor 18P	2	0,48%	99,76%
Distribución	1	0,24%	100,00%
Totales	420	100,00%	

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

Resultados de la contabilización de los productos terminados en el período enero – diciembre de 2018, se identifica el tipo de transformador fabricado, la cantidad de conjuntos de bobinas fabricados y los porcentajes individuales y acumulados.

Se puede apreciar que la producción total del año 2018 se compone de cuatrocientos veinte transformadores, los cuales se han segmentado por su uso en ocho tipos principales. La mayor cantidad de producción, se concentra en cuatro de los segmentos especificados.

Los transformadores más fabricados durante el período son del tipo Multitap, con una cantidad de ciento veinte y cinco unidades, seguido por los Autotransformadores secos, reductores desfasadores y reductor distribución, que suman el 86.90% de la producción en unidades del período.

En la *Figura 16*, se puede ver el diagrama de Pareto construido a partir de los datos obtenidos en el Anexo E y resumidos en la Tabla 8.

Este dato permite conocer cuáles son los transformadores que se producen en mayor cantidad, para establecer criterios tácticos para mejorar la productividad.

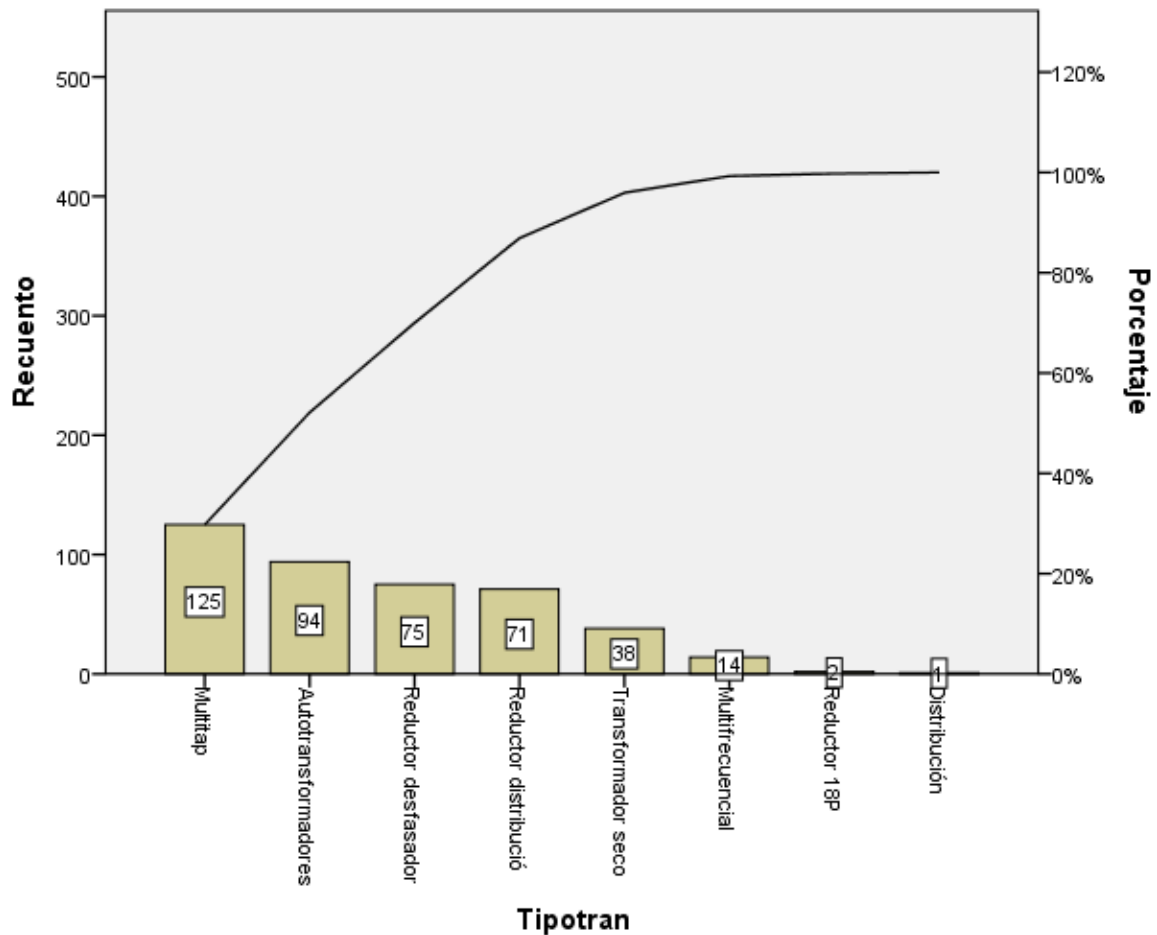


Figura 16 Diagrama de Pareto de los tipos de transformadores fabricados en el período

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

El diagrama de Pareto, identifica cuáles son los pocos vitales para permitir enfocar las mejoras en aquellos productos que tienen una mayor rotación, en este caso los tipos de transformador, que ocupan la mayor cantidad de producción de transformadores, por suma de kVA.

El tiempo de proceso no cuenta con mediciones al momento, por lo que se realiza mediciones al producto que se encuentra en proceso, y se obtiene resultados que permiten investigar más a fondo la forma en que se ocupa el tiempo en la construcción de bobinas. Los datos se encuentran registrados en los anexos G a L y resumidos en la siguiente tabla, donde TVA es el tiempo con valor agregado, %VA es el porcentaje que ese tiempo de valor agregado corresponde con respecto al tiempo total y %DEM corresponde al porcentaje del tiempo total que son demoras en el proceso.

Tabla 9 Toma de tiempos en el proceso construcción de bobinas

TIPO TRAF0	TIEMPO (min)	TVA	%VA	DEMORA	%DEM
Autotransformador seco	75,58	49,84	65,94%	12,47	16,50%
Reductor distribución	403,35	265,11	65,73%	46,11	11,43%
Multitap	326,40	217,35	66,59%	52,53	16,09%
Multitap	419,45	271,21	64,66%	44,11	10,52%
Reductor desfasador	393,69	275,02	69,86%	53,00	13,46%
Multitap	253,23	142,32	56,20%	87,16	34,42%
		Prom	64,83%	Prom	17,07%

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

La tabla nos indica que el proceso de construcción de bobinas, tiene un aprovechamiento máximo del 69.86% del tiempo invertido, y tiempos de demora de entre el 10.52% al 34.42%, lo que influye en la productividad.

Al analizar los datos en el Anexo E, se puede identificar que existe diferencia entre la fecha de finalización prevista de la actividad, y la fecha de finalización real de la actividad, que se clasifican como adelantos o retrasos. El dato se obtiene restando el día en que se cierra la actividad en el sistema del día planificado de finalización del proceso. En este caso, podemos tener variación positiva (retraso) o negativa (adelanto con respecto a la fecha esperada o planificada de finalización del proceso).

Los datos se ordenan por esta diferencia, para realizar un histograma de frecuencias.

Para calcular los intervalos, se aplica el cálculo de la ecuación siguiente:

$$h = \frac{R}{k}$$

Donde: h= ancho del intervalo

R= Rango de datos

k= número de intervalos

El cálculo del rango se realiza por medio de la siguiente fórmula:

$$R = \text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo}$$

$$R = 126 - (-53)$$

$$R = 179 \approx 180$$

El valor de k se obtiene a través de la regla de Sturges, ya que este método nos permite obtener una cantidad de clases que no sea muy grande, y que permita obtener unos rangos adecuados (Stable, 2012).

$$k = 1 + 3.322 * \log(N)$$

$$k = 1 + 3.322 * \log(420)$$

$$k = 9.71 \approx 10$$

Donde N es el número de casos de estudio.

Entonces

$$h = \frac{R}{k}$$

$$h = \frac{180}{10} = 18$$

Se genera la tabla de frecuencias por medio del software SPSS, obteniendo información que permite revisar de mejor manera los resultados.

Tabla 10 Frecuencias de tiempos de retraso

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
<= (-36)	1	,2	,2	,2
(-35) a (-18)	8	1,9	1,9	2,1
(-17) a 0	84	20,0	20,0	22,1
1 a 18	195	46,4	46,4	68,6
19 a 36	71	16,9	16,9	85,5
37 a 54	32	7,6	7,6	93,1
55 a 72	16	3,8	3,8	96,9
73 a 90	8	1,9	1,9	98,8
91 a 108	2	,5	,5	99,3
109+	3	,7	,7	100,0
Total	420	100,0	100,0	

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

Tabla de frecuencias de tiempos de retraso, de los 420 casos de estudio.

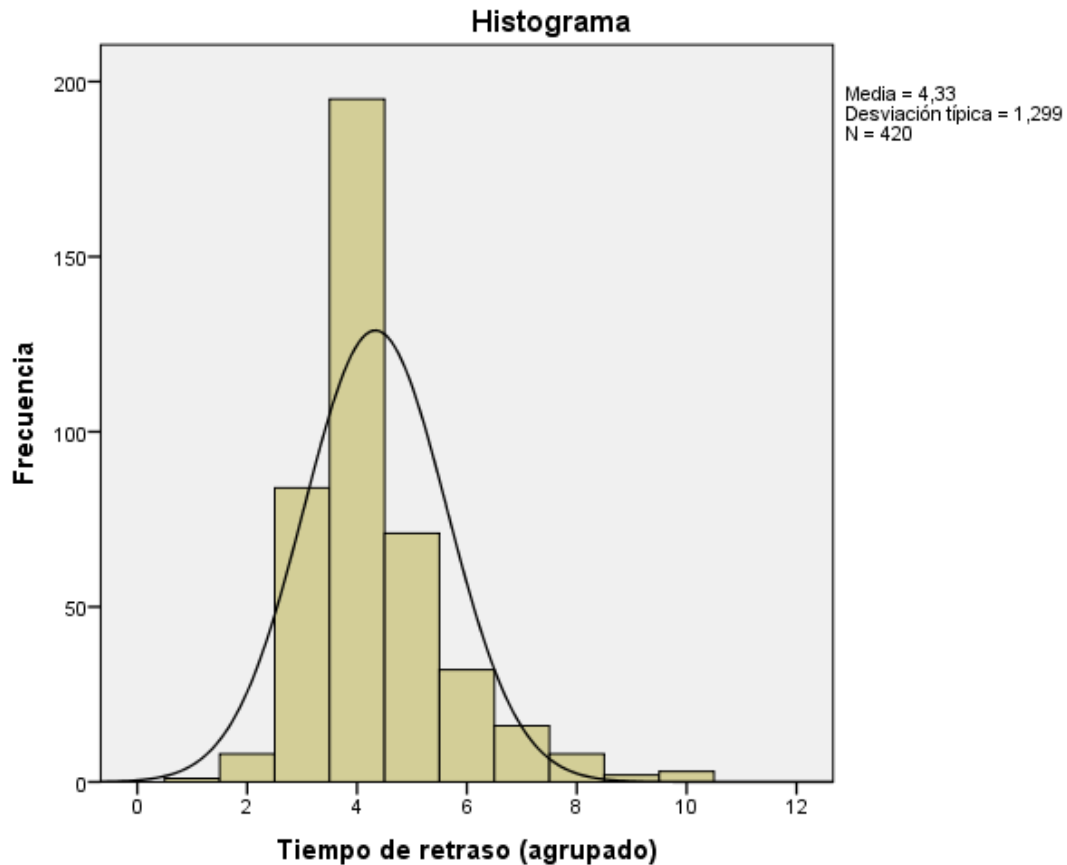


Figura 17 Histograma de cumplimiento de tiempos de finalización de actividad Construcción de Bobinas

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

El histograma ha sido creado, con intervalos de 18 días, iniciando con aquellas unidades que se registraron como adelantadas en su finalización. El pico de unidades está representada por 195 unidades, cuyo proceso ha sido cerrado con uno a dieciocho días de retraso.

Segmentando la información obtenida anteriormente, por criterio de tipo de transformador, se obtienen los siguientes datos:

Tabla 11 Suma de días de retraso, por tipo de transformador.

Tipo de transformador	Suma de días de retraso
Autotransformadores secos	640
Distribución	75
Multifrecuencial	589
Multitap	2615
Reductor desfasador	1712
Reductor distribución	1076
Transformadores secos	349
Reductor	2
Total	7058

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: El autor

Suma de días de retraso por tipo de bobina de transformador finalizada por el proceso de Construcción de Bobinas, en el período 2018.

El siguiente paso en el análisis es separar únicamente los equipos que presentan retrasos reales, es decir, a partir de un día de retraso, hasta el límite superior que se encuentra en este estudio, dado por el equipo SN 18063216-3, con un total de 126 días de retraso con respecto a la fecha estimada inicial de finalización del proceso de construcción de bobinas.

Los motivos de retraso en la finalización de la actividad vienen dados tanto por factores propios del proceso, como aquellos que son externos, por ejemplo, cambios en las prioridades de los clientes, en las especificaciones del producto requerido, cambios de planificación de producción, falta de materiales, reprocesos, daños o no disponibilidad de la maquinaria (Mayorga, Ruiz, Mantilla, & Moyolema, 2015).

Uno de los problemas identificados en este punto, es que dado que el sistema no solicita una retroalimentación sobre los motivos de retrasos, es casi imposible parametrizar directamente desde el sistema para obtener los resultados, siendo necesario

revisar en los registros manuales de cada uno de los equipos, para tratar de identificar el motivo del retraso, incluso los encargados de producción no están al tanto de si cerraron la actividad correspondiente a cada componente a tiempo o si se presentó un retraso.

Los Coordinadores del área guardan un histórico manual para identificar los problemas que pueden haberse suscitado en cada orden, pero estos documentos no indican si la entrega de cada componente fue oportuna, y se enfocan únicamente en la fecha de entrega del equipo completo para definir si las actividades se realizaron a tiempo o no.

Para trabajar de mejor manera, y poder realizar un histograma con el ránking de problemas que ocasionan los retrasos de la producción, con relación a la fecha de entrega esperada del producto, se aplica un muestreo sobre la población total de transformadores que presentaron retrasos, aplicando el cálculo presente en el punto POBLACIÓN del capítulo II, además se listan los siguientes eventos:

- Cambio de prioridad
- Coordinador no cierra a tiempo la orden en el sistema
- Cliente no emite orden para fabricación
- Falta de material
- Traslado de la planta
- Equipo fabricado para stock
- Retraso por cantidad de equipos
- Alambre recuperado
- Falla del material durante la fabricación
- Diseño no está listo

- Preparar fleje de cobre
- Fechas mal ingresadas al sistema

Aplicados estos criterios a la muestra, se puede identificar el ranking de los problemas que presentan un mayor retraso, organizando la tabla de datos, con respecto a la suma de días de retraso que representa cada uno de ellos.

