



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Programa de procedimientos bajo la NTCSE para determinar la calidad
de la energía eléctrica en los talleres de mecánica de producción del
ISTP “República Federal de Alemania”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Morocho Liviapoma, Santiago (ORCID: 0000-0003-4092-8017)

ASESOR:

Mg. Dávila Hurtado, Fredy (ORCID: 0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

CHICLAYO- PERU

2020

Dedicatoria

Este trabajo de investigación se lo dedico a mi familia que es el motor para siempre continuar adelante, en especial a mis hijos como muestra que la edad no es impedimento para seguir desarrollándose profesionalmente.

Así mismo a todas las personas que siempre están a mi lado y que no critican mis actos, sino que te incentivan a continuar avanzando y haciéndome aprender de mis errores.

Santiago

Agradecimiento

Dar gracias a Dios por estar siempre conmigo por cuidarme y protegerme dándome las fuerzas necesarias para seguir adelante y poder culminar mi carrera profesional.

A mi familia por apoyarme siempre en todo momento, por brindarme el tiempo necesario para dedicarme a mis estudios y culminar con éxito estos.

A cada uno de los docentes de nuestra Universidad Cesar Vallejo que intervinieron en mi formación académica y a mi asesor el M.Sc. Ing. Fredy Dávila Hurtado por apoyarme en este proyecto de investigación y poder lograr la meta trazada.

Santiago

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de Investigación	11
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra y muestreo	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
3.5. Procedimientos	13
3.6. Método de análisis de datos	13
3.7. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS	14
V. DISCUSIÓN	59
VI. CONCLUSIONES	62
VII. RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS	64
ANEXOS	66

Índice de tablas

Tabla 01. <i>Calidad de la energía eléctrica</i>	8
Tabla 02. <i>Secuencia de los armónicos</i>	9
Tabla 03. <i>Secuencia de los armónicos, por valor de frecuencia</i>	10
Tabla 04. <i>Cargas Eléctricas Taller 1 - Mecánica de Producción</i>	18
Tabla 05. <i>Cargas eléctricas Taller 2 - Mecánica de producción</i>	19
Tabla 06. <i>Cargas eléctricas taller 3 - Mecánica de producción</i>	20
Tabla 07. <i>Estado de conservación de equipos eléctricos Taller 1 Mecánica de Producción</i>	24
Tabla 08. <i>Estado de conservación de equipos eléctricos Taller 2 Mecánica de Producción</i>	24
Tabla 09. <i>Estado de conservación de equipos eléctricos Taller 3 Mecánica de Producción</i>	24
Tabla 10. <i>Numero de interrupciones y tiempo de interrupción de servicio eléctrico</i>	29
Tabla 11. <i>Resumen de lo que establece la norma NTCSE</i>	34
Tabla 12. <i>Resultados de mediciones de tensión</i>	36
Tabla 13. <i>Cálculo de tolerancia de tensión admitida</i>	37
Tabla 14. <i>Tiempo en que la tensión se encuentra fuera</i>	38
Tabla 15. <i>Potencia Instalada en Talleres Mecánica de Producción</i>	40
Tabla 16. <i>Cálculo de las áreas de los conductores eléctricos</i>	40

Tabla 17. Capacidades de corriente eléctricas (Amperios) de conductores eléctricos.....	41
Tabla 18. Selección de conductores por capacidad de corriente.....	42
Tabla 19. Valores de Corriente de cortocircuito (Amperios)	43
Tabla 20. Verificación de Selección interruptor termomagnético norma IEC 60364-4-43.....	44
Tabla 21. Intensidad de disparo del Interruptor.....	45
Tabla 22. Área de conductor de circuitos de tablero de distribución 1.....	46
Tabla 23. Área de conductor de circuitos de tablero de distribución 2.....	47
Tabla 24. Área de conductor de circuitos de tablero de distribución 3.....	48
Tabla 25. Corriente de cortocircuito de conductores eléctricos. TD1.....	50
Tabla 26. Corriente de cortocircuito de conductores eléctricos. TD2.....	50
Tabla 27. Corriente de cortocircuito de conductores eléctricos. TD3.....	51
Tabla 28. Selección de Interruptores termomagnéticos de Tablero de Distribución 1	52
Tabla 29. Selección de Interruptores termomagnéticos de Tablero de Distribución 2	52
Tabla 30. Selección de Interruptores termomagnéticos de Tablero de Distribución 3	54
Tabla 31. Potencia Instalada y N° de Interruptores termomagnéticos por taller. .	55
Tabla 32. Distribución de Interruptores termomagnéticos en Tableros de distribución.....	56

Índice de figuras

<i>Figura 01.</i> Deformaciones de onda senoidal.....	8
<i>Figura 02.</i> Señales Armónicas Pares e Impares.	9
<i>Figura 03.</i> Distribución de ambientes ISTE RFA.....	15
<i>Figura 04.</i> Diagrama Unifilar Sistema Eléctrico ISTE RFA.....	17
<i>Figura 05.</i> Cargas eléctricas - Mecánica de producción ISTE RFA.....	21
<i>Figura 06.</i> Diagrama Unifilar Taller 1 – Mecánica de Producción ISTE RFA.	22
<i>Figura 07.</i> Diagrama Unifilar Taller 2 – Mecánica de Producción ISTE RFA.	22
<i>Figura 08.</i> Diagrama Unifilar Taller 3 – Mecánica de Producción ISTE RFA.	23
<i>Figura 09.</i> Evolución del número de interrupciones del servicio eléctrico, ISTE RFA.....	29
<i>Figura 10.</i> Evolución del tiempo promedio de interrupciones del servicio eléctrico, ISTE RFA.....	30
<i>Figura 11.</i> Flujograma de Solución de la Problemática del servicio eléctrico ISTE RFA.....	31

Resumen

La presente investigación denominada: “PROGRAMA DE PROCEDIMIENTOS BAJO LA NTCSE PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS TALLERES DE MECÁNICA DE PRODUCCIÓN DEL ISTP “REPÚBLICA FEDERAL DE ALEMANIA”, tiene como objeto de estudio el análisis de los parámetros del servicio eléctrico, a fin de proponer procedimientos que establece la norma NTCSE, y contar con un suministro de energía eléctrica eficiente para la alimentación de las cargas eléctricas en los tres talleres de mecánica de producción del ISTP RFA.

En principio se hizo un diagnóstico de la situación actual de las instalaciones eléctricas, así como la calidad del sistema eléctrico en los Talleres de Mecánica de Producción del I.S.T.P. “República Federal de Alemania, con instrumentos de recolección de datos validados por especialistas del área. Luego se estableció los criterios de la calidad de energía bajo la NTCSE., referidos a los niveles de tensión, de frecuencia eléctrica y de interrupciones del servicio eléctrico.

La investigación propone una serie de procedimientos que al implementarse permiten la mejora de la calidad del sistema eléctrico en los Talleres de Mecánica de Producción del I.S.T.P. “República Federal de Alemania”. El dimensionamiento de los dispositivos eléctricos, tales como conductores eléctricos, dispositivos de protección eléctrica, tableros de distribución, y tomas de corriente normalizados para uso industrial.

Finalmente se hizo el presupuesto de la implementación de los procedimientos de la mejora de la calidad del sistema eléctrico.

Palabras Claves: Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, Niveles de tensión eléctrica, Parámetros del servicio eléctrico.

Abstract

The present investigation called: "PROGRAM OF PROCEDURES UNDER THE NTCSE TO DETERMINE THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY IN THE ISTP PRODUCTION MECHANICS WORKSHOPS" FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY ", has the purpose of studying the analysis of the parameters of the electrical service, in order to propose procedures established by the NTCSE standard, and to have an efficient supply of electrical energy to supply electrical loads in the three production mechanics workshops of the ISTP RFA.

In principle, a diagnosis was made of the current situation of the electrical installations, as well as the quality of the electrical system in the Production Mechanics Workshops of the I.S.T.P. "Federal Republic of Germany, with data collection instruments validated by specialists in the area. The energy quality criteria were then established under the NTCSE, referring to the levels of voltage, electrical frequency and interruptions of the electrical service.

The research proposes a series of procedures that when implemented allow the improvement of the quality of the electrical system in the Production Mechanics Workshops of the I.S.T.P. "Federal Republic of Germany". The sizing of electrical devices, such as electrical conductors, electrical protection devices, switchboards, and standardized outlets for industrial use.

Finally, the budget for the implementation of the procedures for improving the quality of the electrical system was made.

Keywords: Technical Standard for the Quality of Electric Services, Electric Voltage Levels, Electric Service Parameters.

I. INTRODUCCIÓN

En el ISTE República Federal Alemana, en los últimos años, se han realizado e implementado planes de ahorro de energía eléctrica, sin embargo, no se ha analizado la calidad del producto y la calidad del servicio de energía eléctrica, las fallas e interrupciones del suministro de energía eléctrica hacia los diferentes talleres, no se conocen las causas que lo originan. El campus del ISTE RFA, no cuenta con un registro de mediciones o análisis de sus redes eléctricas aplicadas en sus tableros eléctricos, Las instalaciones eléctricas que han ido incrementando en función al avance de la tecnología, esto indica equipos de nueva generación, con un consumo de energía diferente al que fue diseñado en su etapa inicial. (Dirección IST RFA, 2020)

Las instalaciones en los tres talleres de mecánica de producción, en el cual se realizan prácticas demostrativas para los estudiantes, así como también de producción, tienen equipamiento con máquinas herramientas, con tecnología que se ha ido renovando con motores de alta eficiencia, algunos controlados electrónicamente, que requieren de suministro eléctrico con parámetros con un rango de exactitud para evitar mal funcionamiento; sin embargo también cuenta con motores de baja eficiencia, con instalaciones deterioradas. Sumado a ello, no tienen un plan de mantenimiento preventivo, tampoco cuenta con una matriz de seguridad y salud en el trabajo, ni con proyección de renovación del equipamiento. (Departamento de Mecánica de Producción – IST RFA, 2020)

El dimensionamiento de las redes eléctricas en el ISTE RFA, data de 40 años de antigüedad, por lo cual no se ha tenido en cuenta el crecimiento de las cargas eléctricas, propias del crecimiento de la Institución en cuanto a cantidad de estudiantes, y la renovación de los dispositivos en los tableros eléctricos, como en las redes eléctricas, se ha realizado cuando estos reportaban algún fallo, es decir que se tiene dispositivos funcionando de más de 40 años de fabricación, los cuales no cumplen con lo que estipula el código nacional de electricidad, para instalaciones eléctricas en edificaciones y ambientes para uso industrial

La institución educativa, realiza dentro de sus actividades, labores que requieren exactitud y precisión, por lo cual los parámetros eléctricos deben tener niveles de calidad de acuerdo a la normativa vigente en calidad de servicios eléctricos. La propuesta para mejorar el servicio es elaborar un programa de procedimientos bajo la NTCSE (Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos) para determinar la calidad de la energía eléctrica en el área que corresponde a los talleres de Mecánica de Producción del Instituto Superior Tecnológico República Federal de Alemania, concerniente a la tensión que se necesitan para el buen funcionamiento de todos los equipos y maquinarias existentes. En la actualidad, existen tres talleres uno que corresponde a tornos y fresadoras, uno para soldadura y uno que es utilizado para dar servicio externo. Los talleres en mención cuentan con un sistema de distribución eléctrica trifásico de 220V., que nos permiten energizar los equipos y maquinas que funcionan en dichas áreas, incluidos los sistemas de control y protección. (Departamento de Mecánica de Producción – IST RFA, 2020).

La formulación del problema de la presente investigación es “¿Cómo determinar la calidad de la energía eléctrica en los talleres de mecánica de producción con un programa de procedimiento de la NTCSE, en el ISTP República Federal de Alemania”

Se justifica la investigación porque se elaboró procedimientos bajo la NTCSE que permitió determinar la calidad de la energía eléctrica en los talleres de mecánica de producción del Instituto Superior Tecnológico República Federal de Alemania, con lo cual los motores eléctricos de las máquinas herramientas, operen dentro del rango permitido en cuanto a nivel de tensión, así como también reducir el número de interrupciones del servicio eléctrico. En el aspecto social, la determinación de la calidad de la energía eléctrica, repercute en la efectividad del uso de las máquinas herramientas por parte de los estudiantes, en el aspecto económico, incrementa la productividad en los talleres, al tener menos interrupciones del servicio.

El objetivo general de la investigación es elaborar el programa de procedimientos bajo la NTCSE para determinar la calidad de la energía eléctrica en los Talleres de Mecánica de Producción del I.S.T.P. “República Federal de Alemania”, para lo cual se planteó cuatro objetivos específicos, que son:

- Determinar la situación actual de las instalaciones eléctricas, así como la calidad del sistema eléctrico en los Talleres de Mecánica de Producción del I.S.T.P. “República Federal de Alemania.
- Establecer los criterios de la calidad de energía en los Talleres de Mecánica de Producción del I.S.T.P. “República Federal de Alemania” bajo la NTCSE.
- Elaborar los procedimientos que permitan la mejora de la calidad del sistema eléctrico en los Talleres de Mecánica de Producción del I.S.T.P. “República Federal de Alemania”
- Realizar un presupuesto de la implementación de los procedimientos de la mejora de la calidad del sistema eléctrico.

La hipótesis de la investigación es que mediante un programa de procedimientos bajo la NTCSE se determina la calidad de la energía eléctrica en los Talleres de Mecánica de Producción del I.S.T.P. “República Federal de Alemania.

II. MARCO TEÓRICO

La revisión de estudios de la calidad del sistema eléctrico en edificaciones e instalaciones industriales, buscan incrementar la calidad del servicio y del producto, dentro de lo que estipula la normatividad vigente, dentro de la realidad de cada región o país, las investigaciones realizadas presentan un grado de similitud con lo que se propone en este trabajo, en lo que respecta a que el diagnóstico de la situación actual, presenta deficiencias en los dispositivos eléctricos de control como en las redes eléctricas; mencionando a:

Carlos Fuentes Miranda (2015) en su informe final de tesis denominado: “Evaluación y medición del suministro eléctrico proporcionado al TAMULBA (Taller Multidisciplinario Básico) utilizando un analizador de redes”, realizó el análisis de la calidad del servicio eléctrico en las instalaciones del taller dedicado a actividades estrictamente académica, determinado que las instalaciones eléctricas se encuentran en estado deficiente, debido a que no tiene el diseño eléctrico de acuerdo a la cargas eléctricas que debe alimentar, con niveles de tensión, la frecuencia eléctrica en los talleres multidisciplinarios.

Realizó propuestas dentro de lo que estipula la comisión federal de electricidad, en cuanto a niveles de tensión y oscilaciones de frecuencia eléctrica. En las mediciones que hizo verificó que el 75% de las instalaciones no registran valores de tensión dentro de un límite de caída del 5%.

La mala calidad de la energía eléctrica, tiene efectos directos en el proceso de enseñanza aprendizaje, debido a que se utilizan máquinas herramientas para la elaboración de piezas automotrices de alta precisión, con valores de tensión inadecuados, los parámetros de diseño en el torno, fresadora, cepillo, rectificadora de cilindros, no se hace de manera adecuada.

Los estudiantes, realizan sus prácticas con dichas máquinas, por lo cual la mala calidad de la energía eléctrica, lleva a datos erróneos al momento de realizar la fabricación y/o verificación de la pieza automotriz.

