

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

**ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS DE CONTROL DE BANCOS DE CAPACITORES
PARA EL MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA.**

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Técnica Norte previo la obtención del título de grado de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

Autor (a):

Diego Stalyn Chasi Alcoser

Director (a):

PhD. Ana Karina Cabrera Tobar

Ibarra-Ecuador

Enero 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	172447718-5
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chasi Alcoser Diego Stalyn
DIRECCIÓN:	Tabacundo – La Esperanza- Calle - Antonio Barahona
EMAIL:	dschasia@utn.edu.ec
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL: 0969119976

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS DE CONTROL DE BANCOS DE CAPACITORES PARA EL MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA.
AUTOR (ES):	Chasi Alcoser Diego Stalyn
FECHA: DD/MM/AAAA	09/01/2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	PhD. Ana Cabrera

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 09 días del mes de enero de 2020

EL AUTOR: 
(Firma).....
Nombre: Chasi Alcoser Diego Stalyn



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Diego Chasi Alcoser, con cedula de identidad No. 172447718-5, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, articulo 4, 5 y 6 en calidad de autor del trabajo de grado denominado: **"ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS DE CONTROL DE BANCOS DE CAPACITORES PARA EL MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA"**. Que ha sido desarrollado para optar por el titulo de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes mencionada, aclarando que el trabajo aqui descrito es de mi autoria y que no ha sido previamente presentando para ningún grado o calificación profesional. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

Nombre: Chasi Alcoser Diego Stalyn

C.I. 172447718-5

Ibarra, enero del 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACIÓN

PhD. Ana Cabrera.

CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Chasi Alcoser Diego Stalyn, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS DE CONTROL DE BANCOS DE CAPACITORES PARA EL MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA"**. Para la obtención de título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la defensa, impresión y empastado.

.....
PhD. Ana Cabrera
DIRECTORA DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACIÓN

PhD. Gerardo Collaguazo.

CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Chasi Alcoser Diego Stalyn, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS DE CONTROL DE BANCOS DE CAPACITORES PARA EL MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA"**. Para la obtención de título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la defensa, impresión y empastado.

PhD. Gerardo Collaguazo
ASESOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACIÓN

MSc. Claudio Otero.

CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Chasi Alcoser Diego Stalyn, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS DE CONTROL DE BANCOS DE CAPACITORES PARA EL MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA"**. Para la obtención de título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la defensa, impresión y empastado.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Claudio Otero', is written over a horizontal dotted line.

MSc. Claudio Otero
ASESOR DE TESIS

DEDICATORIA

Un buen padre es uno de los activos para un hijo o hija más olvidados, ignorados, desapercibidos y, sin embargo, uno de los más valiosos de nuestra sociedad. – Billy Graham

Quiero dedicar principalmente el presente trabajo de grado a mi padre quien con su apoyo, paciencia y esfuerzo forjó un hombre de bien. Mirando hacia atrás, todo lo que puedo decir sobre todas las cosas que hizo por mí mi padre es que espero ser a menos la mitad de buen padre que es él. De igual manera que sería de un hombre sin su madre, el cálido abrazo de seguridad confianza y valores, mis padres mi mayor inspiración para ser cada día una mejor persona.

Diego Chasi

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar un agradecimiento a Dios, quien con su bendición llena de alegría y seguridad mi vida guiándome siempre por el buen camino.

A mis padres por su apoyo incondicional.

A mi familia por estar siempre ahí en los momentos más importantes de mi vida.

A mi enamorada por ser un apoyo importante en mi vida.

A la Universidad Técnica del Note, por permitirme formar parte de su familia, una gran familia llena de amigos, docentes que compartieron su conocimiento; especialmente el apoyo que me brindaron en el transcurso de mi formación académica.

Finalmente, un agradecimiento especial a la PhD. Ana Cabrera directora del presente trabajo de grado.

Diego Chasi

TABLA DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	ii
CONSTANCIAS	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iii
ACEPTACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
TABLA DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
Introducción.....	xvi
A.1. Contextualización	xvi
A.2. Planteamiento del problema.....	xvii
A.3. Formulación del problema	xviii
A.4. Justificación del trabajo	xviii
A.5. Alcance del trabajo.....	xviii
A.6. Viabilidad del trabajo	xix
A.7. Objetivo general	xix
A.8. Objetivos específicos	xx
CAPÍTULO 1	21
Estrategias de control de bancos de capacitores para el mejoramiento del factor de potencia.	21
1.1. Introducción	21
1.2. Factor de potencia	22

1.3.	Corrección del factor de potencia.....	23
1.3.1.	Compensación de factor de potencia tipo discreto	23
1.3.1.1.	Dimensionamiento de banco de capacitores.....	26
1.3.1.2.	Control discreto de banco de capacitores	26
1.3.2.	Compensación de factor de potencia tipo continuo	27
1.4.	Conceptos básicos de redes neuronales artificiales.....	30
1.4.1.	Arquitectura.....	31
1.4.2.	Aprendizaje	33
1.3.2.	Tipos de redes neuronales artificiales	34
1.5.	Aplicación de redes neuronales para la corrección del factor de potencia	37
CAPÍTULO 2		40
Diseño y control de bancos de capacitores para la Finca Perugachi.		40
2.1.	Caso de estudio.....	40
2.1.1.	Adquisición de datos mediante planilla de energía eléctrica.....	42
2.1.2.	Adquisición mediante los datos extraídos del analizador de redes	43
2.2.	Diseño de bancos de capacitores trifásico.....	44
2.2.1.	Cálculo de la potencia reactiva (kVAr).....	44
2.2.2.	Dimensionamiento del equipo	47
2.3.	Control de bancos de capacitores automático trifásico	52
2.3.1.	Control discreto general	52
2.3.2.	Control discreto inteligente.....	53
2.3.3.	Diseño de la red neuronal	54
CAPÍTULO 3		62
RESULTADOS.....		62
3.1.	Control discreto general.....	62
3.2.	Control discreto inteligente.....	63
3.3.	Comparación del control discreto general e inteligente	65

Conclusiones.....	66
Recomendaciones.....	67
Bibliografía	68
Anexos	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Triángulo de potencias.	23
Fig. 2. Algunos modelos de bancos de capacitores para baja tensión.	25
Fig. 3. Bancos de capacitores para media tensión.	25
Fig. 4. Diagrama equivalente de la compensación en paralelo.	28
Fig. 5. Diagrama equivalente de la compensación en serie.	28
Fig. 6. Componentes del SVC Light.	29
Fig. 7. Unidad capacitiva PCS 600.	30
Fig. 8. Arquitectura básica de una red monocapa.	31
Fig. 9. Arquitectura básica de una red multicapa.	32
Fig. 10. Aprendizaje supervisado y no-supervisado.	34
Fig. 11. Regiones de separación de un perceptron.	35
Fig. 12. Regiones de separación perceptron multicapa.	36
Fig. 13. Ubicación de la Finca Perugachi.	40
Fig. 14. Planilla eléctrica, medidor T47232.	42
Fig. 15. Potencia reactiva necesaria (kVAr) / Método 2.	46
Fig. 16. Estructura del gabinete para el armado de elementos electromecánicos.	51
Fig. 17. Diagrama de flujo para control discreto general.	53
Fig. 18. Diagrama de flujo para el almacenamiento de datos.	56
Fig. 19. Diagrama de flujo para adquisición de datos.	57
Fig. 20. Diagrama de flujo para la obtención de capacitancias.	57
Fig. 21. Diagrama de flujo para la red neuronal artificial tipo feed-forward.	58
Fig. 22. Diagrama de flujo para la creación de la interfaz gráfica.	59
Fig. 23. Red neuronal tipo feed-forward.	60
Fig. 24. Interfaz gráfica para el neurocontrolador.	61
Fig. 25. Corrección del factor de potencia general.	62
Fig. 26. Control general del banco de capacitores.	63
Fig. 27. Corrección del factor de potencia inteligente.	64
Fig. 28. Control inteligente del banco de capacitores.	64

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. 1. APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA LA CORRECCIÓN DEL FP .37	
TABLA 1. 2. ESTRATEGIAS Y CRITERIOS DE CONTROL DE BANCOS DE CAPACITORES	38
TABLA 2. 1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	41
TABLA 2. 2. RESUMEN DE CARGAS ELÉCTRICAS	41
TABLA 2. 3. RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES.....	43
TABLA 2. 4. POTENCIA REACTIVA NECESARIA (kVar) / MÉTODO1.....	45
TABLA 2. 5. COMPARACIÓN DE LOS VALORES TOTALES - MÉTODO 1 / MÉTODO 2...47	
TABLA 2. 6. REGULACIÓN DE PASOS PARA EL CONTROLADOR.	48
TABLA 2. 7. MEDIDAS DEL GABINETE.	50
TABLA 2. 8. DISEÑO DEL BANCO DE CAPACITORES PARA LA FINCA PERUGACHI.....	51
TABLA 3. 1. COMPARACIÓN DEL CONTROL DISCRETO GENERAL E INTELIGENTE....	65

RESUMEN

El presente trabajo detalla el análisis de estrategias de control de bancos de capacitores para el mejoramiento del factor de potencia, con el actual análisis se pretende demostrar que existe varias técnicas para corregir el factor de potencia; entre ellos el control discreto general e inteligente.

El actual proyecto de investigación está compuesto por tres capítulos, el primer apartado muestra el marco teórico que contiene bases teóricas, definiciones y dispositivos electrónicos comerciales que ayudan a mejorar el factor de potencia. Además, se detalla una nueva técnica de compensación de reactivos mediante ingeniería neuronal. Centrándose en conseguir el entrenamiento de una red neuronal artificial que controle un banco de capacitores automático mediante teoría de dispositivos estáticos de compensación discreta y dispositivos estáticos de compensación continua.

En el segundo capítulo se diseña un banco de capacitores automático para la corrección del factor de potencia de la Finca Perugachi. Asimismo se busca controlar el banco de capacitores automático basado en el control discreto general y control discreto inteligente que permite de igual manera la compensación de energía reactiva.

En el tercer capítulo se muestran los resultados de la simulación de un banco de capacitores automático utilizando control discreto general y control discreto inteligente. Para ello se realizaron pruebas de simulación mediante un banco de capacitores convencionales de baja tensión, donde se evidenció que la compensación de energía reactiva mediante un neurocontrolador es más eficiente a comparación de la compensación tradicional que usualmente se ubicada en sistemas electricos comerciales e industriales.

Finalmente se detallan las conclusiones y recomendaciones alcanzadas durante la elaboración del proyecto de investigación.

Palabras clave: control discreto general, control discreto inteligente, ingeniería neuronal, red neuronal artificial, neurocontrolador.

ABSTRACT

The present work details the analysis of control strategies of capacitor banks for the improvement of the power factor, with the current analysis it is intended to demonstrate that there are several techniques to correct the power factor; among them the general and intelligent discrete control.

The current research project is composed of three chapters, the first section shows the theoretical framework that contains theoretical bases, definitions and commercial electronic devices that help improve the power factor. In addition, a new reagent compensation technique using neuronal engineering is detailed. Focusing on getting the training of an artificial neural network that controls an automatic capacitor bank through the theory of static discrete compensation devices and static compensation devices continues.

In the second chapter an automatic capacitor bank is designed for the correction of the power factor of Finca Perugachi. It also seeks to control the automatic capacitor bank based on general discrete control and intelligent discrete control that also allows reactive energy compensation.

The third chapter shows the simulation results of an automatic capacitor bank using general discrete control and intelligent discrete control. For this, simulation tests were carried out by means of a bank of conventional low voltage capacitors, where it was evidenced that the compensation of reactive energy through a neurocontroller is more efficient compared to the traditional compensation that is usually located in commercial and industrial electrical systems.

Finally, the conclusions and recommendations reached during the elaboration of the research project are detailed.

Keywords: general discrete control, intelligent discrete control, neuronal engineering, artificial neural network, neurocontroller.

Introducción

A.1. Contextualización

En los últimos años el incremento de las nuevas tecnologías se ha ido introduciendo en las industrias para facilitar y mejorar la producción, esto indica una alta propagación de dispositivos electrónicos de alta potencia y características no lineales (Hernández, Nuevas estrategias para un plan de uso eficiente, 2017). La calidad de energía eléctrica son características físicas del suministro eléctrico, en condiciones normales de operación que no producen interrupciones (Muñoz, Análisis del suministro eléctrico, mejora de los índices y niveles de calidad en la distribución de la energía eléctrica., 2015, pág. 37).

Existen normas en las cuales se basan en análisis para el mejoramiento del factor de potencia nacional como ARCONEL 004/01 – 004/15 entre otras para garantizar una adecuada calidad de energía eléctrica (Idrovo, Análisis de eficiencia energética en la granja Irquis de la Universidad de Cuenca., 2017). Trae varios efectos un bajo factor de potencia no solo en la penalización por tener bajo el nivel del límite permitido de 0.95; también en la descoordinación de protecciones, calentamiento de conductores, transformadores, bombas, motores y un incremento en caídas de tensión (Camacho, 2015).

Cuando el factor de potencia es bajo y la cantidad de equipos electrónicos es considerable, para la empresa eléctrica los efectos se traducen en: mayor inversión en equipos de transformación y generación, mayor capacidad en líneas de distribución (Hiler, Análisis de la calidad de energía eléctrica en la industria alimenticia Agrivanic S.A, 2018, pág. 1).

Los efectos ya mencionados en los sistemas eléctricos llevan a un análisis de costo beneficio con el fin de controlar varias pérdidas de energía, por calentamiento de conductores, desbalances y otras causas que afectan a los equipos e instalaciones eléctricas (Mora, 2014, pág. 1). Las industrias requieren un suministro eléctrico fiable y de eficacia, por las elevadas caídas de tensión las industrias se ven expuestas a evaluar sus cargas eléctricas, y de ser necesario cambiarlas para obtener un excelente proceso industrial (Salazar, 2017).

Las soluciones más habituales por costo beneficio son los bancos de capacitores, para determinarlos se puede hacer pruebas con distintas cargas, con mediciones de potencia activa y reactiva. También se puede calcular el banco de capacitores mediante planillas eléctricas (Darwin, 2013).

Las redes neuronales artificiales (RNA) han encontrado gran aceptación en diversas áreas y problemas, como el reconocimiento de patrones donde su operación y calibración es a través de la fase de entrenamiento (Tostado, Implementación de algoritmos de inteligencia artificial para el entrenamiento de redes neuronales de segunda generación., 2017).

En la actualidad existen estudios para obtener medidas correctivas, así corregir el factor de potencia con la aplicación de procesos de inteligencia artificial que se componen de redes neuronales artificiales, para obtener de datos satisfactorios (Méndez, 2017). El desarrollo de la red neuronal artificial busca el control de un banco de capacitores reduciendo el tiempo requerido en la operación de capacitores, descubriendo que la técnica resulta más rápida que los métodos tradicionales (Arias, Aplicación de redes neuronales al control de bancos de condensadores en sistemas eléctricos industriales., 2006).

A.2. Planteamiento del problema

Los equipos de automatización y máquinas tecnológicas son adquiridos por grandes industrias para el aumento de producción. Estas cargas son de alta potencia y características no lineales.

Cuando la cantidad de estos equipos es considerable, los requerimientos de potencia reactiva también son significativos, provocando una reducción considerable en el factor de potencia.

Un bajo factor de potencia origina efectos adversos en las instalaciones eléctricas, tales como: el aumento de la intensidad de corriente, disminución de la vida útil de los conductores, fuertes caídas de tensión, aumento del costo por consumo de electricidad.

Para las empresas eléctricas estos efectos se traducen en una mayor inversión en equipos de generación y transformación para suministrar la energía reactiva adicional con una consecuente baja eficiencia y calidad del servicio por causa de las elevadas caídas de tensión y baja regulación.

Es así que se requiere de dispositivos y estrategias de control para reducir el consumo de potencia reactiva y corrección del factor de potencia, de acuerdo a los requerimientos de la carga; esto representaría además una reducción en los costos en la factura eléctrica.

A.3. Formulación del problema

¿Cómo controlar de modo óptimo un banco de capacitores de acuerdo a los requerimientos de la carga para mantener un factor de potencia especificado?

A.4. Justificación del trabajo

Hoy en día es de gran relevancia el mantener condiciones adecuadas de factor de potencia en las instalaciones eléctricas industriales para así precautelar la calidad de energía y evitar el pago de penalizaciones.

En la actualidad la florícola ROSAPE S.A cuenta con un factor de potencia de 0.81, lo cual conlleva una significativa penalización económica impuesta por la distribuidora (EMELNORTE), y a su vez ineficientes condiciones de operación en conductores, transformadores, bombas y equipos de control. Por esta razón, es necesario el diseño de un sistema confiable para corrección del factor de potencia basado en equipos comerciales que brinden una solución robusta a la referida florícola.

Adicionalmente, con el fin de emplear nuevas estrategias para el control de bancos de capacitores y su vez contrastar las mismas con las técnicas convencionales; se presenta una simulación el control de un banco de capacitores utilizando control discreto general y control discreto inteligente para el efecto. Orientándose en la temática de inteligencia artificial por el avance tecnológico que se ha tenido en los últimos años. Estos últimos métodos, según lo evidencia la literatura, pueden ser más eficientes que los métodos tradicionales si se emplean adecuadamente.

A.5. Alcance del trabajo

Con un fin práctico y en base a este análisis se diseña un sistema basado en métodos convencionales y equipos comerciales para el mejoramiento del factor de potencia de 0,81, el cual posee la florícola ROSASPE S.A. Y así obtener un factor de potencia óptimo de 0,92. Esto va ayudar a contrastar las nuevas metodologías para el control de los bancos de capacitores.

En ese mismo sentido el actual análisis compara las estrategias de control de bancos de capacitores para el mejoramiento del factor de potencia en una simulación del control de un banco de capacitores utilizando control discreto general y control discreto inteligente, asemejándose a un comportamiento de un sistema industrial.

Para ello se emplea inteligencia artificial, que a través del software Matlab se visualiza el comportamiento inteligente discreto, y a su vez se analiza la información. Matlab cuenta con diversas herramientas de redes neuronales que facilitan la estructura del neurocontrolador de reactivos.

La simulación se realiza con la ayuda de los datos adquiridos del transformador de 75 kVA de la florícola ROSASPE S.A. Utilizando principalmente en los datos de entrada la potencia activa y la potencia reactiva que sirven el entrenamiento de la red neuronal artificial. Además el valor que entrega la neurona de salida corresponde a la ponderación por KVAR de acuerdo a la necesidad de potencia reactiva a inyectar. También con el control discreto de bancos de capacitores se visualiza una interfaz gráfica que permite la manipulación de los datos del neurocontrolador y del banco de capacitores.

Por último permite un control seguro y eficiente al banco de capacitores regulando la inyección de potencia reactiva de acuerdo a la exigencia de la carga. Esto permite contrastar el funcionamiento de lógicas de vanguardia con respecto del método tradicional en lo que respecta al control de bancos de capacitores.

A.6. Viabilidad del trabajo

El presente estudio cuenta con el apoyo de la florícola ROSASPE S.A, el cual nos proporciona el acceso a sus instalaciones para reunir información y realizar el análisis para el mejoramiento del factor de potencia. Como resultado se busca la reducción de la demanda en la tarifa de energía eléctrica.

Con respecto a la simulación se desarrolla un sistema que permita observar el control de un banco de capacitores aplicando inteligencia artificial, teniendo en consideración los datos obtenidos de la florícola ROSASPE S.A.

A.7. Objetivo general

Analizar estrategias de control de bancos de capacitores para el mejoramiento del factor de potencia.

A.8. Objetivos específicos

1. Estudiar criterios y estrategias de control de banco de capacitores para el mejoramiento del factor de potencia.
2. Diseñar un sistema basado en equipos comerciales para el mejoramiento del factor de potencia de la florícola ROSASPE S.A ubicada en la ciudad de Otavalo.
3. Simular el control de un banco de capacitores utilizando control discreto general y control discreto inteligente.

CAPÍTULO 1

Estrategias de control de bancos de capacitores para el mejoramiento del factor de potencia.

En el presente capítulo se detalla los conceptos básicos para la corrección de factor de potencia, considerando elementos de tipo discreto (capacitores) y de tipo continuo por medio de sistemas flexibles de transmisión de corriente alterna (FACTS). Además en este capítulo se explica los tipos de control para la compensación discreta como son: control básico y el control inteligente utilizando redes neuronales. Para ello se brinda una explicación breve de los conceptos fundamentales para el desarrollo de redes neuronales en esta aplicación.

1.1. Introducción

Para mejorar el factor de potencia se utiliza dispositivos reguladores de potencia reactiva (kVAr) que conectan y desconectan capacitores dependiendo de las necesidades de la instalación, basados en un control discreto general (Echavarría & Berber, 2009).

Desde el punto de vista de Arias & Navarro (2006), estos dispositivos pueden operar en distintas señales como son: tensión, corriente, potencia activa, potencia reactiva y señales compuestas pero no tienen “inteligencia” para conectar con exactitud la cantidad de capacitores en un tiempo mínimo. Esto facilita y también ayuda a inyectar reactivos de manera apropiada a la carga y no de manera violenta como los métodos convencionales.

El análisis de control discreto inteligente de bancos de capacitores no es muy utilizado, por el hecho de no ser comercializado en las industrias pero si en sistemas eléctricos de potencia por ejemplo los equipos FACTS que utilizan inteligencia. Se han ido desarrollando técnicas de optimización modernas y de control inteligente para los dispositivos FACTS tales como: redes neuronales, sistemas de lógica difusa y algoritmos genéticos las aplicaciones en sistemas eléctricos de potencia han entregado resultados satisfactorios (Alzate, Bedoya, & Jesser, 2017).

Un campo muy importante de la Inteligencia Artificial (IA) son las redes neuronales artificiales (RNA). Se enfatiza en la aplicación de las redes neuronales artificiales, por el hecho que han sido muy utilizadas en sistemas de control y en el análisis de estabilidad de estado estable y transitorio. Debido a su alta capacidad de establecer una correlación entre conjuntos de datos de entrada y salida para sistemas no-lineales y según lo evidencia la literatura, pueden ser más

eficientes que los métodos tradicionales si se emplean adecuadamente (Barrera, Pérez, & Flórez, 2010).

De este modo el presente capítulo se divide en cuatro secciones donde se explica los temas antes mencionados. En la sección 1.2, se explica la definición básica de factor de potencia. En sección 1.3, se expone las diferentes formas de corrección del factor de potencia. En la sección 1.4, se definen algunos conceptos básicos de redes neuronales. Y por último la sección 1.5, detalla la aplicación de redes neuronales para la corrección del factor de potencia.