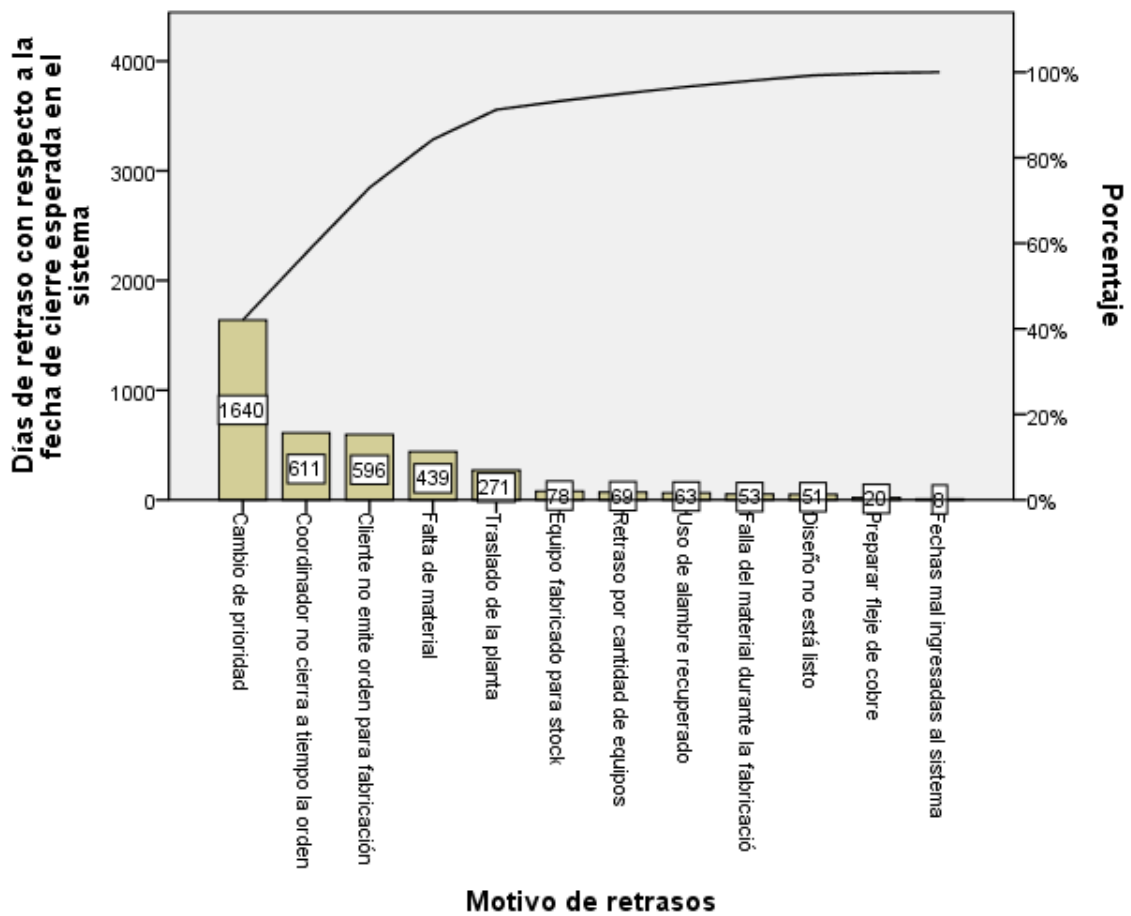


Figura 18 Histograma de motivos de retraso en la finalización del proceso de Construcción de Bobinas

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

El anterior histograma, permite identificar 4 causas que acumulan un 84.28% del total de tiempo de retraso de la muestra tomada, siendo la que encabeza la lista, la correspondiente al cambio de prioridad, que casi llega a la mitad del total.

Los cambios en la prioridad de producción se dan continuamente, puesto que los clientes suelen trabajar con proyectos, en los cuales a pesar de tener un cronograma

establecido de trabajo, obtienen contratos adicionales, que obligan a modificar sus prioridades, y por tanto las nuestras.

En cuanto a datos, para poder analizar la productividad del proceso, se utilizará una relación o tasa entre la cantidad de horas trabajadas en el proceso de construcción de bobinas (Anexo F), y las unidades entregadas al siguiente proceso.

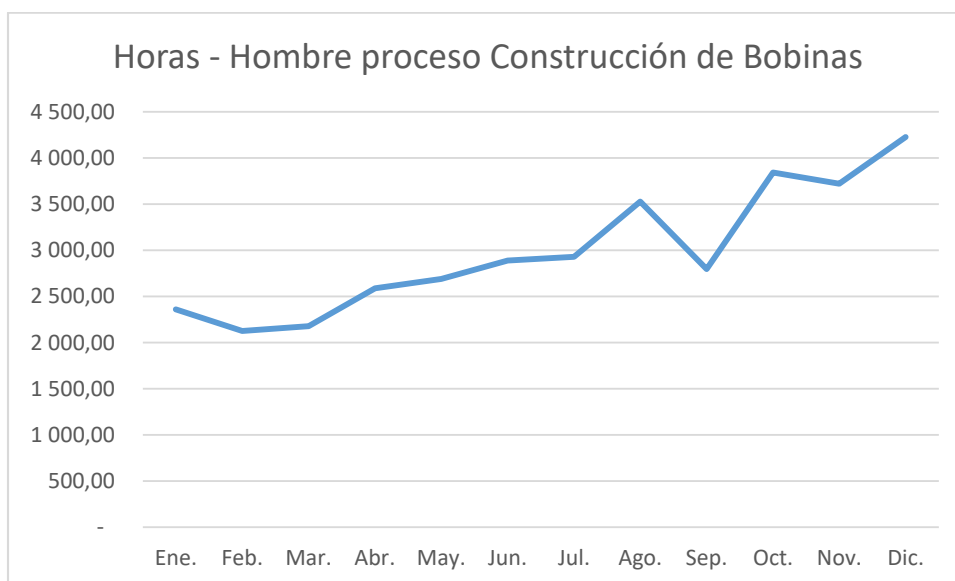


Figura 19 Horas hombre utilizadas en el proceso de Construcción de bobinas

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

Horas hombre contabilizadas durante el año 2018, con una tendencia al alza. El crecimiento del uso de este recurso ha sido constante.

La Productividad monofactorial, para el factor hora-hombre, no presenta valores constantes, siendo que su rango va desde un valor mínimo de 0.00568 unidades / hora – hombre para diciembre 2018, hasta un máximo de 0.01790 unidades / hora – hombre para marzo 2018, siendo este mes en el que se realizaron cambios y mejoras en el proceso, descritos en la Tabla 7, como cambio de planta, incremento de maquinaria, contratación de personal adicional.

La fórmula de cálculo utilizada es la siguiente:

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Horas - hombre}$$

Los resultados que se obtienen a través de este cálculo se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 12 Datos para cálculo de productividad de un factor

Mes	Unidades producidas	Horas hombre	Productividad
Ene.	36	2 359,50	0,01526
Feb.	20	2 126,40	0,00941
Mar.	39	2 178,30	0,01790
Abr.	29	2 588,40	0,01120
May.	46	2 687,40	0,01712
Jun.	32	2 888,70	0,01108
Jul.	47	2 928,80	0,01605
Ago.	28	3 527,80	0,00794
Sep.	35	2 795,30	0,01252
Oct.	47	3 841,40	0,01224
Nov.	37	3 719,90	0,00995
Dic.	24	4 225,90	0,00568

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

Las unidades producidas, corresponde a los registros de finalización del proceso de construcción de bobinas en el sistema ÍCARO, mientras que las horas hombre se registran por el proceso de Talento Humano.

El cálculo de la productividad, se realiza para cada mes, obteniendo valores de centésimas de producto terminado, por cada hora hombre, en tal razón, se requiere que se invierta al menos cincuenta y cinco horas para terminar un conjunto de bobinas. Estas horas están repartidas entre todo el personal del proceso, incluyendo ayudantes y bobinadores.

La productividad total del período, es de 0,01171 que equivale a ochenta y cinco horas para terminar un conjunto de bobinas.

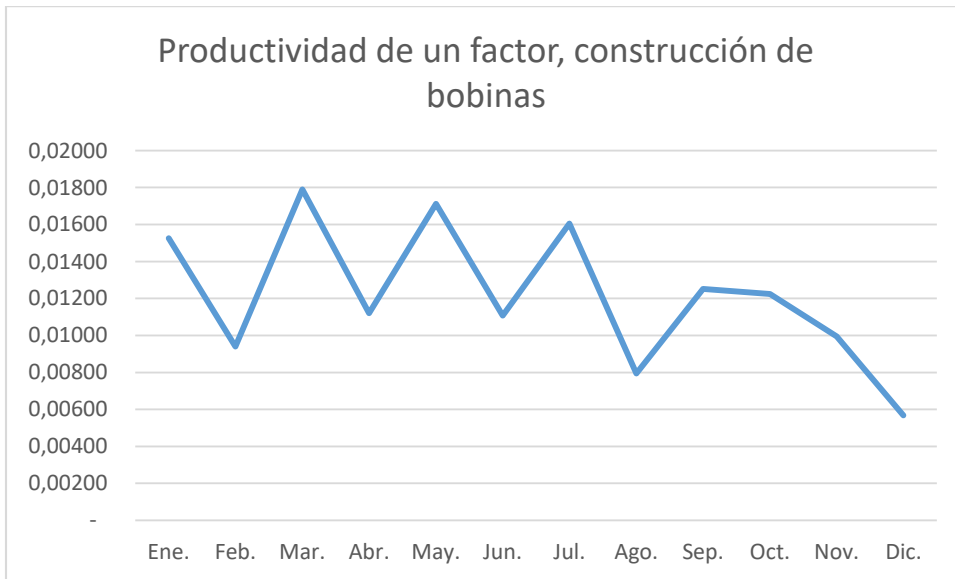


Figura 20 Productividad de un factor, para el proceso de construcción de bobinas

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

Resultado del cálculo de productividad de un factor, tomando en cuenta las cantidades de conjuntos de bobina finalizados durante el período 2018, y las horas –hombre registradas en el mismo período, para el personal del proceso.

Los resultados obtenidos de los valores de productividad, indican que las acciones tomadas para mejorar el proceso, a partir de septiembre, no han tenido un efecto positivo, ni en el aumento de la producción de conjuntos de bobinas, ni en la productividad del proceso, al ser que la relación entre el producto obtenido y las horas trabajadas, sigue disminuyendo a través del tiempo.

En julio y octubre, se tienen los meses con mayor producción del año, con cuarenta y siete unidades, mientras que los peores resultados se obtuvieron en febrero y diciembre, respectivamente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La producción de bobinas para transformadores eléctricos, se puede dividir en 8 grupos principales, los cuales poseen distintas características constructivas y de funcionamiento. Durante el año 2018, aplicando el método del diagrama de Pareto, se identifica que los equipos más construidos son de tipo Multitap, Autotransformadores secos, Reductor desfasador y Reductor distribución, y entre estos cuatro tipos, representan el 86.90% del total de equipos fabricados durante el año en estudio.

La identificación de los motivos por los que la producción de bobinas se demora, ha sido el punto más complicado de desarrollar, dado que el sistema de control producción carece de las herramientas necesarias, para realizar el análisis del estado de la producción y la productividad. No se registra directamente las causas que generaron retrasos durante las operaciones, no se cuenta con tiempos estándar, ni se ha realizado un estudio de tiempos y movimientos, que permita conocer de mejor manera qué tan productivo es el trabajo.

Se ha identificado que el proceso de construcción de bobinas, aprovecha como máximo el 69.86% del tiempo total que demora la fabricación de un transformador, en agregar valor, y que se puede ocupar hasta el 34.42% del tiempo en demoras como buscar el material requerido, esperar por materiales de otros procesos (ductos, papel cortado a medida) y preparar la máquina, montando los carretos de alambre en los soportes.

La productividad con respecto al factor humano, dentro del período de estudio, es variable y tiene un rango de 0.00568 unidades / hora – hombre para diciembre 2018, hasta un máximo de 0.01790 unidades / hora – hombre.

Tabla 13 Datos de productividad y suma de días de retraso

Mes	Productividad	Suma días de retraso
Ene.	0,01525747	513
Feb.	0,00940557	-53
Mar.	0,01790387	104
Abr.	0,01120383	323
May.	0,01711692	256
Jun.	0,01107765	350
Jul.	0,01604753	792
Ago.	0,00793696	556
Sep.	0,01252102	1080
Oct.	0,01223512	1132
Nov.	0,0099465	1098
Dic.	0,00567926	250

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

Datos para realizar los cálculos de correlación de variables, siendo la variable independiente la suma de días de retraso, y la variable dependiente la productividad.

Tabla 14 Descripción del modelo de correlación de variables

Nombre del modelo	MOD_3	
Variable dependiente	1	Productividad
Ecuación	1	Lineal
Variable independiente		SumDia
Constante		Incluidos
Variable cuyos valores etiquetan las observaciones en los gráficos		Sin especificar

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

El coeficiente de correlación de Pearson, obtenido de los resultados generados entre la suma de los días de retraso identificados en el estudio, y la productividad (Tabla 15), indica que las variables no tienen una correlación estadísticamente significativa, y por tanto, las variaciones que se dan en la productividad de la empresa, deben provenir de otras causas.

Tabla 15 Resultados correlación de variables

R	R cuadrado
-0,008953047	0,000080157

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

La variable independiente es la suma de días de retraso en la fabricación de las bobinas.