Lo anterior se realizó a fin de proponer una serie de recomendaciones para mejorar la calidad de la energía en el edificio mencionado, así como de la compañía suministradora de energía.

El análisis de las redes eléctricas, utiliza un método que permite detectar las oscilaciones de los parámetros que se miden dentro de un determinado tiempo.

Machaca Vilca, J. C., Delgado, C., & Alexis, A. (2017) en el trabajo de investigación titulado: estudio y análisis experimental de la calidad del suministro eléctrico de la Universidad Nacional del Altiplano, tuvo como objeto de estudio medir los parámetros de la calidad de la energía eléctrica, determinado las causas que lo originan

Hizo las mediciones de intensidad de corriente eléctrica, tensión eléctrica a diferentes porcentajes de plena carga, para lo cual utilizo un analizador de redes previamente calibrado, utilizando un protocolo de medición, a fin de determinar todas las posibles causas de los valores eléctricos fuera del rango establecido. Hizo la verificación de la caída de tensión, las variaciones de la frecuencia eléctrica, los armónicos del sistema

Utilizó un método numérico de serie de Fourier para la determinación de los Armónicos, y las posibles fallas que ocasiona para las diferentes cargas eléctricas en las aulas y laboratorio de la Universidad del Altiplano.

Los parámetros analizados, el que predomina en la determinación de la calidad de la energía son la caída de voltaje, las oscilaciones de frecuencia, y los flicker, y según el resultado de la investigación, es por deficiencias en las instalaciones eléctricas, debido a que datan con más de 35 años, y que su renovación se ha realizado sin tener en cuenta el crecimiento de las cargas eléctrica en el campus de la universidad.

Este análisis, se toma en consideración, porque son las mismas causas de los problemas que presenta el ISTE RFA, así mismo las cargas eléctricas en los talleres de producción, tienen características similares tanto en potencia instalada como en antigüedad.

Trujillano Caro, E. F. (2018) en su tesis calidad de la energía eléctrica y la opción tarifaria adecuada para el hospital privado Juan Pablo II, ubicado en el distrito la Victoria, provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque; con la finalidad de solucionar la causa raíz de las perturbaciones eléctricas y obtener una disminución en los pagos mensuales a la concesionaria. Donde se obtuvo que los armónicos, flicker y frecuencia estén dentro de la tolerancia de la norma de calidad y la tensión está fuera de la tolerancia. El factor de potencia es de 0,81 por lo que se recomienda un banco de condensadores de 9,68 kVAr para mejorarlo a 0,97. Además se verificó que el Hospital Privado Juan Pablo II se encuentra en la opción tarifaria más conveniente que es la MT3.

Este trabajo tiene relevancia para la presente investigación, porque el ISTE RFA, tiene un alto consumo de energía reactiva, al tener factores de potencia entre 0.82 y 0.85, así mismo los niveles de caída de tensión superan a lo establecido por la norma técnica que es del 5% de la tensión nominal para el sector urbano.

La legislación para el sector eléctrico en el Perú, en cuanto a la calidad de la energía eléctrica, es regulada por la Norma técnica de la calidad de los servicios eléctricos, con sus siglas NTCSE, la cual fue emitida mediante el DS. 020-97-EM, estableciendo la regulación de la calidad del servicio de la energía eléctrica, aplicable para las empresas del sector eléctrico en todas las regiones del país, así como los niveles mínimos de calidad de la energía eléctrica, así como las obligaciones que las empresas eléctricas deben de cumplir con la finalidad de que la calidad de la energía eléctrica sea una constante para los clientes libres y regulados.

La norma establece que la calidad del servicio eléctrico, regula aspectos relativo a la tensión eléctrica en los puntos de alimentación de las cargas eléctricas de los clientes, los valores de la frecuencia eléctrica de la onda sinodal de la tensión eléctrica, y las perturbaciones del servicio eléctrico, dentro de un determinado periodo en el cual se debe evaluar los flicker y las tensiones de las ondas de alta frecuencia (armónicas).

La norma de los servicios de la calidad de la energía, establece una serie de parámetros, así como de indicadores. Especifica los valores mínimos de puntos

de medición, así como también de las condiciones en las cuales se realizan las mediciones. Fija el rango de tolerancias, así como establece la forma de la compensación y las posibles sanciones de índole administrativo (multas aplicables por incumplimiento de entrega de un servicio de calidad).

La forma de la onda senoidal de la tensión y de la intensidad de la corriente eléctrica, tiene valores característicos en cuanto a la amplitud y a la frecuencia, es decir un valor fijo de tensión eléctrica negativa y positiva, así como también un valor fijo de frecuencia eléctrica, sin embargo, en la realidad no sucede eso, existe distorsiones de la onda.

La distorsión de la onda, se denomina armónicos, y se originan debido a la presencia de equipos electrónicos, los cuales requieren que la onda senoidal sea rectificadas, lo cual distorsiona los parámetros de amplitud y frecuencia de la onda senoidal.

La energía eléctrica, representa un producto que los clientes compran de las empresas concesionarias de energía, siendo un bien que se genera en las centrales hidroeléctricas, térmica, eólicas y solares; se transporta a diferentes niveles de tensión dependiendo de la carga a transportar y de la distancia. Por el lado de la empresa concesionaria, entrega una onda de tensión constante, y por el lado del cliente, éste con su tipo de carga que tiene, va a modificar el valor de la onda, al imponer la señal de la intensidad de corriente eléctrica.

La energía eléctrica que es generada en los centrales de generación de energía eléctrica, posee cuatro parámetros, para una señal eléctrica de tensión sinodal, siendo la frecuencia que se mide en el eje de las abscisas de la onda, la amplitud, medida en el eje de las ordenadas de la onda, pero también se tiene en cuenta la forma y la simetría de la onda.

En el transporte y distribución de la energía eléctrica, los parámetros originales de la onda eléctrica producida, sufre cambios. El transporte de energía a grandes distancias ocasiona la disminución de la tensión eléctrica, así mismo por el efecto Joule que sucede en los conductores eléctricos, el nivel de calentamiento modifica la forma de la onda senoidal.

Tabla 01. Calidad de la energía eléctrica.

Calidad del Producto	Calidad del suministro	Aspecto comercial
Tensión constante	Número de interrupciones en un determinado tiempo	Pliegos tarifarios
Valor de frecuencia con desviaciones (problema desde generación)	Tiempo de interrupciones en horas	Corte del servicio de energía eléctrica.
Onda deformada por las armónicas.	Número de veces de interrupciones	Entrega de energía luego de avería en tiempo récord.

Fuente: D.S N° 020-97-EM.

Las ondas de las señales eléctricas, presentan valores de tensión en los sistemas de transmisión con una distorsión menor al 1%. Este porcentaje de caída de tensión, es decir de distorsión de la onda, designándose por sus siglas THDV, a medida que se acerca a la carga eléctrica a accionar, su valor se incrementa, en algunos casos llega hasta un valor de distorsión del 4%. La distorsión se debe a que las corrientes armónicas, que se generan en las cargas que están conectadas a la red, y se debe fundamentalmente al valor de la impedancia de cada una de las cargas eléctricas.

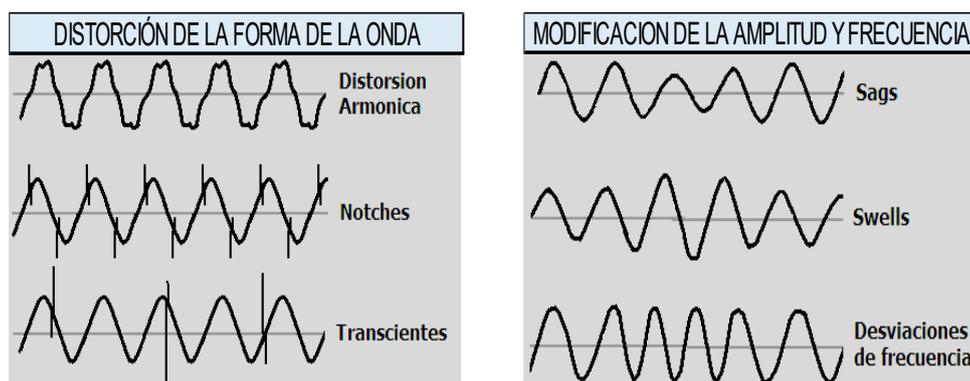


Figura 01. Deformaciones de onda senoidal.

Los armónicos de la onda senoidal, se analizan en función al valor del coeficiente que altera el valor de la onda perfecta sinodal, y mediante la serie de Fourier, se resuelve numéricamente, determinado el valor de la frecuencia de cada armónico, a una frecuencia muy alta con respecto a la frecuencia eléctrica de la onda sinodal original (Arcila, 2016, p.23).

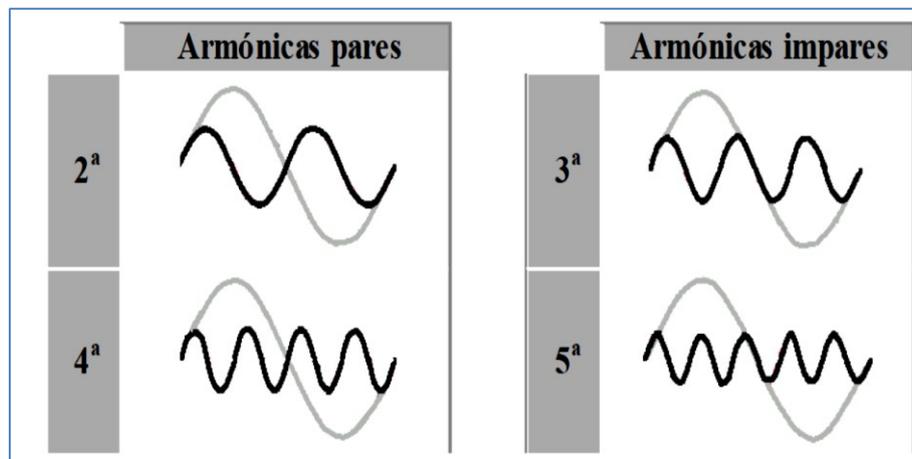


Figura 02. Señales Armónicas Pares e Impares.

Las señales de los armónicos, en cada uno de las fases de la tensión eléctrica trifásica, tienen ángulos de desfase, en la tabla 02 y 03 se observa la secuencia de los armónicos por el valor de la frecuencia. (Llacza, 2015).

Tabla 02. Secuencia de los armónicos

Voltaje por fase	Armónica generada	Secuencia generada	Efecto mecánico producido
$V_{ah} = V h \phi_h$	$h = 3 n$	Secuencia cero	No giran, pero incrementa corriente del neutro
$V_{bh} = V h \phi_h - (120h)$	$h = 3 n + 1$	Secuencia positiva	Giran al mismo sentido de la fundamental
$V_{bh} = V h \phi_h + (120h)$	$h = 3 n - 1$	Secuencia negativa	Giran al sentido contrario fundamental

Fuente: Llacza, 2015.

Tabla 03. Secuencia de los armónicos, por valor de frecuencia

Orden armónico h	Secuencia de armónicos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Frecuencia [Hz]	60	120	180	240	300	360	420	480	540
Secuencia	+	-	0	+	-	0	+	-	0

Fuente: Llacza, 2015.

El tipo de cargas eléctricas que generaran ondas armónicas, está en función a la identificación de la carga eléctrica, es decir si la carga eléctrica es lineal o no lineal. Esto se realiza identificando el tipo de carga, mediante la medición de la onda, es decir con el uso de un osciloscopio, se puede determinar el valor de la frecuencia y de la amplitud de los armónicos de la señal. (Valenzuela, 2010, p, 24).

La carga eléctrica lineal, es aquella que, al ser alimentada por una señal de tensión eléctrica sinodal, genera una señal de intensidad de corriente eléctrica sinoidal. Es decir que existe una proporcionalidad en todo momento entre la tensión y la intensidad de corriente eléctrica. Este tipo de carga es frecuente encontrar en dispositivos como son en las lámparas de incandescencias, así como en dispositivos en el cual tenga un valor de factor de potencia igual a uno, es decir cargas eléctricas resistivas puras. (Valenzuela, 2010, p, 28)

Una carga eléctrica es no lineal, cuando la intensidad de corriente eléctrica que consume, o tiene la misma forma de onda con respecto a la tensión de alimentación eléctrica. La diferencia entre estas señales está dada por la presencia de señales eléctricas de armónicas. Está en función al valor de la impedancia que tiene cada dispositivo, que, al interactuar con la distorsión de la señal de la intensidad de corriente eléctrica, afecta a los sistemas de distribución eléctrica, así como también a las cargas conectadas a la red. (Téllez, 2014, p.12).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación.

Tipo de Investigación: Aplicada

Porque busca resolver el problema, para lo cual se enfoca en encontrar y consolidar el conocimiento para luego aplicarlo, y de esa manera enriquecer el desarrollo científico.

Diseño de la Investigación: Diseño No experimental.

Es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de las instalaciones eléctricas en los talleres de Mecánica de producción del ISTE RFA, analizando sus parámetros de funcionamiento, para su adecuación de acuerdo a lo estipulado en la Norma Técnica de la calidad de los servicios eléctricos.

3.2. Variables y operacionalización

Independiente: Programa de procedimientos bajo la NTCSE en los talleres de mecánica de producción

Dependiente: Calidad de la energía eléctrica

En el anexo 01, se muestra el cuadro de operacionalización de variables.

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población: Instalaciones eléctricas del Instituto Superior Tecnológico República Federal de Alemania

Muestra: Instalaciones eléctricas de los 3 talleres de mecánica de producción del IST RFA, debido a que son los talleres en donde se encuentran las cargas eléctricas de mayor consumo.

Muestreo: Se seleccionó los dispositivos eléctricos de los tableros de distribución de los tres talleres de mecánica de producción, debido a que no tienen el dimensionamiento de acuerdo a las normas técnicas de la calidad de los servicios eléctricos, como son los dispositivos de control, dispositivos de protección, conductores y tuberías.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En esta investigación se aplicaron las técnicas de recolección de datos: Guía de observación, análisis documental.

Guías de observación: para realizar la medición de los parámetros eléctricos de las cargas eléctricas de los 3 talleres de mecánica de producción.

Análisis Documental. Norma Técnica de la calidad de los servicios eléctricos. NTCSE N° 016-2008-EM/DGE Teoría de Sistemas Eléctricos Trifásicos y Monofásicos para uso industrial, Sistemas de protección eléctrica.

Instrumentos de Recolección de Datos:

Guía de observación 1: - Estado actual de conservación de dispositivos eléctricos

Guía de observación 2: - Medición de nivel de tensión en tableros de distribución

La validez de los instrumentos fue aprobada por tres especialistas en el área, quienes verificaron bajo que parámetros estará el diseño realizado.

Confiabilidad. - Es confiable porque se realizó 15 mediciones de parámetros eléctricos en el periodo de 15 minutos, y se obtuvo como valor confiable el promedio de dichas lecturas.

3.5. Procedimientos

Las mediciones de los parámetros de funcionamiento de las cargas eléctricas, se realizaron con instrumentos calibrados con la exactitud y precisión que estipula el CNE, y su comparación con los valores que rige la Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos. La obtención de los valores de tensión y frecuencia se realizaron en función a lo que establece la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos, es decir se hizo el registro de la lectura de tensión y frecuencia en el punto de suministro de cada uno de los tres tableros de los talleres de mecánica de producción, por el tiempo de 15 minutos, con 1 lectura por cada minuto.