1.2. Factor de potencia

Martínez, Gómez, Martínez & Vargas (2017), consideran que el factor de potencia (FP) es el término que define el ángulo de desfase entre la corriente con respecto al voltaje y viceversa. De igual manera el factor de potencia indica la relación entre la potencia activa con la potencia aparente. Por lo tanto, se puede definir el factor de potencia con la Ec 1.

$$FP = \cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (1)$$

Donde:

$FP = \cos \varphi$ = Factor de potencia

P = Potencia activa (W)

S = Potencia aparente (VA)

Obregón & Zeas (2018) mencionan que el factor de potencia puede tener valores menores o iguales a uno. El factor de potencia es igual a uno, cuando la carga es netamente resistiva. En este caso, la potencia activa consumida es igual a la potencia aparente. En el caso que la carga sea inductiva, como son los motores y transformadores aparece una componente, la potencia reactiva. Esto hace que la potencia activa ya no sea igual a la potencia aparente. En este caso, el factor de potencia es menor a 1.

En un sistema eléctrico se prefiere factores de potencia cercanos a 1. De acuerdo a la regulación 004/01 -004/15 el factor de potencia mínimo aceptado es de 0,92. Las consecuencias de tener valores bajos de factor de potencia son: sobredimensionamiento de cables, necesidad de mayor generación de potencia activa, fuertes caídas de tensión, aumento de intensidad de corriente, además de aumento de costos por penalizaciones (Delgado, 2019).

La Figura 1 muestra el triángulo de potencias donde el coseno de ϕ_i representa el ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S).

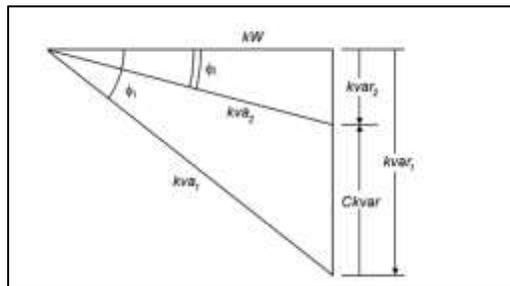


Fig. 1. Triángulo de potencias.
Fuente: (ABB, 2017).

1.3. Corrección del factor de potencia

La corrección de factor de potencia se la puede realizar de manera discreta o continua. Para la corrección discreta se utiliza bancos de capacitores que se accionan en determinados momentos a través de contactores. Por otro lado, para la corrección continua se utiliza elementos de estado sólido a través de tiristores básicamente elementos de potencia, eso para su funcionamiento en todo instante. A continuación se explica cada uno de estos sistemas.

1.3.1. Compensación de factor de potencia tipo discreto

Garza, Martínez & Ramón (s.f.) consideran que la compensación discreta o también conocida como escalonada son las más utilizadas en aplicaciones industriales por adaptarse a las variaciones del comportamiento de la carga. La compensación del factor de potencia se realiza por medio de bancos de capacitores individuales de distinta potencia que son conectados y desconectados automáticamente mediante dispositivos de conmutación tales como contactores.

Yero, Ramírez, Rosa & García (2018) mencionan que la compensación estática tradicional es la técnica más utilizada en el control de bancos de capacitores para compensar la potencia reactiva y mantener el factor de potencia en un valor recomendable. Una de las características más frecuentes de los bancos de capacitores es el regulador para el proceso de supervisión y control del factor de potencia. Existen fabricantes de diversos países que ofrecen distintas características de este dispositivo tales como:

- a) Tiempo de funcionamiento
- b) Entradas y salidas de los pasos de compensación en (kVAr)

- c) Corrientes y tensiones,
- d) Armónicos y otros parámetros.

De acuerdo a la necesidad de la carga, los bancos de capacitores pueden ser fijos o automáticos:

- **Bancos fijos**

Como lo hace notar Fernández & Figueredo (2007), los bancos de condensadores fijos no satisfacen la necesidad que impone la red de distribución, debido a la variación de energía reactiva entre los niveles mínimos y máximos del mismo, entonces se debe tener en cuenta un tipo de compensación que pueda ser variante con el tiempo:

- a) Usado cuando se solicita energía reactiva constante
- b) Desconexión manual o a través de interruptor fusible

Para compensar la potencia reactiva en un sistema de baja tensión de manera fija con bancos de capacitores, depende de los requerimientos de aplicaciones específicas. Un banco fijo consiste de (WEG, 2016):

- a) 1 a 12 capacitores trifásicos
- b) Interruptor termomagnético como protección principal
- c) Resistencia de descarga en cada capacitor
- d) Fusibles como protección para cada capacitor
- e) Sistema de barras en interruptor principal

- **Bancos automáticos**

Sin embargo los bancos de capacitores automáticos son unidades capacitivas con las mismas características que los bancos de capacitores fijos, mientras que esta vez van variando la conexión y desconexión en la red de distribución. La cual es controlada por un regulador programable, de acuerdo a un algoritmo de interrupción que incluye variables de tipo eléctrico (Fernández & Figueredo, 2007):

- a) Utilizado cuando se solicita energía variable
- b) Interruptor en vacío o regulador

Como plantea ABB (2017), existen equipos principales que ayudan a compensar de manera automática la energía reactiva en sistemas de media tensión. También algunas partes como estructura de material galvanizado se utilizan en los bancos de capacitores fijos entre estos:

- a) Capacitores

- b) Rack
- c) Interruptor al vacío
- d) Transformador de voltaje
- e) Pararrayos
- f) Regulador
- g) Reactancia Inrush
- h) Interruptor fusible

En la Figura 2, se evidencia dos tipos de modelos convencionales de bancos de capacitores fijo y automático.



Fig. 2. Algunos modelos de bancos de capacitores para baja tensión.
Fuente: (WEG, 2016).

Pérez (2018) señala que los capacitores para redes de distribución consisten en instalar o montar a nivel de subestación y de alimentadores primarios junto a los centros de carga. Algunos tipos de bancos de capacitores son: pad-mounted o incluso subterráneos, con el propósito de regular la tensión y el flujo de potencia reactiva. Estos equipos pueden ser instalados para baja o media tensión como se observa en la Figura 3.



Fig. 3. Bancos de capacitores para media tensión.
Fuente: (Pérez B. , 2018).

Los capacitores para media tensión están compuestos de elementos capacitivos de poca potencia y voltajes reducidos conectados en serie o en paralelo dependiendo de los requerimientos del voltaje y potencia. Estos dispositivos están elaborados con dos láminas de aluminio con un dieléctrico de varias capas de polipropileno impregnado en aceite no tóxico

biodegradable. Para potencias de 1 a 900 kVAr y con pérdidas menores a 0.13 W/kVAr, soportan 1.1 el voltaje nominal y el 1.3 de intensidad nominal (Laumayer, 2018).

Los equipos de compensación de energía reactiva para media tensión son más robustos a comparación con los equipos de baja tensión, por el hecho de trabajar en líneas de distribución. Existen algunos modelos de bancos de capacitores fijos y automáticos para postes de concreto armado (ABB, 2017).

1.3.1.1. Dimensionamiento de banco de capacitores

Harleen, Kumar, Sharma & Kamaiya (2015) indican que puede hallarse varias técnicas de optimización y algoritmos para la colocación del capacitor en el sistema de distribución para la mejora de estabilidad de tensión y la reducción de pérdidas en la red del sistema eléctrico. Los métodos analíticos son los más utilizados para la asignación de capacitores, este enfoque analítico utiliza el cálculo para la colocación y dimensionamiento de capacitores de corriente alterna (ca) logrando minimizar pérdidas y ahorro de costes.

ABB (2017) propone que para dimensionar o diseñar los bancos de capacitores ya sea de manera fija o automática antes es necesario conocer la potencia reactiva necesaria, entonces para ello se apoya en la Ec 2.

$$Q_{comp} = P * (tg\theta_1 - tg\theta_2) \quad (2)$$

Donde:

Q_{comp} = Potencia reactiva a compensar en (kVAr)

P = Potencia activa en (W)

θ_1 = Ángulo existente

θ_2 = Ángulo deseado.

1.3.1.2. Control discreto de banco de capacitores

El regulador de energía reactiva es un equipo con las más recientes tecnologías que incluyen un potente procesador para el cálculo de los algoritmos óptimos para mejorar el factor de potencia o $\cos \varphi$. Un parámetro muy importante al momento de programar el regulador de energía reactiva

es el ajuste de los escalones y pasos de los capacitores pudiendo estos ser normalmente en relaciones de 1:1, 1:2, 1:2:4, etc (CIRCUTOR, s.f.).

La regulación de los pasos para el C/k se aplica inicialmente al banco de menor capacidad, esto quiere decir que la potencia del segundo escalón es el doble de la del primero o por ejemplo; un equipo de 3 kVAr y 5 escalones se estarían formando por un primer escalón de 20 kVAr, un segundo de 40 kVAr y 3 escalones de 80 kVAr y se describe como un equipo de (20+40+3*80) kVAr. (EPCOS , 2011)

Con base en CIRCUTOR (s.f.), se define el C/k con la Ec 3.

$$\frac{C}{k} = \frac{Q_c}{\sqrt{3} * V * K} \quad (3)$$

Donde:

$\frac{C}{k}$ = Escalones y pasos

Q_c = Potencia reactiva del capacitor de menos capacidad

$\sqrt{3}$ = Circuito trifásico

V = Voltaje de la red

K = Relación del transformador de corriente

1.3.2. Compensación de factor de potencia tipo continuo

Este tipo de compensación puede emplear distintas maneras de regulación empleando bobinas, capacitores estacionarios, combinados con convertidores electrónicos de potencia, que regulan la potencia reactiva en el sistema. Novedosas aplicaciones han sido controladas por microprocesadores, e incluso, computadores personales. La más reciente incorporación al mercado (Garza et al., s.f.)

Rivera (2008) expresa que los sistemas FACTS también conocidos como Sistemas Flexibles de Transmisión de Corriente Alterna. Son tecnologías inteligentes que se utiliza para superar ciertas limitaciones en la capacidad de trasmisión en redes eléctricas, también se relacionan con la capacidad rápida y continua de controlar del flujo de potencia con la construcción de nuevos y poderosos tiristores, de ese modo controlar la dinámica de un sistema eléctrico con el propósito de tener un nivel alto de flexibilidad abasteciendo la red con potencia reactiva y capacitiva tan rápido como sea posible.

El desarrollo de la electrónica de potencia, microprocesadores y comunicaciones en general son los que permiten un control efectivo sobre variables de sistemas de potencia (voltaje, ángulo y potencia) a velocidades impresionantes. Los equipos FACTS se adaptan a diferentes situaciones de compensación por ello existen diferentes tipos de controladores (Valdiviezo & Rosales, 2012):

- a) Compensador en paralelo (shunt).
- b) Compensador en serie

- **Compensación en paralelo (shunt)**

Tal como se observa en la Figura 4 la compensación en paralelo (shunt) se fundamenta en suministrar potencia reactiva a la red, para aumentar la transferencia de potencia activa, conservando los niveles de tensión dentro de los rangos de seguridad. El manejo de potencia activa mediante estos dispositivos está condicionado por el ángulo de desfase (Pérez F. , 2013).

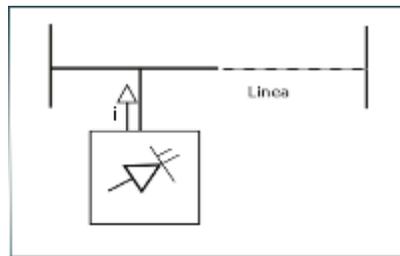


Fig. 4. Diagrama equivalente de la compensación en paralelo.
Fuente: (Pérez F. , 2013).

- **Compensación en serie**

Este tipo de compensación se encuentra conectada en serie a la línea de transmisión. Mientras la señal de voltaje este en fase con la corriente de la línea el controlador sólo suministra la potencia reactiva. En cualquier otro caso solo se ve involucrado un manejo de potencia reactiva, la Figura 5 muestra el diagrama de conexión general de la compensación en serie constituida por elementos electrónicos de potencia (Pérez F. , 2013).

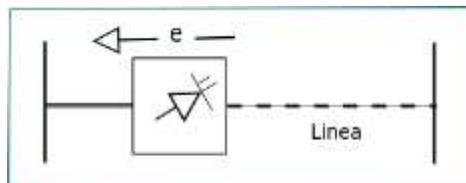


Fig. 5. Diagrama equivalente de la compensación en serie.
Fuente: (Pérez F. , 2013).

Desde el punto de vista de Ramírez, Caicedo & Correa (2010), existen tres factores importantes a considerar cuando se ha tomado la decisión de instalar un sistema flexible de transmisión de corriente alterna (FACTS).

- a) El tipo de dispositivo
- b) La capacidad requerida
- c) La ubicación que optimice el funcionamiento del dispositivo dependiendo de su aplicación.

- **Compensador estático VAr (SVC)**

El compensador de VAr estático (SVC) es uno de los sistemas más utilizados y aceptados en los sistemas FACTS. Está compuesto principalmente por tiristores (TSC) conectados en paralelo con bancos de capacitores coordinados por un sistema de control. Consta de un TSC que permite compensar de manera capacitiva e inductiva. Desde el punto de vista operacional el SVC se comporta como una reactancia variable conectada en paralelo es decir (Rivera, 2008).

- a) Provee de manera rápida la energía reactiva
- b) Da soporte a la regulación de voltaje
- c) Controla sobre-voltajes ante la salida de la carga
- d) Mejora la estabilidad de los sistemas AC
- e) Da amortiguamiento ante las oscilaciones de potencia

Para sistemas de transmisión existen tecnologías basadas en electrónica de potencia que ayudan a compensar la potencia reactiva (kVAr), en general la Figura 6 presenta las partes principales que conforman un equipo SVC.

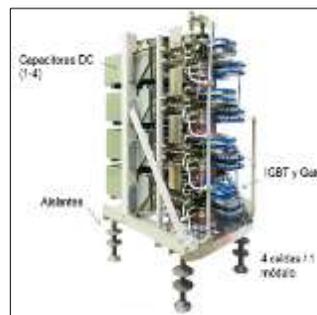


Fig. 6. Componentes del SVC Light.
Fuente: (Chiuminatto , 2015).

- **Compensador síncrono estático (STATCOM)**

Otro sistema FACTS es el compensador síncrono estático el cual se basa en un inversor que genera voltaje en AC controlable atrás de la reactancia de acoplamiento. Este dispositivo puede

absorber y entregar potencia reactiva al sistema en función de las variaciones de tensión del mismo. Esto produce un intercambio de energía activa y reactiva entre el STATCOM y el sistema de transmisión (Aguilar, Gavilanes, & Falcones, 2013).

En la opinión de López (2016), el compensador síncrono estático presenta dos ventajas muy relevantes frente al compensador estático VAr (SVC):

- a) Una actuación dinámica sobresaliente ante otros compensadores de energía reactiva. La respuesta es más rápida (llegando incluso a los 10 ms o menos) y precisas.
- b) Almacena toda la capacidad de intensidad de salida en sistemas de baja tensión esto mejora la estabilidad transitoria.
- c) En caso de cortocircuito (descenso pronunciado de tensión), el STATCOM a diferencia del SVC, no limita su aporte de energía reactiva pese a que se hallaría en niveles muy bajos de tensión.

La nueva tecnología STATCOM (compensador estático) se usa cada vez más en las redes eléctricas asediadas por problemas de estabilidad. El mencionado equipo tiene soluciones para valores de 425 MVar para distintos niveles de tensión de conexión, en la Figura 7 se muestra un PCS 600 que utiliza semiconductores encapsulados a presión en una fuente de tensión de tres niveles.



Fig. 7. Unidad capacitiva PCS 600.
Fuente: (Oedegard & Monge, 2017).

1.4. Conceptos básicos de redes neuronales artificiales

Para comprender de mejor manera las redes neuronales artificiales se desarrolla un breve resumen los conceptos básicos.

1.4.1. Arquitectura

Existen diversas arquitecturas de redes neuronales artificiales, según como se interconectan las neuronas y cómo fluyen las señales dentro de la red (Banda, 2014):

- a) Redes monocapas
- b) Redes multicapas
- c) Redes feedforward

- **Redes monocapa**

Una red monocapa tiene dos niveles de neuronas, el primero está asociado al vector de entrada, pero no existe ningún tipo de procesamiento de datos, por ese motivo no se considera como una capa, tan solo sirve de interfaz entre el vector de entrada. El segundo nivel tiene la misma dimensión del vector de entrada que son modificados por pesos sinápticos, por ello el nombre de capa, también corresponden a la salida de la red, denominada capa de salida. La cual tiene una sola capa de procesamiento (Caicedo & López, 2009, pág. 26). La Figura 8 muestra la arquitectura básica de una red monocapa.

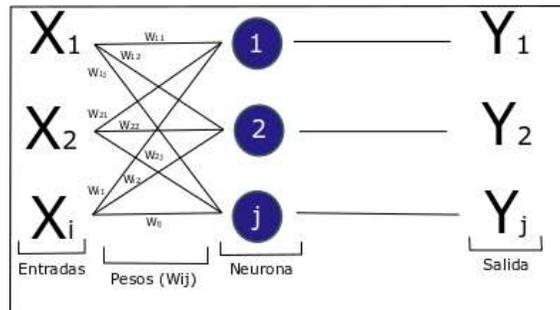


Fig. 8. Arquitectura básica de una red monocapa.
Fuente: (Caicedo & López, 2009).

Para la red monocapa con función lineal se puede definir la salida de la neurona **j-ésima** con la Ec 4.

$$Y_j = \sum_i X_i * W_{ij} \quad (4)$$

Donde:

Y_j = Valor de la salida

X_i = Valor de la entrada

W_{ij} = Valor de peso sináptico

- **Redes multicapa.**

Una red multicapa está constituida por varias capas, el vector de entrada con **i-ésima** neuronas y una capa de salida con **j-ésima** salida, similar al comportamiento de la red monocapa. La diferencia de la red multicapa es la incorporación de una capa intermedia entre el vector de entrada y salida conocida como capa oculta que está formada por **m-ésima** neuronas. Tiene una sola dirección de la entrada a la capa oculta y posteriormente a la salida, existiendo una conectividad total entre ellas (López D. , 2007). A continuación en la Figura 9 se puede observar la arquitectura básica de una red multicapa.

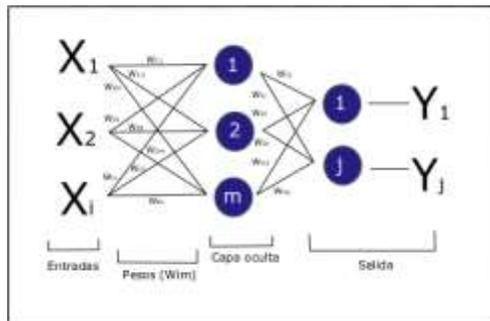


Fig. 9. Arquitectura básica de una red multicapa.
Fuente: (Caicedo & López, 2009).

Además este tipo de red puede trabajar con funciones no-lineales y por ende se puede deducir la salida con la Ec 5.

$$Y_j = f \left(b_j + \sum_i X_i * W_{mj} \right) \quad (5)$$

Donde:

Y_j = Valor de salida

f = Función no-lineal

X_i = Valor de entrada

W_{mj} = Pesos sinápticos

- **Red feedforward**

Este modelo de red neuronal artificial, la información, la información se rige a un solo sentido desde las neuronas de entrada a las capas de procesamiento para el caso de la red monocapa y multicapa, hasta llegar mutuamente a la capa de salida de la red neuronal. Las redes

neuronales tipo feedforward (RNAf) son relativamente fácil de programar por lo que son muy populares entre la comunidad (Vásquez, 2014).

- **Función de activación**

Blanco (2008) da a conocer que las funciones de activación más utilizadas para estructurar una red neuronal artificial son las funciones sigmoideas y lineales que se emplea en la mayoría de redes neuronales con propagación hacia adelante. Cuatro de las funciones de activación más comunes son:

- a) Escalón
- b) Signo
- c) Sigmoidal o logística
- d) Lineal

1.4.2. Aprendizaje

De acuerdo con Robles (2017), el aprendizaje es el proceso por lo cual una red neuronal modifica sus pesos en respuestas a una información de entrada, durante un determinado proceso, el cual se puede dividir en dos grupos:

- a) Supervisado
- b) No-supervisado

➤ **Supervisado**

La palabra maestro o supervisor sobresale en este tipo de algoritmo, se caracteriza por ser quien controla el proceso de entrenamiento, este tipo de agente externo guía el aprendizaje de la red determinando la salida considerada correcta (Pérez J. , 2002).

➤ **No-supervisado**

Desde el punto de vista del autor Pérez (2002), la palabra “maestro” no infiere de ninguna manera en el vector de entrada que se le presenta a la red, no existe un supervisor o maestro que guía el aprendizaje. La red neuronal se encarga directamente de las características del vector de entrada, con un solo objetivo el conocimiento que se quiere presentar a la red. La Figura 10 presenta un diagrama del aprendizaje supervisado y no supervisado.

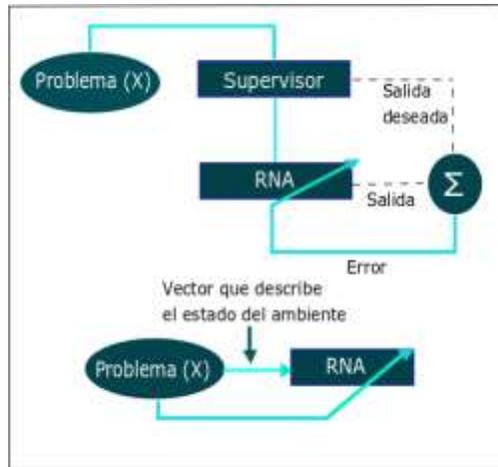


Fig. 10. Aprendizaje supervisado y no-supervisado.
Fuente: (Caicedo & López, 2009).

Existen varios algoritmos de aprendizaje para las redes neuronales artificiales pero los más desarrollados son: el algoritmo de aprendizaje backpropagation, el algoritmo de aprendizaje gradiente conjugado y el algoritmo aprendizaje Levenberg Marquardt para el aprendizaje no supervisado. Por otro lado el aprendizaje no supervisado utiliza la regla estándar de aprendizaje competitivo (Blanco, 2008).