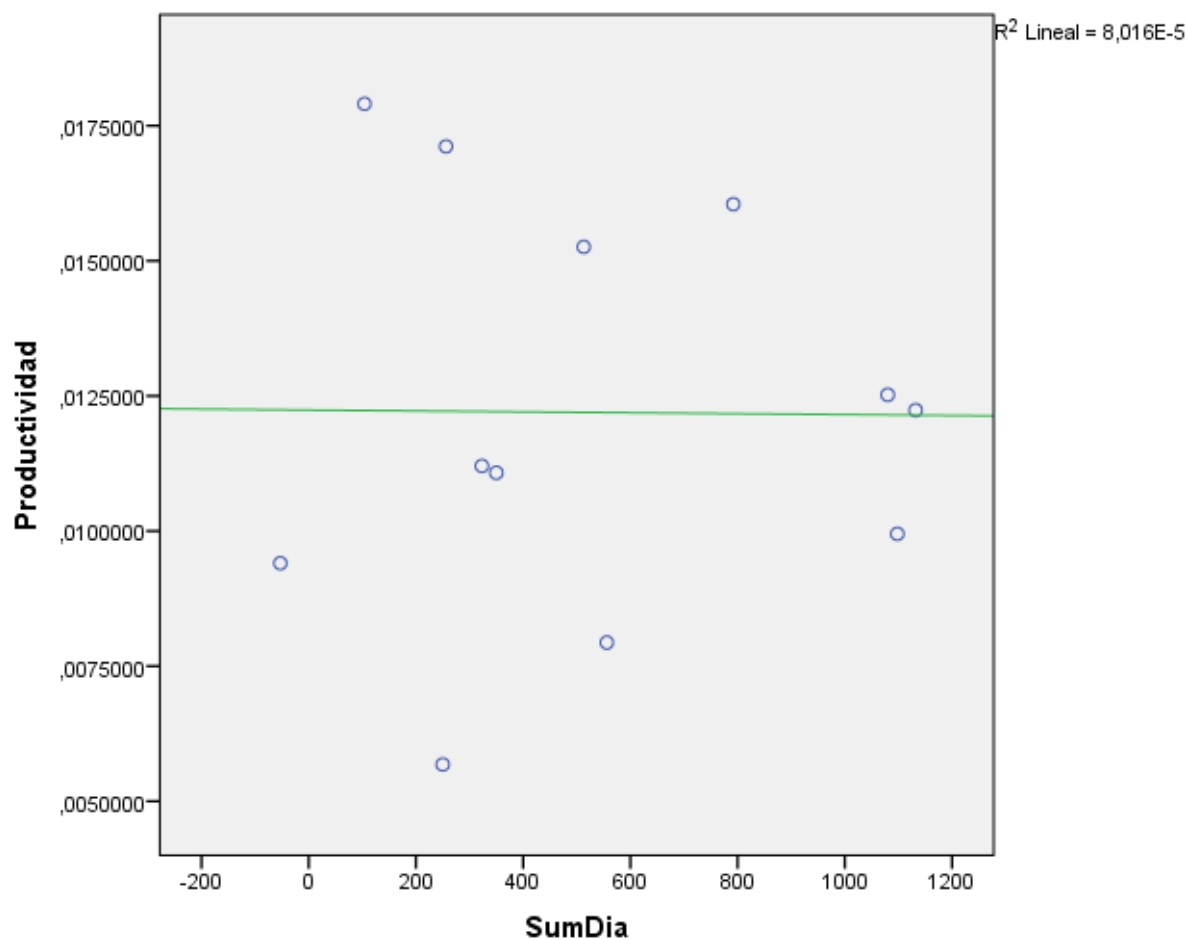


Figura 21 Gráfico de dispersión de las variables

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Josué Bonilla

La identificación de la correlación entre la presencia de retrasos, y los niveles de productividad presentados durante el período en estudio, nos indica que al tener un valor tan de $R^2 = 0.00008$, no existe una clara correlación entre las variables.

Para identificar que mientras los retrasos se incrementan, la productividad baja, se espera que la ecuación sea inversamente proporcional, y que el valor de R sea menor a cero.

La investigación de Aponte, busca correlacionar la aplicación de la técnica o metodología de mantenimiento conocida como TPM, con los resultados de productividad obtenidos en la empresa PROMOTORES ELÉCTRICOS, y obteniendo una correlación que derivó en un aumento de la productividad, al finalizar la implementación. Esta podría ser una técnica aplicable a la empresa, que al momento basa el cuidado de los activos fijos, en los mantenimientos preventivos y correctivos.

Este trabajo, similar a lo ocurrido con la investigación de Narváez, define que los procesos no se encuentran controlados con respecto a la productividad, siendo que no se están tomando datos para poder evaluar la misma y dificultando estudios externos, a menos que se tomen datos directamente en los puestos de trabajo. El software aplicado debe permitir que los responsables de la producción tengan datos e indicadores que les permitan mejorar los procesos y aumentar la productividad.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El proceso de construcción de bobinas basado en el análisis de la información obtenida por medio del sistema de producción ÍCARO, indica que el cierre de las actividades del proceso se cierran con cincuenta y tres días de adelanto, hasta ciento veinte y seis días de retraso. En ciento noventa y cinco de los casos (el punto más alto del histograma) se cerraron con uno a diecisiete días de retraso. Las posibles causas de retraso, notificadas por los encargados de producción, se detallan en el Anexo M. El proceso de construcción de bobinas, además utiliza hasta el 69.86% del tiempo en tareas que agregan valor, y en promedio, pierde el 17% en demoras.
- El estudio de cuantificación de la productividad en la empresa RVR Transformadores, con respecto al factor de talento humano (horas-hombre utilizadas) durante el período analizado, presenta un amplio rango, comprendido entre 0.00568 unidades / hora – hombre para diciembre 2018, hasta un máximo de 0.01790 unidades / hora – hombre. Se identifica como una posible causa de variación en la productividad, la presencia de retrasos en la ejecución del proceso de construcción de bobinas, tales como: cambio de prioridad de las órdenes de producción, el coordinador del proceso no cierra la tarea en la orden de producción en el momento indicado, el cliente no ha emitido la orden de compra para sustentar la fabricación del transformador, y las demás causas identificadas en la *Figura 18*.
- Los retrasos que se presentan en la fabricación son variables en el tiempo. Al realizar una correlación entre la productividad y las causas de retrasos, se pudo

apreciar que el índice de Pearson, indica una correlación (R^2) de 0.00008 entre estas dos variables. Además, se pudo comprobar que no hay un respeto en el proceso consecutivo que se debe llevar a cabo para la ejecución de las órdenes de producción de acuerdo a sus fechas de inicio y fin.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda iniciar un estudio de tiempos, con el fin de reducir los tiempos de demora que se presentan en el proceso, y aumentar el tiempo con valor agregado que se invierte en cada uno de los productos del proceso de construcción de bobinas.
- Se recomienda evaluar si las condiciones que aportan a estas variaciones tienen relación con otros factores no considerados en el estudio como son: diseños de las bobinas, potencias solicitadas por el cliente, cambios o ausencia de material y organización de la producción.
- Una de las razones para realizar un estudio con respecto a los diseños de bobinas, es que para un mismo tipo de transformador, con la misma potencia, puede haber siete variaciones para obtener los mismos resultados eléctricos, sin embargo, los requerimientos de tiempo, torque de la maquinaria y habilidad para fabricar el producto, se incrementan o reducen según el material o conjunto de materiales utilizados.
- Se debe adoptar una mejora en el registro de la información acerca de los motivos que generen retrasos en la producción, con el fin de tabular datos con mayor facilidad. Para identificar las causas de retraso, se recomienda aplicar la metodología de Ishikawa, o espina de pescado, que sirve para investigar operaciones, como determinar las causas raíz de problemas de calidad, seguridad, etc. El modelo debe aplicar la metodología de 5 M:
 - Materiales
 - Material con daños
 - No hay material

- Mano de obra
 - Ausencia del personal
 - Mano de obra insuficiente
- Maquinaria
 - Maquinaria fuera de servicio
- Método
 - Fallas en la planificación
- Medio ambiente
 - Condiciones ambientales adversas para la ejecución del proceso
- Las horas trabajadas, presentan estabilidad, y un incremento constante, que debe ser revisado con respecto a la perspectiva financiera, para detectar oportunidades de eficiencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, J. C. O., & BOTERO, F. A. L. (2017). Rediseño De Los Puestos De Trabajo En La Línea Metalmecánica De La Elaboración Y Ensamble Del Cuerpo Del Transformador Trifásico De La Empresa “Industrias Electromagnéticas Magnetron S.a” Planta 2 Para Mejorar Las Condiciones De Los Trabajadores y aumenta, 94.
- Aponte Trujillo, J. E. (2017). *Aplicación del TPM para mejorar la productividad en el proceso de fabricación Transformadores de la empresa Promotores Eléctricos S.A., Independencia 2017*. Universidad César Vallejo.
- Diéguez-soto, J. (2014). El efecto productividad: un instrumento para el análisis contable, (January 1998), 31.
- García Valbuena, D. E. (2009). *PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE PERFECCIONAMIENTO DE CRÉDITO HIPOTECARIO EN EL BANCO DAVIVIENDA S.A UTILIZANDO PRINCIPIOS Y HERRAMIENTAS LEAN*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Mayorga, C., Ruiz, M., Mantilla, M., & Moyolema, M. (2015). Procesos De Producción Y Productividad En La Industria De Calzado Ecuatoriana: Caso Empresa Mabelyz Production Processesand Productivity Inecuadorfootwearindustry: Company Mabelyz Case. *Rev. ECA Sinergia*, 6, 88. Retrieved from <http://oaji.net/articles/2017/5813-1516137648.pdf>
- Narváez Uquillas Sonia Graciela. (2009). *Actualización e implementación del sistema de evaluación de productividad de la empresa Ecuatran S.A*. Universidad Técnica de Ambato.
- Stable, A. S. A. (2012). The Choice of a Class Interval Author(s): Herbert A . Sturges Reviewed work (s), *21*(153), 65–66.

ANEXOS

Anexo A Listado de alambres esmaltados utilizados en la construcción de bobinas

Material	Características
Alambre redondo	40 AWG
	39 AWG
	38 AWG
	37 AWG
	36 AWG
	35 AWG
	34 AWG
	33 AWG
	32 AWG
	31 AWG
	30 AWG
	29 AWG
	28 AWG
	27 AWG
	26 AWG
	25 AWG
	24 AWG
	23 AWG
	22 AWG
	21 AWG
	20 AWG
	19 AWG
	18 AWG
	17 AWG
	16 AWG
	15 AWG
	14 AWG
	13 AWG
12 AWG	
11 AWG	
10 AWG	
9 AWG	
8 AWG	
7 AWG	
6 AWG	
Alambre rectangular	2.5 x 10
	3.5 x 10
	2.5 x 8.5
	6 cuadrado

Material		Características
Alambre cuadrado	esmaltado	7 cuadrado
		8 cuadrado
		9 cuadrado
		10 cuadrado

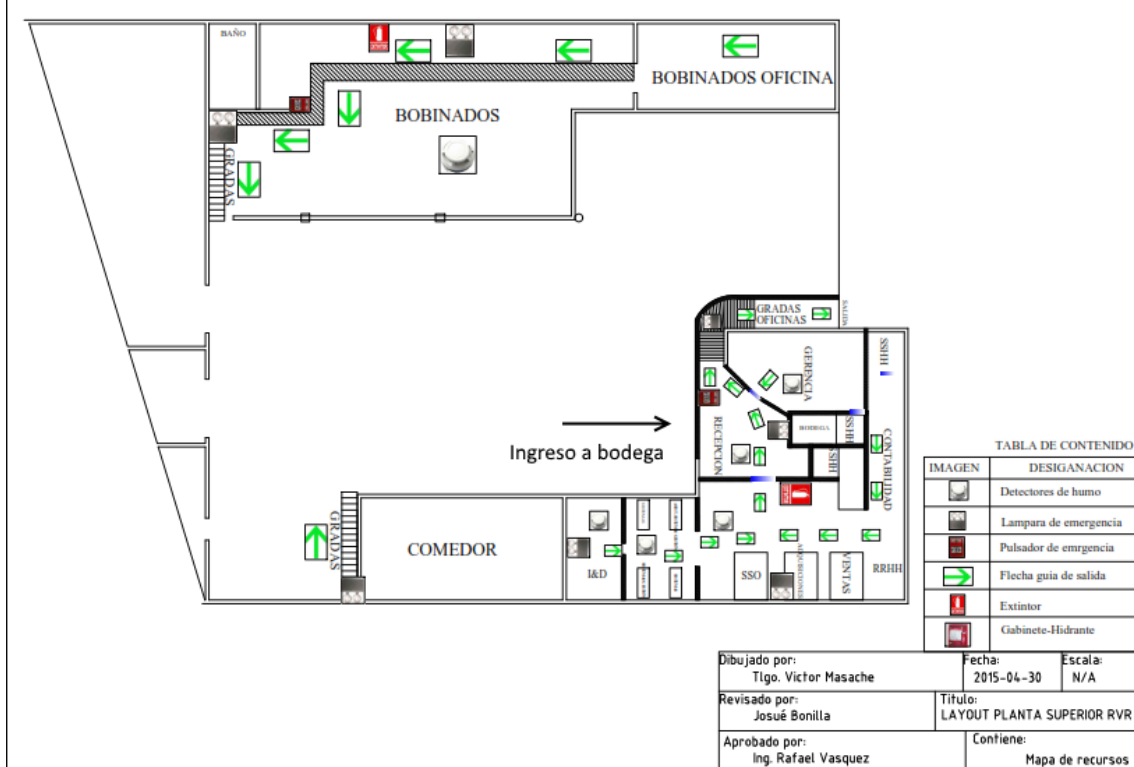
Lista de los tipos de alambre más utilizados en la construcción de bobinas de transformadores, en la empresa objeto de estudio.