3.6. Método de análisis de datos.

Los datos se analizan entre los valores nominales y reales, así como también las relaciones que existen entre los parámetros eléctricos, tales como tensión, intensidad de corriente eléctrica, factor de potencia, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, caída de tensión, capacidad de corriente eléctrica de los conductores eléctricos, capacidad de respuesta de los dispositivos de control y de protección, para lo cual se utiliza el cálculo numérico y el Software Microsoft Excel, para el desarrollo de los mismos. Los datos serán analizados mediante la estadística con valores de dispersión y de tendencia central.

3.7. Aspectos éticos

Se elaboró el proyecto, utilizando datos obtenidos en las mediciones, sin modificar y alterar su valor. La información obtenida es solo para fines estrictamente académicas. La propuesta se presentó al IST RFA a fin de que se evalúe su implementación.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinar la situación actual de las instalaciones eléctricas, así como la calidad del sistema eléctrico en los Talleres de Mecánica de Producción del I.S.T.P. “República Federal de Alemania”

4.1.1. Características del Suministro de Energía

El IST RFA, ubicado en la ciudad de Chiclayo, es uno de las principales instituciones técnicas superior en la región, en el cual se realizan actividades de índole tecnológico y práctico, por lo cual la energía eléctrica, es un insumo principal para el desarrollo de las actividades académicas; el suministro de energía eléctrica se obtiene de la red eléctrica, concesionada por Electronorte S.A (ENSA).

Según contrato vigente, el Instituto República Federal De Alemania, el pliego tarifario que posee es BT4, en baja tensión, de 220 voltios trifásico, siendo la modalidad potencia variable, además tiene calificación de horas punta, identificado con el código C4-1. La potencia contratada es de 62 Kilowatt, para suministrar energía a las cargas eléctricas, que en su mayor porcentaje son de índole industrial, debido a que se utilizan para prácticas demostrativas y de producción.

Las instalaciones eléctricas desde el tablero de medición hacia los diferentes talleres y aulas de la institución, tienen una antigüedad superior a los 20 años, en muchos casos no existe la independización de los circuitos, no se cuenta con un plan de renovación del sistema eléctrico, tampoco tiene un plan de mantenimiento preventivo, solo se realiza reparaciones cuando falla el sistema, el cual ocasiona problemas complejos de las labores de los estudiantes, reprogramando las actividades; además en la Institución se labora en horas de la noche, y se ha presentado casos en el cual se han suspendido las labores por falta de energía eléctrica y por la mala calidad que éste ofrece.

En promedio, en los años 2018 y 2019, el costo de la energía eléctrica es significativo, y ocasiona gastos que son asumidos por esta entidad estatal,

con valores que oscilan entre los 10 y 11 mil soles al mes, específicamente en promedio mensual es de 10600 soles.

Fuente de Suministro:

- Tarifa : BT4
- Medición : Baja Tensión
- Tensión : 220
- Tipo de suministro : Trifásica- soterrada (C4-1)
- Modalidad : Potencia Variable
- Código de suministro: 25596985



Figura 03. Distribución de ambientes ISTE RFA.

4.1.2. Descripción del sistema eléctrico del ISTE RFA

El sistema eléctrico en el Interior del ISTE RFA, distribuye la energía eléctrica hacia las aulas, talleres y laboratorios, en el cual las redes están conformadas por líneas de distribución, las cuales son subterráneas, de tipología radial, es decir la energía eléctrica sale desde el tablero general hacia los tableros de distribución de las áreas de consumo, con dispositivos de control, y se ramifican en circuitos, pero no vuelven a encontrar en un punto común.

a) Tablero General Eléctrico

El tablero general del ISTE RFA, de 220 voltios, tiene un interruptor de 400 Amperios, el cual recibe el suministro eléctrico por medio de un alimentador instalado subterráneo, de calibre 90 mm² NYY Enchaquetado. Se encuentra instalado en una caseta metálica.

b) Circuitos eléctricos en el ISTE RFA

Desde el tablero general, se realiza la distribución eléctrica hacia los ambientes de la institución:

- Circuito para Talleres de Mecánica de Producción, conductor subterráneo 50 mm² NYY, Interruptor 250 Amperios.
- Circuito Pabellón de aulas laboratorio de electricidad, electrónica, enfermería técnica, plataforma deportiva, biblioteca, laboratorios de cómputo, baños, con salida de conductor de 50 mm² NYY enchaquetado con Interruptor 250 Amperios.
- Circuito Oficinas administrativas, alumbrado exterior, cafetín, almacenes, con salida de conductor de 35 mm² NYY, con llave de fuerza de 150 Amp.
- Circuito pabellón de aulas INFES de tres niveles, con salida de conductor de 16 mm² con llave de fuerza de 100 A.
- Circuito de la carrera profesional de cómputo independiente salida con conductor NYY de 16 mm² con llave de fuerza de 100 Amp.

- 1 circuito de plataforma deportiva pabellón de infes, alumbrado exterior, salida de conductor NYY de 10 mm² con llave de fuerza de 60 Amp.

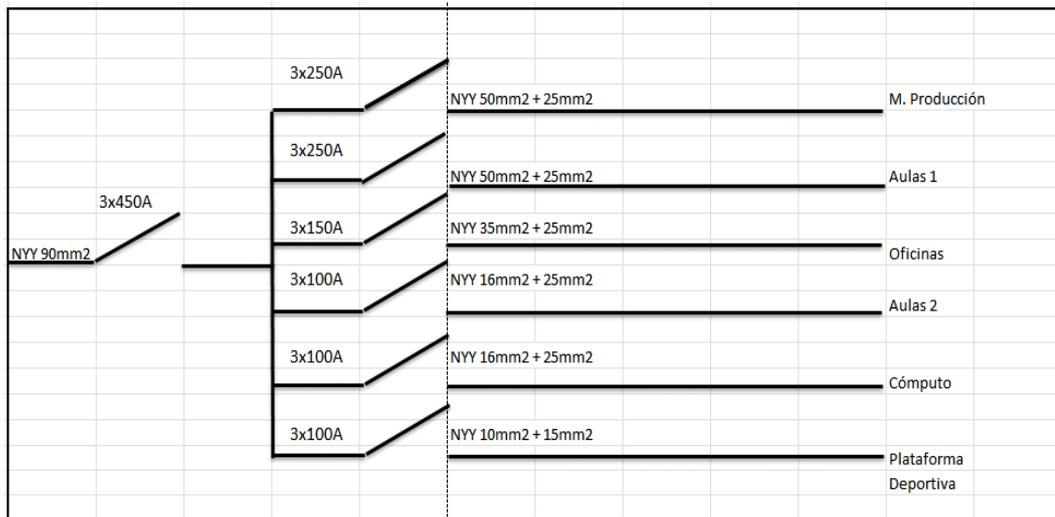


Figura 04. Diagrama Unifilar Sistema Eléctrico ISTE RFA.

a) Red de Tuberías del Sistema Eléctrico.

- La red de distribución eléctrica del ISTE RFA es subterránea, el cual consta de tuberías y buzonetas.
- Conexión entre tablero general y buzoneta 1 de paso (0.3x0.5x0.6m) ubicados a 5 metros de distancia entre ambos. Tubería PVC 3"
- Buzoneta 1 (0.3x0.5x0.6m) a Buzoneta 2 (0.3x0.5x0.6m), ubicados a 20 metros de distancia entre ambos. Tubería PVC 3"
- Buzoneta 2 (0.3x0.5x0.6m) a Buzoneta 3 (0.3x0.5x0.6m), ubicados a 30 metros de distancia entre ambos. Tubería PVC 3". Zona de jardines.
- Buzoneta 3 (0.3x0.5x0.6m) a Buzoneta 4 (0.3x0.5x0.6m), ubicados a 15 metros de distancia entre ambos. Tubería PVC 3". Con derivación a taller de maquicentro
- Buzoneta 4 (0.3x0.5x0.6m) a Buzoneta 5 (0.3x0.5x0.6m), ubicados a 10 metros de distancia entre ambos. Tubería PVC 3". Con derivación taller de soldadura.
- Buzoneta 5 (0.3x0.5x0.6m) a Buzoneta 6 (0.3x0.5x0.6m), ubicados a 5 metros de distancia entre ambos. Tubería PVC 3". Taller de Mecánica de producción.

4.1.3. Distribución de Cargas en Talleres de Mecánica de producción.

El área de mecánica de producción está constituida por 3 ambientes, en los cuales se realiza actividades académicas y actividades de producción de terceros. En la tabla 04, 05 y 06 se detallan las cargas eléctricas.

Tabla 04. Cargas Eléctricas Taller 1 - Mecánica de Producción

Ítems	Cargas eléctricas taller 1					
	Descripción	Fase	Cant.	Tensión (Voltios)	Potencia (Watt)	Intensidad Nominal de Corriente (Amperios)
1	Torno TLM Machine Tools 3 Ø, 60Hz, longitudinal y cónico	Trifásico	18	220	6000	19.7
2	Fresadora 3 Ø TLM-Machines Tools, FTX-160-FC	Trifásico	3	220	1492	4.9
3	Fresadora Proxxon FF 3Ø,	Trifásico	4	220	1492	4.9
4	Esmeril de banco GBG 6 Bosch	Monofásico	2	230	700	4.0
5	Torno de control numérico CNC Computarizado, Modelo: CJK6132A - "Guangzhou Machine" - 220V,60HZ	Trifásico	1	220	3000	9.9
6	Taladro Fresador ZX7550C Rexon	Monofásico	1	220	746	4.2
7	Taladro de columna Optimum DH 18V	Monofásico	1	220	560	3.2
8	Taladro de columna Fervi T032	Monofásico	1	220	1492	8.5
9	Lampara Led 18w tubular 220v Alta Potencia	Monofásico	80	220	18	0.1
10	Máquinas de soldar Sunkko 737G	Monofásico	2	220	3000	17.0
11	Equipo de computo	Monofásico	2	220	200	1.1

Fuente: ISTE RFA, 2020.

Tabla 05. Cargas eléctricas Taller 2 - Mecánica de producción.

Cargas taller 2						
Ítems	Descripción	Fase	Cant.	Tensión (Voltios)	Potencia (Watt)	Intensidad Nominal de Corriente (Amperios)
1	Lampara Led 18w tubular 220v Alta Potencia	Monofásico	72	220	80	0.4
2	Taladro de columna Optimum DH 18V	Monofásico	1	220	746	3.8
3	Horno eléctrico de tratamientos SuperbMelt (SPB-HMF)	Trifásico	1	220	4500	13.1
4	Máquina de soldar Soldadora Inverter 200A MMA/TIG ARC200CE	Trifásico	2	220	3750	10.9
5	Máquina De Soldar Mig Weldwell 400 A	Trifásico	2	220	5550	16.2
6	Máquina De Soldar Multiproceso 250 Mig/tig/ Arco	Monofásico	5	220	600	3.0
7	Máquina de soldar por arco Bauker 180A	Monofásico	5	220	1200	6.1

Fuente: ISTE RFA, 2020.

Tabla 06. Cargas eléctricas taller 3 - Mecánica de producción.

Ítems	Cargas taller 3					
	Descripción	Fase	Cant.	Voltaje	Potencia (Watt)	Intensidad Nominal de Corriente (Amperios)
1	Maquina rectificadora de cigüeñales Rex 1500 - NM 3Ø	Trifásico	Motor 1	220	7500	24.6
			Motor2	220	1100	3.6
			Moto3	220	550	1.8
2	Rectificadora de bielas Modelo T8210D, 3Ø	Trifásico	1	220	3000	9.9
3	Fundidora de cilindros Indutherm MC15 3Ø	Trifásico	1	220	1700	5.6
4	Rectificadora de Cilindros TM80 7B REXON	Trifásico	1	220	2400	7.9
5	Barrenadora de bancada T8108 3Ø	Trifásico	1	220	1100	3.6
6	Lampara Led 18w tubular 220v alta potencia	Monofásico	42	220	18	0.1
7	Equipo de computo	Monofásico	1	220	200	1.1

Fuente: ISTE RFA, 2020.

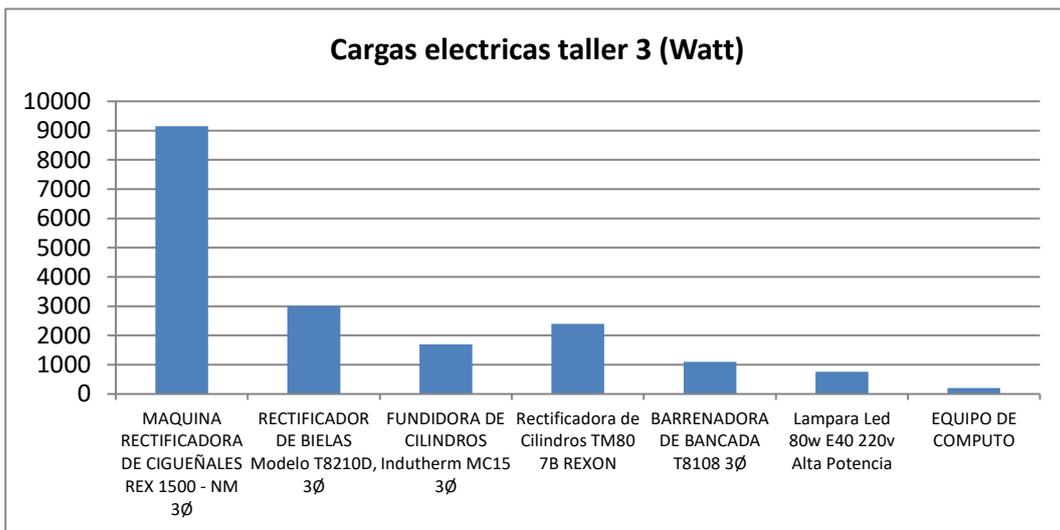
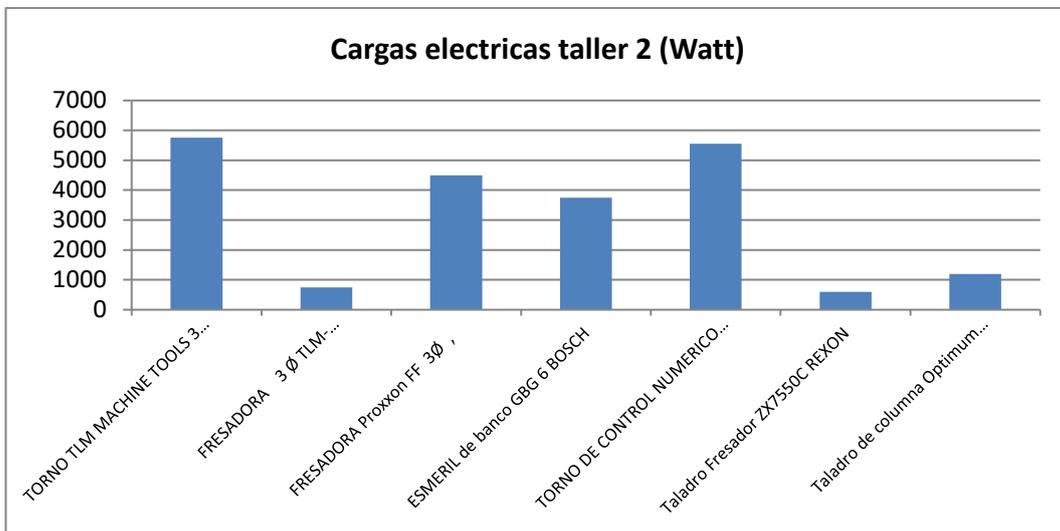
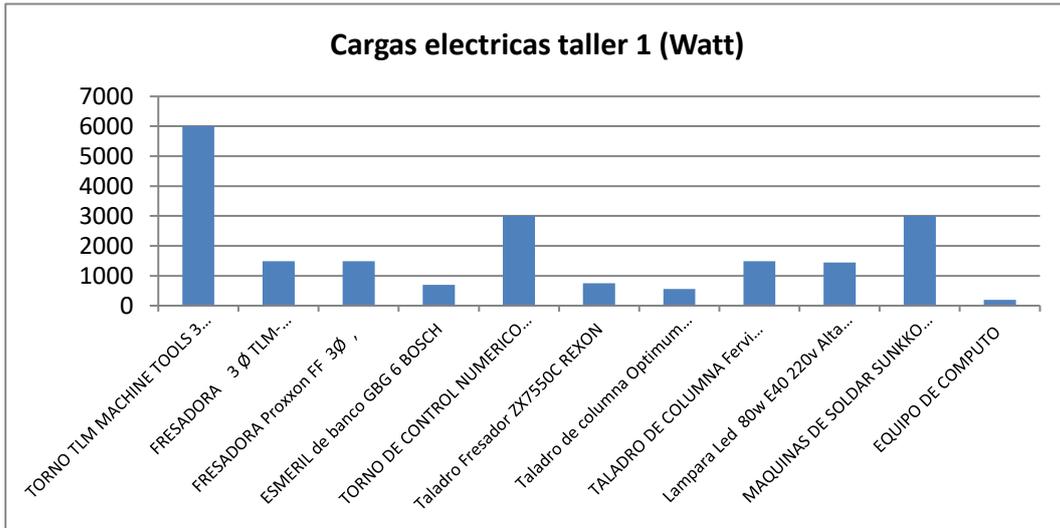


Figura 05. Cargas eléctricas - Mecánica de producción ISTE RFA.

