



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DE LA  
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN  
LA PROCESADORA DE PLÁSTICOS RT REICLART.**

---

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

**Autor**

Morales Yanchaguano Carlos Patricio

**Tutor**

Ing. Joel Segura D'Rouville MSc

QUITO – ECUADOR

2019

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PROCESADORA DE PLÁSTICOS RT RECICLART” presentado por Carlos Patricio Morales Yanchaguano, para optar por el Título de Ingeniero Industrial.

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 08 de marzo del 2019

.....  
MSc. Joel Segura D’Rouville  
C.C: 1756974968

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

Yo, Morales Yanchaguano Carlos Patricio, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PROCESADORA DE PLÁSTICOS RT RECICLART”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito a los 08 días del mes de marzo de 2019, firmo conforme:

Autor: Morales Yanchaguano Carlos Patricio

Firma: .....

Número de Cédula: 1720825015

Dirección: Pichincha, Quito, Calderón, Carapungo.

Correo Electrónico: carlospatricio151@hotmail.com

Teléfono: 0995576694

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 08 de marzo del 2019

.....  
Morales Yanchaguano Carlos Patricio  
C.C. 1720825015

## **APROBACIÓN TRIBUNAL**

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PROCESADORA DE PLÁSTICOS RT RECICLART, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito,.....2019

.....

EXAMINADOR

.....

EXAMINADOR

## **DEDICATORIA**

A mis padres por ser el pilar fundamental para alcanzar mis objetivos planteados, en toda mi educación tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo, a los Ingenieros que fueron mis maestros en la UTI que me impartieron sus conocimientos, por su apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la culminación de este trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia por que juntos me impulsaron por el camino para alcanzar mis objetivos en la vida, en especial a mis padres por ser ese apoyo incondicional durante cada etapa de mi vida, al MSc Joel Segura por ser esa persona que ayudo en todo momento a la realización de este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	ii
AUTORIZACIÓN PARA EL REPOSITORIO DIGITAL .....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
EL PROBLEMA.....	2
Tema .....	2
JUSTIFICACIÓN .....	3
OBJETIVOS .....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos .....	5
MARCO TEÓRICO .....	6
REN21 “Red de políticas de energía renovable para el siglo XXI” .....	6
Consumo de energía en la industria del plástico.....	7
Análisis de medidas de ahorro de energía en una empresa de producción.....	8
Propuesta estratégica para mejorar la gestión energética de la empresa	
Agrobiotecnología de Costa Rica S.A. ....	9
Analizadores de calidad eléctrica .....	10
METODOLOGÍA.....	10
Modalidad Básica de la Investigación .....	10
DIAGNÓSTICO Y RESULTADOS .....	12
Instalación del analizador de redes en los Bornes de Baja Tensión del Transformador 163589 de 100 kVA.....	12

Instalación del analizador de redes en los Bornes de entrada al tablero de distribución trifásico .....	21
Instalación del analizador de redes en los Bornes de Baja Tensión del Transformador 166764 de 125 kVA .....	29
Instalación del analizador de redes en los Bornes de entrada al tablero de distribución trifásico .....	37
RESULTADOS .....	47
Resultados del Diagnóstico de la instalación de un Analizador de Redes en los bancos de transformadores.....	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	49
Conclusiones.....	49
Recomendaciones .....	50
PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.....	51
Presentación de la propuesta.....	51
Justificación de la propuesta .....	52
Datos informativos.....	53
CÁLCULOS .....	62
Cálculo para la selección de los bancos de transformadores .....	62
Cálculo con los datos de la carga total conectada al transformador de 125kVA de la tabla 15.....	62
Cálculo de potencia aparente del transformador.....	63
Cálculo para la selección del banco de transformadores .....	64
Cálculo con los datos de la carga total conectada al transformador de 100kva de la tabla 33.....	64
Cálculo de la sección de los conductores para cada circuito de salida del Panel General de Distribución para el servicio de banco de transformador de 125kVA. ....	67
Cálculo de la sección de los conductores para cada circuito de salida del Panel General de Distribución para el servicio de banco de transformador de 100kVA. ....	70
Cálculos para la selección de las protecciones o breakers de los circuitos conectados al transformador de 125kVA .....	74
Cálculos para la selección de las protecciones o breakers de los circuitos conectados al transformador de 100kVA .....	76

Cálculo de tubería o canalización para los conductores de Panel General de Distribución para el servicio de banco de transformador de 125kVA.....	80
Cálculo de tubería o canalización para los conductores de Panel General de Distribución para el servicio de banco de transformador de 100Kva.....	81
REFERENCIAS.....	84
ANEXOS .....	87
Anexo 1 Capacidad de transformadores en KVA.....	87
Anexo 2 Lista de cables normalizados de tipo THWN .....	88
Anexo3. Interruptores termo magnéticos o breakers .....	89
Anexo 4. Interruptores termo magnéticos o breakers (continuación).....	90
Anexo 5 Diámetro de tubería por numero de conductores .....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de demandas .....	13
Tabla 2: Descripción parámetro analizado .....	14
Tabla 3: Análisis de demandas .....	22
Tabla 4: Descripción del parámetro utilizado .....	23
Tabla 5: Análisis de demandas .....	30
Tabla 6: Descripción del parámetro analizado .....	31
Tabla 7: Análisis de demandas .....	39
Tabla 8: Descripción del parámetro analizado .....	39
Tabla 9: Peletizadora #1 .....	53
Tabla 10: Peletizadora #2 .....	53
Tabla 11: Cuarto de bombas y enfriador .....	54
Tabla 12: Caja térmica 220v monofásica .....	54
Tabla 13: Tomacorrientes .....	54
Tabla 14: Consumo medido total de corriente por fase .....	55
Tabla 15: Subextruder #2.....	55
Tabla 16: Compresor .....	55
Tabla 17: Molino .....	56
Tabla 18: Extrusora #1.....	56
Tabla 19: Extrusora #2.....	56
Tabla 20: Extrusora #3.....	57
Tabla 21: Extrusora #4.....	57
Tabla 22: Extrusora #5.....	57
Tabla 23: Mezcladora .....	58
Tabla 24: Selladora#1 .....	58
Tabla 25: Selladora#2 .....	58
Tabla 26: Selladora#3 .....	59
Tabla 27: Selladora#4 .....	59
Tabla 28: Selladora#5 .....	59
Tabla 29: Selladora#6 .....	60
Tabla 30: Caja térmica.....	60
Tabla 31: Voltaje y potencia de lámparas y tomacorrientes .....	61
Tabla 32: Consumo medido total de corriente.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Perfil de la demanda.....	16
Figura 2: Perfil de Voltajes Fase Neutro promedio .....	17
Figura 3: Perfil de voltajes fase-fase promedio .....	18
Figura 4: Perfil de corriente promedio.....	18
Figura 5: Factor de potencia .....	19
Figura 6: Curva de flicker, curva de THD .....	19
Figura 7: Distorsión Armónica de Voltaje.....	20
Figura 8: Distorsión armónica de corriente .....	20
Figura 9: Perfil de demanda.....	25
Figura 10: Perfil de voltaje, curva de corrientes y factor de potencia .....	26
Figura 11: Perfil de voltajes fase - fase promedio .....	26
Figura 12: Perfil de corriente promedio.....	27
Figura 13: Factor de potencia .....	27
Figura 14: Curva de flicker PST .....	28
Figura 15: Distorsión armónica .....	28
Figura 16: Perfil de demanda.....	33
Figura 17: Perfil de voltajes fase-neutro promedio .....	34
Figura 18: Perfil de voltajes fase-fase promedio .....	34
Figura 19: Perfil de corriente promedio.....	35
Figura 20: Factor de potencia .....	35
Figura 21: Curva de flicker PST .....	36
Figura 22: Distorsión armónica de voltaje.....	36
Figura 23: Distorsión armónica de corriente .....	37
Figura 24: Perfil de demanda.....	41
Figura 25: Perfil de voltajes fase-neutro promedio .....	42
Figura 26: Perfil de voltajes fase-fase promedio .....	43
Figura 27: Perfil de corriente promedio.....	43
Figura 28: Factor de potencia .....	44
Figura 29: Curva de Flicker .....	44
Figura 30: Distorsión armónica .....	45

Figura 31: Perfil de voltajes mínimos (fase-neutro) vs corrientes máximas .....	46
Figura 32: Cálculo de potencia aparente del transformador .....	63
Figura 33: Cálculo de potencia aparente del transformador .....	66

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

**TEMA: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PROCESADORA DE PLÁSTICOS RT RECICLART**

**AUTOR:** Morales Yanchaguano Carlos Patricio

**TUTOR:** Ing. Joel Segura D'Rouville MSc

**RESUMEN EJECUTIVO**

La presente investigación está centrada en una empresa dedicada al procesamiento de fundas de plástico ubicada en la ciudad de Quito, la empresa se ha visto en la necesidad de conocer la realidad energética debido a que existen cortocircuitos de energía y paralización de la producción por sobrecarga en los transformadores, el estudio que se realizara a continuación consiste en el análisis y propuesta para el mejoramiento de la situación energética en el procesamiento de plásticos en la empresa RT RECICLART S.A, el objetivo central de esta investigación es recolectar información relevante que sea la base fundamental para proponer una estrategia encaminada a la mejora de la Eficiencia Energética en la planta procesadora. Se pretende orientar las decisiones que el propietario de la empresa debe tomar con respecto a la inversión que será necesaria para la implementación de nuevos equipos que pueden ser necesarios para mejorar las condiciones de trabajo dentro de las instalaciones eléctricas de la empresa. Para lograr lo anteriormente descrito, se recopiló información tanto a nivel primario como secundario, el principal objeto que sirvió para la recolección de datos fue un analizador de redes conectado al banco de transformadores con los que cuenta la empresa el primero con una capacidad de 125kVA y el segundo de 100kVA, dando como resultado de este previo análisis que los dos transformadores se encuentran sobrecargados, además, existen bajos niveles de voltaje para lo que se recomienda el redimensionamiento de los transformadores, conductores y protecciones. Para de esta manera seleccionar los materiales eléctricos adecuados que eliminen los problemas que se tienen en la planta procesadora.

**DESCRIPTORES:** Eficiencia Energética, procesadora de plásticos, energía eléctrica.

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

**THEME: PROPOSAL FOR THE IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY  
IN THE RT RECICLART PLASTICS PROCESSOR**

**AUTHOR:** Morales Yanchaguano Carlos Patricio

**TUTOR:** Ing. Joel Segura D´Rouville MSc

**ABSTRACT**

The present investigation is centered in a company dedicated to the processing of plastic bags. In the city of Quito, the company has seen the need to know the energy reality, due to short circuits of energy and production paralysis because of the overload in the transformers. The study consist of the analysis and the proposal for the improvement of the energy situation in the processing of plastics in the company RT RECICLART SA, the main objective of this research is to collect relevant information that is the fundamental basis to propose a strategy aimed to improve energetic efficiency in the processing plant.

It is intended to guide the decisions that the owner of the company must make with respect to the investment that will necessary for the implementation of new equipment that may be necessary to improve working conditions within the company's electrical installations.

In order to achieve the previously described information it was collected at the first and second level where the main object that served for data collection was a network analyzer connected to the bank of transformers with which the company has the first with a capacity of 125kVA and the second of 100Kva. As a result of this previous analysis, it was found the two transformers are overload; in addition, there are low voltage levels that are why it is recommended to resize the transformers, conductors and protections.

Taking into account these criteria to select the appropriate electrical materials that eliminate the problems that are in the processing plant, obtaining a quality service that decrease the paralysis of the production due to power cuts and increasing the useful life of the equipment.

**KEYWORDS:** Energy efficiency, plastics processing

## INTRODUCCIÓN

En el transcurso de los últimos años el mejoramiento de Eficiencia Energética dentro de la industria se ha visto en la necesidad de avanzar a la par con la nueva tecnología ya que es una de las principales herramientas con las que se puede lograr el incremento en la productividad y el ahorro de costos de producción de cualquier empresa, tomando en cuenta estos aspectos se ha tomado la decisión de realizar una propuesta para diseñar un plan de mejora de eficiencia energética en la procesadora de plásticos RT RECICLART S.A con el fin de analizar y dar una propuesta a los problemas que se generan de índole energética en la empresa, para de esta manera evitar paros innecesarios por cortes de energía generados por sobrecarga que se dan en los transformadores, el bajo nivel de voltaje y prolongar la vida útil del equipamiento que forma parte del proceso de producción de fundas plásticas, reciclaje, peletizado, etc.

Los conocimientos acerca de las herramientas de eficiencia energética ayudarán a que cada una de las máquinas con las que se cuenta sean aprovechadas de la mejor manera, en cuanto a la energía necesaria que cada una de estas requiere, lo que será muy importante en la reingeniería enfocada en la reducción de costos de producción y así cuidar y prolongar la vida útil del equipamiento, obteniendo una mayor calidad en el servicio eléctrico, menores tiempos desperdiciados por cortes de energía y mayores niveles de producción.

Debido a lo que se realizó un estudio de diagnóstico de las instalaciones eléctricas pertenecientes a la procesadora de plásticos RT RECICLART S.A por parte de la Empresa Eléctrica Quito el cual consistió en la instalación de un instrumento registrador llamado Analizador de Redes, el cual se conectó en paralelo con el banco del transformador durante un periodo de tiempo de 7 días para de esta manera por medio de tomas instantáneas de los diferentes parámetros eléctricos con un intervalo de tiempo de 10 min poder conformar las diferentes características de dichos parámetros en el transcurso del tiempo, y así conocer su comportamiento.

Se toma como base esta información para la realización del diagnóstico energético en el banco de transformadores y en la instalación industrial, así como: los cálculos para la selección de la sección de los conductores, protecciones y canalización para cada uno de los circuitos con los que cuenta la industria, aprovechando de mejor manera el recurso energético tanto en la disminución de su consumo, así como en la protección de las maquinarias y en especial del banco de transformadores puesto que los mismos están trabajando sobre su capacidad nominal, lo que puede producir que estos se quemen y queden inutilizables siendo un inminente riesgo para la empresa por el costo que representarían.

## **EL PROBLEMA**

### **Tema**

“PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PROCESADORA DE PLÁSTICOS RT RECICLART”.

La procesadora de plásticos RT RECICLART se ha visto en la necesidad de incrementar su producción considerablemente por el crecimiento de la demanda de sus productos plásticos en el Distrito Metropolitano de Quito tales como: fundas para basura en diferentes medidas y colores, fundas para viveros, maseteros, plásticos para invernaderos, etc. Otro de los servicios con que también cuenta la empresa es la realización del proceso de peletizado: polietileno de baja y alta densidad y plásticos duros, este proceso hace que todo tipo de fundas recicladas, baldes, y cualquier clase de material a base plástico se vuelve a convertir en materia prima para la utilización de la empresa misma, así como para la comercialización a las diferentes empresas que se encargan de realizar este tipo de productos.

De tal manera que se ha convertido en uno de los principales distribuidores del mercado, y es por esta razón que se ha visto en la necesidad de realizar un análisis de la eficiencia energética en la planta de procesamiento de plásticos puesto que no existe estudios sobre esta temática, partiendo de este punto se puede indicar que la eficiencia energética se puede impactar desde el diseño y la implementación de tecnologías

desarrolladas con criterios de uso eficiente y racional de la energía, procedimientos de operación, y el mantenimiento de equipos.

En la procesadora de plásticos RT RECICLART en la cual se va a realizar el análisis de la situación de eficiencia energética en el proceso productivo, se ha evidenciado que durante el proceso productivo existen situaciones de índole energética que hacen que las protecciones de los transformadores se quemem (fusibles) problema que se debe a una sobre carga de corriente en el banco de transformadores lo que indica que es necesario contar con una solución inmediata a dicho inconveniente debido a que en la actualidad no se cuenta con ningún sistema que pueda ayudar a que esto no suceda así como también medidas que contribuyan a la disminución de consumo energético en las instalaciones eléctricas, maquinarias. Tales como: planes de medida de ahorro energético, acomodos de carga, conocimiento del nivel de cargabilidad del transformador, alumbrado, así como tampoco existen valores diarios a tomar en cuenta sobre eficiencia energética tales como índices de consumo y estructura de consumo y valores diarios de consumo de energía eléctrica. Uno de los principales problemas que se ha podido evidenciar en la planta es la sobre carga que se dé al momento de realizar el encendido al mismo tiempo de todas las maquinas el cual genera que cada que esto sucede se queman los fusible de los transformadores con los que cuenta la planta y existen paradas de planta innecesarias que podrían ser evitadas.

## **JUSTIFICACIÓN**

Es importante para la empresa tener un correcto manejo de la eficiencia energética, pues a través de la misma se logra mantener los mismos niveles productivos con un menor consumo de energía eléctrica, lo cual se traduce en un monto menor en concepto de pago de la misma a la Empresa Eléctrica, un menor valor del componente de costo de electricidad implícito en el costo total de producción de fundas de plástico. De esta forma se lograría mejorar uno de los indicadores de eficiencia energética, como es el Índice de Consumo, el cual nos relaciona toda la energía consumida por un mes en la instalación, dividido por la producción total del mes.

La realización de los estudios de acomodo de carga en la mencionada industria permite disminuir consumos del horario pico y desplazarlos al horario día y madrugada en los cuales el costo de la energía en dichos horarios es mucho menos con respecto al horario pico. Además, la realización del balanceo de la carga monofásica por el lado del secundario del transformador, permitiría el alargamiento de la vida útil del mismo. De no realizarse esto, implicaría que el transformador, aunque no esté sobrecargado en su totalidad, y si una fase del mismo, se corre el riesgo de la destrucción del equipo por tener una fase sobrecargada.

Se hace necesario la verificación del nivel de cargabilidad del transformador acorde a las normas cada 3 años para de esta forma tener criterio de diagnóstico en cuanto a si es necesario o no el cambio de capacidad del mismo, cuando esta sub cargado por debajo de un 80 % y sobrecargado por encima de un 100%. Además, es necesario verificar los niveles de voltaje al cual es alimenta el equipamiento y comprobar de esta forma si se encuentran dentro de los rangos establecidos por las normas.

El impacto del presente proyecto está dado por el ahorro de energía en el proceso productivo, así como la disminución de contaminación al medio ambiente, teniendo de esta manera ahorro para la industria en costos de producción, mejor aprovechamiento de los recursos y es un aporte a la disminución del cambio climático que está enfrentando el planeta, buscando de esta manera soluciones adecuadas para la implementación de acciones correctivas necesarias para que los problemas que han sido evidenciados sean solucionados de la mejor manera, incrementando la vida útil del equipo y la maquinaria (máquinas y herramientas), obteniendo un menor porcentaje de depreciación anual por su uso, mayor cantidad de unidades producidas con menor energía utilizada.

La utilidad del presente proyecto radica en que permite un manejo adecuado de los recursos energéticos los cuales redundan en el mejoramiento de los indicadores establecidos de eficiencia energética.

Los beneficiarios del proyecto serán tanto a los estudiantes y la procesadora de plásticos RT RECICLART. Los primeros podrán conocer todos los procedimientos que

se deben realizar para el análisis de eficiencia energética en una empresa que se dedique al procesamiento de plásticos de tal forma que se puedan generar nuevos sistemas, buscando siempre la mejora continua; por otra parte la empresa podrá comprender la importancia de implementar un sistema de mejoramiento de eficiencia energética, y la importancia de tener datos sobre los índices de consumo que se tienen a diario en la empresa. Además, redundaría en una reducción de los pagos por concepto de energía eléctrica, contar con un servicio eléctrico dentro de los parámetros de calidad los cuales garantizarían un largo tiempo de vida útil para el equipamiento de la instalación.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Proponer una estrategia encaminada a la mejora de la eficiencia energética en la Procesadora de Plásticos RT RECICLART.

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar energéticamente la procesadora de plásticos RT RECICLART S.A.
- Determinar las principales oportunidades de mejora para reducir los consumos, y los costos energéticos en la empresa.
- Recomendar un plan de medidas necesarias en base a previo diagnóstico realizado en las instalaciones para mejorar la eficiencia energética.

## MARCO TEÓRICO

El nivel de consumo energético para la producción de artículos plásticos es una variable que en los últimos años ha cobrado gran importancia, ya que tiene no solo un impacto ambiental en su uso racional sino que tiene un costo representativo para la producción. La industria dedicada a la transformación de plásticos es un consumidor intensivo de energía eléctrica. Se estima que el costo de la energía representa entre el 4% y el 10% de los costos operacionales en una planta de transformación. El ahorro en el consumo de energía es sin dudas un incentivo indiscutible adicional para emprender acciones al interior de cada empresa, que siempre tienen impacto positivo inmediato en sus costos y por lo tanto en su productividad. Este factor cada vez se vuelve más importante en la medida en que se incrementa el costo de la energía.

### **REN21 “Red de políticas de energía renovable para el siglo XXI”**

La búsqueda de mayor eficiencia energética y el impulso de las energías, son temas recurrentes en los foros nacionales e internacionales que se realizan periódicamente con énfasis en la última década. Existe una red global dedicada exclusivamente a estos asuntos y se denomina REN 21 (RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21st CENTURY). Esta red vincula a los gobiernos del mundo, organizaciones sin fines de lucro públicos o privados, investigadores independientes, sector académico, organismos internacionales y empresas para que compartan e intercambien experiencias y conocimientos en torno al uso de las energías renovables y también en cuanto a formas de optimización y eficiencia energética.

La meta de REN21 además de facilitar el intercambio de conocimiento, promueve la creación y ejecución de políticas y el trabajo coordinado de todos los involucrados para una transición de energía eficiente y rápida. Como parte de su trabajo, este organismo aglutina información de todo el planeta y la comparte con sus miembros, promueve la discusión y debate, así como organiza redes temáticas de apoyo, a través de un sólido sistema virtual.

De acuerdo al Reporte de la Situación Mundial de las energías renovables, que realizó REN21, a pesar de que el consumo de energía por unidad de producción

económica ha mejorado notablemente desde el año 2010, existen múltiples formas de mejorar aún más, la eficiencia energética en todo el mundo. Los factores que promueven esta mejora incluyen: Promover el crecimiento económico, reducir el cambio climático y la seguridad energética. Esto traería grandes beneficios tanto a países desarrollados, como a países en vías de desarrollo, permitiéndoles facilitar el suministro de los servicios energéticos a la población que no tenga acceso a los mismos. Cada vez más países adoptan nuevas políticas que les ayuden a cumplir este objetivo mediante la mejora de la eficiencia en la industria, transporte y edificios. (REN21, 2015)

Para cumplir este objetivo, un creciente número de países ha implementado políticas que mejoran la eficiencia energética en la industria, edificios, transporte, etc. Incluso se crearon estándares y programas de etiquetado para mejorar la eficiencia de productos consumidos de energía; tal fue su popularidad, que para el año 2014, 81 países ya contaban con los mismos.

