



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELECTRICA EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES Y PETROLEROS SERVINPET PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA EN LAS CONDICIONES ACTUALES CON INCORPORACIÓN DE LA NUEVA CARGA”

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia.

AUTORES:

Bassantes Fernández Darwin Patricio

Chuquitarco Iza Luis Edgar

TUTOR:

Ing. Msc. Franklin Vásquez

LATACUNGA – ECUADOR

2017



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Darwin Patricio Bassantes Fernandez y Luis Edgar Chuquitarco Iza con el título de Proyecto de Investigación: “ **ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELECTRICA EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES Y PETROLEROS SERVINPET PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA EN LAS CONDICIONES ACTUALES CON INCORPORACIÓN DE LA NUEVA CARGA**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 03 Enero del 2017

Para constancia firman:

Lector 1
Ing. Xavier Proaño
CC: 050265642-4

Lector 2
Ing. Antonio Flores
CC: 171579326-9

Lector 3
Ing. Carlos Saavedra
CC: 180224842-5



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Eléctrica

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Darwin Patricio Bassantes Fernandez y Luis Edgar Chuquitarco Iza declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “ **ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELECTRICA EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES Y PETROLEROS SERVINPET PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA EN LAS CONDICIONES ACTUALES CON INCORPORACIÓN DE LA NUEVA CARGA**”, siendo el ING. Franklin Vásquez tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Darwin Patricio Bassantes Fernandez

C.I. 050380591-3

Luis Edgar Chuquitarco Iza

C.I. 050307720-8



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELECTRICA EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES Y PETROLEROS SERVINPET PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA EN LAS CONDICIONES ACTUALES CON INCORPORACIÓN DE LA NUEVA CARGA”, de los señores Darwin Patricio Bassantes Fernandez y Luis Edgar Chuquitarco Iza, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería Y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 18 Enero del 2017

El Tutor:

Ing. Franklin Vásquez
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de gerente de la empresa “SERVINPET”, a petición verbal de los interesados, certifico que:

Los señores **Darwin Patricio Bassantes**, portador de la cedula **0503805913** y **Luis Edgar Chuquitárco** portador de la cedula **0503077208** realizaron el trabajo de investigación de grado con el tema:

“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELECTRICA EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES Y PETROLEROS SERVINPET PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA EN LAS CONDICIONES ACTUALES CON INCORPORACIÓN DE LA NUEVA CARGA”.

Bajo la supervisión de esta área, siguiendo los lineamientos y requerimientos establecidos por la empresa.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultad a los interesados, hacer uso de este documento en forma de que se estime conveniente.

Latacunga, 18 Enero 2017.

Atentamente,



Ing. Geovanny Montaluisa
GERENTE DE PROYECTOS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y el don de la sabiduría para la culminación de este proyecto. A mis padres por brindarme su apoyo incondicional cada día de mi vida, de igual manera a mis hermanos por el apoyo moral. A la Universidad Técnica de Cotopaxi por los conocimientos brindados para nuestra formación. Al Ing. Franklin Vásquez, tutor del trabajo por su disponibilidad y apoyo durante el proceso de elaboración del proyecto de investigación.

Darwin

Agradezco a mis padres por brindarme su apoyo incondicional cada día de mi vida, a mi esposa Liliana e hija Sarahi. A la Universidad Técnica de Cotopaxi por los conocimientos brindados para nuestra formación. Al Ing. Geovanny Montaluisa, dueño de la empresa por apoyo durante el proceso de elaboración del proyecto de investigación.

Edgar

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación está dedicado a nuestras familias por brindarnos su apoyo incondicional, e impulsarnos cada día a cumplir nuestras metas planteadas.

La presente investigación servirá de base para las correcciones de ciertas áreas afectadas por los diferentes problemas analizados; y está dedicada a la empresa servicios industriales y petroleros “SERVINPET”.

Darwin-Edgar

ÍNDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	4
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	5
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
6. OBJETIVOS.....	5
General.....	5
Específicos.....	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADO	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
Calidad de Energía.....	7
Calidad de producto.....	8
Demanda Eléctrica.....	10
Curva de carga Industrial.....	11
Factor de Demanda.....	12
Factor de Carga.....	12
Factor Utilización	13
Factor de Demanda.....	13
Factor de Simultaneidad.....	14
Factor de Potencia	16
Registrador trifásico FLUKE 1735	17
Software ETAP.....	18
Transformador de distribución	19
Cargabilidad en los transformadores	19
Cargabilidad en conductores	19
Cargabilidad y carga de los conductores	19
Pérdidas de potencia y energía	20
Pérdidas en el núcleo	20
Pérdidas de potencia en el núcleo.....	21
Pérdidas de energía en el núcleo	21
Pérdidas resistivas	21

Pérdidas resistivas de Potencia	22
Energía de pérdidas resistivas.....	23
Factor de Pérdidas	23
Vida útil del Transformador	24
Caídas de voltaje.....	24
Proyección de la demanda	24
9. HIPÓTESIS	25
Variable Independiente.....	25
Variable Dependiente	26
10. METODOLOGÍAS	26
Métodos aplicados	26
Tipos de investigación	27
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	28
Descripción de la empresa “SERVINPET”.....	28
Situación actual.	28
Descripción del sistema eléctrico empresa.	28
Diagrama unifilar de la empresa SERVINPET.	30
Levantamiento de carga en la empresa SERVINPET.	31
Resumen del Levantamiento de carga en la empresa SERVINPET.	32
Medición de parámetros eléctricos	33
Curva de carga.....	33
Potencia Activa actual de un día típico.	34
Determinación de la demanda	34
Factor de potencia actual por línea de un día típico.	35
Resumen de voltajes en la empresa SERVINPET.	36
Resumen de corrientes en la empresa SERVINPET.	37
Características del transformador.	37
Pérdidas del transformador de 100 KVA de la empresa SERVINPET.....	38
Cálculo de caídas de voltaje del transformador al tablero principal.....	41
Pérdidas de potencia en conductores.	45
Cálculo de las pérdidas de potencia.....	46
Simulación del sistema eléctrico actual de la empresa SERVINPET en el programa ETAP. .	47
Cálculo de Luminarias.....	51

Carga a incrementarse en la empresa SERVINPET.....	55
Simulación de la carga a incrementarse en la empresa SERVINPET.....	56
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	60
Impacto técnico.....	60
Impacto social.....	60
Impacto económico.....	60
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	60
Balance de carga.....	60
Cálculo del banco de capacitores de la empresa SERVINPET.....	64
Estudio de banco de capacitores.....	69
Análisis Económico.....	72
Análisis económico para la corrección del factor de potencia mediante un banco de condensadores automático.....	73
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES.....	80
15. BIBLIOGRAFÍA.....	81
16. ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....	6
Tabla 2: Límites de variación de voltaje permitidos.....	10
Tabla 3: Indica los factores de demanda para cada agrupación de motores.....	14
Tabla 4: Indica los factores de simultaneidad para tableros de distribución.....	15
Tabla 5: Indica los factores de simultaneidad de un sistema.....	15
Tabla 6: Indica los factores de simultaneidad.....	16
Tabla 7: Levantamiento de carga en la empresa SERVINPET.....	31
Tabla 8: Resumen del Levantamiento de carga en la empresa SERVINPET.....	32
Tabla 9: Factor De Potencia De Un Día Típico.....	35
Tabla 10: Resumen de voltajes SERVINPET.....	36
Tabla 11: Características del transformador.....	37
Tabla 12: Resumen de pérdidas en un día típico.....	40
Tabla 13: Constante k según el número de hilos.....	43
Tabla 14: Cálculo de caídas de voltaje del transformador al tablero principal.....	45
Tabla 15: Cálculo de caídas de voltaje del tablero principal a las cargas.....	45

Tabla 16: Cálculo de secciones, caídas de tensión y pérdidas de potencia en circuitos simples	46
Tabla 17: Cálculo de perdidas de potencia empresa Servinpet.	47
Tabla 18: Indica el resumen de datos de la instalación	49
Tabla 19: Datos en barras obtenidos mediante la simulación en el programa ETAP	49
Tabla 20: Datos en cables obtenidos mediante la simulación en el programa ETAP	49
Tabla 21: Resumen de la simulación actual	51
Tabla 22: Coeficientes de reflexión.....	53
Tabla 23: Cuadro de especificaciones general de alumbrado Empresa SERVINPET	55
Tabla 24: Potencia a instalar en la empresa SERVINPET	55
Tabla 25: Indica el resumen de datos de la instalación	57
Tabla 26: Datos en barras con la incorporacion de nueva carga, simulación en el programa ETAP	57
Tabla 27: Datos de cables obtenidos mediante la simulación en el programa ETAP	57
Tabla 28: Resumen con la carga incorporada.....	59
Tabla 29: Resultados del flujo de potencia con el incremento de carga.....	59
Tabla 30: Datos del balance de carga de la Potencia Activa.....	61
Tabla 31: Datos del balance de carga de la Potencia Reactiva.....	62
Tabla 32: Resumen del sistema balanceado	64
Tabla 33: Resumen De La Simulación Propuesta con banco de capacitores	69
Tabla 34: Resultados obtenidos de la simulación con el nuevo banco de capacitores de 8 KVar.	69
Tabla 35: Presupuesto.....	71
Tabla 36: Bajo factor de potencia por penalizacion por mes	72
Tabla 37: Detalle de Materiales.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curvas de carga o demanda	11
Figura 2: Curvas de carga o demanda	11
Figura 3: Registrador trifásico FLUKE 1735	17
Figura 4: Software ETAP	18
Figura 5: Diagrama Unifilar empresa SERVINPET	30
Figura 6: Resumen del Levantamiento de carga en la empresa SERVINPET	32
Figura 7: Curva de carga de un día típico de la empresa SERVINPET.	33
Figura 8: Potencias Activas en barra de un día típico de la empresa SERVINPET.....	34
Figura 9: Voltajes de un día típico de la empresa SERVINPET	36
Figura 10: Corrientes de un día típico de la empresa SERVINPET.....	37
Figura 11: Simulación del sistema eléctrico actual de la empresa SERVINPET en el programa ETAP	48
Figura 12: Fotografía area procesos existe claraboyas	51
Figura 13: Alturas de trabajo	52
Figura 14: Tabla de datos suministrada por el fabricante PHILIPS	52

Figura 15: Distribución Luminarias Área Procesos	54
Figura 16: Simulación de la carga a incrementarse en la empresa SERVINPET	56
Figura 17: Potencia Activa Balanceada.....	61
Figura 18: Potencia Activa balanceada en grafico de barras.....	62
Figura 19: Simulación de la propuesta	68
Figura 20: Flujo de caja durante vida util banco capacitores	74



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES Y PETROLEROS SERVINPET PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA EN LAS CONDICIONES ACTUALES CON INCORPORACIÓN DE LA NUEVA CARGA”.

Autor/es: Bassantes Fernandez Darwin Patricio
Chuquitarco Iza Luis Edgar

RESUMEN

El presente proyecto está orientado al análisis de la demanda eléctrica con el propósito de determinar el grado de cargabilidad del transformador cuya potencia es de 100 KVA, se realizó un análisis general de la empresa mediante elemento de medida FLUKE 1735 analizador de red, obteniendo mediciones características como voltajes, corrientes, potencias y factor de potencia con los cuales está operando, Con los parámetros eléctricos se realizó la evaluación de los mismos, obteniendo los parámetros comparativos con la normativa vigente, emitido por el ARCONEL-CONELC regulación 004/01 de calidad de servicio. La interpretación de resultados se lo ejecuto en el software ETAP 12.6.0 con resultados de zonas críticas para lo cual se permitió plantear soluciones técnicas del sistema eléctrico corrigiendo las fallas existentes. Con la simulación realizada en la actualidad el porcentaje de cargabilidad del transformador es del 31,4% ahora, con la implementación de la nueva carga, este valor se incrementa al 38,8%, cabe indicar que el factor de utilización, demanda, simultaneidad, es menor al 50%, que no son cargas constantes. Uno de los inconvenientes encontrados es el bajo factor de potencia siendo este valor actual de 0.86, ahora al incrementarse la nueva carga este valor se reduce a 0.84, en base a este nuevo valor se realizará un equilibrio de cargas y el diseño de un banco de capacitores de 10 KVAR para llegar a un factor de potencia de 0.92



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF APPLIED AND ENGINEERING SCIENCE

TITLE: “ANALYSIS OF THE ELECTRICAL DEMAND IN THE COMPANY INDUSTRIAL SERVICES AND OIL SERVINPET TO DETERMINE THE CHARGABILITY OF THE SYSTEM IN THE CURRENT CONDITIONS WITH INCORPORATION OF THE NEW LOAD”.

Author/s: Bassantes Fernandez Darwin Patricio

Chuquitarco Iza Luis Edgar

ABSTRACT

The present project is oriented to the analysis of the electrical demand with the purpose of determining the degree of load ability of the transformer whose power is of 100 KVA, a general analysis of the company was realized by means of measurement element FLUKE 1735 network analyzer, obtaining characteristic measurements as voltage, current, power and power factor with which it is operating. The electrical parameters were evaluated, obtaining the comparative parameters with the current regulations, issued by the ARCONEL- CONELEC regulation 004/01 of quality of service. The interpretation of results was carried out in ETAP software 12.6.0 with results from critical zones, which allowed to propose technical solutions of the electrical system correcting existing faults. With the current simulation, the percentage of load capacity of the transformer is 31.4% now, with the implementation of the new load, this value increases to 38.8%, it is possible to indicate that the factor of utilization, demand, simultaneity, it is less than 50%, since they are not constant charges. One of the disadvantages found is the low power factor being this current value of 0.86, now when increasing the new load this value is reduced to 0.84, based on this new value will be made a balance of loads and the design of a bank Capacitors of 10 KVAR to reach a power factor of 0.92.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

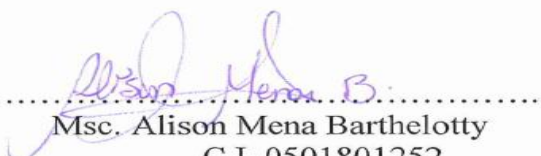
AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de proyecto de titulación II al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados: **Darwin Patricio Bassantes Fernandez** y **Luis Edgar Chuquitarco Iza** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, cuyo título versa **“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELECTRICA EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES Y PETROLEROS SERVINPET PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA EN LAS CONDICIONES ACTUALES CON INCORPORACIÓN DE LA NUEVA CARGA.”** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple como una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estima conveniente.

Latacunga, Febrero del 2017

Atentamente:



.....
Msc. Alison Mena Barthelotty
C.I. 0501801252

Docente del Centro Cultural De Idioma de la UTC.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES Y PETROLEROS SERVINPET PARA DETERMINAR LA CARGABILIDAD DEL SISTEMA EN LAS CONDICIONES ACTUALES CON INCORPORACIÓN DE LA NUEVA CARGA.

Fecha de inicio:

Lunes 7 de Septiembre del 2015

Fecha de finalización:

Miércoles 06 de Enero del 2017

Lugar de ejecución:

Quito, Av. Maldonado. Calle F y Calle 3ra. Sector Manuelita Sáenz

Facultad que auspicia:

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia:

Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia.

Equipo de trabajo:

Ing. MSc. Vásquez Teneda Franklin Hernán

Darwin Patricio Bassantes Fernandez

Luis Edgar Chuquitarco Iza

Coordinador del Proyecto

Nombre : Darwin Patricio Bassantes Fernandez.

Nombre : Luis Edgar Chuquitarco Iza

Área de conocimiento:

- **Suministro eléctrico y automatización industrial**

Modelación y simulación de procesos industriales, Automatización industrial, Seguridad industrial y medio ambiente laboral, Producciones más limpias, Accionamiento automatizado tecnológico, Elaboración de proyectos, Sistemas de iluminación, Optimización de procesos y equipos.

- **Explotación y diseño de datos eléctricos**

Generación convencional y no convencional, Análisis y diseño de sistemas eléctricos, Construcción e implementación de sistemas eléctricos, Protecciones eléctricas y fiabilidad de sistemas, Aplicaciones de Energías Alternativas, Uso eficiente de la energía eléctrica, Operación, control y mantenimiento de sistemas eléctricos, Auditoria y gestión energética, Calidad de energía, Compensación de energía reactiva.

- **Línea de investigación:** Análisis en Sistemas Eléctricos de Distribución.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como finalidad el análisis de la demanda eléctrica de la empresa “SERVINPET” de manera de establecer la cargabilidad del sistema eléctrico de esta forma se conoce si el sistema actual permite la incorporación de nueva carga.

La empresa servicios industriales y petroleros “SERVINPET” se encuentra ubicada en la Provincia de Pichincha Cantón Quito específicamente en el Parque Industrial del Sur de Quito esta empresa se especializa en el diseño, fabricación, construcción y montaje de estructuras metálicas; montajes electromecánicos y construcciones civiles, por esta razón esta empresa requiere un sistema eléctrico continuo y de alta calidad.

Actualmente la empresa dispone de un transformador de distribución de 100 KVA el cual cubre toda la demanda de las diferentes áreas de producción y es de vital importancia para las diferentes labores que realice la empresa.

Por lo tanto el análisis de la demanda eléctrica permitirá conocer el estado actual del transformador específicamente su cargabilidad, Un análisis de la demanda eléctrica que se propone en este proyecto es determinar el estado actual del sistema eléctrico de bajo voltaje de la empresa con el incremento de la nueva maquinaria.

Un análisis de cargabilidad de los conductores de la planta de producción permitirá conocer si el centro de transformación y los sistemas eléctricos están en la capacidad de asumir la nueva carga eléctrica.

Mediante el estudio de censo de carga se obtendrá los parámetros principales como son: Potencia, Voltaje y Corriente; Con los cuales se obtendrá la demanda eléctrica de la empresa. Además con la información obtenida por el analizador de energía, el cual me permite establecer los parámetros principales mencionados anteriormente y la determinación de la potencia instalada se realizará una comparación entre los valores calculados y los valores medidos.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para la elaboración del presente estudio se cuenta con la colaboración del personal docente de la Universidad Técnica Cotopaxi que brinda los conocimientos necesarios en el proceso de inter aprendizaje, facilitando los equipos necesarios para las respectivas mediciones, también con la apertura directa del personal encargado en el funcionamiento de las instalaciones de la empresa "SERVINPET" con el acceso a las instalaciones del predio que facilite la recopilación de información necesaria, también los recursos financieros y materiales estarán a cargo de una inversión propia para garantizar la viabilidad y factibilidad de la investigación.

Al revisar las diferentes fuentes de consulta se ha podido constatar que existe suficiente información teórica misma que orientará científicamente el desarrollo de la investigación planteada.

La empresa "SERVINPET" pretende a futuro satisfacer la demanda que requiere los diferentes equipos eléctricos que se encuentran ubicados dentro de los bloques y los que están por ingresar a la producción, esto conlleva en implementar estudios de cargabilidad, esto se lo realizara mediante un analizador de carga.

Al realizar la visita al predio se observó que las instalaciones existentes requieren un rediseño total, en vista que la carga instalada actual fue instalada adimensional en una estructura antigua, a su vez establecer el tablero de distribución, cableado, e iluminación, esto conlleva a realizar sus diferentes planos eléctricos, diagramas unifilares y valencias que requiera la empresa.

De esta manera la empresa "SERVINPET" podrá saber cuánto aumentará o si se mantendrá el consumo mensual de energía y a la vez la empresa podrá tener una estimación de los cambios necesarios que se los puede hacer para el consumo eficiente de energía eléctrica.

Los resultados que se obtenga en este estudio, tratarán de establecer cuál será el nivel de cargabilidad que interactúe el sistema, al mismo tiempo plantear algunas estrategias de solución al crecimiento de la empresa, además se planteará el uso de equipos o motores eficientes, si es necesario el cambio del sistema eléctrico antiguo.

Por esta razón, se justifica plenamente el desarrollo del tema de investigación, por cuanto se está aplicando todos los conocimientos adquiridos hasta el presente nivel, sin olvidar que la

demanda futura abarca un campo muy primordial como es el manejo eficiente de la energía y demás equipos eléctricos.

La culminación del estudio presentado se lo puede realizar a cualquier institución industrial del país ayudando a cambiar el uso de energía, reduciendo gastos innecesarios y ofreciendo seguridad al personal.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Este proyecto de investigación beneficiará directamente a la empresa “SERVINPET”.

Los beneficiarios indirectos son la población en general como: los empleados, así como también personas naturales o jurídicas vinculados a esta empresa.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Si la empresa “SERVINPET” aumenta su carga o demanda eléctrica puede tener problemas en el correcto funcionamiento de su maquinaria, el deterioro de las instalaciones eléctricas que conllevan a un colapso parcial del sistema eléctrico de la planta de producción que ocasionaría pérdidas económicas.

El análisis de la demanda en la empresa permitirá obtener la información necesaria, con la cual se podría conocer las condiciones actuales del sistema eléctrico y las condiciones futuras asumiendo la nueva carga a implementarse dentro de la empresa, mediante la simulación del sistema eléctrico de bajo voltaje.

¿Con el estudio de la carga instalada se puede determinar la capacidad del transformador, la cargabilidad de los conductores para el correcto funcionamiento de empresa?

6. OBJETIVOS

General

- Analizar la demanda eléctrica del sistema de distribución de bajo voltaje de la empresa “SERVINPET”, mediante el estudio de los datos adquiridos por el analizador de red y la recopilación de información, para determinar el funcionamiento del sistema eléctrico incorporando la nueva carga.

Específicos

- Analizar la situación actual de la empresa, mediante un diagnóstico, para determinar los parámetros actuales del sistema eléctrico.
- Simular en el programa ETAP, para conocer el estado actual del sistema eléctrico.
- Aplicar la simulación del sistema eléctrico en el programa ETAP, para el análisis de la demanda con la incorporación de la nueva carga.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADO

Tabla 1: Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

OBJETIVO 1	ACTIVIDADES	RESULTADOS	MEDIOS DE VERIFICACION
Analizar la situación actual de la empresa, mediante un diagnóstico, para determinar el estado real en el que se encuentra el sistema eléctrico.	Censo de carga en la empresa SERVINPET.	Obtención de parámetros eléctricos, voltajes, potencias, factores de potencia, corrientes, etc.	Resultados obtenidos mediante el censo de carga, analizador de red.
OBJETIVO 2	ACTIVIDADES	RESULTADOS	MEDIOS DE VERIFICACION
Simular en el programa ETAP, para conocer el estado actual del sistema eléctrico.	Simulación en el programa ETAP con los parámetros actuales del sistema eléctrico	Potencia KVA, KW de cada equipo. Cargabilidad de los conductores [A].	Modelación y simulación en el Programa ETAP 12.6.0. Del sistema eléctrico actual
OBJETIVO 3	ACTIVIDADES	RESULTADOS	MEDIOS DE

			VERIFICACION
Aplicar la simulación del sistema eléctrico en el programa ETAP, para el análisis de la demanda con la incorporación de la nueva carga.	Ingreso de parámetros eléctricos con la incorporación de la nueva carga.	Cargabilidad del transformador con la incorporación de la nueva carga. Obtención del nuevo factor de potencia.	Modelación y simulación en el Programa ETAP 12.6.0. Del sistema eléctrico con la incorporación de la nueva carga.

Realizado por: Los Autores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

Los trabajos de investigaciones que anteceden a este, permite hacer comparaciones y tener ideas sobre el problema que se va a estudiar, en varios proyectos efectuados en los últimos años, cada uno aporta valiosa experiencia del funcionamiento de las instalaciones de las industriales y problemas que se generan.

Calidad de Energía

Introducción

Las empresas necesitan un suministro eléctrico fiable y de buena calidad, en la actualidad todas las operaciones comerciales y todos los procesos industriales se controlan con equipos electrónicos e informáticos, estas y otras cargas eléctricas importantes están expuestas a las perturbaciones presentes en la red que afectan a la calidad y fiabilidad del sistema eléctrico.

La productividad y eficiencia de las empresas dependen totalmente de un suministro eléctrico de calidad, las anomalías en la iluminación, mal funcionamiento de los ordenadores, protecciones que actúan intempestivamente y sobrecalentamiento en los equipos son efectos típicos de una falta de calidad del suministro eléctrico, si estos problemas se ignoran, pueden producir fallas indeseables, fallos en los equipos, situaciones de riesgo para la seguridad de las personas y un excesivo consumo de energía.

Definición.

Según la norma IEEE, 519 –1992: “Un problema de calidad de potencia es debido a cualquier variación en el servicio de potencia eléctrica que da lugar al funcionamiento defectuoso o fallo en el equipamiento del usuario tal como, reducción de voltaje, sobre voltaje, transitorios, distorsión armónica y ruido eléctrico”.

La calidad de energía se refiere a mantener la estabilidad de voltaje, frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico, ofreciendo un correcto producto eléctrico, con una confiabilidad aceptable del sistema eléctrico.

Importancia de la calidad de energía.

La calidad de energía es un sinónimo de seguridad, continuidad de servicio eléctrico y buen rendimiento, reduce costos por pérdida de continuidad del servicio y sobredimensionamiento de las instalaciones, evita el mal funcionamiento o parada de los equipos inmersos en el sistema eléctrico.

Calidad de producto

Son los parámetros eléctricos con los que la energía debe llegar al consumidor garantizando buena calidad. Según la regulación No. CONELEC-004/01, la Calidad del Producto comprende los siguientes aspectos:

- a. Nivel de voltaje.
- b. Perturbaciones de voltaje.
- c. Factor de Potencia.

Nivel de voltaje

Según la RETIE define el voltaje como "La diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia."

Las fórmulas y parámetros para determinar la calidad de voltaje se establece en la Regulación No. CONELEC-004/01. También determina los siguientes niveles de voltaje:

- Bajo voltaje: inferior a 0,6 Kv
- Medio voltaje: entre 0,6 y 40 KV
- Alto voltaje: mayor a 40 Kv.

Índice de calidad de voltaje

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

Donde:

ΔV_k : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

V_k : voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n : voltaje nominal en el punto de medición.

Mediciones

La calidad de voltaje se determina como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles.

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

1. Un registro de voltaje en cada uno de los siguientes puntos de medición:
 - 20% de las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV, no menos de 3.
 - 0,15% de los transformadores de distribución, no menos de 5.
 - 0,01 % de los Consumidores de Bajo Voltaje del área de concesión, no menos de 10.
2. Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.
3. Simultáneamente con el registro del voltaje se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.
4. Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Límites

El Distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje de la Tabla 1.

Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación:

Tabla 2: Límites de variación de voltaje permitidos

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	±7,0 %	±5,0 %
Medio Voltaje	±10,0 %	±8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	±10,0 %	±8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	±13,0 %	±10,0 %

Fuente: CONELEC

Demanda Eléctrica

Definición

Según el (ARCONEL-CONELEC-007/00, 2000 pág. 5) define la demanda como “Es la potencia requerida por un sistema o parte de él, promediada en un intervalo de tiempo previamente establecido”.

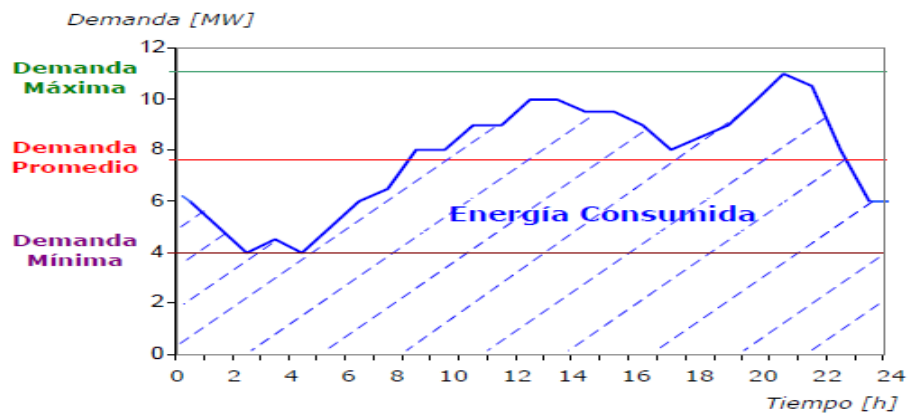
(ENERGY, 2016 pág. 1) Según TXU ENERGY define “La demanda eléctrica es una medida de la tasa promedio del consumo eléctrico de sus instalaciones en intervalos de 15 minutos”.