Así mismo se muestra el diagrama unifilar de las cargas eléctricas en los tres talleres de mecánica de producción.

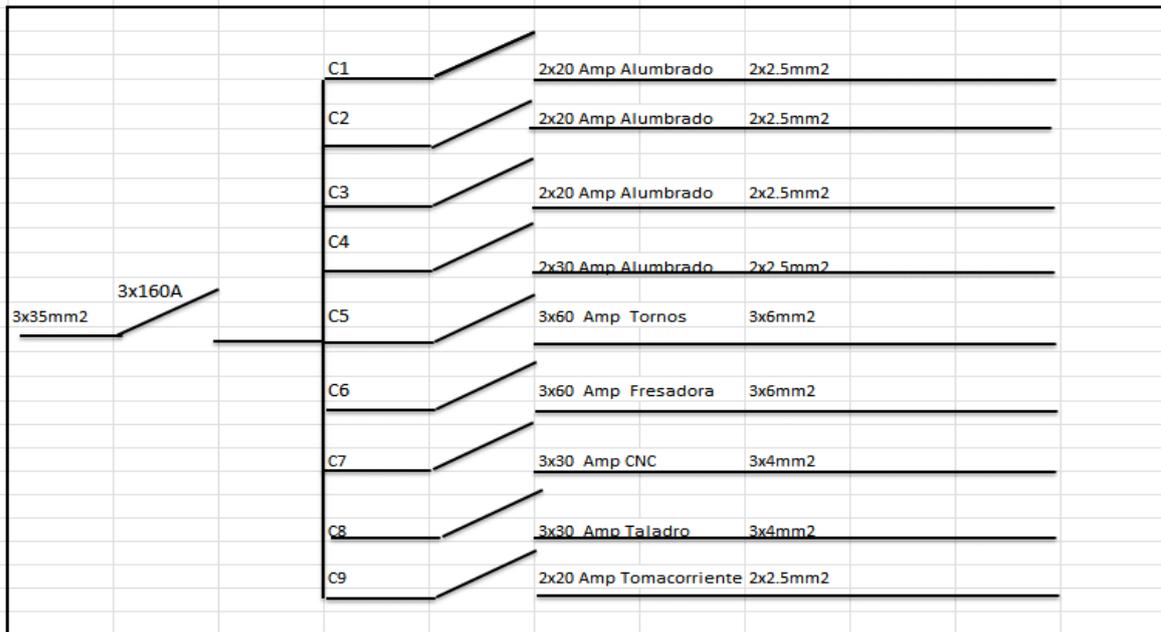


Figura 06. Diagrama Unifilar Taller 1 – Mecánica de Producción ISTE RFA.

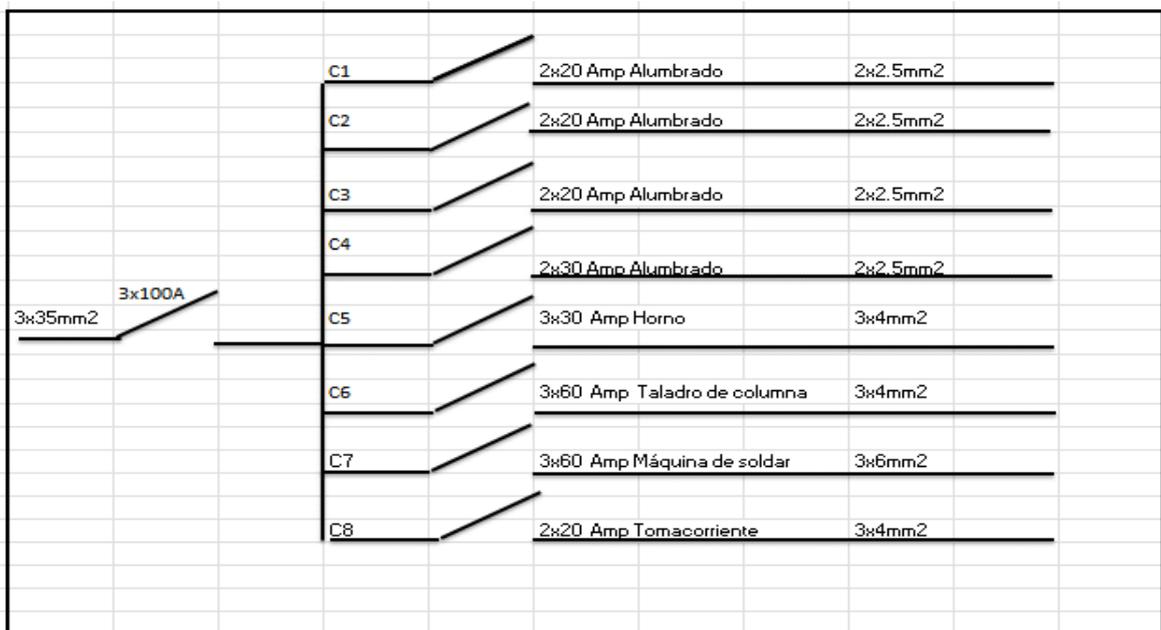


Figura 07. Diagrama Unifilar Taller 2 – Mecánica de Producción ISTE RFA.



Figura 08. Diagrama Unifilar Taller 3 – Mecánica de Producción ISTE RFA.

4.1.4 Estado de las Instalaciones Eléctricas de Talleres de Mecánica de Producción del ISTE RFA

La evaluación del estado de las instalaciones eléctricas de los tres ambientes de la especialidad de mecánica de Producción del ISTE RFA, se realizó teniendo en cuenta:

- a) Nivel de Conservación.
- b) Medición de Tensión y Frecuencia Eléctrica.
- c) Interrupciones del Servicio

a) Nivel de Conservación de las Instalaciones Eléctricas.

Se hizo la verificación para determinar el estado de conservación de los dispositivos de los circuitos eléctricos de los talleres de mecánica de producción, la evaluación de los tableros de distribución de cada taller, tuberías, conductores eléctricos, interruptores termomagnéticos, Tomacorrientes. Se estableció la evaluación de los equipos eléctricos en tres niveles:

B: Bueno, es decir el equipo está en buenas condiciones de operación y no muestra deterioro.

R: Regular, es decir el equipo está en condiciones de operación, pero muestra deterioro.

M: Malo, es decir el equipo está en malas condiciones de operación y muestra deterioro.

En la tabla 07,08 y 09 se muestra el resultado de la evaluación de los equipos eléctricos de cada uno de los talleres de mecánica de producción del ISTE RFA.

Tabla 07. Estado de conservación de equipos eléctricos Taller 1 Mecánica de Producción

Taller	Circuitos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
1	Interruptor Termomagnético	B	B	R	R	R	R	B	R	B
	Conductor Eléctrico	B	B	B	R	R	R	R	R	R
	Tubería	M	M	M	M	R	R	R	M	M
	Tomacorriente	R	R	R	R	R	R	R	R	R

Fuente: ISTE RFA.

Tabla 08. Estado de conservación de equipos eléctricos Taller 2 Mecánica de Producción

Taller	Circuitos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2	Interruptor Termomagnético	R	R	R	M	M	R	M	M
	Conductor Eléctrico	R	R	R	B	B	M	M	M
	Tubería	R	R	M	M	R	R	R	M
	Tomacorriente	R	R	R	M	M	M	R	R

Fuente: ISTE RFA

Tabla 09. Estado de conservación de equipos eléctricos Taller 3 Mecánica de Producción

Taller	Circuitos	C1	C2	C3	C4	C5
3	Interruptor Termomagnético	B	B	B	R	R
	Conductor Eléctrico	R	R	R	B	B
	Tubería	B	B	R	R	R
	Tomacorriente	M	R	R	R	R

Fuente: ISTE RFA.

a) Medición de Tensión y Frecuencia Eléctrica.

Para la medición de los niveles de tensión eléctrica y frecuencia eléctrica en la carga eléctrica, se hizo con el siguiente procedimiento:

Se utilizó un equipo osciloscopio, para medir el valor de la tensión y de la frecuencia. Osciloscopio digital portátil de cuatro canales con la homologación de seguridad CAT III 1000 V. Modelo Fluke 190-204.

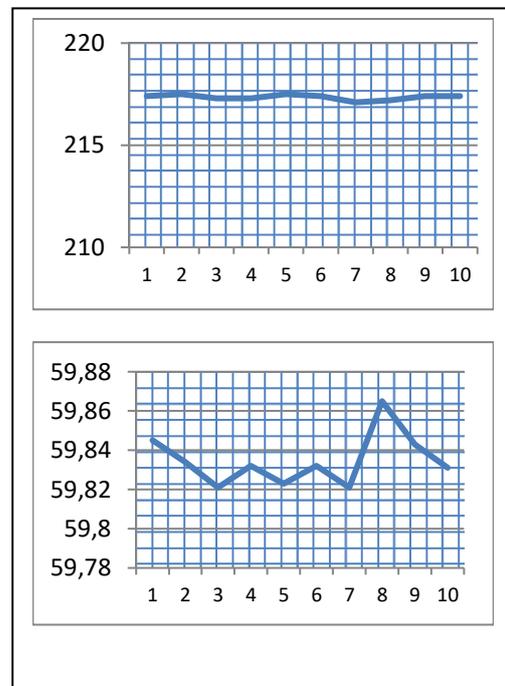
Se hizo la medición con la carga eléctrica operando a condiciones normales de funcionamiento.

Se hizo la toma de lectura, y se registró los valores de tensión eléctrica (Voltios) y frecuencia eléctrica (Hertz).

Resultado de Mediciones de Tensión (V) y Frecuencia Eléctrica (Hertz).

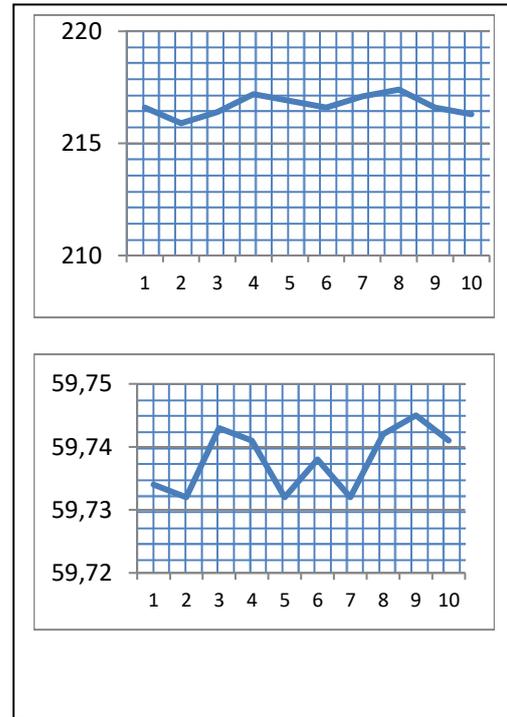
TORNO 3 Ø, 6KW, TLM MACHINE TOOLS

Tiempo (Seg)	Tensión (Voltios)	Frecuencia (Hertz)
1	217.4	59.845
2	217.5	59.834
3	217.3	59.821
4	217.3	59.832
5	217.5	59.823
6	217.4	59.832
7	217.1	59.821
8	217.2	59.865
9	217.4	59.843
10	217.4	59.831



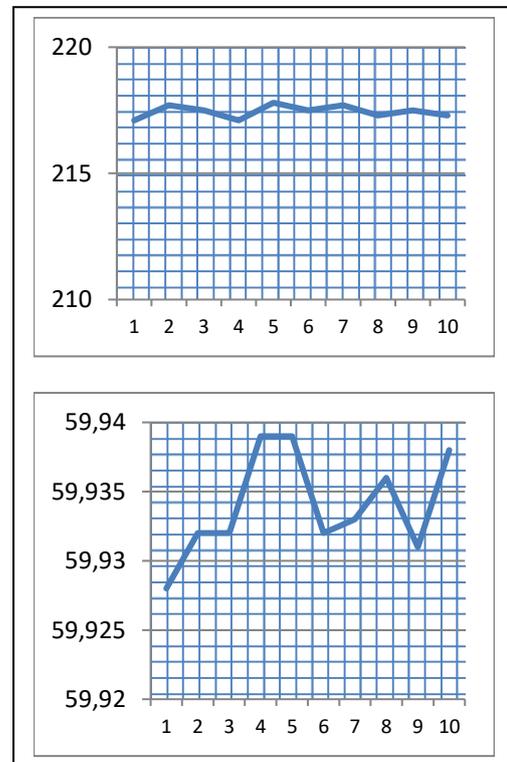
FRESADORA 3 Ø TLM-MACHINES TOOLS, FTX-160-FC

Tiempo (Seg)	Tensión (Voltios)	Frecuencia (Hertz)
1	216.6	59.734
2	215.9	59.732
3	216.4	59.743
4	217.2	59.741
5	216.9	59.732
6	216.6	59.738
7	217.1	59.732
8	217.4	59.742
9	216.6	59.745
10	216.3	59.741