Anexo B Mapa de la ubicación de la planta RVR Calacalí



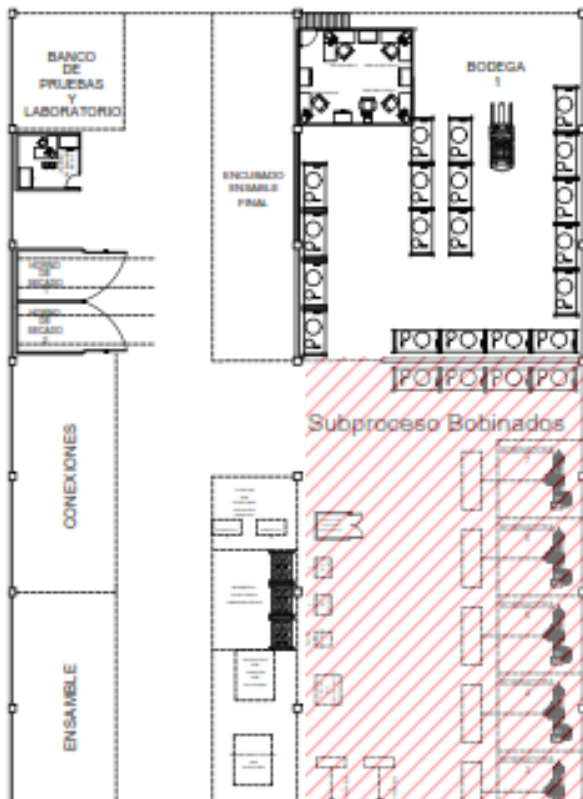
Mapa de la ubicación de la planta de producción de RVR, con referencia al pueblo de Calacalí, en la vía a Rayocucho. El sector se encuentra al momento con una vía de ingreso de tierra.

Anexo C Layout de la planta superior de la planta RVR Carcelén



En este anexo se puede identificar la ubicación del proceso de Construcción de Bobinas, denominado Bobinados en el plano, y la ubicación del ingreso a la bodega, en la planta inferior. Los trabajadores, para acceder a los materiales requeridos en la bodega, debían realizar un traslado de aproximadamente 35 metros.

Anexo D Layout de la planta de producción Calacalí



Layout de la planta de Calacalí, en funcionamiento desde septiembre de 2018, donde se puede ver que la bodega se encuentra más cerca del proceso de construcción de bobinas, con el fin de reducir las distancias de traslados del personal para requerir material.

Anexo E Datos obtenidos de producción de bobinas, período 2018

Serie No.	Tipo transformador	Fecha de inicio	Fecha estimada fin	Fecha fin	Retraso	Potencia
18043123-1	Reductor distribución	2018-06-12	2018-06-15	2018-04-23	-53	400
18043124-1	Reductor distribución	2018-08-14	2018-08-17	2018-07-17	-31	400
18083273-1	Reductor distribución	2018-09-04	2018-09-07	2018-08-16	-22	300
18083273-2	Reductor distribución	2018-09-04	2018-09-07	2018-08-16	-22	300
18093307-1	Reductor distribución	2018-10-26	2018-10-31	2018-10-09	-22	225
18013054-1	Autotransformadores secos	2018-02-23	2018-02-27	2018-02-05	-22	10
18013054-2	Autotransformadores secos	2018-02-23	2018-02-27	2018-02-05	-22	12
18053178-1	Multitap	2018-06-22	2018-06-26	2018-06-07	-19	320
18013055-1	Autotransformadores secos	2018-02-23	2018-02-27	2018-02-09	-18	30
18023068-1	Autotransformadores secos	2018-03-19	2018-03-22	2018-03-05	-17	30
18023058-1	Autotransformadores secos	2018-02-16	2018-02-20	2018-02-05	-15	80
18013056-1	Multitap	2018-03-16	2018-03-21	2018-03-06	-15	200
18023077-1	Reductor desfasador	2018-03-16	2018-03-20	2018-03-05	-15	1000
17123012-1	Autotransformadores secos	2018-01-02	2018-01-05	2017-12-22	-14	30
17123018-1	Autotransformadores secos	2018-01-15	2018-01-18	2018-01-05	-13	22
17123018-2	Autotransformadores secos	2018-01-15	2018-01-18	2018-01-05	-13	20
18013057-1	Autotransformadores secos	2018-02-19	2018-02-22	2018-02-09	-13	5
18103309-1	Transformador seco	2018-10-29	2018-11-01	2018-10-19	-13	50
18103309-2	Transformador seco	2018-10-29	2018-11-01	2018-10-19	-13	50
18023076-1	Reductor distribución	2018-03-16	2018-03-20	2018-03-08	-12	1000
18073247-1	Multitap	2018-08-10	2018-08-13	2018-08-01	-12	630
18023077-2	Reductor desfasador	2018-03-16	2018-03-20	2018-03-09	-11	1000
18103318-1	Multitap	2018-10-30	2018-11-02	2018-10-23	-10	200
18013029-1	Multitap	2018-01-16	2018-01-19	2018-01-10	-9	630
18053168-1	Reductor distribución	2018-06-08	2018-06-13	2018-06-04	-9	225
18053168-2	Reductor distribución	2018-06-08	2018-06-13	2018-06-04	-9	225
18033090-1	Reductor desfasador	2018-03-16	2018-03-21	2018-03-13	-8	400
18033090-2	Reductor desfasador	2018-03-16	2018-03-21	2018-03-13	-8	400
18043124-2	Reductor distribución	2018-08-14	2018-08-17	2018-08-09	-8	400
18093308-1	Reductor distribución	2018-10-19	2018-10-24	2018-10-16	-8	225
18123371-1	Reductor desfasador	2018-12-21	2018-12-25	2018-12-17	-8	850
18103319-1	Multitap	2018-11-02	2018-11-07	2018-10-30	-8	200
18103319-2	Multitap	2018-11-02	2018-11-07	2018-10-30	-8	200
18053186-3	Reductor distribución	2018-06-22	2018-06-26	2018-06-18	-8	260
18043152-1	Multitap	2018-05-18	2018-05-22	2018-05-15	-7	400
18033091-1	Transformador seco	2018-03-27	2018-03-30	2018-03-23	-7	18
18053168-3	Reductor distribución	2018-06-08	2018-06-13	2018-06-06	-7	225
17123024-1	Transformador seco	2018-01-15	2018-01-18	2018-01-12	-6	100
18033098-1	Reductor distribución	2018-03-23	2018-03-28	2018-03-22	-6	320

Serie No.	Tipo transformador	Fecha de inicio	Fecha estimada fin	Fecha fin	Retraso	Potencia
18033098-2	Reductor distribución Autotransformadores	2018-03-23	2018-03-28	2018-03-22	-6	320
18023067-1	secos Autotransformadores	2018-02-26	2018-03-01	2018-02-23	-6	30
18023067-2	secos	2018-02-26	2018-03-01	2018-02-23	-6	33
18053163-1	Multitap Autotransformadores	2018-05-18	2018-05-22	2018-05-16	-6	400
18033118-1	secos	2018-04-20	2018-04-24	2018-04-18	-6	30
18103319-3	Multitap	2018-11-02	2018-11-07	2018-11-02	-5	200
18103319-4	Multitap Autotransformadores	2018-11-02	2018-11-07	2018-11-02	-5	200
18013055-2	secos	2018-02-23	2018-02-27	2018-02-22	-5	33
18033106-1	Reductor distribución Autotransformadores	2018-03-30	2018-04-02	2018-03-28	-5	1500
18013027-1	secos Autotransformadores	2018-01-12	2018-01-16	2018-01-12	-4	4
18013027-2	secos Autotransformadores	2018-01-12	2018-01-16	2018-01-12	-4	4
18013027-3	secos Autotransformadores	2018-01-12	2018-01-16	2018-01-12	-4	4
18053164-1	secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-21	-4	120
18123371-2	Reductor desfasador	2018-12-21	2018-12-25	2018-12-21	-4	850
18013031-1	Multitap Autotransformadores	2018-01-23	2018-01-26	2018-01-22	-4	520
18043121-1	secos	2018-04-24	2018-04-27	2018-04-23	-4	4
18023064-1	Multitap Autotransformadores	2018-03-09	2018-03-12	2018-03-09	-3	400
18013041-1	secos	2018-01-26	2018-01-29	2018-01-26	-3	100
18053175-1	Multitap	2018-05-30	2018-05-31	2018-05-28	-3	260
18053175-1	Multitap	2018-05-30	2018-05-31	2018-05-28	-3	260
18053175-1	Multitap	2018-05-30	2018-05-31	2018-05-28	-3	260
18013047-1	Multitap	2018-02-20	2018-02-23	2018-02-20	-3	630
18033092-1	Reductor distribución	2018-04-06	2018-04-11	2018-04-09	-2	2000
18033092-2	Reductor distribución	2018-04-06	2018-04-11	2018-04-09	-2	2000
18033092-3	Reductor distribución Autotransformadores	2018-04-06	2018-04-11	2018-04-09	-2	2000
18023086-1	secos Autotransformadores	2018-03-20	2018-03-23	2018-03-21	-2	50
18023086-2	secos Autotransformadores	2018-03-20	2018-03-23	2018-03-21	-2	55
18033088-1	secos	2018-03-02	2018-03-07	2018-03-05	-2	32
18103323-1	Multitap	2018-11-02	2018-11-07	2018-11-05	-2	300
18103334-1	Transformador seco	2018-11-19	2018-11-22	2018-11-20	-2	50
18113353-1	Multitap	2018-12-07	2018-12-11	2018-12-10	-1	260
18103335-1	Transformador seco Autotransformadores	2018-11-20	2018-11-21	2018-11-20	-1	5
18013036-1	secos Autotransformadores	2018-01-29	2018-02-01	2018-01-31	-1	20
18013036-2	secos Autotransformadores	2018-01-29	2018-02-01	2018-01-31	-1	22
18033118-2	secos	2018-04-16	2018-04-19	2018-04-18	-1	60

Serie No.	Tipo transformador	Fecha de inicio	Fecha estimada fin	Fecha fin	Retraso	Potencia
18103320-1	Multitap	2018-11-09	2018-11-14	2018-11-13	-1	200
18013052-1	Transformador seco	2018-01-26	2018-01-29	2018-01-29	0	30
18023070-1	Autotransformadores secos	2018-02-26	2018-03-01	2018-03-01	0	40
18043134-1	Autotransformadores secos	2018-04-20	2018-04-23	2018-04-23	0	40
18043134-2	Autotransformadores secos	2018-04-20	2018-04-23	2018-04-23	0	44
18043139-1	Transformador seco	2018-05-04	2018-05-08	2018-05-08	0	10
18043151-1	Multitap	2018-05-08	2018-05-11	2018-05-11	0	400
18043159-1	Reductor desfasador	2018-06-08	2018-06-13	2018-06-13	0	1200
18043159-2	Reductor desfasador	2018-06-08	2018-06-13	2018-06-13	0	1200
18053175-1	Multitap	2018-05-25	2018-05-28	2018-05-28	0	260
18043155-1	Transformador seco	2018-05-15	2018-05-18	2018-05-18	0	60
18103323-2	Multitap	2018-11-02	2018-11-07	2018-11-07	0	300
18103341-1	Reductor desfasador	2018-11-13	2018-11-16	2018-11-16	0	850
18113353-2	Multitap	2018-12-07	2018-12-11	2018-12-11	0	260
18023077-3	Reductor desfasador	2018-03-16	2018-03-20	2018-03-20	0	1000
18033095-1	Transformador seco	2018-03-20	2018-03-23	2018-03-23	0	15
18033107-1	Autotransformadores secos	2018-03-30	2018-04-03	2018-04-03	0	10
18103330-1	Multitap	2018-10-26	2018-10-30	2018-10-30	0	630
18113365-1	Reductor desfasador	2018-12-07	2018-12-12	2018-12-12	0	850
18013037-1	Autotransformadores secos	2018-01-12	2018-01-16	2018-01-17	1	25
18013034-1	Multitap	2018-01-19	2018-01-23	2018-01-24	1	300
18013038-1	Multitap	2018-02-02	2018-02-06	2018-02-07	1	630
18033089-1	Multitap	2018-03-16	2018-03-21	2018-03-22	1	400
18033089-2	Multitap	2018-03-16	2018-03-21	2018-03-22	1	400
18053173-1	Autotransformadores secos	2018-05-25	2018-05-30	2018-05-31	1	400
18053173-2	Autotransformadores secos	2018-05-25	2018-05-30	2018-05-31	1	400
18053174-1	Autotransformadores secos	2018-05-25	2018-05-30	2018-05-31	1	500
18053174-2	Autotransformadores secos	2018-05-25	2018-05-30	2018-05-31	1	500
18103336-1	Transformador seco	2018-11-16	2018-11-21	2018-11-22	1	30
18123378-1	Multifrecuencial	2018-12-28	2019-01-01	2019-01-02	1	1500
18123377-1	Reductor desfasador	2018-12-28	2019-01-01	2019-01-02	1	1500
18013032-1	Multitap	2018-01-19	2018-01-23	2018-01-24	1	200
18053177-1	Reductor distribución	2018-06-08	2018-06-12	2018-06-13	1	320
18103320-2	Multitap	2018-11-09	2018-11-14	2018-11-15	1	200
18013039-1	Multitap	2018-02-02	2018-02-05	2018-02-07	2	320
18013040-1	Reductor distribución	2018-02-02	2018-02-05	2018-02-07	2	320
18063233-1	Reductor desfasador	2018-07-13	2018-07-18	2018-07-20	2	400
18093300-1	Reductor distribución	2018-09-14	2018-09-19	2018-09-21	2	45
18013044-1	Autotransformadores secos	2018-01-26	2018-01-31	2018-02-02	2	80