Curva de carga o Demanda

Según (GONZALES Chino, 2014 pág. 1) define la curva de la demanda “Es la representación gráfica de como varia la demanda o carga eléctrica en el transcurso del tiempo como se observa en la fig. 2. El intervalo de tiempo elegido para realizar el análisis, puede ser diario, semanal, mensual, anual. La carga no es constante en el período analizado”.

Es la representación de la carga en función del tiempo.

Figura 1: Curvas de carga o demanda

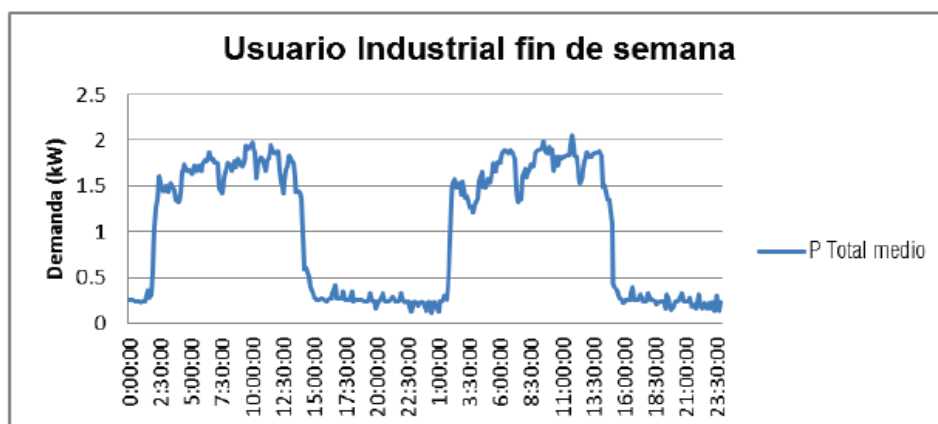


Fuente: GONZALES Chino, (2014, pág. 1)

Curva de carga Industrial

Se caracteriza por tener su máximo aproximadamente desde las 10h00 a 20h00 debido a que las maquinarias funcionan en horario continuo durante el día, como se puede observar en la figura la curva es casi constante sin muchas variaciones.

Figura 2: Curvas de carga o demanda



Fuente: Plan Maestro de Electrificación 2013-2022

Factor de Demanda

(HAWKING Stephen, 1986) Determina el factor de demanda “Es la relación entre la demanda máxima del sistema y la carga total conectada a ella durante un intervalo de tiempo considerado.”

$$\mathbf{FD} = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Capacidad del sistema}} = \frac{D_{\max}}{P_{\text{inst}}}$$

Dónde:

D_{\max} = Demanda máxima de instalación en KW o KVA

P_{inst} =Potencia de carga conectada en KW o KVA

Factor de Carga

Según (Enegineering, 1959, pág. 67) define factor de carga “Es la razón entre la demanda media durante un determinado intervalo de tiempo, y la demanda máxima registrada en el mismo período.

El factor de carga es siempre mayor a cero y menor o igual a uno. El factor de carga mide el grado en el que la demanda máxima fue mantenida durante el intervalo de tiempo considerado, como también la que energía está siendo utilizada en forma racional por parte de una determinada instalación.

Mantener un elevado factor de carga en el sistema significa obtener los siguientes beneficios:

- Optimización de la inversión de la instalación eléctrica
- Aprovechamiento racional y aumento de la vida útil de la instalación eléctrica, incluidos los motores y equipos.
- Reducción del valor de demanda pico.

El factor de carga se obtiene de la siguiente relación:

$$\mathbf{F_{cd}} = \frac{D_{\text{med}}}{D_{\text{max}}}$$

Donde:

F_{cd} = Factor de Carga diaria

D_{med} = Demanda media de período calculada a través de la integración de la curva de carga de la figura 1. Lo que equivale al valor del lado del rectángulo correspondiente al eje de la ordenada. El área del rectángulo es numéricamente igual al consumo de energía del periodo.

D_{max} = Demanda máxima para un mismo período en KW.

Factor Utilización

Según (HAWKING Stephen, 1986, pág. 110) “Es la razón entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema (capacidad instalada) en un intervalo de tiempo t ”, es decir:

$$F_{util} = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Capacidad del sistema}} = \frac{D_{max}}{C_s}$$

El factor de utilización es la frecuencia con la que se usa la carga en un determinado tiempo.

(Contrin, 2000) Afirma que, En condiciones de operación normal, la potencia consumida por una carga es algunas veces menor que la indicada como su potencia nominal, y para su cálculo se define el “**Factor de utilización** como el cociente entre la potencia efectivamente demandada por la carga, y la potencia nominal de la misma.”

$$F_u = \frac{P_e}{P_N}$$

Factor de Demanda

(HAWKING Stephen, 1986) Determina el factor de demanda “Es la relación entre la demanda máxima del sistema y la carga total conectada a ella durante un intervalo de tiempo considerado.”

$$FD = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Capacidad del sistema}} = \frac{D_{max}}{P_{inst}}$$

Donde:

D_{max} = Demanda máxima de instalación en KW o KVA

P_{inst} =Potencia de carga conectada en KW o KVA

(Contrin, 2000, pág. 44) Define que el “**Factor de Demanda**, se define para un conjunto de receptores, como el cociente entre la potencia máxima demandada por el conjunto, y la potencia instalada correspondiente al mismo conjunto”.

Tabla 3: Indica los factores de demanda para cada agrupación de motores

NUMERO DE MOTORES EN OPERACIÓN	FACTOR DE DEMANDA EN %
1– 10	70 - 80
11 – 20	60 - 70
21 – 50	55 - 60
51 – 100 > a 100	50 - 60

Fuente: Instalaciones eléctricas Industriales I (Dardo Fernández Guzmán)

Factor de Simultaneidad.

(JURADO, 2008, pág. 13) Define “Es una cantidad menor o igual a la unidad que se obtiene como el recíproco del factor de diversidad. Es factor que indica la operación de los equipos al mismo instante.”

$$\text{Factor de simultaneidad} = \frac{1}{\text{Factor de diversidad}}$$

(Contrin, 2000, pág. 44) Afirma que normalmente, la operación simultánea de todas las cargas de un sistema, nunca ocurre, apareciendo siempre determinado grado de diversidad, que se expresa para cada grupo de cargas, mediante el factor de simultaneidad. “El mismo se define como el cociente entre la demanda máxima del grupo j, y la suma de las demandas máximas de cada carga (i) del grupo j.

$$F_s = \frac{D_{mj}}{\sum_i D_i}$$

Dentro de una industria no se dispone de información precisa, es así que pueden manejarse los siguientes valores para el factor de simultaneidad:

1.- Para tableros de Distribución que alimentan determinado número de circuitos, se especifican los siguientes factores de simultaneidad, cuando no se conoce como se distribuye la carga total entre los circuitos.

Tabla 4: Indica los factores de simultaneidad para tableros de distribución

Número de circuitos	Factor de simultaneidad
2 a 3	0.9
4 a 5	0.8
6 a 9	0.7
10 o más	0.6

Fuente: Instalaciones eléctricas Industriales I (Contrin, Ademaro. A. m. b)

Si las cargas son principalmente cargas de iluminación, es recomendable considerar factor de simultaneidad = 1

2.- Para grupos de cargas del mismo tipo, se especifican los siguientes factores:

Tabla 5: Indica los factores de simultaneidad de un sistema

Tipo de carga	Factor de Simultaneidad
Iluminación	1
Calefacción y Aire Acondicionado	1
Toma corrientes	0,1 o 0,2
Elevación y carga	
motor mayor	1
2do motor	0,75
resto de los motores	0,6

Fuente: Instalaciones eléctricas Industriales I (Contrín, Ademaro. A. m. b)

Estos valores valen para más de 20 tomas. En industrias u otros casos puede ser mayor.

La aplicación del factor de simultaneidad en instalaciones industriales debe ser precedida de un estudio minucioso a fin de evitar el sub dimensionamiento de los circuitos de los equipos.

La tasa de variación de disminución del factor de simultaneidad en general depende de heterogeneidades de las cargas. El factor de simultaneidad es siempre menor a la unidad.

Tabla 6: Indica los factores de simultaneidad

APARATOS	NUMERO DE APARATOS							
	2	4	5	8	10	15	20	50
Motores de 3/4 a 2,5 cv	0,85	0,80	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,40
Motores de 3 a 15 cv	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	0,65	0,55	0,45
Motores de 20 a 40 cv	0,80	0,80	0,80	0,75	0,65	0,60	0,60	0,50
Arriba de 40 cv	0,90	0,80	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60
Rectificadores	0,90	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70
Soldadores	0,45	0,45	0,45	0,40	0,40	0,30	0,30	0,30
Hornos resistivos	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-
Hornos de Inducción	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-

Fuente: Instalaciones eléctricas Industriales I (Dardo Fernández Guzmán)

Factor de Potencia

Según SCHNEIDER define como “El factor de potencia de una carga, que puede ser un elemento único que consume energía o varios elementos (por ejemplo, toda una instalación), lo da la relación de P/S, es decir, KW divididos por KVA en un momento determinado”, También se lo puede definir como el coseno del ángulo de fase existente entre el voltaje y la corriente cuando las ondas son sinusoidales puras. Matemáticamente podemos escribir:

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

Donde:

Cos φ : factor de potencia.

P: Potencia activa en KW.

S: Potencia aparente en KVA.

El factor de potencia está comprendido entre 0 y 1 es un factor que si no se lo corrige provoca que se efectúen penalizaciones a la empresa distribuidora, el valor mínimo recomendado por el CONELEC es de 0,92.

Índice de calidad

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el Consumidor está incumpliendo con el índice de calidad.

Medición

Adicionalmente a las disposiciones que constan en el artículo 12 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, el Distribuidor efectuará registros del factor de potencia en cada mes, en el 2% del número de Consumidores servidos en AV y MV. Las mediciones se harán mediante registros en períodos de 10 minutos, con régimen de funcionamiento y cargas normales, por un tiempo no menor a siete (7) días continuos.

Problemas por bajo factor de potencia

- Mayor consumo de corriente.
- Aumento de las pérdidas e incremento de las caídas de tensión en los conductores.
- Sobrecarga de transformadores, generadores y líneas de distribución.
- Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de corriente y penalización por bajo factor de potencia.

Beneficios por corregir el factor de potencia

- Disminución de las pérdidas en conductores.
- Reducción de las caídas de tensión.
- Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.
- Incremento de la vida útil de las instalaciones
- Reducción de los costos por facturación eléctrica.

Registrador trifásico FLUKE 1735

Figura 3: Registrador trifásico FLUKE 1735



Fuente: <http://www.fluke1735.com.es>

Funciones de medición

Generalidades La siguiente información proporciona una descripción general de cada posición del selector giratorio.

Medir voltios/amperios/Hz

Esta función muestra la tensión y los valores de la corriente a la vez, además de la frecuencia y de la corriente del conductor neutro. También puede usar esta función de medición para hacerse una idea de estos valores antes de analizar la señal en detalle en las otras funciones.

Alcance

Alcance muestra las tensiones, corrientes y el ángulo (fase) ϕ en la representación del osciloscopio, así como sus valores instantáneos en la posición del cursor. Con esta función obtendrá una imagen clara de las formas de onda de la corriente y la tensión, y sus distorsiones.

Alimentación

Esta función indica los valores de la potencia transferida. Al mismo tiempo puede medir las potencias activa, reactiva, aparente y de distorsión, y el factor de potencia correspondiente. También puede ver la energía de potencia activa y reactiva.

Software ETAP

ETAP ofrece una Suite de programas totalmente integrados incluyendo flujo de carga, cortocircuito, coordinación y selectividad de protecciones, dimensionado de cables, estabilidad transitoria, ARC flash, flujo de potencia óptimo y más. Su diseño modular permite que sea configurado de acuerdo a las necesidades de cualquier empresa, desde sistemas de potencia pequeños, a los más grandes.

Figura 4: Software ETAP



Fuente: <http://www.etap.com.ec>

ETAP Real-Time es una suite totalmente integrada de aplicaciones de software eléctrica que ofrece funciones de supervisión inteligente de la energía, gestión de la energía, la optimización del sistema, la automatización avanzada, y la predicción en tiempo real.

ETAP es la solución empresarial más completa para el diseño, simulación operación, control, optimización y automatización de la generación, transmisión, distribución y sistemas industriales de energía.

Transformador de distribución

El transformador de distribución es el encargado de alimentar las redes secundarias que tiene el voltaje nominal adecuado para el uso de los electrodomésticos de los clientes.

Es decir es el transformador que ejecuta una transferencia de energía eléctricas, que parte de una red primaria de distribución a una red secundaria de distribución o al servicio del consumidor, reduciendo el nivel de voltaje primario al voltaje de utilización.

Cargabilidad en los transformadores

La cargabilidad de los transformadores de distribución está relacionada bajo dos aspectos, uno desde el punto de vista térmico y otro por lo económico. El criterio de cargabilidad térmica está ligado con las características dieléctricas de los aislantes, pérdida de vida útil tolerada, etc. El segundo aspecto está asociado con parámetros económicos (inversión y pérdidas) que inciden en la selección de los transformadores, dependiendo de la carga a manejar, aspectos que son tratados ampliamente en modelos de manejo de carga en transformadores.

Cargabilidad en conductores

El dimensionamiento de conductores se realiza en la etapa de diseño y su control durante el período de vida útil de los mismos, en estas dos etapas es importante el considerar sus condiciones de cargabilidad, con el fin de obtener condiciones adecuadas de operación dentro de parámetros técnico económicos razonables.

Cargabilidad y carga de los conductores

La cargabilidad es la capacidad de conducción del conductor y usualmente se establece igual al límite térmico. La carga es el nivel de corriente que tiene en un momento dado.

El conductor puede ser cargado hasta un límite en condiciones normales y otro superior para condiciones críticas o de emergencia.

Cuando el conductor se encuentra en condiciones normales su carga depende de los criterios que la empresa adopta para dejar margen suficiente para transferencias de carga entre alimentadores, ese margen de seguridad permite evitar sobrecargas y está por debajo del 100% de la cargabilidad.

Pérdidas de potencia y energía

En los componentes dentro de su sistema ya sean estos conductores, transformadores, etc., mediante flujos de potencia se obtiene la magnitud de las pérdidas debido a la resistencia de los componentes eléctricos, estas pérdidas no pueden ser eliminadas del todo pero si pueden ser minimizadas mediante estudios de ingeniería. Estas pérdidas sumadas en un instante de tiempo, son denominadas pérdidas de potencia y son expresadas en KW. Las pérdidas de potencia durante un periodo de tiempo son pérdidas de energía y se expresan en KWh.

Pérdidas en el núcleo

Son aquellas que se producen por la magnetización del núcleo ferromagnético, mientras el transformador está energizado, por lo cual se las denomina pérdidas fijas es decir se encuentran los 365 días del año y no dependen de la carga del transformador sino del voltaje de operación.

Las pérdidas en el núcleo están relacionadas directamente con la capacidad del transformador debido que a mayor capacidad su núcleo es más grande y genera mayores pérdidas de energía.

Una de las principales causas de pérdidas en el núcleo es la histéresis, que se produce por los cambios de ciclo en la dirección del flujo magnético en el acero.

Otra causa de pérdidas en el núcleo son las corrientes de Foucault o corrientes parásitas que circulan en las láminas de acero del núcleo por inducción de un flujo magnético variable.

Es importante tomar en cuenta la calidad de material con que se construyó las láminas del núcleo del transformador, para reducir las pérdidas por histéresis y corrientes de Foucault.

Pérdidas de potencia en el núcleo

Para encontrar las pérdidas de potencia en el núcleo del transformador de distribución, observamos la información que el fabricante proporciona.

Ppot_{núcleo} = Pérdidas(en vacío)en el transformador KW

$$PT_{pot_{núcleo}} = \sum P_o$$

Donde:

$PT_{pot_{núcleo}}$: Pérdidas de potencia en el núcleo de todos los transformadores asociados en un alimentador primario.

P_o : Pérdidas en vacío de los transformadores de distribución.

Pérdidas de energía en el núcleo

$$PT_{energía_{núcleo}} = \sum(P_o * t)$$

Dónde:

$PT_{energía_{núcleo}}$: Pérdidas de energía en el núcleo de todos los transformadores asociados en un alimentador primario

t : Tiempo h (en caso de un año 8760 h)

Pérdidas resistivas

Estas pérdidas se generan en los devanados del transformador, se producen debido a la resistencia de los conductores, por lo cual dependen de la carga.

Para calcular las pérdidas resistivas en el intervalo se utiliza la siguiente expresión que relaciona la demanda del intervalo con la demanda máxima y los factores de potencia del intervalo y máximo

$$D_{RLi} = \left(\frac{D_{pi} \times \cos\varphi_{max}}{D_{pmax} \times \cos\varphi_i} \right)^2 \times D_{RLmax}$$

Donde:

D_{RLi} : Pérdidas resistivas de potencia en el instante i [KW]

D_{RL-max} : Pérdidas resistivas de potencia a demanda maxima [KW]

$\cos\phi_{max}$: Factor de potencia a ddemanda maxima.

$\cos\phi_i$: Factor de potencia en el intervalo i

D_{pmax} : Demanda maxima [KW]

D_{pi} : Demanda en el instante i [KW]

Pérdidas resistivas de Potencia

Para que los datos de la ecuación anterior sean completos se requiere obtener la pérdida resistiva a demanda máxima con la siguiente expresión.

$$D_{RLmax} = \left(\frac{KVA D_{max}}{KVA D_{nom}} \right)^2 \times Pr = (FU)^2 \times Pr$$

En primer lugar se procede a calcular D_{RLmax} o pérdidas a demanda máxima con la siguiente expresión:

Donde:

$KVA D_{max}$: Demanda máxima en KVA del registro de carga

$KVA D_{nom}$: Demanda nominal en KVA del transformador

Pr : Pérdidas resistivas a plena carga

FU : Factor de utilización

Energía de pérdidas resistivas

Es la suma de la energía de pérdidas en cada intervalo del período considerado multiplicado por el intervalo de demanda.

$$\text{Energía}_{\text{pérdidas}} = (\sum D_{RLi}) * \Delta t(\mathbf{h})$$

Donde:

$(\sum D_{RLi})$: Sumatoria de la energía de pérdidas resistivas de cada intervalo de demanda

$\Delta t(\mathbf{h})$: Tiempo en horas

Factor de Pérdidas

Con la curva de demanda de las pérdidas. Obtenida con la expresión matemática, se puede calcular el factor de pérdidas que no es más que la relación que se tiene entre la demanda media de pérdidas de energía y la demanda de pérdidas a demanda máxima, a partir de esto también se puede calcular la energía de pérdidas anuales.

$$F_{\text{pér}} = \frac{E_{\text{pér}}}{D_{RL\text{max}} * t}$$

Donde:

$D_{RL\text{max}}$: Pérdidas resistivas a demanda máxima

$E_{\text{pér}}$: Energía de pérdidas

t : 8760 horas cuando el periodo de análisis es un año

Las pérdidas de energía anuales se pueden obtener del despeje de la expresión.

$$E_{\text{pér}} \text{ anual} = D_{RL\text{max}} * F_{\text{pér}} * 8760$$

Vida útil del Transformador

La vida útil de un transformador se relaciona al envejecimiento o deterioro de estos equipos que determinan la vida útil de un transformador.

En los transformadores de distribución existe un factor imprescindible para su dimensionamiento, que este indica el deterioro acumulado de los equipos en el transcurso del tiempo y cuya pérdida es una función de los períodos de sobrecarga y a su vez de la temperatura de la máquina en condiciones de operación.

Caídas de voltaje

(FITZGERALD, 2009) Considera como “La caída de tensión a la diferencia de potencia que existe entre el voltaje medido en la fuente y el que se mide en la carga.” Esta diferencia de voltaje se debe al consumo por la impedancia del conductor. La impedancia es la combinación de dos factores, reactancia y resistencia.

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * (R * I * \cos \theta + X * I * \sin \theta) * l}{1000 * \# \text{conductores por fase}}$$

Donde:

R: Resistencia del conductor

I: Corriente nominal

X: Reactancia del conductor

Θ : Angulo del fp

Proyección de la demanda

En el PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN PME 2013 – 2022, la proyección de la demanda se convierte en el eje fundamental a partir del cual se desarrolla la planificación, debido a que considera una serie de hipótesis debidamente sustentadas que contemplan la evolución histórica de la demanda eléctrica a nivel nacional, los impactos producidos por la incorporación de cargas especiales al sistema, económicas y tecnológicas que se reflejan en el comportamiento de la demanda eléctrica.

Proyección de la demanda por consumos en KWh

La proyección que se está estimando en cada año es mediante el consumo de energía que se tenga cada uno de los usuarios y a su vez se toma en cuenta la incorporación de las cocinas de inducción para cada tipo de cliente.

El incremento del consumo que se va efectuando con el pasar de cada uno de los años es del 2% del incremento de la demanda.

9. HIPÓTESIS

¿El análisis de la demanda eléctrica en la empresa SERVINPET, permitirá determinar la cargabilidad del sistema en las condiciones actuales, con el fin de incorporar una nueva carga?

Variable Independiente

Demanda eléctrica.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Se define como la cantidad de potencia que un consumidor utiliza en un momento, expresada en KW o KVA, KVA _r , A o porcentajes de demanda máxima, a un Factor de potencia determinado.	Tabulaciones de potencias activas, reactivas y aparentes. Levantamiento de carga en la empresa. Representación de parámetros eléctricos.	Curvas de carga. Análisis de datos obtenidos por el analizador de red.	Potencias Activas (W) Reactivas (VA _r) Aparente (VA)	Observación Analizador de red Depuración de datos.

Realizado por: Autores

Variable Dependiente

La cargabilidad del sistema.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Cargabilidad se define como el límite térmico dado en capacidad de corriente para equipos eléctricos.</p> <p>Incorporación de carga es cuando la empresa crece su producción, lo cual implica un nuevo estudio para determinar si el transformador soporta la nueva carga.</p>	<p>Análisis de porcentajes nominales de operación de cada una de las cargas.</p> <p>Simulación del sistema eléctrico con la incorporación de la nueva carga.</p> <p>Proyección de la demanda y propuestas de mejora.</p>	<p>Comparación de parámetros eléctricos en base a regulaciones.</p> <p>Simulación de la propuesta en el programa ETAP.</p>	<p>Potencias Activa (W)</p> <p>Reactiva (VAr)</p> <p>Aparente (VA)</p> <p>Corriente (A)</p> <p>Caídas de voltaje %ΔV</p>	<p>Observación Interpretación</p> <p>Depuración de datos.</p>

Realizado por: Autores

10. METODOLOGÍAS

Métodos aplicados

Los métodos, técnicas y tipos de investigación que se llevarán a cabo estarán enfocadas directamente con la información del proyecto entre estas se tienen las siguientes:

Método inductivo

A través del método inductivo se analizará los diferentes tipos de cargas existentes en la empresa, en el cual se eligió como herramienta básica el software ETAP para determinar la cargabilidad que existe en el transformador de la empresa, mediante la simulación este método nos permite la formación de hipótesis para su debida demostración.

Método deductivo

En la empresa SERVINPET se determinará el estado actual de las cargas, como también del transformador, el cual me permitirá tener una idea clara de la carga total conectada y la situación actual, posterior con el incremento de la nueva carga, se ingresa al software de simulación el cual me permite conocer el estado del sistema eléctrico de la empresa, para obtener nuestras propias conclusiones.

Método descriptivo

La metodología que se utilizó en este análisis es para la recopilación y presentación sistemática de datos para dar una idea de una determinada situación el cual describe los posibles resultados a obtener mediante una simulación.

Tipos de investigación

Investigación aplicada

La investigación que se aplica en este proyecto es para comprobar los parámetros eléctricos, los cuales deben estar dentro de los límites establecidos por las diferentes regulaciones, lo cual nos permite encontrar el límite de cargabilidad del transformador de la empresa, y conocer si este soportará la nueva carga a conectarse en la empresa.

Investigación de campo

Esta investigación se aplicó con el fin de determinar los límites de cargabilidad y pérdidas en el transformador, como también en las cargas conectadas, para buscar posibles soluciones prácticas que se podrían aplicar en la corrección de los inconvenientes que se presentan.

Investigación bibliográfica

Esta investigación consiste en la recopilación de información de proyectos que tienen similares e idénticas características, las cuales brindan una guía para el desarrollo del estudio, lo cual a su vez permiten encontrar alternativas para el proceso en la comunidad científica,

con la facilidad de ser aplicadas a la solución del problema en estudio dentro de la investigación de la cargabilidad de transformadores, y límites permitidos de los principales parámetros eléctricos.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Descripción de la empresa “SERVINPET”.

La empresa legalmente constituida desde el año 2010, entrega productos y servicios a las industrias: Petrolera, Telecomunicaciones, Eléctrica y Construcciones en general. Se encuentra ubicada en la Provincia de Pichincha Cantón Quito.

La empresa ha crecido en el sector eléctrico considerablemente en los últimos años, todas las instalaciones existentes de en la empresa se han realizado conforme el crecimiento de la potencia instalada en la empresa, de esta manera se propone hacer un análisis y diagnóstico del sistema eléctrico de la empresa para conocer el estado en el cual se encuentran operando las máquinas de la empresa.

Situación actual.

En la actualidad la empresa “SERVINPET”, se encuentra trabajando con sus instalaciones ubicadas en el parque industrial del sur de Quito, con una extensión aproximada de 2670 m² en donde se realiza el diseño, la fabricación, y la construcción de estructuras metálicas Revisar Anexo 1. Vista superior de la empresa.

La empresa está dividida en áreas: procesos, baños, bodega, oficinas, comedor, y tanques de soldadura. En cada una de ellas se dispone de carga eléctrica que fue levantada para la elaboración de los planos unifilares. La jornada de trabajo inicia sus labores a las 7:00 am de la mañana, hasta las 7:00 pm de lunes a viernes.

Descripción del sistema eléctrico empresa.

La empresa Servicios Industriales Petroleros C. Ltda. “SERVINPET”, Cuenta con un transformador que es alimentado por una acometida trifásica y está montado sobre una estructura H en dos postes que mantiene al transformador y los elementos de protección en medio y bajo voltaje, el transformador tiene una potencia de 100 KVA, con un voltaje en el primario de 22,8kV y en el lado secundario con un voltaje de 220/127 con conexión delta-estrella y sólidamente aterrado a tierra.

La acometida de bajo voltaje es conducida por ductos subterráneos de concreto desde el transformador de 100 KVA hasta llegar al tablero principal. Se emplea conductor de cobre tipo TTU cobre calibre 2(3x2/0) AWG para las fases y 3x2/0 AWG para el neutro con aislamiento 600V y una longitud de 30 metros hasta el tablero principal.

En el Tablero Principal de Distribución TPD está ubicado en un cuarto de fácil acceso para realizar las maniobras, se dispone de un breaker principal regulable SIEMENS 250-600, también disponemos de cinco breakers SCHNEIDER 150A para los diferentes circuitos de derivación de la empresa.

El transformador de 100 KVA alimenta a un tablero principal el cual se divide en 5 circuitos formados por las diferentes cargas que tiene la empresa. Estos están formados desde tablero principal hasta el centro de carga de cada uno de los circuitos. A continuación se menciona la conformación de cada uno de ellos.