1.3.2. Tipos de redes neuronales artificiales

Caicedo & López (2009) considera que en la ingeniería neuronal existen diversos tipos de redes neuronales artificiales que cumplen diversas funciones para resolver problemas complejos de ingeniería en el campo eléctrico, entre las más importantes destacan:

- a) Red neuronal perceptron
- b) Red Adaline
- c) Perceptron multicapa
- d) Red neuronal de Hopfield
- e) Mapas auto-organizados de Kohonen

- **Red neuronal perceptron**

Sarraute (2007) indica que la red neuronal perceptron fue el primer modelo de las redes neuronales artificiales que utiliza una función lineal para aprender y reconocer patrones sencillos. Como se observa en la Figura 11 la arquitectura del perceptron es sencilla: su vector de entrada ($x_1, x_2, x_3 \dots x_i$) posee varias funciones lineales y su salida conserva una única capa de neuronas

$(y_1 \cdot y_2 \cdot y_3 \dots y_j)$ con activación binaria o bipolar para obtener dos posibles valores actualizados por los pesos de la capa de salida $(w_{1j} w_{2j} w_{3j} \dots w_{ij})$.

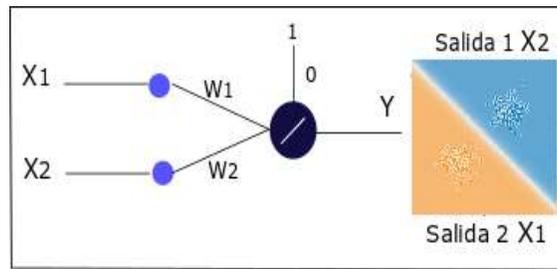


Fig. 11. Regiones de separación de un perceptron.
Fuente: (Caicedo & López, 2009).

Para reducir el entrenamiento de la red se utilizó una función de error conocida como el error del perceptron con la Ec 6:

$$e_p = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^M (d_j - y_j)^2 \quad (6)$$

Donde:

M = Es el conjunto de todas las posibles j ,

d_j = Vectores clasificados erróneamente por la salida deseada

y_j = Salida de la red neuronal

La función de activación de la salida de la red solo tiene dos opciones 1 ó 0, el perceptron logra separar dos regiones tomando en cuenta que la función de entrada puede ser binaria o bipolar, de ahí la limitación de la red perceptron de no poder separar linealmente más de dos regiones (Caicedo & López, 2009).

- **Perceptron multicapa y algoritmo de backpropagation**

Medina & Contreras (2015), definen que el perceptron multicapa es una red más avanzada a referencia de la red Adaline y del mismo perceptron monocapa que no es apto para resolver problemas de clasificación no-lineal. Uno de los problemas fue la alteración de los pesos enlazados entre la capa de salida, en base a la salida de la red y la salida deseada. El cálculo de error para cambiar los pesos sinápticos de la capa fue la gran interrogante. Entonces fue donde surgió el algoritmo de backpropagation que permite entrenar al perceptron multicapa que da solución a problemas de alta complejidad. La Figura 12 da a conocer la actuación de la salida de la red con una función sigmoideal.

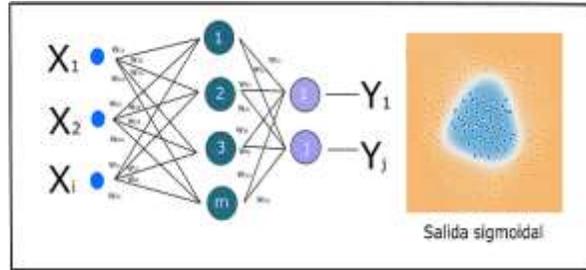


Fig. 12. Regiones de separación perceptron multicapa.
Fuente. (Caicedo & López, 2009).

- **Algoritmo de aprendizaje backpropagation**

Con el algoritmo backpropagation o gradiente descendiente se puede calcular el error perceptron como muestra la Ec 7. El cual trata de determinar los pesos sinápticos entre la salida de la red y la salida deseada, o por lo menos sean lo más próximas posibles. Antes del error en las capas ocultas y de salida se modifica los pesos con la regla dela. Es posible encontrar los pesos adecuados entre la entrada y salida de la red neuronal artificial (Maza, 2011).

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M (d_{pk} - y_{pk})^2 \quad (7)$$

Donde:

E_p = Error generalizado por la única neurona

P = Numero de patrones de entrenamiento

d_{pk} = Salida deseada

y_{pk} = Salida de la red neuronal artificial

M = Número de neuronas en la capa de salida

Uno de los inconvenientes del algoritmo backpropagation es tener un parámetro de aprendizaje σ fijo, el valor depende de la variable que este solucionando también puede variar el proceso de aprendizaje en variación de los pesos $\Delta\omega_p$. Normalmente el valor puede ser un valor mínimo de 0,05 a 0,25 para que la red pueda asegurar una solución (Maza, 2011).

- **Algoritmo de aprendizaje Levenberg Marquardt**

El algoritmo de aprendizaje backpropagation por presentar dificultades con los mínimos locales y quedar atrapado en una solución no óptima y presenta un número no razonable de iteraciones es un método no efectivo. Por otra parte el algoritmo de aprendizaje Levenberg Marquardt presenta un mejor desempeño en el aprendizaje. El algoritmo es más rápido y efectivo

cuando se presenta una arquitectura simple con pocas neuronas y conexiones (Díaz, Hidalgo, Santoyo, & Hermosillo, 2013).

1.5. Aplicación de redes neuronales para la corrección del factor de potencia

En la Tabla 1.1 se puede observar estudios sobre la estrategia de control utilizando inteligencia artificial, igualmente enfatizando en las redes neuronales artificiales y el efecto que causa al incorporarse en un sistema discreto y continuo.

TABLA 1. 1. APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA LA CORRECCIÓN DEL FP

Autor	Tema	Ventaja	Desventaja
N. Iwan Santoso y Owen T. Tan (1990).	Control en tiempo real basado en la red neuronal de los capacitores instalados en sistemas de distribución.	La red de control puede predecir el perfil de un conjunto de datos de entrada utilizando la potencia activa, reactiva y el voltaje. Además reduce el tiempo de respuesta del proceso del control, mejorando la precisión del capacitor óptimo a controlar.	La aplicación del control inteligente se limita por el tiempo del cálculo requerido para el aprendizaje, proceso que depende de la carga y de los capacitores instalados en el sistema eléctrico.
Miguel Arias Albornoz y Juan José Navarro Vergara (2006).	Aplicación de redes neuronales al control de bancos de condensadores en sistemas eléctricos industriales.	Es más óptimo en el proceso secuencial del tiempo a comparación de reguladores de potencia reactiva convencionales.	Al utilizar todas las combinaciones posibles del accionamiento de los capacitores es necesario un ajuste fino de potencia reactiva a inyectar para una perfecta compensación.
Tanuj Manglani y Y.S. Shishodia (2012).	Una encuesta sobre técnicas optimas de colocación de condensadores en líneas de distribución para reducir pérdidas.	Los métodos de inteligencia artificial permiten resolver el problema de control de potencia reactiva y voltaje con mayor nivel de fiabilidad y calidad.	Los métodos clásicos son más simples pero tienen la desventaja del pobre manejo de restricciones cualitativas, debilita convergencia, cálculo lento con grandes variables y son muy caros para grandes sistemas electricos.
Harleen Kaur, Puneet Kumar, Anuja Sharma y Nikhil Kamaiya (2015).	Un estudio sobre la colocación óptima de condensadores en sistemas de distribución: Técnicas de inteligencia convencional y artificial.	La IA es un método más rápido, tiene menos requisitos de variables y efectúa una técnica óptima en la colocación de los capacitores. Los trabajos previos realizados ayudan a mejorar el entrenamiento de la red y por consecuencia la eficiencia al momento de compensar reactivos.	Puede entrar en una etapa de sobreentrenamiento llegando a causar que la red neuronal no aprenda si no que esta memorice.

Fuente: Diego Chasi adaptado de: (Iwan & Owen, 1990), (Arias & Navarro, 2006), (Manglani & Shishodia, 2012) & (Harleen, Kumar, Sharma, & Kmaiya, 2015).

Una vez detallado algunas de las estrategias que existen para controlar los bancos de capacitores y mejorar el factor de potencia en baja y media tensión, también de atribuir los beneficios para las industrias y la red de distribución. Se ha recopilado información de los dispositivos más utilizados para corregir el problema planteado.

Ahora con el fin de contrastar los métodos tradicionales se utiliza un (bancos de capacitores) que son los más utilizados por las industrias. Se desarrolla un neurocontrolador con bases de inteligencia artificial, otro método que ha sido utilizado para resolver problemas de ingeniería eléctrica.

La Tabla 1.2 hace referencia a una comparación de estrategias y criterios de control de bancos de capacitores para mejorar el factor de potencia en un sistema eléctrico.

TABLA 1. 2. ESTRATEGIAS Y CRITERIOS DE CONTROL DE BANCOS DE CAPACITORES

	Control discreto	Control continuo	Control inteligente
Sistema de compensación	- Bancos de capacitores convencionales para BT Y MT.	- Sistemas flexibles de transmisión de corriente alterna (FACTS).	- Bancos de capacitores convencionales para BT y MT
Tipo	- Bancos fijos - Bancos automáticos	-Compensador estático VAr (SVC) - Compensador síncrono estático (STATCOM)	- Bancos automáticos
Sistema conmutado	- Contactores - Relés	- Tiristores - IGBT	- Contactores - Interruptores
Cálculo de la potencia reactiva	- Voltaje - Corriente	- Voltaje - Corriente	- Redes neuronales artificiales - P y Q
Beneficios	- Corregir el FP - Reduce la magnitud de corriente - Mejora el voltaje - Mejora el desempeño del sistema eléctrico	- Corregir el FP - Controla de mejor manera el flujo de potencia activa y reactiva - Incrementa la capacidad de transferencia de potencia en sistemas de transmisión	- Corregir el FP - Sistema inteligente - Se adapta a los requerimientos de potencia reactiva de la carga - Puede ser empleando a la solución de armónicos del sistema eléctrico
Costos	- Más económicos para BT - Pueden variar según el tipo de compensación	- Aún más elevados a comparación que la compensación reactiva convencional	- Se puede reducir el costo del controlador de reactiva por un microprocesador

Fuente: Autor

La tabla anterior puede ayudar a plantear una solución fiable a un problema habitual de las industrias, el bajo factor de potencia. Con ayuda de un sistema de compensación tradicional para

baja tensión y la aplicación de redes neuronales a su control, esta puede llegar a ser una solución simple y económica a comparación de los sistemas flexibles de transmisión de corriente alterna. Estos son aún más costosos por emplear electrónica de potencia y ser más robustos.

CAPÍTULO 2

Diseño y control de bancos de capacitores para la Finca Perugachi.

El presente capítulo se divide en cuatro secciones. La primera describe las características generales de la Finca Perugachi. La segunda, detalla la adquisición de datos del presente caso de estudio. La tercera sección se enfoca al diseño del control discreto para el mejoramiento del factor de potencia de este caso. La cuarta sección, explica el diseño realizado para el control discreto inteligente en Matlab.

2.1. Caso de estudio

ROSAS DE PERUGACHI ROSASPE S.A es una empresa dedicada a cultivar rosas de distintas variedades. Sus oficinas se encuentran ubicadas en la ciudad de Otavalo - vía Selva Alegre. El diseño de los bancos de capacitores se realiza en las instalaciones eléctricas de la florícola para ayudar a mejorar el factor de potencia y reducir la penalización económica que ha ido facturando estos últimos años. La Figura 13 muestra la ubicación exacta de la Finca Perugachi.

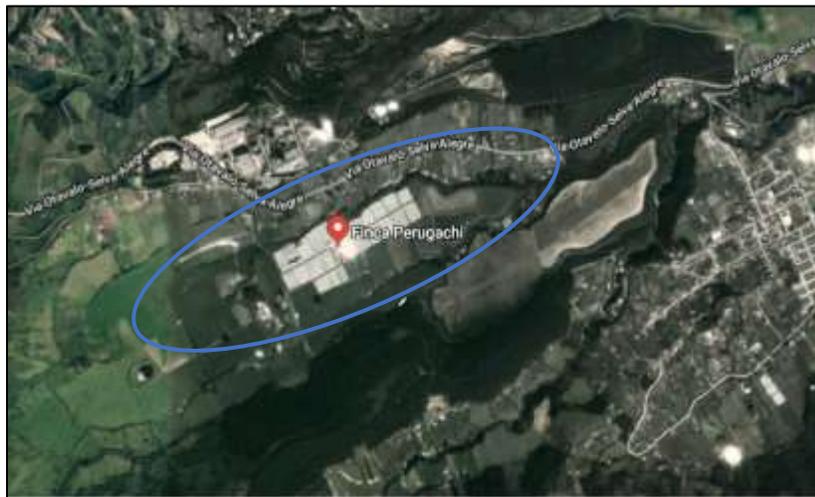


Fig. 13. Ubicación de la Finca Perugachi.
Fuente: Google Maps.

La Finca Perugachi cuenta con dos transformadores trifásicos (3ϕ) aguas abajo del sistema eléctrico de media tensión de 13.8 kV perteneciente a la Empresa Eléctrica Regional Norte (EmelNorte). La capacidad del primer transformador es de 75 kVA, mientras que el segundo tiene una capacidad de 50 kVA. Para los fines del proyecto se elige el transformador de 75 kVA, la

siguiente Tabla 2.1 muestra las características técnicas principales del transformador descrito anteriormente.

TABLA 2. 1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Transformador	
Tipo	Distribución
Fase	3Ø
Capacidad nominal	75 kVA
Tensión de servicio	13.8 kV / 230V
Intensidad	1500 A
Factor de corrección	1

Fuente: Autor

Existen cargas eléctricas conectadas en el transformador de 75 kVA y además que son la causa de que exista un bajo factor de potencia en la Finca Perugachi. La Tabla 2.2 muestra un resumen de las cargas eléctricas alimentadas por el transformador ya mencionado. La demanda de potencia real total que corresponde a la carga es de 55,31 kW.

TABLA 2. 2. RESUMEN DE CARGAS ELÉCTRICAS

Suministro T47232_LAN			
Descripción	Cantidad	Tensión (V)	P. total (kW)
Bomba de agua	1	220/380	2,7602
Bomba de fumigación	3	120/440	22,38
Taladro de mesa	1	110/220	0,373
Motor de corte	1	110/220	0,746
Sierra eléctrica	1	230/360	2,238
Compresor	2	110/220	2,238
Esmeril	1	110/220	0,373
Suelda eléctrica	1	110/220	13,2
Cuarto frio / motores	4	110/220	8,206
Luminarias	70	110	2,8
Total			55,31

Fuente: Autor

Una vez analizado los parámetros del transformador de 75 kVA y de obtener un resumen de las cargas que alimenta el transformador se procede a adquirir los datos para mejorar el factor de potencia de la siguiente manera.

- **Adquisición de datos**

Un breve análisis del servicio eléctrico de la florícola para entender de mejor manera el valor de: penalización por un bajo factor de potencia (FP). Se utiliza dos métodos básicos para calcular los reactivos necesarios, así mejorar el factor de potencia de la Finca Perugachi.

- a) Mediante planilla de energía eléctrica.

b) Mediante los datos extraídos del analizador de redes.

2.1.1. Adquisición de datos mediante planilla de energía eléctrica

Se puede observar en (Anexo A), que para el primer método se sustenta con 12 facturas electrónicas. El suministro proporciona los datos suficientes para demostrar el desarrollo del cálculo de la potencia reactiva necesaria (kVAr), teniendo en cuenta que para mejorar el resultado se necesita mínimo 12 facturas del suministro eléctrico.

En la Figura 14 se pone a consideración factura del servicio eléctrico del 25 de abril 2018 perteneciente a la Finca Perugachi en donde se puede encontrar información como: Potencia activa (kWh), potencia reactiva (kVArh), la demanda del cliente (kW), el factor de potencia, etc. La florícola está penalizada por un bajo factor de potencia de 0,82 con una demanda de 40 kW.

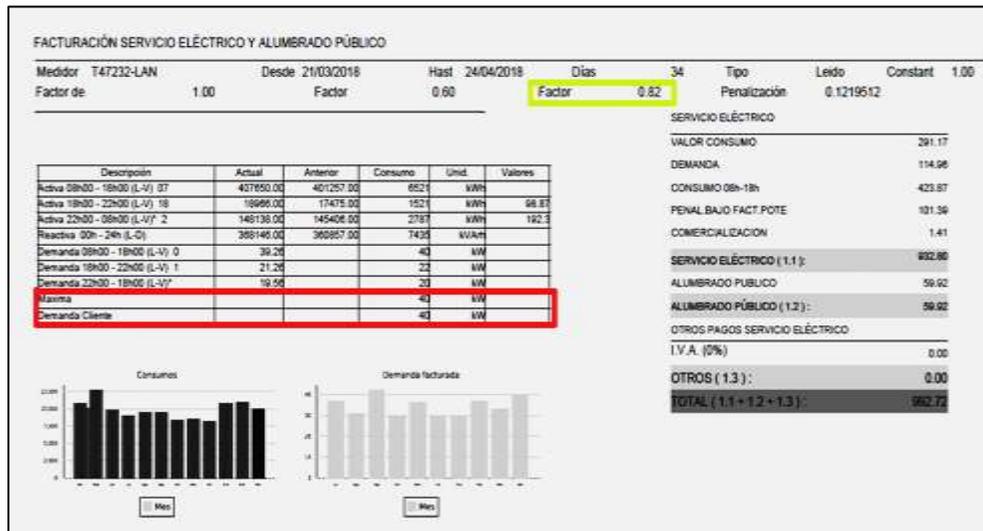


Fig. 14. Planilla eléctrica, medidor T47232.
Fuente: Autor.

Una vez comprendido los valores necesarios de la factura electrónica .Se puede observar en el (Anexo B), la figura ayuda a resumir y describir los datos sin factores adicionales de manera de no inferir más allá de los datos requeridos. Se ordenan los datos de 12 facturas emitidas por la Empresa Eléctrica Regional Norte (EmelNorte) desde el día 27 de octubre del 2017 hasta el 27 de septiembre del 2018, se incluyen los valores significativos como la penalización por incumplir la Norma 004/01 para grandes consumidores.

2.1.2. Adquisición mediante los datos extraídos del analizador de redes

Se obtiene las mediciones con el analizador Fluke 1144 Memobox. Se observa en el (Anexo C) que es un equipo de medición tecnológicamente avanzado para redes eléctricas monofásicas y trifásicas.

Por lo tanto para analizar la red eléctrica se instala el equipo desde el 19 de noviembre hasta el 28 de noviembre del 2018 (10 días).

Las mediciones tomadas por el analizador son cada 10 minutos, por lo cual se adquiere un total de 1288 mediciones. La información que se extrae a través del datalogger es un formato Excel (.xlsx) además permite mayor manipulación de los datos de cada línea (L1-L2-L3-N). La Tabla 2.3 muestra un resumen de los resultados obtenidos en las mediciones del transformador de 75kVA.

TABLA 2. 3. RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES.

Transformador 75 kVA				
Parámetros		Máximo	Promedio	Mínimo
Factor de potencia	FP L1	1,00	0,742	0,557
	FP L2	1,00	0,850	0,716
	FP L3	1,00	0,821	0,708
Tensión (V)	V medio L1	139,11	133,10	125,66
	V medio L2	141,69	132,38	76,21
	V medio L3	140,57	131,21	73,97
Potencia activa (W)	L1	1372,1,59	6036,32	0
	L2	12408,,24	5904,86	0
	L3	12173,01	5907,04	0
Potencia reactiva (VAr)	L1	7527,27	5197,81	0
	L2	7454,83	3612,20	0
	L3	7674,49	4094,75	0
Potencia aparente (VA)	L1	15544,6	8023,64	0
	L2	14133,24	6969,04	0
	L3	14172,44	7211,36	0
Corriente (A)	I medio L1	122,7	61,642	0,00
	I medio L2	108,8	53,557	0,00
	I medio L3	110,5	55,835	0,00

Fuente: Autor

El valor máximo del factor de potencia total (FP) es de 1, el valor promedio total es de 0,79 y el valor mínimo total es de 0,68. El valor máximo total de la potencia activa es de 37989,2 (W), el valor promedio total es de 17848,23 (W) y el valor mínimo total es de 0 (W). El valor máximo total de la potencia reactiva es de 22150,57 (VAr), el valor promedio total es de 12904,77 (VAr) y el valor mínimo total es de 0 (VAr). Por último el valor máximo de la potencia aparente es de 43752,27 (VA), el valor promedio total es de 22204,06 (VA) y el valor mínimo total es de 0.

Se puede observar en la tabla anterior que existen potencias mínimas de (0), se puede asumir que se obtuvo este valor por fallas humanas o por fallas del equipo de medición. El equipo de medición pudo ser expuesto a movimientos bruscos, la cual resulta que las pinzas de medición hayan sido afectadas por el movimiento. Esto se debe que los medidores de energía y el equipo de medición se encuentran instalados en el taller de mecánica de la Finca Perugachi.

2.2. Diseño de bancos de capacitores trifásico

Se analiza un tipo de compensación que se adapte en cada momento a las necesidades de la carga, es decir, a la demanda de kVAr. Para este fin se utiliza un banco de capacitores automático que tiene la versatilidad a un nivel mayor que un banco fijo, es decir una corrección general de factor de potencia que además se adapte a las variaciones de energía reactiva. A continuación se detalla los cálculos necesarios para el diseño.

Se diseña el banco de capacitores automático para la Finca Perugachi. El diseño está formado principalmente por:

- a) Controlador
- b) Transformador de corriente
- c) Interruptores termomagnéticos
- d) Capacitores
- e) Contactores
- f) Gabinete para bancos de capacitores

2.2.1. Cálculo de la potencia reactiva (kVAr)

Este cálculo permite tener el valor de los kVAr necesarios para corregir el factor de potencia en consumidores de categoría general y grandes consumidores que registren un factor de potencia mensual inferior a los 0.92 y así obtener beneficios técnicos y económicos.

Finalmente, se procede a calcular la potencia reactiva necesaria con la adquisición de datos mediante los métodos mencionados. A continuación se presenta el primer método.

- **Método 1**

Considerando los datos recolectados de las planillas eléctricas en la figura del (Anexo B), se procede a calcular los kVAr necesarios para mejorar el factor de potencia (Fp). Para ello se utiliza

la ecuación 2 y utilizando los datos de potencia activa además del factor de potencia actual de la figura 14 se obtiene los siguientes resultados.