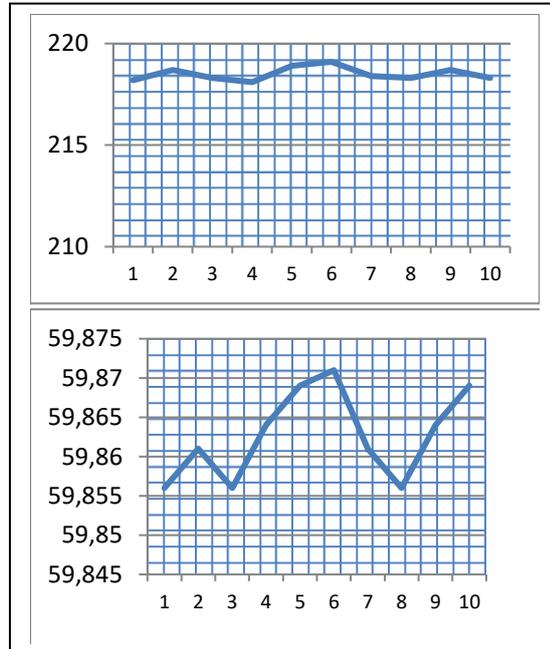
FRESADORA Proxxon FF 3Ø

Tiempo (Seg)	Tensión (Voltios)	Frecuencia (Hertz)
1	217.1	59.928
2	217.7	59.932
3	217.5	59.932
4	217.1	59.939
5	217.8	59.939
6	217.5	59.932
7	217.7	59.933
8	217.3	59.936
9	217.5	59.931
10	217.3	59.938



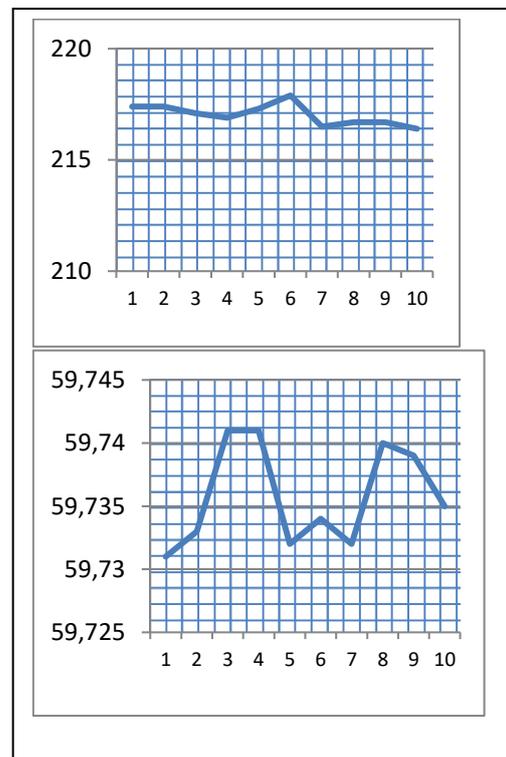
**Torno de control numérico Cnc Computarizado, Modelo: CJK6132A -
"GUANGZHOU MACHINE" - 220V,60HZ**

Tiempo (Seg)	Tensión (Voltios)	Frecuencia (Hertz)
1	218.2	59.856
2	218.7	59.861
3	218.3	59.856
4	218.1	59.864
5	218.9	59.869
6	219.1	59.871
7	218.4	59.861
8	218.3	59.856
9	218.7	59.864
10	218.3	59.869



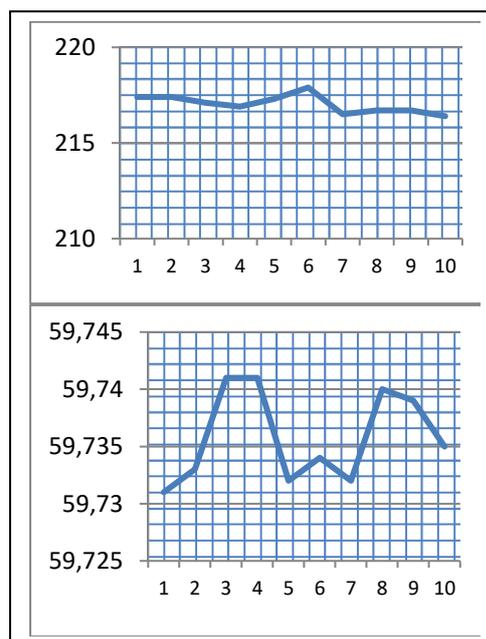
Taladro Fresador ZX7550C REXON

Tiempo (Seg)	Tensión (Voltios)	Frecuencia (Hertz)
1	217.4	59.731
2	217.4	59.733
3	217.1	59.741
4	216.9	59.741
5	217.3	59.732
6	217.9	59.734
7	216.5	59.732
8	216.7	59.74
9	216.7	59.739
10	216.4	59.735



Taladro Fresador ZX7550C REXON

Tiempo (Seg)	Tensión (Voltios)	Frecuencia (Hertz)
1	217.4	59.731
2	217.4	59.733
3	217.1	59.741
4	216.9	59.741
5	217.3	59.732
6	217.9	59.734
7	216.5	59.732
8	216.7	59.74
9	216.7	59.739
10	216.4	59.735



a) Interrupciones del Servicio.

En cuanto a las interrupciones por el servicio de energía eléctrica debido a los fallos en el sistema eléctrico, se tiene el registro del número de veces en el año 2018 y 2019 en el cual ocurrió la interrupción del servicio eléctrico; las fallas tuvieron causas externas, que es la interrupción del suministro por parte de la empresa concesionaria de energía eléctrica, y causas internas, que son fallos por sobrecargas y/o contactos defectuosos.

Tabla 10. Numero de interrupciones y tiempo de interrupción de servicio eléctrico

Año	Mes	N° de Interrupciones	Tiempo Promedio de Interrupción (Horas)
2018	Enero	0	0
	Febrero	2	0.8
	Marzo	3	0.5
	Abril	0	0
	Mayo	3	0.6
	Junio	1	1.1
	Julio	2	0.9
	Agosto	0	0
	Septiembre	0	0
	Octubre	3	0.7
	Noviembre	2	1.3
	Diciembre	2	1.1
2019	Enero	1	1.4
	Febrero	1	0.3
	Marzo	0	0
	Abril	3	1.2
	Mayo	1	0.3
	Junio	1	0.2
	Julio	0	0
	Agosto	2	0.6
	Septiembre	1	0.7
	Octubre	0	0
	Noviembre	0	0
	Diciembre	1	1.6

Fuente: ISTE RFA.

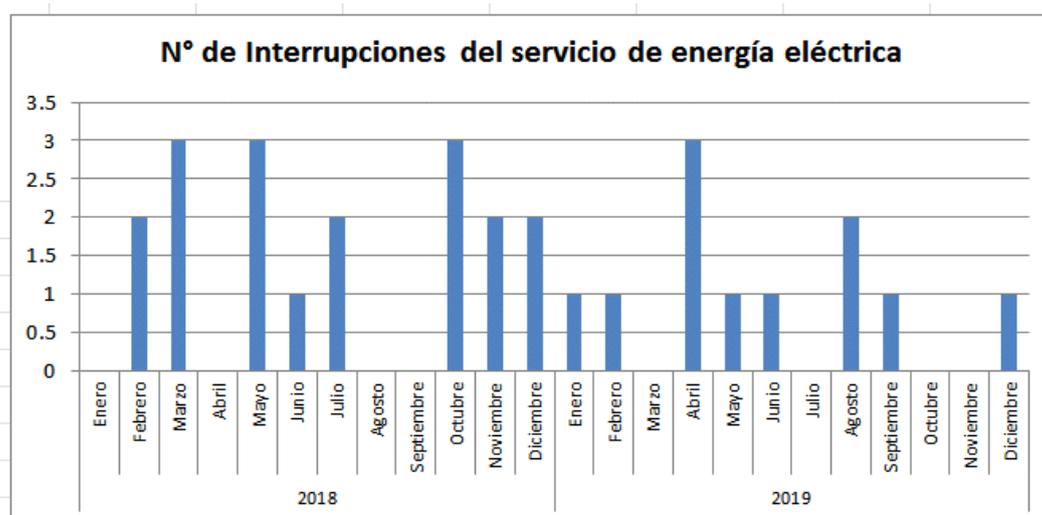


Figura 09. Evolución del número de interrupciones del servicio eléctrico, ISTE RFA

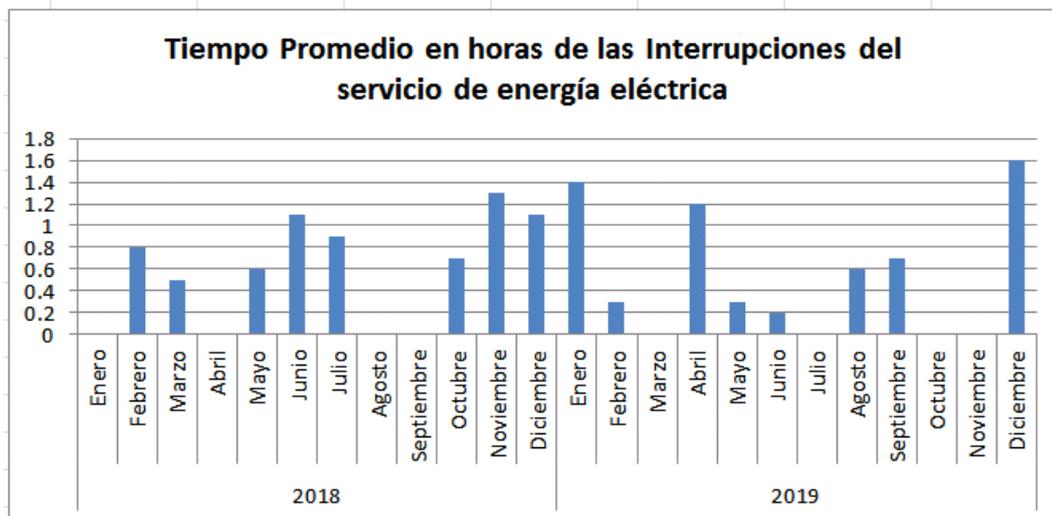


Figura 10. Evolución del tiempo promedio de interrupciones del servicio eléctrico, ISTE RFA

4.2. Establecer los criterios de la calidad de energía en los Talleres de Mecánica de Producción del I.S.T.P. “República Federal de Alemania” bajo la NTCSE.

4.2.1. Flujograma de la Solución del Problema.

En la figura 11, se muestra de manera gráfica la hoja de ruta a fin de establecer el cumplimiento de la NTCSE. En este flujograma establece las decisiones que se tomaron al determinar si las causas de la problemática de servicio eléctrico fueron por causas externas, de no ser así, se analizan los parámetros de las instalaciones a través de las mediciones, y con ello se propone el rediseño de las instalaciones: tableros de distribución, sistemas de control, de protección y los conductores de los circuitos eléctricos.

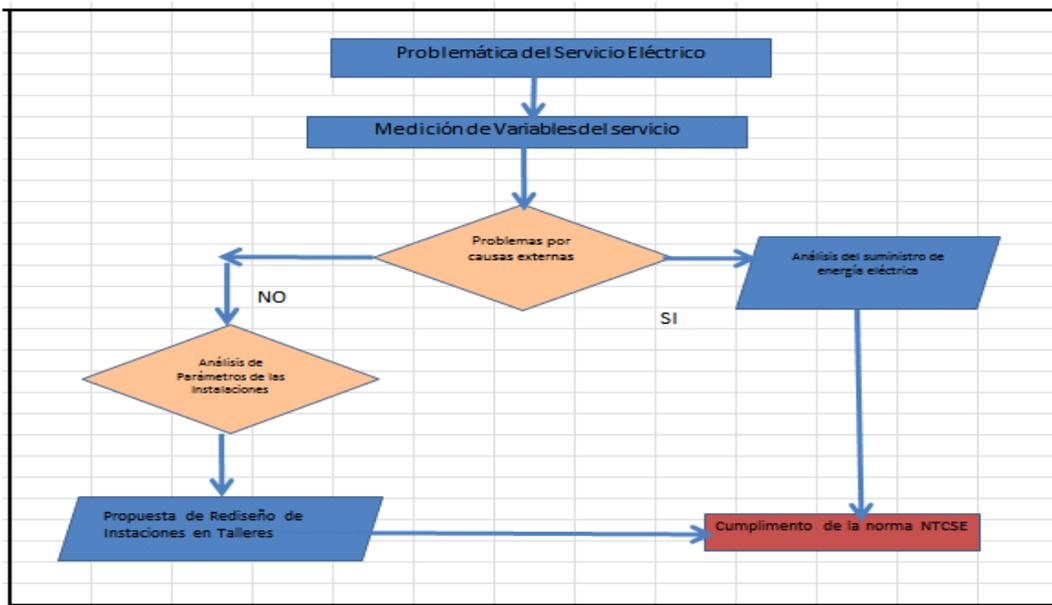


Figura 11. Flujoograma de Solución de la Problemática del servicio eléctrico ISTE RFA.

De ser causas externas; se evaluarán los parámetros de entrada los cuales serán comparados con los valores permisibles por la norma técnica de calidad de suministro del concesionario; para establecer las medidas correctivas de tal manera que el concesionario mejore la calidad del suministro eléctrico como es el caso de la caída de tensión este dentro del rango permisible que permita que las máquinas y equipos trabajen en forma normal. En este caso los parámetros son frecuencia, flicker, armónicos, tensión (MEM 020-97-EM)

4.2.2. Criterios de la calidad de la energía NTCSE.

La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) - Urbana, fue aprobada por D.S. N° 020-97-EM estableciendo su base metodológica, establece los niveles mínimos de calidad de los servicios eléctricos, para garantizarse a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno de las empresas eléctricas para los sectores típicos 1,2,3.

Esta norma es de aplicación imperativa para suministros de servicios relacionados con la generación, transmisión y distribución de la electricidad sujetos a regulación de precios (Ministerio de Energía y Minas., 2013). Esta norma dio inicio a un control, supervisión y penalización por parte de OSINERGMIN, hacia la Concesionaria Eléctrica que está obligada a cumplir, según las etapas propuestas a ser aplicadas e implementadas.

El control de calidad de los servicios eléctricos se realiza en los siguientes aspectos:

- a) Calidad de Producto, Tensión, Frecuencia, Perturbaciones (Flicker y Tensiones Armónicas)
- b) Calidad de Servicio, en el cual se evalúa el número de Interrupciones

4.2.3. Control de la calidad del Producto. Nivel de Tensión.

El cálculo de la caída del nivel de tensión eléctrica, se expresa:

$$\Delta V_k(\%) = \frac{(V_k - V_n)}{V_n} * 100\%, \text{ (expresada en: \%)}.$$

ΔV_k : Diferencia entre RMS en punto de entrega.

V_k : Tensión punto de entrega.

V_n . Valor de la tensión nominal

Intervalo de medición: 15 minutos.

El valor de la tolerancia admitida es la relación que existe sobre el valor de la tensión nominal del punto de entrega, y para todas las etapas es de más menos cinco por ciento con respecto al valor nominal.

Las condiciones de mala calidad de la energía eléctrica son:

Si la tensión eléctrica, tiene un valor fuera del rango de tolerancias establecidas, dentro de un tiempo, que sea superior al (3%) del período de medición.

Las fases de todos los sistemas trifásicos deben estar balanceadas y equilibradas.

Control de la calidad del Producto. Nivel de Frecuencia.

El cálculo de la tolerancia admitida de la frecuencia eléctrica, se expresa:

$$\Delta F_k(\%) = \frac{(F_k - F_n)}{F_n} * 100\%,$$

- Variaciones Sostenidas ($\Delta F_k'$) (%): $\pm 0.6\%$.
- Variaciones Súbitas (VSF'): $\pm 1.0\text{Hz}$.
- Variaciones Diarias (IVDF'): ± 600.0 Ciclos.