Desde tablero principal el centro de carga del circuito 1, está formado por la siguiente maquinaria e iluminación: Durma LW 55, Trokeladora, Fresadora, Soldadora, Fluorescente led TR 7000K, Foco Ahorrador, cuya potencia instalada es de 28,7 KW. Se emplea conductor de cobre tipo THHN cobre calibre 3x#2 AWG para las fases y AWG 1x#2 AWG para el neutro. Y para la tierra un conductor THHN 1x#4 AWG.

Desde tablero principal el centro de carga del circuito 2, está formado por la siguiente maquinaria: Soldadora Lincon Electric, Maquina Geka Bendicrop, Soldadura Miller, y Marcadora Geka PP 50, cuya potencia instalada es de 21 KW. Se emplea conductor de cobre tipo THHN cobre calibre 3x#2 AWG para las fases y AWG 1x#2 AWG para el neutro. Y para la tierra un conductor THHN 1x#4 AWG.

Desde tablero principal el centro de carga del circuito 3, está formado por la siguiente maquinaria: Soldadora Miller, Soldadora Lincon Electric, Robot Soldadora, Amoladora, y Cortadora Geka 110 PD, cuya potencia instalada es de 25,4 KW. Se emplea conductor de cobre tipo THHN cobre calibre 3x#2 AWG para las fases y AWG 1x#2 AWG para el neutro. Y para la tierra un conductor THHN 1x#4 AWG.

Desde tablero principal el centro de carga del circuito 4, está formado por la siguiente maquinaria e iluminación: Compresor, Soldadora Lincon Electric Amoladora, Shark CCS

Hydra Cortadora, Ridgid, Tubos LED, Reflector, cuya potencia instalada es de 65,27 KW. Se emplea conductor de cobre tipo THHN cobre calibre 3x#2 AWG para las fases y AWG 1x#2 AWG para el neutro. Y para la tierra un conductor THHN 1x#4 AWG.

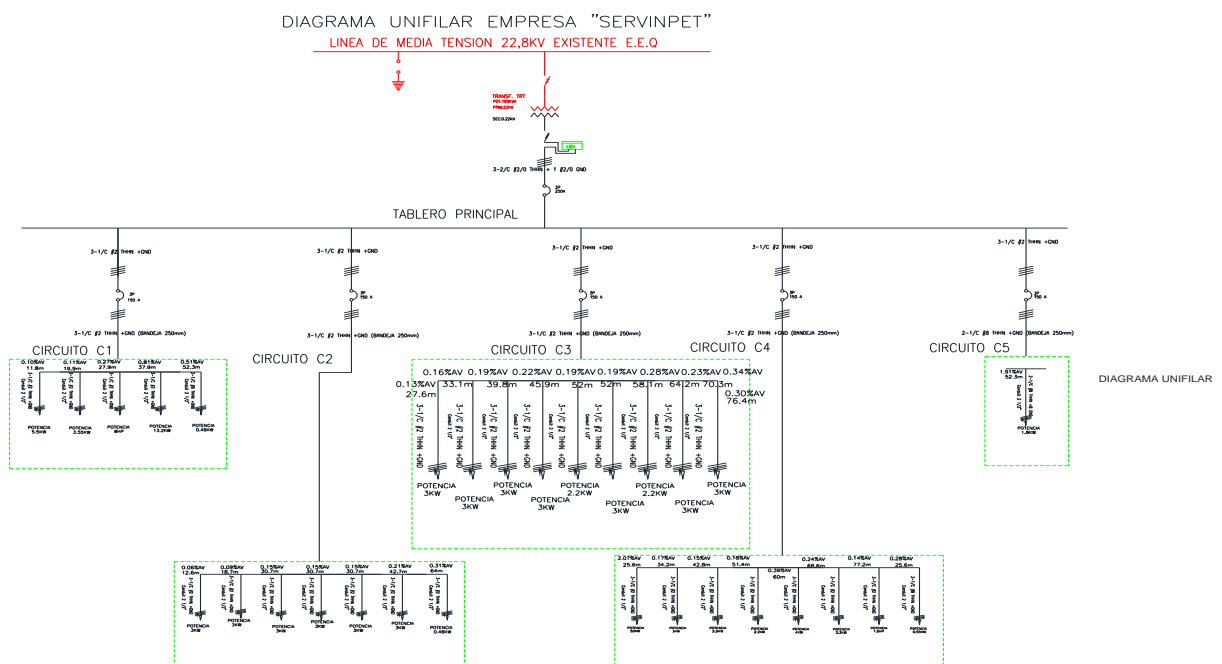
Desde tablero principal hasta control de luces circuito 5, está formado solo por iluminación, cuya potencia instalada es de 1,8 KW. Se emplea conductor de cobre tipo THHN cobre calibre 2x#8 AWG para las fases y AWG 1x#8 AWG para el neutro. Y para la tierra un conductor THHN 1x#8 AWG.

Diagrama unifilar de la empresa SERVINPET.

Para el análisis del diseño eléctrico, con la cual se suministrara de energía a la planta industrial, se realizó el plano unifilar, de acuerdo a los datos aproximados, teniendo como base las características de demanda de carga unitaria, que nos permitió realizar el estudio del dimensionamiento del sistema eléctrico.

Dentro del diagrama unifilar se representó, gráficamente los elementos del sistema eléctrico, desde la fuente de alimentación, transformador, tableros, circuitos alimentadores, así se observa de manera simplificada la interconexión entre ellos, (en la figura 5) se presenta el diagrama unifilar del sistema hasta los tableros, anexo 17 se presenta el diagrama unifilar de las cargas)

Figura 5: Diagrama Unifilar empresa SERVINPET



Realizado por: Autores

Levantamiento de carga en la empresa SERVINPET.

Se realizará el levantamiento de datos necesarios, tales como longitud de conductores, calibres, datos de placa del transformador, motores, maquinarias y además se añade a esto el sistema de iluminación. Donde se creará una base de datos que nos permitirá elaborar el diagrama unifilar de la fábrica y posterior simulación mediante el software ETAP 12.6.0 y el software DIALux 4.13.

Para realizar el levantamiento de los datos fue necesario realizar varias visitas a campo y emplear la técnica de la observación, lo que se detalla a continuación.

Tabla 7: Levantamiento de carga en la empresa SERVINPET

LEVANTAMIENTO DE CARGA EMPRESA SERVINPET			
Circuito C1			
Numero	Máquina	KW	KWT
1	Durma lw 55	5,5	5,5
1	Trokeladora	3,55	3,55
1	Fresadora	5,97	5,97
1	Soldadora	13,2	13,2
14	Fluorescentes led 1,20cm TR 7000K	0,03	0,42
1	Foco ahorrador	0,06	0,06
Circuito C2			
Numero	Máquina	KW	KWT
1	Soldadora Lincon Electric	3	3
1	Soldadora Lincon Electric	3	3
1	Maquina Geka Bendicrop	3	3
1	Soldadora Miller	3	3
1	Soldadora Miller	3	3
1	Soldadora Miller	3	3
1	Marcadora Geka Pp 50	3	3
Circuito C3			
Numero	Máquina	KW	KWT
1	Soldadora Miller	3	3
1	Soldadora Lincon Electric	3	3
1	Soldadora Lincon Electric	3	3
1	Robot Soldadora	3	3
1	Amoladora	2,2	2,2
1	Soldadora Miller	3	3
1	Amoladora	2,2	2,2
1	Soldadora Lincon Electric	3	3
1	Cortadora Geka 110 PD	3	3

Circuito C4			
Numero	Máquina	KW	KWT
1	Compresor	7,4	7,4
1	Soldadora Lincon Electric	3	3
1	Amoladora	2,2	2,2
1	Amoladora	2,2	2,2
1	Shark CCS HydraCortadora	4	4
1	Amoladora	2,2	2,2
1	Ridgid	1,12	1,12
5	5*2 Tubos Led	0,03	0,3
1	Reflector	0,1	0,1
1	Reflector	0,15	0,15
Circuito C5			
Numero	Máquina	KW	KWT
12	Lámparas de Campana Led 6500K	0,15	1,8
		Total KW	99,57

Realizado por: Autores

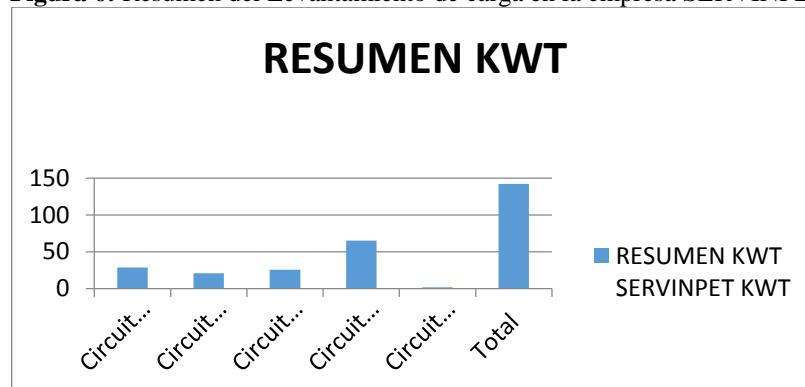
Resumen del Levantamiento de carga en la empresa SERVINPET.

Tabla 8: Resumen del Levantamiento de carga en la empresa SERVINPET

RESUMEN KWT SERVINPET		KVA
Circuitos	KWT	
Circuito C1	28,7	
Circuito C2	21	
Circuito C3	25,4	
Circuito C4	22,67	
Circuito C5	1,8	
Total	99,57	115,77

Realizado por: Autores

Figura 6: Resumen del Levantamiento de carga en la empresa SERVINPET



Realizada por: Autores

Descripción:

Mediante el levantamiento de carga realizado en la empresa SERVINPET, se obtiene que la carga total existente es de 115,77 KVA, alimentada por un transformador de 100 KVA, cabe indicar que no toda la carga funciona al mismo tiempo, por ello se debe conocer ciertos factores eléctricos, como son factores de utilización, simultaneidad, demanda, carga, entre otros.

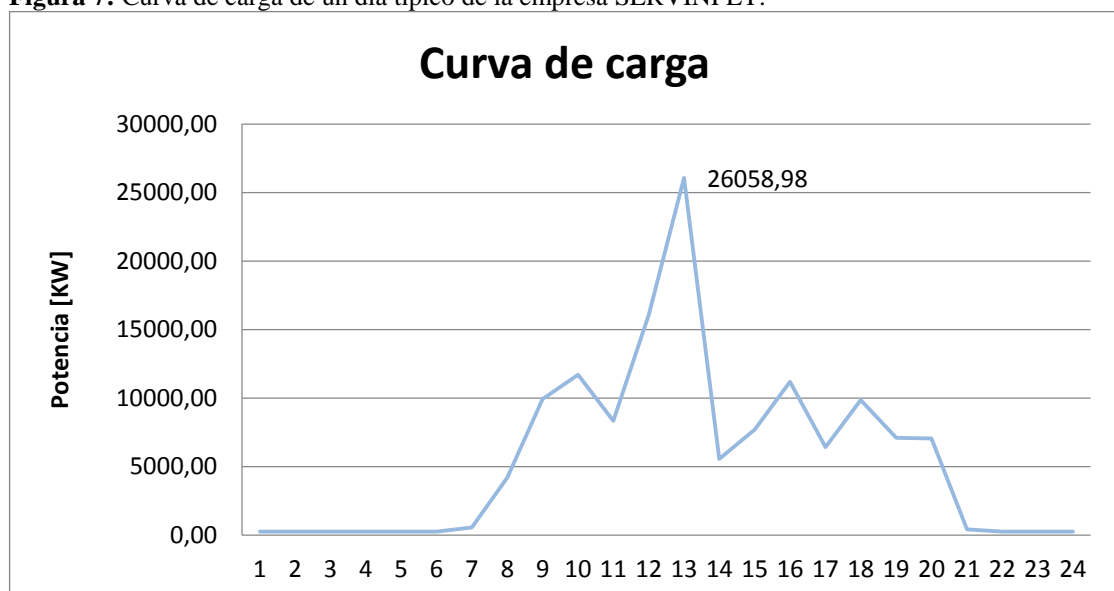
Medición de parámetros eléctricos

Para la elaboración de las curvas de carga y obtención de los parámetros eléctricos del sistema de la empresa “SERVINPET” se realizó con el analizador de carga FLUKER 1735, los registros se realizó en intervalos de 10 min durante 7 días continuos en el tablero principal de distribución de bajo voltaje.

Curva de carga

Para la elaboración de la curva de carga se trabajó con las potencias medidas durante los siete días en los cuales el analizador de carga registró mediciones de potencia. Haciendo uso de los histogramas de frecuencia se obtuvo una muestra representativa de las cargas más probables que se pueden obtener en una jornada de trabajo.

Figura 7: Curva de carga de un día típico de la empresa SERVINPET.



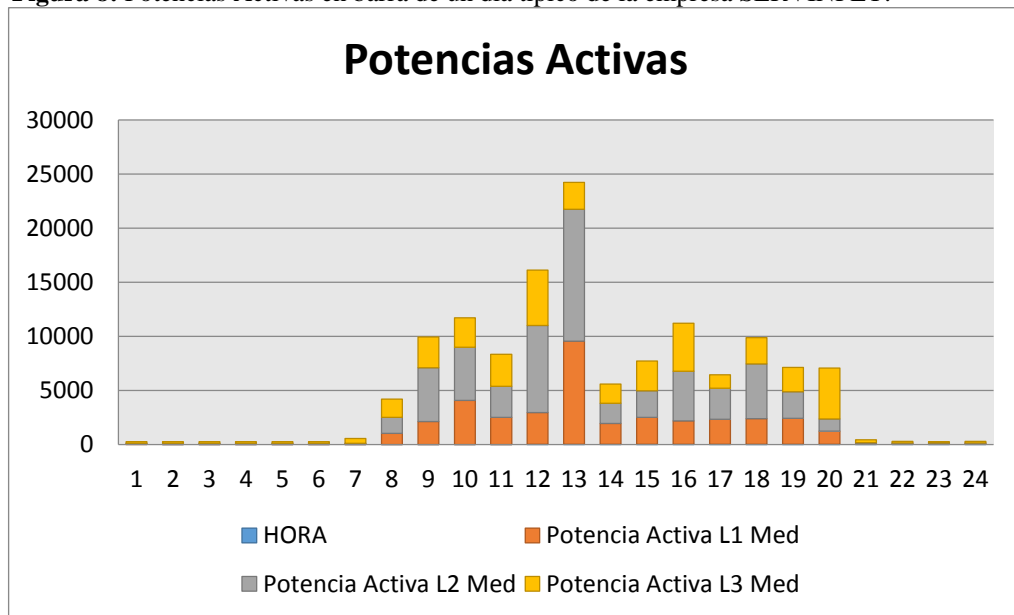
Realizado por: autores

La curva presentada es el resultado de un modelo analítico considerando histogramas de frecuencia, la razón por la que se modeló de esta manera es la finalidad de sacar una curva de

carga representativa con los valores de más alta probabilidad de que se presente. Esta curva se la realizo en base a los datos obtenidos del analizador de carga.

Potencia Activa actual de un día típico.

Figura 8: Potencias Activas en barra de un día típico de la empresa SERVINPET.



Realizado por: Autores

Mediante el análisis de la curva de potencias activas se determina que el pico máximo que se presenta durante el día de trabajo se da a las 12:00 a 13:00, cuya potencia es de 26058,98W o 26,058 KW, mientras que la demanda mínima generada en la empresa es a las 22:00 con un valor de 250,91W o 0,250 KW, cabe indicar que la empresa trabaja 10 horas al día.

Determinación de la demanda

La demanda máxima se registra a de 12:00 a 13:00 por un intervalo de una hora, este pico será motivo de estudio una vez se incremente una carga paralela, se incluirán los resultados y comparaciones del sistema.

Se procede al cálculo del factor de utilización empleando la formula con el objetivo de determinar la cargabilidad del transformador de acuerdo a las mediciones la demanda máxima fue de 31,40 KVA registrada a las 12:00 a 13:00 de acuerdo al histograma de frecuencia la capacidad instalada es de 100 KVA con lo que se obtiene:

$$FU = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Capacidad del sistema}}$$

$$FU = \frac{31,40}{100}$$

$$FU = 0,31$$

Este resultado de 0,31 nos indica que el transformador está subcargado y no tiene problemas de cargabilidad.

Factor de potencia actual por línea de un día típico.

Tabla 9: Factor De Potencia De Un Día Típico.

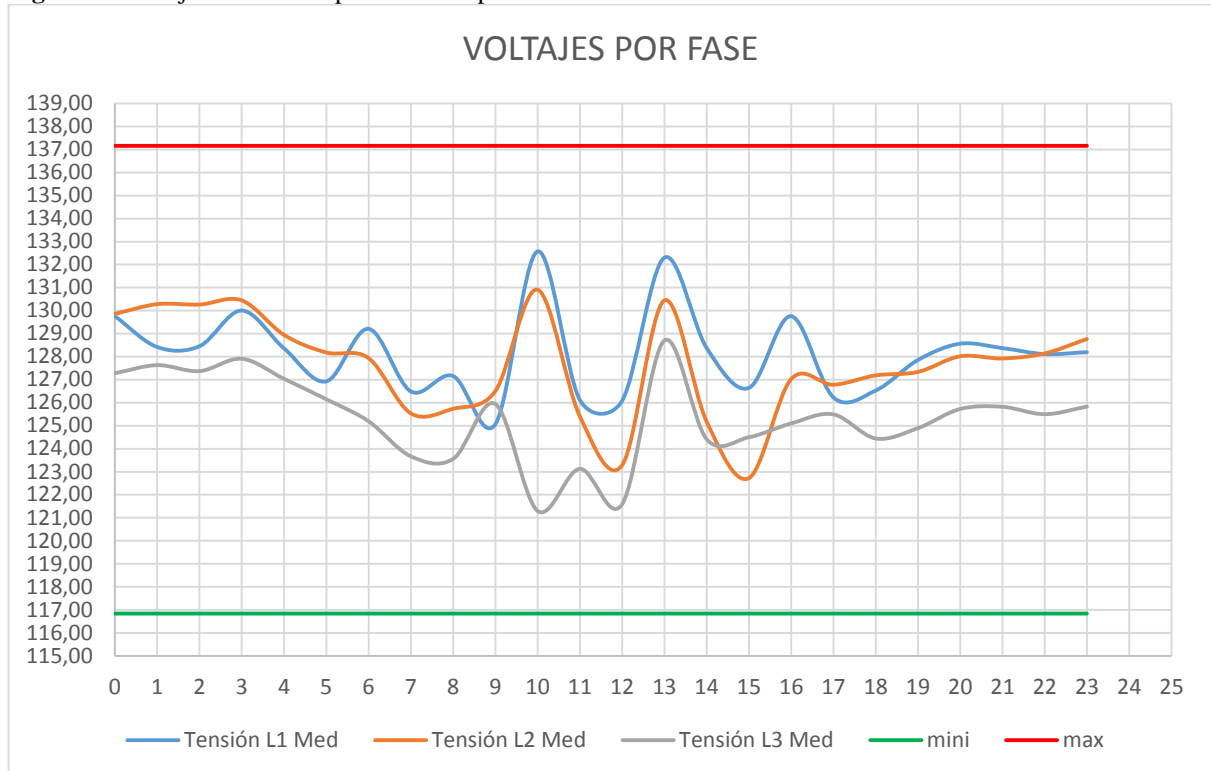
HORA	Factor de Potencia L1 Med	Factor de Potencia L2 Med	Factor de Potencia L3 Med	Promedio del Factor de Potencia L1,L2, L3 Med
0	0,99	1	0,71	0,9
1	0,99	0,71	0,77	0,82
2	0,99	0,71	0,71	0,8
3	0,99	1	0,71	0,9
4	0,99	0,71	0,77	0,82
5	0,99	0,71	0,77	0,82
6	0,99	1	0,89	0,96
7	0,71	0,92	0,92	0,85
8	0,81	0,99	0,86	0,89
9	0,79	1	0,85	0,88
10	0,84	0,99	0,93	0,92
11	0,86	1	0,97	0,94
12	0,82	0,85	0,83	0,83
13	0,8	0,87	0,8	0,82
14	0,8	0,88	0,86	0,85
15	0,69	0,83	0,97	0,83
16	0,27	1	0,93	0,73
17	0,83	0,97	0,83	0,88
18	0,84	0,99	0,89	0,91
19	0,41	0,44	0,9	0,58
20	0,98	0,78	0,96	0,91
21	0,99	1	0,79	0,93
22	0,99	0,71	0,92	0,87
23	0,99	1	0,73	0,91
		Promedio Total		0,86

Realizado por: Autores

Los factores de potencia registrados en la empresa son bajos, el cual indica que existe una penalización. El fp promedio se encuentra en 0,86, para lo cual se realizara un estudio para mejorar el valor del fp, considerando valores permitidos los cuales son superiores a 0,92.

Resumen de voltajes en la empresa SERVINPET.

Figura 9: Voltajes de un día típico de la empresa SERVINPET



Realizado por: Autores

Tabla 10: Resumen de voltajes SERVINPET.

RESUMEN DE VOLTAJES Y FACTOR DE POTENCIA				
INDICE	FASES	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
VOLTAJES	FASE 1	132,57	125,06	128,15
	FASE 2	130,91	122,72	127,62
	FASE 3	128,7	121,3	125,34

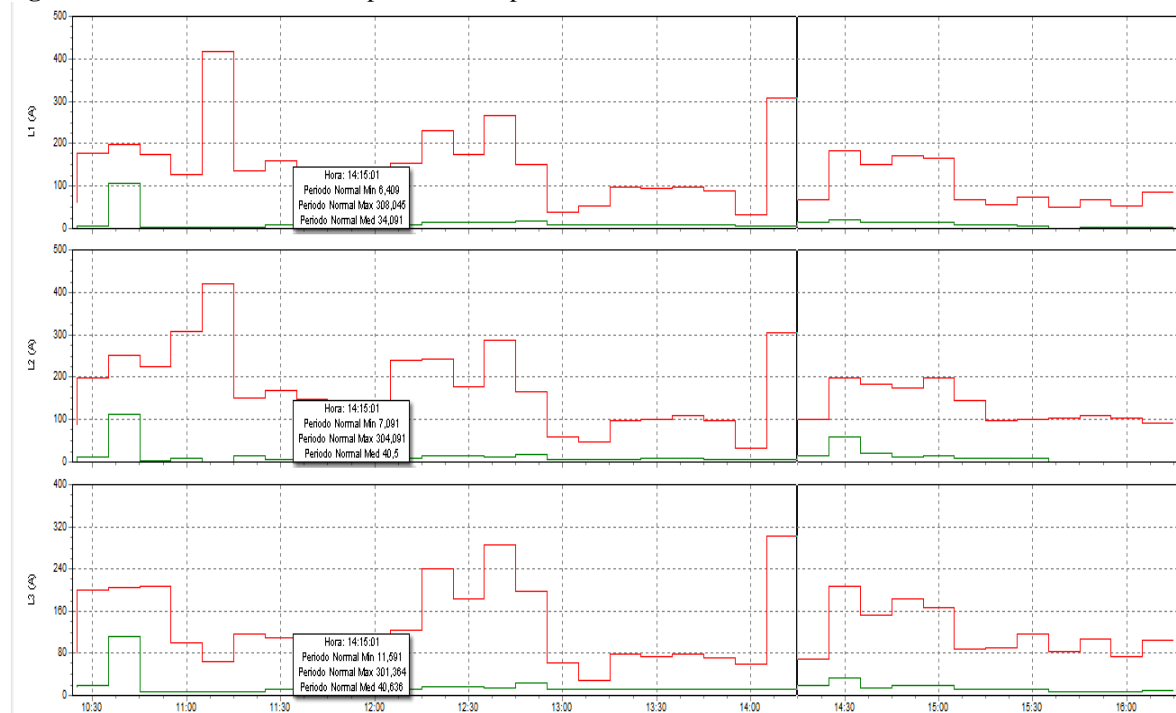
Realizado por: Autores

Descripción:

En cuanto a los voltajes mediante datos tomados por el analizador de carga y realizando las tabulaciones correspondientes, se obtiene que existen valor dentro de los límites permitidos en la regulación en cuanto a variaciones de voltajes, considerando el voltaje de placa del lado secundario del transformador que es 220/127V cuyas variaciones aceptadas son del $\pm 8\%$.

Resumen de corrientes en la empresa SERVINPET.

Figura 10: Corrientes de un día típico de la empresa SERVINPET



Realizado por: Autores

Descripción:

De acuerdo a las mediciones se puede afirmar que las cargas se encuentran desbalanceadas pues las corrientes no están en fase, se aprecia las potencias medidas en el día, el comportamiento de cada una de las fases no es similar, esto nos indica que las cargas no están uniformemente distribuidas en cada una de las fases, por lo que se requiere hacer un rebalanceo de las cargas, es preciso recalcar que las corrientes tampoco se mantienen balanceadas.

Características del transformador.

Tabla 11: Características del transformador

Potencia Nominal KVA	100
Numero de fases	3
Tensión primaria KV	22
Tensión secundaria V	220-127
Corriente primaria A	1.57
Corriente secundaria A	157
Tensión de C.C%	3.88
Aceite	Mineral
Peso total Kg	550

Realizado por: Autores.

Pérdidas del transformador de 100 KVA de la empresa SERVINPET.

Se aplicara la metodología propuesta por (MENTOR, A New Method to Calculate Power Distribution Losses in an Environment of High Unregistered Loads, 1999).

Esta metodología es aplicable a todos los sistemas en los que se tenga que evaluar perdidas resistivas por efecto Joule, que en este caso sería para las perdidas resistivas en los transformadores.

Para calcular las pérdidas de potencia se obtiene registros de demanda, medida en el tablero de distribución principal, con un mínimo de registro de un día con fecha y hora.

Pérdidas de energía en el núcleo

Para encontrar las pérdidas de energía en el núcleo se necesita de Las pérdidas en vacío del transformador.

$$P_{\text{energía núcleo}} = (P_o * t)$$

Donde:

P_o = Pérdidas en vacío del transformador de distribución

t = tiempo en horas (en caso de un año 8760 h)

Entonces:

Para el transformador de 100 KVA las Pérdidas en vacío son 0,3610 KW de acuerdo al Anexo 2 y el tiempo de referencia es de un año por lo cual son 8760 horas.

$$P_{\text{energía núcleo}} = (0,3610 * 8760)$$

$$P_{\text{energía núcleo}} = 3162,36 \text{ KWh}$$

Energía de pérdidas resistivas

$$D_{RLi} = \left(\frac{D_{pi} \times \cos\varphi_{\max}}{D_{p\max} \times \cos\varphi_i} \right)^2 \times D_{RL\max}$$

Donde:

D_{RLi} : Pérdidas resistivas de potencia en el instante i [KW]

$D_{RL-\max}$: Pérdidas resistivas de potencia a demanda maxima [KW]

$\cos\varphi_{\max}$: Factor de potencia a ddemanda maxima.

$\cos\varphi_i$: Factor de potencia en el intervalo i

D_{pmax} : Demanda maxima [KW]

D_{pi} : Demanda en el instante i [KW]

En primer lugar se procede a calcular D_{RLmax} o pérdidas a demanda máxima con la siguiente expresión:

$$D_{RLmax} = \left(\frac{KVA D_{max}}{KVA D_{nom}} \right)^2 \times Pr = (FU)^2 \times Pr$$

En primer lugar se procede a calcular D_{RLmax} o pérdidas a demanda máxima con la siguiente expresión:

Donde:

KVA D_{max} : Demanda máxima en KVA del registro de carga

KVA D_{nom} : Demanda nominal en KVA del transformador

Pr : Pérdidas resistivas a plena carga

FU : Factor de utilización

El factor de utilización del transformador de 100 KVA de acuerdo al día típico es de:

FU= 0,31, por lo tanto el tablero se encuentra subcargado.