Serie No.	Tipo transformador	Fecha de inicio	Fecha estimada fin	Fecha fin	Retraso	Potencia
18013051-1	Reductor desfasador	2018-02-02	2018-02-05	2018-02-07	2	400
18113348-1	Multitap	2018-11-23	2018-11-27	2018-11-29	2	400
18113347-1	Reductor desfasador	2018-11-23	2018-11-27	2018-11-29	2	400
18103333-1	Reductor distribución	2018-11-16	2018-11-20	2018-11-22	2	225
18013035-1	Multitap	2018-01-23	2018-01-26	2018-01-29	3	300
18033108-1	Distribución	2018-04-03	2018-04-06	2018-04-09	3	10
18113349-1	Reductor desfasador	2018-11-23	2018-11-27	2018-11-30	3	850
18113353-3	Multitap	2018-12-07	2018-12-11	2018-12-14	3	260
18043131-1	Reductor desfasador	2018-04-17	2018-04-20	2018-04-23	3	400
18053182-1	Reductor desfasador	2018-05-18	2018-05-22	2018-05-25	3	630
18063240-1	Autotransformadores secos	2018-07-13	2018-07-17	2018-07-20	3	120
18073245-1	Multitap	2018-08-10	2018-08-13	2018-08-16	3	200
18113350-1	Multitap	2018-11-23	2018-11-27	2018-11-30	3	850
18113351-1	Multitap	2018-12-07	2018-12-11	2018-12-14	3	320
18023064-2	Multitap	2018-03-09	2018-03-12	2018-03-16	4	400
18023083-1	Autotransformadores secos	2018-03-19	2018-03-22	2018-03-26	4	80
18023083-2	Autotransformadores secos	2018-03-19	2018-03-22	2018-03-26	4	88
18023068-2	Autotransformadores secos	2018-03-19	2018-03-22	2018-03-26	4	30
18023068-3	Autotransformadores secos	2018-03-19	2018-03-22	2018-03-26	4	33
18023068-4	Autotransformadores secos	2018-03-19	2018-03-22	2018-03-26	4	33
18063223-1	Multitap	2018-07-10	2018-07-13	2018-07-17	4	630
18103312-1	Reductor distribución	2018-10-23	2018-10-26	2018-10-30	4	1000
18103317-1	Multitap	2018-10-23	2018-10-26	2018-10-30	4	200
18013049-1	Reductor desfasador	2018-02-20	2018-02-23	2018-02-28	5	630
18033092-4	Reductor distribución	2018-04-06	2018-04-11	2018-04-16	5	2000
18033115-1	Multitap	2018-03-30	2018-04-04	2018-04-09	5	400
18023071-1	Autotransformadores secos	2018-02-26	2018-03-01	2018-03-06	5	60
18063209-1	Autotransformadores secos	2018-06-19	2018-06-22	2018-06-27	5	2
18063223-2	Multitap	2018-07-10	2018-07-13	2018-07-18	5	630
18063235-1	Autotransformadores secos	2018-07-20	2018-07-25	2018-07-30	5	100
18023073-1	Autotransformadores secos	2018-02-26	2018-03-01	2018-03-06	5	150
18043138-1	Reductor desfasador	2018-05-11	2018-05-16	2018-05-21	5	630
18043138-2	Reductor desfasador	2018-05-11	2018-05-16	2018-05-21	5	630
18053162-1	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-2	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-3	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-4	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4

Serie No.	Tipo transformador	Fecha de inicio	Fecha estimada fin	Fecha fin	Retraso	Potencia
18053162-5	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-6	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-7	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-8	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-9	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-10	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-11	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-12	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-13	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-14	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-15	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18053162-16	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-05-30	5	4
18103320-3	Multitap	2018-11-09	2018-11-14	2018-11-19	5	200
18103342-1	Multitap	2018-11-13	2018-11-16	2018-11-21	5	850
18113356-1	Autotransformadores secos	2018-12-03	2018-12-06	2018-12-11	5	22
17123017-1	Multitap	2018-01-12	2018-01-16	2018-01-22	6	400
18043145-1	Reductor desfasador	2018-05-11	2018-05-15	2018-05-21	6	1000
18083274-1	Multitap	2018-08-31	2018-09-04	2018-09-10	6	850
18013032-2	Multitap	2018-01-19	2018-01-23	2018-01-29	6	200
18023061-1	Transformador seco	2018-02-06	2018-02-09	2018-02-15	6	75
18053179-1	Transformador seco	2018-05-29	2018-05-30	2018-06-05	6	3
18053179-2	Transformador seco	2018-05-29	2018-05-30	2018-06-05	6	3
18093299-1	Autotransformadores secos	2018-10-01	2018-10-04	2018-10-10	6	5
18093299-2	Autotransformadores secos	2018-10-01	2018-10-04	2018-10-10	6	5
18093299-3	Autotransformadores secos	2018-10-01	2018-10-04	2018-10-10	6	5
18093299-4	Autotransformadores secos	2018-10-01	2018-10-04	2018-10-10	6	5
18063199-1	Reductor desfasador	2018-07-06	2018-07-11	2018-07-17	6	850
18083279-1	Multifrecuencial	2018-09-21	2018-09-26	2018-10-02	6	1500
18103339-1	Multitap	2018-11-16	2018-11-20	2018-11-26	6	300
18113346-1	Reductor desfasador	2018-11-20	2018-11-23	2018-11-29	6	630
18103320-4	Multitap	2018-11-09	2018-11-14	2018-11-20	6	200
18013043-1	Transformador seco	2018-02-05	2018-02-08	2018-02-15	7	200
18023075-1	Autotransformadores secos	2018-02-26	2018-03-01	2018-03-08	7	110
18073241-1	Reductor desfasador	2018-07-06	2018-07-11	2018-07-18	7	400

Serie No.	Tipo transformador	Fecha de inicio	Fecha estimada fin	Fecha fin	Retraso	Potencia
18103312-2	Reductor distribución	2018-10-23	2018-10-26	2018-11-02	7	1000
18013033-1	Multitap	2018-01-23	2018-01-26	2018-02-02	7	200
18023072-1	Autotransformadores secos	2018-02-26	2018-03-01	2018-03-08	7	120
18053176-1	Reductor distribución	2018-05-25	2018-05-28	2018-06-04	7	260
18063225-1	Reductor desfasador	2018-07-10	2018-07-13	2018-07-20	7	630
18063225-2	Reductor desfasador	2018-07-10	2018-07-13	2018-07-20	7	630
18063200-1	Reductor distribución	2018-07-06	2018-07-11	2018-07-18	7	850
18083279-2	Multifrecuencial	2018-09-21	2018-09-26	2018-10-03	7	1500
18103337-1	Reductor distribución	2018-11-23	2018-11-26	2018-12-03	7	750
18093303-1	Autotransformadores secos	2018-09-28	2018-10-03	2018-10-10	7	88
18033097-1	Reductor distribución	2018-03-16	2018-03-20	2018-03-28	8	2
18033114-1	Reductor desfasador	2018-03-30	2018-04-04	2018-04-12	8	400
18103339-2	Multitap	2018-11-16	2018-11-20	2018-11-28	8	300
18093306-1	Autotransformadores secos	2018-10-05	2018-10-08	2018-10-16	8	30
18123372-1	Reductor desfasador	2018-12-21	2018-12-25	2019-01-02	8	1500
18073266-1	Reductor desfasador	2018-07-27	2018-07-31	2018-08-09	9	850
18113366-1	Multitap	2018-11-30	2018-12-05	2018-12-14	9	200
18013026-1	Transformador seco	2018-01-19	2018-01-24	2018-02-02	9	8
18063201-1	Reductor desfasador	2018-06-08	2018-06-12	2018-06-21	9	400
18083279-3	Multifrecuencial	2018-09-21	2018-09-26	2018-10-05	9	1500
18083280-1	Reductor distribución	2018-09-21	2018-09-26	2018-10-05	9	1500
18083280-2	Reductor distribución	2018-09-21	2018-09-26	2018-10-05	9	1500
18083280-3	Reductor distribución	2018-09-21	2018-09-26	2018-10-05	9	1500
18103340-1	Multitap	2018-11-16	2018-11-20	2018-11-29	9	400
18033116-1	Multitap	2018-04-10	2018-04-13	2018-04-23	10	400
18043126-2	Multitap	2018-08-14	2018-08-17	2018-08-27	10	400
18043126-3	Multitap	2018-08-14	2018-08-17	2018-08-27	10	400
18023085-1	Autotransformadores secos	2018-03-13	2018-03-16	2018-03-26	10	55
18023085-2	Autotransformadores secos	2018-03-13	2018-03-16	2018-03-26	10	50
18043128-1	Multitap	2018-04-10	2018-04-13	2018-04-23	10	630
18063232-1	Transformador seco	2018-07-19	2018-07-20	2018-07-30	10	3
18073265-1	Reductor distribución	2018-08-28	2018-08-31	2018-09-10	10	225
18113355-1	Reductor desfasador	2018-12-07	2018-12-11	2018-12-21	10	260
18113355-2	Reductor desfasador	2018-12-07	2018-12-11	2018-12-21	10	260
18113355-3	Reductor desfasador	2018-12-07	2018-12-11	2018-12-21	10	260
18033113-2	Reductor distribución	2018-04-20	2018-04-23	2018-05-03	10	1250
18033113-3	Reductor distribución	2018-04-20	2018-04-23	2018-05-03	10	1250
18033113-4	Reductor distribución	2018-04-20	2018-04-23	2018-05-03	10	1250
18033113-5	Reductor distribución	2018-04-20	2018-04-23	2018-05-03	10	1250
18043156-1	Reductor distribución	2018-05-22	2018-05-25	2018-06-04	10	1250
18053193-1	Autotransformadores secos	2018-06-08	2018-06-12	2018-06-22	10	50
18053193-2	Autotransformadores secos	2018-06-08	2018-06-12	2018-06-22	10	55

Serie No.	Tipo transformador	Fecha de inicio	Fecha estimada fin	Fecha fin	Retraso	Potencia
18043140-1	Multitap	2018-04-27	2018-04-30	2018-05-11	11	200
18023079-1	Transformador seco	2018-03-12	2018-03-15	2018-03-26	11	50
18023080-1	Transformador seco	2018-03-12	2018-03-15	2018-03-26	11	50
18023080-2	Transformador seco	2018-03-12	2018-03-15	2018-03-26	11	50
18023080-3	Transformador seco	2018-03-12	2018-03-15	2018-03-26	11	50
18073249-1	Multitap	2018-08-07	2018-08-10	2018-08-21	11	400
18023078-1	Transformador seco	2018-03-12	2018-03-15	2018-03-26	11	150
18063214-1	Transformador seco	2018-06-27	2018-06-28	2018-07-09	11	0,5
17123023-1	Multitap	2018-01-05	2018-01-10	2018-01-22	12	850
18043126-1	Multitap	2018-08-14	2018-08-17	2018-08-29	12	400
18013030-1	Reductor desfasador	2018-01-05	2018-01-10	2018-01-22	12	850
18083293-1	Transformador seco	2018-09-25	2018-09-28	2018-10-10	12	150
18053178-2	Multitap	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-09	13	320
18053178-3	Multitap	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-09	13	320
18053164-2	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-06-07	13	120
18053189-1	Reductor desfasador	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-09	13	850
18053187-1	Reductor desfasador	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-09	13	400
18053187-2	Reductor desfasador	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-09	13	400
18083294-1	Transformador seco	2018-09-24	2018-09-27	2018-10-10	13	10
18083294-2	Transformador seco	2018-09-24	2018-09-27	2018-10-10	13	10
18083294-3	Transformador seco	2018-09-24	2018-09-27	2018-10-10	13	15
18103338-2	Transformador seco	2018-11-19	2018-11-22	2018-12-05	13	5
18103338-1	Transformador seco	2018-11-19	2018-11-22	2018-12-05	13	5
18053190-1	Reductor distribución	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-09	13	400
18053186-1	Reductor distribución	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-09	13	260
18053186-2	Reductor distribución	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-09	13	260
18053186-4	Reductor distribución	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-09	13	260
18053186-5	Reductor distribución	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-09	13	260
18063238-1	Autotransformadores secos	2018-07-13	2018-07-17	2018-07-30	13	150
18083285-1	Transformador seco	2018-09-24	2018-09-27	2018-10-10	13	45
17123024-2	Transformador seco	2018-01-15	2018-01-18	2018-02-01	14	100
18053166-1	Reductor 18P	2018-05-17	2018-05-22	2018-06-05	14	1000
18063222-1	Multitap	2018-06-29	2018-07-04	2018-07-18	14	850
18033113-1	Reductor distribución	2018-04-20	2018-04-23	2018-05-07	14	1250
18053167-1	Reductor distribución	2018-05-18	2018-05-23	2018-06-06	14	1000
18053167-2	Reductor distribución	2018-05-18	2018-05-23	2018-06-06	14	1000
18053194-1	Autotransformadores secos	2018-06-05	2018-06-08	2018-06-22	14	88
18053194-2	Autotransformadores secos	2018-06-05	2018-06-08	2018-06-22	14	80
18063226-1	Reductor desfasador	2018-08-17	2018-08-20	2018-09-03	14	630
18063226-2	Reductor desfasador	2018-08-17	2018-08-20	2018-09-03	14	630
18033115-2	Multitap	2018-03-30	2018-04-04	2018-04-19	15	400
18033114-2	Reductor desfasador	2018-03-30	2018-04-04	2018-04-19	15	400
18043148-1	Multitap	2018-04-20	2018-04-24	2018-05-09	15	400
18083272-1	Multitap	2018-09-14	2018-09-17	2018-10-02	15	630