Se espera que se puedan unir tanto la energía renovable y la eficiencia energética como una sola en el ámbito de la política, en cuanto a incentivos que involucren objetivos económicos, regulaciones y construcción, de esta manera las empresas públicas y privadas del globo podrán beneficiarse de estas mejoras. Por otro lado, a nivel particular, hay varios estudios también sobre el tema de la eficiencia energética, de los cuales se mencionan algunos ejemplos afines al tema de esta investigación:

### **Consumo de energía en la industria del plástico**

Vargas, Posada, Jaramillo y García (2015) realizaron un estudio sobre el “Consumo de energía en la industria del plástico; Revisión de estudios Realizados” que tuvo como objetivo Analizar varios estudios de consumo y uso racional de la energía para determinar el impacto ambiental y en los costos de producción para la industria del plástico. Los autores señalan que, en la industria del plástico, más de la mitad de la energía global utilizada para producir un producto, es atribuida a los equipos de procesamiento, lo que representa un costo importante para las empresas. También destacan la ausencia en las empresas del plástico, de aplicar mediciones cuantitativas de

la energía consumida en los procesos, por lo mismo, suelen desconocer la relación entre kW-h y kilo de producto producido, y el tener dichos datos podría ayudar a la industria a optimizar los procesos reduciendo el consumo de los mismos. Las conclusiones más relevantes a las que los autores llegaron fueron:

- La industria del plástico es un sector de gran potencial de desarrollo a nivel nacional e internacional. Es importante tener en cuenta su impacto en los consumos energéticos requeridos, para procesar y transformar los diferentes materiales plásticos.
- En su mayoría, los equipos de procesamiento requieren energía eléctrica para transformar los plásticos y estos representan más de la mitad del consumo de energía global para generar un producto plástico. El consumo energético tiene una relevante influencia sobre la competitividad de las empresas de plásticos y contribuye a la mitigación del impacto ambiental de este sector manufacturero.
- Normalmente, las empresas cuantifican los consumos de materia prima y la producción en kilogramos, sin embargo, no se mide la energía consumida por los procesos (kW-h) y por lo tanto la relación kW-h/kg es un valor poco conocido o cuantificado, este hecho motiva la necesidad de realizar una caracterización más amplia de los consumos energéticos en las regiones de mayor desarrollo y producción del sector plástico.

### **Análisis de medidas de ahorro de energía en una empresa de producción**

Salazar, Guzmán y Bueno (2018) en su estudio “Análisis de medidas de ahorro de energía en una empresa de producción” tuvieron como objetivo analizar diversas medidas de ahorro de energía utilizables en empresas productoras para establecer recomendaciones que permitan mejorar la eficiencia energética de las mismas. El estudio se sustentó en investigación de campo mediante datos obtenidos de una empresa de producción, referentes a horas de trabajo, consumo mensual, índices de consumo, entre otros. En las conclusiones se señala que el principal aporte de este trabajo fue el de proveer una metodología para cuantificar el ahorro energético en la industria

“mediante un procedimiento basado en los gráficos de control que permite sistematizar el cálculo de los ahorros de energía posibles”. Entre las medidas de ahorro de energía propuestas por los autores se menciona el cambio de luminarias, el manejo de horarios para encendido y apagado de luminarias según se trate de horas de trabajo u horas de descanso, reducción de la iluminación de planta y exterior, cambio de motores y transformadores, apagado de aires acondicionado y equipos de oficina en horas de descanso y la utilización de equipos nuevos con mayor frecuencia que los equipos más antiguos, al ser más eficientes en el consumo de energía. Al respecto se concluye que:

Las propuestas realizadas según el método presentado lograron un ahorro, cada mes al sistema de generación de electricidad de un total de 138 024,8 kW-h por mes, en promedio. Y, la empresa logró operar en puntos óptimos de consumo de acuerdo con la producción, además de la implementación de acciones, el ahorro es equivalente a la energía eléctrica necesaria para alimentar hasta 278 residencias con la energía que se deja de desperdiciar. La aplicación generalizada de la metodología propuesta permitiría reducir el problema energético nacional de una manera sistemática, eliminando el derroche de energía sin afectar el nivel de la producción industrial.

(Salazar, Guzman, & Bueno, 2018, pág. 50)

### **Propuesta estratégica para mejorar la gestión energética de la empresa Agrobiotecnología**

Arrieta (2015) en su tesis titulada “Propuesta estratégica para mejorar la gestión energética de la empresa Agrobiotecnología.” tuvo por objetivo “la elaboración de una propuesta estratégica para mejorar la gestión energética que realiza la empresa Agrobiotecnología de Costa Rica S.A., mediante una investigación de campo, que permita mejorar el uso de dicho recurso” (pág. ix), El autor señala que, como parte de las propuestas necesarias para mejorar la eficiencia energética, se analizó el consumo de la maquinaria, encontrando que los equipos de la empresa tenían hasta 12 años y una eficiencia energética baja, y observó la falta de uniformidad en las luminarias, tanto sus

características como eficiencia. Destaca también la falta de una planificación de requerimientos energéticos del proceso productivo, lo que debería incluir cronogramas de mantenimiento, sustitución de máquinas y alternativas para monitorear el consumo.

### **Analizadores de calidad eléctrica**

Los analizadores de calidad eléctrica instalados FLUKE incluyen una medida continua que contiene información detallada sobre cada ciclo analizado durante la medida y el registro; esta función es clave para determinar el estado de todo el sistema eléctrico. Está diseñado para cubrir las necesidades de la tarea de medida prevista, con categorías de seguridad que responden a su entorno en este caso aplicado a una industria dedicada al procesamiento de plásticos. El software de aplicación de estos dispositivos facilita la descarga, el análisis y la presentación de datos de la calidad eléctrica con la mayor eficiencia posible. Estos analizadores se pueden utilizar para el diagnóstico y resolución de problemas; o como instrumentos de evaluación comparativa para descubrir la tendencia de la calidad eléctrica a lo largo del tiempo.

## **METODOLOGÍA**

### **Modalidad Básica de la Investigación**

#### **De Campo**

En el presente proyecto se realizará una investigación de campo, pues es necesario obtener los datos reales de corriente en los circuitos de distribución interna de las instalaciones industriales para la verificación de la sección transversal de los conductores actualmente en servicio. Además, se realiza un diagnóstico a los bancos de transformadores que dan servicio a dicha instalación, por medio de la instalación de un analizador de redes trifásico por un periodo de 8 días.

#### **Bibliográfica**

Se realiza una investigación bibliografía actualizada, concerniente a la selección adecuada de los conductores, circuitos de protección, así como la selección adecuada de un banco de transformadores.

## **Dominio Tecnología y sociedad**

Esta investigación tiene como dominio al estudio de materiales con un doble enfoque, industrial y arquitectónico. Dicho enfoque trata de definir las leyes de comportamiento necesarias para el diseño de máquinas y el estudio de materiales novedosos en este caso para el redimensionamiento de los transformadores, conductores, protecciones y canalizaciones que sirvan para la construcción ecológica o energéticamente eficiente, de todos los elementos a usarse en la propuesta que se dará para la solución del problema encontrado.

## **Línea de investigación**

El presente proyecto tiene como línea de investigación los estudios socioculturales y económicos del consumo ya que en el proceso de producción de fundas de plástico se implica el consumo de uno de los insumos como es la energía eléctrica la cual es parte fundamental en la producción por lo que se quiere implementar un plan de sistema de eficiencia energética en la industria en cuestión que se dedica al procesamiento de plásticos la cual tiene una importante demanda de energía eléctrica, por lo que se busca disminuir el consumo eléctrico, mejorar las condiciones de trabajo de los equipos y de esta manera ser más competitivos en el mercado puesto que la actividad industrial implica procesos, herramientas, tecnología, insumos y productos que exigen un consumo energético elevado.

**Campo:** Ingeniería Industrial

**Área:** Eficiencia energética

**Aspecto:** Plan de medidas necesarias para mejorar la eficiencia energética en la procesadora de plásticos RT REICLART.

**Objeto de estudio:** Propuesta de mejora de la Eficiencia Energética en el procesamiento de productos plásticos de la empresa RT REICLART S.A

## **DIAGNÓSTICO Y RESULTADOS**

La solución al caso de estudio se justifica por los requerimientos técnicos que deben cumplir los conductores empleados en los circuitos de distribución interna ubicados en dichas instalaciones, pues la corriente que realmente circula por dichos conductores debe ser menor o igual a las capacidades nominales de los conductores, los elementos de protección de dicho circuito deben ser calculados en base a las corrientes reales que van a circular, a través de los mismos. Pues de esta forma, es que se logra garantizar una verdadera protección tanto: A los conductores y, al equipamiento alimentado por los circuitos, así poder realizar la selección adecuada de las protecciones y demás componentes para la nueva distribución eléctrica.

### **Instalación del analizador de redes en los Bornes de Baja Tensión del Transformador 163589 de 100 kVA**

**Empresa Eléctrica de Quito S.A**

**Departamento de control de calidad de producto y pérdidas técnicas sección medición**

**Calidad de producto:** ACP-2018-MAR

**Referencia:** EEQ-DCPT-2018-0058-ME

**Código:** DI-CP-P001-F003

**Área que solicita:** Departamento de control de calidad de producto y pérdidas técnicas.

**Persona que solicita:** Ing. Santiago Peñafiel

**Fecha de recepción del pedido:** 21/03/2018

**Fecha de despacho del pedido:** 28/03/2018

**Nombre del cliente:** RTRECICLART S.A.

**Dirección:** Calle Cantabrias y de los fundadores

**Sector y zona:** Urbano, norte, calderón

**Punto GIS:** 785443.8046                      9990267                      2822

**Transformador N°:** 163589

**Montaje:** Centro de transf. aéreo

**Fases:** 3

**Potencia (kVA):** 100

**Propiedad:** Cliente

**Medio voltaje (V):** 22860

**Bajo voltaje (V):** 210/121

**Subestación:** 57 (E.E. Quito / S/E 57 Pomasqui)

**Primario:** DQTA-57A ((57A) ALIMENTADO

**Sitio de la Instalación:** Bornes de Baja Tensión del Transformador 163589 de 100 kVA

**Suministro:** 965986

**Fases:** 3

**Equipo Instalado:** FLUKE 1744

**Días de Lectura:** 7

**Intervalo de registro:** 0:10 min

**Número de registros:** 1008

### **Análisis de demandas**

Tabla 1: Análisis de demandas

<b>Análisis de demandas</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Energías</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Factor de uso a demanda mínima	9.19	%	Potencia disponible	-14.89	kVA
Factor de uso a demanda media	59.16	%	Factor de carga	52.18	%
Factor de uso a demanda máxima	114.9	%	Energía en el punto de medición	9427.15	kW/h

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 1 se encuentran los valores mínimos, medios y máximos del uso de la capacidad del transformador de 100kVA que indican en porcentaje el uso que se le está dando al equipo, así como el valor de sobre carga con la que se encuentra el mismo que

es un parámetro fundamental dentro de esta investigación para poder determinar la capacidad idónea que debe tener este equipo para poder brindar un servicio de calidad.

### Descripción parámetro analizado

Tabla 2: Descripción parámetro analizado

Descripción parámetro analizado	PROM	MAX	MIN	Cumple REG CONELEC 004/001	Observaciones
Demanda KW	56.11	107.54	0.29		
Demanda KVA	59.01	114.89	9.19		
Factor de potencia total	0.95	0.94	-0.03		
Factor de potencia fase1	0.93	1.00	-1.00		El 32.44% de los registros están fuera de los límites permitidos
Factor de potencia fase2	0.96	1.00	-1.00		El 30.06% de los registros están fuera de los límites permitidos
Factor de potencia fase3	0.94	1.00	-1.00		El 30.36% de los registros están fuera de los límites permitidos
Voltaje fase1	123.84	128.85	119.91	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Voltaje fase2	123.20	127.99	119.25	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Voltaje fase3	123.28	127.95	119.44	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Flicker corta duración fase1	0.46	1.44	0.16	SI	El 0.69% de los registros están fuera de los límites permitidos
Flicker corta duración fase2	0.45	1.44	0.16	SI	El 0.60% de los registros están fuera de los límites permitidos

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

Tabla 2: Continuación

Flicker corta duración fase3	0.47	1.46	0.16	SI	El 0.60% de los registros están fuera de los límites permitidos
Distorsión armónicos voltaje (THD) fase1(%)	2.82	3.81	1.90	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Distorsión armónicos voltaje (THD) fase2(%)	2.81	3.71	1.95	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Distorsión armónicos voltaje (THD) fase3(%)	2.79	3.68	1.93	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Corriente fase1	169.55	335.20	19.90		
Corriente fase2	173.37	325.40	19.70		
Corriente fase3	162.66	312.60	19.60		
Corriente neutro	2.28	5.83	0.00		
Desbalance porcentual de voltajes (%)	18.59	6.97	3.27		
Desbalance porcentual de corrientes (%)	0.67	0.35	0.67		

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 2 se pueden apreciar los valores mínimos, máximos y promedio de todos los parámetros que se encuentran en la tabla para de esta manera no solo conocer el nivel de cargabilidad de los transformadores si no también los valores de:

- Voltaje que es el trabajo por unidad de carga que ejerce un campo eléctrico en una partícula para moverla en dos posiciones determinadas.
- Corriente que es el flujo de carga eléctrica la cual recorre un material.
- Flicker que es la impresión subjetiva de fluctuación de la luminancia.
- THD: Cuando se habla de los armónicos en las instalaciones de energía, son los armónicos de corriente los más preocupantes, puesto que son corrientes que generan efectos negativos. Es habitual trabajar únicamente con valores

correspondientes a la distorsión armónica total (THD) como en este caso son motores de velocidad variable.

Que son parte fundamental para conocer la realidad de energética de la planta procesadora en los demás componentes que la conforman como son el cableado y las protecciones.

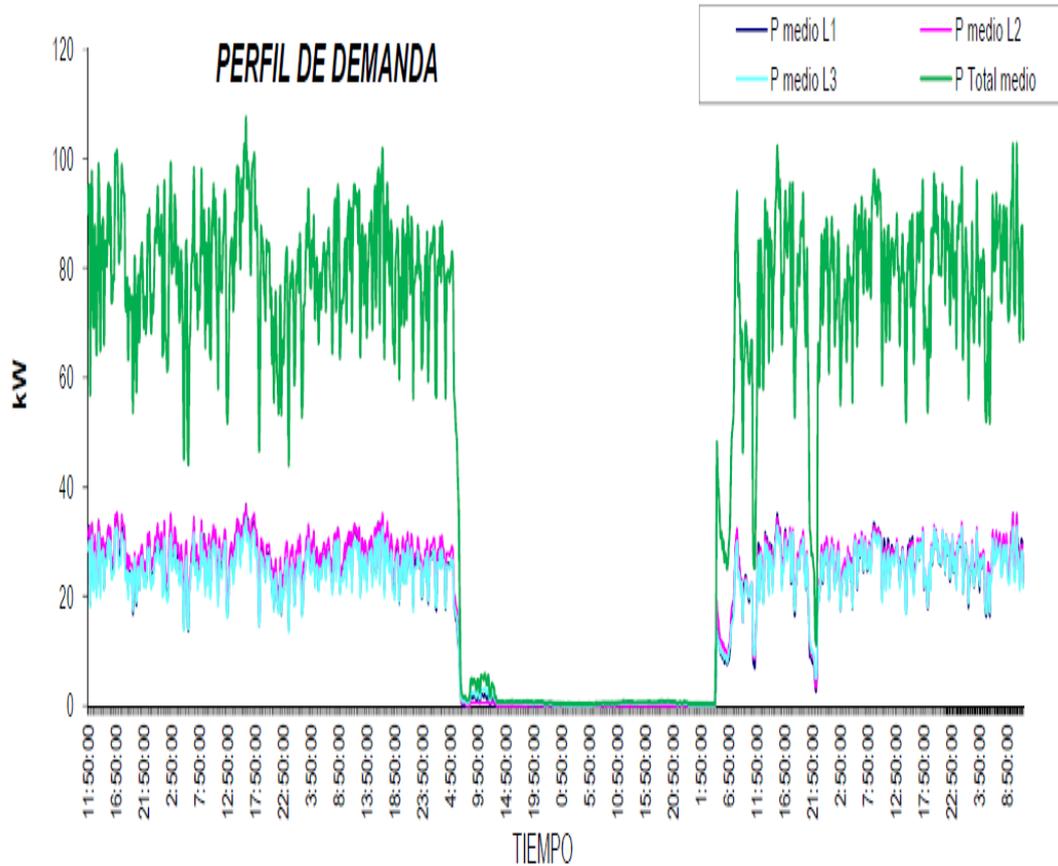


Figura 1: Perfil de la demanda

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

## Conclusiones

Con los resultados obtenidos en el transformador se determinó que:

TRAFO 3F

- Los valores de voltaje registrados están dentro de los límites establecidos en la regulación del CONELEC 004/01.

- Los valores de flicker registrados están dentro de los límites establecidos en la regulación del CONELEC 004/01.
- Los valores de THD V registrados están dentro de los límites establecidos en la regulación del CONELEC 004/01.