De acuerdo al Anexo 16 para un transformador de 100 KVA las pérdidas resistivas a plena carga son:

Pr = 1,3680

Entonces:

$$D_{RLmax} = (FU)^2 \times Pr$$

$$D_{RLmax} = (0,31)^2 \times 1,3680 = 0,1349 \text{ KW}$$

$$D_{RLi} = \left(\frac{D_{pi} \times \cos\varphi_{max}}{D_{pmax} \times \cos\varphi_i} \right)^2 \times D_{RLmax}$$

$$D_{RLi} = \left(\frac{0,25 \times 0,83}{26,06 \times 0,83} \right)^2 \times 0,1349$$

$$D_{RLi} = 0.00001$$

De La misma forma se calculan Las pérdidas en el resto de intervalos del registro de 24 horas. Completando este cálculo para todos los intervalos del día de demanda máxima registrada, se obtienen Las pérdidas para cada intervalo y se obtiene:

Tabla 12: Resumen de pérdidas en un día típico

HORA	Potencia trifásica	FP trifásico	Pérdidas trifásicas
0	0,25	0,83	0,00001
1	0,25	0,84	0,00001
2	0,25	0,86	0,00001
3	0,25	0,88	0,00001
4	0,25	0,97	0,00001
5	0,25	0,72	0,00000
6	0,56	0,72	0,00002
7	4,20	0,98	0,00234
8	9,94	0,86	0,00997
9	11,71	0,86	0,01398
10	8,33	0,96	0,00882
11	16,09	0,92	0,03005
12	26,06	0,83	0,1349
13	5,56	0,70	0,00209
14	7,70	0,86	0,00604
15	11,19	0,91	0,01420
16	6,43	0,93	0,00492
17	9,86	0,87	0,01009
18	7,10	0,99	0,00681
19	7,06	1,00	0,00683
20	0,41	0,72	0,00001
21	0,26	0,77	0,00001
22	0,25	0,72	0,00000
23	0,26	0,91	0,00001
		TOTAL KW	0,251

Realizado por: Autores

Intervalo de tiempo = 10 minutos = 0.17 horas

Ahora con el sumatorio de DrLi y el tiempo se encuentran las pérdidas de energía para el día del registro disponible.

Energía Pérdida = Total DrLi * Intervalo de tiempo

Energía Pérdida = 0,251*0,17= 0,04 KWh Al día.

Para calcular la energía anual de pérdidas resistivas se usa la expresión:

$$E_{p\acute{e}r \text{ anual}} = D_{RLmax} * F_{p\acute{e}r} * 8760$$

Donde:

D_{RLmax} : Pérdidas resistivas a demanda máxima

$F_{p\acute{e}r}$: Factor de pérdidas

t : 8760 horas cuando el periodo de análisis es un año

Se procede a calcular el factor de pérdidas, el mismo que depende de las pérdidas de energía, el tiempo y las pérdidas a demanda máxima de los registros de carga, mostrados en la siguiente expresión.

$$F_{p\acute{e}r} = \frac{E_{p\acute{e}r}}{D_{RLmax} * t}$$

Donde:

D_{RLmax} : Pérdidas resistivas a demanda máxima

$E_{p\acute{e}r}$: Energía de pérdidas

t : 24 horas cuando el periodo de análisis.

$$F_{p\acute{e}r} = \frac{0,04}{0,1349 * 24} = 0,01$$

Una vez calculadas las pérdidas a demanda máxima y el factor de pérdidas se procede a calcular las pérdidas anuales de energía con la expresión:

$$E_{p\acute{e}r \text{ anual}} = D_{RLmax} * F_{p\acute{e}r} * 8760$$

$$E_{p\acute{e}r \text{ anual}} = 0,1349 * 0,02 * 8760$$

$$E_{p\acute{e}r \text{ anual}} = 11,81 \text{ KWh.}$$

Cálculo de caídas de voltaje del transformador al tablero principal.

Ejemplo De Cálculo:

Para el calibre de conductores se utiliza la tabla del Anexo 7

Calculo de caídas de voltaje del tablero principal a las cargas.

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * (R * I * \cos \theta + X * I * \sin \theta) * l}{1000 * \# \text{ conductores por fase}}$$

$$\theta = \cos^{-1} 0,85 = 31,78^\circ$$

$$\begin{aligned} \Delta V &= \frac{\sqrt{3} * (0,186 * 18,87 * 0,85 + 0,0450 * 18,87 * 0,526) * 38,70}{1000 * 1} \\ &= 0,23 V \end{aligned}$$

Calculo del porcentaje de caídas de voltaje

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{KV * 1000}$$

$$\begin{aligned} \Delta V\% &= \frac{0,23}{0,22 * 1000} \\ &= 0,10\% \end{aligned}$$

Calculo de la corriente de cortocircuito

$$I_{cc} = \frac{\# \text{ conductores por fase} * Kv * 1000 * 1000}{\sqrt{3} * \sqrt{R^2 + X^2} * l}$$

$$\begin{aligned} I_{cc} &= \frac{1 * 0,22 * 1000 * 1000}{\sqrt{3} * \sqrt{0,186^2 + 0,0450^2} * 38,70} \\ &= 17150 A \end{aligned}$$

Cálculo de Reactancia Inductiva

“Viakon Conductores” La reactancia inductiva es la oposición o resistencia que ofrecen al flujo de la corriente por un circuito eléctrico cerrado las bobinas o enrollados hechos con alambre de cobre, ampliamente utilizados en motores eléctricos, transformadores de tensión o voltaje y otros dispositivos.

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right)$$

$$XL = 2 \times \pi \times f * L$$

La distancia media geométrica, DMG, para este corte de cables, se calcula de siguiente manera.

$$DMG = \sqrt[3]{a \times b \times c} = \sqrt[3]{2D \times 2D \times 4D} = D\sqrt[3]{16} = 2.52D$$

Dónde:

D: El diámetro exterior de conductor aislado (D), se toma de la tabla de dimensiones. El radio medio Geométrico, RMG, del conductor se ve afectada por su construcción y se calcula como sigue.

$$RMG = r * k$$

Dónde:

R: Radio de conductor aislado, (mm)

K: Constante, en función del número de hilos

Tabla 13: Constante k según el número de hilos

Constante k	
k1h	0.779
K7h	0.726
K19h	0.758
K37h	0.768
K61h	0.774
K91h	0.776

Fuente: Conductores Viakon

Motor de 5,50 KW

Calibre #2

Diámetro Exterior =10.45mm Anexo 8

Cálculo de la Reactancia Inductiva

$$r = \frac{\emptyset}{2} = \frac{\text{Diametro}}{2}$$

$$r = \frac{10.45}{2} = 5.22\text{mm}$$

K7h=0.726 Según la Tabla 9

$$\text{RMG} = r * k$$

$$\text{RMG} = 5.22\text{mm} \times 0.726 = 3.79\text{mm}$$

$$\text{DMG} = D\sqrt[3]{16} = 2.52D$$

$$\text{DMG} = 2.52 \times 10.45\text{mm} = 26.334\text{mm}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln\left(\frac{\text{DMG}}{\text{RMG}}\right)$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \ln\left(\frac{26.334\text{mm}}{3.79\text{mm}}\right) = 0.000000387 \frac{\Omega}{\text{mm}}$$

$$\text{XL} = 2 \times \pi \times f * L$$

$$\text{XL} = 2 \times \pi \times 60\text{Hz} * \left(0.000000387 \frac{\Omega}{\text{mm}}\right)$$

$$\text{XL} = 0.000146 \frac{\Omega}{\text{mm}}$$

$$\text{XL} = 0.000146 \frac{\Omega}{\text{mm}} \times \left|\frac{10\text{mm}}{1\text{cm}}\right| \times \left|\frac{2.54\text{cm}}{1\text{pulg}}\right| \times \left|\frac{12\text{pulg}}{1\text{pie}}\right|$$

$$\text{XL} = 0.045 \frac{\Omega}{\text{pie}}$$

Tabla 14: Cálculo de caídas de voltaje del transformador al tablero principal

ESTUDIO DE CARGAS SERVINPET													
	DESDE	HASTA	Voltaje [kV]	Potencia	Unidad	P.F. [%]	DISTANCIA [ft]	I nom. [A]	Rac [Ω/kft]	XL [Ω/kft]	%ΔV	Icc max [A]	CONDUCTORES
1	TRAFO 100	TP	0,22	100,00	kVA	85%	65,60	262,43	0,098385	0,043000	0,72%	36066,15	3-2/C # 2/0 THHN + GND

Realizado por: Autores

Tabla 15: Cálculo de caídas de voltaje del tablero principal a las cargas

ESTUDIO DE CARGAS SERVINPET														
	DESDE	HASTA	Voltaje [kV]	Potencia	Unidad	P.F. [%]	DISTANCIA [ft]	I nom. [A]	Rac [Ω/kft]	XL [Ω/kft]	%ΔV	Icc max [A]	CONDUCTORES	
2	CIRCUITO C1	Maquina Durma lw 55	0,22	5,5	kW	85%	38,70	18,87	0,186932	0,045000	0,10%	17068,33	3-1/C # 2 THHN + GND	
3		Troqueladora	0,22	3,55	kW	85%	65,27	12,18	0,186932	0,045000	0,11%	10120,92	3-1/C # 2 THHN + GND	
4		Fresadora	0,22	8,00	HP	85%	91,51	20,47	0,186932	0,045000	0,27%	7218,86	3-1/C # 2 THHN + GND	
5		Soldadora	0,22	13,20	kW	85%	124,31	45,28	0,186932	0,045000	0,81%	5314,15	3-1/C # 2 THHN + GND	
6		Iluminacion	0,12	0,48	kW	85%	171,54	3,02	0,767403	0,052000	0,51%	525,08	3-1/C # 8 THHN + GND	
7	CIRCUITO C2	Soldadora Lincon Electric	0,22	3,00	kW	85%	41,33	10,29	0,186932	0,045000	0,06%	15984,62	3-1/C # 2 THHN + GND	
8		Soldadora Lincon Electric	0,22	3,00	kW	85%	61,34	10,29	0,186932	0,045000	0,09%	10770,39	3-1/C # 2 THHN + GND	
9		maquina Geka Bendicrop	0,22	3,00	kW	85%	100,70	10,29	0,186932	0,045000	0,15%	6560,46	3-1/C # 2 THHN + GND	
10		Soldadora Miller	0,22	3,00	kW	85%	100,70	10,29	0,186932	0,045000	0,15%	6560,46	3-1/C # 2 THHN + GND	
11		Soldadora Miller	0,22	3,00	kW	85%	100,70	10,29	0,186932	0,045000	0,15%	6560,46	3-1/C # 2 THHN + GND	
12		Soldadora Miller	0,22	3,00	kW	85%	140,06	10,29	0,186932	0,045000	0,21%	4716,77	3-1/C # 2 THHN + GND	
13		Marcadora Geka Pp 50	0,22	3,00	kW	85%	209,92	10,29	0,186932	0,045000	0,31%	3146,97	3-1/C # 2 THHN + GND	
14		Soldadora Miller	0,22	3,00	kW	85%	90,53	10,29	0,186932	0,045000	0,13%	7297,17	3-1/C # 2 THHN + GND	
15		Soldadora Lincon Electric	0,22	3,00	kW	85%	108,57	10,29	0,186932	0,045000	0,16%	6084,67	3-1/C # 2 THHN + GND	
16		Soldadora Lincon Electric	0,22	3,00	kW	85%	130,54	10,29	0,186932	0,045000	0,19%	5060,61	3-1/C # 2 THHN + GND	
17	Robot Soldadora	0,22	3,00	kW	85%	150,55	10,29	0,186932	0,045000	0,22%	4387,99	3-1/C # 2 THHN + GND		
18	CIRCUITO C3	Amoladora	0,22	2,20	kW	85%	170,56	7,55	0,186932	0,045000	0,19%	3873,20	3-1/C # 2 THHN + GND	
19		Soldadora Miller	0,22	3,00	kW	85%	190,57	10,29	0,186932	0,045000	0,28%	3466,51	3-1/C # 2 THHN + GND	
20		Amoladora	0,22	2,20	kW	85%	210,58	7,55	0,186932	0,045000	0,23%	3137,11	3-1/C # 2 THHN + GND	
21		Soldadora Lincon Electric	0,22	3,00	kW	85%	230,58	10,29	0,186932	0,045000	0,34%	2865,00	3-1/C # 2 THHN + GND	
22		Cortadora Geka 110 PD	0,22	3,00	kW	85%	250,59	10,29	0,186932	0,045000	0,37%	2636,23	3-1/C # 2 THHN + GND	
23	CIRCUITO C4	Compresor	0,22	10,00	HP	0,85	83,97	25,59	0,186932	0,045000	0,31%	7867,43	3-1/C # 2 THHN + GND	
24		Soldadora Lincon Electric	0,22	3,00	kW	85%	112,18	10,29	0,186932	0,045000	0,17%	5889,07	3-1/C # 2 THHN + GND	
25		Amoladora	0,22	2,20	kW	85%	140,38	7,55	0,186932	0,045000	0,15%	4705,75	3-1/C # 2 THHN + GND	
26		Amoladora	0,22	2,20	kW	85%	168,59	7,55	0,186932	0,045000	0,18%	3918,41	3-1/C # 2 THHN + GND	
27		Shark Hydra Cortadora	0,22	4,00	kW	85%	196,80	13,72	0,186932	0,045000	0,39%	3356,77	3-1/C # 2 THHN + GND	
28		Amoladora	0,22	2,20	kW	85%	225,01	7,55	0,186932	0,045000	0,24%	2935,95	3-1/C # 2 THHN + GND	
29		Ridgid	0,22	1,50	HP	85%	253,22	3,84	0,186932	0,045000	0,14%	2608,89	3-1/C # 2 THHN + GND	
30		Iluminacion	0,12	0,55	kW	100%	83,97	2,94	0,767403	0,052000	0,27%	1072,73	3-1/C # 8 THHN + GND	
31		CIRCUITO C5	Iluminacion (12ux0,15w)	0,22	1,80	kW	100%	171,54	5,25	0,767403	0,052000	0,54%	962,65	3-1/C # 8 THHN + GND
32		NUEVA CARGA	Bendicrop 50	0,22	6,00	kW	85%	112,18	20,58	0,186932	0,045000	0,33%	5889,1	3-1/C # 2 THHN + GND
33	Hydracrop 55 SD		0,22	20,00	kW	85%	140,38	68,61	0,186932	0,045000	1,38%	4705,75	3-1/C # 2 THHN + GND	
34	Shark CCS 332 MEP		0,22	2,20	kW	85%	168,59	7,55	0,186932	0,045000	0,18%	3918,41	3-1/C # 2 THHN + GND	
35	Bendicrop 60 SD		0,22	11,00	kW	85%	196,80	37,74	0,186932	0,045000	1,07%	3356,77	3-1/C # 2 THHN + GND	
36	Shark NC 5.0 281		0,22	14,50	kW	85%	225,01	49,74	0,186932	0,045000	1,61%	2935,95	3-1/C # 2 THHN + GND	
37	Hydracrop 80 SD		0,22	9,00	kW	85%	253,22	30,87	0,186932	0,045000	1,12%	2608,89	3-1/C # 2 THHN + GND	
38	ILUMINACION		0,12	6,38	kW	100%	83,97	34,11	0,186932	0,045000	0,77%	4291,33	1-1/C # 2 THHN + GND	

Realizado por: Autores

Pérdidas de potencia y energía

Pérdidas de potencia en conductores.

En los componentes dentro de su sistema ya sean estos conductores, transformadores, etc., mediante flujos de potencia se obtiene la magnitud de las pérdidas debido a la resistencia de los componentes eléctricos, estas pérdidas no pueden ser eliminadas del todo pero si pueden

ser minimizadas mediante estudios de ingeniería. Estas pérdidas sumadas en un instante de tiempo, son denominadas pérdidas de potencia y son expresadas en KW. Las pérdidas de potencia durante un periodo de tiempo son pérdidas de energía y se expresan en KWh.

Para el cálculo de las pérdidas de potencia en %, se basa en relación a la tabla 12, se realizara un ejemplo aplicando para un sistema trifásico en el C1 hacia la carga.

Tabla 16: Cálculo de secciones, caídas de tensión y pérdidas de potencia en circuitos simples

Corriente	Sección	Caída de tensión	% de Pérdida de potencia
Continua y alterna monofásica Para C.C. no se valora $\cos \varphi$	Datos: intensidad y tensión $s = \frac{2 \times L \times I \times \cos \varphi}{C \times e}$	$e = \frac{2 \times L \times I \times \cos \varphi}{C \times s}$	$P = \frac{200 \times L \times W}{C \times s \times V^2 \times \cos^2 \varphi}$
	Datos: tensión y potencia $s = \frac{2 \times L \times W}{C \times s \times V}$	$e = \frac{2 \times L \times W}{C \times s \times V}$	
Trifásica	Datos: intensidad y tensión $s = \frac{L \times I \times \sqrt{3} \times \cos \varphi}{C \times e}$	$e = \frac{L \times I \times \sqrt{3} \times \cos \varphi}{C \times s}$	$P = \frac{100 \times L \times W}{C \times s \times V^2 \times \cos^2 \varphi}$
	Datos: tensión y potencia $s = \frac{L \times W}{C \times e \times V}$	$e = \frac{L \times W}{C \times s \times V}$	

C = conductividad – Cu = 56 – Al = 35 – Fe = 8,5. E = voltios de caída de tensión requeridas.
I = intensidad en amperios. L = longitud del circuito en metros.

Fuente: Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión (Antonio López López)

S: Sección del conductor en mm^2

V: Voltaje de servicio, en voltios

P: Potencia transportada, en vatios

L: Longitud de la línea, en metros

P: Pérdida de potencia en el intervalo de la línea en %

K: Conductividad eléctrica, para el cobre 56

Cálculo de las pérdidas de potencia

$$\% P = \frac{100 * L * P}{K * S * V^2 * \cos^2 \varphi}$$

$$\% P = \frac{100 * 11,8 * 55000}{33,6 * 56 * 220^2 * 0,85^2}$$

$$\% P = 0,0986$$

Tabla 17: Cálculo de perdidas de potencia empresa Servinpet.

ESTUDIO DE CARGAS SERVINPET									
	DESDE	HASTA	Voltaje [kV]	Potencia	Unidad	DISTANCIA [m]	Conduc Electrica Kcu	SECCION CONDUCTOR	PERDIDAS w
1	TRAFO 100	TP	0,22	100,00	kVA	20,01	56	76,4	1,337332
2	CIRCUITO C1	Maquina Durma lw 55	0,22	5,5	kW	11,80	56	33,6	0,098675
3		Troqueladora	0,22	3,55	kW	19,91	56	33,6	0,10741
4		Fresadora	0,22	8,00	HP	27,91	56	33,6	0,339357
5		Soldadora	0,22	13,20	kW	37,92	56	33,6	0,760635
6		Iluminacion	0,12	0,48	kW	52,32	56	8,4	0,513155
7		CIRCUITO C2	Soldadora Lincon Electric	0,22	3,00	kW	12,61	56	33,6
8	Soldadora Lincon Electric		0,22	3,00	kW	18,71	56	33,6	0,085295
9	maquina Geka Bendicrop		0,22	3,00	kW	30,71	56	33,6	0,140031
10	Soldadora Miller		0,22	3,00	kW	30,71	56	33,6	0,140031
11	Soldadora Miller		0,22	3,00	kW	30,71	56	33,6	0,140031
12	Soldadora Miller		0,22	3,00	kW	42,72	56	33,6	0,194766
13	Marcadora Geka Pp 50		0,22	3,00	kW	64,03	56	33,6	0,29192
14	CIRCUITO C3	Soldadora Miller	0,22	3,00	kW	27,61	56	33,6	0,125893
15		Soldadora Lincon Electric	0,22	3,00	kW	33,11	56	33,6	0,15098
16		Soldadora Lincon Electric	0,22	3,00	kW	39,81	56	33,6	0,181532
17		Robot Soldadora	0,22	3,00	kW	45,92	56	33,6	0,209359
18		Amoladora	0,22	2,20	kW	52,02	56	8,4	0,695744
19		Soldadora Miller	0,22	3,00	kW	58,12	56	33,6	0,265012
20		Amoladora	0,22	2,20	kW	64,23	56	33,6	0,214748
21		Soldadora Lincon Electric	0,22	3,00	kW	70,33	56	33,6	0,320651
22		Cortadora Geka 110 PD	0,22	3,00	kW	76,43	56	33,6	0,348477
23	CIRCUITO C4	Compresor	0,22	10,00	HP	25,61	56	33,6	0,389227
24		Soldadora Lincon Electric	0,22	3,00	kW	34,21	56	33,6	0,155995
25		Amoladora	0,22	2,20	kW	42,82	56	33,6	0,143163
26		Amoladora	0,22	2,20	kW	51,42	56	33,6	0,171929
27		Shark Hydra Cortadora	0,22	4,00	kW	60,02	56	33,6	0,3649
28		Amoladora	0,22	2,20	kW	68,63	56	33,6	0,229462
29		Ridgid	0,22	1,50	HP	77,23	56	33,6	0,176064
30		Iluminacion	0,12	0,55	kW	25,61	56	33,6	0,051986
31	CIRCUITO C5	Iluminacion (12ux0,15w)	0,22	1,80	kW	52,32	56	8,4	0,413652
32	NUEVA CARGA	Bendicrop 50	0,22	6,00	kW	34,21	56	33,6	0,31199
33		Hydracrop 55 SD	0,22	20,00	kW	42,82	56	33,6	1,301478
34		Shark CCS 332 MEP	0,22	2,20	kW	51,42	56	33,6	0,171929
35		Bendicrop 60 SD	0,22	11,00	kW	60,02	56	33,6	1,003476
36		Shark NC 5.0 281	0,22	14,50	kW	68,63	56	33,6	1,51236
37		Hydracrop 80 SD	0,22	9,00	kW	77,23	56	33,6	1,056387
38		ILUMINACION	0,12	6,38	kW	25,61	56	33,6	0,603132
								PERD POT (w)	14,776

Realizado por: Autores

Simulación del sistema eléctrico actual de la empresa SERVINPET en el programa ETAP.

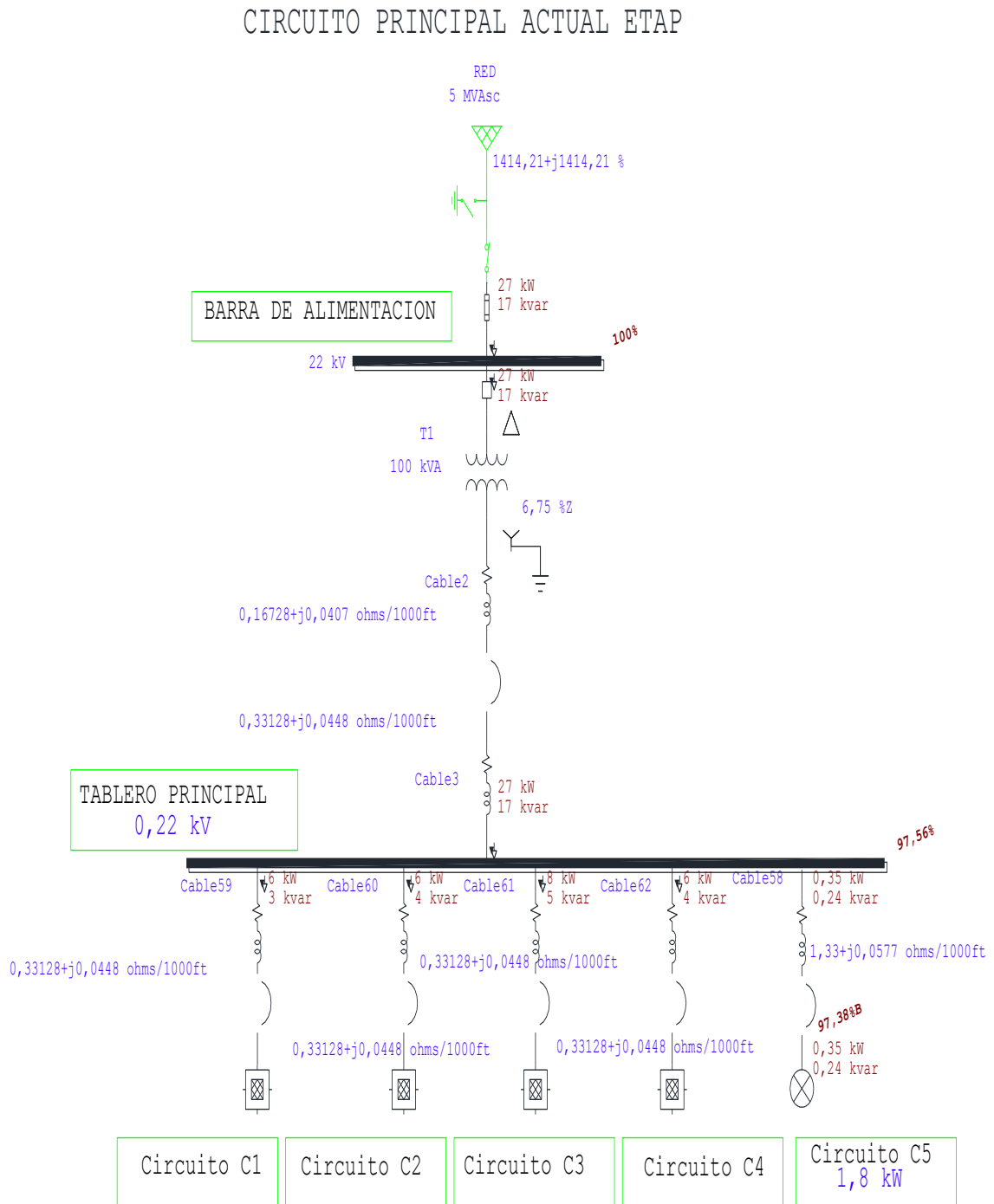
Para la simulación del diseño del sistema eléctrico, se realizó en base a la información recopilada mediante el censo de carga, se verifico los resultados, mediante un modelo del diagrama unifilar trazado en el programa ETAP 12.6.0 modelando un análisis de flujo carga.

Para la verificación y análisis de los resultados de la modelación se lo realizo mediante un análisis de flujo de carga, obteniendo como resultado la tensión en las barras, el factor de potencia, corriente y flujo de la potencia en las distintas ramas del sistema eléctrico simulado.

En el esquema se observa, desde las red de alimentación hasta los consumos, el sistema esta modelado, para suministrar de energía a los equipos eléctricos distribuidos en los respectivos

cuadros eléctricos, los interruptores de protección para el cuadro eléctrico y relés térmicos de menor calibre que protegen las cargas que son alimentadas mediante los respectivos cables.

Figura 11: Simulación del sistema eléctrico actual de la empresa SERVINPET en el programa ETAP



Realizado por: Autores.

Las características de la instalación considerada en el programa ETAP 12.6.0 para analizar el flujo de cargas son las presentadas en la tabla descrita a continuación:

Tabla 18: Indica el resumen de datos de la instalación

N° de Buses	42
N° de Ramas	41
N° de Redes	1
N° de Cargas	30
Potencia activa consumida (MW)	0,027
Potencia reactiva consumida (Mvar)	0,017
Potencia activa generada por la instalación (MW)	0,027
Potencia reactiva generada por la instalación (Mvar)	0,017
Potencia activa de pérdidas (MW)	0,001
Potencia reactiva de pérdidas (Mvar)	0,001

Realizado por: Autores.

Datos en barras obtenidos mediante la simulación en el programa ETAP.

Tabla 19: Datos en barras obtenidos mediante la simulación en el programa ETAP

Bus ID	Nominal kV	Voltaje	MW Carga	% Cargabilidad
CIRCUITO C1	0,22	97,53	0,006	0
CIRCUITO C2	0,22	97,53	0,006	0
CIRCUITO C3	0,22	97,51	0,008	0
CIRCUITO C4	0,22	97,52	0,006	0
TABLERO PRINCIPAL	0,22	97,56	0,026	0

Realizado por: Autores

Datos De cables obtenidos mediante la simulación en el programa ETAP.