Datos:

Potencia activa = 40 kW

Factor de potencia actual = $\cos^{-1}(0.82) = 34.91^\circ$

Factor de potencia deseado = $\cos^{-1}(0.96) = 16.26^\circ$

$$Q_1 = \tan(34.91^\circ) * 40 \text{ kW} = 27.91 \text{ kVAr}$$

$$Q_2 = \tan(16.26^\circ) * 40 \text{ kW} = 11.67 \text{ kVAr}$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \text{ (kVAr)}$$

$$Q_c = 27.91 - 11.67 = 16.25 \text{ kVAr}$$

La Tabla 2.4 muestra un resumen de los resultados de la potencia reactiva necesaria mediante el primer método. Los resultados proyectan una potencia reactiva máxima de 16,25 kVAr, la potencia reactiva media de 12.61 kVAr y una potencia reactiva mínima de 9,84 kVAr.

TABLA 2. 4. POTENCIA REACTIVA NECESARIA (kVAr) / MÉTODO1.

Medidor T47232_LAN			
Cos $\varphi(1)$ actual	Demanda (kW)	Cos ($\varphi(2)$ deseado)	Qc (kVAr)
0,84	29	0,96	10,27381614
0,83	36	0,96	13,69214707
0,84	30	0,96	10,62808567
0,83	29	0,96	11,02978514
0,83	29	0,96	11,02978514
0,82	33	0,96	13,40914169
0,82	40	0,96	16,25350508
0,83	36	0,96	13,69214707
0,84	40	0,96	14,17078089
0,83	37	0,96	14,07248448
0,83	35	0,96	13,31180965
0,85	30	0,96	9,842330152

Fuente: Autor.

- **Método 2**

Ahora se emplea el segundo método analítico en la adquisición de datos por medio del analizador de redes eléctricas. De la misma manera este método permite obtener el valor de los

kVAr necesarios para la compensación y de igual manera no incurrir en penalizaciones por tener un bajo factor de potencia de 0,92 establecido por la regulación de CONELEC 004/01.

Con la misma intención la ecuación 2 se emplea para el segundo método, además se utiliza como ejemplo el primer valor de las medidas obtenidas por el analizador de redes, la potencia activa de 31.2 (kW) y el factor de potencia actual de 0,84°.

Datos:

Potencia activa = 31.2 kW

Factor de potencia actual = $\cos^{-1}(0.84) = 32.85^\circ$

Factor de potencia deseado = $\cos^{-1}(0.96) = 16.26^\circ$

$Q_1 = \tan(32.85^\circ) * 31.2 \text{ kW} = 20.14 \text{ kVAr}$

$Q_2 = \tan(16.26^\circ) * 31.2 \text{ kW} = 9.09 \text{ kVAr}$

$Q_c = Q_1 - Q_2 \text{ (kVAr)}$

$Q_c = 20.14 - 9.09 = 11.05 \text{ kVAr}$

Se puede observar en la Figura 15, el resultado equivalente de la potencia activa máxima de 12,46 kVAr, una potencia media de 8 kVAr una potencia reactiva mínima de 0,145 kV, de 1288 mediciones en un periodo de medición de 10 minutos desde el 19/11/2018 hasta el 28/11/2018, un lapso de 10 días.

Fecha:	Hora:	PF total cos (φ1)	P total medio W	PF deseado cos (φ2)	Qc
19/11/2018	14:10:00	0,846	31246,02	0,96	10579,06381
19/11/2018	14:20:00	0,845	27678,41	0,96	9443,676001
19/11/2018	14:30:00	0,846	28423,3	0,96	9623,366569
19/11/2018	14:40:00	0,842	29501,42	0,96	10297,26364
19/11/2018	14:50:00	0,865	32716,19	0,96	9435,886038
19/11/2018	15:00:00	0,828	23836,36	0,96	9189,898392
19/11/2018	15:10:00	0,822	23581,53	0,96	9459,506674
19/11/2018	15:20:00	0,826	24502,84	0,96	9574,305249
19/11/2018	15:30:00	0,867	31010,8	0,96	8778,636613
19/11/2018	15:40:00	0,85	27580,4	0,96	9048,513418
19/11/2018	15:50:00	0,841	28031,25	0,96	9857,38246
19/11/2018	16:00:00	0,837	27109,94	0,96	9816,515344
19/11/2018	16:10:00	0,844	26071,02	0,96	8963,504169
19/11/2018	16:20:00	Medidas totales de Potencia Reactiva (kVAr) necesarios:			
19/11/2018	16:30:00	Desde:			19/11/2018
19/11/2018	16:40:00	Hasta:			28/11/2018
19/11/2018	16:50:00	# de mediciones:			1288
19/11/2018	17:00:00			Var	kVAr
19/11/2018	17:10:00	Pot. Total	Promedio	7921,31786	8
19/11/2018	17:20:00		Máximo	12460,653	12,46
19/11/2018	17:30:00		Mínimo	145,25	0,145

Fig. 15. Potencia reactiva necesaria (kVAr) / Método 2.

Fuente: Autor.

Una vez que se obtiene la capacidad necesaria de reactivos se utiliza la Tabla 2.5 para diferenciar los resultados obtenidos por cada método. El primer método mediante las planillas eléctricas arroja una mayor cantidad de reactivos a compensar a diferencia del segundo método, aplicado con las mediciones del analizador de redes. La diferencia entre ambos métodos se debe al tiempo de registro de cada equipo de medición, es decir, el medidor de energía eléctrica registra valores cada 15 min mensuales mientras que el analizador de redes registra valores cada 10 min por 7 días mínimo de medición como recomienda la regulación 004/01.

TABLA 2. 5. COMPARACIÓN DE LOS VALORES TOTALES - MÉTODO 1 / MÉTODO 2.

	Método 1	Método 2
Potencia reactiva (kVAr)		
Máxima	16,25	12,46
Promedio	12,61	8
Mínima	9,84	0,145

Fuente: Autor.

2.2.2. Dimensionamiento del equipo

Para el diseño se toma en cuenta los resultados de los dos métodos aplicados para obtener la compensación. La desventaja del primer método son los parámetros de los datos, la planilla de energía eléctrica nos entrega valores totales, mientras que el segundo método nos permite manipular los parámetros y observar fallas del sistema, valores de cada línea (L1-L2-L3), y por consiguiente una mejor decisión al momento de compensar.

- **Controlador de potencia reactiva**

En general los bancos automáticos de capacitores son sensibles a cambios de 60% del valor de potencia de un paso, es decir, que cuando el controlador detecte que requiere por lo menos el 60% de demanda (kVAr) de un paso, este conectara el (los) paso (s) necesarios para alcanzar el factor de potencia preajustados y viceversa.

Cuando se presente una potencia reactiva mínima como se observa en la anterior tabla, el factor de potencia se encuentra cercano al valor unitario. Por ejemplo si se fija un valor de sensibilidad C/k obtenida con la ecuación 3:

$$\frac{C}{k} = \frac{3000}{\sqrt{3} * 220 * \frac{150}{5}} = 0,26$$

La Tabla 2.6 muestra los pasos necesarios de compensación, el preajuste de los pasos garantiza que no exista sobrecompensación en el sistema eléctrico.

TABLA 2. 6. REGULACIÓN DE PASOS PARA EL CONTROLADOR.

Controlador de potencia reactiva con C/k =0,26		Pasos
3 kVAr	780 VAr	1:
6 kVAr	1560 VAr	2:
12 kVAr	3120 VAr	4:

Fuente: Autor.

Entonces el capacitor de 3kVAr actúa únicamente cuando la demanda de un valor de potencia reactiva exceda los $(0.26 * 3000 = 780)$ VAr, mientras que el capacitor de 6 kVAr actúa cuando la demanda de potencia reactiva exceda los $(0,26 * 6000 = 1560)$ VAr. Por ultimo para el capacitor de 12 kVAr actúa cuando la demanda sea mayor a $(0,26 * 12000 = 3120)$ VAr, como se mencionó anteriormente este proceso asegura que cuando se presente una demanda mínima no exista una sobrecompensación.

Para el diseño que se presenta a la Finca Perugachi se toma en cuenta un controlador de 4 pasos. Se toma en cuenta el resultado de los dos métodos aplicados para calcular la potencia reactiva necesaria, de tal manera que la potencia máxima a compensar es de 16,25 kVAr. Por otra parte el método 2 muestra una potencia reactiva máxima a compensar de 12,46, es decir, existe una variación de potencia.

Entonces se requiere una potencia reactiva máxima de 15 kVAr, los dos capacitores que suman esta potencia reactiva es de 3 y 12 kVAr

La tabla anterior muestra un capacitor extra de 6 kVAr, la decisión de colocar este capacitor se debe a que se necesita comparar el control discreto convencional y el control discreto inteligente. Colocando este capacitor extra se observa si los dos tipos de controles ya mencionados pueden controlar óptimamente el banco de capacitores sin llegar a compensar el sistema eléctrico.

- **Transformador de corriente**

El transformador de intensidad se basa a la corriente que consume el sistema, la Finca Perugachi posee un transformador trifásico de 75 kVA pero solo tiene una capacidad instalada de 43,9 kVA en funcionamiento continuo. En instantes cuando se alimenta una carga especial (picadora de desechos) con un uso y horario no determinado su proyección entonces aumenta a 55 ,31 kVA, entonces se procede despejando la siguiente ecuación:

$$S = I_L * V_L * \sqrt{3}$$

$$I = \frac{S}{V_L * \sqrt{3}} (A)$$

$$I = \frac{55,31 \text{ kVA}}{220 * \sqrt{3}}$$

$$I = 145,15 (A) \text{ APROX: } 150 A$$

Se procede al inmediato superior, se toma este valor debido a la adquisición del dispositivo en el mercado encontrando un transformador de 150/5 A.

- **Interruptor termomagnético**

Para el cálculo del termomagnético principal se tiene las siguientes consideraciones. Termomagnéticos trifásicos para montaje en riel din, la potencia reactiva máxima total del banco de capacitores para la Finca Perugachi es de 15 kVAr.

$$Q = I * V \sqrt{3} (kVAr)$$

$$I = \frac{Q}{V * \sqrt{3}} (A)$$

$$I = \frac{15 \text{ kVAr}}{220V * \sqrt{3}}$$

$$I = 39.36 (A) \text{ Int. Pricipal APROX: } 40A/3F$$

Para calcular la corriente de los termomagnéticos secundarios se tiene la potencia reactiva de los pasos a compensar de 3 kVAr y de 12 kVAr entonces tenemos:

$$I = \frac{3 \text{ kVAr}}{220V * \sqrt{3}}$$

$$I = 7.87 (A) \text{ Secundario APROX: } 10A/3F$$

$$I = \frac{12 \text{ kVAr}}{220V * \sqrt{3}}$$

$$I = 31.49 (A) \text{ Secundario APROX: } 32A/3F$$

- **Capacitores trifásicos**

El banco de capacitores, son los elementos principales para generar energía reactiva y llegar a corregir el factor de potencia.

Para el banco de capacitores se necesita de dos dispositivos de 3kVAr y 12 kVAr a 220V. La corriente nominal de un condensador viene dada por la siguiente ecuación.

$$I_n = \frac{kVAr}{\sqrt{3} * kV} (A)$$

$$I_n = \frac{3 kVAr}{\sqrt{3} * 0.22 kV}$$

$$I_n = 7.87 (A) \text{ Condensador (1)}$$

$$I_n = \frac{12 kVAr}{\sqrt{3} * 0.22 kV}$$

$$I_n = 31.49 (A) \text{ Condensador (2)}$$

- **Contactores**

Este dispositivo nos ayuda a activar o desactivar el grupo de capacitores, que son controlados por el regulador de potencia.

Para el dimensionamiento se escoge dos contactores. Para el accionamiento de los capacitores deben soportar una sobrecorriente de $2I_n$ entonces se tiene:

$$2 * I_n$$

$$2 * 7.87 = 15.74 (A) \text{ Contactor A.}$$

$$2 * 31.49 = 62.98 (A) \text{ Contactor B.}$$

- **Gabinete para bancos de capacitores**

Para el criterio de selección del gabinete de acero se toma a consideración los siguientes aspectos: las medidas, ubicación de los elementos que van integrar el gabinete, la facilidad para cablear los elementos, el amperaje y voltaje que va ser sometido el gabinete. En la Tabla 2.7 se indica las medidas del gabinete tomando en cuenta los aspectos mencionados.

TABLA 2. 7. MEDIDAS DEL GABINETE.

Altura (mm) H	Profundidad (mm) P	Ancho (mm) A
120	40	80

Fuente: Autor.

La Figura 16 es la representación gráfica que muestra de mejor manera las medidas a utilizar y la forma del gabinete.

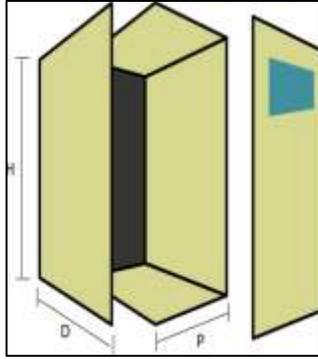


Fig. 16. Estructura del gabinete para el armado de elementos electromecánicos.
Fuente: Autor.

Donde:

H: Representa la altura del gabinete

A: Representa el ancho del gabinete

P: Representa la profundidad del gabinete

Una vez determinado las características de los dispositivos principales de protección para el banco de capacitores, la Tabla 2.8 muestra el diseño del banco de capacitores automático para la Finca Perugachi, además se puede observar en el (Anexo D) la proforma completa de los dispositivos a utilizar para el diseño.

TABLA 2. 8. DISEÑO DEL BANCO DE CAPACITORES PARA LA FINCA PERUGACHI.

Banco de capacitores convencionales (automático).		
Descripción	Cantidad	Características
Controlador	1	B44066-R6004-E230 de 4 pasos a una tensión de $230 \pm 15\%$
Transformador de corriente	1	150/5 A
Interruptores termomagnéticos	3	40A/3F – 10A/3F – 32A/3F
Capacitores	2	B32344-E2022-A530G-2.7/3.0kVAr-7,6A-220/230V BB32344-E2102-A30G-10.98/12.00kVAr-25.1A-220/230V
Contactores	2	10A – 32A
Gabinete para bancos de capacitores	1	120x40x80

Fuente: Autor.

Para mayor confiabilidad del diseño del banco de capacitores para la Finca Perugachi, se facilitó la capacidad y características calculadas anteriormente a dos prestigiosas empresas eléctricas privadas para obtener una cotización de los equipos necesarios, mano de obra del armado e instalación. Las dos empresas reconocidas RAPA-ELECTRIC e INDUMATIC,

empresas dedicadas a solucionar problemas en distintas áreas como el sector eléctrico – electrónico industrial y en el manejo técnico – comercial de equipos especializados como variadores, plc’s e instrumentación. De la misma manera el (Anexo D) contiene las proformas de las dos empresas mencionadas.

2.3. Control de bancos de capacitores automático trifásico

En este apartado se da comienzo a la explicación del caso práctico. El mejoramiento del factor de potencia en la Finca Perugachi empleando el control discreto general e inteligente.

2.3.1. Control discreto general

Primero, para este tipo de control se seleccionan los tres capacitores de 3-6-12 kVAr.

Segundo, se toma en cuenta la tabla 2.4 para la regulación de los pasos de controlador de energía reactiva.

Finalmente, para mejorar el factor de potencia mediante el control discreto general, se maneja los datos importados del datalogger conectado en el transformador de 75 kVAr. Se escoge el tercer día de medición, desde el día 21/11/2018 – 6:00:00 am, hasta el día 22/11/2018 – 6:00:00. Se utiliza el tercer día porque se observa diversas fluctuaciones en la potencia activa y reactiva. La Figura 17 muestra el diagrama de flujo para control discreto general aplicado a un banco de capacitores automático convencional.

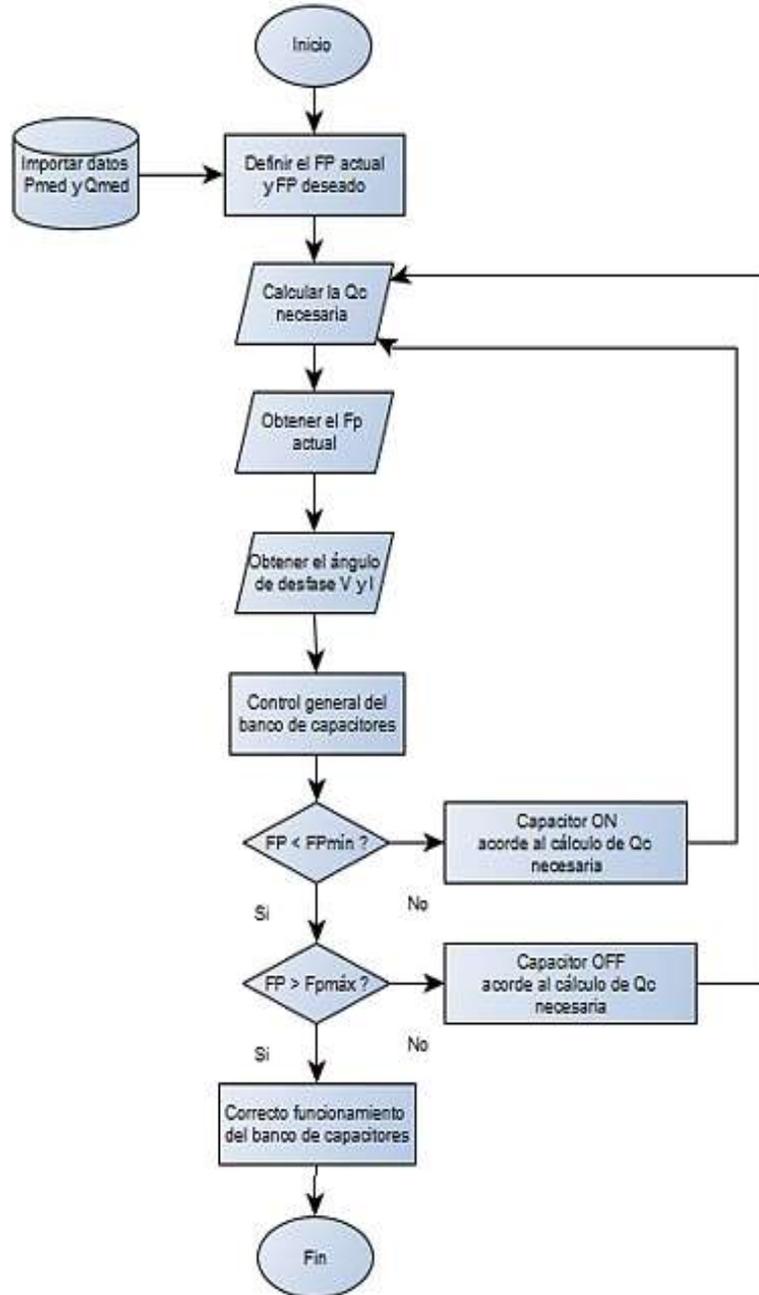


Fig. 17. Diagrama de flujo para control discreto general.
Fuente: Autor.

2.3.2. Control discreto inteligente

Una de las estrategias de control de bancos de capacitores para mejorar el factor de potencia es la ingeniería neuronal, y más aún el desarrollo de neurocontroladores basándose en las redes neuronales artificiales. Es por ello que a continuación se desarrolla un neurocontrolador aplicado a un banco de capacitores automático de baja tensión. Utilizando los datos recogidos por el analizador de redes FLUKE 1144 de la Finca Perugachi.

2.3.3. Diseño de la red neuronal

Para realizar el diseño e implementación de la red neuronal artificial en la simulación del banco de capacitores se utiliza Toolbox de Matlab. Como datos de entrada a la red neuronal artificial se consideran los siguientes:

- a) Potencia activa (W) del 19/11/2018 hasta 28/11/2018
- b) Potencia reactiva (kVAr) del 19/11/2018 hasta 28/11/2018
- c) Potencia aparente (VA) del 19/11/2018 hasta 28/11/2018

Las mediciones tomadas por el analizador de redes eléctricas son cada 10 minutos, por lo cual se adquiere un total de 1288 mediciones en un lapso de 10 días.

Se utiliza el tipo de red neuronal (Perceptrón multicapa) el número de capas, el número de neuronas y el método de aprendizaje se detalla a continuación:

- **Número de capas**

Primero, se define el número de capas que van a formar la red neuronal artificial. Como principal característica a considerar en el Perceptrón multicapa es su estructura, por consiguiente se define tres números de capas. Una capa de entrada, una capa oculta o intermedia y una capa de salida.

- **Número de neuronas**

Segundo, para la distribución de las neuronas dentro la red neuronal artificial se realiza formando niveles de un número de neuronas determinado. La red neuronal que se utiliza para el caso práctico tiene tres tipos de niveles:

- **Entrada**

El número de neuronas de la capa de entrada se determina por el número de entradas a la red neuronal artificial, por lo tanto inicialmente se tendrán 2 neuronas en la capa de entrada. La información proveniente de la fuente externa de la red es la potencia activa total media y la potencia reactiva total media importados del datalogger ($X_1 = P_{med}$; $X_2 = Q_{med}$).

- **Oculto o intermedia**

El número de neuronas de la capa intermedia no tiene una manera específica que indique con exactitud el valor de neuronas.

Para encontrar el número de neuronas en la capa intermedia se utiliza la prueba error. La prueba error se toma como partida de inicio, se entrena la red varias veces con un número de neuronas diferentes, se selecciona el número de neuronas con menor error sobre los datos de validación. Entonces se definen 10 neuronas en la capa oculta ($W_{1,1}; W_{1,2}; \dots; W_{10,1}; W_{10,2}$).

➤ **Salida**

Se definen 3 neuronas en la capa de salida que transfieren la información que la red procesa al exterior ($Y = SW_{req}$). La salida (Y) de la red neuronal entrega las posibles combinaciones de activación de los interruptores, con cada activación el juego de capacitores de 3, 6 y 12 kVAR actúa y demanda una capacitancia total requerida.

- **Algoritmo de aprendizaje Levenberg Marquardt**

Para acelerar la fase de aprendizaje de la red neuronal utilizamos el algoritmo de Levenberg Marquardt. Debido a la carga computacional que se maneja y también a la arquitectura de la red neuronal que se presenta. Es algoritmo es más rápido y efectivo.