**Ejecutado por:**

**Técnicos:** Tlgo. Santiago Almachi, Tlgo. Byron Cantuña

**Analizado por:** Ing Santiago Alomoto Jami

**Revisado por:** Ing. Santiago Peñafiel

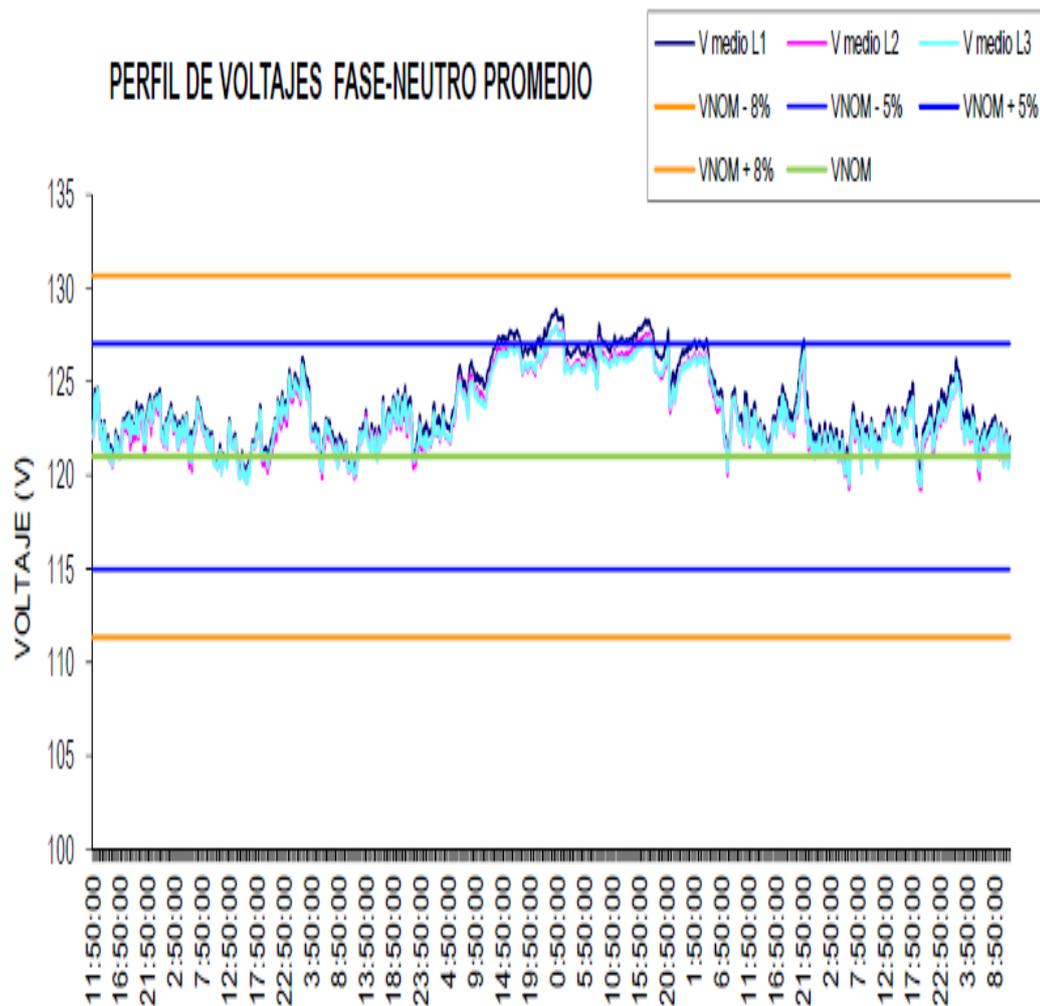


Figura 2: Perfil de Voltajes Fase Neutro promedio

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

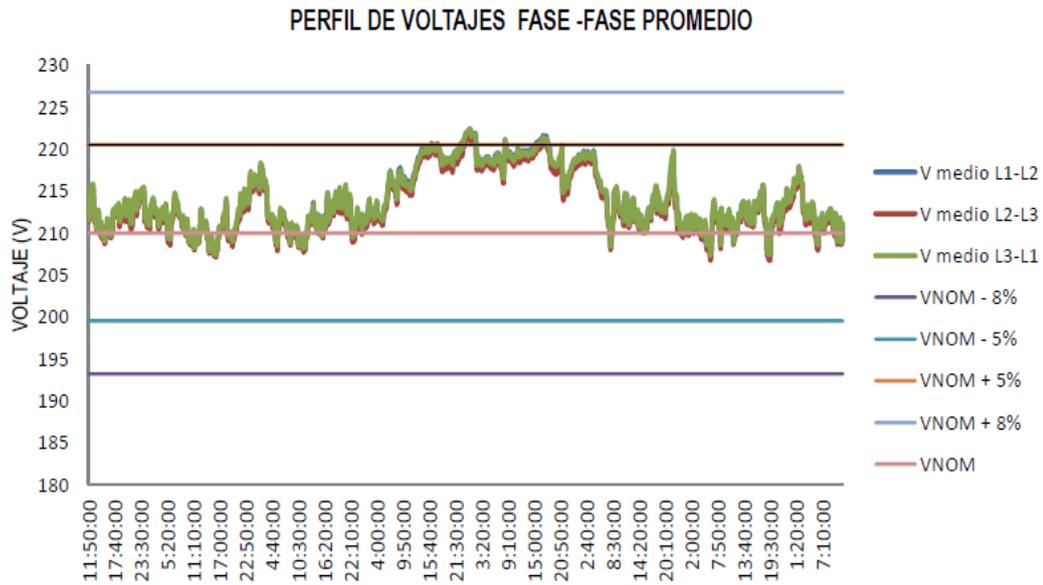


Figura 3: Perfil de voltajes fase-fase promedio

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

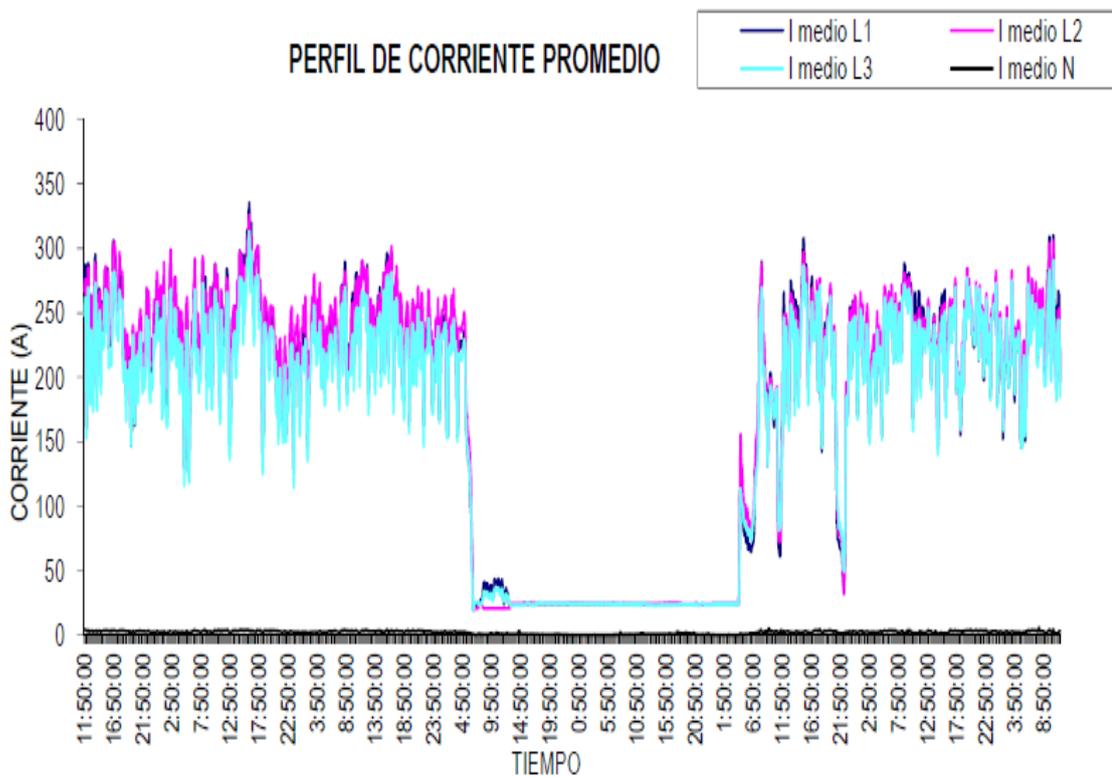


Figura 4: Perfil de corriente promedio

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

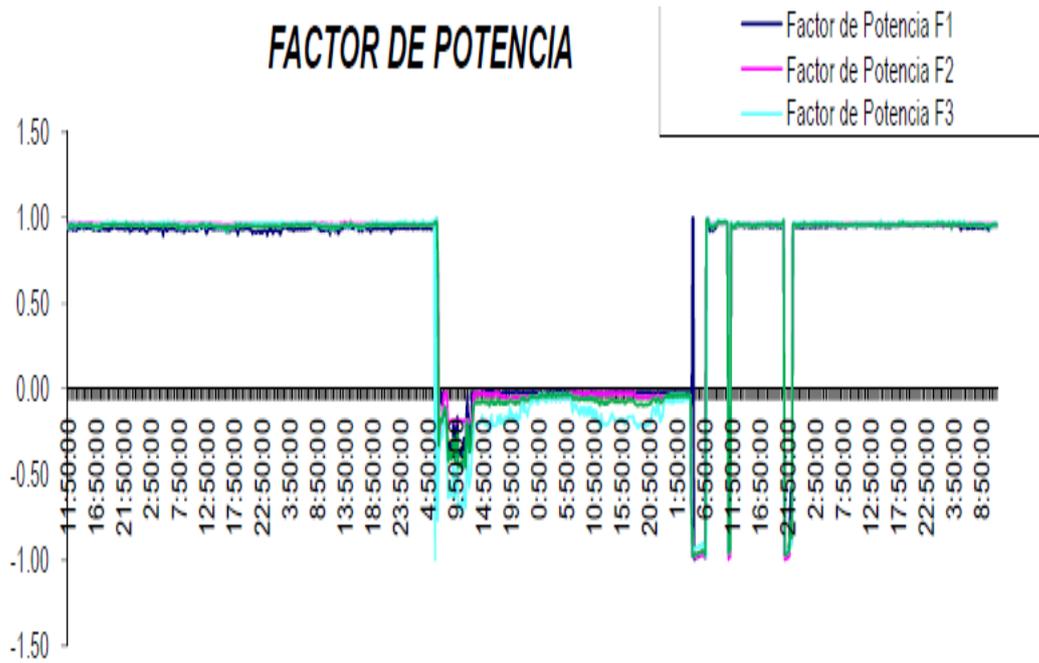


Figura 5: Factor de potencia

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

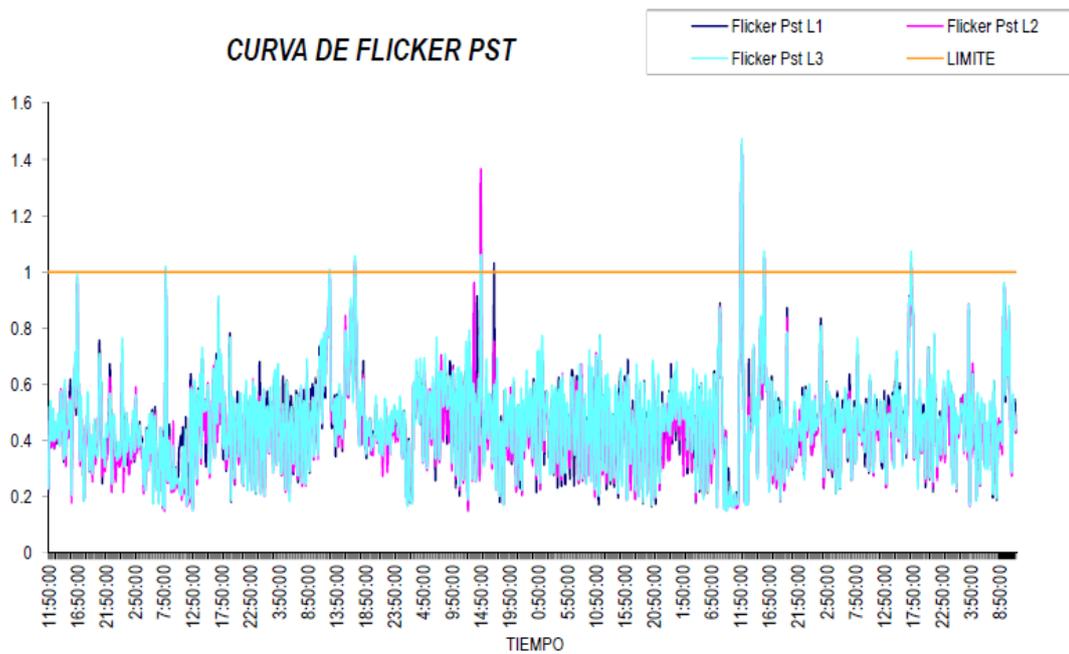


Figura 6: Curva de flicker, curva de THD

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

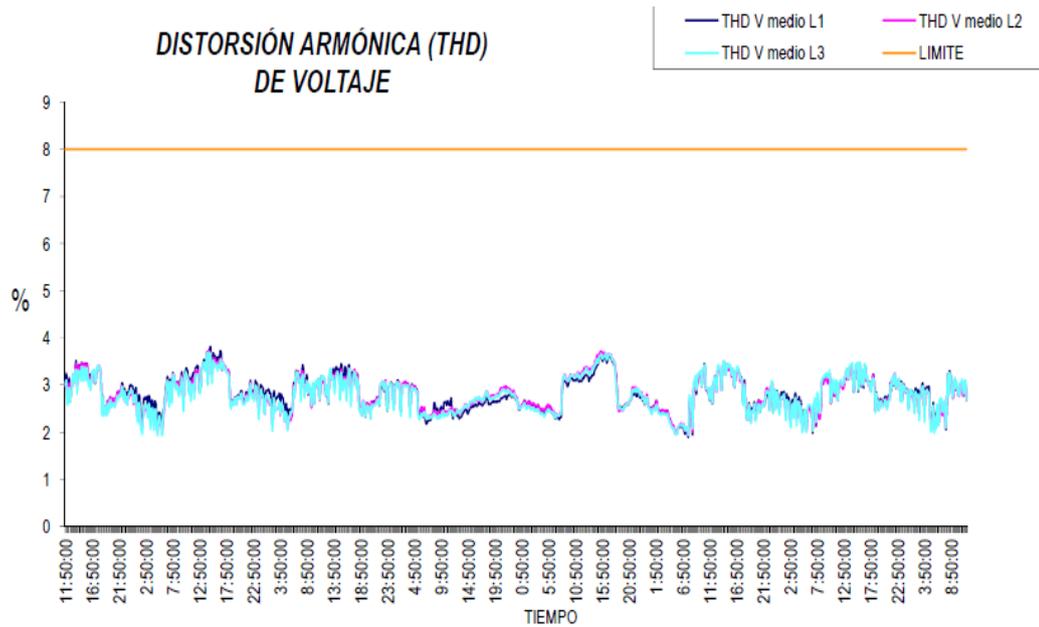


Figura 7: Distorsión Armónica de Voltaje

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

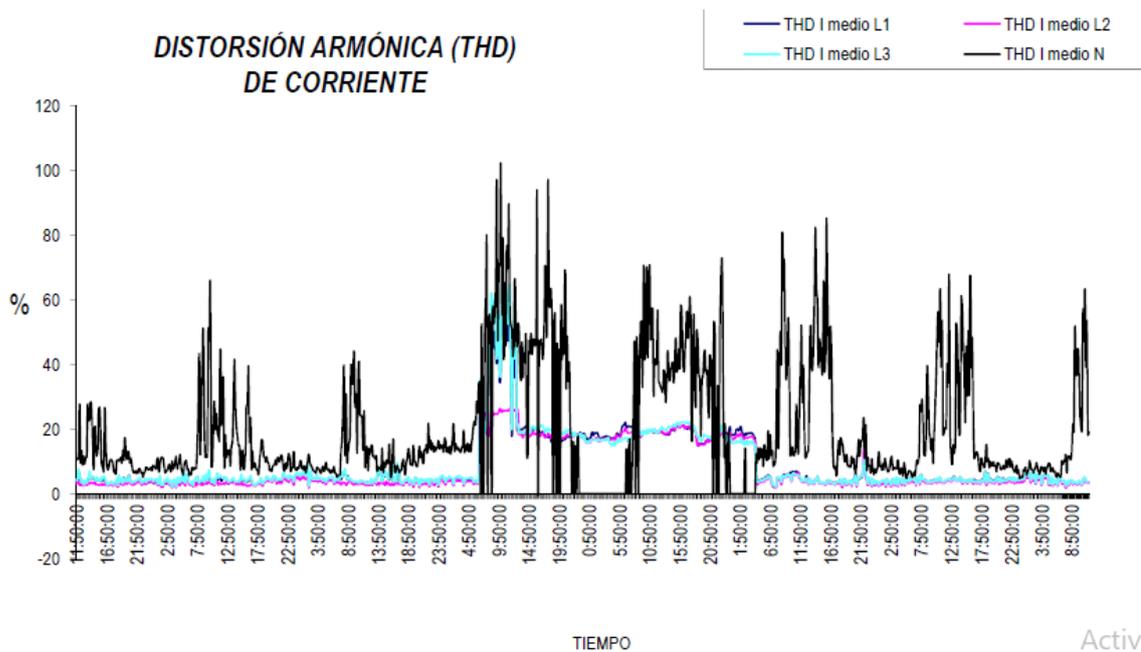


Figura 8: Distorsión armónica de corriente

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

**Instalación del analizador de redes en los Bornes de entrada al tablero de  
distribución trifásico**

**Empresa Eléctrica de Quito S.A**

**Departamento de control de calidad de producto y pérdidas técnicas**

**Sección medición**

**Calidad de producto:** ACP-2018-MAR

**Referencia:** EEQ-DCPT-2018-0058-ME

**Código:** DI-CP-P001-F003

**Área que solicita:** Departamento de control de calidad de producto y pérdidas técnicas.

**Persona que solicita:** Ing. Santiago Peñafiel

**Fecha de recepción del pedido:** 21/03/2018

**Fecha de despacho del pedido:** 28/03/2018

**Nombre del cliente:**

RTRECICLART S.A.

**Dirección:** Calle Cantabrias y de los fundadores

**Sector y zona:** Urbano, norte, calderón

**Punto GIS:** 785443.8046                      9990266.9                      2822

**Detalles:**

**Transformador N°:** 163589

**Montaje:** Centro de transf. aéreo

**Fases:** 3

**Potencia (kVA):** 100

**Propiedad:** Cliente

**Medio voltaje (V):** 22860

**Bajo voltaje (V):** 210/121

**Subestación:** 57 (E.E. Quito / S/E 57 Pomasqui)

**Primario:** DQTA-57A ((57A) ALIMENTADOR "A")

**Sitio de la Instalación:** Bornes de entrada al tablero de distribución trifásico

**Suministro:** 956986

**Fases:** 3\_F1-F2-F3

**Equipo Instalado:** CESINEL

**Número de Serie:** 412

**Fecha de Instalación:** 21/03/2018

**Fecha de Retiro:** 28/03/2018

**Días de Lectura:** 7

**Intervalo de registro:** 0:10 min

**Número de registros:** 1008

### **Análisis de demandas**

Tabla 3: Análisis de demandas

<b>Análisis de demandas</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Energías</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Factor de uso a demanda mínima		%	Potencia disponible		kVA
Factor de uso a demanda media		%	Factor de carga	66.88	%
Factor de uso a demanda máxima		%	Energía en el punto de medición	8333.59	kWh

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 3 se encuentran los valores del factor de carga y energía en el punto de medición el cual fue en el Panel General de Distribución (PGD) correspondiente al transformador de capacidad de 100kVA. El factor de carga indica la relación entre la carga máxima y la carga correspondiente a la potencia nominal del transformador y el valor de energía consumida en el punto de medición.

## Descripción del parámetro analizado

Tabla 4: Descripción del parámetro utilizado

Descripción parámetro analizado	PROM	MAX	MIN	CUMPLE REG CONELEC 004/001	Observaciones
Demanda KW	49.60	72.58	0.07		
Demanda KVA	50.41	75.37	7.09		
Factor de potencia fase1	0.98	1.00	0.00		
Factor de potencia fase2	0.97	1.00	0.00		
Factor de potencia fase3	0.94	1.00	0.01		
Voltaje fase1	124.29	130.58	118.58	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Voltaje fase2	120.43	126.58	113.21	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Voltaje fase3	122.62	129.37	115.11	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Flicker corta duración fase1	0.00	0.00	0.00		
Flicker corta duración fase2	0.00	0.00	0.00		
Flicker corta duración fase3	0.00	0.00	0.00		
Distorsión armónicos voltaje (THD) fase1(%)	0.00	0.00	0.00		
Distorsión armónicos voltaje (THD) fase2(%)	0.00	0.00	0.00		
Distorsión armónicos voltaje (THD) fase3(%)	0.00	0.00	0.00		
Corriente fase1	145.83	200.00	20.02		
Corriente fase2	142.13	200.00	18.90		
Corriente fase3	144.70	200.00	20.51		
Corriente neutro	0.00	0.00	0.00		

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

Tabla 4: Continuación

<b>Descripción parámetro analizado</b>	<b>PROM</b>	<b>MAX</b>	<b>MIN</b>	<b>CUMPLE REG CONELEC 004/001</b>	<b>Observaciones</b>
Desbalance de corriente fase1 (%)	0.00	0.00	0.00		
Desbalance de corriente fase2(%)	0.00	0.00	0.00		
Desbalance de corriente fase3(%)	0.00	0.00	0.00		

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 4 se pueden apreciar los valores mínimos, máximos y promedio de todos los parámetros que se encuentran en la tabla para de esta manera no solo conocer el nivel de cargabilidad de los transformadores si no también los valores de:

- Voltaje que indica el trabajo por unidad de carga que ejerce un campo eléctrico en una partícula para moverla en dos posiciones determinadas.
- Corriente que es el flujo de carga eléctrica la cual recorre un material.
- Flicker que es la impresión subjetiva de fluctuación de la luminancia.
- THD: Cuando se habla de los armónicos en las instalaciones de energía, son los armónicos de corriente los más preocupantes, puesto que son corrientes que generan efectos negativos.
- Es habitual trabajar únicamente con valores correspondientes a la distorsión armónica total (THD) como en este caso son motores de velocidad variable. Que son parte fundamental para conocer la realidad de energética de la planta procesadora en los demás componentes que la conforman como son el cableado y las protecciones.

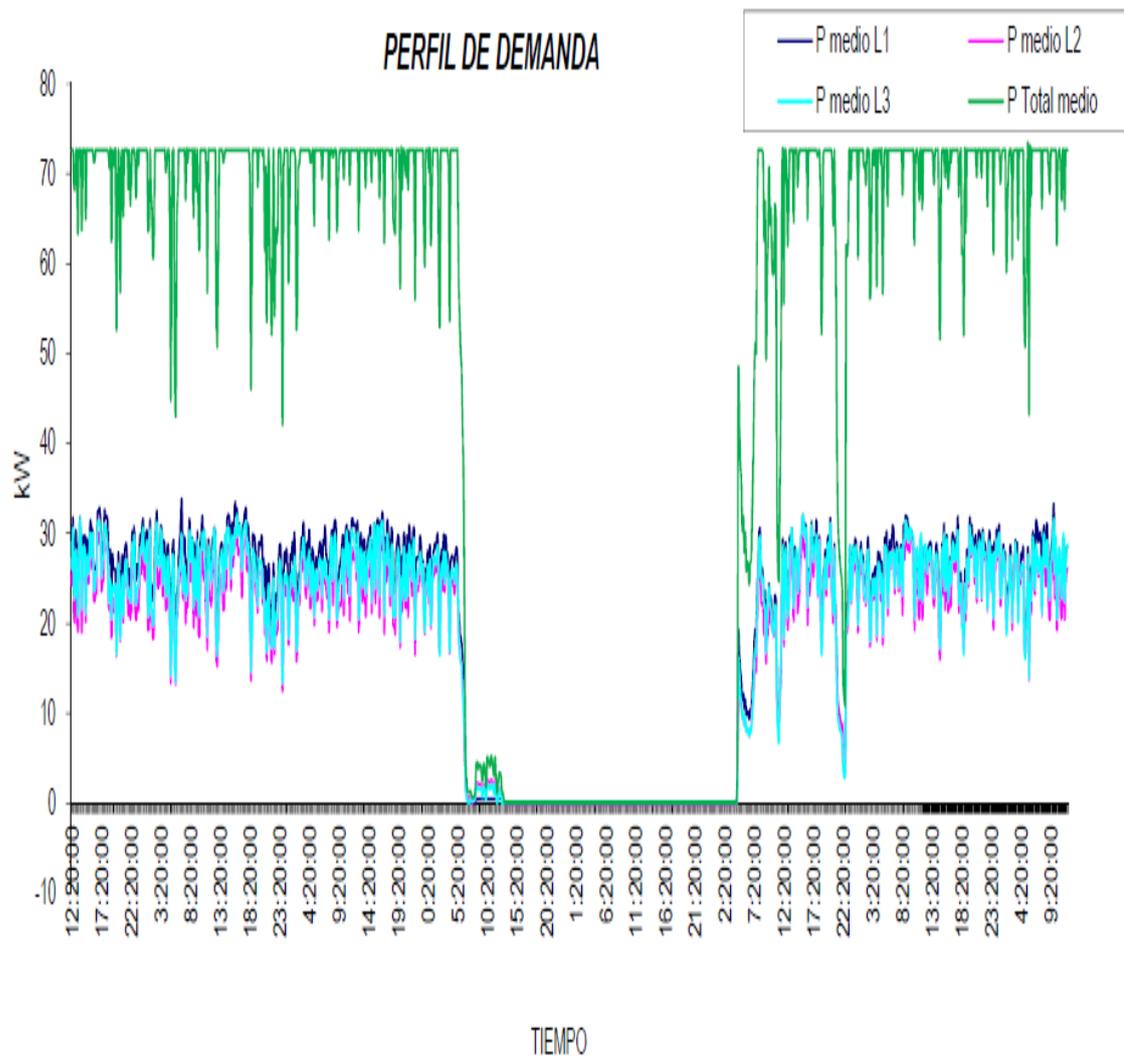


Figura 9: Perfil de demanda

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

### Conclusiones

Con los resultados obtenidos en el punto de medición se determinó que:

Los niveles de voltaje están dentro de los límites establecidos en la regulación del CONELEC 004/01.