Control de la calidad del Producto- Perturbaciones.

Tolerancias de Flícker.

El Índice de Severidad por Flícker (Pst) no debe superar la unidad ($Pst < 1$) en Baja Tensión. Se considera el límite: $Pst'=1$ como el umbral de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede ser soportada sin molestia por una muestra específica de población.

Tolerancias de Tensiones Armónicas. - Los valores eficaces (RMS) de las Tensiones Armónicas Individuales (V_i) y los THD, expresado como porcentaje de la tensión nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite (V_i' y THD') indicados en la siguiente tabla. Para efectos de esta Norma, se consideran las armónicas comprendidas entre la dos (2) y la cuarenta (40), ambas inclusive.

Tabla 11. Resumen de lo que establece la norma NTCSE.

Calidad del Producto			Calidad del servicio	
Tensión	Frecuencia	Flicker y armónicas	Número de Interrupciones	Duración Promedio de interrupciones
Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las Etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el $\pm 5.0\%$ de las tensiones nominales de tales puntos.	Si las Variaciones Sostenidas de Frecuencia se encuentran fuera del rango de tolerancias por un tiempo acumulado superior al uno por ciento (1%) del Período de Medición.	Para FLICKER: El Índice de Severidad por Flícker de corta duración (Pst) definido de acuerdo a las Normas IEC.	Número de Interrupciones por Cliente (N'). Clientes en Baja Tensión: 6 Interrupciones/semestre	Duración Total Ponderada de Interrupciones por Cliente (D'). Clientes en Baja Tensión: 10 horas/semestre
Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecidas, por un tiempo superior al tres por ciento (3%) del período de medición.	Si en un Período de Medición se produce más de una Variación Súbita excediendo las tolerancias.	Para ARMONICAS: Las Tensiones Armónicas Individuales (Vi) y el Factor de Distorsión Total por Armónicas (THD). Estos indicadores (Pst, Vi, THD) se evalúan separadamente para cada Intervalo de Medición de diez (10) minutos durante el Período de Medición de perturbaciones, que como mínimo será de siete (7) días calendario continuos.		
Las fases de todos los sistemas trifásicos deben estar balanceadas y equilibradas.	Si en un Período de Medición se producen violaciones a los límites establecidos para la Integral de Variaciones Diarias de Frecuencia			

Fuente: NTCS

4.3. Elaborar los procedimientos que permitan la mejora de la calidad del sistema eléctrico en los Talleres de Mecánica de Producción del I.S.T.P. “República Federal de Alemania”

4.3.1 Calidad del Nivel de tensión.

Para la mejora de la calidad del nivel de tensión, se realizó en principio las mediciones según los que estipula la NTCSE, luego se planteó los cambios y/o reparaciones del sistema eléctrico y finalmente se hizo la proyección del incremento de la calidad en cuanto al nivel de tensión.

- a) Medición de nivel de tensión de acuerdo a NTCSE.
- b) Acciones de mejora en las instalaciones.
- c) Proyección de incremento de calidad de nivel de tensión.

a) Medición de nivel de tensión de acuerdo a NTCSE.

La norma de calidad de los servicios eléctricos para los niveles de tensión, estipula el procedimiento de medición, para lo cual se utilizó el osciloscopio digital portátil de cuatro canales con la homologación de seguridad CAT III 1000 V. Marca Fluke Modelo 190-204 y se hizo el registro de la lectura de tensión en el punto de suministro de cada uno de los tres tableros de los talleres de mecánica de producción, por el tiempo de 15 minutos, con 1 lectura por cada minuto. Para el cumplimiento de la norma NTCSE, en cuanto a los niveles de tensión estipula dos requisitos:

La tolerancia admitida se determinó con la expresión:

$$\Delta V_k(\%) = \frac{(V_k - V_n)}{V_n} * 100\%$$

Dónde:

V_k: Tensión Eficaces Instantáneos en cada suministro de cada tablero de distribución

V_N: Tensión Nominal de cada carga.

Los resultados de las mediciones de tensión en cada tablero de distribución, se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Resultados de mediciones de tensión.

Tablero de Distribución	N° de Medición	Tensión V _k (Voltios)		
		R-S	S-T	T-R
Tablero de Distribución 1	1	212.7	211.6	208.0
	2	214.5	213.3	209.3
	3	215.6	214.5	208.9
	4	211.0	209.8	208.7
	5	212.1	211.0	208.7
	6	214.5	215.0	208.4
	7	215.6	216.2	209.3
	8	214.5	212.1	209.4
	9	214.5	212.1	209.2
	10	209.8	207.5	208.6
	11	213.3	211.0	208.6
	12	213.3	212.1	209.5
	13	215.6	214.5	209.1
	14	210.4	213.3	209.1
	15	213.3	212.7	208.3
Promedio		213.4	212.4	208.9
Tablero de Distribución 2	1	211.0	208.1	209.3
	2	212.7	208.4	211.0
	3	213.9	208.3	212.2
	4	209.8	208.7	209.8
	5	210.4	209.1	208.7
	6	212.7	208.1	215.6
	7	213.9	208.6	212.2
	8	214.5	209.4	216.8
	9	212.7	209.2	211.0
	10	209.2	208.6	209.2
	11	211.6	209.1	213.3
	12	212.7	208.3	211.0
	13	214.5	208.4	212.7
	14	211.0	208.6	209.3
	15	213.3	208.2	214.5
Promedio		212.3	208.6	211.8

Tablero de Distribución	N° de Medición	Tensión V _k (Voltios)		
		R-S	S-T	T-R
Tablero de Distribución 3	1	214.5	213.4	209.1
	2	213.6	212.5	209.3
	3	214.7	213.7	208.2
	4	212.1	211.1	208.7
	5	211.2	211.6	208.4
	6	214.5	213.9	208.1
	7	214.7	213.7	208.1
	8	215.3	214.2	209.0
	9	213.6	213.9	209.2
	10	211.0	209.9	208.6
	11	212.4	213.3	209.1
	12	213.6	212.5	208.3
	13	215.3	214.2	208.4
	14	212.1	212.1	208.6
	15	214.1	213.1	208.2
Promedio		213.5	212.9	208.6

Fuente: Mediciones realizadas.

Para determinar el valor de la Tolerancia de tensión admitida en cada tablero de distribución ΔV_k (%), se utiliza la expresión:

$$\Delta V_k(\%) = \frac{(V_k - V_n)}{V_n} * 100\%$$

Dónde:

V_k: Tensión promedio de cada tablero de distribución

V_N: Tensión Nominal. (380 V)

Tabla 13. Cálculo de tolerancia de tensión admitida

Tablero de Distribución	Tensión Promedio V _k (Voltios)			Tolerancia (%)		
	R-S	S-T	T-R	R-S	S-T	T-R
TD1	213.4	212.4	208.9	3.0	3.4	5.1
TD2	212.3	208.6	211.8	3.5	5.2	3.7
TD3	213.5	212.9	208.6	2.9	3.2	5.2

Fuente: Mediciones realizadas.

Los valores de tolerancia admitida en %, en los 3 tableros de distribución, tienen valores superiores al 5% que estipula la normal.

Para determinar el porcentaje de tiempo en que la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancia, se calcula:

$$\%t = \frac{100 * Nt}{N}$$

Dónde:

%t: Tiempo en que la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancia.

Nt: Número de mediciones con tensión inferior a 209 V (Es el rango admisible)

N: Número total de mediciones. 45 (15 mediciones por fase)

En la tabla 14, se determina el %t: Tiempo en que la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancia.

Tabla 14. *Tiempo en que la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancia.*

Tablero de Distribución	N	Nt	%t	
TD1		45	4	8.9
TD2		45	7	15.6
TD3		45	5	11.1

Fuente: Mediciones realizadas

En los tres tableros de distribución, el porcentaje de tiempo en el cual la tensión que se registra en cada fase, es superior al 3%, se concluye con ello que la energía eléctrica es de mala calidad, debido a que la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecida, por un tiempo superior al tres por ciento (3%) del período de medición.

a) Acciones de mejora en las instalaciones.

Los niveles de tensión que se han registrado en los tableros de distribución, se deben básicamente a que los conductores eléctricos no se dimensionaron de acuerdo a las cargas eléctricas actuales que existen en los talleres de mecánica de producción, es decir que existe una caída de tensión que supera lo establecido por la NTCSE. Una de las acciones que se plantea es el cambio de los conductores eléctricos alimentadores de los tableros de distribución, teniendo en cuenta las cargas eléctricas conectadas.

Dimensionamiento por caída de tensión.

La expresión que determina el área de la sección del conductor, para una caída de tensión máxima de 1%.

$$S = \frac{c * \rho * P * L}{e\% * U^2} * 100$$

Dónde:

S: Sección del conductor en mm².

c: Valor de 2 para monofásico y 1 para trifásico.

ρ : Resistividad del conductor a la temperatura de servicio. (0.01786 Ohmios-mm²/m), a temperatura ambiente de 23°C.

P: Potencia activa (watt).

L: Longitud en Metros.

ΔU : Caída de tensión máxima admisible en voltios en la línea.

U: Tensión Nominal, en voltios.

En la tabla 15, se muestran los valores de las potencias eléctricas instaladas en los 3 talleres de mecánica de producción. Este valor de potencia instalada se determina por la suma de todas las potencias instaladas de las cargas eléctricas de cada uno de los talleres.

Tabla 15. Potencia Instalada en Talleres Mecánica de Producción

Taller Mecánica de Producción	Cargas Instaladas (KW)	Factor de simultaneidad	Potencia Instalada (KW)
Taller 1	133.5	0.7	93.43
Taller 2	38.6	0.7	27.02
Taller 3	18.3	0.7	12.81

Fuente: ISTE-RFA, 2020

Aplicando la expresión del área de la sección del conductor, en la tabla 16, se muestran los resultados de las áreas de los conductores eléctricos que alimentan a los tableros de distribución eléctrica de los 3 talleres de mecánica de producción del ISTE –RFA.

Tabla 16. Cálculo de las áreas de los conductores eléctricos

Tablero de distribución	P: Potencia Instalada (KW)	U: Tensión (Voltios)	Longitud (m)	p: Resistividad (Ohmios. mm2/m)	Caída de tensión	S: Área sección conductor (mm2)
TD1	93.43	220	65	0.01786	1.5%	112.05
TD2	27.02	220	85	0.01786	1.5%	42.38
TD3	12.81	220	95	0.01786	1.5%	22.45

Fuente: Elaboración propia.

Dimensionamiento por capacidad de corriente eléctrica.

En la tabla 17, se muestran los datos técnicos del fabricante del conductor eléctrico THW, en el cual para una sección de 112.05 mm², el calibre comercial más cercano es de 120mm², con una capacidad de corriente 279 Amperios; para una sección de 42.38mm², el calibre comercial es 50mm², con una capacidad de corriente de 160 Amperios, y para una sección de 22.45 mm², el calibre comercial es de 26 mm², con una capacidad de corriente de 107 Amperios.

Tabla 17. Capacidades de corriente eléctricas (Amperios) de conductores eléctricos.

Calibre Conductor	Numero hilos	Diámetro hilo	Diámetro conductor	Espesor aislamiento	Diámetro exterior	Peso Kg/Km	Amperaje (*)	
							Aire	Ducto
mm ²		mm	mm	mm	mm		A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

Fuente: INDECO.

En la tabla 18, se muestra los conductores seleccionados por la capacidad de corriente, en cada uno de los alimentadores de los tableros de distribución

Tabla 18. Selección de conductores por capacidad de corriente

Tablero de distribución	P: Potencia Instalada (KW)	S: Área sección conductor (mm2)	Se: Área sección conductor seleccionada (mm2)
TD1	93.43	112.05	150
TD2	27.02	42.38	25
TD3	12.81	22.45	6

Fuente: Manual de fabricante INDECO.

Cálculo de la protección del conductor alimentador de tableros de distribución contra cortocircuito.

La protección del conductor contra la corriente se calcula con la expresión:

$$I_{cc} = \sqrt{\frac{k \cdot S}{t}}$$

Dónde:

I_{cc}: Corriente de cortocircuito en amperios.

K: Factor que depende del material aislante del conductor del cable. El cable seleccionado es retardante a la flama. K=143, según norma IEC60949, para conductor de cobre con revestimiento de PR/EPR.

S: Sección del cable, en mm²

t: Duración del cortocircuito, 0.1 segundos.

Cobertura del cable	Rango de temperatura (en °C)	k (en A·s ^{1/2} /mm)
PVC	30-60	143
	70-160	115
PR/EPR	30-250	176
	90-250	143
CAUCHO/BUTILO	30-220	166
	85-220	134

Valores de k en función de la cobertura y el rango de temperaturas, especificados por la norma (UNE 20460-4-43).

Tabla 19. Valores de Corriente de cortocircuito (Amperios)

Tablero de distribución	P: Potencia Instalada (KW)	S: Área sección conductor (mm ²)	Se: Área sección conductor seleccionada (mm ²)	ICC (Amperios)
TD1	93.43	112.05	150	463.14
TD2	27.02	42.38	25	189.08
TD3	12.81	22.45	6	92.63

Fuente: Manual de fabricante INDECO.

Selección de Interruptores Termo magnéticos.

De acuerdo a la norma IEC 60364-4-43, especifica que se realice el análisis en conjunto a los conductores eléctricos. Las condiciones que estipula la norma en cuánto a las corrientes del circuito, la corriente nominal del interruptor, la corriente admisible del conductor.

$$I_{\text{consumo}} \leq I_{\text{nominal protección}} \leq I_{\text{admisible cable}}$$

$$I_{\text{tc}} \leq 1,45 \cdot I_z$$

Dónde:

Intensidad de consumo: Es la corriente que circula por el circuito en su máxima demanda.

Intensidad nominal de protección: Es la corriente en el cual el interruptor realiza la operación.

Intensidad admisible del conductor: Es la corriente admisible que soporta el conductor eléctrico.

I_{tc}: Intensidad de disparo del dispositivo.

La primera condición que establece la norma se cumple al seleccionar el interruptor termomagnético de una determinada Intensidad nominal, en la tabla 20, se tiene los valores de las intensidades.

Tabla 20. Verificación de Selección interruptor termomagnético norma IEC 60364-4-43

Tablero de distribución	P: Potencia Instalada (KW)	I consumo (Amperios) I _c	Intensidad Nominal Termomagnética (Amperios) I _n	Intensidad Corriente admisible (Amperios) I _z	Cumple
TD1	93.43	272.76	280	318	Si
TD2	27.02	78.88	85	107	Si
TD3	12.81	37.40	40	44	Si

Fuente: Manual de fabricante INDECO.

La I_{tc}, Intensidad de disparo del dispositivo, depende de la norma del fabricante del interruptor termomagnético, siendo para la norma UNE EN 60947, $I_{tc} = 1.30 I_n$

Dónde:

I_{tc}: Intensidad de disparo del dispositivo.

I_n. Intensidad nominal de interruptor termomagnético.

En la tabla 21, se muestran los valores de la intensidad de disparo del dispositivo para cada interruptor termomagnético seleccionado, así como también el segundo requisito que exige la norma IEC 60364-4-43

Tabla 21. Intensidad de disparo del Interruptor.