Tabla 20: Datos en cables obtenidos mediante la simulación en el programa ETAP

ID	% PF	% Cargabilidad	% Δ	KW Pérdidas
Cable2	85,11	36,4	0,35	0,115
Cable3	85,05	36,4	0,35	0,115
Cable5	86,96	28,1	0,01	0,001
Cable6	85,82	1,3	0,01	0
Cable7	84,77	0,9	0,01	0
Cable8	86,01	1,4	0,02	0
Cable9	87,94	8,5	0,16	0,007

Cable10	80,01	1,8	0,05	0
Cable12	84,39	30,6	0,01	0,001
Cable13	84,38	4,4	0,03	0
Cable14	84,38	4,4	0,04	0
Cable15	84,39	4,4	0,06	0,001
Cable16	84,39	4,4	0,06	0,001
Cable17	84,39	4,4	0,06	0,001
Cable18	84,39	4,4	0,09	0,001
Cable19	84,4	4,4	0,13	0,001
Cable21	84,3	43,9	0,02	0,002
Cable22	84,38	4,4	0,06	0,001
Cable23	84,39	4,4	0,07	0,001
Cable24	84,39	4,4	0,08	0,001
Cable25	84,41	6,6	0,14	0,002
Cable26	83,65	3,3	0,08	0,001
Cable27	84,4	4,4	0,12	0,001
Cable28	83,66	3,3	0,1	0,001
Cable29	84,43	6,6	0,22	0,004
Cable30	84,43	6,6	0,24	0,004
Cable48	84,77	32,3	0,02	0,001
Cable49	86,57	9,9	0,12	0,003
Cable50	84,39	4,4	0,07	0,001
Cable51	83,65	3,3	0,07	0,001
Cable52	83,65	3,3	0,08	0,001
Cable53	85,1	5,7	0,16	0,002
Cable54	83,66	3,3	0,11	0,001
Cable55	82,03	1,8	0,07	0
Cable56	80,33	2,1	0,03	0
Cable58	83,21	5,9	0,18	0,001
Cable59	86,97	28,1	0,01	0,001
Cable60	84,4	30,6	0,01	0,001

Cable61	84,31	43,9	0,02	0,002
Cable62	84,78	32,3	0,06	0,001

Realizado por: Autores

Tabla 21: Resumen de la simulación actual

ID	Potencia KW	Potencia Reactiva KVAr	% PF	% Cargabilidad	% caída de voltaje	KW Pérdidas
T1	26,858	17,044	86,43	31,3	1,74	0,256

Realizado por: Autores

Cálculo de Luminarias

Para la Iluminación de la empresa SERVINPET se han elegido luminarias, en las cuales se han tomado en cuenta la forma y tamaño del espacio, y la actividad a ser desarrollada, consideración los catálogos y especificaciones técnicas que requiere el espacio a ser iluminado que cumpla con los luxes máximos y mínimos para el área, en el cual dependemos de varias área de trabajo, producción, oficinas, bodegas, baños, área auxiliares.

Área de producción

El área de producción se limita entre 40.6 m de largo por 14.3 m de ancho y 5 m de altura. Para ello utilizaremos lámparas Electrónicas 4ME350 1xCDM-T150W +9ME100 R-CHID G potencia con un flujo luminoso de 14000lm. Según el catálogo del Anexo 13.

Los coeficientes de reflexión techo 0,7, suelo 0,5 es recomendable que el sistema de iluminación se instale a 4,5 existe equipos de transporte, como grúas, destinado a traslado de objetos pesados a distintos puntos de la nave, en el techo existe claraboyas que ofrece una iluminación diurna estimada de 75 lux lo suficiente homogénea a la altura del suelo.

Figura 12: Fotografía area procesos existe claraboyas

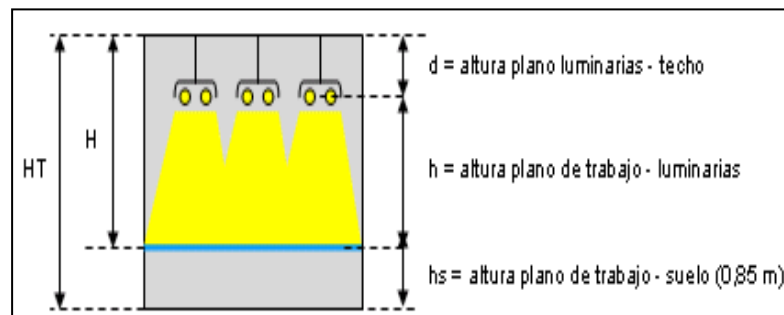


Realizado por: Autores

Nivel de iluminancia media: Según la norma española UNE EN 12464 – 1, establece que el nivel de iluminancia adecuado para la actividad a realizar es de 750 luxes, en el suelo.

- **Largo (b):** 40,6m
- **Ancho (a):** 14,3m
- **Factor de depreciación (g):** 0.80
- **Área:** 580,58 m²
- **(H):** 5m
- **(hs):** 0 m.
- **Nivel de iluminancia media:** 750 lx -75lx= 675
- **Lúmenes emitidos por la lámpara:** 14000 lm
- **Potencia de la lámpara:** 157 W
- **Nivel de voltaje:** 220 – 240 V

Figura 13: Alturas de trabajo



Fuente: Frier, John P. FRIER

Figura 14: Tabla de datos suministrada por el fabricante PHILIPS

legalux

Luminaire : 4ME350 1xCDM-T150W +9ME100 R-CHID GC I
 Total Lamp Flux : 14000 lm
 Light Output Ratio : 0.72
 Luminous Flux : 10080 lm
 Power : 157 W
 HxD : 0.60x0.38 m
 Ballast : Conventional



Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.10	0.50	0.20	0.50	0.10	0.30	0.10	0.30	0.10	0.10	0.00
0.60	0.35	0.33	0.35	0.34	0.33	0.28	0.27	0.24	0.27	0.24	0.23	0.23
0.80	0.45	0.42	0.44	0.43	0.42	0.37	0.36	0.33	0.36	0.33	0.31	0.31
1.00	0.53	0.49	0.52	0.50	0.48	0.43	0.43	0.40	0.42	0.39	0.38	0.38
1.25	0.60	0.55	0.58	0.56	0.54	0.50	0.49	0.46	0.48	0.46	0.44	0.44
1.50	0.64	0.59	0.63	0.60	0.58	0.54	0.53	0.50	0.53	0.50	0.49	0.49
2.00	0.72	0.64	0.70	0.66	0.63	0.60	0.59	0.57	0.58	0.56	0.55	0.55
2.50	0.76	0.67	0.74	0.70	0.66	0.64	0.63	0.61	0.62	0.60	0.58	0.58
3.00	0.79	0.69	0.76	0.72	0.68	0.66	0.65	0.63	0.64	0.62	0.61	0.61
4.00	0.82	0.71	0.80	0.75	0.70	0.68	0.67	0.66	0.66	0.65	0.63	0.63
5.00	0.84	0.72	0.81	0.76	0.71	0.70	0.68	0.67	0.67	0.66	0.64	0.64

Ceiling mounted

Fuente: Catalogo Philips

Índice del local:

Se obtiene el índice del local k mediante interpolación

$$K = \frac{A}{(a + b)h}$$

$$K = \frac{14,3m * 40,6m}{4,5 m(14,3 + 40,6)m} = 2,35$$

$$m' = \frac{c1 - c2}{k1 - k2} = \frac{0,74 - 0,7}{0,25 - 2} = 0,08$$

Se despeja: cu

$$m' = \frac{c1 - cu}{k_{inicial} - k2} \quad 0,08 = \frac{0,74 - cu}{2,35 - 2} \quad cu = 0,71$$

Tabla 22: Coeficientes de reflexión

	Techo	Pared	Suelo
Coefficiente de reflexión	0.7	0.5	0.3

Fuente: Sistemas de Iluminación Proyectos de Alumbrado (J. Ramírez V.)

Procedimiento de cálculos generales

$$\Phi T = \frac{E * A}{U * g}$$

$$N. L. = \frac{\Phi T}{n * \Phi L}$$

$$\Phi = \frac{(675)\text{luxes} * 14,3m * 40,6m}{(0,71) * (0,8)}$$

$$N. L. = \frac{6880015,6745\text{lúmenes}}{14000 \text{ lúmenes}}$$

$$\Phi = 688015,674 \text{ lúmenes}$$

$$N.L. = 49,14 \approx 49 \text{ Luminarias}$$

$$N.\text{ancho} = \sqrt{\frac{N}{Largo} * ancho}$$

$$N.\text{largo} = N.\text{ancho} * \left(\frac{largo}{ancho}\right)$$

$$N.\text{ancho} = \sqrt{\frac{49}{40,6m} * 14,3m}$$

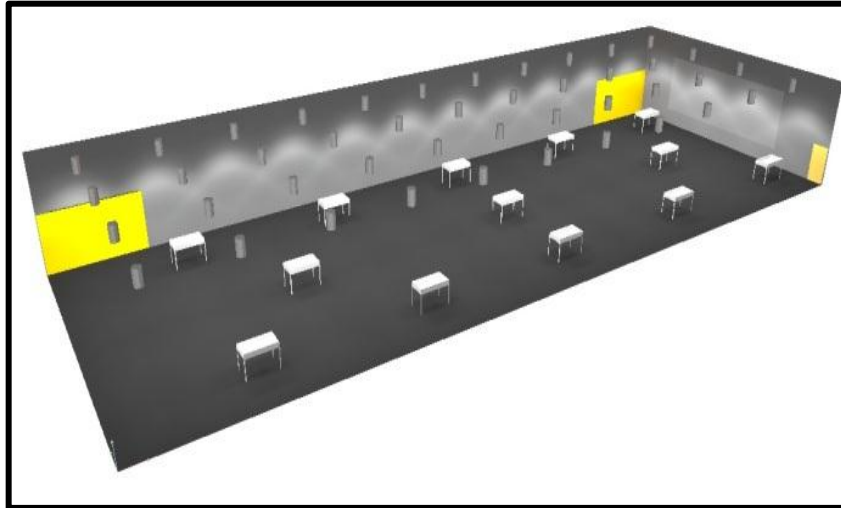
$$N.\text{largo} = 4m * \left(\frac{40,6m}{14,3m}\right)$$

$$N.\text{ancho} = 4,154 \approx 4 \text{ Luminarias}$$

$$N. \text{largo} = 11,357 \approx 11 \text{ Luminarias}$$

$$\begin{aligned}
 dx &= \frac{\text{ancho}}{N. \text{ ancho}} & dy &= \frac{\text{largo}}{N. \text{ largo}} & dx2 &= \frac{dx1}{2} & dy2 &= \frac{dy1}{2} \\
 dx &= \frac{14,3 \text{ m.}}{4 \text{ luminarias}} & dy &= \frac{40,6 \text{ m.}}{11 \text{ luminarias}} & dx2 &= \frac{3,575 \text{ m.}}{2} & dy2 &= \frac{3,69 \text{ m.}}{2} \\
 dx1 &= 3,575 \text{ m.} & dy1 &= 3,69 \text{ m.} & dx2 &= 1,78 \text{ m.} & dy2 &= 1,84 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Figura 15: Distribución Luminarias Área Procesos



Realizado por: Autores

$$E = \frac{n\phi_L n f_m}{S}$$

$$E = \frac{44 * 14000 * 0,71 * 0,8}{580,58} = 604,35 \text{ lx}$$

A nivel del suelo, la iluminancia total será:

$$L_{xtotal} = (604,35 + 75) \text{ lx}$$

$$L_{xtotal} = 679,35 \text{ lx Si cumple norma UNE EN 12464 - 1}$$

Tabla 23: Cuadro de especificaciones general de alumbrado Empresa SERVINPET

SISTEMA DE ILUMINACION SERVINPET POR AREAS	COEFICIENTE DE REFLEXIÓN			COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN	FACTOR DE MANTENIMIENTO	CALCULO FLUJO LUMINOSO	CALCULO # MINIMO DE LUMINARIAS	EMPLAZAMIENTO DE LAS LUMINARIAS						# LUMINARIAS EXISTENTES	# TOTAL LUMINARIAS QUE CUMPLE LOS LX	# LUM PARA RECTIFICAR LOS LUX	LUX REQUERIDOS	AREA TOTAL m2	PERDIDAS (W)
	TECHO	PARED	SUELO					ANCHO			LARGO								
								# LUMINARIAS	S. LAMP	S. PARED	# LUMINARIAS	S. LAMP	S. PARED						
AREA DE PROCESOS	0,7	0,5	0,3	0,71	0,8	688015,7	49,14	4	3,575	1,788	11	3,691	1,845	12	44	32	679,347	580,6	0,036065227
AREA BAÑOS	0,7	0,5	0,3	0,83	0,8	3974,097	2,21	1	3,458	1,729	2	4	2	2	2	0	90,5866	26,4	0,006802721
AREA BODEGA	0,7	0,5	0,3	0,95	0,6	11146,67	6,19	2	2,262	1,131	3	2,262	1,131	3	6	3	193,78	31,68	0,006802721
AREA OFICINAS	0,7	0,5	0,3	1,06	0,8	23362,33	12,98	3	2,255	1,128	4	2,255	1,128	4	12	8	277,37	66	0,006802721
AREA COMEDOR	0,7	0,5	0,3	0,92	0,8	11498,22	6,39	2	2,568	1,284	3	2,568	1,284	2	6	4	187,855	42,14	0,006802721
AREA TANQUES	0,7	0,5	0,3	0,50	0,8	44531,81	3,18	2	4,319	2,16	2	3,45	1,725	2	4	2	377,258	59,34	0,027583347
AREA PROCESOS 2	0,7	0,5	0,3	0,69	0,6	116001,1	21,48	2	2,732	1,366	12	2,732	1,366	12	24	12	167,585	160,3	0,058679375
																		PERD TOT (W)	0,149538833
																		PERD ANUAL (KW)	1,31

Realizado por: Autores

Mediante un análisis en base a un cálculo de iluminación existente en la empresa se determinó un nivel de iluminación deficiente, para luego realiza el cálculo mediante software de iluminación para cada área, obteniendo como resultado lo factores, característicos correctos para cada área, se realiza un cálculo por perdidas de potencia anual.

Carga a incrementarse en la empresa SERVINPET.

En una charla mantenida con la gerencia se pudo conocer la nueva maquinaria a incrementarse la cual es detallada a continuación:

Tabla 24: Potencia a instalar en la empresa SERVINPET

APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO									
No.	DESCRIPCION	CANT.	Pn(W)	Pt(W)	FFUN (%)	CIR (W)	Fsn (%)	DMU (W)	FP
CARGA FUTURA									
1	Bendicrop 50	2	7000	14000,0	30%	4200,0	40%	1680,0	0,85
2	Hydracrop 55 SD	4	22354	89414,0	30%	26824,2	40%	10729,7	0,85
3	Shark CCS 332 MEP	1	2331	2331,0	60%	1398,6	40%	559,4	0,85
4	Bendicrop 60 SD	2	12293	24586,0	30%	7375,8	40%	2950,3	0,85
5	Shark NC 5.0 281	1	16207	16207,0	20%	3241,4	20%	648,3	0,85
6	Hydracrop 80 SD	1	10060	10060,0	20%	2012,0	40%	804,8	0,85

Realizado por: Autores

Factor de potencia Con la nueva carga = 0,85

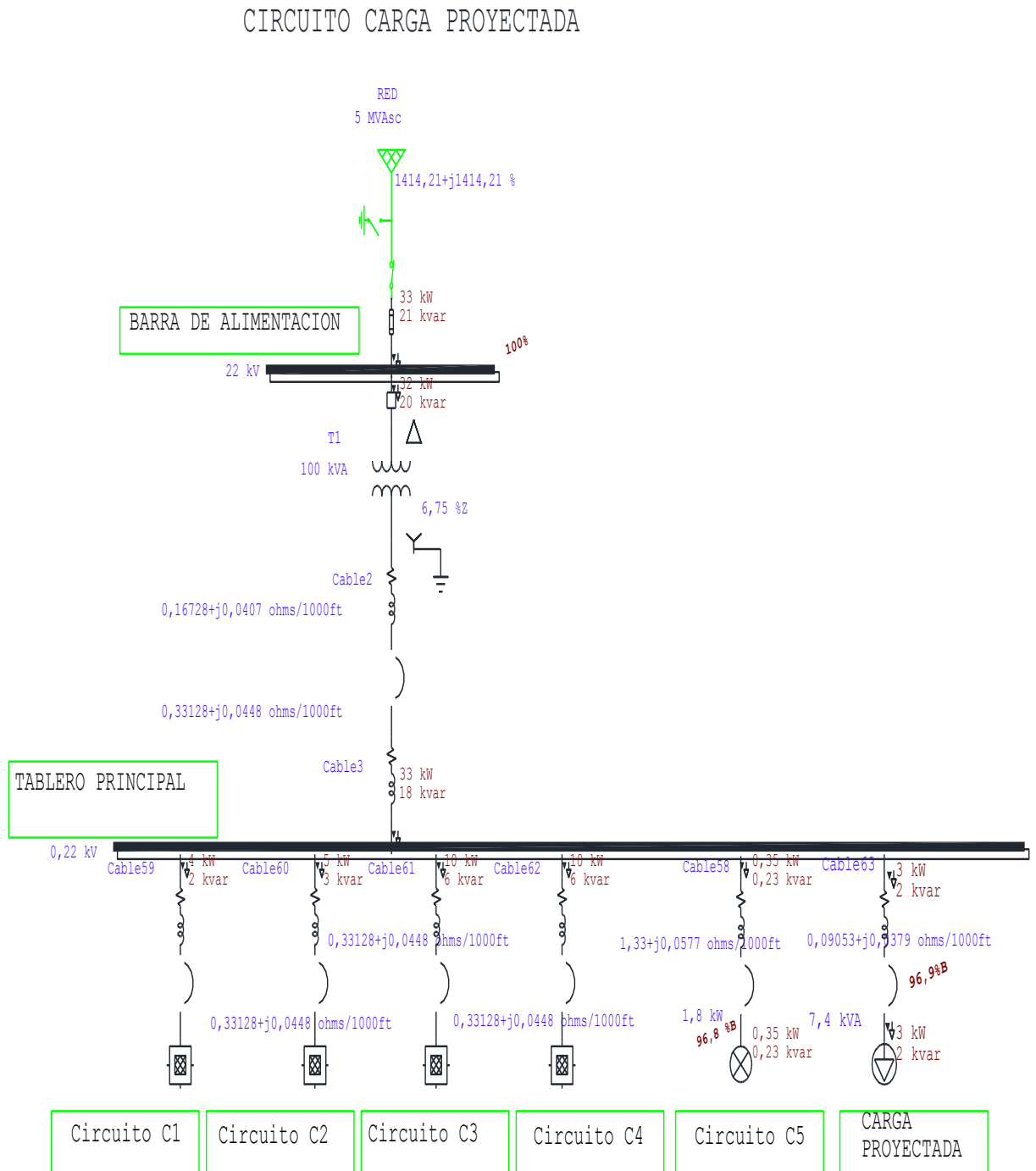
$$D_{\text{máx}} = \sum DMU / FP$$

Por lo tanto con la incorporación de la nueva carga se tiene una demanda máxima de:

$$D_{\text{máx}} = 6,27 \text{ KW} / 0,85 = 7,4 \text{ KVA.}$$

Simulación de la carga a incrementarse en la empresa SERVINPET

Figura 16: Simulación de la carga a incrementarse en la empresa SERVINPET



Realizado por: Autores

Las características de la instalación con la incorporación de la nueva carga se consideran en el programa ETAP 12.6.0 para analizar el flujo de cargas son las presentadas en la tabla descrita a continuación:

Tabla 25: Indica el resumen de datos de la instalación

N° de Buses	43
N° de Ramas	42
N° de Redes	1
N° de Cargas	31
Potencia activa consumida (MW)	0,033
Potencia reactiva consumida (Mvar)	0,021
Potencia activa generada por la instalación (MW)	0,033
Potencia reactiva generada por la instalación (Mvar)	0,021
Potencia activa de pérdidas (MW)	0,001
Potencia reactiva de pérdidas (Mvar)	0,001

Realizado por: Autores

Datos en barras obtenidos mediante la simulación en el programa ETAP

Tabla 26: Datos en barras con la incorporación de nueva carga, simulación en el programa ETAP

Bus ID	Nominal kV	Voltaje	MW Carga	% Cargabilidad
CIRCUITO C1	0,22	96,96	0,004	0
CIRCUITO C2	0,22	96,95	0,005	0
CIRCUITO C3	0,22	96,93	0,01	0
CIRCUITO C4	0,22	96,93	0,01	0
TABLERO PRINCIPAL	0,22	96,98	0,032	0

Realizado por: Autores

Datos de cables obtenidos mediante la simulación en el programa ETAP.

Tabla 27: Datos de cables obtenidos mediante la simulación en el programa ETAP

ID	% PF	% Cargabilidad	% Δ	KW Potencia
Cable2	87,09	45,2	0,44	0,177
Cable3	87,03	45,2	0,44	0,177
Cable5	86,53	19,6	0,01	0
Cable6	85,83	3,8	0,02	0
Cable7	84,78	2,6	0,02	0
Cable8	86,02	4,1	0,06	0,001

Cable9	87,94	8,6	0,16	0,003
Cable10	80,01	1,8	0,05	0
Cable12	84,39	26,4	0,01	0,001
Cable13	84,37	2,2	0,01	0
Cable14	84,38	2,2	0,02	0
Cable15	84,39	4,4	0,06	0,001
Cable16	84,39	4,4	0,06	0,001
Cable17	84,39	4,4	0,06	0,001
Cable18	84,39	4,4	0,09	0,001
Cable19	84,4	4,4	0,13	0,002
Cable21	84,29	41,9	0,02	0,002
Cable22	84,39	4,4	0,06	0,001
Cable23	84,39	4,4	0,07	0,001
Cable24	84,39	4,4	0,08	0,001
Cable25	84,39	4,4	0,1	0,001
Cable26	83,65	3,3	0,08	0,001
Cable27	84,4	4,4	0,12	0,001
Cable28	83,66	3,3	0,1	0,001
Cable29	84,43	6,6	0,22	0,004
Cable30	84,43	6,6	0,24	0,004
Cable48	89,54	73,7	0,04	0,007
Cable49	91,18	55,1	0,71	0,094
Cable50	84,38	2,2	0,04	0
Cable51	83,64	1,7	0,03	0
Cable52	83,65	3,3	0,08	0,001
Cable53	85,1	5,7	0,17	0,002
Cable54	83,66	3,3	0,11	0,001
Cable55	82,03	1,8	0,07	0
Cable56	80,33	2	0,03	0
Cable58	83,21	5,9	0,17	0,001
Cable59	86,53	19,6	0,01	0

Cable60	84,4	26,4	0,01	0,001
Cable61	84,3	41,9	0,02	0,002
Cable62	89,54	73,6	0,04	0,007
Cable63	85	2,1	0,03	0

Realizado por: Autores

Tabla 28: Resumen con la carga incorporada

ID	Potencia KW	Potencia Reactiva KVAR	% PF	% Cargabilidad	% caída de voltaje	KW Pérdidas
T1	33,103	21,164	84,25	38,4	2,15	0,391

Realizado por: Autores

Se realiza la comparación de resultados de con los dos casos de estudio, en el primero se simula en condiciones actuales en las que está operando el sistema, y el segundo caso es con el incremento de la carga detallada en la tabla 20. Se detalla a continuación los resultados en el tablero principal de distribución TPD.

Tabla 29: Resultados del flujo de potencia con el incremento de carga.

	Estado inicial	Incremento de carga
Potencia Activa [KW]	26,858	33,103
Potencia Reactiva [KVAR]	17,044	21,164
Corriente [A]	83,5	103,1
FP	0,86	0,84
Pérdidas en el transformador	0,256	0,391
Cargabilidad transformador [%]	31,3	38,4

Realizado por: Autores

Al respecto se propone realizar una corrección del factor de potencia debido a que el valor de FP está por debajo del límites permitidos 0,92. Los parámetros restantes se mantienen dentro de los límites aceptables y no afectan al rendimiento del sistema.

La cargabilidad del sistema aumenta debido a la incorporación de carga aumenta 31,3% a 38,4%, estos porcentaje indican el que transformador se mantiene subcargado y no tiene problemas de cargabilidad.

Con el ingreso de la nueva carga al sistema se elevan las pérdidas en el transformador aumentando este valor a 0,391 [KW].

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

Impacto técnico

Las caídas de voltaje, cargabilidad en conductores, transformador, bajo factor de potencia, etc. Requieren un estudio detallado para determinar los límites permitidos en base a regulaciones, los cuales requieren un estudio completo del sistema eléctrico de la empresa, cuyos datos permiten obtener un diagnóstico total de la empresa en la parte técnica.

Impacto social

Este impacto está relacionado directamente con los propietarios y trabajadores de la empresa, ciertos conductores presentan problemas de cargabilidad, porcentajes de caídas de voltaje elevadas, bajo factor de potencia en general de la empresa, lo cual implica problemas para toda la empresa, como paros repentinos en las horas de trabajo, reducción en la vida útil de los equipos, etc.

Impacto económico

El impacto económico de este proyecto se refleja en los porcentajes de caída de voltaje, cargabilidad y el bajo factor de potencia que se tiene en la empresa, al existir este tipo de problema se refleja en la parte económica de la empresa, que cancela en su tarifa eléctrica a la distribuidora, con el cambio del calibre de los conductores, y la inclusión de un banco de capacitores se mejoran estos problemas, los cuales se reflejarán en la tarifa eléctrica que cancela la empresa.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Balance de carga

En vista que se tiene un desbalance de carga se realiza un balance de carga con la potencia activa obteniendo los siguientes resultados:

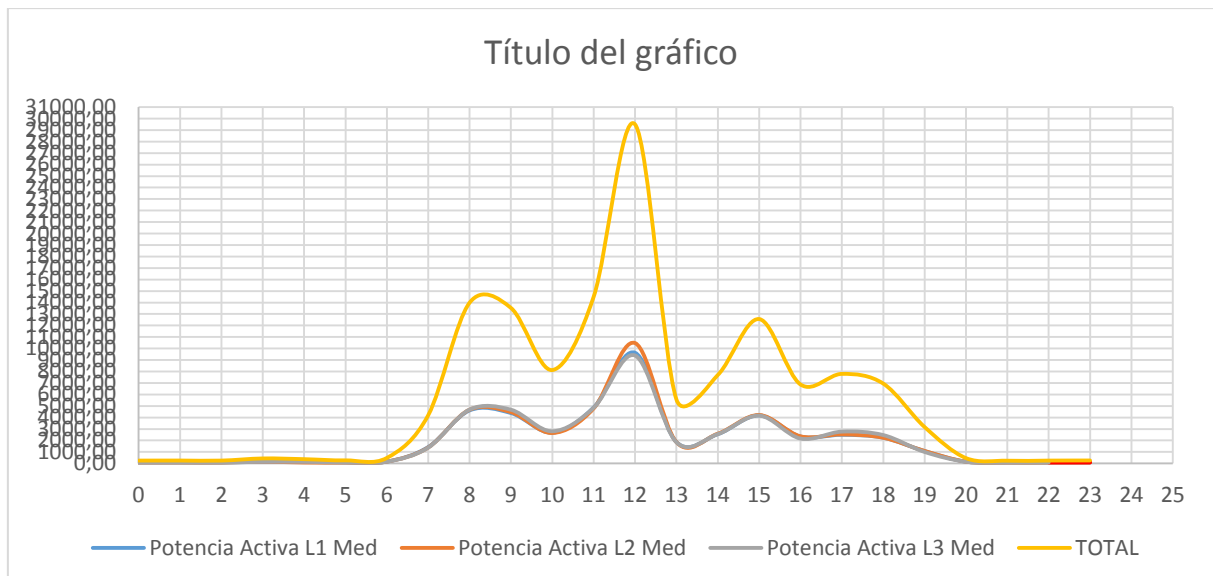
Balance de carga de la Potencia Activa

Tabla 30: Datos del balance de carga de la Potencia Activa.