### Ejecutado por:

**Técnicos:** Tlgo. Santiago Almachi, Tlgo. Byron Cantuña

**Analizado por:** Ing Santiago Alomoto Jami

**Revisado por:** Ing. Santiago Peñafiel

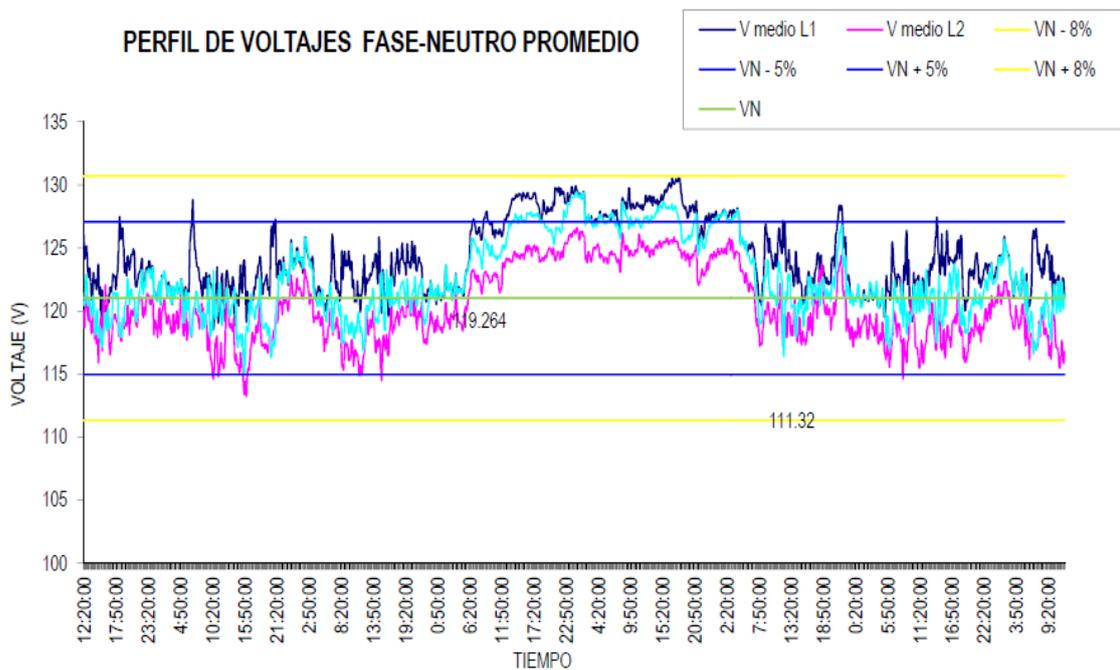


Figura 10: Perfil de voltaje, curva de corrientes y factor de potencia

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

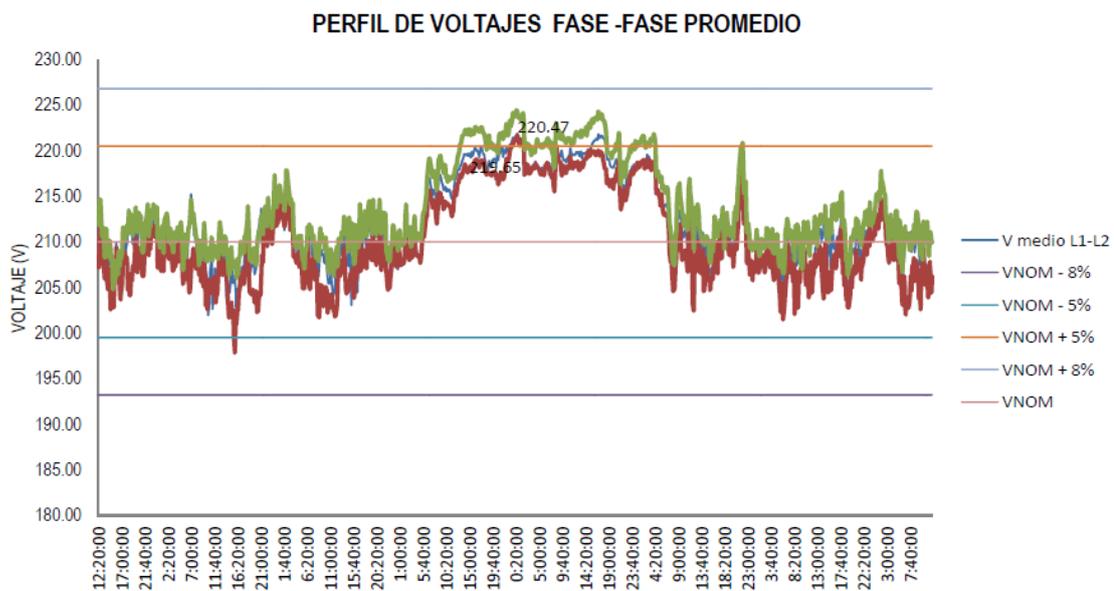


Figura 11: Perfil de voltajes fase - fase promedio

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

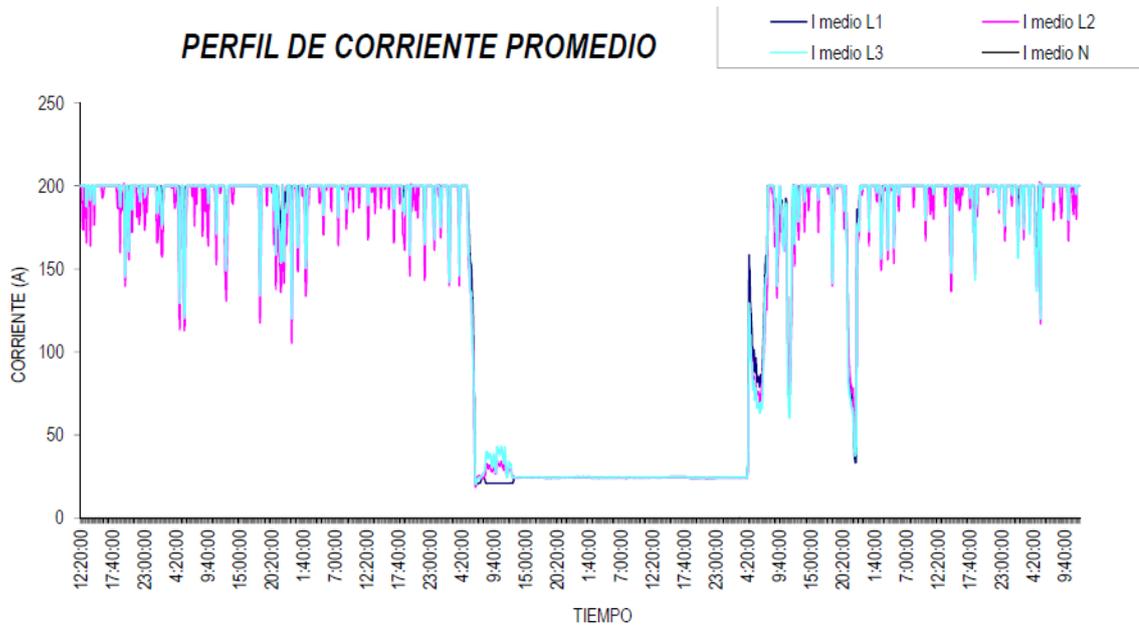


Figura 12: Perfil de corriente promedio  
**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)  
**Elaborado por:** El investigador

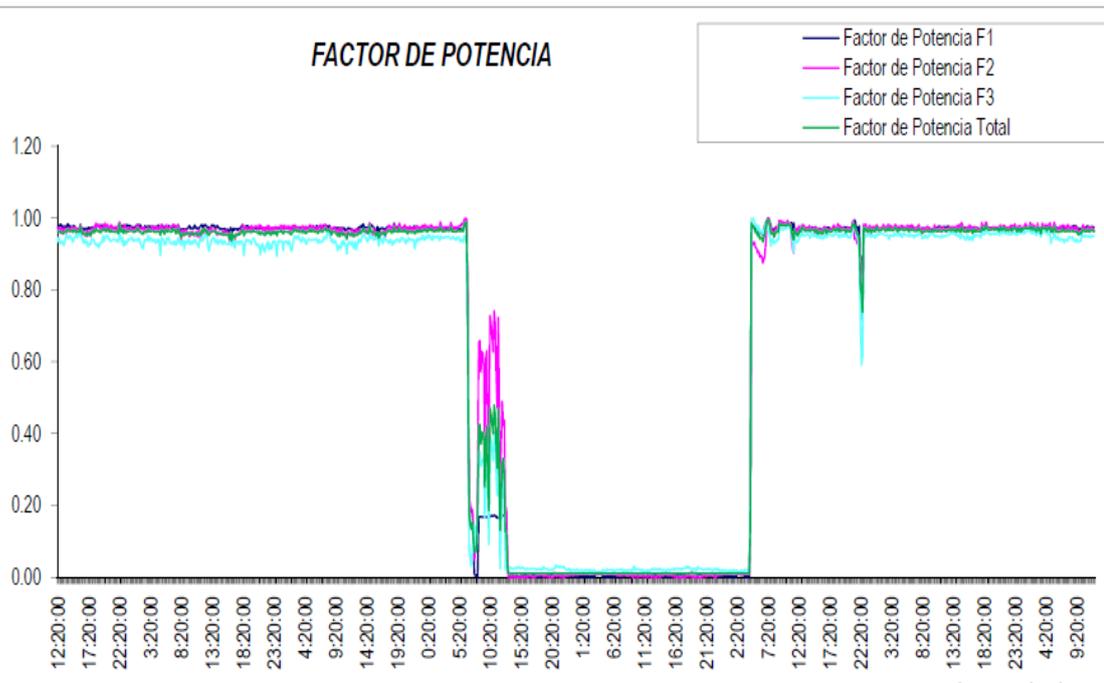


Figura 13: Factor de potencia  
**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)  
**Elaborado por:** El investigador

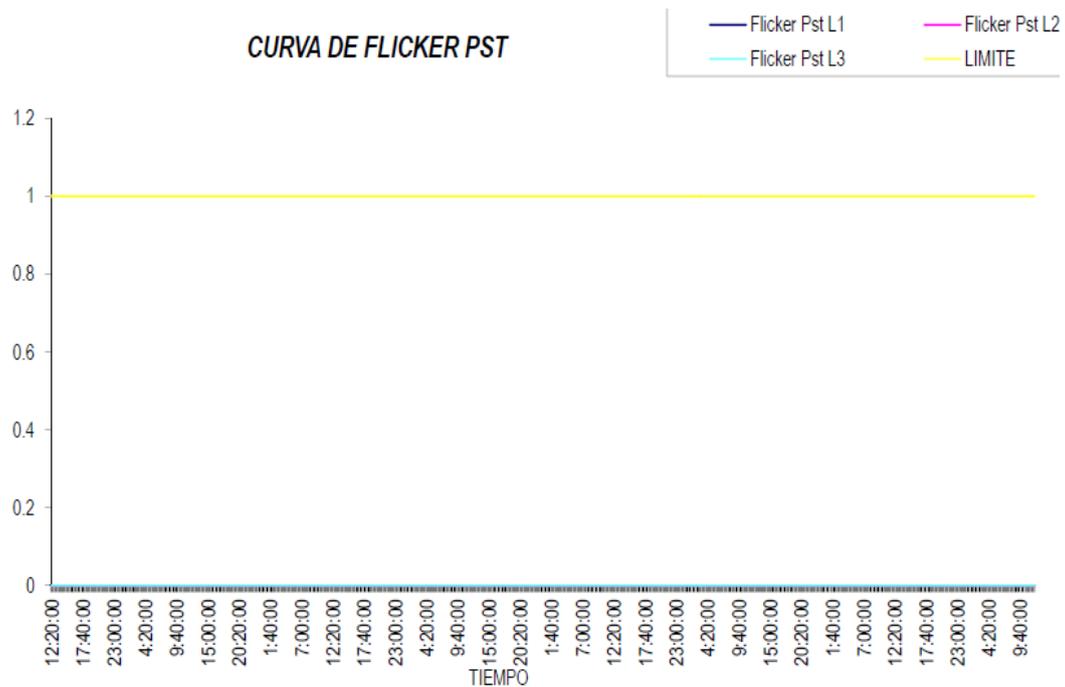


Figura 14: Curva de flicker PST

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

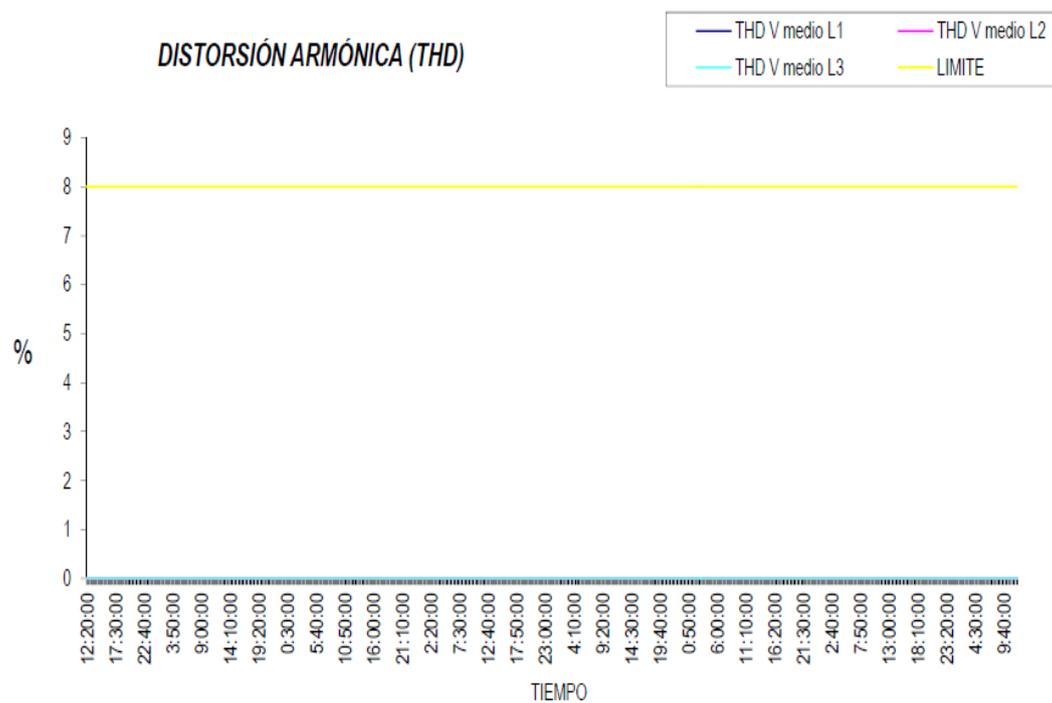


Figura 15: Distorsión armónica

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

**Instalación del analizador de redes en los Bornes de Baja Tensión del  
Transformador 166764 de 125 kVA**

**Empresa Eléctrica de Quito S.A**

**Departamento de control de calidad de producto y pérdidas técnicas**

**Sección medición**

**Calidad de producto:** ACP-2018-MAR

**Referencia:** EEQ-DCPT-2018-0058-ME

**Código:** DI-CP-P001-F003

**Área que solicita:**

Departamento de control de calidad de producto y pérdidas técnicas.

**Persona que solicita:** Ing. Santiago Peñafiel

**Fecha de recepción del pedido:** 21/03/2018

**Fecha de despacho del pedido:** 28/03/2018

**Nombre del cliente:** RTRECICLART S.A.

**Dirección:** Calle Cantabrias y de los fundadores

**Sector y zona:** Urbano, norte, calderón

**Punto GIS:** 785443.8046                      9990267                      2822

Detalles:

**Transformador N°:** 166764

**Montaje:** Centro de transf. aéreo

**Fases:** 3

**Potencia (kVA):** 125

**Propiedad:** Cliente

**Medio voltaje (V):** 22860

**Bajo voltaje (V):** 220/127

**Subestación:** 57 (E.E. Quito / S/E 57 Pomasqui)

**Primario:** DQTA-57A ((57A) ALIMENTADOR "A")

**Sitio de la Instalación:** Bornes de baja tensión de transformador 166764 de 125 kVA

**Suministro:** 965986

**Fases:** 3

**Equipo Instalado:** FLUKE 1744

**Número de Serie:** 20717

**Fecha de Instalación:** 22/03/2018

**Fecha de Retiro:** 29/03/2018

**Días de Lectura:** 7

**Intervalo de registro:** 0:10 min

**Número de registros:** 1008

#### **Análisis de demandas:**

Tabla 5: Análisis de demandas

<b>Análisis de demandas</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Energías</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Factor de uso a demanda mínima	1.39	%	Potencia disponible	-33.22	kVA
Factor de uso a demanda media	70.07	%	Factor de carga	57-81	%
Factor de uso a demanda máxima	126.6	%	Energía en el punto de medición	14798.73	kWh

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 5 se encuentran los valores mínimos, medios y máximos del uso de la capacidad del transformador de 125kVA que indican en porcentaje el uso que se le está dando al equipo, así como el valor de sobre carga con la que se encuentra el mismo que es un parámetro fundamental dentro de esta investigación para poder determinar la capacidad idónea que debe tener este equipo para poder brindar un servicio de calidad.

## Descripción del parámetro analizado

Tabla 6: Descripción del parámetro analizado

Descripción parámetro analizado	PROM	MAX	MIN	CUMPLE REG CONELEC 004/001	Observaciones
Demanda KW	88.09	152.37	0.24		
Demanda KVA	88.89	158.22	1.74		
Factor de potencia total	0.99	0.96	-0.14		
Factor de potencia fase1	0.96	1.00	-1.00		El 27.96% de los registros están fuera de los límites permitidos
Factor de potencia fase2	0.98	1.00	-1.00		El 14.68% de los registros están fuera de los límites permitidos
Factor de potencia fase3	0.97	1.00	-1.00		El 29.37% de los registros están fuera de los límites permitidos
Voltaje fase1	122.72	127.15	118.97	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Voltaje fase2	123.15	128.07	118.36	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Voltaje fase3	122.41	127.09	56.53	SI	El 0.30% de los registros están fuera de los límites permitidos
Flicker corta duración fase1	0.42	1.36	0.17	SI	El 0.10% de los registros están fuera de los límites permitidos
Flicker corta duración fase2	0.43	1.19	0.15	SI	El 0.30% de los registros están fuera de los límites permitidos
Flicker corta duración fase3	0.44	1.07	0.00	SI	El 0.10% de los registros están fuera de los límites permitidos
Distorsión armónicos voltaje (THD) fase1(%)	4.25	6.12	1.88	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Distorsión armónicos voltaje (THD) fase2(%)	4.28	6.19	1.92	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Distorsión armónicos voltaje (THD) fase3(%)	4.18	5.99	1.93	SI	El 0.00% de los registros están fuera de los límites permitidos
Corriente fase1	252.43	437.90	0.00		

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

Tabla 6: Continuación

Corriente fase2	252.97	437.80	0.00		
Corriente fase3	254.79	438.30	0.00		
Corriente neutro	6.41	30.72	1.07		
Desbalance porcentual de corrientes	13.32	1.47	154.35		
Desbalance porcentual de voltajes	0.76	0.42	0.74		

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 6 se pueden apreciar los valores mínimos, máximos y promedio de todos los parámetros que se encuentran en la tabla para de esta manera no solo conocer el nivel de cargabilidad de los transformadores si no también los valores de:

- Voltaje que indica el trabajo por unidad de carga que ejerce un campo eléctrico en una partícula para moverla en dos posiciones determinadas.
- Corriente que es el flujo de carga eléctrica la cual recorre un material.
- Flicker que es la impresión subjetiva de fluctuación de la luminancia.
- THD: Cuando se habla de los armónicos en las instalaciones de energía, son los armónicos de corriente los más preocupantes, puesto que son corrientes que generan efectos negativos. Es habitual trabajar únicamente con valores correspondientes a la distorsión armónica total (THD) como en este caso son motores de velocidad variable. Que son parte fundamental para conocer la realidad de energética de la planta procesadora en los demás componentes que la conforman como son el cableado y las protecciones.

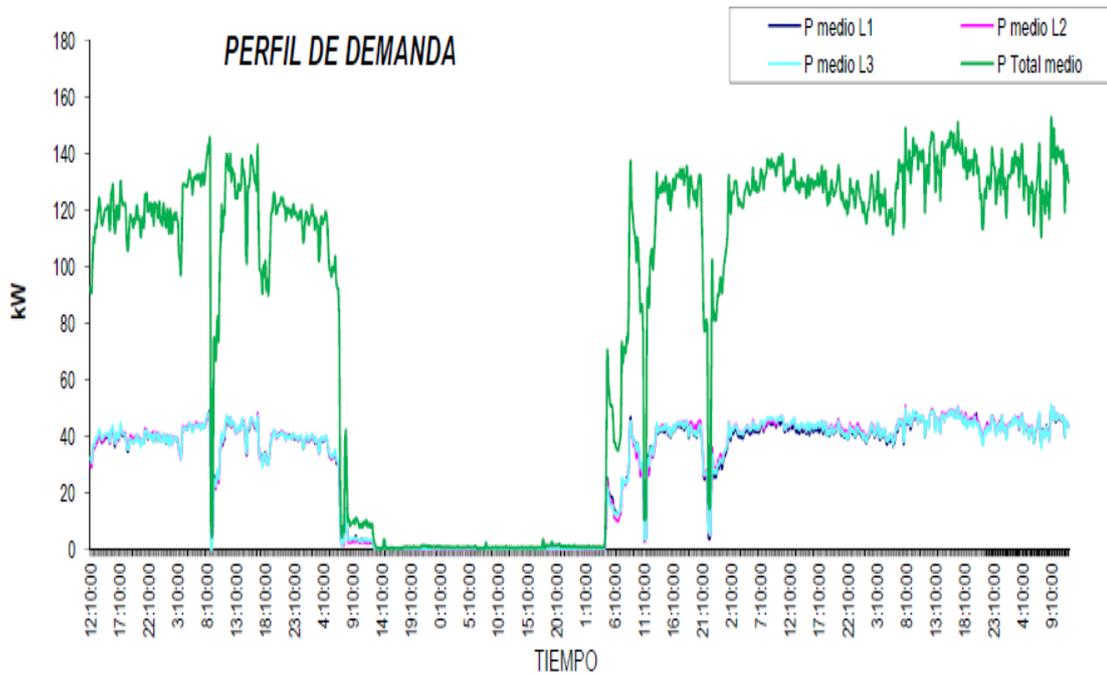


Figura 16: Perfil de demanda

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

## Conclusiones

Con los resultados obtenidos en el transformador se determinó que:

- Los valores de voltaje registrados están dentro de los límites establecidos en la regulación del CONELEC 004/01.
- Los valores de flicker registrados están dentro de los límites establecidos en la regulación del CONELEC 004/01.
- Los valores de THD v registrados están dentro de los límites establecidos en la regulación del CONELEC 004/01.