Serie No.	Tipo transformador	Fecha de inicio	Fecha estimada fin	Fecha fin	Retraso	Potencia
18083272-2	Multitap Autotransformadores	2018-09-14	2018-09-17	2018-10-02	15	630
17123025-1	secos	2018-01-05	2018-01-09	2018-01-24	15	260
18063237-1	Reductor distribución	2018-07-20	2018-07-24	2018-08-09	16	450
18063224-1	Multitap	2018-08-17	2018-08-20	2018-09-05	16	630
18063224-2	Multitap	2018-08-17	2018-08-20	2018-09-05	16	630
18063211-1	Transformador seco	2018-07-03	2018-07-04	2018-07-20	16	4
18063221-1	Reductor desfasador	2018-06-29	2018-07-04	2018-07-20	16	850
18103339-3	Multitap	2018-11-16	2018-11-20	2018-12-06	16	300
18103339-4	Multitap	2018-11-16	2018-11-20	2018-12-06	16	300
18103339-5	Multitap	2018-11-16	2018-11-20	2018-12-06	16	300
18103343-1	Transformador seco	2018-11-16	2018-11-19	2018-12-05	16	50
18113367-1	Reductor distribución	2018-11-30	2018-12-05	2018-12-21	16	200
18033101-1	Reductor desfasador Autotransformadores	2018-03-20	2018-03-23	2018-04-09	17	630
18043135-1	secos Autotransformadores	2018-05-01	2018-05-04	2018-05-21	17	400
18033109-1	secos	2018-03-20	2018-03-23	2018-04-09	17	100
18083281-1	Reductor desfasador	2018-08-21	2018-08-24	2018-09-10	17	400
18073264-1	Reductor distribución	2018-08-21	2018-08-24	2018-09-10	17	225
18043132-1	Multitap	2018-04-17	2018-04-20	2018-05-08	18	400
18063227-2	Reductor distribución	2018-07-13	2018-07-18	2018-08-06	19	750
18043137-1	Multitap	2018-05-11	2018-05-16	2018-06-04	19	630
18063218-1	Multitap	2018-06-26	2018-06-29	2018-07-18	19	400
18063217-1	Reductor desfasador	2018-06-26	2018-06-29	2018-07-18	19	400
18043127-1	Reductor desfasador	2018-04-10	2018-04-13	2018-05-03	20	630
18023076-2	Reductor distribución	2018-03-16	2018-03-20	2018-04-09	20	1000
18023076-3	Reductor distribución	2018-03-16	2018-03-20	2018-04-09	20	1000
18073251-1	Multitap	2018-08-07	2018-08-10	2018-08-30	20	850
18123376-1	Transformador seco	2018-12-25	2018-12-26	2019-01-15	20	1
18053188-1	Reductor desfasador	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-16	20	600
18053188-2	Reductor desfasador	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-16	20	600
18053188-3	Reductor desfasador	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-16	20	600
18043140-2	Multitap	2018-04-27	2018-04-30	2018-05-21	21	200
18083273-3	Reductor distribución	2018-09-04	2018-09-07	2018-09-28	21	300
18083273-4	Reductor distribución Autotransformadores	2018-09-04	2018-09-07	2018-09-28	21	300
18123375-1	secos	2018-12-21	2018-12-26	2019-01-16	21	22
18063202-1	Reductor desfasador	2018-06-22	2018-06-26	2018-07-17	21	400
18073245-2	Multitap	2018-08-10	2018-08-13	2018-09-03	21	200
18073245-3	Multitap	2018-08-10	2018-08-13	2018-09-03	21	200
18073245-4	Multitap Autotransformadores	2018-08-10	2018-08-13	2018-09-03	21	200
18073253-1	secos Autotransformadores	2018-08-03	2018-08-06	2018-08-28	22	50
18073253-2	secos	2018-08-03	2018-08-06	2018-08-28	22	55
18083283-1	Reductor distribución	2018-09-21	2018-09-25	2018-10-17	22	1500
18083283-2	Reductor distribución	2018-09-21	2018-09-25	2018-10-17	22	1500

Serie No.	Tipo transformador	Fecha de inicio	Fecha estimada fin	Fecha fin	Retraso	Potencia
18053184-1	Autotransformadores secos	2018-05-28	2018-05-31	2018-06-22	22	50
18053184-2	Autotransformadores secos	2018-05-28	2018-05-31	2018-06-22	22	50
18113351-2	Multitap	2018-12-07	2018-12-11	2019-01-02	22	320
18043149-1	Reductor desfasador	2018-04-27	2018-05-02	2018-05-25	23	850
18053185-1	Multitap	2018-05-25	2018-05-29	2018-06-21	23	400
18043123-2	Reductor distribución	2018-06-12	2018-06-15	2018-07-09	24	400
18043125-1	Multitap	2018-06-12	2018-06-15	2018-07-09	24	400
18043125-2	Multitap	2018-06-12	2018-06-15	2018-07-09	24	400
18113351-3	Multitap	2018-12-07	2018-12-11	2019-01-04	24	320
18073252-1	Transformador seco	2018-08-06	2018-08-09	2018-09-03	25	10
18083269-1	Reductor desfasador	2018-08-24	2018-08-27	2018-09-21	25	630
18073242-1	Reductor distribución	2018-07-27	2018-08-01	2018-08-27	26	225
18083288-1	Multitap	2018-08-28	2018-08-31	2018-09-26	26	200
18053177-2	Reductor distribución	2018-06-08	2018-06-12	2018-07-09	27	320
18053177-3	Reductor distribución	2018-06-08	2018-06-12	2018-07-09	27	320
18053162-17	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-06-21	27	4
18053162-18	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-06-21	27	4
18053162-19	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-06-21	27	4
18053162-20	Autotransformadores secos	2018-05-22	2018-05-25	2018-06-21	27	4
18063219-1	Reductor desfasador	2018-06-26	2018-06-29	2018-07-27	28	630
18063239-1	Transformador seco	2018-07-13	2018-07-17	2018-08-14	28	125
18063239-2	Autotransformadores secos	2018-07-13	2018-07-17	2018-08-14	28	120
18123374-1	Transformador seco	2018-12-21	2018-12-26	2019-01-23	28	20
18043137-2	Multitap	2018-05-11	2018-05-16	2018-06-13	28	630
18053195-1	Autotransformadores secos	2018-06-19	2018-06-22	2018-07-20	28	15
18083288-2	Multitap	2018-08-28	2018-08-31	2018-09-28	28	200
18063234-1	Reductor desfasador	2018-07-13	2018-07-18	2018-08-16	29	260
18063234-2	Reductor desfasador	2018-07-13	2018-07-18	2018-08-16	29	260
18063215-1	Multitap	2018-06-15	2018-06-19	2018-07-18	29	400
18063215-2	Multitap	2018-06-15	2018-06-19	2018-07-18	29	400
18033102-1	Multitap	2018-03-20	2018-03-23	2018-04-23	31	630
18083269-2	Reductor desfasador	2018-08-24	2018-08-27	2018-09-27	31	630
18073247-2	Multitap	2018-08-10	2018-08-13	2018-09-14	32	630
18073248-1	Multitap	2018-08-10	2018-08-13	2018-09-14	32	850
18043150-1	Multitap	2018-04-27	2018-05-02	2018-06-04	33	850
18043160-1	Reductor distribución	2018-06-08	2018-06-13	2018-07-16	33	2000
18063206-1	Multifrecuencial	2018-06-29	2018-07-03	2018-08-06	34	1500
18063206-2	Multifrecuencial	2018-06-29	2018-07-03	2018-08-06	34	1500
18023065-1	Multitap	2018-03-09	2018-03-12	2018-04-16	35	630
18063198-1	Reductor desfasador	2018-06-15	2018-06-20	2018-07-25	35	630
18073250-1	Reductor desfasador	2018-08-07	2018-08-10	2018-09-14	35	850


Serie No.	Tipo transformador	Fecha de inicio	Fecha estimada fin	Fecha fin	Retraso	Potencia
18083289-1	Multitap	2018-09-07	2018-09-11	2018-10-16	35	200
18083289-2	Multitap	2018-09-07	2018-09-11	2018-10-16	35	200
18063216-1	Multitap	2018-06-15	2018-06-19	2018-07-25	36	300
18083270-1	Reductor desfasador	2018-09-14	2018-09-17	2018-10-23	36	630
18083270-2	Reductor desfasador	2018-09-14	2018-09-17	2018-10-23	36	630
18083282-1	Reductor distribución	2018-09-07	2018-09-12	2018-10-18	36	2500
18063203-1	Reductor desfasador	2018-06-29	2018-07-03	2018-08-09	37	1500
18063203-2	Reductor desfasador	2018-06-29	2018-07-03	2018-08-09	37	1500
18073256-1	Reductor desfasador	2018-08-10	2018-08-15	2018-09-21	37	1200
18023065-2	Multitap	2018-03-09	2018-03-12	2018-04-19	38	630
18063219-2	Reductor desfasador	2018-06-26	2018-06-29	2018-08-06	38	630
18113354-1	Reductor desfasador	2018-11-06	2018-11-09	2018-12-17	38	320
18113354-2	Reductor desfasador	2018-11-06	2018-11-09	2018-12-17	38	320
18113354-3	Reductor desfasador	2018-11-06	2018-11-09	2018-12-17	38	320
18063227-1	Reductor distribución	2018-07-13	2018-07-18	2018-08-27	40	1500
18113369-1	Reductor distribución	2018-11-30	2018-12-05	2019-01-15	41	300
18063208-1	Multifrecuencial	2018-07-27	2018-07-31	2018-09-10	41	1500
18063208-2	Multifrecuencial	2018-07-27	2018-07-31	2018-09-10	41	1500
18083282-2	Reductor distribución	2018-09-07	2018-09-12	2018-10-23	41	2500
18113368-1	Multitap	2018-11-30	2018-12-05	2019-01-15	41	300
18073262-1	Multitap	2018-08-07	2018-08-10	2018-09-21	42	560
18053176-2	Reductor distribución	2018-05-25	2018-05-28	2018-07-09	42	260
18013053-1	Autotransformadores secos	2018-02-23	2018-02-27	2018-04-11	43	20
18013053-2	Autotransformadores secos	2018-02-23	2018-02-27	2018-04-11	43	22
18073247-3	Multitap	2018-08-10	2018-08-13	2018-09-27	45	630
18113357-1	Transformador seco	2018-11-27	2018-11-28	2019-01-15	48	3
18083292-1	Multitap	2018-09-21	2018-09-25	2018-11-13	49	850
18083271-1	Multitap	2018-08-24	2018-08-27	2018-10-16	50	630
18063207-1	Multifrecuencial	2018-07-13	2018-07-17	2018-09-05	50	1500
18113368-2	Multitap	2018-11-30	2018-12-05	2019-01-24	50	300
18083271-2	Multitap	2018-08-24	2018-08-27	2018-10-17	51	630
18113369-2	Reductor distribución	2018-11-30	2018-12-05	2019-01-25	51	300
18063205-1	Reductor desfasador	2018-07-27	2018-07-31	2018-09-21	52	1500
18063205-2	Reductor desfasador	2018-07-27	2018-07-31	2018-09-21	52	1500
18063205-3	Reductor desfasador	2018-07-27	2018-07-31	2018-09-21	52	1500
18063208-3	Multifrecuencial	2018-07-27	2018-07-31	2018-09-21	52	1500
18063220-1	Multitap	2018-06-26	2018-06-29	2018-08-21	53	630
18063220-2	Multitap	2018-06-26	2018-06-29	2018-08-21	53	630
18023059-1	Multitap	2018-02-20	2018-02-23	2018-04-19	55	200
18053166-2	Reductor 18P	2018-05-17	2018-05-22	2018-07-16	55	1000
18063204-1	Reductor desfasador	2018-07-13	2018-07-17	2018-09-10	55	1500
18063204-2	Reductor desfasador	2018-07-13	2018-07-17	2018-09-10	55	1500
18073261-1	Reductor desfasador	2018-08-07	2018-08-10	2018-10-04	55	560
18063207-2	Multifrecuencial	2018-07-13	2018-07-17	2018-09-10	55	1500
18083291-1	Multitap	2018-09-07	2018-09-11	2018-11-05	55	300

Serie No.	Tipo transformador	Fecha de inicio	Fecha estimada fin	Fecha fin	Retraso	Potencia
18083273-5	Reductor distribución	2018-09-04	2018-09-07	2018-11-05	59	300
18083273-6	Reductor distribución	2018-09-04	2018-09-07	2018-11-06	60	300
18083273-7	Reductor distribución	2018-09-04	2018-09-07	2018-11-07	61	300
18073247-4	Multitap	2018-08-10	2018-08-13	2018-10-17	65	630
18083273-8	Reductor distribución	2018-09-04	2018-09-07	2018-11-13	67	300
18083290-1	Multitap	2018-09-14	2018-09-17	2018-11-26	70	630
18073248-2	Multitap	2018-08-10	2018-08-13	2018-10-23	71	850
18073246-1	Multitap	2018-08-10	2018-08-13	2018-10-23	71	300
18103320-5	Multitap	2018-11-09	2018-11-14	2019-01-25	72	200
18073246-2	Multitap	2018-08-10	2018-08-13	2018-10-25	73	300
18083291-2	Multitap	2018-09-07	2018-09-11	2018-11-26	76	300
18073246-3	Multitap	2018-08-10	2018-08-13	2018-10-30	78	300
18073257-1	Multifrecuencial	2018-08-10	2018-08-15	2018-11-02	79	1200
18073256-2	Reductor desfasador	2018-08-10	2018-08-15	2018-11-13	90	1200
18103324-1	Multitap	2018-10-26	2018-10-31	2019-01-29	90	630
18073257-2	Multifrecuencial	2018-08-10	2018-08-15	2018-11-13	90	1200
18113368-3	Multitap	2018-11-30	2018-12-05	2019-03-05	90	300
18073256-3	Reductor desfasador	2018-08-10	2018-08-15	2018-11-14	91	1200
18073257-3	Multifrecuencial	2018-08-10	2018-08-15	2018-11-14	91	1200
18073262-2	Multitap	2018-08-07	2018-08-10	2018-11-28	110	560
18063216-2	Multitap	2018-06-15	2018-06-19	2018-10-18	121	300
18063216-3	Multitap	2018-06-15	2018-06-19	2018-10-23	126	300

Anexo F Horas - hombre trabajadas en el proceso de construcción de bobinas, durante el año 2018

Mes	Horas hombre
Ene.	2 359,50
Feb.	2 126,40
Mar.	2 178,30
Abr.	2 588,40
May.	2 687,40
Jun.	2 888,70
Jul.	2 928,80
Ago.	3 527,80
Sep.	2 795,30
Oct.	3 841,40
Nov.	3 719,90
Dic.	4 225,90