- **Código de entrenamiento para la red neuronal artificial**

El desarrollo para el entrenamiento de la red neuronal tipo feed-forward se muestra en forma esquemática, la cual se compone de 5 pasos. A continuación se explica detalladamente cada paso:

Paso 1: Se importa 1288 valores medios de cada potencia: potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente. Se utiliza un contador para que excluya valores nulos, se puede observar el diagrama de flujo en la Figura 18, esto permite un mejor entrenamiento de la red neuronal artificial y se obtiene 1254 valores válidos.

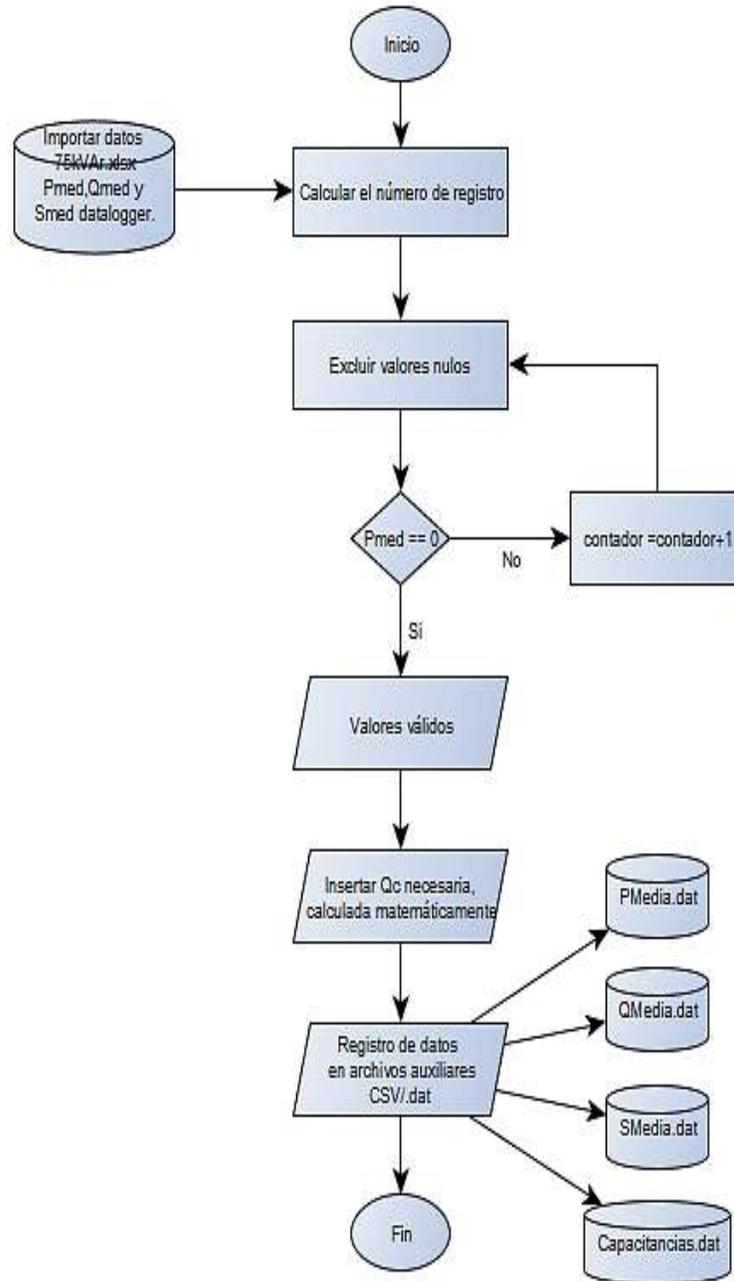


Fig. 18. Diagrama de flujo para el almacenamiento de datos.
Fuente: Autor.

Paso 2: Utilizando carpetas auxiliares se calcula el factor de potencia actual de la Finca Perugachi. Se puede observar el diagrama de flujo en la Figura 19 correspondiente al segundo código de programación.

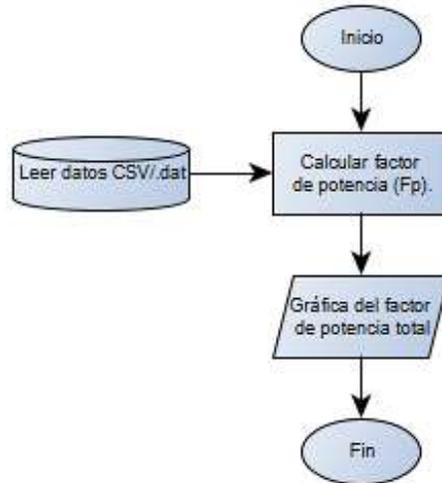


Fig. 19. Diagrama de flujo para adquisición de datos.
Fuente: Autor.

Paso 3: Nuevamente con ayuda de carpetas auxiliares se crea el código 3 para encontrar los valores necesarios de CapMed y Qreq. Los resultados permiten encontrar las posibles combinaciones para el accionamiento de los interruptores. A continuación se presenta el diagrama de flujo en la Figura 20.

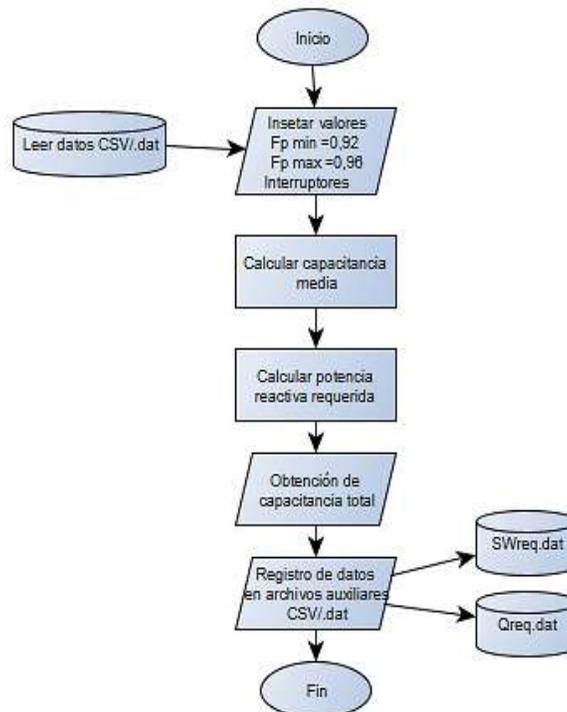


Fig. 20. Diagrama de flujo para la obtención de capacitancias.
Fuente: Autor.

Paso 4: Las carpetas auxiliares creadas anteriormente ayudan a entrenar la red neuronal artificial tipo feed-forward, con esto le indicamos a la red el proceso que debe cumplir para que

corrija el factor de potencia. La Figura 21 muestra el diagrama de flujo que corresponde al código que estructura la red neuronal artificial. De la misma manera se puede observar en el (Anexo E) una figura que contiene el código de programación de la red neuronal artificial tipo feed-forward.

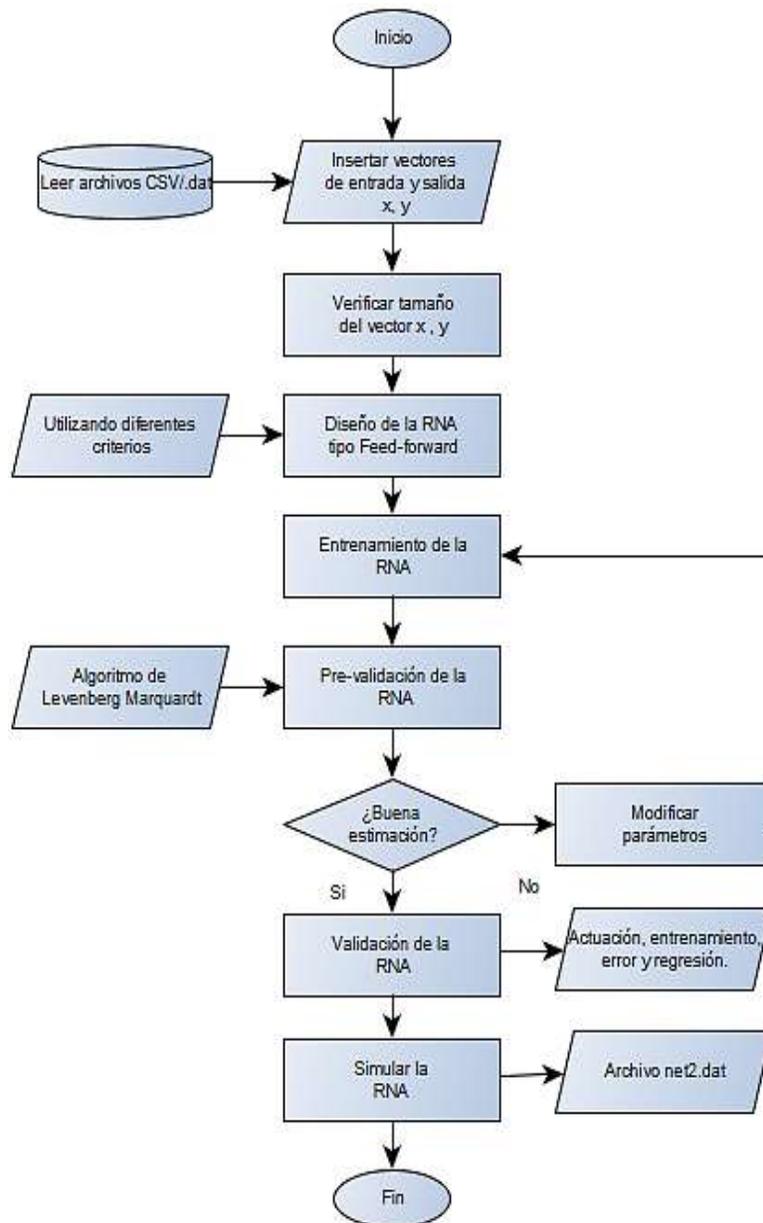


Fig. 21. Diagrama de flujo para la red neuronal artificial tipo feed-forward.
Fuente: Autor.

Paso 5: Al final, se crea un código que permite al usuario interactuar con el neurocontrolador. También la interfaz gráfica permite el encendido o apagado del neurocontrolador, además de simular el sistema eléctrico semejante al sistema de la Finca Perugachi. A continuación la Figura 22 muestra su diagrama de flujo.

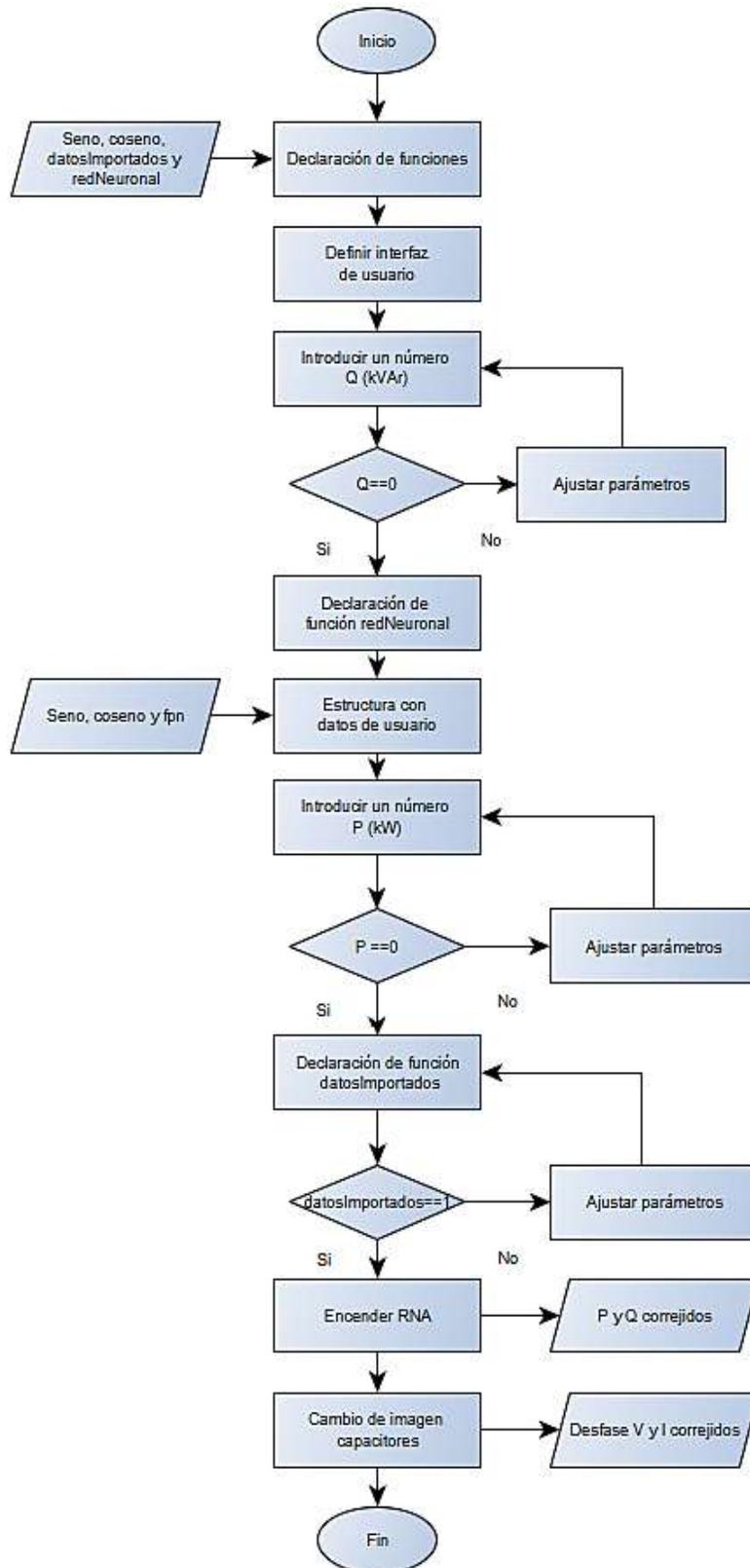


Fig. 22. Diagrama de flujo para la creación de la interfaz gráfica.
Fuente: Autor.

Una vez finalizado y ejecutado el código de programación completo, se crea el modelo feed-forward y la interfaz gráfica con sus debidos parametros de ejecución.

Primero, la Figura 23 muestra la arquitectura de la red tipo feed-forward entrenada para corregir el factor de potencia con 2 neuronas de entrada, 10 neuronas en la capa oculta y 3 neuronas en la capa de salida. Además de entregar la información como: las épocas de entrenamiento, el tiempo de actuación de salida de compensación, el error, los pesos y la regresión lineal.

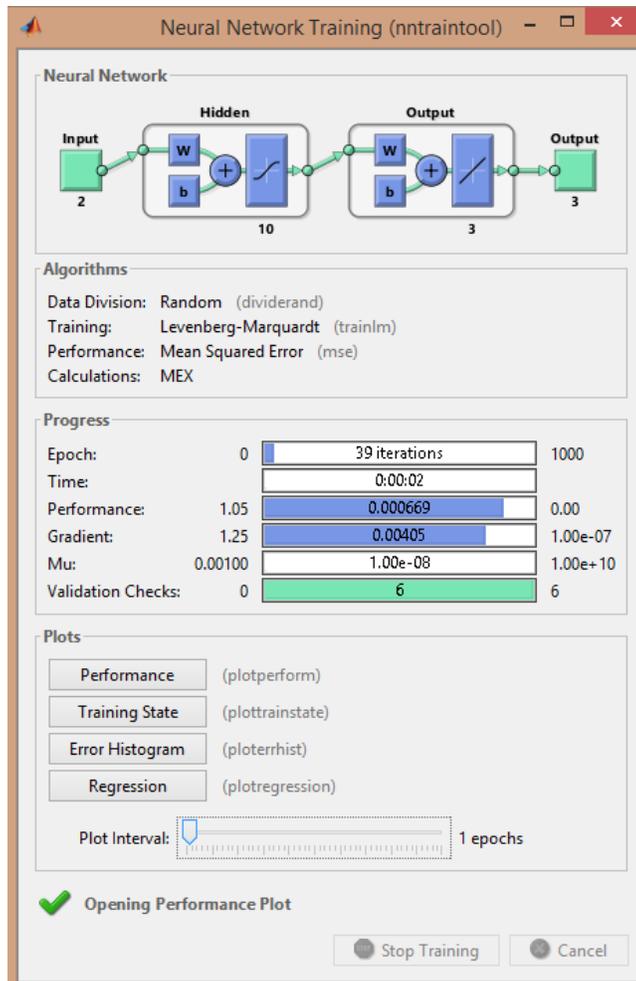


Fig. 23. Red neuronal tipo feed-forward.
Fuente: Autor.

Segundo se puede observar en la Figura 24 la interfaz gráfica, esta simula un neurocontrolador aplicado a un banco de capacitores automático. Se realiza una compensación centralizada, instalada en la de acometida cerca de los tableros de distribución de energía.

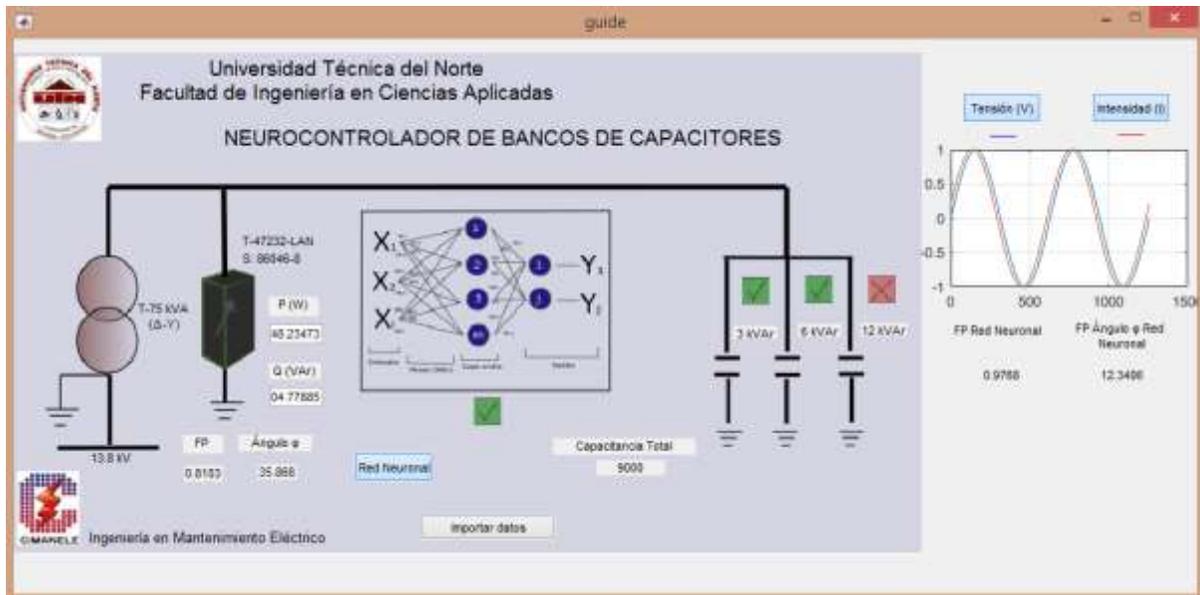


Fig. 24. Interfaz gráfica para el neurocontrolador.
Fuente: Autor.

La figura anterior utiliza los siguientes valores para simular la corrección del factor de potencia: la potencia activa promedio de 17.84 kW una potencia reactiva promedio de 12,90 kVAR. Se puede observar que antes que el banco de capacitores actúe el factor de potencia actual de la Finca Perugachi es de 0,81 con un ángulo de desfase entre el voltaje y la corriente de 35,86°, mientras que cuando se activa el neurocontrolador este manda a encender los siguientes bancos de capacitores: 3 y 6 kVAR. Con este tipo de combinación se logra obtener una capacitancia total de 9000 VAR llegando a mejorar el factor de potencia de 0,97 con un ángulo desfase entre el voltaje y corriente de 12,34°.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados de forma ordenada y relacionada; con los parámetros, métricas y criterios que permiten realizar la simulación del control de bancos de capacitores de manera discreta general e inteligente.

3.1. Control discreto general

Par verificar el funcionamiento del control discreto general aplicado al banco de capacitores y ende mejorar el factor de potencia se realiza un análisis desde el día 21/11/2018 – 6:00:00 am hasta el día 22/11/2018 – 6:00:00 am. Se utiliza el C/k de 0,26 para el capacitor de memos capacidad (3 kVAr) con una regulación de 1:2:4 que se recomienda al programar el regulador de potencia reactiva del diseño presentado a la Finca Perugachi.

Cabe mencionar que el actual factor de potencia promedio que ostenta la florícola mencionada es de 0,79. Con al actual análisis y diseño convencional de bancos de capacitores de 3, 6 y 12 kVAr se obtiene una corrección del factor de potencia promedio de 0,96

En la Figura 25 se puede observar la gráfica que representa el factor de potencia corregido, el promedio, el límite superior del control y el límite inferior de control. En el control discreto general se obtiene un límite inferior de 0,947 un promedio que se encuentra entre el límite inferior y superior de 0,98 y por último el límite superior del control de 0,981.

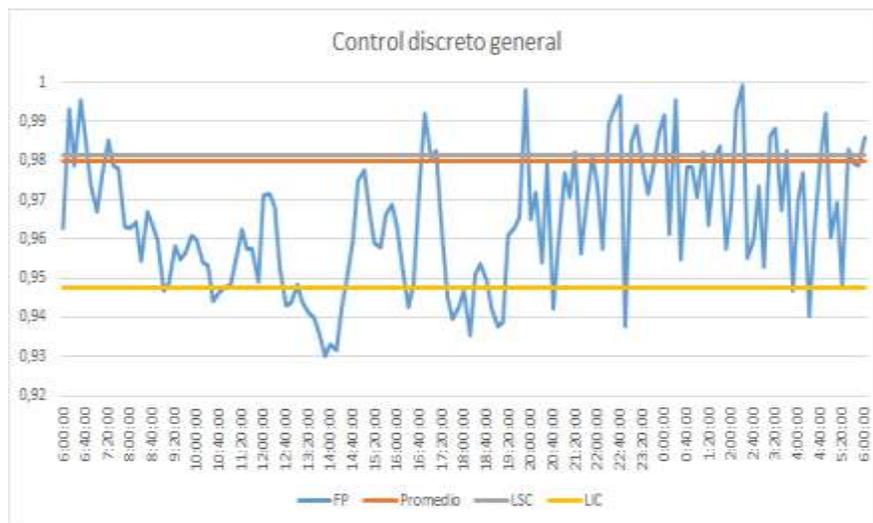


Fig. 25. Corrección del factor de potencia general.
Fuente: Autor.