**Ejecutado por:**

**Técnicos:** Tlgo. Santiago Almachi, Tlgo. Byron Cantuña

**Analizado por:** Ing Santiago Alomoto Jami

**Revisado por:** Ing. Santiago Peñafiel

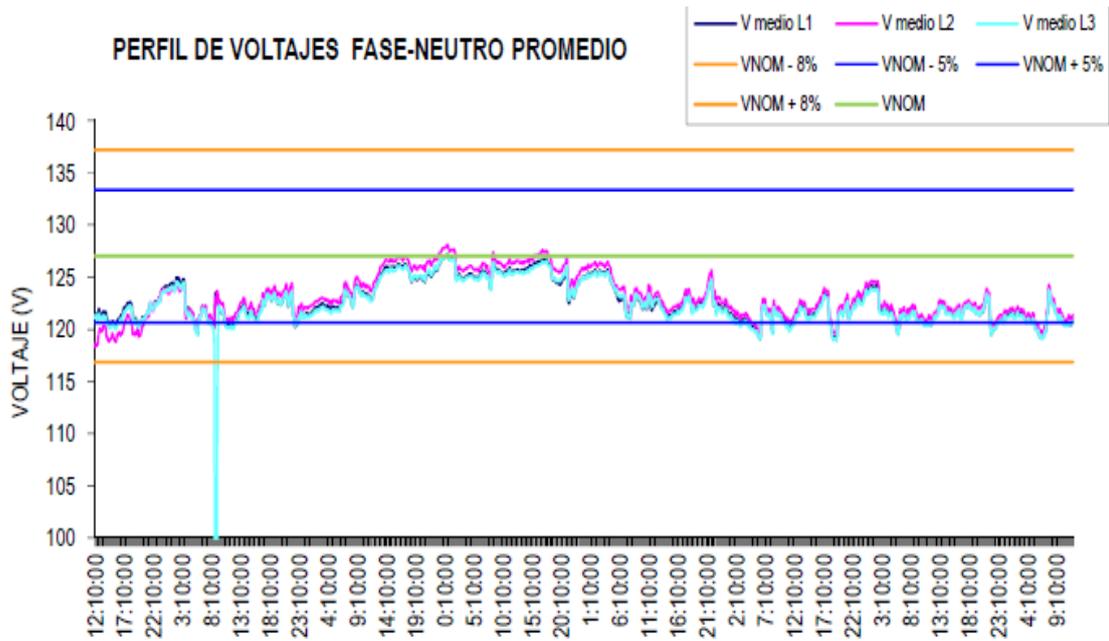


Figura 17: Perfil de voltajes fase-neutro promedio

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

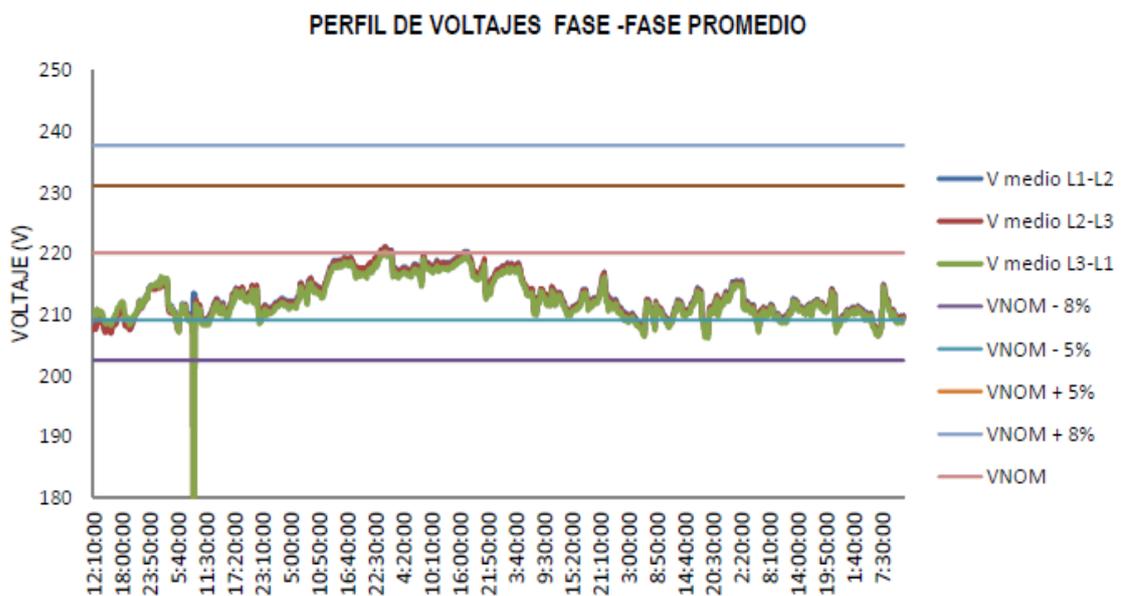


Figura 18: Perfil de voltajes fase-fase promedio

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

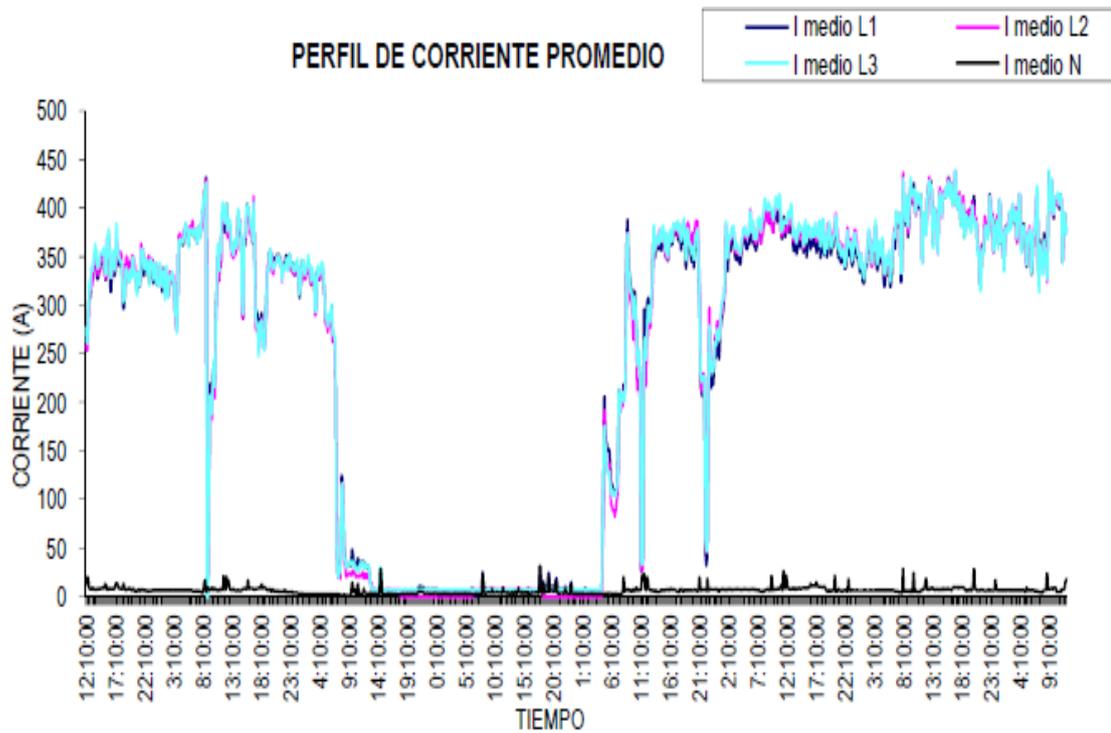


Figura 19: Perfil de corriente promedio

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

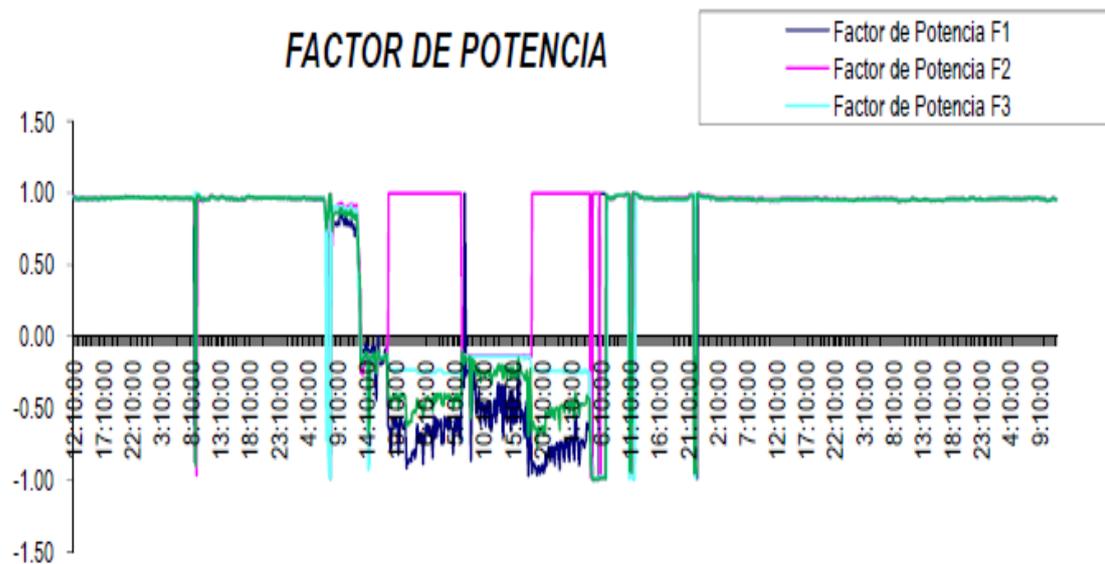


Figura 20: Factor de potencia

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

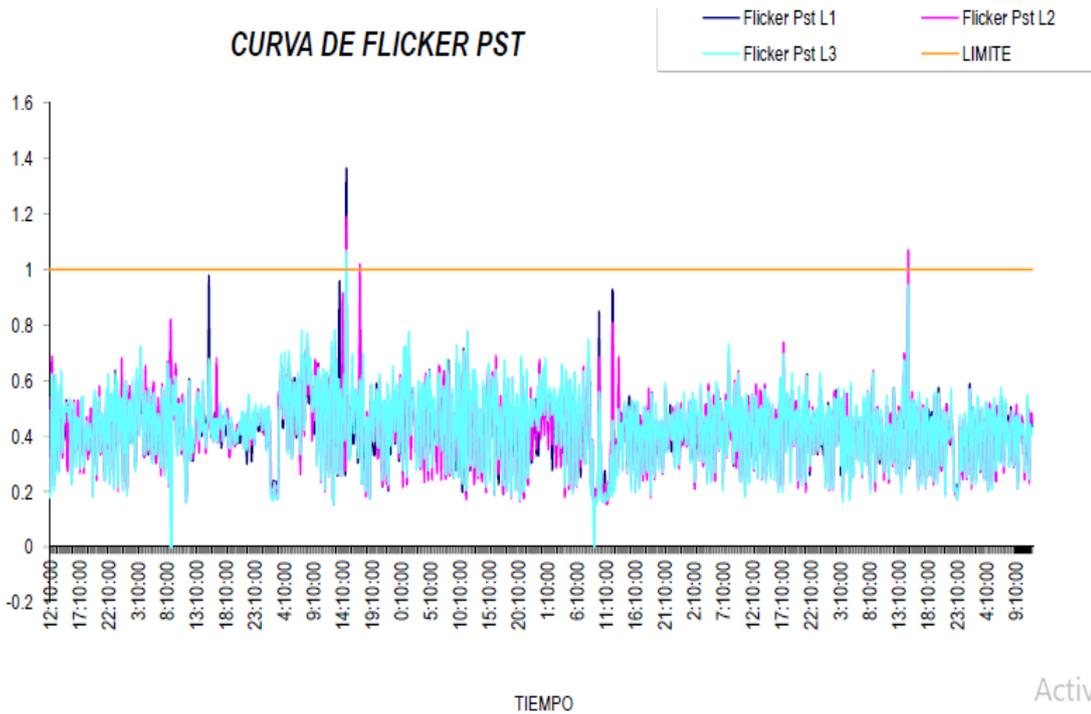


Figura 21: Curva de flicker PST

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

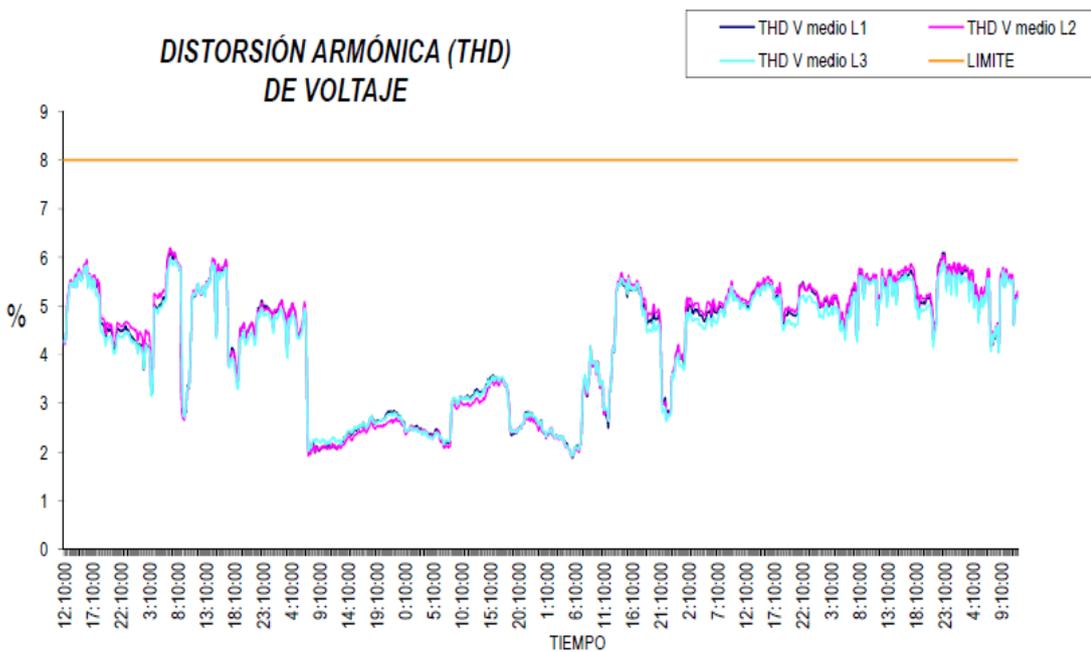


Figura 22: Distorsión armónica de voltaje

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

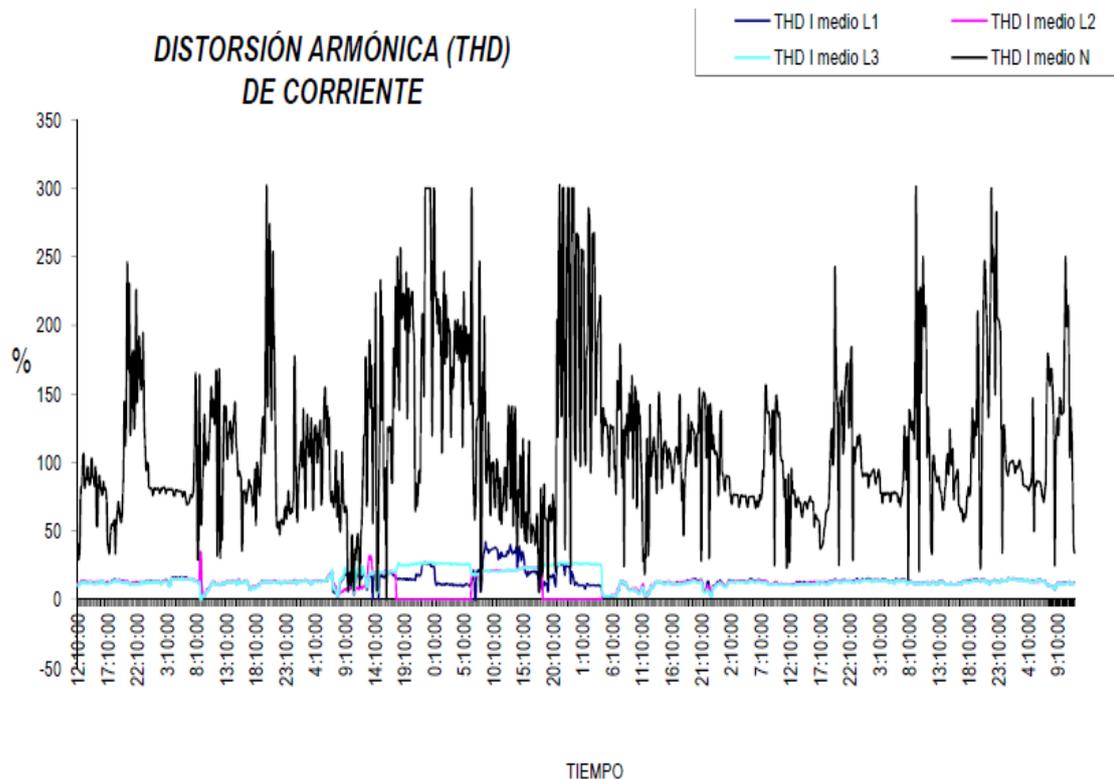


Figura 23: Distorsión armónica de corriente

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

**Instalación del analizador de redes en los Bornes de entrada al tablero de  
distribución trifásico**

**Empresa Eléctrica de Quito S.A**

**Departamento de control de calidad de producto y pérdidas técnicas**

**Sección medición**

**Calidad de producto:** ACP-2018-MAR

**Referencia:** EEQ-DCPT-2018-0058-ME

**Código:** DI-CP-P001-F003

**Área que solicita:** Departamento de control de calidad de producto y pérdidas técnicas.

**Persona que solicita:** Ing. Santiago Peñafiel

**Fecha de recepción del pedido:** 22/03/2018

**Fecha de despacho del pedido:** 29/03/2018

**Nombre del cliente:** RTRECICLART S.A.

**Dirección:** Calle Cantabrias y de los fundadores

**Sector y zona:** Urbano, norte, calderón

**Punto GIS:** 785443.8046                      9990266.9      2822

**Detalles:**

**Transformador N°:** 166764

**Montaje:** Centro de transf. aereo

**Fases:** 3

**Potencia (kVA):** 125

**Propiedad:** Cliente

**Medio voltaje (V):** 22860

**Bajo voltaje (V):** 220/127

**Subestación:** 57 (E.E. Quito / S/E 57 Pomasqui)

**Primario:** DQTA-57A ((57A) ALIMENTADOR "A")

**Sitio de la Instalación:** Bornes de entrada al tablero de distribución trifásico

**Suministro:** 1615317

**Fases:** 3\_F1-F2-F3

**Equipo Instalado:** CESINEL

**Número de Serie:** 360

**Fecha de Instalación:** 22/03/2018

**Fecha de Retiro:** 29/03/2018

**Días de Lectura:** 7

**Intervalo de registro:** 0:10 min

**Número de registros:** 1008

## Análisis de demandas:

Tabla 7: Análisis de demandas

Análisis de demandas	Valor	Unidad	Energías	Valor	Unidad
Factor de uso a demanda mínima		%	Potencia disponible		kVA
Factor de uso a demanda media		%	Factor de carga	58.42	%
Factor de uso a demanda máxima		%	Energía en el punto de medición	10929.16	kWh

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2017)

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 7 se encuentran los valores del factor de carga y energía en el punto de medición el cual fue en el Panel General de Distribución (PGD) correspondiente al transformador de capacidad de 100kVA. El factor de carga indica la relación entre la carga máxima y la carga correspondiente a la potencia nominal del transformador y el valor de energía consumida en el punto de medición.

## Descripción del parámetro analizado

Tabla 8: Descripción del parámetro analizado

Descripción parámetro analizado	PROM	MAX	MIN	CUMPLE REG CONELEC 004/001	Observaciones
Demanda KW	65.05	111.80	0.00		
Demanda KVA	65.38	111.91	0.00		
Factor de potencia fase1	1.00	1.00	0.06		
Factor de potencia fase2	0.99	1.00	0.02		
Factor de potencia fase3	0.99	1.00	0.00		

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

Tabla 8: Continuación

<b>Descripción parámetro analizado</b>	<b>PROM</b>	<b>MAX</b>	<b>MIN</b>	<b>CUMPLE REG CONELEC 004/001</b>	<b>Observaciones</b>
Voltaje fase1	120.77	125.22	55.94	SI	El 1.88% de los registros están fuera de los límites permitidos
Voltaje fase2	121.48	128.22	116.45	SI	El 0.79% de los registros están fuera de los límites permitidos
Voltaje fase3	121.00	127.33	116.23	SI	El 1.39% de los registros están fuera de los límites permitidos
Flicker corta duración fase1	0.00	0.00	0.00		
Flicker corta duración fase2	0.00	0.00	0.00		
Flicker corta duración fase3	0.00	0.00	0.00		
Corriente fase1	184.11	324.30	0.20		
Corriente fase2	192.33	325.67	0.00		
Corriente fase3	192.46	332.11	0.00		

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2017)

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 8 se pueden apreciar los valores mínimos, máximos y promedio de todos los parámetros que se encuentran en la tabla para de esta manera no solo conocer el nivel de cargabilidad de los transformadores si no también los valores de:

- Voltaje que es el trabajo por unidad de carga que ejerce un campo eléctrico en una partícula para moverla en dos posiciones determinadas.
- Corriente que es el flujo de carga eléctrica la cual recorre un material.
- Flicker que es la impresión subjetiva de fluctuación de la luminancia.

- THD: Cuando se habla de los armónicos en las instalaciones de energía, son los armónicos de corriente los más preocupantes, puesto que son corrientes que generan efectos negativos. Es habitual trabajar únicamente con valores correspondientes a la distorsión armónica total (THD) como en este caso son motores de velocidad variable.

Que son parte fundamental para conocer la realidad de energética de la planta procesadora en los demás componentes que la conforman como son el cableado y las protecciones.

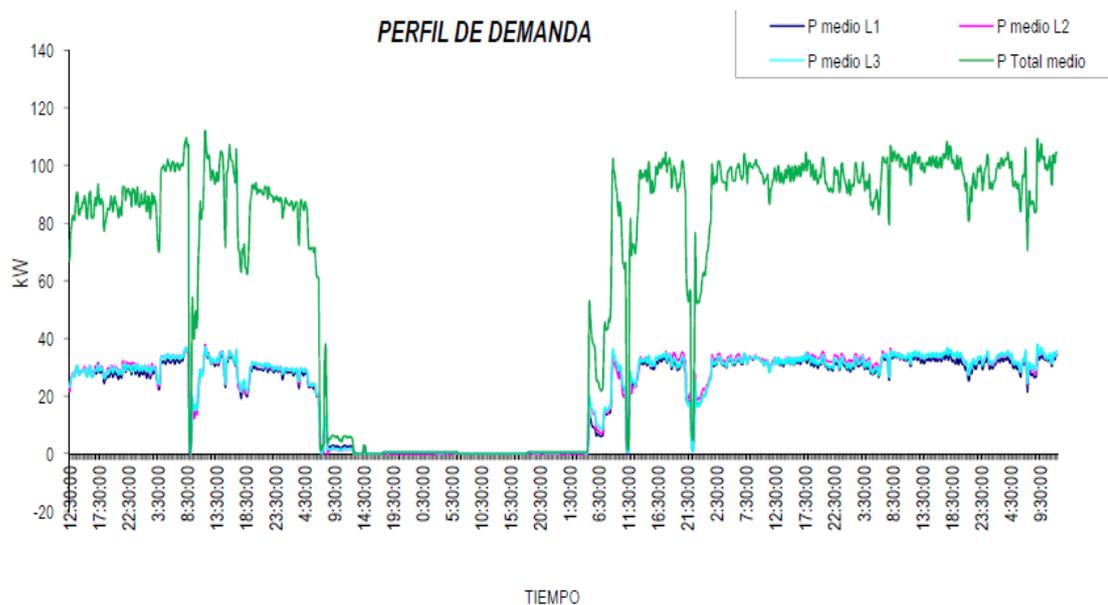


Figura 24: Perfil de demanda

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

## Conclusiones

Con los resultados obtenidos en el transformador se determinó que:

Trafo 3f

- Los valores de voltaje registrados están dentro de los límites establecidos en la regulación del CONELEC 004/01.

- Los valores de flicker registrados están dentro de los límites establecidos en la regulación del CONELEC 004/01.
- Los valores de THD v registrados están dentro de los límites establecidos en la regulación del CONELEC 004/01.