Anexo G Diagramas de flujo del proceso construcción de bobinas, equipo de 4 kVA


Diagrama de flujo de proceso											
Departamento:		Producción	Bobinadora N°		1 <th colspan="5">Resumen tiempo (min)</th>	Resumen tiempo (min)					
Proceso:		Construcción bobinas	Tipo trabajo:		BT	1	Operación:	49,84			
Proyecto:		OPN 3137-1	Potencia:		4 KVA	2	Inspección:	10,31			
Tipo:		Autotransformador	TP:		220 V	3	Transporte:	2,64			
Elaborado por:		Jonathan Zurita	TS:		400 V	4	Demora:	12,47			Planta: Quito
Método:			Fecha:		2018/05/31	5	Almacenaje:	0,32			Código: RVR-
N°	Descripción	Número del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones	
1	Receptar mediante el sistema la orden de producción y planos de bobinas a desarrollar.	2		■				1,06			
2	Verificar existencia de la formaleta	2		■				8,49			
3	Mover materiales hasta área de trabajo	3			➡			2,49	15,00		
4	Formar aislamiento N-0	1	●					2,13			
5	Forrar con papel Nomex la tapa aislamiento	1	●					2,57			
6	Encerar contador de bobinadora	2		■				0,23			
7	Bobinar y dar forma al cable	1	●					1,55			
8	Colocar ductos plásticos	1	●					5,13			
9	Forrar con papel Nomex la tapa aislamiento	1	●					1,44			
10	Bobinar y dar forma al cable	1	●					1,51			
11	Realizar salidas y dar forma al cable	1	●					3,20			
12	Bobinar y dar forma al cable	1	●					1,28			
13	Realizar salidas y dar forma al cable	1	●					2,49			
14	Bobinar y dar forma al cable	1	●					1,07			
15	Realizar salidas y dar forma al cable	1	●					3,38			
16	Forrar con papel Nomex la tapa aislamiento	1	●					2,44			
17	Bobinar y dar forma al cable	1	●					0,57			
18	Esperar por ductos plásticos	4				■		12,47		Buscar materiales 2do piso	
19	Colocar ductos plásticos	1	●					3,18			
20	Forrar con papel Nomex la tapa aislamiento	1	●					2,56			
21	Bobinar y dar forma al cable	1	●					0,39			
22	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					0,20			
23	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					2,36			
24	Bobinar y dar forma al cable	1	●					0,21			
25	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					0,54			
26	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					1,39			
27	Revisar y templar cables	2		■				0,27			
28	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					0,18			
29	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					1,49			
30	Bobinar y dar forma al cable	1	●					0,17			
31	Revisar y templar cables	2		■				0,26			
32	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					0,15			
33	Bobinar y dar forma al cabl	1	●					0,29			
34	Revisar y templar cables	1	●					0,21			
35	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					0,26			
36	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					2,53			
37	Cubrir con cinta	1	●					4,17			
38	Cubrir con barniz	1	●					0,48			
39	Retirar bobina de máquina	1	●					0,32			
40	Mover bobina a rack	3			➡			0,15	0,80		
41	Almacenar bobina en rack	5					▼	0,32			
Total:			32	5	2	1	1	75,58	15,80		
			Tiempo (hh:mm:ss)					1,16			
			<i>Tiempo con valor agregado = tiempo de operación</i>					49,84			
			<i>tiempo total</i>					75,58	0,659	65,94%	

Anexo H Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo 225 kVA

Diagrama de flujo de proceso										
Departamento:		Producción		Bobinador N° 2		Resumen tiempo (min)				
Proceso:		Construcción bobinas		Tipo trabajo: AT		1	Operación:	265,11		
Proyecto:		3168-3		Potencia: 225 KVA		2	Inspección:	77,82		
Tipo:		Distribución		TP: 13800 V		3	Transporte:	13,23		
Elaborado por:		Jonathan Zurita		TS: 480 V		4	Demora:	46,11		
Método:				Fecha: 2018/06/01		5	Almacenaje:	1,08		
Planta: Quito										
Código: RVR-										
N°	Descripción	Número del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones
1	Receptar mediante el sistema la orden de producción y planos de bobinas a desarrollar.	2						1,49		
2	Verificar existencia de la formaleta	2						3,35		
3	Ajustar bobina a formaleta para trabajo	1						2,48		
4	Montar los rollos de cobre en el tensor	1						9,29		
5	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1						5,22		
6	Soldar salidas y dar forma al cable	1						4,21		
7	Sujetar collarin	1						2,56		
8	Revisar y templar cables	2						2,47		
9	Mover cables hasta bobinadora	3						2,29	2,50	
10	Limpiar suelda y forrar salida	1						2,14		
11	Bobinar y dar forma al cable	1						5,49		
12	Sujetar collarin	1						2,49		
13	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1						3,48		
14	Sujetar collarin	1						1,43		
15	Bobinar y dar forma al cable	2						15,26		El demora por montar cable en tensores. recibe avuda de
16	Soldar salidas y dar forma al cable	1						4,48		
17	Limpiar suelda y forrar salida	1						7,51		
18	Esperar materiales	4						6,57		
19	Bobinar y dar forma al cable	1						11,49		
20	Soldar salidas y dar forma al cable	1						5,27		
21	Limpiar suelda y forrar salida	1						3,04		
22	Bobinar y dar forma al cable	2						24,27		
23	Colocar ductos	1						7,43		
24	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1						3,56		
25	Colocar collarin	1						3,37		
26	Bobinar y dar forma al cable	1						19,37		
27	Soldar salidas y dar forma al cable	1						4,53		
28	Revisar y templar cables	1						4,49		
29	Ir al baño	4						5,16		
30	Limpiar suelda y forrar salida	1						5,48		
31	Bobinar y dar forma al cable	2						19,47		
32	Soldar salidas y dar forma al cable	1						4,02		
33	Limpiar suelda y forrar salida	1						10,35		
34	Esperar materiales	4						8,33		
35	Sujetar collarin	1						2,34		
36	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1						4,58		
37	Colocar ductos	1						8,47		
38	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1						4,19		
39	Sujetar collarin	1						2,51		
40	Bobinar y dar forma al cable	1						11,37		
41	Soldar salidas y dar forma al cable	1						3,58		
42	Trasladar cables hasta tensor	3						8,47	5,90	
43	Ayudar a mover bobina	4						14,57		
44	Limpiar suelda y forrar salida	1						5,49		
45	Sujetar collarin	1						3,39		

Continuación, Anexo H Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo 225 kVA

Diagrama de flujo de proceso

Departamento:	Producción	Bobinador N°	2	Resumen tiempo (min)			
Proceso:	Construcción bobinas	Tipo trabajo:	AT	1 ●	Operación:		265,11
Proyecto:	3168-3	Potencia:	225 KVA	2 ■	Inspección:		77,82
Tipo:	Distribución	TP:	13800 V	3 →	Transporte:		13,23
Elaborado por:	Jonathan Zurita	TS:	480 V	4 ◻	Demora:		46,11
Método:		Fecha:	2018/06/01	5 ▼	Almacenaje:	1,08	
						Planta: Quito	
						Código: RVR-	

N°	Descripción	Número del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones	
46	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					6,04			
47	Sujetar collarin	1	●					3,27			
48	Bobinar y dar forma al cable	1	●					16,17			
49	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					6,10			
50	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					4,33			
51	Bobinar y dar forma al cable	2	■					11,51			
52	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					4,28			
53	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					5,12			
54	Esperar materiales	4				◻		11,48			
55	Sujetar collarin	1	●					3,49			
56	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					4,29			
57	Sujetar collarin	1	●					3,23			
58	Bobinar y dar forma al cable	1	●					9,47			
59	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					5,29			
60	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					4,51			
61	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					5,24			
62	Retirar formaleta de máquina	1	●					5,18			
63	Mover bobinadora hasta mesa	3			→			2,47	1,80		
64	Almacenar bobina en mesa	5					▼	1,08			
Total:			48	7	3	5	1	403,35	10,20		
			Tiempo (hh:mm:ss)					6,43			
		<i>Tiempo con valor agregado = $\frac{\text{tiempo de operación}}{\text{tiempo total}}$</i>						265,11			
								403,35	0,657	65,73%	

Anexo I Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo de 630 kVA

Diagrama de flujo de proceso										
Departamento:		Producción <th colspan="2">Bobinador N°</th> <td colspan="2">3 <th colspan="3">Resumen tiempo (min)</th> </td>		Bobinador N°		3 <th colspan="3">Resumen tiempo (min)</th>		Resumen tiempo (min)		
Proceso:		Construcción bobinas <th colspan="2">Tipo trabajo:</th> <td colspan="2">AT <td>1</td> <td>Operación:</td> <td>217,35</td> </td>		Tipo trabajo:		AT <td>1</td> <td>Operación:</td> <td>217,35</td>		1	Operación:	217,35
Proyecto:		OPN 3137-1 <th colspan="2">Potencia:</th> <td colspan="2">630 KVA <td>2</td> <td>Inspección:</td> <td>48,49</td> </td>		Potencia:		630 KVA <td>2</td> <td>Inspección:</td> <td>48,49</td>		2	Inspección:	48,49
Tipo:		Multitap <th colspan="2">TP:</th> <td colspan="2">480 <td>3</td> <td>Transporte:</td> <td>7,61</td> </td>		TP:		480 <td>3</td> <td>Transporte:</td> <td>7,61</td>		3	Transporte:	7,61
Elaborado por:		Jonathan Zurita <th colspan="2">TS:</th> <td colspan="2">1400 / 4850 V <td>4</td> <td>Demora:</td> <td>52,53</td> </td>		TS:		1400 / 4850 V <td>4</td> <td>Demora:</td> <td>52,53</td>		4	Demora:	52,53
Método:				Fecha:		2018/05/31 <td>5</td> <td>Almacenaje:</td> <td>0,42</td>		5	Almacenaje:	0,42
								Planta: Quito		
								Código: RVR-		
N°	Descripción	Número del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones
1	Receptar mediante el sistema la orden de producción y planos de bobinas a desarrollar.	2		■				4,57		
2	Verificar existencia de la formaleta	2		■				4,48		
3	Mover bobina hasta máquina	3			→			1,36	2,50	
4	Ajustar bobina a formaleta para trabajo	1	●					2,54		
5	Montar los rollos de cobre en el tensor	1	●					5,27		
6	Tomar las medidas del papel y otros materiales	2		■				7,18		
7	Buscar materiales, tubos, papel crepe, etc	4				D		3,05		
8	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					2,40		
9	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					2,13		
10	Formar salida y forrar con papel crepe	1	●					2,09		
11	Ayudar a bobinador 4 y 5	4				D		16,04		
12	Cubrir con papel diamantado capa de aislamiento	1	●					2,54		
13	Sujetar collarín derecho	1	●					1,58		
14	Encerar contador de bobinadora	2		■				0,23		
15	Sujetar cables hasta bobinadora	3			→			1,04	2,50	
16	Revisar y templar cables	2		■				0,26		
17	Bobinar y dar forma al cable	1	●					9,57		
18	Tomar las medidas del papel y otros materiales	2		■				8,42		
19	Revisar hoja de trabajo con el Coordinador	2		■				15,23		
20	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					2,51		
21	Sujetar collarín izquierdo	1	●					2,07		
22	Bobinar y dar forma al cable	1	●					11,47		
23	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					2,46		
24	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					2,41		
25	Bobinar y dar forma al cable	1	●					2,24		
26	Sujetar collarín derecho	1	●					1,17		
27	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					3,49		
28	Colocar collarín derecho	1	●					2,37		
29	Bobinar y dar forma al cable	1	●					2,23		
30	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					2,11		
31	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					3,04		
32	Bobinar y dar forma al cable	1	●					4,48		
33	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					1,37		
34	Ayudar a bobinadora 2	4				D		4,08		
35	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					3,21		
36	Ayudar a bobinadora 2	4				D		9,53		
37	Sujetar collarín	1	●					0,49		
38	Verificar cantidad de cables	2		■				6,11		
39	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					1,04		
40	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					1,21		
41	Ayudar a bobinadora 2	4				D		1,38		
42	Bobinar y dar forma al cable	1	●					3,57		
43	Ayudar a bobinadora 2	1	●					6,43		
44	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					1,52		



Continuación, Anexo I Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo de 630 kVA

Diagrama de flujo de proceso

Departamento:	Producción	Bobinador N°	3	Resumen tiempo (min)		
Proceso:	Construcción bobinas	Tipo trabajo:	AT	1 ●	Operación:	217,35
Proyecto:	OPN 3137-1	Potencia:	630 KVA	2 ■	Inspección:	48,49
Tipo:	Multitap	TP:	480	3 →	Transporte:	7,61
Elaborado por:	Jonathan Zurita	TS:	1400 / 4850 V	4 ▢	Demora:	52,53
Método:		Fecha:	2018/05/31	5 ▼	Almacenaje:	0,42
						Planta: Quito
						Código: RVR-



N°	Descripción	Número del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones	
45	Bobinar y dar forma al cable	1	●					6,06			
46	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					1,29			
47	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					4,13			
48	Bobinar y dar forma al cable	1	●					2,16			
49	Sujetar collarin izquierdo	1	●					2,09			
50	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					5,32			
51	Baño	4				▢		2,55			
52	Sujetar collarin izquierdo	1	●					2,21			
53	Bobinar y dar forma al cable	1	●					4,47			
54	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					2,48			
55	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					3,55			
56	Bobinar y dar forma al cable	1	●					2,03			
57	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					2,44			
58	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					3,07			
59	Examinar calidad del cable	2		■				1,09			
60	Bobinar y dar forma al cable	1	●					11,04			
61	Formar salida y forrar con papel crepe	1	●					3,14			
62	Sujetar collarin medio	1	●					1,49			
63	Examinar número de conexiones	2		■				0,53			
64	Formar salida y forrar con papel crepe	1	●					1,57			
65	Encerar contador de bobinadora	2		■				0,39			
66	Bobinar y dar forma al cable	1	●					1,29			
67	Sujetar collarin derecho	1	●					1,57			
68	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					4,06			
69	Colocar ductos	1	●					2,15			
70	Bobinar y dar forma al cable	1	●					9,56			
71	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					2,56			
72	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					2,58			
73	Sujetar collarin	1	●					2,49			
74	Bobinar y dar forma al cable	1	●					10,56			
75	Sujetar collarin	1	●					3,15			
76	Ayudar a bobinadora 2	4				▢		9,47			
77	Formar salida y forrar con papel crepe	1	●					3,16			
78	Bobinar y dar forma al cable	1	●					6,38			
79	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					2,44			
80	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					2,03			
81	Sujetar collarin	1	●					2,41			
82	Colocar ductos	1	●					1,49			
83	Cubrir con papel diamantado capa de aislamiento	1	●					2,11			
84	Ayudar a bobinadora 2	4				▢		6,43			
85	Llenar datos de registros de producción	1	●					4,25			
86	Retirar formaleta de máquina	1	●					5,56			
87	Mover bobinadora hasta mesa	3			→			5,21	6,00		
88	Almacenar bobina en mesa	5					▼	0,42			
89		1	●								
Total:			66	11	3	8	1	326,40	11,00		
		Tiempo (hh:mm:ss)						5,26			
		<i>Tiempo con valor agregado = tiempo de operación / tiempo total</i>						217,35			
								326,40	0,666	66,59%	