De la misma manera la Figura 26 muestra el accionamiento de los capacitores de manera convencional desde el día 21/11/2018 – 6:00:00 am hasta el día 22/11/2018 – 6:00:00 am. Se puede distinguir que la capacidad que suministran los bancos de capacitores de 3 ,6 y 12 KVAR es de 9000 VAr, llegando a entender que el control discreto general solo activa los dos bancos de 3 y 9 kVAR más periódicamente y que en un periodo de 20 min desde las 13:50:00 hasta las 14:10:00 activa el capacitor de 3 y 12 kVAR llegando a compensar 15000 VAr.

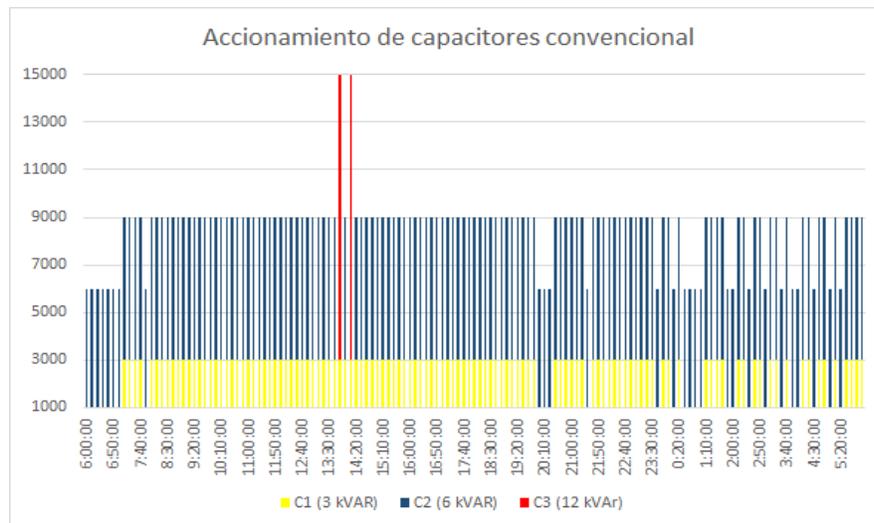


Fig. 26. Control general del banco de capacitores.
Fuente: Autor.

3.2. Control discreto inteligente

Par verificar el correcto funcionamiento del neurocontrolador aplicado al banco de capacitores automático se realiza un análisis desde el día 21/11/2018 – 6:00:00 am hasta el día 22/11/2018 – 6:00:00 am. De la misma manera se define una regulación de 1:2:4 los pasos o posibles combinaciones de accionamiento de los bancos de capacitores.

Como base para distinguir la corrección del factor de potencia se indica que el factor de potencia promedio actual de la Finca Perugachi es de 0,79. Con el actual análisis y diseño inteligente de bancos de capacitores automático de 3, 6 y 12 kVAR se obtiene una corrección del factor de potencia promedio de 0,97.

En la Figura 27 se puede observar la gráfica que representa el factor de potencia corregido, el promedio, el límite superior del control y el límite inferior de control. En el control discreto inteligente se obtiene un límite inferior de 0,967 un promedio que se encuentra entre el límite inferior y superior de 0,98 y por último el límite superior del control de 0,988.

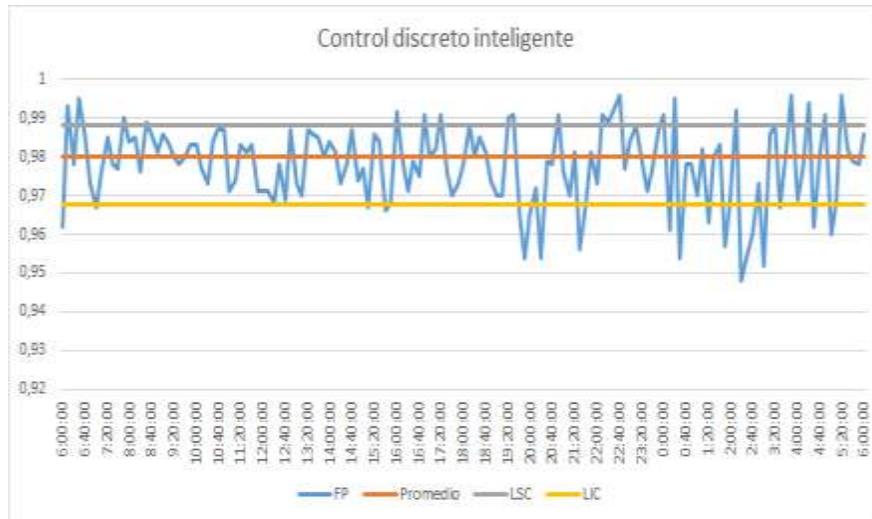


Fig. 27. Corrección del factor de potencia inteligente.
Fuente: Autor.

Para diferenciar de mejor manera en accionamiento de banco de capacitores se presenta la Figura 28, el cual muestra el accionamiento inteligente del banco de capacitores desde el día 21/11/2018 – 6:00:00 am hasta el día 22/11/2018 – 6:00:00 am. Se puede distinguir que la capacidad que suministran los bancos de capacitores de 3 ,6 y 12 KVAR es totalmente variable, llegando activar de 6:00:00 a 8:50:00 una combinación de 3 y 6 kVAR con un total de 9000 VAR.

A partir de las 9:50:00 hasta las 22:50 existe una combinación de 3 y 12 kVAR llegando a entregar una demanda de potencia reactiva de 15000 VAR. En adelante desde las 23:00:00 hasta las 6:00:00 el banco de capacitores maneja una combinación de 3 y 6 kVAR

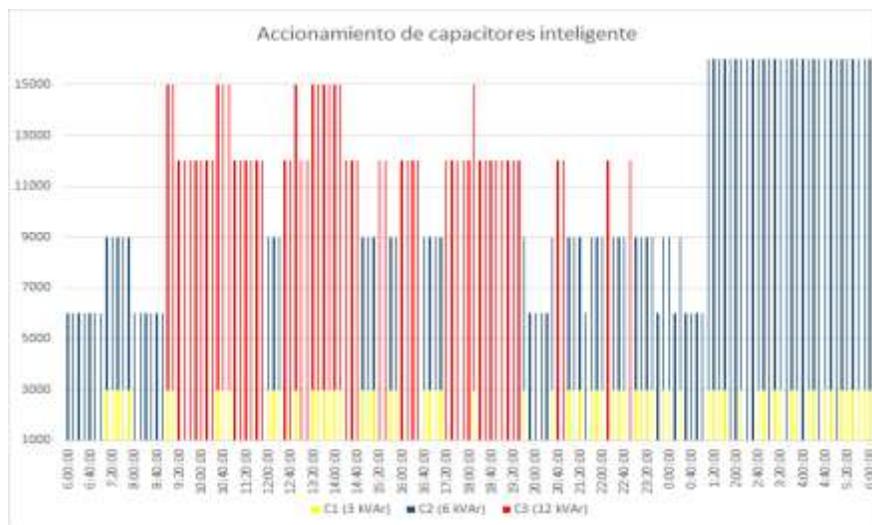


Fig. 28. Control inteligente del banco de capacitores.
Fuente: Autor.

3.3. Comparación del control discreto general e inteligente

A continuación se presenta los valores la Tabla 3.1 que contiene los valores máximos, los valores promedios y los valores mínimos de control general e inteligente llegando a demostrar que el control inteligente es más eficiente que el general. Con condiciones que se adaptan a los requerimientos de la carga.

TABLA 3. 1. COMPARACIÓN DEL CONTROL DISCRETO GENERAL E INTELIGENTE.

	Control general	Control inteligente
LSC	0,981	0,988
PROMEDIO	0,98	0,98
LIC	0,947	0,967
TOTAL FP ACTUAL	0,96	0,97

Fuente: Autor.

Conclusiones

Se estudió criterios y estrategias de control de bancos de capacitores para mejorar el factor de potencia. De acuerdo con la información recabada en el marco teórico, se logró comprender que para mejorar el factor de potencia por parte de la red suministradora de energía eléctrica y para grandes consumidores existen varias maneras como: compensación por medio de bancos de capacitores convencionales BT y MT, compensador estático VAr (SVC), compensadores síncronos estáticos (STATCOM) y redes neuronales artificiales. Algunos de estos métodos son apoyados por las siguientes regulaciones CONELEC - 004/01 - 004/15.

Se diseñó un sistema basado en equipos comerciales para el mejoramiento del factor de potencia de la Finca Perugachi ubicada en la ciudad de Otavalo. Para este caso de estudio se determinó que el sistema eléctrico necesita una compensación máxima de 15 kVAr.

Se simuló el control de un banco de capacitores utilizando control discreto general y control discreto inteligente. En el primer caso, se consiguió mejorar el factor de potencia a 0,96 mediante el control discreto general. Por otra parte utilizando el control discreto inteligente se alcanzó a mejorar el factor de potencia a 0,97.

Recomendaciones

Se recomienda utilizar los bancos de capacitores convencionales para mejorar el factor de potencia en BT Y MT, los equipos tradicionales son menos costosos a comparación de los nuevos equipos de compensación que son ensamblados con electrónica de potencia, y que además son más robustos.

Si se desea implementar el banco de capacitores de 15 kVAr en la Finca Perugachi se recomienda arreglar o mejorar las instalaciones eléctricas, en los circuitos principales y secundarios del tablero de distribución. Esto ayudará que el equipo de compensación actúe con mayor eficiencia.

Si se desea implementar el neurocontrolador en un prototipo, se debe tener en cuenta algunos parámetros como: programar la red neuronal artificial en Tool-box de Matlab, utilizar el método de recolección de datos mediante el analizador de redes eléctricas, la capacidad nominal del transformador, una mayor recolección de datos (potencias eléctricas) y que los datos de entrada siempre sean reales. Estas recomendaciones ayudarán a optimizar la red neuronal artificial y por consiguiente el neurocontrolador.

Bibliografía

- ABB. (30 de Agosto de 2017). *Sistemas de compensación para líneas de distribución*. Obtenido de Sistemas de compensación para líneas de distribución.: https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/eventos/abb-high-voltage-customer-day-2017/sistemas-de-compensacion-para-l%C3%ADneas-de-distribuci%C3%B3n.pdf?sfvrsn=d13f9612_2
- Aguilar, D., Gavilanes, L., & Falcones, S. (2013). *Diseño y simulación de control de un compensador síncrono estático (STATCOM)*. Obtenido de Diseño y simulación de control de un compensador síncrono estático (STATCOM).: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24462/1/Dise%C3%B1o%20y%20simulaci%C3%B3n%20del%20control%20de%20un%20compensador%20sincr%C3%B3nico%20est%C3%A1tico_FIEC.pdf
- Alzate, A., Bedoya, A., & Jesser, M. (2017). Aplicación del control inteligente en oscilaciones utilizando FACTS (STATCOM Y SVC). *Tecnura*, 47-60. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v21n53/0123-921X-tecn-21-53-00047.pdf>
- Arias, M., & Navarro, J. (Julio de 2006). *Aplicación de redes neuronales al control de bancos de capacitores en sistemas eléctricos industriales*. Obtenido de Aplicación de redes neuronales al control de bancos de capacitores en sistemas eléctricos industriales.: https://www.researchgate.net/publication/259078205_Aplicacion_de_Red_Neuronales_al_Control_de_Bancos_de_Condensadores_en_Sistemas_Electricos_Industriales
- Banda, H. (Abril de 2014). *Inteligencia artificial, pincipios y aplicaciones*. Obtenido de Inteligencia artificial, pincipios y aplicaciones.: https://www.researchgate.net/publication/331087209_INTELIGENCIA_ARTIFICIAL_PRIINCIPIOS_Y_APLICACIONES_Informacion_del_Autor
- Barrera, R., Pérez, S., & Flórez, J. (2010). Redes neuronales artificiales aplicadas al modelo de la máquina síncrona. *Re-creaciones*, 109-122. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v14n27/v14n27a11.pdf>
- Blanco, A. (Agosto de 2008). *Aplicación de redes neuronales artificiales a la protección de transformadores de potencia*. Obtenido de Aplicación de redes neuronales artificiales a la protección de transformadores de potencia.: http://docentes.uto.edu.bo/ablancob/wp-content/uploads/informe_investigaci%C3%B3n_12008.pdf

- Borges, D., Pérez, I., & Vicente, L. (2012). Modelación de los efectos de compensación de la potencia reactiva en sistemas de suministro eléctrico. *Ingeniare*, 160-169. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v20n2/art03.pdf>
- Caicedo, E., & López, J. (2009). *Una aproximación práctica a las redes neuronales artificiales*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Camacho, J. (2015). *Estudio de factibilidad para el mejoramiento de la calidadde energía eléctrica en la planta industrial INDUCUERDAS*. Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/108T0111.pdf>
- Chiuminatto , F. (2015). *SVC Clásico y SVC Light® en redes de transmisión eléctrica*. Obtenido de *SVC Clásico y SVC Light® en redes de transmisión eléctrica.*: https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/chile-documentos/novenas-jornadas-tecnicas-2015/ps/francisco-chiuminato-svc_classic_light.pdf?sfvrsn=2
- CIRCUTOR. (s.f.). *Regulador de energia reactiva* . Obtenido de Regulador de energia reactiva : <http://docs.circutor.com/docs/M98235701-01.pdf>
- Darwin, L. (2013). *Distorsión armónica producida por variadores de frecuencia para mejorar el desempeño de motores eléctricos trifásicos en el laboratorio de automatización industrial la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica*. . Tesis de Ingeniería , Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato.
- Delgado, M. (2019). *Viabilidad económica y técnica de un banco de condensadores y selcción de tarifa en mt Sencico-Chiclayo Lambayeque*. Obtenido de Viabilidad económica y técnica de un banco de condensadores y selcción de tarifa en mt Sencico-Chiclayo Lambayeque.: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/3827>
- Díaz, L., Hidalgo, C., Santoyo, E., & Hermosillo, J. (2013). Evaluación de técnicas de entrenamieto de redes neuronales para estudios geotermométricos de sistemas geotérmicos. *Ingeniería Química*, 105-120. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/620/62028007011.pdf>
- Duarte, D., & Marín, C. (2013). Determinación del factor de potencia por fase en cargas eléctricas trifásicastipo Y-Y usando métodos iterativos. *NGENIERÍA UC*, 79-85. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/707/70732655010.pdf>

- Echavarría, R., & Berber, E. (2009). Reguladores rápidos de tensión. *RIEE&C,, REVISTA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA , ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN*, 8-9.
- EPCOS . (2011). *Regulador de energía reactiva BR6000*. Obtenido de Regulador de energía reactiva BR6000: <https://manualzz.com/doc/5330139/regulador-de-energ%C3%ADa-reactiva-br-6000>
- EPCOS AG. (2013). *Nuestros bancos de capacitores IIC*. Obtenido de Nuestros bancos de capacitores IIC.: <http://www.iice.com.mx/dl/catalogo-de-bancos-de-capacitores-iice-2013.pdf>
- Espinosa, A. (2015). *Modelo de interconexión y entrenamiento redes neuronales artificiales, basado en recompensa y castigo empleando técnicas de vida artificial*. Obtenido de Modelo de interconexión y entrenamiento redes neuronales artificiales, basado en recompensa y castigo empleando técnicas de vida artificial.: <http://bdigital.unal.edu.co/52867/1/alexanderespinosagarc%C3%ADa.2015.pdf>
- Fernández, N., & Figueredo, W. (2007). *Ubicación óptima de bancos de capacitores en redes de distribución para ELEVAl*. Obtenido de Ubicación óptima de bancos de capacitores en redes de distribución para ELEVAl.: <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/43/7973.pdf?sequence=1>
- García, Á., & Ortega, M. (Noviembre de 2006). *Introducción a la simulación de sistemas discretos*. Obtenido de Introducción a la simulación de sistemas discretos. : http://www.iol.etsii.upm.es/arch/intro_simulacion.pdf
- Garza, C., Martínez, R., & Ramón, S. (s.f.). *Análisis de factibilidad técnica y económica de corrección del factor de potencia con bancos de capacitores distribuidos en sistemas electrónicos S. de R.L de C.V*. Obtenido de Análisis de factibilidad técnica y económica de corrección del factor de potencia con bancos de capacitores distribuidos en sistemas electrónicos S. de R.L de C.V.: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/700/1/Tesis%20Carlos%20Garza%20Correa%2C%20Roberto%20Martinez%20Hern%C3%A1ndez%2C%20Sergio%20Ramon%20Molina.pdf>
- Guerra, S. (Septiembre de 2014). *Estudio y cálculo de compensación de la energía reactiva en una planta industrial*. Obtenido de Estudio y cálculo de compensación de la energía reactiva en una planta industrial.: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/2220pub.pdf>

- Harleen, K., Kumar, P., Sharma, A., & Kmaiya, N. (2015). A study on optimal capacitor placement in distribution system: Conventional and artificial intelligence techniques. *IEEE*, 159.
- Hernández, J. C. (2017). Nuevas estrategias para un plan de uso eficiente. *Ciencia, Docencia y Tecnología*.
- Hiler, K. (2018). *Análisis de la calidad de energía eléctrica en la industria alimenticia Agrivanic S.A.* Obtenido de Análisis de la calidad de energía eléctrica en la industria alimenticia Agrivanic S.A.: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15474/1/UPS-GT002094.pdf>
- Idrovo, P. (2017). *Análisis de eficiencia energética en la granja Irquis de la Universidad de Cuenca.* Obtenido de Análisis de eficiencia energética en la granja Irquis de la Universidad de Cuenca.: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/TRABAJO%20DE%20TITULACION.pdf>
- Iwan, N., & Owen, T. (1990). Control en tiempo real basado en la red neuronal de los capacitores instalado en sistemas de distribución. *IEE*, 266-272.
- Laumayer. (2018). *Soluciones de condensadores para baja y media tensión.* Obtenido de Soluciones de condensadores para baja y media tensión.: <https://laumayer.com/novedades-y-publicaciones/ano-2018-noviembre/solucion-en-condensadores-para-baja-y-media-tension/>
- López, D. (Octubre de 2007). *Diseño y construcción de una red neuronal artificial al propósito general.* Obtenido de Diseño y construcción de una red neuronal artificial al propósito general.: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4657/1/UPS-ST000391.pdf>
- López, D. (2013). *Distorsión armónica producida por variadores de frecuencia para mejorar el desempeño de motores eléctricos trifásicos en el laboratorio de automatización industrial la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.* Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato.
- López, J. (Octubre de 2016). *Estudio y simulación de un STATCOM conectado a una red.* Obtenido de Estudio y simulación de un STATCOM conectado a una red.: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/27011/TFG_Jesus_Lopez_Merino_2016.pdf
- Luis, A., & Germán, H. (Julio de 2010). *Análisis de carga del hospital San Vicente de Paúl de la ciudad de Ibarra y propuesta para el cumplimiento de la calidad de energía según regulación N. CONELEC 004/01.* Obtenido de Análisis de carga del hospital San Vicente

de Paúl de la ciudad de Ibarra y propuesta para el cumplimiento de la calidad de energía según regulación N. CONELEC 004/01.: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/357/3/FECYT%20933%20TESIS%20FINAL.pdf>

Manglani, T., & Shishodia, Y. (Marzo de 2012). *A survey of optimal capacitor placement techniques on distribution lines to reduces losses*. . Obtenido de A survey of optimal capacitor placement techniques on distribution lines to reduces losses. : <http://www.ijrrr.com/papers/1%20Reduction%20Losses-%20A%20Survey.pdf>

Martínez, J., Gómez, J., Martínez, D., & Vargas, C. (2017). Análisis del factor de potencia en variadores de velocidad conectados a un sistema eléctrico. *Ingeniería Eléctrica*, 1-7. Obtenido de https://www.ecorfan.org/republicofperu/research_journals/Revista_de_Ingenieria_Electrica/vol1num1/ECORFAN_Revista_de_Ingenier%C3%ADa_El%C3%A9ctrica_VI_NI_1.pdf

Maza, K. (2011). *Algoritmos de aprendizaje en visión artificial para la captura de objetos en un espacio tridimensional*. Obtenido de Algoritmos de aprendizaje en visión artificial para la captura de objetos en un espacio tridimensional.: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3680/1/maza_rk.pdf

Medina, M., & Contreras, P. (2015). *Desarrollo de un sistema de acceso para parqueaderos y cobro tarifario utilizando reconocimiento de patrones*. Obtenido de Desarrollo de un sistema de acceso para parqueaderos y cobro tarifario utilizando reconocimiento de patrones.: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4406/1/108T0126.doc.pdf>

Méndez, E. (2017). *Modelo para el análisis y toma de decisiones mediante el empleo de inteligencia artificial para la reducción de distorsión armónica en redes de energía eléctrica*. MAGÍSTER EN SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6586/1/20T00839.pdf>

Mora, J. (Mayo de 2014). *Estudio y análisis de calidad de energía enfocado en nivel de armónicos en el sistema eléctrico de la subestacion enfriadora 1 de Holcim Ecuador planta Guayaquil*. Obtenido de Estudio y análisis de calidad de energía enfocado en nivel de armónicos en el sistema eléctrico de la subestacion enfriadora 1 de Holcim Ecuador

planta Guayaquil.: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6848/1/UPS-GT000654.pdf>

Muñoz, R. (Febrero de 2015). *Análisis del suministro eléctrico, mejora de los índices y niveles de calidad en la distribución de la energía eléctrica*. Obtenido de Análisis del suministro eléctrico, mejora de los índices y niveles de calidad en la distribución de la energía eléctrica.:

<http://dspace.umh.es/bitstream/11000/1808/1/tesis%20Rafael%20Mu%C3%B1oz%20G%C3%B3mez.pdf>

Nkenchor, A. (2017). *Guía rápida de robótica e inteligencia artificial*. Babelcube.