P: Potencia Instalada (KW)	I consumo (Amperios) Ic	Intensidad Nominal Termomagnética (Amperios) In	Intensidad Corriente admisible (Amperios) Iz	Intensidad de disparo del dispositivo . Itc (Amperios)	I2 =1.45 Iz	Cumple
93.43	272.76	280	318	364	461.1	Si
27.02	78.88	85	107	110.5	155.1 5	Si
12.81	37.40	40	44	52	63.8	Si

Fuente: Manual Bticino.

Selección de conductores de los circuitos de Tableros de Distribución.

Se realizó el cálculo de la sección de cada conductor eléctrico de los circuitos de los tableros de distribución eléctrica de los talleres de mecánica de producción del ISTE RFA, siguiendo la misma metodología de cálculo utilizado para los alimentadores de los tableros de distribución. En las Tabla 22, 23 y 24 se muestran el cálculo del área del conductor para una caída de tensión entre el interruptor termo magnético y el punto de alimentación eléctrica de la máquina y/o equipo.

Tabla 22. Área de conductor de circuitos de tablero de distribución 1.

DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN DEL CONDUCTOR TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 1						
Ítems	Descripción	Fase	Potencia (Watt)	Longitud (m)	S: Área sección Conductor (mm²)	Se: Selección Área sección Conductor (mm²)
1	Torno TLM machine tools 3 Ø, 60Hz, longitudinal y cónico	Trifásico	6000	25	5.54	6
2	Fresadora 3 Ø TLM-machines tools, FTX-160-FC	Trifásico	1492	32	1.76	2.5
3	Fresadora Proxxon FF 3Ø,	Trifásico	1492	30	1.65	2.5
4	Esmeril de banco GBG 6 Bosch	Monofásico	700	25	1.29	2.5
5	Torno de control numérico CNC computarizado, modelo: CJK6132A - "Guangzhou machine" - 220V,60HZ	Trifásico	3000	20	2.21	2.5
6	Taladro Fresador ZX7550C REXON	Monofásico	746	25	1.38	2.5
7	Taladro de columna Optimum DH 18V	Monofásico	560	32	1.32	2.5
8	Taladro de columna Fervi T032	Monofásico	1492	35	3.85	6
9	Máquinas de soldar SUNKKO 737G	Monofásico	3000	30	6.64	10
10	Equipo de computo	Monofásico	200	25	0.37	2.5

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 23. Área de conductor de circuitos de tablero de distribución 2.

DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN DEL CONDUCTOR TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 2						
Ítems	Descripción	Fase	Potencia (Watt)	Longitud (m)	S: Área sección Conductor (mm2)	Se: Selección Área sección Conductor (mm2)
1	Taladro de columna Optimum DH 18V	Monofásico	746	25	1.38	2.5
2	Horno eléctrico de tratamientos SuperbMelt (SPB-HMF)	Trifásico	4500	28	4.65	6
3	Máquina de soldar Soldadora Inverter 200A MMA/TIG ARC200CE	Trifásico	3750	22	3.04	6
4	Máquina de Soldar Mig Weldwell 400 A	Trifásico	5550	18	3.69	6
5	Máquina de Soldar Multiproceso 250 Mig/tig/ Arco	Monofásico	600	22	0.97	2.5
6	Máquina de soldar por arco Bauker 180A	Monofásico	1200	23	2.04	2.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Área de conductor de circuitos de tablero de distribución 3.

DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN DEL CONDUCTOR TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 3						
Ítems	Descripción	Fase	Potencia (Watt)	Longitud (m)	S: Área sección Conductor (mm²)	Se: Selección Área sección Conductor (mm²)
1	Maquina rectificadora de cigüeñales REX 1500 - NM 3Ø	Trifásico	7500	18	4.98	6
			1100	22	0.89	2.5
			550	15	0.30	2.5
2	Rectificadora de bielas Modelo T8210D, 3Ø	Trifásico	3000	14	1.55	2.5
3	Fundidora de cilindros Indutherm MC15 3Ø	Trifásico	1700	21	1.32	2.5
4	Rectificadora de Cilindros TM80 7B REXON	Trifásico	2400	19	1.68	2.5
5	Barrenadora de bancada T8108 3Ø	Trifásico	1100	20	0.81	2.5
6	Lampara Led 18w 220v	Monofásico	18	22	0.03	2.5
7	Equipo de computo	Monofásico	200	25	0.37	2.5

Fuente: Autoría Propia.

Cálculo de la protección del conductor de los circuitos de los tableros de distribución contra cortocircuito.

La protección del conductor contra la corriente se calcula con la expresión:

$$I_{cc} = \sqrt{\frac{k \cdot S}{t}}$$

Dónde:

I_{cc}: Corriente de cortocircuito en amperios.

K: Factor que depende del material aislante del conductor del cable. El cable seleccionado es retardante a la flama. K=143, según norma IEC60949, para conductor de cobre con revestimiento de PR/EPR.

S: Sección del cable, en mm²

t: Duración del cortocircuito, 0.1 segundos.

En las tablas 25, 26 y 27, se tienen los resultados del cálculo de la corriente de cortocircuito para cada uno de los conductores eléctricos de las máquinas y/o equipos de los talleres de mecánica de producción.

Tabla 25. Corriente de cortocircuito de conductores eléctricos. TD1

DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN DEL CONDUCTOR TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 1			
Ítems	Descripción	Se: Selección Área sección Conductor (mm²)	ICC (Amperios)
1	Torno TLM machine tools 3 Ø, 60Hz, longitudinal y cónico	6	9.26
2	Fresadora 3 Ø TLM- machines tools, FTX-160-FC	2.5	5.98
3	Fresadora Proxxon FF 3Ø,	2.5	5.98
4	Esmeril de banco GBG 6 Bosch	2.5	5.98
5	Torno de control numérico CNC computarizado, modelo: CJK6132A - "guangzhou machine" - 220V,60HZ	2.5	5.98
6	Taladro Fresador ZX7550C REXON	2.5	5.98
7	Taladro de columna Optimum DH 18V	2.5	5.98
8	Taladro de columna Fervi T032	6	9.26
9	Máquinas de soldar Sunkko 737G	10	11.96
10	Equipo de computo	2.5	5.98

Fuente: Manual de fabricante INDECO

Tabla 26. Corriente de cortocircuito de conductores eléctricos. TD2

DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN DEL CONDUCTOR TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 2			
Ítems	Descripción	Se: Selección Área sección Conductor (mm²)	ICC (Amperios)
1	Taladro de columna Optimum DH 18V	2.5	5.98
2	Horno eléctrico de tratamientos SuperbMelt (SPB-HMF)	6	9.26
3	Máquina de soldar, Soldadora Inverter 200A MMA/TIG ARC200CE	6	9.26
4	Máquina de Soldar Mig Weldwell 400 A	6	9.26
5	Máquina de Soldar Multiproceso 250 Mig/tig/ Arco	2.5	5.98
6	Máquina de soldar por arco Bauker 180A	2.5	5.98

Fuente: Manual de fabricante INDECO

Tabla 27. Corriente de cortocircuito de conductores eléctricos. TD3

DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN DEL CONDUCTOR TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 3			
Ítems	Descripción	Se: Selección Área sección Conductor (mm²)	ICC (Amperios)
1	Maquina rectificadora de cigüeñales REX 1500 - NM 3Ø	6	9.26
		2.5	5.98
		2.5	5.98
2	Rectificador de bielas Modelo T8210D, 3Ø	2.5	5.98
3	Fundidora de cilindros Indutherm MC15 3Ø	2.5	5.98
4	Rectificadora de Cilindros TM80 7B REXON	2.5	5.98
5	Barrenadora de bancada T8108 3Ø	2.5	5.98
6	Lampara Led 18w 220v	2.5	5.98
7	Equipo de computo	2.5	5.98

Fuente: Manual de fabricante INDEC

Tabla 28. Selección de Interruptores termomagnéticos de Tablero de Distribución 1

SELECCIÓN DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICOS TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 1									
Ítems	Descripción	Fase	Potencia (Watt)	Longitud (m)	S: Área sección Conductor (mm ²)	Se: Selección Área sección Conductor (mm ²)	I. Consumo (Amperios)	Intensidad Nominal Termomagnética (Amperios) In	Intensidad Corriente admisible (Amperios) Iz
1	Torno TLM machine tools 3 Ø, 60Hz, longitudinal y cónico	Trifásico	6000	25	5.54	6	18.5	25	44
2	Fresadora 3 Ø TLM-machines tools, FTX-160-FC	Trifásico	1492	32	1.76	2.5	4.6	16	27
3	Fresadora Proxxon FF 3Ø,	Trifásico	1492	30	1.65	2.5	4.6	16	27
4	Esmeril de banco GBG 6 Bosch	Monofásico	700	25	1.29	2.5	2.2	16	
5	Torno de control numérico CNC computarizado, modelo: CJK6132A - "Guangzhou machine" - 220V,60HZ	Trifásico	3000	20	2.21	2.5	9.3	25	27
6	Taladro Fresador ZX7550C REXON	Monofásico	746	25	1.38	2.5	4.0	16	27
7	Taladro de columna Optimum DH 18V	Monofásico	560	32	1.32	2.5	3.0	16	27
8	Taladro de columna Fervi T032	Monofásico	1492	35	3.85	6	8.0	16	44
9	Máquina de soldar Sunkko 737G	Monofásico	3000	30	6.64	10	16.0	25	62
10	Equipo de computo	Monofásico	200	25	0.37	2.5	1.1	16	27

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 29. Selección de Interruptores termomagnéticos de Tablero de Distribución 2

SELECCIÓN DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICOS TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 2									
Ítems	Descripción	Fase	Potencia (Watt)	Longitud (m)	S: Área sección Conductor (mm²)	Se: Selección Área sección Conductor (mm²)	I. Consumo (Amperios)	Intensidad Nominal Termomagnética (Amperios) In	Intensidad Corriente admisible (Amperios) Iz
1	Taladro de columna Optimum DH 18V	Monofásico	746	25	1.38	2.5	4.0	16	27
2	Horno eléctrico de tratamientos SuperbMelt (SPB-HMF)	Trifásico	4500	28	4.65	6	13.9	25	44
3	Máquina de soldar, Soldadora Inverter 200A MMA/TIG ARC200CE	Trifásico	3750	22	3.04	6	11.6	16	44
4	Máquina De Soldar Mig Weldwell 400 A	Trifásico	5550	18	3.69	6	17.2	25	44
5	Máquina De Soldar Multiproceso 250 Mig/tig/ Arco	Monofásico	600	22	0.97	2.5	3.2	16	27
6	Máquina de soldar por arco Bauker 180A	Monofásico	1200	23	2.04	2.5	6.4	16	27

Fuente: Autoría Propia.

Tabla 30. Selección de Interruptores termomagnéticos de Tablero de Distribución 3

SELECCIÓN DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICOS TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 3

Ítems	Descripción	Fase	Potencia (Watt)	Longitud (m)	S: Área sección Conductor (mm ²)	Se: Selección Área sección Conductor (mm ²)	I. Consumo (Amperios)	Intensidad Nominal Termomagnética (Amperios) In	Intensidad Corriente admisible (Amperios) Iz
1	Maquina rectificadora de cigüeñales EX 1500 - NM 3Ø	Trifásico	7500	18	4.98	6	23.2	32	44
			1100	22	0.89	2.5	3.4	16	27
			550	15	0.3	2.5	1.7	16	27
2	Rectificadora de bielas Modelo T8210D, 3Ø	Trifásico	3000	14	1.55	2.5	9.3	16	27
3	Fundidora de cilindros Indutherm MC15 3Ø	Trifásico	1700	21	1.32	2.5	5.3	16	27
4	Rectificadora de Cilindros TM80 7B REXON	Trifásico	2400	19	1.68	2.5	7.4	16	27
5	Barrenadora de bancada T8108 3Ø	Trifásico	1100	20	0.81	2.5	3.4	16	27
6	Equipo de computo	Monofásico	200	25	0.37	2.5	1.1	16	27

Fuente : Autoria Propia

Selección de Tableros Eléctricos de Distribución.

Tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar directamente los circuitos en que está dividida la instalación en cada uno de los talleres de Mecánica de Producción del ISTE RFA.

El criterio para la selección del tipo y las dimensiones de los tableros eléctricos de distribución está en función a:

- a) Potencia Instalada.
- b) Número de interruptores termomagnéticos.
- c) Barras de cobre para distribución de interruptor general a interruptores termomagnéticos.
- d) Protecciones de Puesta a Tierra.
- e) Accesibilidad para las maniobras.
- f) Índice de Protección. IP40

Los tableros de distribución que se proyectan instalar, según el Código Nacional de Electricidad, Tomo V, a una altura de 1.30m desde el Nivel de Piso Terminado, el Taller I de Mecánica de Producción, es el que tiene mayor cargas eléctricas, el cual representa al 72.4% con 132.042 kW, el taller 2, representa el 18% de la potencia total instalada con 32.846 kW, y el taller 3 con 17.55 kW, representa el 9.6% de la potencia instalada, tal como se muestra en la tabla 31.

Tabla 31. *Potencia Instalada y N° de Interruptores termomagnéticos por taller.*

Taller de Mecánica de Producción	Potencia Instalada (kW)	Porcentaje Potencia Instalada	N° de Interruptores Termomagnéticos
Taller 1	132042	72.4	35
Taller 2	32846	18.0	18
Taller 3	17550	9.6	8
Total (kW)	182438	100	61

Fuente: Administración ISTE RFA.

El taller 1 que cuenta con la mayor cantidad de potencia instalada y cargas eléctricas, se planteó ubicar dos tableros de distribución TD1-A y TD1-B, para los talleres 2 y 3, fueron los tableros de distribución TD2 y TD3 respectivamente, tal como se muestra en la tabla 32. En el Anexo 5, se muestra los detalles de los Tableros de distribución eléctrica.

Tabla 32. Distribución de Interruptores termomagnéticos en Tableros de distribución.

Tablero de Distribución	Interruptor General	Circuitos		Dimensiones			
		N° Interruptores Termomagnéticos Monofásico	N° Interruptores Termomagnéticos Trifásico	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	
TD1	TD1-A	1	4	18	850	520	180
	TD1-B	1	5	8	650	410	180
TD2	1	11	5	650	410	180	
TD3	1	1	7	650	410	180	

Fuente: Elaboración propia

Las Características de Tableros de Distribución, de acuerdo a la normativa IEC60949, son:

- Las tapas y cubiertas son de plancha LAF de 1.5mm.
- Pasa por un proceso de fosfatizado por inmersión, pintura electrostática RAL 7035
- Cuenta con cubierta para protección de las partes vivas del tablero evitando cualquier contacto involuntario en las partes energizadas.
- Los conectores cuentan con recubrimiento de fundas termo contraíbles. Grado de protección IP 40

4.4. Realizar un presupuesto de la implementación de los procedimientos de la mejora de la calidad del sistema eléctrico.

En el presupuesto se usó la información de la lista de precios productos para distribución de energía y automatización de ABB Perú la misma que está vigente desde el 01 de mayo del 2020, así mismo se han tomado precios de CAPECO, no ha sido posible cotizar los materiales del presente presupuesto por cuanto a la fecha de la elaboración del mismo las empresas no se encuentran laborando, el presupuesto considerado está incluido el IGV de acuerdo a ley.