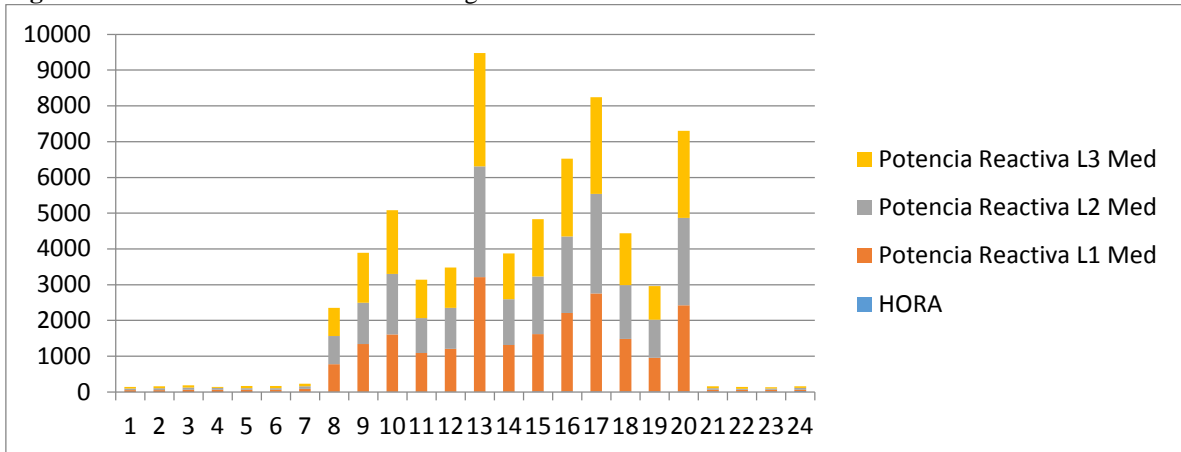
HORA	Potencia Activa L1 Med [W]	Potencia Activa L2 Med [W]	Potencia Activa L3 Med [W]
0	82,88	85,15	83,64
1	89,55	85,15	82,88
2	82,88	85,15	83,64
3	143,94	148,48	145,45
4	143,94	85,15	145,45
5	82,88	85,15	101,82
6	158,48	166,36	158,79
7	1430,30	1390,91	1378,79
8	4616,97	4678,18	4691,52
9	4387,27	4464,24	4675,76
10	2675,45	2648,49	2803,33
11	4875,15	4787,88	4846,06
12	8845,45	8474,546	8738,98
13	1864,24	1854,55	1844,85
14	2546,67	2590,61	2560,00
15	4183,64	4215,76	4162,42
16	2342,97	2360,85	2165,76
17	2494,85	2528,48	2769,70
18	2240,76	2239,55	2469,70
19	1080,61	1087,58	1000,98
20	154,55	162,58	151,97
21	79,55	80,15	80,30
22	86,21	80,15	86,21
23	94,55	78,48	88,79

Realizado por: Autores

Figura 17: Potencia Activa Balanceada



Realizado por: Autores

Figura 18: Potencia Activa balanceada en grafico de barras

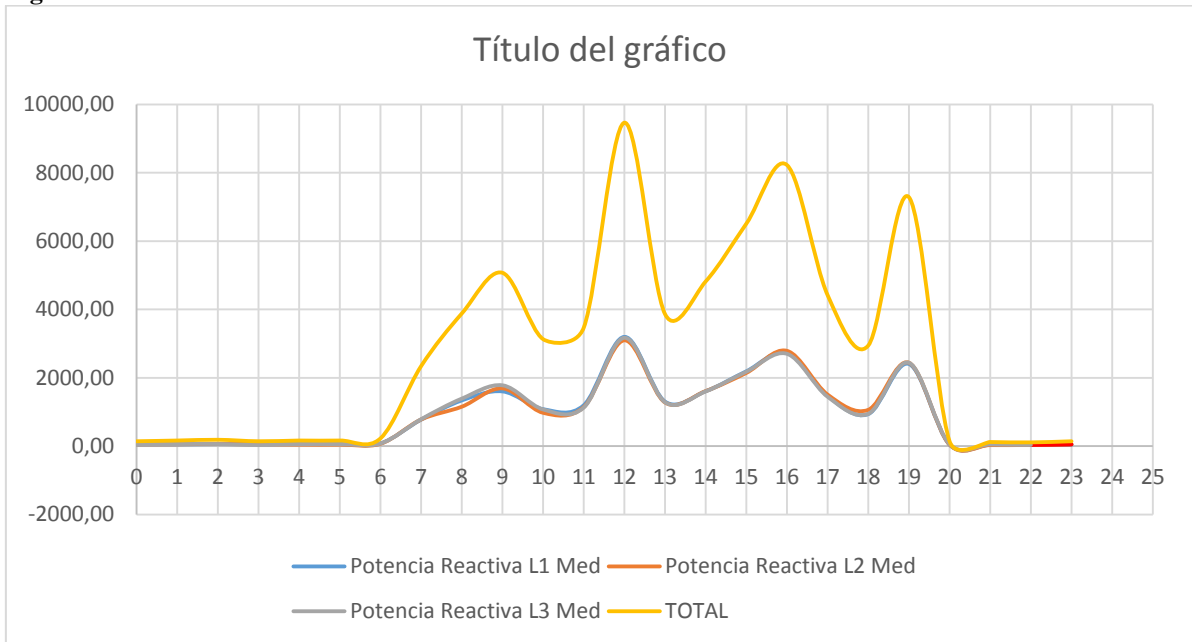
Realizado por: Autores

Balance de carga de Potencia Reactiva**Tabla 31:** Datos del balance de carga de la Potencia Reactiva

HORA	Potencia Reactiva L1 Med [VA]	Potencia Reactiva L2 Med [VA]	Potencia Reactiva L3 Med [VA]
0	50,91	50,00	40,91
1	50,91	53,64	59,09
2	60,91	63,64	60,96
3	60,91	50,00	30,91
4	60,91	43,64	59,09
5	60,91	43,64	59,09
6	80,91	70,00	78,18
7	775,45	780,91	789,09
8	1338,18	1154,55	1390,91
9	1601,82	1690,91	1780,00
10	1081,82	975,45	1073,64
11	1197,27	1143,73	1128,09
12	6032,01	5748,182	5731,56
13	1302,73	1276,36	1282,73
14	1606,36	1611,82	1603,64
15	2190,91	2143,64	2178,18
16	2736,36	2789,09	2701,82
17	1465,45	1508,18	1444,55
18	938,18	1061,82	945,45
19	2405,45	2440,91	2440,91
20	41,81	43,64	56,36
21	40,91	30,00	49,09
22	40,91	33,63	34,55
23	40,91	50,00	50,91

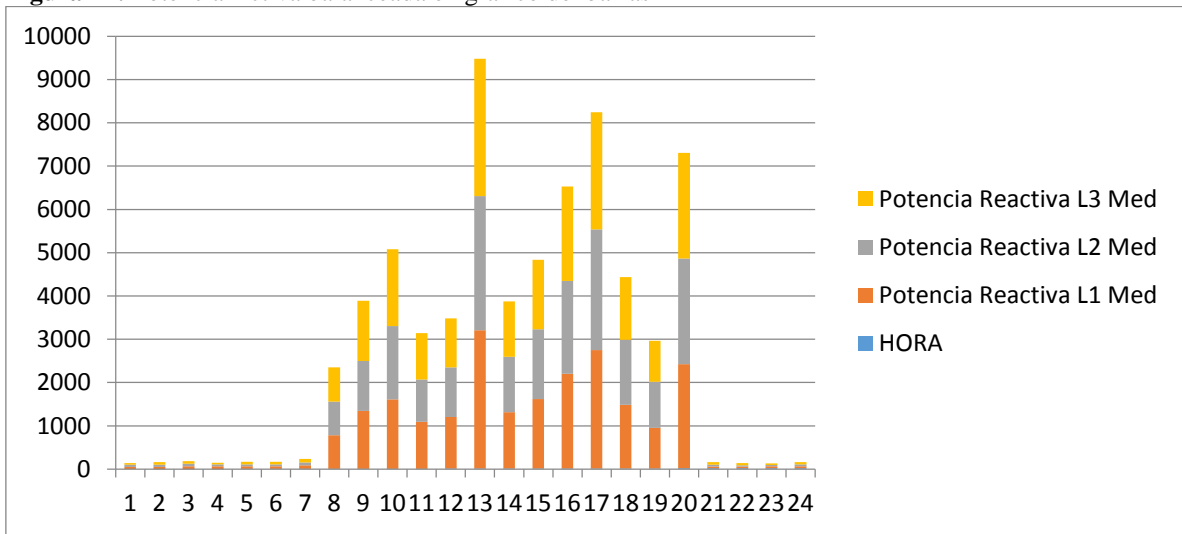
Realizado por: Autores

Figura 16: Potencia Reactiva Balanceada



Realizado por: Autores

Figura 17: Potencia Activa balanceada en grafico de barras



Realizado por: Autores

Tabla 32: Resumen del sistema balanceado

HORA	Potencia Activa L1 Med	Potencia Activa L2 Med	Potencia Activa L3 Med	Potencia Reactiva L1 Med	Potencia Reactiva L2 Med	Potencia Reactiva L3 Med	Potencia Aparente L1 Med	Potencia Aparente L2 Med	Potencia Aparente L3 Med	Factor de Potencia L1 Med	Factor de Potencia L2 Med	Factor de Potencia L3 Med	Factor de Potencia	
0	85,36	84,64	80,91	50,91	50,00	40,91	99,39	98,31	90,66	0,86	0,86	0,89	0,87	
1	85,36	84,64	80,91	50,91	53,64	59,09	99,39	100,21	100,19	0,86	0,84	0,81	0,84	
2	85,36	84,64	80,91	60,91	63,64	60,96	104,86	105,90	101,30	0,81	0,80	0,80	0,80	
3	85,36	84,64	80,91	60,91	50,00	30,91	104,86	98,31	86,61	0,81	0,86	0,93	0,87	
4	85,36	84,64	80,91	60,91	43,64	59,09	104,86	95,23	100,19	0,81	0,89	0,81	0,84	
5	85,36	84,64	80,91	60,91	43,64	59,09	104,86	95,23	100,19	0,81	0,89	0,81	0,84	
6	206,36	183,64	166,36	80,91	70,00	78,18	221,65	196,53	183,81	0,93	0,93	0,91	0,92	
7	1406,36	1402,73	1390,91	775,45	780,91	789,09	1605,98	1605,45	1599,15	0,88	0,87	0,87	0,87	
8	3305,45	3374,55	3258,18	1338,18	1154,55	1390,91	3566,05	3566,59	3542,65	0,93	0,95	0,92	0,93	
9	3958,18	3930,91	3816,36	1601,82	1690,91	1780,00	4270,01	4279,16	4211,06	0,93	0,92	0,91	0,92	
10	2787,27	2790,91	2756,36	1081,82	975,45	1073,64	2989,85	2956,46	2958,08	0,93	0,94	0,93	0,94	
11	5334,55	5350,91	5405,45	1197,27	1143,73	1128,09	5467,26	5471,78	5521,91	0,98	0,98	0,98	0,98	
12	8045,45	8174,55	7998,18	3198,18	3098,18	3172,73	8657,81	8741,97	8604,48	0,93	0,94	0,93	0,93	
13	1830,31	1854,54533	1878,18	1302,73	1276,36	1282,73	2246,58	2251,32	2274,41	0,81	0,82	0,83	0,82	
14	2573,18	2518,64	2610	1606,36	1611,82	1603,64	3033,42	2990,24	3063,29	0,85	0,84	0,85	0,85	
15	4181,82	4081,82	3929,09	2190,91	2143,64	2178,18	4720,99	4610,47	4492,46	0,89	0,89	0,87	0,88	
16	2123,64	2158,17	2143,64	2736,36	2789,09	2701,82	3463,74	3526,57	3448,92	0,61	0,61	0,62	0,62	
17	3278,18	3261,82	3321,82	1465,45	1508,18	1444,55	3590,82	3593,62	3622,32	0,91	0,91	0,92	0,91	
18	2400,0005	2405,45	2296,37	938,18	1061,82	945,45	2576,86	2629,38	2483,38	0,93	0,91	0,92	0,92	
19	2310,91	2334,55	2412,73	2405,45	2440,91	2440,91	3335,64	3377,60	3432,10	0,69	0,69	0,70	0,70	
20	138,18	134,55	141,82	41,81	43,64	56,36	144,37	141,45	152,61	0,96	0,95	0,93	0,95	
21	105,36	84,64	71,82	40,91	30,00	49,09	113,02	89,80	86,99	0,93	0,94	0,83	0,90	
22	105,36	73,64	80,91	40,91	33,63	34,55	113,02	80,96	87,98	0,93	0,91	0,92	0,92	
23	96,36	83,64	81,82	40,91	50,00	50,91	104,68	97,45	96,37	0,92	0,86	0,85	0,88	
													Promedio Fp	0,87

Realizado por: Autores

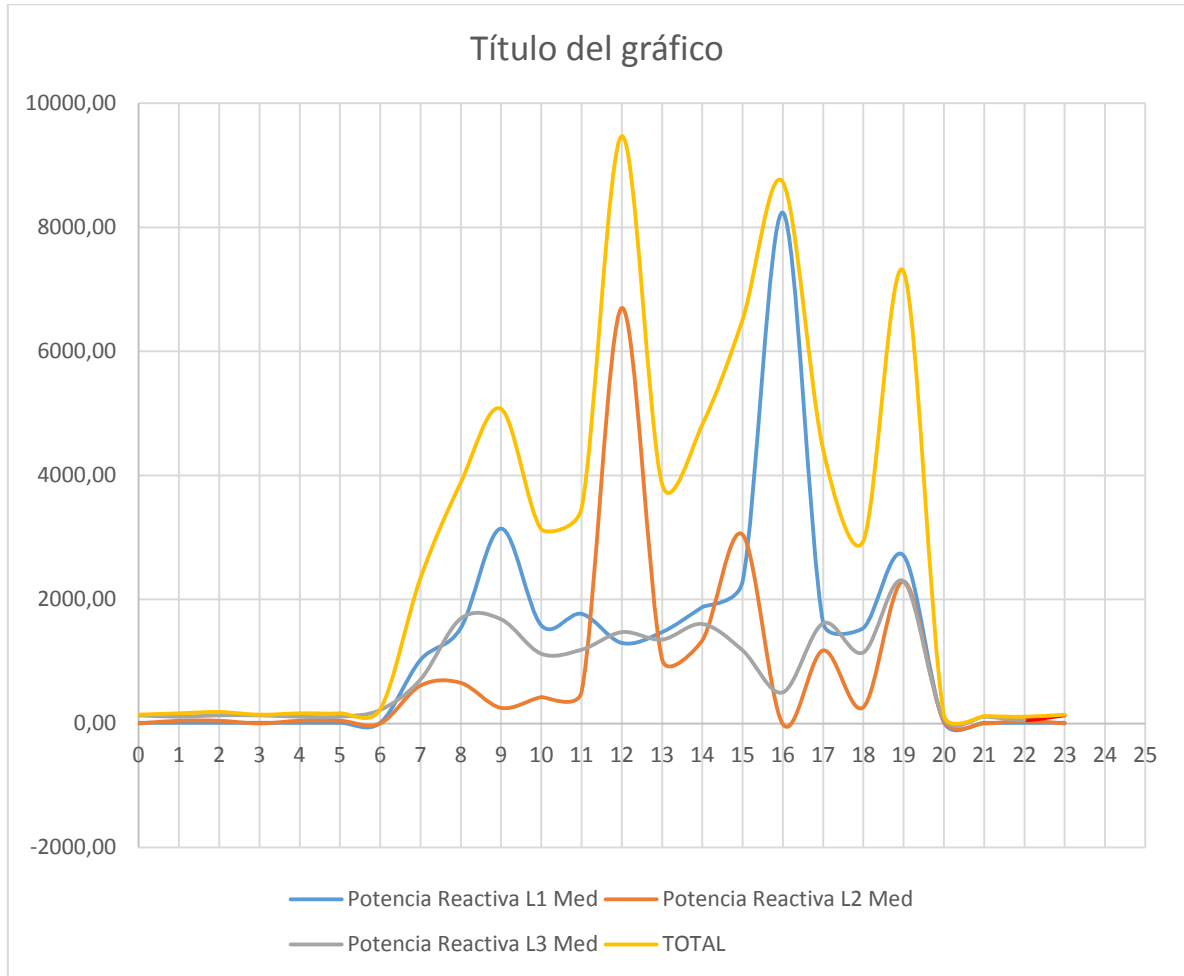
El rebalanceo de las cargas nos indica que las cargas están uniformemente distribuidas en cada una de las fases, además es preciso recalcar que con este rebalanceo las corrientes también se mantienen balanceadas.

Es fundamental disponer de un sistema balanceado puesto que se conservan los parámetros de calidad del sistema eléctrico tales como voltajes, corrientes.

Con este rebalanceo de las cargas el promedio del factor de potencia mejora de un 0,86 a 0,87.

Cálculo del banco de capacitores de la empresa SERVINPET

Cálculo de la compensación de potencia reactiva a partir de los datos del analizador de carga se tiene un factor de potencia de 0,86.

Figura 18: Perfil de consumo de potencia reactiva

Realizado por: Autores

Se logra corregir el factor de potencia en el triángulo, mejorando de esta manera el valor de la potencia reactiva usando las siguientes ecuaciones:

$$\cos \theta_2 = \frac{P}{S_2}; \text{ despejando se tiene } S_2 = \frac{P}{\cos \theta_2}$$

Donde:

P: Potencia activa real.

S_2 : Potencia aparente.

$\cos \theta_2$: Factor de potencia.

$$Q_T: \sqrt{(S_2^2 - P^2)}$$

Donde:

P: Potencia activa real.

S_2 : Potencia aparente.

Q_T : Potencia reactiva.

$$\tan \theta_1 = \frac{Q_T}{P}; \text{ despejando se tiene } Q_T = P * \tan \theta_1$$

Donde:

P: Potencia activa real.

Q_2 : Nueva potencia reactiva.

θ_1 : Ángulo de desfase reducido.

$$Q_C = Q_T - Q_2$$

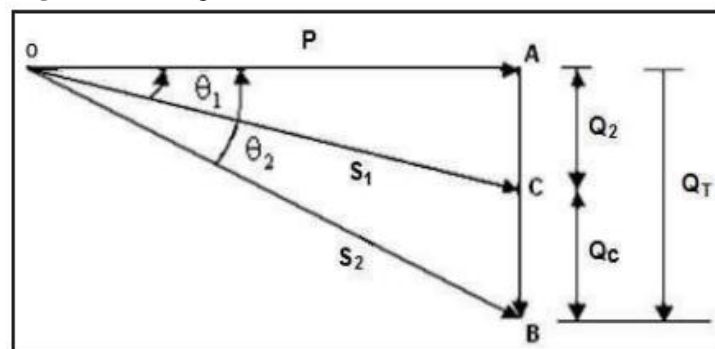
Donde:

Q_C : Potencia reactiva de compensación.

Q_2 : Nueva potencia reactiva.

Q_T : Potencia reactiva.

Figura 19: Triangulo De Potencias



Realizado por: Autores

Análisis De La Carga Actual

Ejemplo:

Datos:

$$P = 26,06 \text{ [kW]}$$

$$S_2 = 31,4$$

Cálculo:

$$Q_T = \sqrt{(S_2^2 - P^2)}$$

$$Q_T = \sqrt{(31,4)^2 - (26,06)^2} = 17,52 \approx 18[kVAR]$$

$$\tan \theta_1 = \frac{Q_2}{P}; \text{ despejando se tiene } Q_2 = P * \tan \theta_1$$

$$Q_2 = P * \tan \theta_1$$

$$Q_2 = 26,06 * \tan(23,0739) = 11,10 \approx 11 [kVAR]$$

$$Q_C = Q_T - Q_2$$

$$Q_C = 18 - 11 = 7 [kVAR]$$

Análisis De La Carga con carga a incrementarse

Para la carga futura se utilizó el mismo procedimiento de cálculo anteriormente realizado.

Dónde:

P= Potencia actual + Potencia futura

$$P = 26,06 + 6,27 = 32,33$$

$$S = 31,4 + 7,4 = 38,8$$

Además se toma en cuenta que al aumentar la carga el factor de potencia se reduce a 0,84 de acuerdo a la simulación realizada.

$$Q_T = \sqrt{(S_2^2 - P^2)}$$

$$Q_T = \sqrt{(38,8)^2 - (32,33)^2} = 21,5 \approx 22[kVAR]$$

$$\tan \theta_1 = \frac{Q_2}{P}; \text{ despejando se tiene } Q_2 = P * \tan \theta_1$$

$$Q_2 = P * \tan \theta_1$$

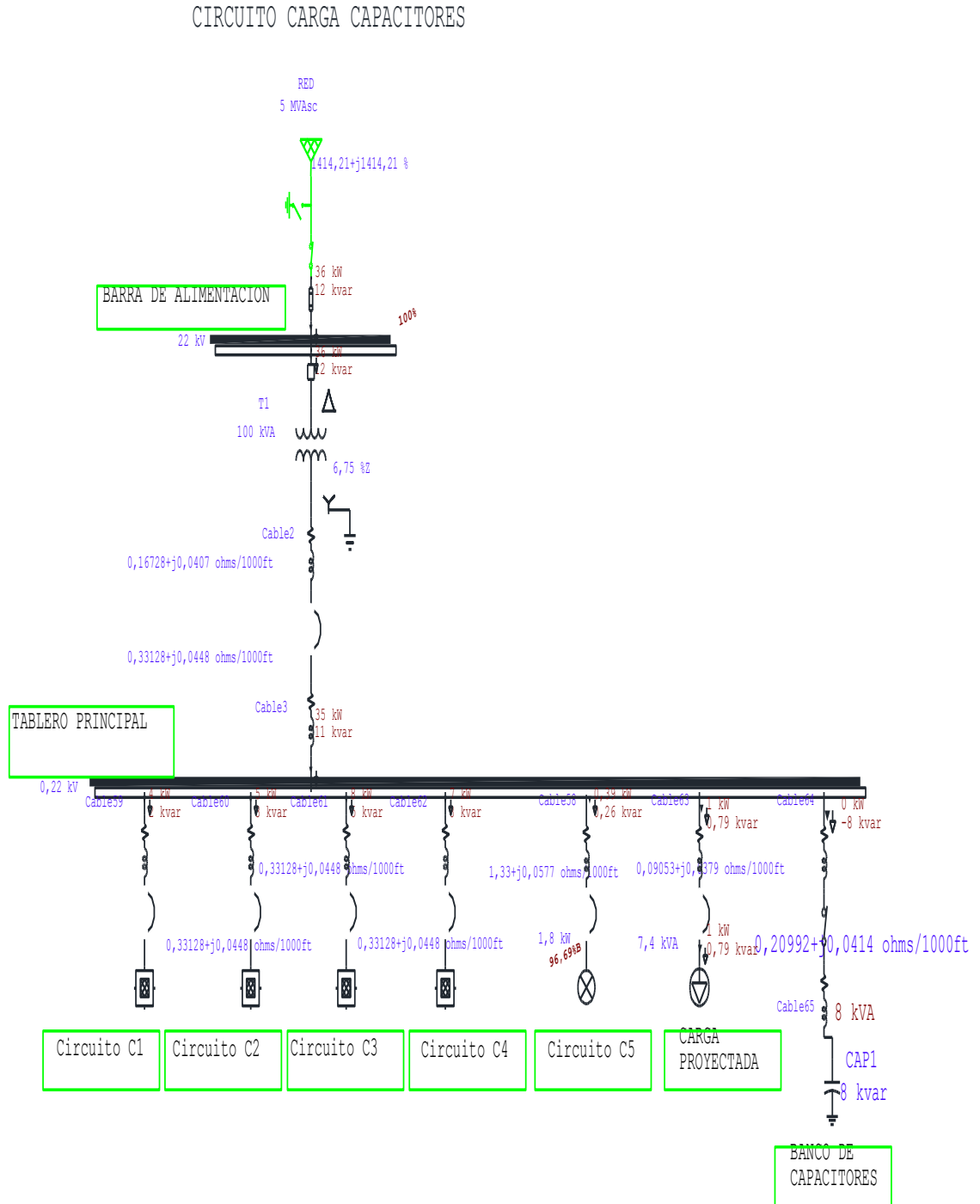
$$Q_2 = 32,33 * \tan(23,0739) = 13,77 \approx 14[kVAR]$$

$$Q_C = Q_T - Q_2$$

$$Q_C = 22 - 14 = 8 [kVAR]$$

Simulación propuesta con banco de capacitores

Figura 19: Simulación de la propuesta



Realizado por: Autores

Tabla 33: Resumen De La Simulación Propuesta con banco de capacitores

ID	Potencia KW	Potencia Reactiva KVAR	% PF	% Cargabilidad	% caída de voltaje	KW Pérdidas
T1	35,592	12,273	94,54	37,1	3	0,328

Realizado por: Autores

Se detalla la tabla comparativa de los resultados obtenidos del flujo de potencia con el nuevo banco de capacitores implementado en el tablero principal de distribución.

Tabla 34: Resultados obtenidos de la simulación con el nuevo banco de capacitores de 8 KVAR.

	Estado Actual más incremento de carga	Resultados con el nuevo banco
Potencia Activa [KW]	33,103	35,592
Potencia Reactiva [KVAR]	21,164	12,273
Corriente [A]	103,1	94,5
FP	0,84	0,94
Pérdidas en el transformador	0,391	0,328
Cargabilidad transformador [%]	38,4	37,1

Realizado por: Autores

Se puede afirmar que con la implementación del nuevo banco de capacitores la corriente de la acometida principal se reduce 8,34%, el factor de potencia pasó de 0,84 a 0,94, la cargabilidad del transformador se redujo 3,38%.

Estudio de banco de capacitores

Ahorro proyectado con factor de potencia mejorado

Al incrementar la nueva carga se debe aumentar la capacidad del banco de capacitores, puesto que la fábrica está siendo penalizada por bajo factor de potencia.

Al respecto se presenta un análisis económico que resulta al incrementar los 8 KVAR al banco. Por ello es necesario calcular la tarifa por penalización de bajo factor de potencia. Empleamos la fórmula obtenida de pliego tarifario.

$$P = \left(\frac{Fp1}{Fp2} - 1 \right) * (USD Consumo + USD Demanda + USD Comercializacion)$$

Dónde:

P: Penalización en USD por bajo factor de potencia

fp1: Factor de potencia límite 0,92

fp2: Factor de potencia promedio de la fábrica

USD consumo: dólares que se cobra por consumo de energía mensual

USD demanda: dólares que se cobra por consumo de demanda mensual en KW

USD comercialización: constante 1,414 USD

El factor de potencia promedio de la industria sin la implementación de la nueva área es de 0.86, valor obtenido del analizador de redes que se instaló en la planta de producción. Con este valor de FP se procede al cálculo del banco de capacitores, al cálculo del ahorro al implementar el banco de capacitores

$$FC = \frac{DP}{DM}$$

Donde FC= Factor de corrección

DP= Demanda pico registrada de 22h00 pm a 18h00 pm

DM= Demanda máxima registrada durante el mes

$$FC = \frac{3 \text{ KW}}{39 \text{ KW}}$$

El FC calculado es 0.074 pero la normativa del reglamento de tarifas establece que el valor de cuya relación de los datos de demanda en hora pico (DP) y demanda máxima (DM) se encuentra en el rango mayor a 0,9 y menor o igual a 1 se debe aplicar el factor de corrección de 1.20 establecido por el pliego tarifario.

$$FC = 0,5 * 4.576 = 2,288$$

$$USD Consumo = FC * DM$$

$$USD Consumo = 2,288 * 39kw = \$89,232$$

$$USD Demanda = Demanda mensual * \$0.093$$

$$USD\ Demanda = 1996kWh/mes * \$0.093$$

$$USD\ Demanda = 185.628$$

$$P = \left(\frac{Fp1}{Fp2} - 1 \right) * (USD\ Consumo + USD\ Demanda + USD\ Comercializacion)$$

$$FP1=0.92$$

$$FP2=0.84$$

$$P = \left(\frac{0.92}{0.84} - 1 \right) * (\$ 89,232 + \$185.628 + \$1.414)$$

$$P = \$ 26,31\ Mensual$$

$$P = \$ 315,74\ Anual$$

Al implementar el banco de capacitores se tienen un ahorro mensual de \$ 26,31 al mes, lo cual resulta beneficioso para la industria que es un gasto que se puede evitar al corregir el factor de potencia. Los resultados son positivos a nivel de pérdidas del sistema es reducido notablemente esto representa un beneficio económico a la empresa con más detalle en el Anexo 10.