**Ejecutado por:**

**Técnicos:** Tlgo. Santiago Almachi, Tlgo. Byron Cantuña

**Analizado por:** Ing Santiago Alomoto Jami

**Revisado por:** Ing. Santiago Peñafiel

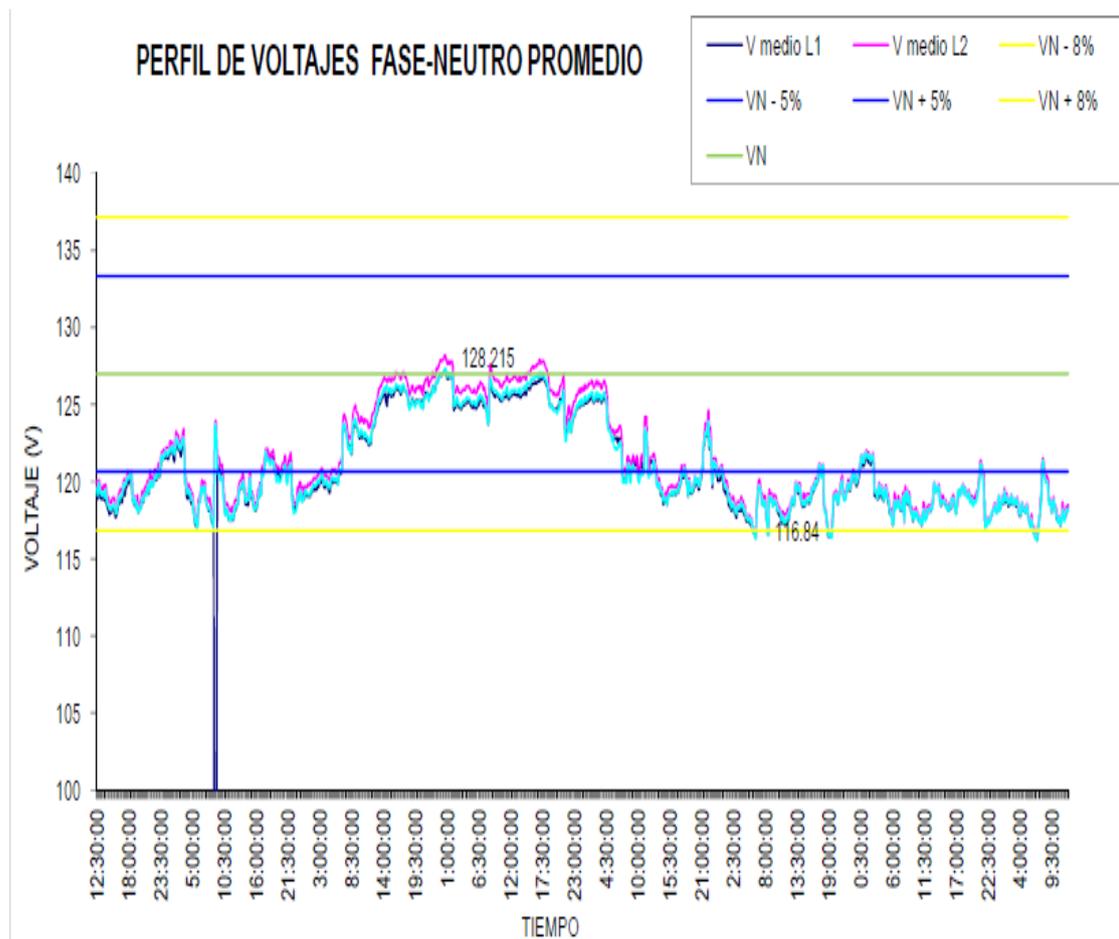


Figura 25: Perfil de voltajes fase-neutro promedio

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

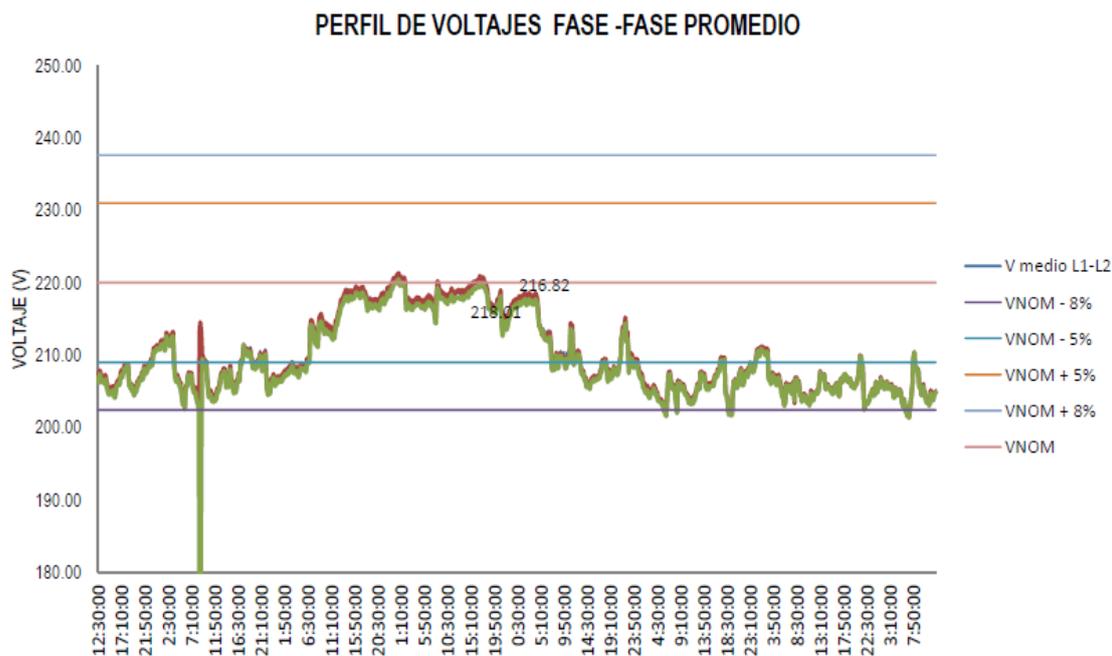


Figura 26: Perfil de voltajes fase-fase promedio

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

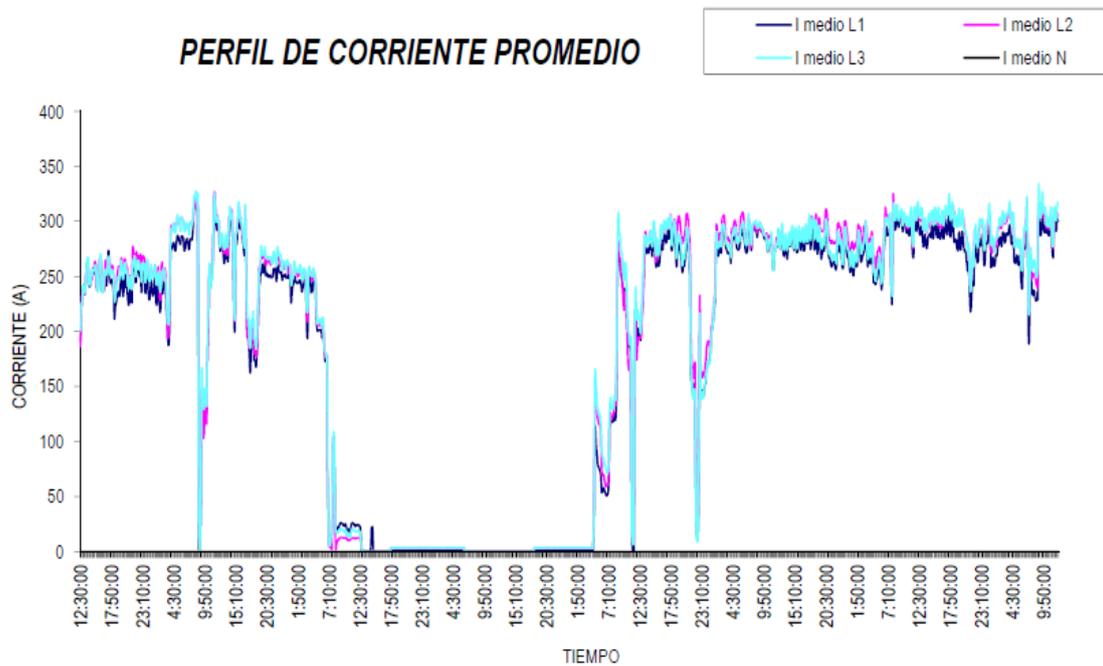


Figura 27: Perfil de corriente promedio

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

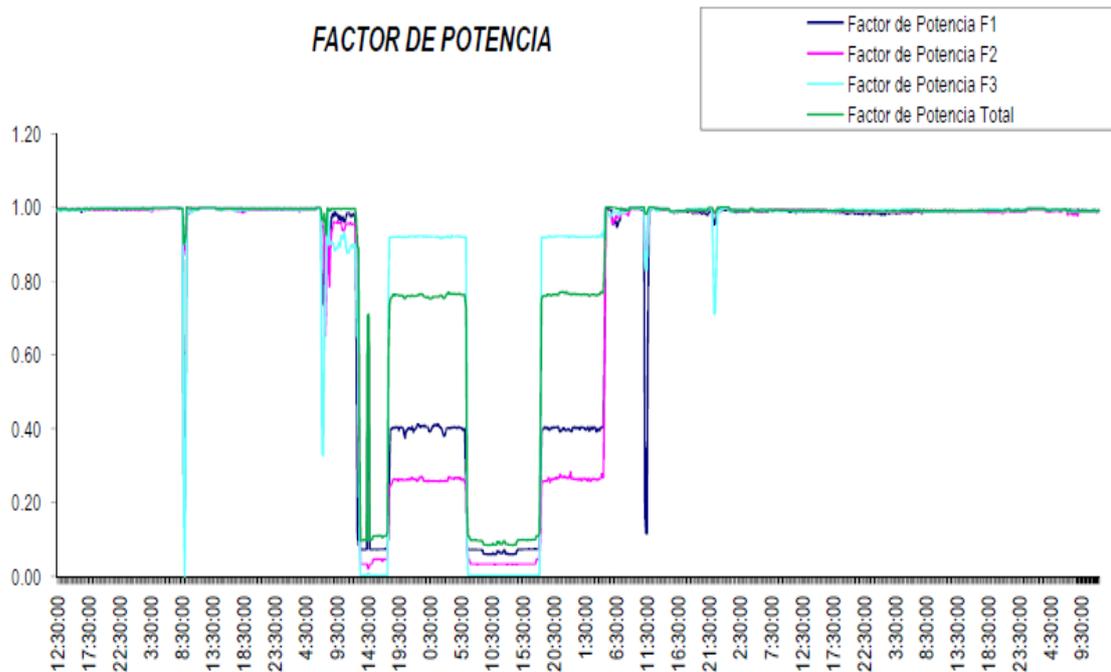


Figura 28: Factor de potencia

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

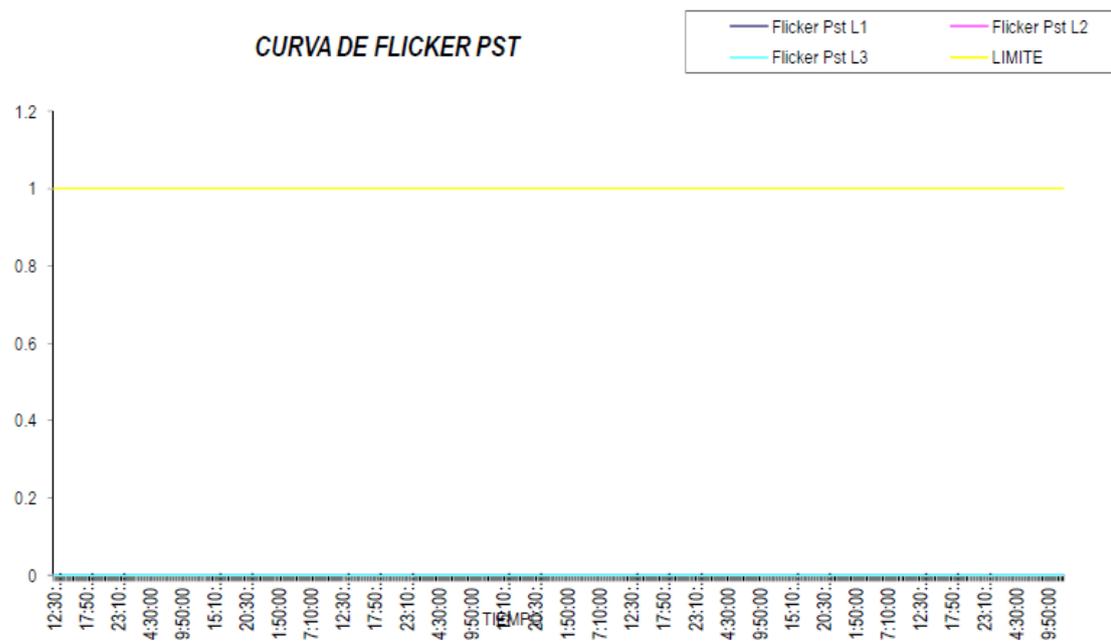


Figura 29: Curva de Flicker

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2017)

**Elaborado por:** El investigador

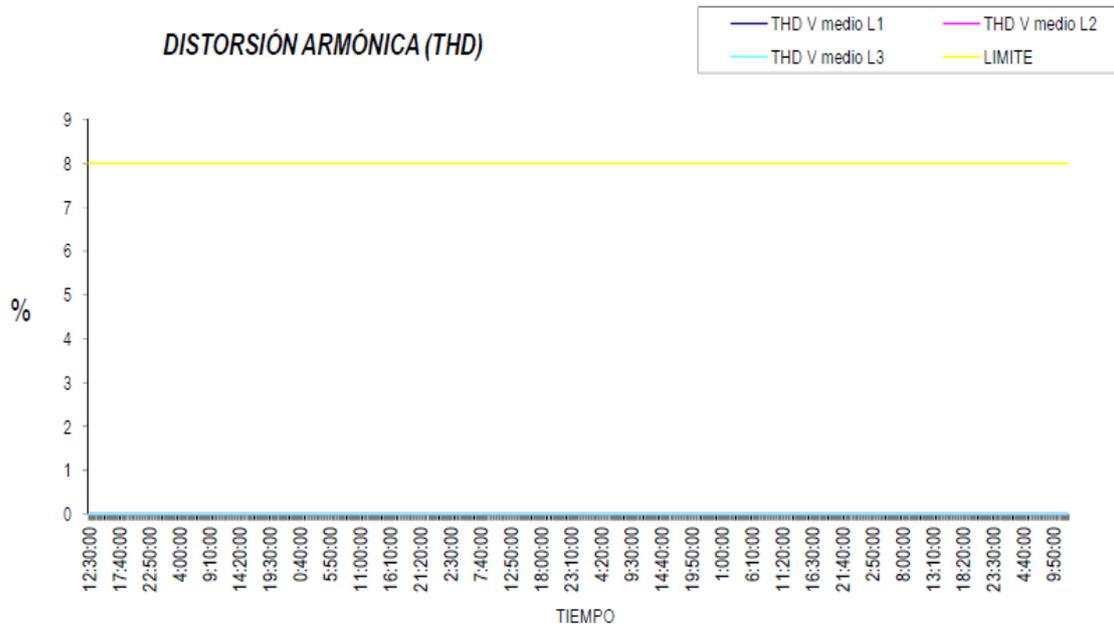


Figura 30: Distorsión armónica

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2017)

**Elaborado por:** El investigador

**Perfil de voltajes mínimos (fase-neutro) vs corrientes máximas RTRECICLART 166764\_125 KVA**

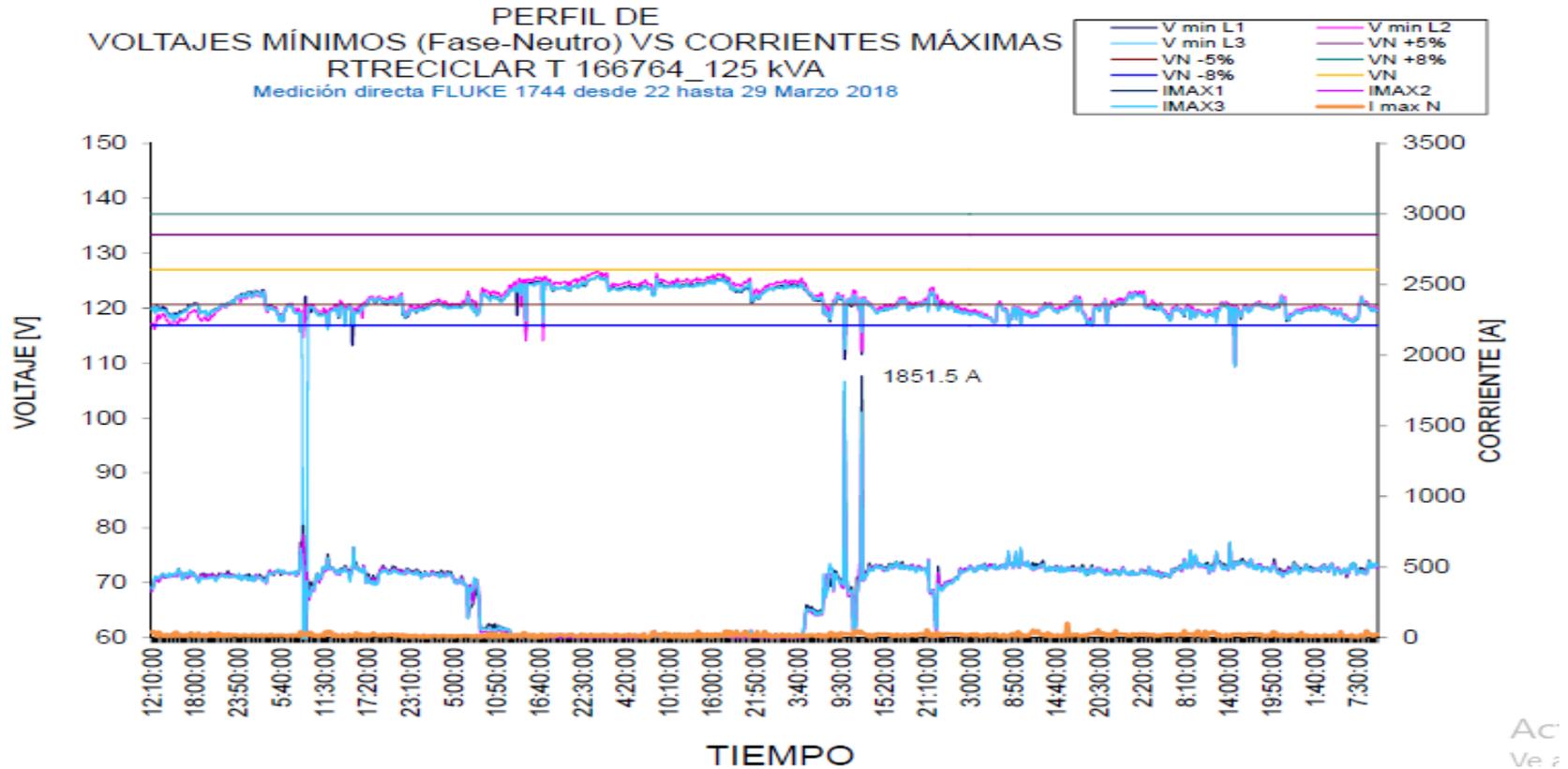


Figura 31: Perfil de voltajes mínimos (fase-neutro) vs corrientes máximas

**Fuente:** (Empresa Eléctrica Quito, 2018)

**Elaborado por:** El investigador

## RESULTADOS

### **Resultados del Diagnóstico de la instalación de un Analizador de Redes en los bancos de transformadores**

**Asunto:** ACP. PROCESADORA DE PLASTICOS RTRECICLART S.A.

En atención al análisis de Calidad de Producto, se procedió a la instalación de analizadores de calidad de energía en bornes de BV de los transformadores T163589 de 100 kVA, T 166764 de 125 kVA y en los tableros de distribución correspondiente a cada transformador, ubicados en la calle las Cantabrias y de los Fundadores, sector Calderón, con el propósito de verificar los parámetros eléctricos establecidos en la Regulación CONELEC 004/01 “Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución”, a través de una medición directa; obteniendo los siguientes resultados:

Del análisis de las mediciones realizadas en el Transformador N° 163589, se determina una demanda máxima de 114.89 kVA, un factor de uso de 114.9 % y una demanda disponible de -14.89 kVA, además los registros de medición de voltaje se ubican entre +6.49 % y -1.45 % del voltaje nominal de 210/121 V, mientras que en el tablero de distribución los registros de medición de voltaje se ubican entre + 6.26 % y -2.06 %. En el transformador T 166764, se determina una demanda máxima de 158.22 kVA, un factor de uso de 126.6 % y una demanda disponible de -33.22 kVA, además los registros de medición de voltaje se ubican entre el +0.84 % y -6.8 % del voltaje nominal 220/127 V, mientras que en el tablero de distribución los registros de medición de voltaje se ubican entre el +0.26 % y -8.48 % del voltaje nominal. Determinando que los registros se encuentran entre el voltaje nominal del transformador, cumpliendo con la Regulación establecida CONELEC 004/01.

En el transformador 163589 se registrar una corriente máxima de 335.2 A, posee protección tipo NH de 355 A por fase. Desde el transformador hacia el tablero se encuentra con cable tipo TTU 3x4/0+4/0 AWG que soporta corrientes de hasta 230 A por fase. EL transformador y los conductores se encuentra sobre cargado con un factor

de uso en el transformador de 114.9 %.

En el transformador 166764 se registra una corriente máxima de 438.3 A, posee protección tipo NH de 355 A por fase. Desde el transformador hasta el tablero de distribución se encuentra conectado con cable tipo TTU 3x(2x2/0)+3/0 AWG que soporta corrientes de hasta 350 A por fase. El transformador y los conductores se encuentra sobrecargado con un factor de uso en el transformador de 126.6 %. Además, se realiza el perfil de voltajes mínimos y corrientes máximas, determinando que existen picos de corrientes que provoca que el voltaje caída significativamente o a su vez el disparo de las protecciones. El voltaje cae cuando la planta empieza a trabajar a plena carga debido a que los transformadores se encuentran sobrecargados y los conductores no soportan la cantidad de corriente que circula.

Por lo expuesto se recomienda realizar un estudio de carga para el redimensionamiento de los transformadores, conductores y protecciones para garantizar el buen funcionamiento de los equipos instalados.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- En la caracterización energética de la procesadora de plásticos RTRECICLAR se pudo apreciar que en la misma existen dos servicios de alimentación cada uno compuesto por un transformador trifásico de 125 kVA, 22,8kV/220V/127V y de 100kVA/22,8kV/210V/121V respectivamente, los cuales alimentan a toda la instalación. Del servicio correspondiente al transformador de 125kVA el cual alimenta a un Panel General de Distribución (PGD), del mismo parten 4 circuitos de distribución interna en la instalación. El circuito 1 sirve a la peletizadora#1, el circuito 2 sirve a la peletizadora #2, el circuito 3 sirve al cuarto de bombas y enfriador y el cuarto sirve a la caja térmica. Con respecto al servicio correspondiente al transformador de 100kVA el cual alimenta un PGD, de donde parten 16 circuitos, relacionándose a continuación los mismos:
- En la procesadora de plásticos RT RECICLART se realizó un diagnóstico energético a través de la instalación de un instrumento registrador, el cual fue instalado en paralelo con los transformadores que conforman cada uno de los servicios. Dicho instrumento luego de haber estado instalado siete días característicos de producción arrojó las diferentes oportunidades de ahorro en la mencionada instalación, tales como: cambio de capacidad de transformadores en ambos servicios, por encontrarse sobrecargados lo cual reduce el tiempo de vida útil del equipamiento, y de no realizarse un cambio de capacidades por la idónea acorde a la demanda real impuesta por la carga, se establece un riesgo inminente de destrucción de dicho equipamiento; el cual resulta costoso, el uno de 100 kVA alrededor de \$10000,00 y el de 125kVA de \$13000,00. La sección transversal de los conductores que conforman los circuitos de distribución resulta inadecuada, pues se han producido incrementos de carga en los mismos manteniéndose los conductores iniciales lo cual conlleva a mayores caídas de voltaje, dificultando la regulación del mismo principalmente en los consumidores ubicados en el último tramo del circuito. Lo que ocasiona incrementos en la corriente para poder cumplir con la demanda de la potencia mecánica requerida por las diferentes

cargas acopladas a los ejes de los motores, esta situación se traduce en: incremento de las pérdidas por efecto Joule, un servicio sin calidad por un bajo voltaje principalmente en el horario pico y arriesgando el tiempo de vida útil del equipamiento principalmente de las máquinas eléctricas rotatorias al estar sometidas a una sobre corriente la cual deteriora de forma sistemática el aislamiento de la misma.