Obregón, D., & Zeas, J. (2018). *Simulación y automatización del control de potencia reactiva para mejoramiento de factor de potencia*. Obtenido de Simulación y automatización del control de potencia reactiva para mejoramiento de factor de potencia.:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15615/1/UPS-GT002156.pdf>

Oedegard, B., & Monge, M. (2017). *Nueva tecnología STATCOM de convertidores modulares multinivel*. Obtenido de Nueva tecnología STATCOM de convertidores modulares multinivel.:

<http://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107045A7059&LanguageCode=es&DocumentPartId=&Action=Launch>

Pérez, B. (2018). *Análisis de la aplicación de capacitores a nivel de alimentadores primarios pertenecientes a CNEL EP Unidad de Negocio El Oro*. Obtenido de Análisis de la aplicación de capacitores a nivel de alimentadores primarios pertenecientes a CNEL EP

Unidad de Negocio El Oro.:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30276/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

Pérez, F. (2013). Sistemas flexibles de transmisión en corriente alterna. *Prisma*, 25. Obtenido de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/507/pdf>

Pérez, J. (Julio de 2002). *Modelos predictivos basados en redes neuronales de tiempo discreto*. Obtenido de Modelos predictivos basados en redes neuronales de tiempo discreto.:
<https://www.dlsi.ua.es/~japerez/pub/pdf/tesi2002.pdf>

Portocarrero, F., & Mendoza, W. (Septiembre de 2014). *Estudio de la eficiencia eléctrica para el ahorro de la energía eléctrica en la Empresa Annic SA*. . Obtenido de Estudio de la

- eficiencia eléctrica para el ahorro de la energía eléctrica en la Empresa Annic SA. :
<http://ribuni.uni.edu.ni/1289/1/60216.pdf>
- Ramírez, J., Caicedo, G., Correa, & Rosa. (2010). *Sistemas de transmisión flexibles FATCS*. Cali-Colombia: Universidad del Valle. Obtenido de <http://revistas.univalle.edu.co/omp/index.php/programaeditorial/catalog/download/63/27/297-1?inline=1>
- Rivera, J. (Agosto de 2008). *Modelamiento y simulación de dispositivos FACTS para estudios eléctricos de estado estable*. Obtenido de Modelamiento y simulación de dispositivos FACTS para estudios eléctricos de estado estable.: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/54/1/ModelamientoFACTSEstudioselctronicos.pdf>
- Robles, S. (Junio de 2017). *Reconocimiento automático de glifos mayas*. Obtenido de Reconocimiento automático de glifos mayas: <https://www.gelbukh.com/thesis/Steffy%20Monica%20Robles%20Ruiz%20-%20MSc.pdf>
- Ruggero, B., & Sánchez, M. (2014). Incidencias de cargas no lineales en transformadores de distribución. *UCSA*, 33-51. Obtenido de <http://scielo.iics.una.py/pdf/ucsa/v1n1/v1n1a05.pdf>
- Salas, J. (2016). *Desarrollo con Matlab de una red neuronal para estimar la demanda de energía eléctrica*. Obtenido de Desarrollo con Matlab de una red neuronal para estimar la demanda de energía eléctrica.: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/18120/TFM-P-400.pdf?sequence=1>
- Salazar, M. (2017). *Estudio de contaminación armónica en la industria de fundiciones Fundi Lazer ubicada en la avenida Indoamérica y entrada a Izamba ciudad de Ambato*. Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Cotopaxi, La Tacunga. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4034/1/T-UTC-0257.pdf>
- Sarraute, C. (Diciembre de 2007). *Aplicación de redes neuronales al reconocimiento de sistemas operativos*. Obtenido de Aplicación de redes neuronales al reconocimiento de sistemas operativos.: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/sarraute.pdf>
- SIEMENS. (s.f.). *Bancos de capacitores de operación automática, serie BAC*. Obtenido de Bancos de capacitores de operación automática, serie BAC.:

http://siemensmexico.com.mx/index.php?option=com_k2&id=42_aa9566b8677320b1a66eda92a3f9dc95&lang=es&task=download&view=item

Tostado, S. (2017). Implementación de algoritmos de inteligencia artificial para el entrenamiento de redes neuronales de segunda generación. *Jóvenes en la ciencia*.

Valdiviezo, I., & Rosales, A. (2012). *Estudio y aplicación de FACTS en el sistema eléctrico ecuatoriano*. Obtenido de Estudio y aplicación de FACTS en el sistema eléctrico ecuatoriano.:

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4919/1/Estudio%20y%20aplicaci%C3%B3n%20de%20facts%20en%20el.pdf>

Vargas, I. (2017). *Implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa FIBRAFORTE año 2015*. Obtenido de Implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa FIBRAFORTE año 2015:

<http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12626/lvan%20Henry%20Vargas%20Espinoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vásquez, J. (2014). *Red neuronal feedforward como estimador de patrones de corrientes en el interior del pueblo de Manzanillo sujeto a la acción de Tsunamis*. Obtenido de Red neuronal feedforward como estimador de patrones de corrientes en el interior del pueblo de Manzanillo sujeto a la acción de Tsunamis: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt406.pdf>

Vidal, M. (2015). *El uso del perceptrón multicapa para la clasificación de patrones en conductas adictivas*. Obtenido de El uso del perceptrón multicapa para la clasificación de patrones en conductas adictivas. :

<http://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/1126/TFG%20Marta%20Vidal%20Gonz%C3%A1lez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Villafana, J., Gutiérrez, J., López, C., & Chucuya, R. (2015). Corrección del factor de potencia con bancos de condensadores para optimizar el sistema eléctrico en baja tensión, SENATI Chimbote 2015. *INGnosis*, 274-286. Obtenido de <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/INGnosis/article/view/1969/1665>

Viteri, P. (Febrero de 2019). *Mejoramiento de la eficiencia energética eléctrica de las instalaciones de una institución utilizando aplicación inmótica*. Obtenido de Mejoramiento de la eficiencia energética eléctrica de las instalaciones de una institución utilizando

aplicación

inmótica.:

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9022/1/04%20MEL%20045%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

WEG. (2016). *Bancos de capacitores, corrección del factor de potencia - 60Hz*. Obtenido de Bancos de capacitores, corrección del factor de potencia - 60Hz.: <http://olide.com.mx/wp-content/uploads/2016/12/WEG-CAPACITORES.pdf>

Yero, W., Ramírez, J., Rosa, L., & García, P. (2018). Monitoreo, control y diagnóstico de bancos de capacitores automáticos en baja tensión. *Ingeniare*, 28-42.

Anexos

Anexo A. Facturas del servicio eléctrico para grandes consumidores suministro 86046-8 Finca Perugachi.

A1. Fecha de facturación 27/10/2017



Juan Manuel Gálvez 9.074 y José Joaquín de Guzmán, R.U.C. 108020101001 / CANTÓN DEL MONTE / GUAYAS / BOLIVIA

Factura: 001-999-001177421

Número de autorización: 2710201701200199900117742110900517219

Ambiente: PRODUCCION

Emisión: EMISION NORMAL

Fecha de Autorización: 31-10-2017 08:45:30

No. de: 8604610-52

Valor a pagar: 1002

Fecha de Emisión: 27/10/2017

Fecha de: 10/11/2017

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 86046-8 ROSAS DE PERUGACHI ROSASPE S.A.

Código Único Eléctrico Nacional: 300096048 Cédula / R.U.: 1791151348001 Cod.: 100401

Dirección: PERUGACHI PERUGACHI

Plan/Geocódigo: 91 98-03-864-0100 Tarifa: 933-Ind.Demanda con req.horario (Baja Tension)

Provincia - Cantón - Imbabura - Otavalo - Jordan

Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:

Ejecutivo de: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
Teléfono: 2641285/2641285/2641290 ext: 2284
e-mail: nriascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor: T47232-LAN	Desde: 22/09/2017	Hast: 25/10/2017	Días: 33	Tipo: 33	Leído: 0.01952381	Constant: 1.00
Factor de: 1.00	Factor: 0.80	Factor: 0.84	Penalización: 0.01952381			

Descripción	Activo	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activo 18100 - 18100 (L-V) 01	272933.00	267553.00	5378.00	4901	
Activo 18100 - 22100 (L-V) 18	12609.00	9734.00	1175.00	6901	136.00
Activo 22100 - 89100 (L-V) 2	132999.00	130073.00	2126.00	6901	136.13
Reactiva 00h - 24h (L-D)	329099.00	323611.00	5488.00	KVAh	
Demanda 18100 - 18100 (L-V) 0	25.00		25.00	kW	
Demanda 18100 - 22100 (L-V) 1	15.20		15.20	kW	
Demanda 22100 - 18100 (L-V) 7	14.90		14.90	kW	
Máxima			29.00	kW	
Demanda Cliente			29.00	kW	

SERVICIO ELÉCTRICO

VALOR CONSTANTE: 262.19

DEMANDA: 63.29

CONSTANTE 00h-18h: 404.41

PENALIZACIÓN FACTURE: 76.33

CONTRIBUCIÓN: 1.41

SERVICIO ELÉCTRICO (1.1): 871.69

ALUMBRADO PÚBLICO: 97.13

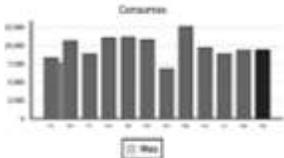
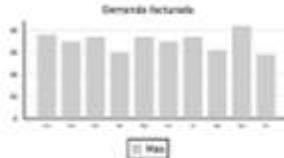
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2): 97.13

OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO

I.V.A. (0%): 0.00

OTROS (1.3): 0.00

TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3): 974.81

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO

Tarifa Eléctrica	316.28
TOTAL:	316.28



TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alambrado Público:	974.81
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	974.81

FORMA DE PAGO

EFFECTIVO	CHEQUE ELECTRONICO	TARJETA DE CREDITO/DEBITO	OTROS
			316.28



2710201701109005172100120019990011774210120030311

CLIENTE

A.2 Fecha de facturación 28/11/2017



Juan Manuel Grieco S. de Ry. del. Joaquín de Guzmán. R.U.D. 10005721081 / CD. TRUJILLO / CD. PÉREZ / ROSA LUCIO VIVAS

Factura
Número de autorización: 2811201701200199900134513010900517211
Ambiente: PRODUCCION
Emisión: EMISION NORMAL
Fecha de Autorización: 30-11-2017 12:52:08

001-999-001345130
No. de: 8904611-30
Valor a pagar: 1149.87

Fecha de Emisión: 28/11/2017

Fecha de: 11/12/2017

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

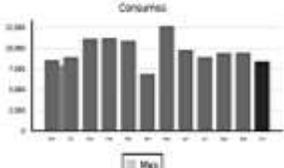
SUMINISTRO: 89046-B ROSAS DE PERUGACHI ROSASPE S.A.
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300086046 Cédula / R.U. 1791151348001 Cod. 100401
 Dirección: PERUGACHI PERUGACHI Tarifa: 933-Ind.Demanda con reg.horario*(Baja Tension-
 Plan/Geocódigo: 91 99-03-864-0100
 Provincia - Cantón - Imbabura - Otavalo - Jordan
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:
 Ejecutivo de NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Telf: 2641288/2641289/2641290 ext: 2264
 e-mail: nriascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

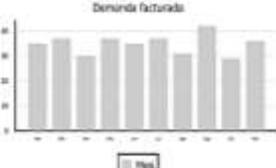
Medidor T47232-LAN	Desde 25/10/2017	Hast 24/11/2017	Días 30	Tipo Penalización	Lido 0.1084337	Constant 1.00
Factor de 1.00	Factor	0.61	Factor	0.83		

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08h00 - 18h00 (L-V) 07	377907.00	372933.00	5134	kWh	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 18	12562.00	10909.00	1207	kWh	108.63
Activa 22h00 - 08h00 (L-V)* 3	103181.00	132999.00	2226	kWh	160.27
Reactiva 00h - 24h (L-V) 0	334722.00	329009.00	5827	kVArh	
Demanda 08h00 - 18h00 (L-V) 0	35.14		35	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	22.00		22	kW	
Demanda 22h00 - 08h00 (L-V)* 1	19.10		30	kW	
Maxima			36	kW	
Demanda Cliente			36	kW	

Consumos



Demanda facturada



SERVICIO ELÉCTRICO	
VALOR CONSUMO	268.90
DEMANDA	105.19
CONSUMO 08h-18h	461.18
PENAL BAJO FACT.POTE	90.72
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1):	1027.38
ALUMBRADO PÚBLICO	90.59
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2):	99.25
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
OTROS (1.3):	0.00
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3):	1026.97

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO

Tarifa Electrica	322.75
TOTAL:	322.75



**EL GOBIERNO
SUBSIDIA
ESTE SERVICIO**

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	1026.97
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	1026.97

FORMA DE PAGO

EFFECTIVO	DINERO ELECTRONICO	TAQUETA DE CREDITO/DEBITO	OTROS
			1026.97

CLIENTE



2811201701109005172100120019990013451300136663019

A3. Fecha de facturación 28/12/2019



Juan Manuel Grijalva S. S. y C. José Joaquín de Guzmán, R.L.C.D. 100007781001 / CONTRIBUYENTE (OPCIONAL) / RESOLUCIÓN Nº 182

Factura: 001-899-001525563
 Número de autorización: 2812201701200198900152556310900517213
 Ambiente: PRODUCCION
 Emisión: EMISION NORMAL
 Fecha de Autorización: 29-12-2017 16:50:04

No de: 8604612-19
 Valor a pagar: 1059.9

Fecha de Emisión: 28/12/2017

Fecha de: 10/01/2018

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

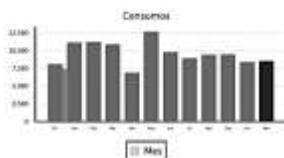
SUMINISTRO: 86046-5 ROSAS DE PERUGACHI ROSASPE S.A.
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300086046 Cédula / R.U. 1791151348001 Cod. 100401
 Dirección: PERUGACHI PERUGACHI
 Plan/Geocódigo: 91 99-03-654-0100 Tarifa: 933-Ind.Demanda con reg.horario*(Baja Tensión)
 Provincia - Cantón: Imbabura - Otavalo - Jordan
 Dirección notificación: Postal
 Ejecutivo de: NELSON RODRIGO RUASCO GUERRON
 Telfs: 2641289/2641289/2641290 ext: 2264
 e-mail: nruascos@emelnorte.com
 Geocódigo postal:

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor	T47232-LAN	Desde	24/11/2017	Hast	20/12/2017	Días	26	Tipo	Leído	Constant	1.00
Factor de	1.00	Factor		Factor	0.80	Factor	0.84	Penalización	0.0952381		

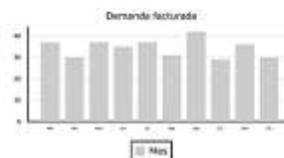
Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 00100 - 18900 (L-V) 07	302764.00	377937.00	4903	kWh	
Activa 18900 - 22900 (L-V) 1.8	13765.00	12082.00	1094	kWh	56.48
Activa 22900 - 06900 (L-V)* 2	137253.00	135181.00	2113	kWh	152.14
Reactiva 001 - 24h (L-D)	309845.00	334722.00	2327	kVArh	
Demanda 03620 - 19000 (L-V) 0	28.71		34	kW	
Demanda 18900 - 22000 (L-V) 1	16.83		17	kW	
Demanda 22900 - 18900 (L-V)*	17.2		76	kW	
Maetna			30	kW	
Demanda Cliente			30	kW	

Consumos



12 Mes

Demanda facturada



12 Mes

SERVICIO ELÉCTRICO	
VALOR CONSUMO	290.00
DEMANDA	86.22
CONSUMO 99h-18h	441.27
PENALIZADO FACT.POTE	74.26
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1.):	853.74
ALUMBRADO PÚBLICO	91.27
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2.):	91.27
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
OTROS (1.3.):	0.00
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3.):	945.01

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	305.07
TOTAL:	305.07



**EL GOBIERNO
SUBSIDIA
ESTE SERVICIO**

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	945.01
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	945.01

FORMA DE PAGO

EFFECTIVO	DINERO ELECTRONICO	TARJETA DE CREDITO/DEBITO	OTROS
			945.01



2812201701109005172100120019890015255630154662517

CLIENTE

A4. Fecha de facturación 30/01/2018

Juan Manuel Grijalva 9-54y José Joaquín de Orosco, R.L.C. 109005701091 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / R.C.S. CUCUMBA 135



Factura
 Número de autorización: 3001201801109005172100120019990017024460172662912
 Ambiente: PRODUCCION
 Emisión: EMISION NORMAL
 Fecha de Autorización: 01-02-2018 09:10:14

001-999-001702446
 001-999-001702446
 No de: 9604613-K7
 Valor a pagar: 1370.91



Fecha de Emisión: 30/01/2018

Fecha de: 09/02/2018

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

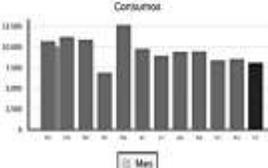
SUMINISTRO: **86045-8** ROSAS DE PERUGACHI ROSASPE S.A
 Código Único Eléctrico Nacional: **1300086046** Cédula / R.U. 1791151348001 Cod. 100401
 Dirección: PERUGACHI PERUGACHI
 Plan/Geocódigo: 91 98-03-684-0100 Tarifa: 933-Ind.Derranda con reg.horario*(Baja Tension-
 Provincia - Cantón: Imbabura - Otavalo - Jordan
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:
 Ejecutivo de: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Telfs: 2641268/2641269/2641290 ext: 2264
 e-mail: riascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

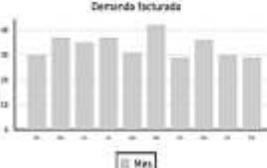
Medidor	T47232-LAN	Desde	20/12/2017	Hast	25/01/2018	Días	36	Tipo		Leído	Constant	1.00
Factor de	1.00	Factor	0.80	Factor			0.83	Penalización		0.1084337		

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08:00 - 18:00 (L-V) 07	399230.00	362794.00	8595	kWh	
Activa 18:00 - 22:00 (L-V) 18	14525.00	13165.00	1351	kWh	125.19
Activa 22:00 - 06:00 (L-V)* 2	138925.00	137255.00	2723	kWh	196.00
Reactiva 00h - 24h (L-D)	348966.00	339945.00	7164	kVArh	
Demanda 08:00 - 18:00 (L-V) 0	26.08		29	kW	
Demanda 18:00 - 22:00 (L-V) 1	16.70		18	kW	
Demanda 22:00 - 18:00 (L-V)*	17.43		18	kW	
Máxima			29	kW	
Demanda Cliente			29	kW	

SERVICIO ELÉCTRICO	
VALOR CONSUMO	321.25
DEMANDA	63.35
CONSUMO 06h-18h	593.55
PENAL BAJO FACT.POTE	108.39
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1):	1107.95
ALUMBRADO PUBLICO	121.00
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2):	121.88
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
INTERES MORA	0.25
OTROS (1.3):	0.25
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3):	1230.08



Consumos



Demanda facturada

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	403.14
TOTAL:	403.14



EL GOBIERNO
SUBSIDIA
ESTE SERVICIO

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	1230.08
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	1230.08

FORMA DE PAGO

EFFECTIVO	DINERO ELECTRONICO	TARJETA DE CREDITO/DEBITO	OTROS	1230.08
-----------	--------------------	---------------------------	-------	---------



3001201801109005172100120019990017024460172662912

CLIENTE

A5. Fecha de facturación 26/02/2018



Juan Manuel Grieco 9 56 y José Joaquín de Orosco. R.U.C. 1090573100 / CONTRALORÍA GENERAL / ROSA LOZANO 135

Nota de Crédito	001-999-00020163	
Número	2602201804109005172100120019990000201	
Ambiente	PRODUCCION	
Emisión	EMISION NORMAL	



No. de 8804614-85
Valor: 322.25

Fecha de Emisión: 26/02/2018

Fecha de 09/03/2018

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRADO: 88046-B ROSAS DE PERUGACHI ROSASPE S.A

Código Único Eléctrico Nacional: 1300086046 Cédula / R.U. 1791151348001 Cod. 100401

Dirección PERUGACHI PERUGACHI
Plan/Geocódigo: 91 98-03-664-0100 Tarifa: 933-Ind.Demanda con reg.horario*(Baja Tension-
Provincia - Cantón - Imbabura - Otavalo - Jordan
Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:

COMPROBANTES DE VENTA MODIFICADOS

Factura No. 001-999-1702446

VALORES DEVUELTOS POR SERVICIO ELÉCTRICO

CONCEPTO	VALOR
REFAC.PENAL.BAJO F.P	22.54
REFACT.SER.A.PUBLICO	61.96
REFACT.CONS.08h-18h	164.87
REFACT.CONS.18h-22h	34.77
REFACT.CONS.22h-08h	8.17
TOTAL POR SERVICIO ELÉCTRICO (1)	292.31

VALORES DEVUELTOS POR RECAUDACION TERCEROS SECTOR

CONCEPTO	VALOR
TOTAL RECAUDACIÓN TERCEROS SERVICIO ELECTRICO	

TOTAL	
Servicio Eléctrico (1)	292.31
Recaudación Terceros SE(3)	0.00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2)	292.31



2602201804109005172100120019990000201630188307712

La Energía ya no es de todos!