Tabla 35: Presupuesto

PRESUPUESTO					
CLIENTE:	SERVINPET				PRESUPUESTO
FECHA:	07/11/2016				179-2016-GG
LOCALIZACION:	LATACUNGA				
NOMBRE DEL PROYECTO: INSTALACION DE BANCO CONDENSADORES					
TRANSFORMADORES Y ACCESORIOS					
ITEM	UNIDAD	ESPECIFICACIONES	CAN.	P. UNIT.	P. TOTAL
1	C/U	BANCO	1	660,00	660,00
		GABINETE METALICO QUE CONTIENE ACCESORIOS		-	-
		REGULADOR AUTOMATICO CON FUNCION ANALIZADOR DE REDES, 6 PASOS COMUNICACIÓN RS-485. COMPUTER SMART III		-	-
		CONDENSADOR DE 10 KVAR 230V		-	-
		BREAKER PARA 10KVAR 230 V		-	-
2	C/U	CABLES TERMINALES Y ACCESORIOS		100,00	100,00
3	C/U	MANO DE OBRA		150,00	150,00
4	C/U	INSTALACION Y PRUEBAS			150,00
		TOTAL			1.060,00

Realizado por: Autores

Análisis Económico

Lo que se considerará es analizar los beneficios económicos que se obtendrán al mejorar el factor de potencia mediante un banco de condensadores automático.

El análisis económico debe considerar los costos y beneficios que se derivarán del proyecto y se los valorará para determinar si su ejecución es o no conveniente.

La empresa por motivo de presentar un bajo factor de potencia ha tenido que pagar penalizaciones las cuales se ven reflejadas en las facturas de consumo eléctrico, en la tabla se muestra un resumen de las facturas de consumo eléctrico que la empresa tiene que pagar cada mes, los valores que se presentan son de los últimos doce meses. Las facturas de consumo eléctrico se muestran con más detalle en el Anexo 5.

Tabla 36: Bajo factor de potencia por penalización por mes

BAJO FACTOR DE POTENCIA POR PENALIZACION POR MES				
#	Consumo Total de Energía [KWh]	MES	fp	PRECIO Bfp
1	3911	ENERO	0,87	26
2	5743	FEBRERO	0,93	0
3	9385	MARZO	0,96	0
4	9812	ABRIL	0,97	0
5	11147	MAYO	0,96	0
6	9244	JUNIO	0,99	0
7	6061	JULIO	0,93	0
8	3044	AGOSTO	0,84	29,88
9	1996	SEPTIEMBRE	0,84	29,88
10	2633	OCTUBRE	0,74	97,73
11	4654	NOVIEMBRE	0,89	21
12	4074	DICIEMBRE	0,86	36,97

Realizado por: Autores

El banco de condensadores automático diseñado para la corrección del factor de potencia consta de los siguientes equipos que se indican en la tabla 33.

Tabla 37: Detalle de Materiales

MATERIALES	UNIDAD
BANCO DE CONDENSADORES DE 10 KVAR-220V	
INCLUYE	
Gabinete metálico de 0,8m x 0,8m x 0,4m; pintura electrostática color beige	1
Interruptor de C60N-20A/3P	3
Contactador 20A	3
Condensadores de 10 KVAR - 240VAC	2
Regulador automático con función analizador de redes, de 6 pasos, comunicación RS-485, Computer Smart III	1
Transformador de corriente de 100/5A	1
Fusibles 20 A	6
Barra de tierra	1
Cableado de fuerza y control con cable THHN - 600V	m
Etiquetas para: cable, equipos, riesgo eléctrico	-
Amarras plásticas, aisladores, riel din, pernos tropicalizados	-

Realizado por: Autores

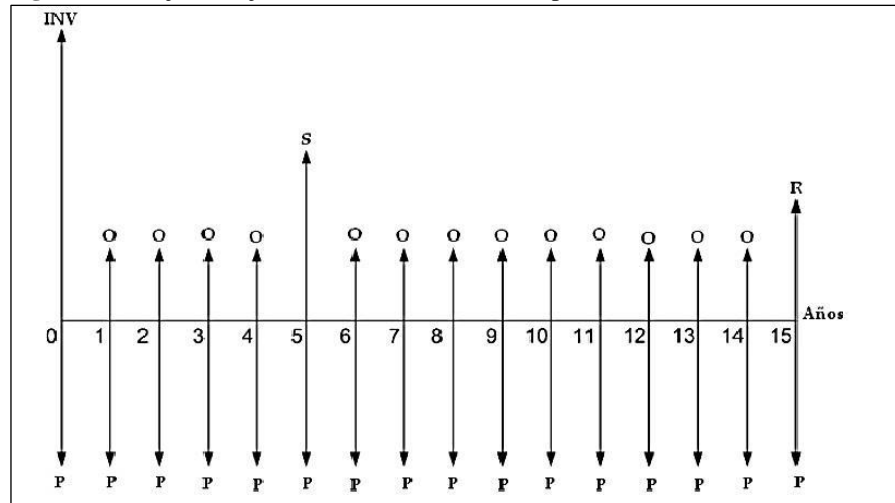
Análisis económico para la corrección del factor de potencia mediante un banco de condensadores automático.

Existen varios rubros relacionados con la compra de un equipo de compensación. Primero se encuentran los costos de adquisición de los materiales, costos de instalación, costos de mantenimiento que se lo hace una vez al año durante la vida útil del equipo, costo de reposición de una unidad y finalmente el costo de retiro del equipo al final de su vida útil.

Como estos desembolsos se los va a realizar en diferentes tiempos (años diferentes) es necesario llevarlos a un solo punto común en la escala del tiempo y esto se lo puede hacer calculando el valor presente.

Se puede representar lo anteriormente descrito en un flujo de caja para un equipo cuya vida útil es de 15 años.

Figura 20: Flujo de caja durante vida util banco capacitores



Fuente: Tesis Fredy S. Llumiuinga L. Diseño Banco de Condensadores

Además, se considerará un desembolso en el año 5 que representa la reposición de una unidad del banco de condensadores. Este valor representa un seguro a los daños que podrían darse en una unidad del banco en los primeros años de funcionamiento.

Dónde:

INV: son los costos de adquisición de materiales e instalación del equipo (1060 dólares), es la inversión inicial.

O: son los costos por operación mantenimiento del equipo (60 dólares) cada año.

S: es el costo por la reposición de una unidad del banco (100 dólares).

R: es el costo de retiro del equipo al final de su vida útil (70 dólares).

P: son las penalizaciones por motivo de un bajo factor de potencia (241,46 dólares).

Cálculo del valor presente (VP) de los costos de inversión

Utilizando el concepto del valor presente y con un interés del 10% se tiene la siguiente expresión la cual permite calcular el valor presente de una serie de anualidades constantes que se pagan en un lapso de tiempo definido.

$$VP = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Además para traer a valor presente una cantidad que se encuentra ubicada en un tiempo diferente al año cero y que no es una serie de anualidades constante se utilizará la siguiente expresión.

$$VP = A \ln \left[\frac{1}{i(1+i)^n} \right]$$

Dónde:

VP: es el valor presente.

A: es la anualidad que se requiere traer a valor presente.

Aln: es el valor que se requiere traer a valor presente.

i= es la tasa de inversión anual.

n: es el periodo de años.

De esta manera se traerá a valor presente cada uno de las inversiones para lo cual se tiene:

Cálculo del vp1 costos de inversión:

Corno este valor se encuentra en el año cero este será el mismo teniendo así:

$$VP1 = INV$$

$$VP1 = 1060$$

Cálculo del vp2 costos de operación y mantenimiento:

Como los costos de operación y mantenimiento son valores constantes de anualidades que se pagan en un lapso de tiempo definido se tiene:

$$VP = 60 \left[\frac{(1+0,1)^{15} - 1}{0,1(1+0,1)^{15}} \right]$$

$$VP2 = 456,36 \text{ USD}$$

Cálculo del vp3 costo por reposición de una unidad

Como el valor por reposición de una unidad es una cantidad que se encuentra ubicada en un tiempo diferente al año cero (año 5 según el flujo de caja) se tiene:

$$VP3 = \frac{100}{(1 + 0,1)^5}$$

$$VP3 = 62,09 \text{ USD}$$

Cálculo del VP4 costo de retiro de la unidad al final de su vida útil:

Este valor presenta las mismas características que VP3 con la única diferencia que el periodo de años es igual a 15 se tiene:

$$VP4 = \frac{70}{(1 + 0,1)^{15}}$$

$$VP4 = 16,76 \text{ USD}$$

Cálculo del VP total de los costos de inversión:

Este valor se determinar con la sumatoria de los valores presentes ya calculados.

$$CI = VP = VP1 + VP2 + VP3 + VP4$$

$$CI = 1595,21$$

Cálculo del valor presente de las penalizaciones

Las penalizaciones presentan valores constantes de anualidades que se pagan en un lapso de tiempo definido, se tiene:

$$VP = 241,46 \left[\frac{(1 + 0,1)^{15} - 1}{0,1 (1 + 0,1)^{15}} \right]$$

$$VP = 1836,56396 \text{ USD}$$

Cabe indicar que este valor será el beneficio económico que se tendrá al instalar un banco de condensadores en un periodo de 15 años.

Determinación del valor presente neto VPN

Utilizando el concepto del valor presente neto (El valor presente neto es el valor presente de un conjunto de flujos de efectivo futuros menos su costo de inversión) se tiene:

$$VPN = VP - CI$$

$$VP = 241,34 \text{ USD}$$

Relación beneficio/costo

Utilizando el concepto expuesto en el capítulo III (es la relación entre el valor presente respecto a la inversión inicial) se tiene:

$$\frac{B}{C} = \frac{1836,57}{1595,21}$$

$$\frac{B}{C} = 1,16$$

Período de recuperación de la inversión.

Para determinar el período de recuperación del capital se tiene:

$$RC = \frac{1595,21}{1836,56} * 12 \text{ meses}$$

$$RC = 10,42 \text{ meses}$$

Esto quiere decir que la inversión se recuperará en el lapso de 11 meses.

Uno de los principales beneficios técnicos es la potencia liberada en el transformador. Al corregir el factor de potencia se tiene la posibilidad de incrementar carga al transformador, ya que con un factor de potencia de 0,84 se tenía una disponibilidad de aumentar carga al transformador de un 23,02%.

Al corregir el factor de potencia a 0,92 la disponibilidad de aumentar carga al transformador se incrementa a un 29,72 %, es decir, que del 100% de la capacidad del transformador se está utilizando un 64,85 % de su capacidad y se puede incrementar la carga en un 29,72 % y seguir operando con normalidad dentro de los parámetros eléctricos normales del transformador.

Esto se lo puede observar en la siguiente tabla:

Tabla: **Bajo factor de potencia por penalizacion por mes**

	FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA KW	S=P/COS* KVA	POTENCIA LIBERADA EN EL TRANSFORMADOR	POT TRANSFORMADOR UTILIZADA	POT TRANSFORMADOR DISPONIBLE %
INICIAL	0,84	32,33	38,49	3,35	61,51	23,02
FINAL	0,92	32,33	35,14		64,86	29,72

Realizado por: Autores

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La carga total instalada en la empresa SERVINPET se obtuvo mediante el levantamiento de carga realizado en la empresa dando una potencia total de 99,57 KW, con un factor de potencia promedio de 0,86.
- La máxima demanda de acuerdo al histograma de frecuencias tiene un valor de 21,06 kW, con una duración de 1 hora, mientras que la demanda máxima requerida de todo el sistema es de 31,4 KVA datos registrados por el analizador de carga.
- Analizados los datos se establece que el factor de utilización actual es de 31,4% mientras que el factor de utilización obtenido de la simulación arroja que está en el 31,3%, estos valores concuerdan y se afirma que el transformador de 100 KVA se encuentra subcargado y es capaz de asimilar una mayor demanda.
- Los porcentajes de variación en cuanto a voltajes se encuentran dentro de los límites permitidos considerando el voltaje secundario del transformador 127V, cuyos porcentajes permitidos son $\pm 8\%$, siendo el máximo 132,57%, y el mínimo 121,30%.
- Los porcentajes de caídas de voltaje del tablero principal a las cargas se encuentran dentro de los límites establecidos según la NEC 3%, el valor máximo de caída de voltaje se encuentra en 2,07%.
- Debido al incremento de producción en la empresa, esta se ve obligada a incorporar nuevas máquinas, las cuales sumado toda la potencia a incrementar da un total de 7,9 KVA.
- Con el incremento de carga en la empresa SERVINPET el transformador pasara a operar con un porcentaje de cargabilidad de 31,4% a un 38,8%, cuyo factor de demanda de las cargas es del 20% de forma continua.
- Debido al incremento de producción en la empresa, esta se ve obligada a incorporar nuevas máquinas, las cuales sumado toda la potencia a incrementar da un total de 7,4 KVA.
- Existen problemas de balance de cargas en las fases, la mayoría de las cargas son trifásicas, se afirma que la carga no se encuentra uniformemente distribuida en cada una de las fases.

- Los registros del analizador de carga y análisis realizado a través del histograma de frecuencias muestran un promedio del factor de potencia de 0,86 el cual no se encuentra dentro del rango mínimo permitido de 0,92. Al incrementar la nueva carga se disminuye el factor de potencia a 0,84 por lo que se debe implementar 8 KVAR al banco de capacitores y así evitar penalizaciones.
- Cuando se ponga en funcionamiento aumenta las pérdidas del sistema, la acometida soporta mayor cantidad de corriente Al momento de ingresar los 8 KVAR al banco de capacitores se reducen las pérdidas de 391W a 328W.
- Con la implementación del banco de capacitores se tiene un ahorro mensual de \$ 26,31 por penalización de bajo factor de potencia, inversión recuperable a 11 meses.

RECOMENDACIONES

- Al encontrarse el sistema desbalanceado es necesario hacer modificaciones en la distribución de carga entre fases. No es conveniente tener un sistema desbalanceado, produciéndose problemas como el calentamiento de motores y conductores.
- Se recomienda la incorporación de un banco de capacitores en la empresa cuyo transformador es de 100 KVA, mediante el cálculo realizado en base a los datos obtenidos por el analizador de carga y con la incorporación de la nueva carga, se determina que el banco debe ser de 8 KVAR, Pero se utiliza uno de 10 KVAR siendo uno de los existentes en el mercado.
- En caso de existir una variación superior a $\pm 8\%$ con relación al voltaje secundario del transformador, lo recomendable es subir, o a su vez bajar la posición del TAP del transformador.
- Al existir conductores con porcentajes elevados de caídas de voltajes, cargabilidad, existe perdidas por calor (Joule), las cuales se ven reflejadas en la tarifa eléctrica de la empresa, que sin duda alguna representa pérdidas económicas a la empresa, para lo cual se recomienda el cambio del calibre de conductores.
- Se recomienda verificar cada cierto tiempo los porcentajes de cargabilidad tanto de conductores como del transformador, en la actualidad el porcentaje de cargabilidad del transformador es del 38,8% con el incremento de la nueva carga, mientras más aumente la producción o la carga este porcentaje ira variando hasta llegar a la cargabilidad nominal del transformador.

15. BIBLIOGRAFÍA

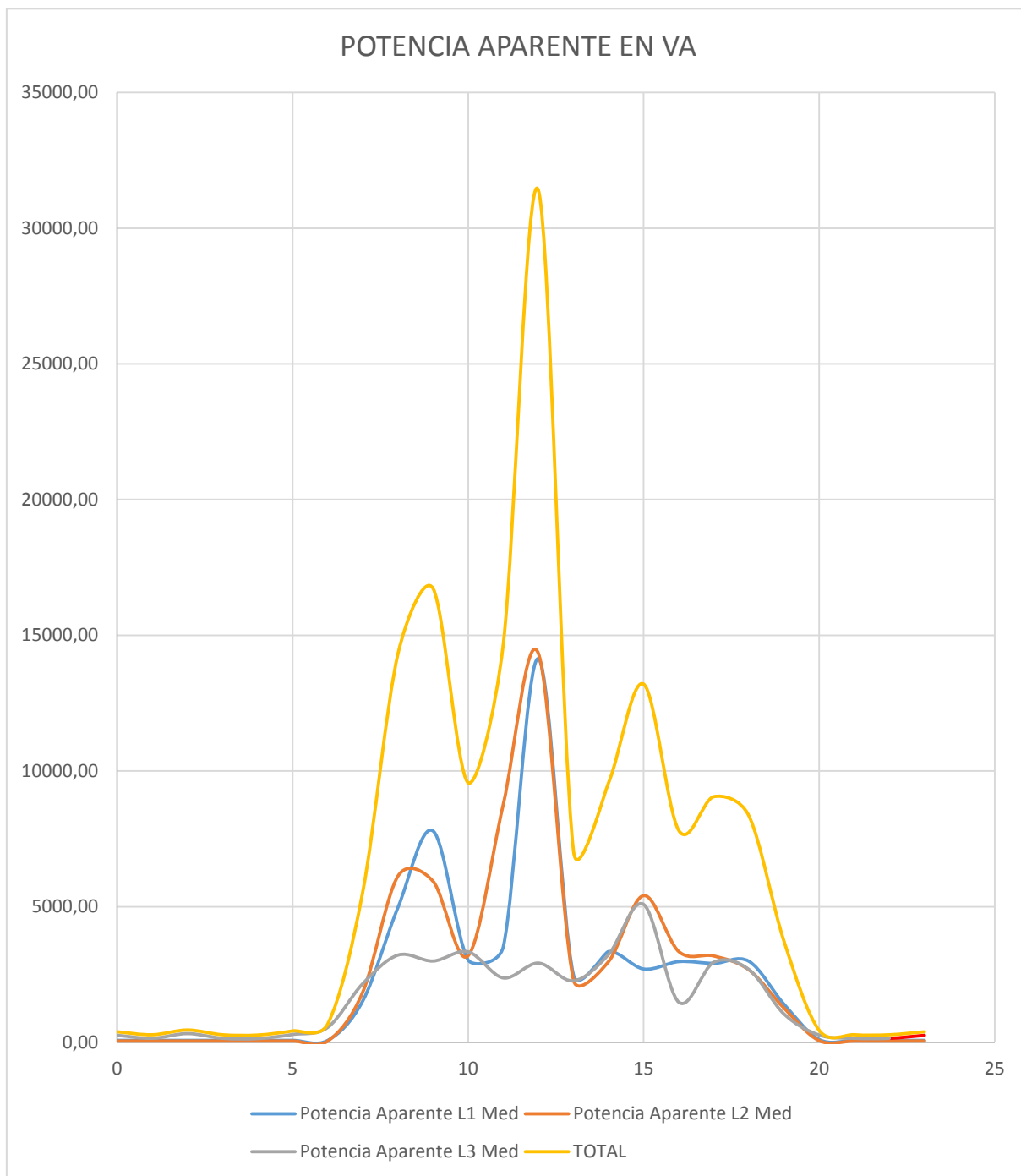
- ARCONEL. (1 de Enero-Diciembre de 2016). *AGENCIA*. Recuperado el 2 de Enero de 2017, de control y Regulacion de Electricidad: www.arconel.com
- ARCONEL. (1 de Enero de 2016). *Plan Maestro de Electrificación*. Recuperado el 2 de Enero de 2017, de <https://www.celec.gob.ec/electroguayas/files/vol2.pdf>.
- CONTRIN, A. A. (2000). *Instalaciones Electricas*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Contrin, A. A. (2000). *Instalaciones Electricas* . Mexico: Mc Graw Hill.
- Corporation, F. (2010). *Patente n° 5602 BD Eindhoven*. Europe B.V.
- Engineering, W. E. (1959). *Distribution Systems* . USA: East Pittsburgh .
- HAWKING Stephen. (1986). *Electric power distribution system engineering*. Estados Unidos.
- JURADO, C. A. (2008). *Diseño de Instalaciones Electricas*. sartenejas: DEX.
- LÓPEZ, A. L. (2003). *Instalaciones Eléctricas De Baja Tensión (Teoría y prácticas para la realizacion de proyectos y obras*. Málaga: ISBN:978-84-7978-768-4.
- MENTOR, P. (1999). *A New Method to Calculate Power Distribution Losses in an Environment of High Unregistered Loads*. New Orleans: IEEE/PES.
- MENTOR, P. (2011). *Propuesta de guia para la selección de transformadores de distribucion con énfasis en su nivel de carga*. Quito.
- VASQUEZ, J. R. (1974). *Sistema de Iluminacion Proyectos de Alumbrado*. Barcelona-España: CEAC, S. A.

16. ANEXOS**ANEXOS**

ANEXO 1: POTENCIA APARENTE DE UN DÍA TÍPICO DEL TRANSFORMADOR DE 100 KVA

HORA	Potencia Aparente L1 Med	Potencia Aparente L2 Med	Potencia Aparente L3 Med	TOTAL
0	76,36	54,55	261,82	392,73
1	76,36	54,55	152,73	283,64
2	76,36	54,55	327,27	458,18
3	76,36	54,55	152,73	283,64
4	76,36	54,55	141,82	272,73
5	76,36	54,55	294,55	425,45
6	76,36	54,55	556,36	687,27
7	1538,18	1865,45	2170,91	5574,55
8	4974,55	6130,91	3218,18	14323,64
9	7789,09	5934,55	3000,00	16723,64
10	3032,73	3196,36	3338,18	9567,27
11	3523,64	8770,91	2378,18	14672,73
12	14138,18	14334,55	2923,64	31396,36
13	2487,27	2301,82	2269,09	7058,18
14	3349,09	2978,18	3240,00	9567,27
15	2705,45	5410,91	5083,64	13200,00
16	2978,18	3349,09	1483,64	7810,91
17	2912,73	3185,45	2956,36	9054,55
18	2989,09	2672,73	2683,64	8345,45
19	1407,27	1265,45	1047,27	3720,00
20	109,09	65,45	272,73	447,27
21	76,36	54,55	152,73	283,64
22	76,36	54,55	152,73	283,64
23	76,36	54,55	261,82	392,73

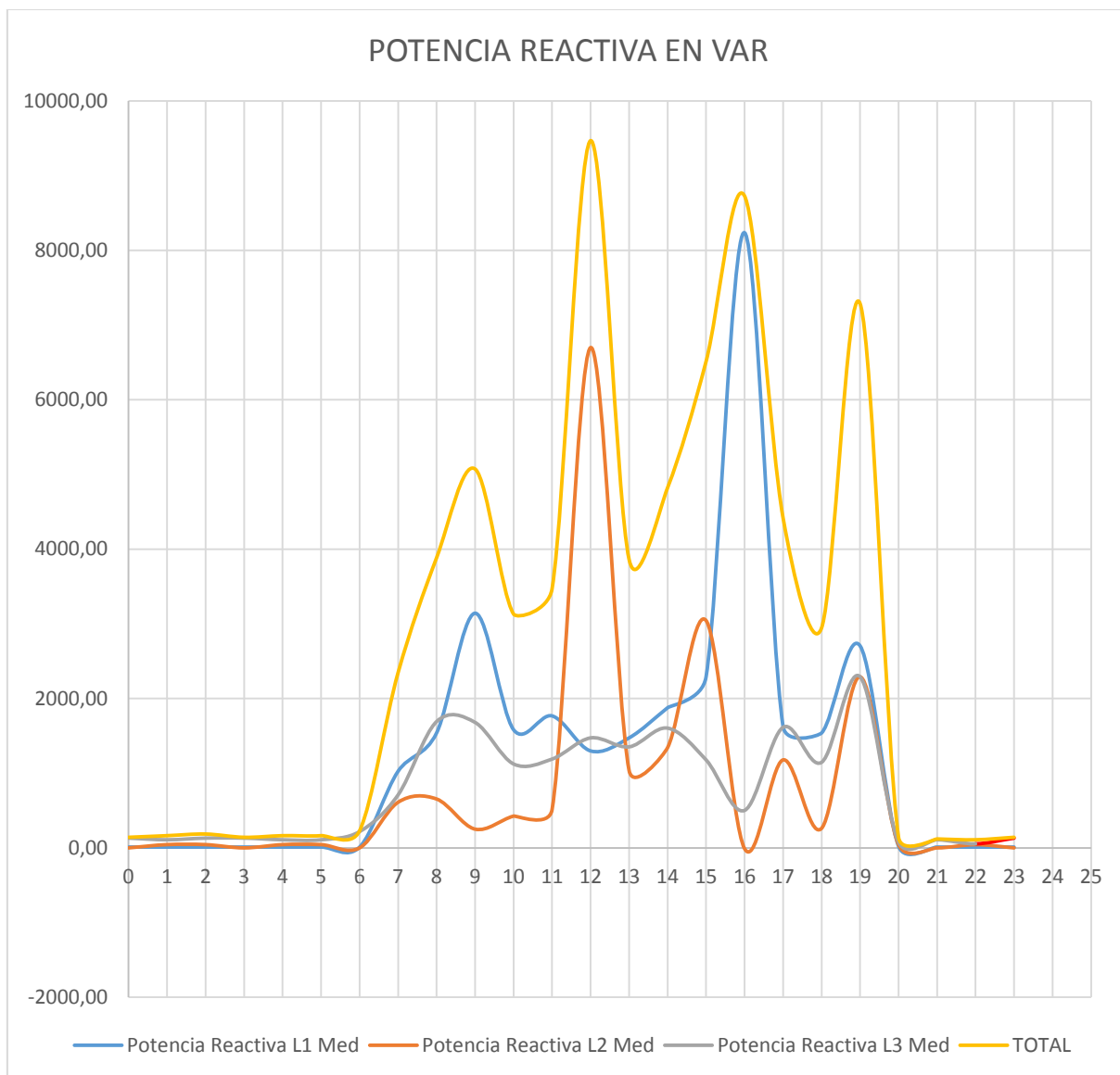
ANEXO 2: POTENCIA APARENTE DE UN DÍA TÍPICO DEL TRANSFORMADOR DE 100 KVA



ANEXO 3: POTENCIA REACTIVA DE UN DÍA TÍPICO DEL TRANSFORMADOR DE 100 KVA

HORA	Potencia Reactiva L1 Med	Potencia Reactiva L2 Med	Potencia Reactiva L3 Med	TOTAL
0	10,91	0,00	130,91	141,82
1	10,91	43,64	109,09	163,64
2	10,91	43,64	130,91	185,45
3	10,91	0,00	130,91	141,82
4	10,91	43,64	109,09	163,64
5	10,91	43,64	109,09	163,64
6	10,91	0,00	218,18	229,09
7	1025,45	610,91	709,09	2345,45
8	1538,18	654,55	1690,91	3883,64
9	3141,82	250,91	1680,00	5072,73
10	1581,82	425,45	1123,64	3130,91
11	1767,27	512,73	1189,09	3469,09
12	1298,18	6698,18	1472,73	9469,09
13	1472,73	1036,36	1352,73	3861,82
14	1876,36	1341,82	1603,64	4821,82
15	2290,91	3043,64	1178,18	6512,73
16	8236,36	-10,91	501,82	8727,27
17	1625,45	1178,18	1614,55	4418,18
18	1538,18	261,82	1145,45	2945,45
19	2705,45	2290,91	2290,91	7287,27
20	21,82	43,64	76,36	141,82
21	10,91	0,00	109,09	120,00
22	10,91	43,64	54,55	109,09
23	10,91	0,00	130,91	141,82

ANEXO 4: POTENCIA REACTIVA DE UN DÍA TÍPICO DEL TRANSFORMADOR DE 100 KVA



ANEXO 5: HISTORIAL DE PAGOS DE LA EMPRESA SERVINPET



HISTORIA DE FACTURACIONES

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A

Fecha: 14/12/16

<FIHISG>

Pag.: 1

Suministro: 90000769-8

Nombre FUNDIC. ROSALES YELA CIA. LTDA.