- Después de haber sido realizado el diagnóstico a partir de un analizador de calidad de energía, se evidencia que es necesario implementar un plan de medidas que contribuyan con el mejoramiento de la eficiencia energética en la industria, concluyéndose que es necesario el cambio de los transformadores instalados por unos de mayor capacidad, al encontrarse los mismos sobrecargados para el servicio 1 con 100kVA instalados actualmente se propuso un transformador de 225kVA; para el servicio 2 con un transformador actual de 125kVA, se propuso un transformador de 300kVA. Además, se realizó una adecuada selección de los breakers de protección contra sobre corriente para circuito de distribución interna en la industria.

### **Recomendaciones**

- La confección de un expediente eléctrico de la instalación el cual debe contar con planos mono lineales correspondiente a cada uno de los circuitos de distribución que parten de sus respectivos PGD, los mismo deben de incluir sección transversal de los conductores, caracterización de las cargas conectadas, tipos de protección y ajustes de las mismas, así como la realización de la auto lectura diaria del medidor de energía eléctrica con el fin de establecer un control diario de esta de materia prima atípica pues la misma se cancela luego de haber sido consumida.
- El uso de medidores prepago en favor de establecer conciencia y políticas de ahorro en la instalación y la instalación del instrumento registrador analizador de redes en un periodo de cada 3 años con el objetivo de realizar un diagnóstico

preventivo referente a la cargabilidad del transformador, balanceo de la carga monofásico por el lado secundario de mismo, niveles de voltaje en la red secundaria y el consecuente ajuste de las protecciones en los circuitos de distribución interna. Además se recomienda la revisión del acomodo de carga actual con el objetivo de detectar nuevas oportunidades de ahorro en el horario pico a consecuencia del desplazamiento de los consumos hacia el horario día y madrugada en los cuales el costo de Kw-h es de menor valor.

- El cambio de capacidad de transformadores en el menor lapso de tiempo, pues mientras más tiempo transcurra se corre el riesgo de que los mismos sufran un deterioro total, de conjunto la sustitución de la red de distribución con sus respectivas protecciones para garantizar la vida útil del equipamiento instalado.
- En caso de producirse nuevos incrementos de carga realizar mediciones de corriente tanto en los circuitos de distribución interna como en el transformador con el fin de verificar si existen sobrecargas en los mismos, y de esta forma tomar acciones encaminadas a darle solución, pues de lo contrario afectaría a los parámetros de calidad del servicio eléctrico como el voltaje, el aislamiento de los conductores y una pobre regulación de voltaje para las cargas conectadas al final de los circuitos de distribución. Así como el establecimiento de indicadores de Eficiencia Energética.

## **PROPUESTAS DE SOLUCIÓN**

### **Presentación de la propuesta**

En referencia a la propuesta se destinan a contar con la implementación de un conjunto de medidas técnicas organizativas encaminadas a mejorar los indicadores de Eficiencia Energética en las instalaciones de la empresa, basados en el diagnóstico realizado a través del analizador de redes que se instaló durante 8 días representativos; así como una propuesta en base a las recomendaciones dadas por el estudio anterior tales como: Selección adecuada de la capacidad de los bancos de transformadores, rediseño de los circuitos de distribución eléctrica en la instalación así como la adecuada selección

de los elementos de protección de sobre corriente para cada circuito y sus correspondientes canalizaciones.

### **Justificación de la propuesta**

En base a la investigación realizada se toma en consideración que si no se realizan las recomendaciones expuestas a continuación existirán daños irreparables en los transformadores quedando inútiles, además de esto al no realizar los cambios de conductores, protecciones y canalización la vida útil del equipamiento disminuirá por no estar trabajando en las condiciones que deberían. Lo que será traducido en pérdidas de dinero y de tiempo de producción puesto que la planta tendría varios días de paralización. Por lo cual se propone un plan de medidas que se detalla a continuación:

- Proponer un cambio de capacidad de transformador en ambos servicios.
- Realizar un levantamiento de carga en la instalación para en base a esta información determinar la verdadera potencia instalada en la misma y junto a este dato establecer un 20% de reserva encaminado a determinar el valor de capacidad del banco de transformadores, dicho resultado debe ser ajustado al valor normalizado inmediato superior de capacidades estándar de los transformadores trifásicos.
- Se calcula la sección transversal de cada uno de los circuitos de distribución interna dentro de la instalación, en base a los verdaderos valores de corriente demandada por la carga, donde se tuvo en cuenta un coeficiente de reserva de un 25% y los factores Ft y Fc; factor de corrección por el número de conductores por fase y el factor de corrección por incremento de temperatura del medio respectivamente.
- Además se tuvo en cuenta la selección adecuada del aislamiento en base a temperatura de trabajo del local y condiciones medioambientales siendo el seleccionado el aislamiento termoplástico pues admite temperaturas como máximo 60 °C y condiciones de ambiente seco y húmedo.
- Se recomienda calcular las protecciones de sobre corriente (disyuntores o breakers) para la protección ya sea contra sobrecargas o cortocircuito de cada

uno de los circuitos de distribución que parte del PGD. Se tomó como criterio de selección de las mencionadas protecciones  $1,25 * I$  nominal, disco resultado debe ser ajustado en la tabla de valores normalizados de los breakers.

### Datos informativos

#### Carga conectada al transformador de 125 kVA

$$P = I \times V$$

Tabla 9: Peletizadora #1

Voltaje (V)	Corriente N (A)		
	R	S	T
220	161	192	190

Fuente: Observación directa

Elaborado por: El investigador

En la tabla 9 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 10: Peletizadora #2

Voltaje (V)	Corriente N (A)		
	R	S	T
220	96	85	84

Fuente: Observación directa

Elaborado por: El investigador

En la tabla 10 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 11: Cuarto de bombas y enfriador

Voltaje (V)	Corriente N (A)		
	R	S	T
220	6	6,6	7,5

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 11 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 12: Caja térmica 220v monofásica

Equipo	Voltaje (V)	Potencia(W)
Toma corriente balanza (1,1 A)	110	
Lámpara #1	220	400
Lámpara #2	220	400
Lámpara #3	220	400
Lámpara #4	220	400

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 12 se encuentran datos sobre la potencia de lámparas y el voltaje que son los datos con los que se podrá determinar la corriente que pasa por cada circuito hasta llegar a estos elementos para poder dimensionar el conductor idóneo.

Tabla 13: Tomacorrientes

Número	Voltaje (V)
1	110
2	110
3	110
4	110

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 13 se observan datos de tomacorrientes que pueden utilizarse ocasionalmente para el cual se toma a consideración que van a prestar servicio a dispositivos que usen 110v.

Tabla 14: Consumo medido total de corriente por fase

<b>Corriente N (A)</b>		
<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>
293	240	283

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 14 están los valores máximos de corriente medida directamente en el Panel General de Distribución (PGD) los cuales son parte fundamental para el dimensionamiento del banco de transformador correspondiente a este servicio.

### **Carga conectada al transformador de 100 kVA**

Tabla 15: Subextruder #2

<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente N (A)</b>		
	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>
220	187	187	185

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 15 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 16: Compresor

<b>Voltaje (V)</b>	<b>Corriente N (A)</b>		
	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>
220	28	26,8	24

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 16 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 17: Molino

Voltaje (V)	Corriente N (A)		
	R	S	T
220	17	16,7	17

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 17 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 18: Extrusora #1

Voltaje (V)	Corriente N (A)		
	R	S	T
220	34	16	22

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 18 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 19: Extrusora #2

Voltaje (V)	Corriente N (A)		
	R	S	T
220	52	55	56

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 19 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 20: Extrusora #3

Voltaje (V)	Corriente N (A)		
	R	S	T
220	34	16	22

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 20 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 21: Extrusora #4

Voltaje (V)	Corriente N (A)		
	R	S	T
220	58	60	63

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 21 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 22: Extrusora #5

Voltaje (V)	Corriente N (A)		
	R	S	T
220	57	51	41

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 22 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 23: Mezcladora

Voltaje (V)	Corriente N (A)		
	R	S	T
220	7	7	6

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 23 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones

Tabla 24: Selladora#1

Voltaje (V)	Corriente N (A)	
	R	S
220	6	5,4

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 24 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase en este caso bifásica y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones

Tabla 25: Selladora#2

Voltaje (V)	Corriente N (A)	
	R	S
220	18,4	20

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 25 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el

valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 26: Selladora#3

Voltaje (V)	Corriente N (A)	
	R	S
220	13,9	13,8

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 26 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 27: Selladora#4

Voltaje (V)	Corriente N (A)	
	R	S
220	15	13,7

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 27 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 28: Selladora#5

Voltaje (V)	Corriente N (A)	
	R	S
220	16	17

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 28 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 29: Selladora#6

Voltaje (V)	Corriente N (A)	
	R	S
220	12	11,2

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 29 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 30: Caja térmica

Voltaje (V)	Corriente N (A)	
	R	S
220	1,5	1,8

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 30 se observan los valores de corriente que fueron tomados en el sitio de estudio, estos valores fueron recolectados por cada fase y se toma en consideración el valor más alto de corriente que pasa por cada circuito para posteriormente realizar el cálculo para la selección de conductores y protecciones.

Tabla 31: Voltaje y potencia de lámparas y tomacorrientes

	<b>Voltaje (V)</b>	<b>Potencia N(W)</b>
Lámpara fluorecente#1	110	40
Lámpara fluorecente#2	110	40
Lámpara fluorecente#3	110	40
Lámpara fluorecente#4	110	40
Lámpara fluorecente#5	110	40
Lámpara fluorecente#6	110	40
Lámpara fluorecente#7	110	40
Lámpara fluorecente#8	110	40
Lámpara fluorecente#9	110	40
Lámpara fluorecente#10	110	40
Tomacorriente#1	110	
Tomacorriente#2	110	
Tomacorriente#3	110	
Tomacorriente#4	220	
Tomacorriente#5	220	
Tomacorriente#6	220	

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 31 se encuentran datos sobre la potencia de lámparas y el voltaje que son los datos con los que se podrá determinar la corriente que pasa por cada circuito hasta llegar a estos elementos para poder dimensionar el conductor idóneo.

Tabla 32: Consumo medido total de corriente

<b>Corriente N (A)</b>		
<b>R</b>	<b>S</b>	<b>T</b>
300	310	295

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

En la tabla 32 están los valores máximos de corriente medida directamente en el Panel General de Distribución (PGD) los cuales son parte fundamental para el dimensionamiento del banco de transformador correspondiente a este servicio.

## CÁLCULOS

**Cálculo para la selección de los bancos de transformadores**

**Cálculo con los datos de la carga total conectada al transformador de 125kVA de la tabla 15**

**Dónde:**

P= Potencia Activa

V=Voltaje

I=Corriente

Cos $\phi$ =Factor de Potencia

**Cálculo de Potencia Activa para la fase R**

$$P = V * I * \text{COS}\phi$$

$$P = 220 * 293 * 0,85$$

$$P = 54,79kW$$

**Cálculo de Potencia Activa para la fase R**

$$P = V * I * \text{COS}\phi$$

$$P = 220 * 240 * 0,85$$

$$P = 44,88kW$$

**Cálculo de Potencia Activa para la fase T**

$$P = V * I * \text{COS}\phi$$

$$P = 220 * 283 * 0,85$$

$$P = 52,92kw$$

**Cálculo de Potencia Activa Total**

$$P = Pr + Ps + Pt$$

$$P = 54,79 + 44,88 + 52,92$$

$$P = 152,59kw$$

**Nota:** El valor de potencia activa total real medida coincide con el valor de la máxima demanda registrada a través del analizador de redes.

### Cálculo de potencia aparente del transformador

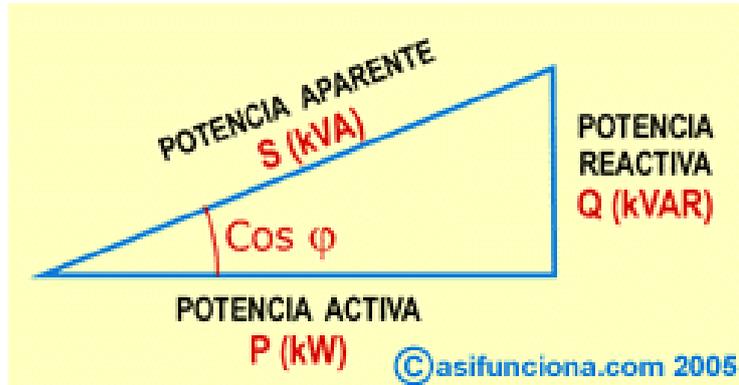


Figura 32: Cálculo de potencia aparente del transformador

**Fuente:** (Asifunciona, 2005)

**Elaborado por:** El investigador

$$\cos \phi = \frac{P}{S}$$

$$S = \frac{P}{\cos \phi}$$

$$S = \frac{152,59}{0,85}$$

$$S = 179,51 \text{ kVA}$$

Para la selección del transformador se toma en cuenta la carga real es decir la Potencia Aparente que tiene un valor de 179,51kVA la cual debe ser incrementada en un 20% de reserva en el banco de transformador por cualquier incremento de demanda.

### Valor de la Potencia Aparente más el 20% de reserva

$$179,51 = 100\%$$

$$x = 20\%$$

$$x = 35,902 \text{ kVA}$$

$$S_t = S + 20\%$$

$$St = 179,51 + 35,902$$

$$St = 215,41kVA$$

El valor de Potencia Aparente más la reserva da un valor de 215,41 kVA el cual servirá para la selección del transformador, dicho valor debe ser ajustado al correspondiente valor normalizado inmediato superior de los transformadores comerciales que se encuentren en el mercado.

De acuerdo con esto se escoge el transformador de capacidad normalizada de 225kVA trifásico, con relación de voltaje 22,8kv/127v/220v (ver Anexo 1)

### **Cálculo para la selección del banco de transformadores**

#### **Cálculo con los datos de la carga total conectada al transformador de 100kva de la tabla 33**

##### **Dónde:**

P= Potencia Activa

V=Voltaje

I=Corriente

Cos $\phi$ =Factor de Potencia

##### **Cálculo de Potencia Activa para la fase R**

$$P = V * I * COS\phi$$

$$P = 220 * 300 * 0,85$$

$$P = 56,1kw$$

##### **Cálculo de Potencia Activa para la fase R**

$$P = V * I * COS\phi$$

$$P = 220 * 310 * 0,85$$

$$P = 57,97kw$$

### **Cálculo de Potencia Activa para la fase T**

$$P = V * I * \text{COS}\phi$$

$$P = 220 * 295 * 0,85$$

$$P = 55,17\text{kw}$$

### **Cálculo de Potencia Activa Total**

$$Pa1 = Pr + Ps + Pt$$

$$Pa1 = 74,42 + 57,97 + 72,93$$

$$Pa1 = 169,24\text{kw}$$

Nota: Este valor no coincide con el valor máximo registrado en el diagnóstico con el analizador de redes puesto que posteriormente al mismo se ha realizado la conexión de nuevos equipos al transformador produciendo mayores niveles de sobrecarga.

### **Cálculos de la potencia monofásica**

#### **Cálculos de la Potencia Activa de alumbrado**

10 Lámparas fluorescentes de 40w

$$Pa = 10 * 40$$

$$Pa = 400\text{w}$$

#### **Cálculos de la Potencia Activa de reflectores**

4 reflectores de 400w cada uno

1 reflector de 200w

$$P1 = 4 * 400$$

$$P1 = 1600\text{w}$$

$$Pa = 1600\text{w} + 200\text{w}$$

$$Pa = 1800\text{w}$$

### Potencia Activa total de alumbrado

$$Pat = 400 * 1800$$

$$Pa = 2200w$$

### Potencia a tomar en cuenta conectada al transformador por parte de alumbrado

$$Pa2 = \frac{2200w}{3}$$

$$Pa2 = 733,33w$$

Se realiza la división para 3 debido a que la carga monofásica debe distribuirse de manera equitativa por cada fase del transformador secundario.

### Potencia total conectada

$$Pt = Pa1 + Pa2$$

$$Pt = 169,24kw + 7,33kw$$

$$Pa = 176,57kw$$

### Cálculo de potencia aparente del transformador



Figura 33: Cálculo de potencia aparente del transformador

**Fuente:** (Asifunciona, 2005)

**Elaborado por:** El investigador

$$\cos\phi = \frac{P}{S}$$

$$S = \frac{P}{\cos\phi}$$

$$S = \frac{176,57}{0,85}$$

$$S = 207,73kVA$$

Para la selección del transformador se toma en cuenta la carga real es decir la Potencia Aparente que tiene un valor de 207,73kVA la cual debe ser incrementada en un 20% de reserva en el banco de transformador por cualquier incremento de demanda.

### **Valor de la Potencia Aparente más el 20% de reserva**

$$207,73 = 100\%$$

$$x = 20\%$$

$$x = 41,55\text{kva}$$

$$St = S + 20\%$$

$$St = 207,73 + 41,55$$

$$St = 249,28\text{kVA}$$

El valor de Potencia Aparente más la reserva da un valor de 249,28kVA el cual servirá para la selección del transformador, dicho valor debe ser ajustado al correspondiente valor normalizado inmediato superior de los transformadores comerciales que se encuentren en el mercado.

Se escoge el transformador de capacidad normalizada de 300kVA trifásico, con relación de voltaje 22,8kv/127v/220v (ver Anexo 1).

### **Cálculo de la sección de los conductores para cada circuito de salida del Panel General de Distribución para el servicio de banco de transformador de 125kVA.**

$$Ic = \frac{1,2 * In}{Fc * Ft}$$

Dónde:

**Ic**= Corriente de carga

**In**= Corriente real que circula

**1,2**= Factor de reserva a favor del conductor y del proyectista

**Fc**= Número de conductores por fase

**Ft**= Factor de temperatura

## Datos

- Temperatura de trabajo de la planta es de 40 °C
- Ambiente seco
- Tipo de aislamiento termoplástico (THWN) se utiliza para ambiente seco y húmedo con temperaturas de trabajo de hasta 60°C.
- Constante Ft para temperatura entre 30 y 40 °C es de 0,82
- Fc= 1 Al ser un sistema trifásico y constar con un conductor por cada fase.

Se utilizará cables tipo THWN porque:

- Mayor amperaje por conductor.
- Mayor resistencia.
- Mayor número de conductores en tuberías conduit internas, al ser de un menor diámetro se puede instalar mayor cantidad de cables por ducto lo que equivale a que el costo final de instalación sea más económico con respecto a los diseños de instalaciones eléctricas con otros tipos de alambres como el TW.
- Voltaje nominal de 600v.
- Los alambres de cobre THWN son usadas en circuitos de fuerzas y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales, son especialmente aptos para instalaciones en ductos, o zonas abrasivas o contaminadas por aceites, grasas, gasolina, etc como se especifica en el Código Eléctrico Nacional.
- En los alambres THWN hay una disminución del espesor del aislamiento PVC por que se recubre adicionalmente con nylon, ya que este material tiene un mejor comportamiento mecánico.

Según el Anexo 2 se escoge el cable normalizado superior correspondiente a la corriente de carga calculada para cada circuito.

### **Peletizadora #1**

$$I_c = \frac{1,2 * 192}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 280A$$

Se elige un cable de calibre AWG 400 que soporta una corriente de 280A.

### **Peletizadora #2**

$$I_c = \frac{1,2 * 96}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 140,49A$$

Se elige un cable de calibre AWG 2/0 que soporta una corriente de 145A.

### **Cuarto de bombas y enfriador**

$$I_c = \frac{1,2 * 7,5}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 10,98A$$

Se elige un cable de calibre AWG 14 que soporta una corriente de 20A.

### **Caja térmica 220v monofásica**

Corriente de la balanza= 1,1A

Corriente de las lámparas

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{400}{220}$$

$$I = 1,82A$$

Corriente total (1,82A\*4)+1,1A

$$I_t = 8,37$$

$$I_c = \frac{1,2 * 8,37}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 12,25A$$

Se elige un cable de calibre AWG 14 que soporta una corriente de 20A.

**Cálculo de la sección de los conductores para cada circuito de salida del Panel General de Distribución para el servicio de banco de transformador de 100kVA.**

$$I_c = \frac{1,2 * I_n}{F_c * F_t}$$

Dónde:

**I<sub>c</sub>**= Corriente de carga

**I<sub>n</sub>**= Corriente real que circula

**1,2**= Factor de reserva a favor del conductor y del proyectista

**F<sub>c</sub>**= Número de conductores por fase

**F<sub>t</sub>**= Factor de temperatura

**Datos**

- Temperatura de trabajo de la planta es de 40 °C
- Ambiente seco
- Tipo de aislamiento termoplástico (TW) se utiliza para ambiente seco y húmedo con temperaturas de trabajo de hasta 60°C.
- Constante Ft para temperatura entre 30 y 40 °C es de 0,82
- Fc=1 Al ser un sistema trifásico y constar con un conductor por cada fase.

Según el Anexo 2 se escoge el cable normalizado superior correspondiente a la corriente de carga calculada para cada circuito.

**Subextruder #2**

$$I_c = \frac{1,2 * 187}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 273,66A$$

Se elige un cable de calibre AWG 400 que soporta una corriente de 280A.

**Compresor**

$$I_c = \frac{1,2 * 28}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 40,98A$$

Se elige un cable de calibre AWG 8 que soporta una corriente de 40A.

**Molino**

$$I_c = \frac{1,2 * 17}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 24,88A$$

Se elige un cable de calibre AWG 12 que soporta una corriente de 25A.

**Extrusora #1**

$$I_c = \frac{1,2 * 34}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 49,76A$$

Se elige un cable de calibre AWG 6 que soporta una corriente de 55A.

**Extrusora #2**

$$I_c = \frac{1,2 * 56}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 81,95A$$

Se elige un cable de calibre AWG 2 que soporta una corriente de 95A.

**Extrusora #3**

$$I_c = \frac{1,2 * 187}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 273,65A$$

Se elige un cable de calibre AWG 400 que soporta una corriente de 280A.

**Extrusora #4**

$$I_c = \frac{1,2 * 63}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 92,20A$$

Se elige un cable de calibre AWG 2 que soporta una corriente de 95A.

**Extrusora #5**

$$I_c = \frac{1,2 * 57}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 83,41A$$

Se elige un cable de calibre AWG 2 que soporta una corriente de 95A.

**Mezcladora**

$$I_c = \frac{1,2 * 7}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 19,24A$$

Se elige un cable de calibre AWG 14 que soporta una corriente de 20A.