Anexo J Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo de 1200 kVA

Diagrama de flujo de proceso

Departamento:		Producción		Bobinador N° 4		Resumen tiempo (min)				
Proceso:		Construcción bobinas		Tipo trabajo: BT		1 ●	Operación:	275,02		
Proyecto:		OPN 3159-1 Petroamazonas		Potencia: 1200 KVA		2 ■	Inspección:	35,67		
Tipo:		Shift Transformer doble gabinete		TP: 13800 V		3 ➡	Transporte:	28,81		
Elaborado por:		Jonathan Zurita		TS: 480 V		4 ●	Demora:	53,00		
Método:				Fecha: 2018/05/29		5 ▼	Almacenaje:	1,19		
								Planta: Quito		
								Código: RVR-		
N°	Descripción	Número del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones
1	Receptar mediante el sistema la orden de producción y planos de bobinas a desarrollar.	2	■	■				0,54		
2	Verificar existencia de la formaleta	2	■	■				7,21		
3	Realizar adecuaciones a formaleta	3			➡			8,12	5,30	
4	Tomar las medidas del papel y otros materiales	1	●					4,16		
5	Ajustar bobina a formaleta para trabajo	1	●					1,54		
6	Esperar por materiales para realizar bobinado	2	■	■				4,46		
7	Montar los rollos de cobre en el tensor	4				●		10,39		
8	Formar aislamiento N-0	1	●					2,12		
9	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					3,15		
10	Sujetar collarin	1	●					2,51		
11	Esperar por materiales	4				●		18,46		
12	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					5,49		
13	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					5,35		
14	Romper punto de suelda	2	■	■				4,23		
15	Corregir suelda	3			➡			17,28	2,50	
16	Limpiar suelda y forrar salida	2	■	■				7,28		
17	Bobinar y dar forma al cable	1	●					11,27		
18	Revisar y templar cables	2	■	■				2,31		
19	Bobinar y dar forma al cable	1	●					4,58		
20	Cortar cables salidas	1	●					3,27		
21	Ayudar bobinadora 2	1	●					13,49		
22	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					5,05		
23	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					4,59		
24	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					5,14		
25	Sujetar collarin	1	●					5,18		
26	Bobinar y dar forma al cable	1	●					8,50		
27	Sujetar collarin	1	●					5,23		
28	Cortar cables salidas	1	●					3,49		
29	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					8,16		
30	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					6,47		
31	Sujetar collarin	1	●					4,38		
32	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					3,10		
33	Sujetar collarin	1	●					4,31		
34	Revisar y templar cables	4				●		2,56		
35	Cortar cables salidas	1	●					3,21		
36	Soldar salidas y dar forma al cable	4				●		4,48		
37	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					5,36		
38	Revisar y templar cables	2	■	■				2,41		
39	Bobinar y dar forma al cable	1	●					8,11		
40	Sujetar collarin	1	●					2,19	2,00	
41	Bobinar y dar forma al cable	4				●		7,52		
42	Colocar ductos	1	●					2,27		
43	Sujetar collarin	1	●					3,53		
44	Colocar ductos	1	●					4,22		



Continuación, Anexo J Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo de 1200 kVA

Diagrama de flujo de proceso


Departamento:	Producción	Bobinador N°	4			Resumen tiempo (min)		
Proceso:	Construcción bobinas	Tipo trabajo:	BT			1 ●	Operación:	275,02
Proyecto:	OPN 3159-1 Petroamazonas	Potencia:	1200 KVA			2 ■	Inspección:	35,67
Tipo:	Shift Transformer doble gabinete	TP:	13800 V			3 ➡	Transporte:	28,81
Elaborado por:	Jonathan Zurita	TS:	480 V			4 ●	Demora:	53,00
Método:		Fecha:	2018/05/29			5 ▼	Almacenaje:	1,19
								Planta: Quito
								Código: RVR-



N°	Descripción	Número del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones
45	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					2,42		
46	Bobinar y dar forma al cable	1	●					9,47		
47	Sujetar collarin	1	●					3,48		
48	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					4,09		
49	Revisar y templar cables	1	●					3,24		
50	Sujetar collarin	1	●					3,19		
51	Bobinar y dar forma al cable	1	●					5,25		
52	Sujetar collarin	1	●					3,25		
53	Esperar por materiales	4				■		4,17		
54	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					4,19		
55	Sujetar collarin	1	●					3,07		
56	Bobinar y dar forma al cable	1	●					8,40		
57	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					2,29		
58	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					5,13		
59	Bobinar y dar forma al cable	2		■				4,16		
60	Sujetar collarin	1	●					3,09		
61	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					5,32		
62	Ir al baño	4				■		5,42		
63	Sujetar collarin	1	●					3,31		
64	Bobinar y dar forma al cable	1	●					9,44		
65	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					8,42		
66	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					5,53		
67	Bobinar y dar forma al cable	1	●					9,02		
68	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					7,42		
69	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					6,51		
70	Revisar y templar cables	2		■				3,07		
71	Sujetar collarin	1	●					2,43		
72	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					3,21		
73	Retirar bobina de máquina	1	●					4,43		
74	Mover bobinadora hasta mesa	3			➡			3,41	2,90	
75	Almacenar bobina en mesa	5					▼	1,19		
Total:			55	9	3	7	1	393,69	12,70	
			Tiempo (hh:mm:ss)					6,34		
<i>Tiempo con valor agregado = $\frac{\text{tiempo de operación}}{\text{tiempo total}}$</i>								275,02	0,699	69,86%
								393,69		


Anexo K Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo de 850 kVA

Diagrama de flujo de proceso

Departamento:		Producción	Bobinador N°	5	Resumen tiempo (min)					
Proceso:		Construcción bobinas	Tipo trabajo:	AT	1 ●	Operación:	271,21	Planta: Quito		
Proyecto:		3150-1	Potencia:	850 KVA	2 ■	Inspección:	87,82			
Tipo:		Multitap	TP:	480 V	3 ➡	Transporte:	15,23			
Elaborado por:		Jonathan Zurita	TS:	1600 V	4 D	Demora:	44,11			
Método:			Fecha:	2018/05/28	5 ▼	Almacenaje:	1,08	Código: RVR-		
N°	Descripción	Número del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones
1	Receptar mediante el sistema la orden de producción y planos de bobinas a desarrollar.	2	■	■				1,49		
2	Verificar existencia de la formaleta	2	■	■				3,35		
3	Ajustar bobina a formaleta para trabajo	1	●					2,48		
4	Montar los rollos de cobre en el tensor	1	●					9,29		
5	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					5,22		
6	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					4,21		
7	Sujetar collarin	1	●					2,56		
8	Revisar y templar cables	2	■	■				2,47		
9	Mover cables hasta bobinadora	3	■		➡			2,29	2,50	
10	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					2,14		
11	Bobinar y dar forma al cable	1	●					5,49		
12	Sujetar collarin	1	●					2,49		
13	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					3,48		
14	Sujetar collarin	1	●					1,43		
15	Bobinar y dar forma al cable	2	■	■				25,26		El cable #8 □ se encuentra rayado por lo cual se procede a
16	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					4,48		
17	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					7,51		
18	Esperar materiales	4				D		6,57		Papel crepe, tubos, collarines
19	Bobinar y dar forma al cable	1	●					11,49		
20	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					5,27		
21	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					3,04		
22	Bobinar y dar forma al cable	2	■	■				24,27		Se forra con papel en rayaduras
23	Colocar ductos	1	●					7,43		
24	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					3,56		
25	Colocar collarin	1	●					3,37		
26	Bobinar y dar forma al cable	1	●					19,37		
27	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					4,53		
28	Revisar y templar cables	1	●					4,49		
29	Ir al baño	4				D		5,16		
30	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					5,48		
31	Bobinar y dar forma al cable	2	■	■				19,47		Se forra con papel en rayaduras
32	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					4,02		
33	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					10,35		
34	Esperar materiales	4				D		8,33		
35	Sujetar collarin	1	●					2,34		
36	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					4,58		
37	Colocar ductos	1	●					8,47		
38	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					4,19		
39	Sujetar collarin	1	●					2,51		
40	Bobinar y dar forma al cable	1	●					13,47		Se forra con papel en rayaduras
41	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					3,58		
42	Trasladar cables hasta tensor	3			➡			8,47	5,90	
43	Ayudar a mover bobina	4				D		14,57		
44	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					5,49		

Continuación, Anexo K Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo de 850 kVA

Diagrama de flujo de proceso

Departamento:	Producción	Bobinador N°	5			Resumen tiempo (min)			
Proceso:	Construcción bobinas	Tipo trabajo:	AT			1 ●	Operación:	271,21	
Proyecto:	3150-1	Potencia:	850 KVA			2 ■	Inspección:	87,82	
Tipo:	Multitap	TP:	480 V			3 →	Transporte:	15,23	
Elaborado por:	Jonathan Zurita	TS:	1600 V			4 D	Demora:	44,11	
Método:		Fecha:	2018/05/28			5 ▼	Almacenaje:	1,08	Planta: Quito
									Código: RVR-

N°	Descripción	Número del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones	
45	Sujetar collarin	1	●					3,39			
46	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					6,04			
47	Sujetar collarin	1	●					3,27			
48	Bobinar y dar forma al cable	1	●					16,17		Se forra con papel en rayaduras	
49	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					6,10			
50	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					5,33			
51	Bobinar y dar forma al cable	2	■					11,51		Se forra con papel en rayaduras	
52	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					4,28			
53	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					5,12			
54	Esperar materiales	4				D		9,48			
55	Sujetar collarin	1	●					3,49			
56	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					4,29			
57	Sujetar collarin	1	●					3,23			
58	Bobinar y dar forma al cable	1	●					12,47		Se forra con papel en rayaduras	
59	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					5,29			
60	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					4,51			
61	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					5,24			
62	Retirar formaleta de máquina	1	●					5,18			
63	Mover bobinadora hasta mesa	3			→			4,47	1,80		
64	Almacenar bobina en mesa	5					▼	1,08			
	Total:		48	7	3	5	1	419,45	10,20		
			Tiempo (hh:mm:ss)					6,59			
								271,21			
								419,45	0,647		64,66%

Anexo L Diagrama de flujo de proceso construcción de bobinas, equipo 260 kVA

Diagrama de flujo de proceso										
Departamento:		Producción		Bobinador N°		6		Resumen tiempo (min)		
Proceso:		Construcción bobinas		Tipo trabajo:		AT		Operación: 142,32		
Proyecto:		3175-1 Halliburton		Potencia:		260 KVA		Inspección: 21,90		
Tipo:		Multitap		TP:		480 V		Transporte: 1,34		
Elaborado por:		Jonathan Zurita		TS:		110 V		Demora: 87,16		
Método:				Fecha:		2018/05/24		Almacenaje: 0,51		
								Planta: Quito		
								Código: RVR-		
N°	Descripción	Número del proceso	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Tiempo (min)	Distancia (m)	Observaciones
1	Receptar mediante el sistema la orden de producción y planos de bobinas a desarrollar.	2		■				2,23		
2	Verificar existencia de la formaleta	2		■				8,21		
3	Mover materiales hasta máquina	1	●					8,36		
4	Realizar adecuaciones a formaleta	1	●					10,48		
5	Ajustar bobina a formaleta para trabajo	1	●					7,51		
6	Esperar por cables para realizar bobinado	4				■		35,45		
7	Montar los rollos de cobre en el tensor	4				■		39,33		Cable #6 y #7
8	Formar aislamiento N-0	2		■				9,49		
9	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					4,53		
10	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					4,07		
11	Formar salida y forrar con papel crepe	1	●					4,54		
12	Mover cables hasta bobinadora	1	●					2,49		
13	Esperar por collarines y papel para trabajos	1	●					3,16		
14	Sujetar collarin	1	●					2,24		
15	Bobinar y dar forma al cable	1	●					4,13		
16	Revisar y templar cables	1	●					2,47		
17	Bobinar y dar forma al cable	1	●					9,16		
18	Tomar las medidas del papel y otros materiales	4				■		10,29		
19	Esperar por collarines y papel para trabajos	1	●					2,24		
20	Sujetar collarin	1	●					1,43		
21	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					2,26		
22	Sujetar collarin	1	●					2,57		
23	Bobinar y dar forma al cable	1	●					4,47		
24	Sujetar collarin	1	●					2,11		
25	Colocar papel aislante con ductos	1	●					4,08		
26	Colocar collarin	1	●					2,49		
27	Bobinar y dar forma al cable	1	●					8,53		
28	Colocar collarin	1	●					2,07		
29	Revisar y templar cables	2		■				0,51		
30	Bobinar y dar forma al cable	1	●					9,26		
31	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					6,47		
32	Limpiar suelda y forrar salida	1	●					3,49		
33	Colocar collarin	1	●					4,11		
34	Buscar materiales	4				■		2,09		
35	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					2,46		
36	Colocar collarin	1	●					2,51		
37	Bobinar y dar forma al cable	1	●					7,28		
38	Colocar collarin	1	●					1,58		
39	Soldar salidas y dar forma al cable	1	●					3,26		
40	Forrar con papel diamantado la tapa aislamiento	1	●					2,04		
41	Retirar formaleta de máquina	1	●					4,47		
42	Mover bobinadora hasta mesa	3			→			1,34	1,80	
43	Almacenar bobina en mesa	5					▼	0,51		
44	Llenar datos de registros de producción	2		■				1,46		
Total:		33		5	1	4	1	253,23	1,80	
		Tiempo (hh:mm:ss)						4,13		
<i>Tiempo con valor agregado = $\frac{\text{tiempo de operación}}{\text{tiempo total}}$</i>								142,32	0,562	56,20%
								253,23		

Anexo M Resumen de los motivos de retraso en la finalización del proceso construcción de bobinas

Motivo de retraso	Cantidad	Suma retraso
Cambio de prioridad	50	1640
Coordinador no cierra a tiempo la orden en el sistema	63	611
Cliente no emite orden para fabricación	12	596
Falta de material	24	439
Traslado de la planta	7	271
Equipo fabricado para stock	3	78
Retraso por cantidad de equipos	5	69
Alambre recuperado	4	63
Falla del material durante la fabricación	4	53
Diseño no está listo	3	51
Preparar fleje de cobre	1	20
Fechas mal ingresadas al sistema	1	8
Total general	177	3899

Resultados de la investigación de los motivos de retrasos en la muestra de los conjuntos de bobinas que se cerraron con retraso.