CLIENTE

A6. Fecha de facturación 26/03/2018

Juan Manuel Cajava 6-56 y José Joaquín de Olexa, R.L.C. 199051/21001 / CONTRIBUYENTE NACIONAL / RESOLUCIÓN Nº 116

Factura
Número de autorización
Ambiente
Emisión
Fecha de Autorización

2603201801109005172100120019990020619860207263012
PRODUCCION
EMISION NORMAL
28-03-2018 09:39:25

001-999-002061986
No. de
Valor a pagar:
8604615-63
1014.99

Fecha de Emisión: 26/03/2018

Fecha de 06/04/2018

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 86046-8 ROSAS DE PERUGACHI ROSASPE S.A
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300086046 Cédula / R.U. 1791151348001 Cod. 100401
 Dirección PERUGACHI PERUGACHI Tarifa: 933-Ind.Demanda con reg.horario*(Baja Tension-
 Plan/Geocódigo: 91 98-03-664-0100 Geocódigo postal:
 Provincia - Cantón - Imbabura - Otavalo - Jordan
 Dirección notificación: Postal
 Ejecutivo de NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Telfs: 2641288/2641289/2641290 ext. 2264
 e-mail: riascos@emelnorte.com

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor T47232-LAN	Desde 21/02/2018	Hast 21/03/2018	Días 28	Tipo	Leído	Constant 1.00
Factor de 1.00	Factor 0.61	Factor 0.82	Penalización	0,1219512		

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 06h00 - 18h00 (L-V) 07	491257.00	390454.00	5919	KWh	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 10	17475.00	16150.00	1351	KWh	67.61
Activa 22h00 - 06h00 (L-V)* 2	145406.00	142796.00	2652	KWh	183.68
Reactiva 00h - 24h (L-D)	360637.00	354055.00	6936	kVArh	
Demanda 06h00 - 18h00 (L-V) 0	32.57		33	KW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	20.04		20	KW	
Demanda 22h00 - 06h00 (L-V)*	18.73		19	KW	
Máxima			33	KW	
Demanda Cliente			33	KW	

SERVICIO ELÉCTRICO	
VALOR CONSUMO	271.49
DEMANDA	96.42
CONSUMO 00h-18h	304.74
PENAL BAJO FACT.POTE	91.96
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1)	846.02
ALUMBRADO PÚBLICO	59.82
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2)	39.92
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (5%)	0.00
INTERES MORA	0.35
OTROS (1.3)	0.38
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3)	906.32

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	365.98
TOTAL:	365.98

EL GOBIERNO
SUBSIDIA
ESTE SERVICIO

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	906.32
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	906.32

FORMA DE PAGO

EFFECTIVO	DINERO ELECTRONICO	TARJETA DE CREDITO/DEBITO	OTROS
			906.32

2603201801109005172100120019990020619860207263012

CLIENTE

A7. Fecha de facturación 25/04/2018



Juan Manuel Orjave S. de C. y José Joaquín de Orjave. RUC: 19905729101 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN Nº 132

Factura
Número de autorización: 2504201801109005172100120019890022724970229575613
Ambiente: PRODUCCION
Emisión: EMISION NORMAL
Fecha de Autorización: 25-04-2018 19:54:36

001-999-002272497
No. de: 8604616-41
Valor a pagar: 1110.06

Fecha de Emisión: 25/04/2018

Fecha de: 08/05/2018

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: B6046-B ROSAS DE PERUGACHI ROSASPE S.A
 Código Único Eléctrico Nacional: 1500085046 Cédula / R.U. 1791151348001 Cod. 100401
 Dirección: PERUGACHI PERUGACHI
 Plan/Geocódigo: 91 98-03-684-0100 Tarifa: 933-Ind.Demanda con reg.horario*(Baja Tension-
 Provincia - Cantón - Imbabura - Otavalo - Jordan
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:
 Ejecutivo de: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Telfs: 2641288/2641289/2641290 ext: 2264
 e-mail: riascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

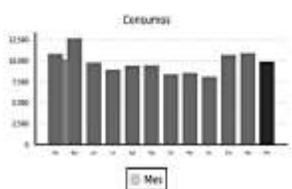
Medidor	T47232-LAN	Desde	21/03/2018	Hast	24/04/2018	Días	34	Tipo	Leído	Constant	1.00
Factor de	1.00	Factor	0.80	Factor	0.82	Penalización	0.1219512				

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08h00 - 18h00 (L-V) 07	407650.00	401257.00	6321	KWH	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 18	15966.00	17475.00	1521	KWH	98.87
Activa 22h00 - 08h00 (L-V)* 2	148138.00	145406.00	2737	KWH	192.3
Reactiva 00h - 24h (L-D)	368146.00	360857.00	7439	KVArh	
Demanda 08h00 - 18h00 (L-V) 0	39.26		40	KW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	21.30		23	KW	
Demanda 22h00 - 18h00 (L-V)*	19.56		20	KW	
Máxima			40	KW	
Demanda Cliente			40	KW	

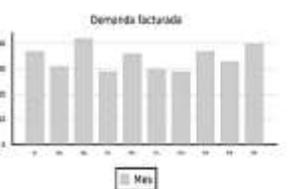
SERVICIO ELÉCTRICO

VALOR CONSUMO	291.17
DEMANDA	114.96
CONSUMO 08h-18h	423.87
PENAL BAJO FACT.POTE	101.39
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1):	932.79
ALUMBRADO PÚBLICO	59.92
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2):	59.92
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
OTROS (1.3):	0.00
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3):	992.72

Consumos



Demanda facturada



SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	\$17.89
TOTAL:	\$17.89



**EL GOBIERNO
SUBSIDIA
ESTE SERVICIO**

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	992.72
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	992.72

FORMA DE PAGO

EFFECTIVO	DINERO ELECTRONICO	TARJETA DE CREDITO/DEBITO	OTROS
			992.72



2504201801109005172100120019890022724970229575613

CLIENTE

A8. Fecha de facturación 29/05/2018



Juan Manuel Grijalva S-55y José Joaquín Gómez R.U.D. 10005731081 / CONTRALORÍA GENERAL / QUITA LUGAR 131

Factura
Número de autorización: 2905201801109005172100120019990024850720255043717
Ambiente: PRODUCCION
Emisión: EMISION NORMAL
Fecha de Autorización: 30-05-2018 18:01:40

001-999-002485072
No. de: 8604617-2K
Valor a pagar: 1231.7

Fecha de Emisión: 29/05/2018

Fecha de: 11/06/2018

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 85046-8 ROSAS DE PERUGACHI ROSASPE S.A
 Código Único Eléctrico Nacional: 8300286046 Cédula / R.U.: 1791151348001 Cod.: 100401
 Dirección: PERUGACHI PERUGACHI
 Plant/Geocódigo: 91 98-03-664-0100 Tarifa: 933-Ind.Demanda con reg.horario*(Baja Tension-
 Provincia - Cantón - Imbabura - Otavalo - Jordan
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:
 Ejecutivo de: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Telfs: 2641288/2641289/2641290 ext. 2264
 e-mail: riascos@emelnorte.com

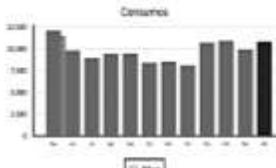
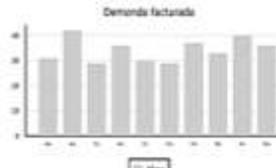
FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor	T47232-LAN	Desde	24/04/2018	Hast	23/05/2018	Días	29	Tipo	Leído	Constant	1.00
Factor de	1.00	Factor	0.81	Factor	0.83	Penalización			0.1084337		

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08h00 - 18h00 (L-V) 5V	414612.00	407830.00	7101	kWh	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 18	20390.00	18866.00	1606	kWh	107.64
Activa 22h00 - 06h00 (L-V)* 2	191420.00	149136.00	3340	kWh	231.01
Reactiva 00h - 24h (L-D)	376077.00	368146.00	8090	kVArh	
Demanda 08h00 - 18h00 (L-V) 0	35.66		36	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	27.93		28	kW	
Demanda 22h00 - 18h00 (L-V)*	21.43		22	kW	
Máxima			36	kW	
Demanda Cliente			36	kW	

SERVICIO ELÉCTRICO

VALOR CONSUMO	330.63
DEMANDA	139.08
CONSUMO 06h-18h	461.36
PENAL BAJO FACT.POTE	102.07
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1):	1043.37
ALUMBRADO PÚBLICO	39.92
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2):	39.92
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
OTROS (1.3):	0.00
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3):	1103.29

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO

Tarifa Eléctrica	699.71
TOTAL:	699.71



TOTAL:	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	1103.29
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	1103.29

FORMA DE PAGO

EFECTIVO	DINERO ELECTRONICO	TARJETA DE CREDITO/DEBITO	OTROS
			1103.29



2905201801109005172100120019990024850720255043717

CLIENTE

A9. Fecha de facturación 27/06/2018

Juan Manuel Grigori S. Sfr. José Joaquín de Orellana. R.U.C. 19065739101 / OSINTROUMENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN Nº 115

Factura
Número de autorización: 2706201801109005172100120019990026884290278123811
Ambiente
Emisión
Fecha de Autorización

001-999-002688429
PRODUCCION
EMISION NORMAL
29-06-2018 21:51:10

No. de: 8604618-08
Valor a pagar: 1400.61

Fecha de Emisión: 27/06/2018

Fecha de: 10/07/2018

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 86046-8 ROSAS DE PERUGACHI ROSASPE S.A
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300086046 Cédula / R.U. 1791151348001 Cod. 100401
 Dirección PERUGACHI PERUGACHI
 Plan/Geocódigo: 91 98-03-684-0100 Tarifa: 933-Ind.Demanda con reg.horario*(Baja Tension-
 Provincia - Cantón - Imbabura - Otavalo - Jordan
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:
 Ejecutivo de NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Tels: 2641298/2641289/2641290 ext: 2264
 e-mail: nriascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor T47232-LAN	Desde 23/05/2018	Hast 25/06/2018	Días 33	Tipo 33	Leído	Constant 1.00
Factor de 1.00	Factor	0.70	Factor	0.84	Penalización	0.0952381

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08h00 - 18h00 (L-V) 07	423734.00	414612.00	912	kWh	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 18	22649.00	20590.00	2100	kWh	136.3
Activa 22h00 - 08h00 (L-V)* 2	155432.00	151428.00	4113	kWh	263.8
Reactiva 00h - 24h (L-D)	385323.00	376077.00	9431	kVArh	
Demanda 08h00 - 18h00 (L-V) 0	38.89		40	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	27.49		26	kW	
Demanda 22h00 - 18h00 (L-V)*	33.78		34	kW	
Máxima			40	kW	
Demanda Cliente			40	kW	

SERVICIO ELÉCTRICO	
VALOR CONSUMO	420.30
DEMANDA	134.12
CONSUMO 08h-18h	538.46
PENAL BAJO FACT.POTE	104.22
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1):	1198.51
ALUMBRADO PÚBLICO	59.92
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2):	59.92
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
OTROS (1.3):	0.00
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3):	1258.43

Consumos

Demanda facturada

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	825.86
TOTAL:	825.86

EL GOBIERNO
SUBSIDIA
ESTE SERVICIO

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	1258.43
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	1258.43

FORMA DE PAGO

EFFECTIVO	DINERO ELECTRONICO	TARJETA DE CREDITO/DÉBITO	OTROS
			1258.43

2706201801109005172100120019990026884290278123811

CLIENTE

85

A11. Fecha de facturación 29/08/2018

Juan Manuel Gijón S. de la Cruz, José Joaquín de Orosco, RUC: 1990573191 / CD/TRIBUNAL ESPECIAL RESOLUCIÓN 115

Factura
Número de autorización: 2908201801109005172100120019990031034640319560811
Ambiente
Emisión
Fecha de Autorización

001-999-003103464
PRODUCCION
EMISION NORMAL
30-08-2018 21:01:22

No. de: 8604820-26
Valor a pagar: 1082.04

Fecha de Emisión: 29/08/2018

Fecha de: 10/09/2018

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 86046-E ROSAS DE PERUGACHI ROSASPE S.A
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300086046 Cédula / R. U. 1791151348001 Cod. 100401
 Dirección: PERUGACHI PERUGACHI
 Plan/Geocódigo: 91 98-03-684-0100 Tarifa: 933-Ind.Demanda con reg.horario* (Baja Tension-
 Provincia - Cantón - Imbabura - Otavalo - Jordan
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:
 Ejecutivo de: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Telfs: 2841288/2641289/2641290 ext. 2264
 e-mail: riascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor	T47232-LAN	Desde	26/07/2018	Hast	24/08/2018	Días	29	Tipo	Leído	Constant	1.00
Factor de	1.00	Factor	0.80	Factor	0.83	Penalización	0.1084337				

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08h00 - 18h00 (L-V) 07	436291.00	430175.00	6348	KWh	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 18	25697.00	24451.00	1475	KWh	95.08
Activa 22h00 - 08h00 (L-V)* 2	181995.00	158991.00	3028	KWh	206.90
Reactiva 00h - 24h (L-D)	401027.00	393816.00	7350	KvArh	
Demanda 08h00 - 18h00 (L-V) 0	34.34		35	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	20.44		21	kW	
Demanda 22h00 - 08h00 (L-V)*	19.98		20	kW	
Máxima			35	kW	
Demanda Cliente			56	kW	

SERVICIO ELÉCTRICO	
VALOR CONSUMO:	304.81
DEMANDA	100.59
CONSUMO 08h-18h	412.10
PENAL BAJO FACT.POTE	60.80
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1):	907.71
ALUMBRADO PUBLICO	59.92
ALUMBRADO PUBLICO (1.2):	59.92
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
OTROS (1.3):	0.00
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3):	967.63

Consumos

Demanda facturada

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Electrica	617.54
TOTAL:	617.54

EL GOBIERNO
SUBSIDIA
ESTE SERVICIO

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	967.63
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	967.63

FORMA DE PAGO

EFECTIVO	DINERO ELECTRONICO	TALETA DE CREDITO DEBITO	OTROS
			967.63

2908201801109005172100120019990031034640319560811

CLIENTE

87

A12. Fecha de facturación 27/09/2018



Factura
Número de autorización: 2709201801109005172100120019990032927200338403018
Ambiente
Emisión
Fecha de Autorización

001-999-003292720
PRODUCCION
EMISION NORMAL
27-09-2018 17:59:33

No. de: 8604621-04
Valor a pagar: 952.19

Fecha de Emisión: 27/09/2018

Fecha de: 09/10/2018

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRO: 86046-8 ROSAS DE PERUGACHI ROSASPE S.A
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300086046 Cédula / R.U. 1791151348001 Cod. 100401
 Dirección PERUGACHI PERUGACHI
 Plan/Geocódigo: 91 99-03-664-0100 Tarifa: 933-Ind.Demanda con reg.horario*(Baja Tension-
 Provincia - Cantón - Imbabura - Olavalo - Jordan
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:
 Ejecutivo de NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Tels: 2641288/2641289/2641290 ext: 2264
 e-mail: riascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

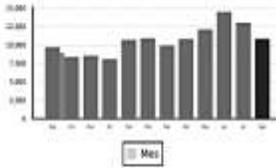
Medidor T47232-LAN	Desde 24/08/2018	Hast 25/09/2018	Dias 32	Tipo	Leído	Constant 1.00
Factor de 1.00	Factor	0.80	Factor	0.85	Penalización	0.0823529

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 06h00 - 18h00 (L-V) 07	441963.00	436391.00	5603	KWh	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 1b	27240.00	25897.00	1378	KWh	86.02
Activa 22h00 - 06h00 (L-V)* 2	164359.00	161960.00	2651	KWh	182.92
Reactiva 00h - 24h (L-O)	409846.00	401027.00	5935	kVarh	
Demanda 06h00 - 18h00 (L-V) 0	29.40		30	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	17.04		17	kW	
Demanda 22h00 - 18h00 (L-V)*	16.53		17	kW	
Máxima			30	kW	
Demanda Cliente			30	kW	

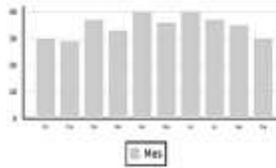
SERVICIO ELÉCTRICO

VALOR CONSUMO	271.97
DEMANDA	86.22
CONSUMO 06h-18h	369.40
PENALBAJO FACT.POTE	80.04
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1) :	789.04
ALUMBRADO PÚBLICO	39.92
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2) :	39.92
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
INTERES MORA	0.30
OTROS (1.3) :	0.30
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3) :	849.26

Consumo



Demanda facturada



SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	552.75
TOTAL	552.75



EL GOBIERNO
SUBSIDIA
ESTE SERVICIO

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	849.26
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	849.26

FORMA DE PAGO

EFFECTIVO	GENERO ELECTRONICO	TARJETA DE CREDITO/DEBITO	OTROS
			MR.N



2709201801109005172100120019990032927200338403018

CLIENTE

88

Anexo B. Resumen de planillas eléctricas de la Finca Perugachi.

Resumen de facturas emitidas por la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A.

Mes de consumo	Fecha de Emisión		Demanda (kW)		Energía Reactiva Normal (kVAR)	Demanda facturada		Consumo 08h-22h		Consumo 22h-08h		Factor de Potencia		F.P. Admitido $\cos \phi$ (2)	Total Consumo	Total a Pagar (1.1)
	Desde	Hasta	Normal	Pico		kW	USD	kWh	USD	kWh	USD	$\cos \phi$ (1)	Penalizaciones (\$)		kWh	USD
Octubre	29/09/2017	27/10/2017	28,07	16,28	5506	29	83,35	1178	106,02	2169	156,17	0,84	76,32	0,92	3347	877,68
Noviembre	27/10/2017	28/11/2017	35,14	22	5827	36	105,19	1207	108,63	2226	160,27	0,83	90,72	0,92	3433	927,38
Diciembre	28/11/2017	28/12/2017	29,7	16,85	5327	30	86,22	1094	98,46	2113	152,14	0,84	74,24	0,92	3207	853,74
Enero	28/12/2017	30/01/2018	28,06	16,7	7164	29	83,35	1391	125,19	2723	196,06	0,83	108,39	0,92	4114	1107,95
Febrero	30/01/2018	26/02/2018	28,06	17,01	7164	29	83,35	1391	125,18	2723	197,75	0,83	99,93	0,92	4114	1120,7
Marzo	26/02/2018	26/03/2018	32,57	20,04	6838	33	96,42	1351	87,81	2662	183,68	0,82	91,96	0,92	4013	846,02
Abril	26/03/2018	25/04/2018	39,26	21,26	7435	40	114,96	1521	98,87	2787	192,3	0,82	101,39	0,92	4308	932,8
Mayo	25/04/2018	29/05/2018	35,66	27,95	8090	36	139,68	1656	107,64	3348	231,01	0,83	102,07	0,92	5004	1043,37
Junio	29/05/2018	27/06/2018	38,89	27,49	9431	40	134,12	2100	136,5	4113	283,8	0,84	104,22	0,92	6213	1198,51
Julio	27/06/2018	29/07/2018	35,95	24,6	8663	37	120,52	1838	119,47	3610	249,09	0,83	106,68	0,92	5448	1090,52
Agosto	29/07/2018	29/08/2018	34,34	20,44	7355	35	100,59	1475	95,88	3028	208,93	0,83	88,8	0,92	4503	907,71
Septiembre	29/08/2018	27/09/2018	29,4	17,04	5935	30	86,22	1370	89,05	2651	182,92	0,85	60,04	0,92	4021	789,04

Fuente: Autor

Anexo C. Analizador de redes eléctricas Fluke 1144 Memobox.





Anexo D. Proformas de los bancos de capacitores (15 kVAr) para la Finca Perugachi.

D1. Cotización de dispositivos necesarios para el diseño del banco de capacitores INDUMATIC.

GESTIÓN COMERCIAL		INDUMATIC						
PROFORMA		power & automation						
PRODUCTOS Y SERVICIOS		SGC- Versión 1.0.0						
PROFORMA #:		000057-19						
INFORMACIÓN PARA FACTURA INDUMATIC CIA.LTDA. R.U.C. 1792355974001 Av.General Rumiñahui 1250 y Geovani Farina San Rafael-Ecuador Telf: (593) 2850-905 / Fax: 600 -8949		Elaborado por: <u>Fernando Cuaspud</u> e-mail: fernandocuaspud@indumatic.com.ec Telf: <u>0984217492</u> Fecha de Elaboración: <u>08-Jan-19</u> Fecha de vigencia: <u>18-Jan-19</u>						
INFORMACIÓN DE CLIENTE Cliente: <u>DIEGO CHASI</u> Solicitado por: _____ Dirección: _____ Ciudad: _____ Teléfono: _____ e-mail: _____ Móvil: _____								
Item	Cantidad	Tiempo de Entrega	Descripción	V.Unitario	V.Total	% Desc	Total	
1	1		Gabinete para Banco de Condensadores 1200 x 800 x 400	376.00	376.00	25%	282.00	
2	1		Controlador de Factor de Potencia 4 pasos	350.00	350.00	25%	262.50	
3	1		Transformador de Corriente 150A	55.00	55.00	25%	41.25	
4	1		Breaker Principal 40A 3F	29.00	29.00	25%	21.75	
5	2		Breaker Riel Din 10A	25.90	51.80	25%	38.85	
6	1		Contactador 8A	27.02	27.02	25%	20.27	
7	1		Breaker Riel Din 32A	25.90	25.90	25%	19.43	
8	1		Contactador 25A	92.04	92.04	25%	69.03	
9	1		Condensador 3KVAR	79.00	79.00	25%	59.25	
10	1		Condensador 12KVAR	156.40	156.40	25%	117.30	
11	1		Material Menudo	150.00	150.00	25%	112.50	
12	1		Armado de Gabinete	300.00	300.00		300.00	
							Subtotal	1,344.12
							Flete	
							IVA 12%	161.29
							TOTAL	1,505.41
TÉRMINOS COMERCIALES								
FORMA DE PAGO	GARANTÍA	OBSERVACIONES						
CREDITO	1 AÑO	DISPONIBILIDAD SUJETA A VENTA PREVIA						

D2. Cotización de dispositivos necesarios para el diseño de bancos de capacitores RAPA-ELECTRIC. Suministro 86046-8 / Suministro 179559-7



PROFORMA

FECHA: 11-ENERO-2019

DIRECCION: Otavalo - San José De Quichinche

Señora: Rosas de Perugachi Rosaspe S.A.

UNI	MATERIALES	VALOR UN	VALOR TOTAL
1	TABLERO PARA CORREGIR EL BAJO FACTOR DE POTENCIA 1	525,00	525,00
1	TABLERO PARA CORREGIR EL BAJO FACTOR DE POTENCIA 2	575,00	575,00
MANO DE OBRA			
2	DISEÑO Y ARMADA DE TABLERO DE CONTROL	\$260	\$260
2	MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA	\$400	\$400
2	REVISIÓN PERIÓDICA DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE CAPACITOR. EN SISTEMA. 6 MESES	\$400	\$400
2	COSTOS INDIRECTOS (TRANSPORTE + ALIMENTACIÓN 3 TÉCNICO 1 VEHICULO)	\$130	\$130
RESUMEN			
1	MATERIALES ADICIONALES PARA CAMPO		
1	30 METROS DE CABLE UN CERO(1/0)	\$390	\$390
1	MATERIALES FUNGIBLES	\$100	\$100
		SUBTOTAL	\$2780.00
		IVA 12%	\$333.60
		TOTAL	\$3892.00

Bayron García

GERENTE DE RAPAELECTRIK

DIRE: OVIEDO 9-12 Y SÁNCHEZ Y CIFUENTES

CEL: 0987554617 / 2607-588

Anexo E. Código de programación de la red neuronal artificial tipo feed-forward.

```
%4

clear all, clc;

%Red neuronal artificial

Pmed = csvread('PMedia.dat');
Qmed = csvread('QMedia.dat');
Smed = csvread('SMedia.dat');
SWreq = csvread('SWreq.dat');
Capacitancias = csvread('Capacitancias.dat');

%Vector de entrada
x = [Pmed; Qmed];
y = SWreq';

size(x)
size(y)

net = feedforwardnet(10);
net = train(net,x,y);

view(net)

save net2

sim(net,x)

w1 = net.IW{1} %the input-to-hidden layer weights
w2 = net.LW{2} %the hidden-to-output layer weights
b1 = net.b{1} %the input-to-hidden layer bias
b2 = net.b{2} %the hidden-to-output layer bias
```