**Selladora#1**

$$I_c = \frac{1,2 * 6}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 8,78A$$

Se elige un cable de calibre AWG 14 que soporta una corriente de 20A.

**Selladora#2**

$$I_c = \frac{1,2 * 20}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 29,27A$$

Se elige un cable de calibre AWG 10 que soporta una corriente de 30A.

**Selladora#3**

$$I_c = \frac{1,2 * 13,9}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 20,34A$$

Se elige un cable de calibre AWG 12 que soporta una corriente de 25A.

**Selladora#4**

$$I_c = \frac{1,2 * 15}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 21,95A$$

Se elige un cable de calibre AWG 12 que soporta una corriente de 25A.

**Selladora#5**

$$I_c = \frac{1,2 * 17}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 24,88A$$

Se elige un cable de calibre AWG 12 que soporta una corriente de 25A.

**Selladora#6**

$$I_c = \frac{1,2 * 12}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 16,94A$$

Se elige un cable de calibre AWG 14 que soporta una corriente de 20A.

**Caja térmica**

$$I_c = \frac{1,2 * 1,8}{1 * 0,82}$$

$$I_c = 2,54A$$

Se elige un cable de calibre AWG 14 que soporta una corriente de 20A.

### **Lámparas**

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{733,33}{220} = 3,33A$$

$$Ic = \frac{1,2 * 3,33}{1 * 0,82}$$

$$Ic = 4,87A$$

Se elige un cable de calibre AWG 14 que soporta una corriente de 20A.

### **Cálculos para la selección de las protecciones o breakers de los circuitos conectados al transformador de 125kVA**

Para la realización de la elección de los breakers de protección de los diferentes circuitos que parten del panel general de distribución se realizó bajo el criterio de condiciones de calentamiento de los conductores y se tienen en cuenta las máximas corrientes de cortocircuito que pudieran producirse en caso de algún tipo de falla en el referido circuito.

Según los Anexos 3 y 4 se escoge el breaker normalizado superior correspondiente a la corriente de carga calculada para cada circuito.

### **Peletizadora#1**

$$Capacidad\ del\ breaker = 1,2 * I\ nominal$$

$$Capacidad\ del\ breaker = 1,25 * 192$$

$$Capacidad\ del\ breaker = 230,4A$$

Se elige un breaker trifásico modelo TJD432250W que tiene una capacidad de corriente de 250A.

### **Peletizadora#2**

*Capacidad del breaker = 1,2 \* I nominal*

*Capacidad del breaker = 1,25 \* 96*

*Capacidad del breaker = 120A*

Se elige un breaker trifásico modelo TQD32125W que tiene una capacidad de corriente de 125A.

### **Cuarto de bombas y enfriador**

*Capacidad del breaker = 1,2 \* I nominal*

*Capacidad del breaker = 1,25 \* 7,5*

*Capacidad del breaker = 9,38A*

Se elige un breaker trifásico modelo TQC34015W que tiene una capacidad de corriente de 15A.

### **Caja térmica**

*Capacidad del breaker = 1,2 \* I nominal*

*Capacidad del breaker = 1,25 \* 12,25*

*Capacidad del breaker = 15,31A*

Se elige un breaker trifásico modelo TQC34020W que tiene una capacidad de corriente de 20A.

## **Cálculos para la selección de las protecciones o breakers de los circuitos conectados al transformador de 100kVA**

Para la realización de la elección de los breakers de protección de los diferentes circuitos que parten del panel general de distribución se realizó bajo el criterio de condiciones de calentamiento de los conductores y se tienen en cuenta las máximas corrientes de cortocircuito que pudieran producirse en caso de algún tipo de falla en el referido circuito.

Según los Anexos 3 y 4 se escoge el breaker normalizado superior correspondiente a la corriente de carga calculada para cada circuito.

### **Subextruder #2**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 187$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 233,75A$$

Se elige un breaker trifásico modelo TJD432250W que tiene una capacidad de corriente de 250A.

### **Compresor**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 28$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 35A$$

Se elige un breaker trifásico modelo TQC34040W que tiene una capacidad de corriente de 40A.

### **Molino**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 17$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 21,25A$$

Se elige un breaker trifásico modelo TQC34030W que tiene una capacidad de corriente de 30A.

#### **Extrusora #1**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 34$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 42,5A$$

Se elige un breaker trifásico modelo TQC34050W que tiene una capacidad de corriente de 50A.

#### **Extrusora #2**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 56$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 70A$$

Se elige un breaker trifásico modelo TQC34070W que tiene una capacidad de corriente de 70A.

#### **Extrusora #3**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 187$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 233,75A$$

Se elige un breaker trifásico modelo TJD432250W que tiene una capacidad de corriente de 250A.

#### **Extrusora #4**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 63$$

*Capacidad del breaker = 78,75A*

Se elige un breaker trifásico modelo TQC34090W que tiene una capacidad de corriente de 90A.

#### **Extrusora #5**

*Capacidad del breaker = 1,2 \* I nominal*

*Capacidad del breaker = 1,25 \* 57*

*Capacidad del breaker = 71,25A*

Se elige un breaker trifásico modelo TQC34090W que tiene una capacidad de corriente de 90A.

#### **Mezcladora**

*Capacidad del breaker = 1,2 \* I nominal*

*Capacidad del breaker = 1,25 \* 7*

*Capacidad del breaker = 8,75A*

Se elige un breaker trifásico modelo TQC34015W que tiene una capacidad de corriente de 15A.

#### **Selladora #1**

*Capacidad del breaker = 1,2 \* I nominal*

*Capacidad del breaker = 1,25 \* 6*

*Capacidad del breaker = 7,5A*

Se elige un breaker bifásico modelo TQC2415W que tiene una capacidad de corriente de 15A.

**Selladora #2**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 20$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 25A$$

Se elige un breaker bifásico modelo TQC2430W que tiene una capacidad de corriente de 30A.

**Selladora #3**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 13,9$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 17,37A$$

Se elige un breaker bifásico modelo TQC2420W que tiene una capacidad de corriente de 20A.

**Selladora #4**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 15$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 18,75A$$

Se elige un breaker bifásico modelo TQC2420W que tiene una capacidad de corriente de 20A.

**Selladora #5**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 17$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 21,25A$$

Se elige un breaker bifásico modelo TQC2430W que tiene una capacidad de corriente de 30A.

### **Selladora #6**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 12$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 15A$$

Se elige un breaker bifásico modelo TQC2415W que tiene una capacidad de corriente de 15A.

### **Caja térmica**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 1,8$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 2,25A$$

Se elige un breaker trifásico modelo TQC34015W que tiene una capacidad de corriente de 15A.

### **Lámparas**

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,2 * I \text{ nominal}$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 1,25 * 3,33$$

$$\text{Capacidad del breaker} = 4,16A$$

Se elige un breaker trifásico modelo TQC34015W que tiene una capacidad de corriente de 15A.

## **Cálculo de tubería o canalización para los conductores de Panel General de Distribución para el servicio de banco de transformador de 125kVA**

Para la determinación de las canalizaciones se hace necesario conocer la sección transversal de los conductores, así como la cantidad de los mismos en cada una de las fases. Según el Anexo 5 se escoge la canalización adecuada dependiendo el número de cables y el diámetro de los mismos que van a pasar a través de la misma.

**Peletizadora #1**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 de la bibliografía (Martínez, 1986) que es de 76,2mm.

**Peletizadora #2**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 de la bibliografía (Martínez, 1986) que es de 50,8mm.

**Cuarto de bombas y enfriador**

Selección de la canalización a través de la tabla(x) de la bibliografía (Martínez, 1986) que es de 12,7mm.

**Caja térmica**

Selección de la canalización a través de la tabla(x) de la bibliografía (Martínez, 1986) que es de 12,7mm.

**Cálculo de tubería o canalización para los conductores de Panel General de  
Distribución para el servicio de banco de transformador de 100Kva**

Según el Anexo 5 se escoge la canalización adecuada dependiendo el número de cables que van a pasar a través de la misma.

**Subextruder #2**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 76,2mm.

**Compresor**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 19mm.

**Molino**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 12,7mm.

**Extrusora #1**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 25,4mm.

**Extrusora #2**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 31,8mm.

**Extrusora #3**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 76,2mm.

**Extrusora #4**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 31,8mm.

**Extrusora #5**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 31,8mm.

**Mezcladora**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 12,7mm.

**Selladora#1**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 12,7mm.

**Selladora#2**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 12,7mm.

**Selladora#3**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 12,7mm.

**Selladora#4**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 12,7mm.

**Selladora#5**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 12,7mm.

**Selladora#6**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 12,7mm.

**Caja térmica**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 12,7mm.

**Lámparas**

Selección de la canalización a través del Anexo 5 el cual indica que el valor es de 12,7mm.

## REFERENCIAS

- (NFPA), N. (2012). *VIAKON*. Obtenido de VIAKON:  
<http://www.viakon.com/pdf/categorias/24.pdf>
- ACEEE. (2016). <http://aceee.org/portal/national-policy/international-scorecard>.  
Obtenido de The International Energy Efficiency Scorecard:  
<http://aceee.org/portal/national-policy/international-scorecard>
- ANSI/IEEE. (s.f.). Obtenido de <http://fidelsmc.blogspot.com/2013/11/capacidades-normalizadas-de.html>
- Arrieta, O. (2015). *Propuesta estratégica para mejorar la gestión energética de la empresa Agribiotecnología de Costa Rica S.A.* Universidad de Costa Rica , Maestría Profesional en Administración y Dirección de Empresas con Énfasis en Gerencia, Costa, Rica.
- Asambleanacional.gob. (12 de Mayo de 2008). *Asambleanacional.gob*. Obtenido de Comisión de Educación, Cultura y Ciencia y Tecnología:  
<http://www.asambleanacional.gob.ec/es/blogs/comision-de-educacion-cultura-y-ciencia-y-tecnologia>
- CMNUCC. (2017). Conclusiones de diálogo en la CMNUCC para promover la eficiencia energética en la industria. *ONU CLIMAT*, 1.
- Empresa Eléctrica Quito. (2017). *Registros de demanda energética de la empresa RECICLART RT*.
- Empresa Eléctrica Quito. (2018). *Registros de demanda energética de la empresa RECICLART RT*.
- EURECIPE Low energy plastics processing best practice guide*. (2016). Obtenido de Institute for Industrial Productivity: <http://www.iipnetwork.org/eurecipe-low-energy-plastics-processing-best-practice-guide-0>
- Fundación Privada Ascamm (Eurecat). (2010). Plásticos. *Interempresas*, 1.
- GEDISA. (s.f.). *Scrib*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/367782032/Tabla-de-Breakers-Comerciales-Gedisa-pdf>
- Granados, o. (26 de 04 de 2015). *El País*. Obtenido de Economía:  
[https://elpais.com/economia/2015/04/24/actualidad/1429894886\\_485908.html](https://elpais.com/economia/2015/04/24/actualidad/1429894886_485908.html)
- Gutierrez, A. (2017). *El gasto energetico en la industria*. Obtenido de ABB:  
<http://new.abb.com/drives/es/eficiencia-energetica/gasto-energetico-industria>

- INER. (2013). *Eficiencia energética*. Obtenido de Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables: <https://www.iner.gob.ec/industrias/>
- International Energy Agency. (2013). *World Energy Outlook*. Obtenido de World Energy Outlook: <https://webstore.iea.org/>
- J. Soto, A. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011. En A. J. Soto, *Ingeniería energética* (págs. 38-47). Cienfuegos.
- Madrugal, J. A. (2016). Planificación energética para el ahorro de fueloil en una lavandería industrial. *Ingeniare*, 86-96.
- Martínez, I. E. (1986). ELECTROTECNIA BASICA. En I. E. Martínez, *ELECTROTECNIA BASICA* (pág. 390). La Habana.
- Monteagudo, A. B. (2006). *Gestión y Economía Energética*. Cienfuegos: Universidad Cienfuegos.
- Nadel, E. (2016). Eficiencia energética.
- Nordelo, A. B. (2014). TECNOLOGÍA DE GESTIÓN TOTAL EFICIENTE DE LA ENERGÍA. Cienfuegos.
- ONUDI. (2014). *Actividades de la ONUDI relacionadas con la energía Informe del Director General*. Obtenido de Actividades de la ONUDI relacionadas con la energía Informe del Director General: [http://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/PMO/IDB/IDB42/idb42\\_13s.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/PMO/IDB/IDB42/idb42_13s.pdf).
- POVEDA, M. (2008). Eficencia energética: recurso no aprovechado. *OLADE*, <http://www.olade.org/sites/default/files/portal-ee/EFICIENCIA%20ENERG%C3%89TICA%20RECURSO%20NO%20APROVECHADO-Agosto-2007.pdf>.
- Ramos, A. J. (2015). Ingeniería energética. *SCIELO*, [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012015000200011&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012015000200011&script=sci_arttext&tlng=pt).
- REN21. (2015). *Red Global de Energía Renovable para el siglo 21*. Obtenido de [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/GSR2015\\_Key-Findings\\_SPANISH.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/GSR2015_Key-Findings_SPANISH.pdf)

- Salazar, L., Guzman, V., & Bueno, A. (2018). Análisis de medidas de ahorro de energía en una empresa de producción. *Ingenius: Revista de Ciencia y Tecnología*, 19, 40-50.
- Tanaka. (2008). Assessment of energy efficiency performance measures in industry and their application for policy. En Tanaka, *Energy Policy* (págs. 2887–2902). Obtenido de Energy Policy.
- Vargas, C., Posada, J., Jaramillo, L., & García, L. (2015). Consumos de energía en la industria del plástico: Revisión de Estudios Realizados. *Revista CEA*, 1(1), 93-107.
- Vargas, C., Posada, J., Jaramillo, L., y García, L. . (2014). CONSUMOS DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO. *CEA*, 95.

## ANEXOS

### Anexo 1 Capacidad de transformadores en KVA

ANSI/IEEE  
C57.12.00-1987

**Table 2**  
**Preferred Continuous Kilovoltampere Ratings**

Single-Phase Transformers	Three-Phase Transformers
5	15
10	30
15	45
25	75
37.5	112.5
50	150
75	225
100	300
167	500
250	750
333	1000
500	1500
	2000
833	2500
1250	3750
1667	5000
2500	7500
3333	10 000
	12 000
5000	15 000
6667	20 000
8333	25 000
10 000	30 000
12 500	37 500
16 667	50 000
20 000	60 000
25 000	75 000
33 333	100 000

**Fuente:** (ANSI/IEEE, s.f.)

## Anexo 2 Lista de cables normalizados de tipo THWN

CABLE VIAKON® THWN/THHN 600 V									
Calibre	Área nominal de la sección transversal	Número de hilos	Espesor nominal del aislamiento	Espesor nominal de nylon	Diámetro exterior aproximado	Peso total aproximado	Capacidad de conducción de corriente* Amperes		
AWG/kcmil	mm²		mm	mm	mm	kg/100 m	60°C	75°C	90°C
14	2,082	19	0,38	0,10	2,9	3	20	20	25
12	3,307	19	0,38	0,10	3,4	4	25	25	30
10	5,260	19	0,51	0,10	4,3	6	30	35	40
8	8,367	19	0,76	0,13	5,7	10	40	50	55
6	13,30	19	0,76	0,13	6,7	15	55	65	75
4	21,15	19	1,02	0,15	8,5	24	70	85	95
2	33,62	19	1,02	0,15	10,1	36	95	115	130
1	42,41	19	1,27	0,18	11,6	46	110	130	150
1/0	53,48	19	1,27	0,18	12,7	56	125	150	170
2/0	67,43	19	1,27	0,18	13,9	70	145	175	195
3/0	85,01	19	1,27	0,18	15,2	87	165	200	225
4/0	107,2	19	1,27	0,18	16,7	108	195	230	260
250	126,7	37	1,52	0,20	18,5	128	215	255	290
300	152,0	37	1,52	0,20	19,9	152	240	285	320
350	177,3	37	1,52	0,20	21,3	177	260	310	350
400	202,7	37	1,52	0,20	22,5	201	280	335	380
500	253,4	37	1,52	0,20	24,7	249	320	380	430
600	304,0	61	1,78	0,23	27,3	298	355	420	475
750	380,0	61	1,78	0,23	30,0	369	400	475	535
1 000	506,7	61	1,78	0,23	34,0	488	455	545	615

Fuente: ((NFPA), 2012)

**Anexo3.** Interruptores termo magnéticos o breakers

NUMERO DE CATALOGO		MODELO	N° Polos	Capacidad Amp	Capacidad de cortocircuito en kArms				PRECIOS	RESIDENCIAL TQC	
					120 VAC	240 VAC	480 VAC	600 VAC			
IN271015	TQC1215WL	1	15	10	10	-	-				
IN271020	TQC1220WL	1	20	10	10	-	-				
IN271030	TQC1230WL	1	30	10	10	-	-				
IN271040	TQC1240WL	1	40	10	10	-	-				
IN271050	TQC1250WL	1	50	10	10	-	-				
IN271060	TQC1260WL	1	60	10	10	-	-				
IN271070	TQC1270WL	1	70	10	10	-	-				
IN272015	TQC2415WL	2	15	10	-	-	-				
IN272020	TQC2420WL	2	20	10	-	-	-				
IN272030	TQC2430WL	2	30	10	-	-	-				
IN272040	TQC2440WL	2	40	10	-	-	-				
IN272050	TQC2450WL	2	50	10	-	-	-				
IN272060	TQC2460WL	2	60	10	-	-	-				
IN272070	TQC2470WL	2	70	10	-	-	-				
IN272090	TQC2490WL	2	90	10	-	-	-				
IN272100	TQC24100WL	2	100	10	-	-	-				
IN273015	TQC34015WL	3	15	-	10	-	-				
IN273020	TQC34020WL	3	20	-	10	-	-				
IN273030	TQC34030WL	3	30	-	10	-	-				
IN273040	TQC34040WL	3	40	-	10	-	-				
IN273050	TQC34050WL	3	50	-	10	-	-				
IN273060	TQC34060WL	3	60	-	10	-	-				
IN273070	TQC34070WL	3	70	-	10	-	-				
IN273090	TQC34090WL	3	90	-	10	-	-				
IN273100	TQC34100WL	3	100	-	10	-	-				
NUMERO DE CATALOGO		MODELO	N° Polos	Capacidad Amp	Capacidad de cortocircuito en kArms					PRECIOS	INDUSTRIAL TQD
					120 VAC	240 VAC	480 VAC	600 VAC			

**Fuente:** (GEDISA, s.f.)

**Anexo 4. Interruptores termo magnéticos o breakers (continuación)**

NUMERO DE CATALOGO	MODELO	N° Polos	Capacidad Amp	Capacidad de cortocircuito en kArms				PRECIOS	INDUSTRIAL TQD
				120 VAC	240 VAC	480 VAC	600 VAC		
ING052125	TQD22125WL	2	125	10	10	-	-		
ING052150	TQD22150WL	2	150	10	10	-	-		
ING052175	TQD22175WL	2	175	10	10	-	-		
ING052200	TQD22200WL	2	200	10	10	-	-		
ING052225	TQD22225WL	2	225	10	10	-	-		
ING053125	TQD32125WL	3	125	-	10	-	-		
ING053150	TQD32150WL	3	150	-	10	-	-		
ING053175	TQD32175WL	3	175	-	10	-	-		
ING053200	TQD32200WL	3	200	-	10	-	-		
ING053225	TQD32225WL	3	225	-	10	-	-		
NUMERO DE CATALOGO	MODELO	N° Polos	Capacidad Amp	Capacidad de cortocircuito en kArms				PRECIOS	INDUSTRIAL TJK
				120 VAC	240 VAC	480 VAC	600 VAC		
INE06A3250	TJD432250WL	3	250	-	22	-	-		
INE06A3300	TJD432300WL	3	300	-	22	-	-		
INE06A3350	TJD432350WL	3	350	-	22	-	-		
INE06A3400	TJD432400WL	3	400	-	22	-	-		
INE07A3125	TFK236125	3	125	-	25	22	-		
INE07A3150	TFK236150	3	150	-	25	22	-		
INE07A3175	TFK236175	3	175	-	25	22	-		
INE07A3200	TFK236200	3	200	-	25	22	-		
INE07A3225	TFK236225	3	225	-	25	22	-		
INE08A3250	TJK436250	3	250	-	42	30	-		
INE08A3300	TJK436300	3	300	-	42	30	-		
INE08A3350	TJK436350	3	350	-	42	30	-		
INE08A3400	TJK436400	3	400	-	42	30	-		
INE08A3500	TJK636500	3	500	-	42	30	-		
INE08A3600	TJK636600	3	600	-	42	30	-		
INE09A3700	TKMA836700	3	700	-	42	30	-		
INE09A3800	TKMA836800	3	800	-	42	30	-		
INE09A1000	TKMA31000WL	3	1000	-	42	30	-		
INE09A1200	TKMA31200WL	3	1200	-	42	30	-		

**Fuente:** (GEDISA, s.f.)

Anexo 5 Diámetro de tubería por número de conductores

*Máximo número de conductores en tuberías de diámetro convencional*

Calibre del conductor		12,7	19	25,4	31,8	38	50,8	63,3	76,2	88,8	102	127
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
mm <sup>2</sup>	A AWG MCM	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	5
		pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.	pulg.
0,82	18	7	12	20	35	49	80	115	176	-	-	-
1,31	16	6	10	17	30	41	68	98	150	-	-	-
2,1	14	4	6	10	18	25	41	58	90	121	155	-
3,3	12	3	5	8	15	21	34	50	76	103	132	208
5,2	10	1	4	7	13	17	29	41	64	86	110	173
8,4	8	1	3	4	7	10	17	25	38	52	67	105
13,3	6	1	1	3	4	6	10	15	23	32	41	64
21,2	4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31	49
26,6	3	-	1	1	3	4	7	10	16	21	28	44
33,6	2	-	1	1	3	3	6	9	14	19	24	38
42,4	1	-	1	1	1	3	4	7	10	14	18	29
53,5	0	-	-	1	1	2	4	6	9	12	16	25
67,7	00	-	-	1	1	1	3	5	8	11	14	22
85,2	000	-	-	1	1	1	3	4	7	9	12	19
107,5	0000	-	-	-	1	1	2	3	6	8	10	16
126,7	250 000	-	-	-	1	1	1	3	5	6	8	13
152,0	300 000	-	-	-	1	1	1	3	4	5	7	11
177,3	350 000	-	-	-	1	1	1	1	3	5	6	10
202,7	400 000	-	-	-	-	1	1	1	3	4	6	9
253,4	500 000	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	8
304,0	600 000	-	-	-	-	-	1	1	1	3	4	6
354,7	700 000	-	-	-	-	-	1	1	1	3	3	6
380,0	750 000	-	-	-	-	-	1	1	1	3	3	5
405,4	800 000	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5
456,0	900 000	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3	4
506,7	1 000 000	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3	4
633,4	1 250 000	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	3
760,1	1 500 000	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	3
886,7	1 750 000	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2
1 013,4	2 000 000	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1

Fuente: (Martínez, 1986)