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/.	Precio Total S/.
Tablero de Distribución					
1	Tablero de Distribución 1 -A. Caja Metálica 850x520x180mm, acero LAF 1.5mm espesor	Unidad	1	820	820
2	Tablero de Distribución 1 -B. Caja Metálica 650x410x180mm, acero LAF 1.5mm espesor	Unidad	1	640	640
3	Tablero de Distribución 2. Caja Metálica 650x410x180mm, acero LAF 1.5mm espesor	Unidad	1	640	640
4	Tablero de Distribución 3. Caja Metálica 650x410x180mm, acero LAF 1.5mm espesor	Unidad	1	640	640
Sub total					2740
Interruptores Termomagnéticos					
5	Interruptor Termomagnético Trifásico 220 V, 60 Hz, 280A, Intensidad de disparo 364 A	Unidad	1	560	560
6	Interruptor Termomagnético Trifásico 220 V, 60 Hz, 85A, Intensidad de disparo 110 A	Unidad	1	450	450
7	Interruptor Termomagnético Trifásico 220 V, 60 Hz, 280A, Intensidad de disparo 52A	Unidad	1	350	350
8	Interruptor Termomagnético Trifásico 220 V, 60 Hz, 25 A	Unidad	20	160	3200
9	Interruptor Termomagnético Trifásico 220 V, 60 Hz, 16 A	Unidad	18	140	2520
10	Interruptor Termomagnético Trifásico 220 V, 60 Hz, 32 A	Unidad	1	160	160
11	Interruptor Termomagnético Monofásico 220 V, 60 Hz, 16 A	Unidad	6	140	840
12	Interruptor Termomagnético Monofásico 220 V, 60 Hz, 25 A	Unidad	6	140	840
Sub total					8920

Conductores Eléctricos					
13	Conductor eléctrico THW-90, 150 mm ² , de 37 alambres, 2.4mm aislamiento, 2,5 Kv de rigidez dieléctrica	Metros lineales	60	4.5	270
14	Conductor eléctrico THW-90, 25 mm ² , de 7 alambres, 1.5 mm aislamiento, 2,5 Kv de rigidez dieléctrica	Metros lineales	60	2.8	168
15	Conductor eléctrico THW-90, 6 mm ² , de 7 alambres, 0.8 mm aislamiento, 2,5 Kv de rigidez dieléctrica	Metros lineales	80	1.8	144
16	Conductor eléctrico THW-90, 6 mm ² , de 7 alambres, 0.8 mm aislamiento, 2,5 Kv de rigidez dieléctrica	Metros lineales	440	1.8	792
17	Conductor eléctrico THW-90, 2.5 mm ² , de 7 alambres, 0.76 mm aislamiento, 2,5 Kv de rigidez dieléctrica	Metros lineales	360	1.4	504
18	Conductor eléctrico THW-90, 10 mm ² , de 7 alambres, 1.1 mm aislamiento, 2,5 Kv de rigidez dieléctrica	Metros lineales	420	1.8	756
Sub total					2634
Tomacorrientes Industriales.					
19	Tomacorriente Trifásico Industrial 220 V, 32 A, con puesta a tierra	Unidad	1	120	120
20	Tomacorriente Trifásico Industrial 220 V, 25 A, con puesta a tierra	Unidad	20	120	2400
21	Tomacorriente Trifásico Industrial 220 V, 16 A, con puesta a tierra	Unidad	18	120	2160
22	Tomacorriente Monofásico Schuko 220 V, 25 A, con puesta a tierra	Unidad	6	80	480
23	Tomacorriente Trifásico Industrial 220 V, 16 A, con puesta a tierra	Unidad	6	80	480
Obras Civiles					
24	Acondicionamiento de tableros de distribución	Unidad	4	1400	5600
Sub total					5600
Mano de Obra					
25	Ingeniero Mecánico Electricista	Hora Hombre	30	120	3600
26	Técnico Electricista	Hora Hombre	80	40	3200
27	Operario	Hora Hombre	80	30	2400
28	Ayudante	Hora Hombre	80	20	1600
Sub total					10800
TOTAL GENERAL (S/.)					30694

V. DISCUSIÓN

El análisis de la calidad del servicio eléctrico en los talleres de Mecánica de producción, determinó la necesidad de la renovación de los diferentes dispositivos eléctricos de la distribución de energía eléctrica en la Institución Educativa.

En los últimos años, se han realizado investigaciones referentes a la optimización del consumo de energía eléctrica, con planes de ahorro energético, sin embargo, no se han analizado si el servicio de energía eléctrica, tienen los niveles de calidad de sus parámetros de operación. El cliente de energía eléctrica, paga por el servicio que recibe de la empresa concesionaria de distribución eléctrica, pero solo se contabiliza el consumo de energía eléctrica de acuerdo al pliego tarifario contratado, no se tiene el seguimiento de la calidad del servicio que recibe.

Los niveles de calidad de los parámetros eléctricos, si bien es cierto depende de gran medida del proveedor del servicio, también el cliente tiene la obligación de mantener sus instalaciones eléctricas dentro de un contexto de funcionamiento óptimo, con el dimensionamiento de los equipos eléctricos, el mantenimiento adecuado, y la renovación de acuerdo a las nuevas tecnologías que aparecen, la modernización de sus instalaciones.

En el Perú, la normativa existente en cuanto a niveles de calidad de los parámetros eléctricos, obliga a las empresas concesionarias a mantener los niveles de calidad, existiendo la empresa supervisora OSINERGMIN, quienes realizan la fiscalización de los servicios que prestan las empresas concesionarias; sin embargo, por parte de los clientes finales regulados de energía eléctrica, no tienen obligación de renovar sus instalaciones, con cargas eléctricas, de eficiencias aceptables.

La investigación realizada, determinó que, al tener parámetros eléctricos con niveles por debajo del estipulado, influye significativamente en los servicios que la Institución educativa desarrolla, que son las prácticas de los estudiantes de Mecánica de producción, debido a que las máquinas herramientas que se utilizan, requieren de un servicio eléctrico, con valores de tensión frecuencia eléctrica adecuados. El motivo es que se requiere la precisión al momento de realizar las

prácticas, en el cual la fabricación de piezas metálicas, tienen pequeños márgenes de tolerancias en su fabricación.

El diagnóstico del sistema eléctrico de los talleres de mecánica de producción, evidenció que los mantenimientos al sistema no se han realizado, debido a que no se tiene la planificación de un plan de mantenimiento del sistema eléctrico, y la modificación que éste ha sufrido, fueron realizado cuando existió problemas en su operación. Algunos dispositivos eléctricos encontrados, datan de más de 30 años de antigüedad, los cuales utilizan principios de funcionamiento que actualmente no cumplen con la norma establecida.

La caída de tensión en las líneas y fases de los puntos de alimentación eléctrica de las cargas eléctricas, originan que las máquinas herramientas funcionen con un grado de desequilibrio, que afectan directamente a las funciones que tienen, y que superan a los márgenes, para tener como producto final, piezas metálicas de alta calidad en cuanto a la precisión de sus dimensiones.

La NTCSE, en cuanto a los niveles de tensión estableció que las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las Etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el $\pm 5.0\%$ de las tensiones nominales de tales puntos. Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, si la tensión se encuentra fuera del rango de tolerancias establecidas, por un tiempo superior al tres por ciento (3%) del período de medición. Las fases de todos los sistemas trifásicos deben estar balanceadas y equilibradas.

Los conductores eléctricos, de los circuitos de alimentación de las cargas eléctricas de los tres talleres de mecánica de producción, tienen dimensiones que no cumplen de manera eficiente el transporte de energía eléctrica; si bien es cierto que actualmente existen materiales con mejores características técnicas para el transporte de la energía eléctrica, así como de los niveles de aislamiento eléctrico, el crecimiento continuo de las cargas eléctricas, incrementan la cantidad de la intensidad de corriente eléctrica.

El dimensionamiento de los conductores, se hizo bajo la consideración de mantener como máximo 1% de caída de tensión, con la capacidad de transporte de energía eléctrica, de acuerdo a lo estipulado por el fabricante del conductor eléctrico, en función al calibre del conductor y de la calidad del material con el que está constituido. Además, se verificó el dimensionamiento con el valor de la corriente de cortocircuito que soporta y el nivel de aislamiento que presenta. El cable seleccionado es retardante a la flama, según norma IEC60949, para conductor de cobre con revestimiento de PR/EPR.

Los sistemas de protección eléctrica contra sobrecargas, se dimensionó de acuerdo a normas internacionales tales como la norma IEC 60364-4-43, el cual especifica que se realice el análisis en conjunto a los conductores eléctricos. Las condiciones que estipula la norma en cuanto a las corrientes del circuito, la corriente nominal del interruptor, la corriente admisible del conductor.

VI. CONCLUSIONES

1. Se hizo el diagnóstico de la situación actual de las instalaciones eléctricas, y se evidenció que existen dispositivos eléctricos en algunos casos en mal estado de conservación, en otros tienen dispositivos que no tienen las características adecuadas; existen circuitos eléctricos que se han insertado sin ningún criterio, en cuanto al balanceo de las cargas.
2. Se estableció los criterios de evaluación del servicio, de acuerdo a la norma NTCSE N° 016-2008-EM/DGE, que son los niveles de tensión, de frecuencia y las perturbaciones del servicio eléctrico, el número de interrupciones y tiempo de interrupción de servicio eléctrico, que afectaron en las labores académicas dentro de la Institución educativa.
3. Se elaboraron procedimientos que permitieron mejorar la calidad del servicio de energía eléctrica, realizando el dimensionamiento de los conductores eléctricos, de acuerdo a las condiciones de la carga eléctrica a alimentar y el nivel de aislamiento, el dimensionamiento de los interruptores termomagnéticos, con los valores de intensidad de corriente de disparo adecuados, el agrupamiento de los interruptores en los tableros de distribución y la selección de los tableros eléctricos.
4. Se realizó el presupuesto de la implementación de los procedimientos el cual asciende a un monto de 30 694 Soles, se planteó financiamiento con recursos propios de la Institución.

VII. RECOMENDACIONES

- 1.** Realizar el análisis de la calidad del servicio eléctrico en todas las áreas de IST RFA.
- 2.** Utilizar sensores con alta sensibilidad para determinar las variaciones de los valores de tensión eléctrica.
- 3.** Implementar sistema de gestión energética ISO 50001, a fin de establecer medidas de supervisión de la calidad de la energía eléctrica en el IST RFA.
- 4.** Desarrollar software para el registro de las variaciones de parámetros de calidad de los servicios eléctricos, como es la tensión y la frecuencia eléctrica.

REFERENCIAS

NTCSE. Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos. Decreto Supremo N° 020-97-EM, Energía y Minas, 1997.

FUENTES M. Evaluación y medición del suministro eléctrico proporcionado al TAMULBA (Taller Multidisciplinario Básico) utilizando un analizador de redes, 2015, 89pp.

ARCILA, J. Armónicos en Sistemas Eléctricos, 2017, 121pp.

LLACZA R. Efectos de los armónicos en motores eléctricos al controlar su velocidad, 2015, 45pp.

VALENZUELA, C. ESTUDIO DE CONTAMINACIÓN ARMÓNICA EN LA UNIVERSIDAD DEL BÍO – BÍO, Concepción, Chile, 2010, 124pp.

TÉLLEZ, E. Distorsión Armónica, AUTOMATIZACIÓN, PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD S.A DE C.V, 2014. 45pp.

ZAPATA, R. Armónicos y la norma IEEE 519, 2010, 32pp.

SUÁREZ, J. Parámetros que afectan la Corriente de Neutro en Presencia de Armónicos, 2010, 67pp.

IECOR. Calidad de la Energía Eléctrica, 2016, 76pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD, MINEM. La Continuidad y Calidad del Servicio Eléctrico, 2009, 49pp.

IEC60949. Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects, 2014, 33pp

CESPEDES MOLANO, Luis Ernesto; GÓMEZ, Saad; ARMIN, Jiris. Evaluación Técnica y diagnóstico de la calidad de energía eléctrica en la Planta Quala SA. 2007.

GÓMEZ, Víctor A.; PEÑA, Robin A.; HERNÁNDEZ, Cesar. Identificación y localización de fallas en sistemas de distribución con medidores de calidad del servicio de energía eléctrica. Información tecnológica, 2012, vol. 23, no 2, p. 109-116.

LASCURAIN GUTIERREZ, Isabel, et al. Diagnóstico y propuesta de mejora de calidad en el servicio de una empresa de unidades de energía eléctrica ininterrumpida. 2012. Tesis de Maestría. Universidad Iberoamericana Ciudad de México. Departamento de Ingenierías.

BONIFA, Chaquinga; GUANOLUISA, Mise; DANILO, Carlos. Diagnóstico y análisis técnico del sistema eléctrico entre la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi Elepco SA y la conexión con el punto frontera del Sistema Nacional Interconectado Ambato para mejorar las condiciones de calidad de energía eléctrica. 2016. Tesis de Licenciatura.

MISAHUAMAN, Poma; LUIS, Michael. Análisis de direccionalidad de armónicos en sistemas eléctricos con mediciones de analizadores de redes clase A usando SWAP SMART Software de calidad y ahorro de energía. 2015.

MACHACA VILCA, Julio Carlos; DELGADO, Coila; ALEXIS, Abell. Estudio y análisis experimental de la calidad del suministro eléctrico de la Universidad Nacional del Altiplano, utilizando un analizador de redes-2016. 2017.

TRUJILLANO CARO, Edgard Frank. Evaluación de la Calidad de la Energía Eléctrica y Cálculo de la opción tarifaria adecuada para el Hospital Privado Juan Pablo II Ubicado en el Distrito La Victoria Provincia de Chiclayo Departamento de Lambayeque. 2018.

GAVILANES, Chicaiza; ROBERTO, Welfor; GUAMÁN GUALOTO, René Vinicio. Análisis y evaluación en las instalaciones eléctricas internas de baja tensión y alta tensión de los talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica. 2015. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

ANEXOS

Anexo 01. Operacionalización de variables

Variables de estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
Variable Independiente Programa de procedimientos bajo la NTCSE en los talleres de mecánica de producción	Es un planteamiento de acciones dentro de lo que enmarca la norma técnica de la calidad de los servicios eléctricos, para tener una calidad de la energía eléctrica y una calidad del servicio eléctrico dentro de las instalaciones del IST RFA.	Se mide esta variable con los estándares de los parámetros eléctricos, utilizando protocolos de medición.	Diagnóstico Planificación. Medición Planes de Mejora	Nominal.
Variable Dependiente: Calidad de la energía eléctrica	Conjunto de parámetros eléctricos que tienen valores estándares dentro de lo estipulado por la NTCSE	Medición de la calidad del producto y medición de la calidad del servicio eléctrico	Caída de Tensión, Oscilaciones de Frecuencia, Número y duración de Interrupciones	Voltaje, Hertz, Horas

GUÍA DE OBSERVACIÓN 2

Medición de nivel de tensión en tableros de distribución

Instrucciones: Realice la medición del nivel de tensión, de las tres fases de los tableros de distribución, teniendo en cuenta lo estipulado en el procedimiento de la NTSE, con 1 medición cada minuto durante 15 minutos, y luego obtenga el promedio de la lectura, para cada una de las fases en cada tablero de distribución.

Instrumento de medición: osciloscopio digital portátil de cuatro canales con la homologación de seguridad CAT III 1000 V. Modelo Fluke 190-204

Tablero de Distribución	N° de Medición	Tensión V_k (Voltios)		
		R-S	S-T	T-R
	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			
	14			
	15			
Promedio				

Anexo 03. Detalle de tableros de distribución eléctrica