Dirección: PANAM SUR Nº 16.5 y GUJALO

Barrio(o Urb. o Edif.) TURUEAMBA LAS CUADRA

Provincia: 17

Canton: 4

Parroquia: 14

Meses Mora: 1

Tipo Reparto: 5

Plan: 95

Geocodigo: 98-02-052-0290

Tarifa: 929

Medidor: 90001825-ELS

Factor: 1.0

CODIGO: 08031237

Fecha Facturación	Consumo Activa	Consumo Reactiva	Factor Potencia	Demanda Leida	Demanda Facturada	Valor Factura	Saldo Anterior	Total a Pagar	Estado Factura
02/12/16	4074	2395	0.86		55	690.69	0.00	690.69	Impaga
01/11/16	4654	2323	0.89		55	781.98	0.00	781.98	Pagada
02/10/16	2633	2365	0.74		55	614.87	0.00	614.87	Pagada
01/09/16	1996	1315	0.84		55	434.46	0.00	434.60	Pagada
01/08/16	3044	1942	0.84		55	548.30	0.00	548.30	Pagada
01/07/16	6061	2375	0.93		72	961.67	0.00	961.67	Pagada
01/06/16	9244	1608	0.99		80	1,195.68	0.00	1,195.68	Pagada
01/05/16	11147	3032	0.96		92	1,377.63	0.00	1,377.63	Pagada
01/04/16	9812	2541	0.97		72	1,236.46	0.00	1,236.46	Pagada
01/03/16	9385	2913	0.96		72	1,180.66	0.00	1,180.66	Pagada
01/02/16	5743	2334	0.93		51	732.51	0.00	732.51	Pagada
03/01/16	3911	2267	0.87		34	581.30	0.00	581.30	Pagada
01/12/15	1322	1017	0.70		22	255.85	0.00	256.61	Pagada
03/11/15	1543	978	0.84		15	264.12	0.00	264.61	Pagada
01/10/15	1260	1057	0.77		15	228.79	0.00	228.79	Pagada
01/09/15	1236	794	0.84		15	210.60	0.00	210.60	Pagada
02/08/15	1438	843	0.86		16	231.70	0.00	231.80	Pagada
01/07/15	1645	960	0.86		16	267.69	0.00	267.77	Pagada
01/06/15	1245	705	0.87		16	211.01	0.00	211.20	Pagada
03/05/15	1864	778	0.92		18	267.77	0.00	267.77	Pagada
02/04/15	1527	919	0.86		15	237.73	0.00	237.73	Pagada
02/03/15	1375	693	0.89		17	220.07	0.00	220.07	Pagada
32/02/15	1412	801	0.87		16	225.38	0.00	225.38	Pagada
32/01/15	2786	1643	0.86		25	402.90	0.00	402.90	Pagada

ANEXO 6: CÁLCULO DE SECCIONES, CAÍDA DE TENSIÓN Y PÉRDIDAS DE POTENCIA EN CIRCUITOS SIMPLES

Corriente	Sección	Caída de tensión	% de Pérdida de potencia
Continua y alterna monofásica Para C.C. no se valora $\cos \phi$	Datos: intensidad y tensión $s = \frac{2 \times L \times I \times \cos \phi}{C \times e}$	$e = \frac{2 \times L \times I \times \cos \phi}{C \times s}$	$P = \frac{200 \times L \times W}{C \times s \times V^2 \times \cos^2 \phi}$
	Datos: tensión y potencia $s = \frac{2 \times L \times W}{C \times s \times V}$	$e = \frac{2 \times L \times W}{C \times s \times V}$	
Trifásica	Datos: intensidad y tensión $s = \frac{L \times I \times \sqrt{3} \times \cos \phi}{C \times e}$	$e = \frac{L \times I \times \sqrt{3} \times \cos \phi}{C \times s}$	$P = \frac{100 \times L \times W}{C \times s \times V^2 \times \cos^2 \phi}$
	Datos: tensión y potencia $s = \frac{L \times W}{C \times e \times V}$	$e = \frac{L \times W}{C \times s \times V}$	

C = conductividad – Cu = 56 – Al = 35 – Fe = 8,5. E = voltios de caída de tensión requeridas.
I = intensidad en amperios. L = longitud del circuito en metros.

ANEXO 7: CÓDIGO DE LA NEC RESISTENCIA Y REACTANCIA PARA CABLES DE 600 VOLTIOS, TRIFÁSICOS, 60HZ, 75°C (167°F). TRES CONDUCTORES SENCILLOS EN TUBO CONDUIT.

Ohms a neutro por cada 1000 pies															
Calibre AWG/ Kcmil	XL (Reactancia) para todos los alambres		Resistencia de ca para alambres de cobre sin recubrimiento			Resistencia de ca para alambres de aluminio			Z efectiva a FP de 0.85 para alambres de cobre sin recubrimiento			Z efectiva a FP de 0.85 para alambres de aluminio			Calibre AWG/ Kcmil
	Con- duits PVC, Al	Con- duits acero	Con- duits PVC	Con- duits Al	Con- duits acero	Con- duits PVC	Con- duits Al	Con- duits acero	Con- duits PVC	Con- duits Al	Con- duits Acero	Con- duits PVC	Con- duits Al	Con- duits acero	
14	0.058	0.073	3.1	3.1	3.1				2.7	2.7	2.7				14
12	0.054	0.068	2.0	2.0	2.0	3.2	3.2	3.2	1.7	1.7	1.7	2.8	2.8	2.8	12
10	0.050	0.063	1.2	1.2	1.2	2.0	2.0	2.0	1.1	1.1	1.1	1.8	1.8	1.8	10
8	0.052	0.065	0.78	0.78	0.78	1.3	1.3	1.3	0.69	0.69	0.70	1.1	1.1	1.1	8
6	0.051	0.064	0.49	0.49	0.49	0.81	0.81	0.81	0.44	0.45	0.45	0.71	0.72	0.72	6
4	0.048	0.060	0.31	0.31	0.31	0.51	0.51	0.51	0.29	0.29	0.30	0.46	0.46	0.46	4
3	0.047	0.059	0.25	0.25	0.25	0.40	0.41	0.40	0.23	0.24	0.24	0.37	0.37	0.37	3
2	0.045	0.057	0.19	0.20	0.20	0.32	0.32	0.32	0.19	0.19	0.20	0.30	0.30	0.30	2
1	0.046	0.057	0.15	0.16	0.16	0.25	0.26	0.25	0.16	0.16	0.16	0.24	0.24	0.25	1
1/0	0.044	0.055	0.12	0.13	0.12	0.20	0.21	0.20	0.13	0.13	0.13	0.19	0.20	0.20	1/0
2/0	0.043	0.054	0.10	0.10	0.10	0.16	0.16	0.16	0.11	0.11	0.11	0.16	0.16	0.16	2/0
3/0	0.042	0.052	0.077	0.082	0.079	0.13	0.13	0.13	0.088	0.092	0.094	0.13	0.13	0.14	3/0
4/0	0.041	0.051	0.062	0.067	0.063	0.10	0.11	0.10	0.074	0.078	0.080	0.11	0.11	0.11	4/0
250	0.041	0.052	0.052	0.057	0.054	0.085	0.090	0.086	0.066	0.070	0.073	0.094	0.098	0.10	250
300	0.041	0.051	0.044	0.049	0.045	0.071	0.076	0.072	0.059	0.063	0.065	0.082	0.086	0.088	300
350	0.040	0.050	0.038	0.043	0.039	0.061	0.066	0.063	0.053	0.058	0.060	0.073	0.077	0.080	350
400	0.040	0.049	0.033	0.038	0.035	0.054	0.059	0.055	0.049	0.053	0.056	0.066	0.071	0.073	400
500	0.039	0.048	0.027	0.032	0.029	0.043	0.048	0.045	0.043	0.048	0.050	0.057	0.061	0.064	500
600	0.039	0.048	0.023	0.028	0.025	0.036	0.041	0.038	0.040	0.044	0.047	0.051	0.055	0.058	600
750	0.038	0.048	0.019	0.024	0.021	0.029	0.034	0.031	0.036	0.040	0.043	0.045	0.049	0.052	750
1000	0.037	0.048	0.015	0.019	0.018	0.023	0.027	0.025	0.032	0.036	0.040	0.039	0.042	0.046	1000

ANEXO 8: CALIBRE DE CONDUCTORES Y TIPO DE AISLAMIENTO SEGÚN N.E.C. (U.S.A) EDICIÓN 1978

Conductor				Espesor de Aislamiento	Diámetro Exterior Aprox.	Peso Total Aprox. Kg/Km	Capacidad (*) Amp.
Sección Aprox. mm ²	Calibre AWG o MCM	Diámetro Aprox. Mm	Peso Aprox. Kg/Km				
3,3	12-19h	2,05	8,94	0,76	3,57	18,88	15
5,3	10-19h	2,59	14,22	0,76	4,11	26,05	25
8,4	8-19h	3,26	22,62	1,14	5,54	45,9	30
13,3	6-7h	4,65	36,64	1,52	7,69	82,32	40
21,1	4-7h	5,88	57,89	1,52	8,92	114,5	55
33,6	2-7h	7,41	92,02	1,52	10,45	163	75
53,5	1/0-7h	9,36	146,5	2,03	13,42	266,2	100
67,4	2/0-7h	10,5	184,6	2,03	14,56	319,1	115
85	3/0-7h	11,79	232,7	2,03	15,85	384,5	130
107,2	4/0-7h	13,26	293,5	2,03	17,32	466,1	155
53,5	1/0-19h	9,45	146,5	2,03	13,51	280,1	100
67,4	2/0-19h	10,6	184,6	2,03	14,66	312,2	115
85	3/0-19h	11,95	232,7	2,03	16,01	379,6	130
107,2	4/0-19h	13,4	293,5	2,03	17,46	454,7	155
126,6	250-37h	14,62	352,05	2,41	19,44	556,4	170
152	300-37h	16	422,4	2,41	20,82	648,2	190
177,4	350-37h	17,3	492,9	2,41	22,12	733,3	210
202,7	400-37h	18,49	560	2,41	23,31	819,8	225
253,4	500-37h	20,65	704,1	2,41	25,47	996,4	260
304	600-37h	22,63	844,1	2,79	28,21	1214	285
354,7	700-61h	24,48	985,7	2,79	30,06	1385	310
380	750-61h	25,35	1056	2,79	30,993	1470	320
405,4	800-61h	26,17	1119	2,79	31,75	1548	330
506,7	1000-61h	29,26	1408	2,79	34,84	1893	375

Capacidad basada en N.E.C. (U.S.A) Edición 1978, para no más de 3 conductores en conducir, bandeja, cable o directamente enterrado

ANEXO 9: INDICADORES O ÍNDICES DE RENTABILIDAD PARA UN PROYECTO.


VALOR PRESENTE NETO

Valor	Significado	Decisión a tomar
$VPN > 0$	La inversión producirá ganancias	El proyecto puede aceptarse
$VPN < 0$	La inversión producirá pérdidas	El proyecto debe rechazarse
$VPN = 0$	La inversión no producirá ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario, la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores

RELACIÓN BENEFICIO/COSTO

Valor	Significado
$R B/C > 1$	El proyecto es rentable
$R B/C < 1$	El proyecto no es rentable se debe rechazar
$R B/C = 1$	El proyecto es indiferente

ANEXO 10 : PROFORMA DE BANCO CAPACITORES, COSTOS ADICIONALES.

 G & S INGENIEROS CIA. LTDA. RUC. 0591706306001 ¡ DANDO ENERGIA A SUS IDEAS! Materiales Eléctricos y Telefónicos Planificación, Construcción y Mantenimiento de Sistemas Eléctricos.					
PRESUPUESTO					
CLIENTE:	SERVINPET			PRESUPUESTO	
FECHA:	07/11/2016			179-2016-GG	
LOCALIZACION:	LATACUNGA				
NOMBRE DEL PROYECTO: INSTALACION DE BANCO CONDENSADORES FIJO					
TRANSFORMADORES Y ACCESORIOS					
ITEM	UNIDAD	ESPECIFICACIONES	CAN.	P. UNIT.	P. TOTAL
1	C/U	BANCO	1	660,00	660,00
		GABINETE METALICO QUE CONTIENE ACCESORIOS		-	-
		REGULADOR AUTOMATICO CON FUNCION ANALIZADOR DE REDES, 6 PASOS COMUNICACIÓN RS-485. COMPUTER SMART III		-	-
		CONDENSADOR DE 10 KVAR 230V		-	-
		BREAKER PARA 10KVAR 230 V		-	-
2	C/U	CABLES TERMINALES Y ACCESORIOS		100,00	100,00
3	C/U	MANO DE OBRA		150,00	150,00
					910,00
TOTAL MATERIALES			910,00		
COSTO OPERACION MANTENIMIENTO POR UN AÑO			-	60,00	60,00
COSTO POR DAÑOS Y RETIROS			-	70,00	70,00
INSTALACION Y PRUEBAS			-	150,00	150,00
COSTO POR REPOSICION			-	100,00	100,00
TRANSPORTE DE EQUIPOS Y MATERIALES			-	50,00	50,00
SUBTOTAL 14%					1.120,00
SUBTOTAL 0%					50,00
IVA 14%					156,80
TOTAL					1.326,80
Son:	MIL TRECIENTOS VEINTE SEIS CON 80/100				
Forma de pago: 60% ANTICIPO A LA FIRMA DEL CONTRATO Y EL SALDO AL FINAL DE LOS TRABAJOS					
Plazo de Entrega : 3 DIAS LABORABLES CONTADOS A PARTIR DE LA ENTREGA DEL ANTICIPO					
Validez de la oferta: OCHO DIAS A PARTIR DE LA PRESENTE FECHA					
Atentamente, ----- Lic. Prof. 03-05-048 ING. GALO GALLO GYS INGENIEROS CIA. LTDA. calle Salache S/N y Av. Amazonas Telfs. 2806-997 Celular: 0999234212 e-mail: dtecnico@gys.com.ec					

ANEXO 11: TABLA DE CARACTERÍSTICAS DEL CAPACITOR TIPO BOTELLA DE 10KVAR

Condensadores para corrección de factor de potencia a 220, 440 y 480V, controladores de 6 y 12 pasos y centros de corrección de factor de potencia en celdas con protección por interruptores SENTRON, equipos de maniobra SIRIUS, condensadores y controladores Epcos.

Ventajas
 - Larga vida útil
 - Pérdidas reducidas
 - Conexión segura y fácil



Film Capacitors – Power Factor Correction	B25673A2102A040
PhaseCap Compact capacitors	MKK230-D-10-02

Technical data and specifications

Characteristics	MKK230-D-10-02	
Rated capacitance C_N	3 • 200.7 μ F	
Tolerance	-5 / +10%	
Connection	D (Delta)	
Rated voltage V_N	230 V AC rms	
Rated frequency f_N	50 Hz	60 Hz
Output	10.0 kvar	12.0 kvar
Rated current I_R	25 A	30 A
$\tan \delta_0$ (dielectric)	~0.2 W / kvar	
W_N	32 Ws	
R_S	1.32 m Ω	
$R_{IS} \cdot C$	30000 s	
* $\tan \delta$ (50 Hz)	≤ 0.45 W / kvar	

Maximum ratings

V_{max} (up to 8 h daily)	250 V AC rms / 354 V peak
V_{max} (up to 1 min)	300 V AC rms / 424 V peak
I_{max}	Up to 2.0 • I_R (A) including combined effects of harmonics, overvoltages and capacitance tolerance*
I_S	400 • I_R (A)
$V_{TC imp}$	8000 Vpk (Standard 1.2/50 μ s impulse)

*Care must be taken to ensure that the maximum permissible voltages and operating temperatures are not exceeded

ANEXO12 : LAMPARA LED WT120C L600 1XLED 18S/840

CoreLine Waterproof

Luminaire : WT120C L600 1xLED18S/840
Total Lamp Flux : 1800 lm
Light Output Ratio : 1.00
Luminous Flux : 1800 lm
Power : 18 W
LxBxH : 0.65x0.09x0.08 m
Ballast :



WT120C L600 1xLED18S/840

1 x 1800 lm

Polar intensity diagram

(cd/1000 lm) L.O.R. = 1.00
 — 0-180° — 90-270°

Quantity estimation diagram

nr. of luminaires

h_{room}: 2.8 m
 Reflectances: 0.70, 0.50, 0.20
 Maintenance factor: 1.0
 Ceiling mounted

UGR diagram

Room: 2.8 m
 Refl: 0.70 0.50 0.20
 Ceiling mounted
 ↓ : viewed endwise
 ↓ : viewed crosswise
 Y : Parallel to viewing dir.

Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.30	0.00
0.60	0.48	0.46	0.47	0.46	0.45	0.38	0.37	0.32	0.36	0.32	0.30	
0.80	0.59	0.55	0.58	0.56	0.55	0.47	0.46	0.41	0.45	0.41	0.38	
1.00	0.68	0.63	0.66	0.64	0.62	0.55	0.54	0.49	0.53	0.48	0.46	
1.25	0.77	0.70	0.75	0.72	0.69	0.62	0.61	0.56	0.60	0.56	0.53	
1.50	0.83	0.75	0.81	0.77	0.74	0.68	0.67	0.62	0.65	0.61	0.58	
2.00	0.93	0.83	0.90	0.86	0.82	0.76	0.75	0.71	0.73	0.70	0.67	
2.50	0.99	0.88	0.96	0.91	0.86	0.82	0.80	0.76	0.78	0.75	0.72	
3.00	1.04	0.91	1.01	0.95	0.90	0.85	0.83	0.80	0.82	0.79	0.76	
4.00	1.10	0.95	1.06	0.99	0.93	0.90	0.88	0.85	0.86	0.84	0.80	
5.00	1.13	0.97	1.09	1.02	0.96	0.93	0.91	0.88	0.88	0.86	0.83	

Ceiling mounted

Luminance Table

Plane Cone	0.0	45.0	90.0
45.0	9645	10876	8841
50.0	8197	10174	8357
55.0	6595	8731	7857
60.0	5188	6909	7380
65.0	4171	5148	6912
70.0	3529	3821	6408
75.0	3254	3031	5731
80.0	3372	2633	4648
85.0	3801	2583	2952
90.0	4176	2859	2160

(cd/m²)

LWW1837800
2017-02-16


© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) All rights reserved.

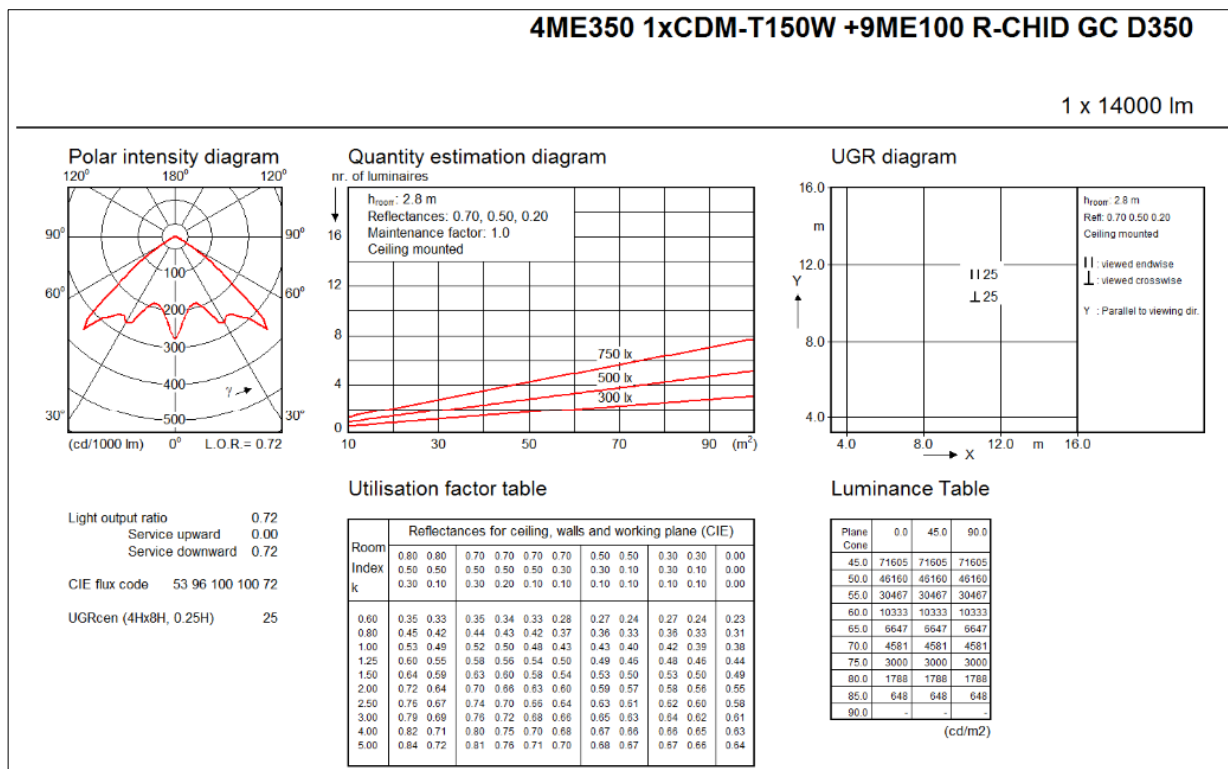
Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of

Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

ANEXO 13: 4ME350 1xCDM-T150W +9ME100 R-CHID V 220

TMW076

Luminaire : 4ME350 1xCDM-T150W +9ME100 R-CHID
 Total Lamp Flux : 14000 lm
 Light Output Ratio : 0,72
 Luminous Flux : 10080 lm
 Power : 157 W
 HXD : 0.60x0.38 m
 Ballast



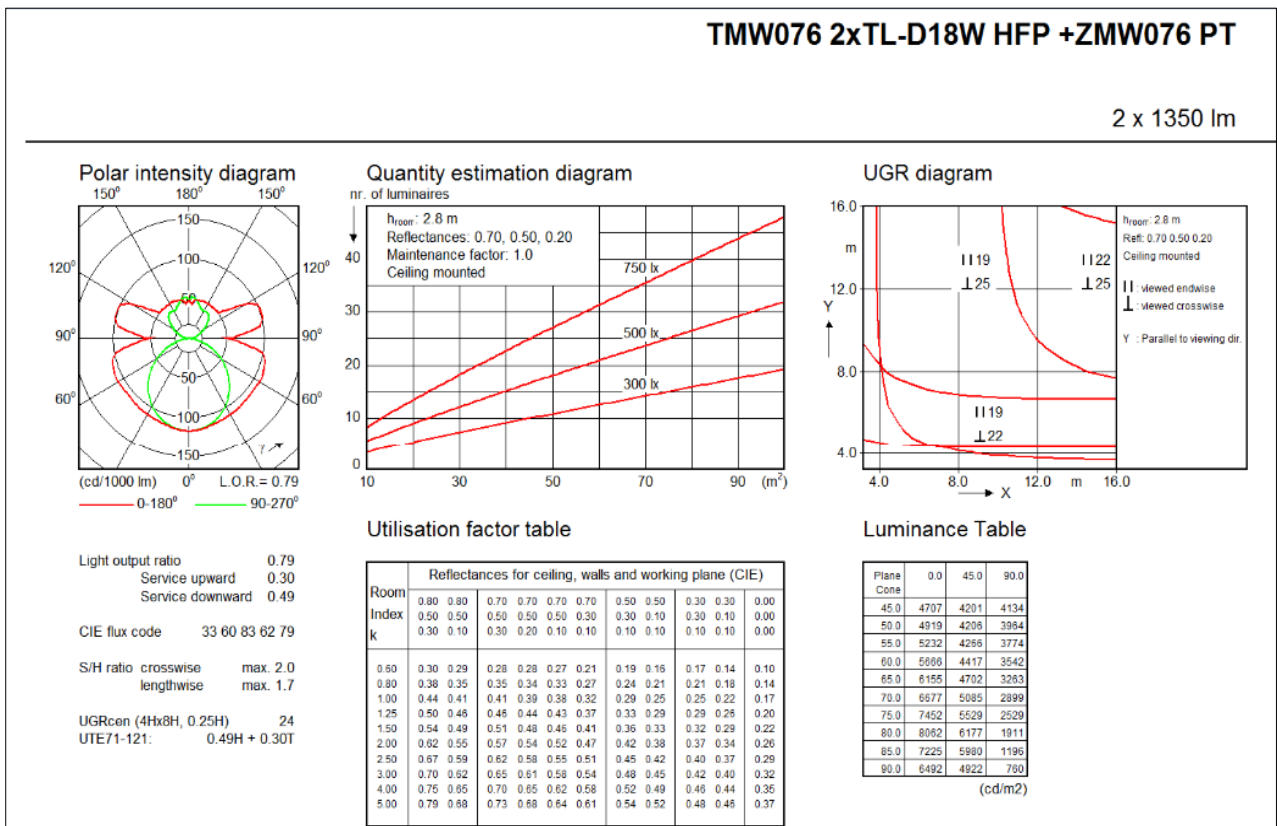
© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

ANEXO14: TMW076 2xTL-D18W HFP +ZMW076 PT.

TMW076

Luminaire :TMW076 2xTL-D18W HFP +ZMW076 PT
 Total Lamp Flux :2700 lm
 Light Output Ratio :0,79
 Luminous Flux :2133 lm
 Power :38 W
 HXD :0.60x0.12x0.11 m
 Ballast :HF Performer



© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

ANEXO15: NORMA ESPAÑOLA UNE-EN 12464-1 ILUMINACION LUGARES DE TRABAJO EN INTERIORES.

2.13 Trabajo y tratamiento de metales

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L	R _a	Observaciones
			–	–	
2.13.1	Forja en troquel abierto	200	25	60	
2.13.2	Estampación en caliente	300	25	60	
2.13.3	Soldadura	300	25	60	
2.13.4	Mecanización basta y media: tolerancias $\geq 0,1$ mm	300	22	60	
2.13.5	Mecanización de precisión; pulido: tolerancias $< 0,1$ mm	500	19	60	
2.13.6	Trazado, inspección	750	19	60	
2.13.7	Talleres de estirado de hilos y tubos; conformado en frío	300	25	60	
2.13.8	Mecanización de chapas: espesor ≥ 5 mm	200	25	60	
2.13.9	Chapistería: espesor < 5 mm	300	22	60	
2.13.10	Fabricación de herramientas; fabricación de equipo de corte	750	19	60	
2.13.11	Montaje:				
	– basto	200	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
	– medio	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
	– fino	500	22	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
	– precisión	750	19	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.13.12	Galvanización	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.13.13	Preparación de superficies y pintura	750	25	80	
2.13.14	Fabricación de herramientas, patrones, mecánica de precisión, micromecánica	1 000	19	80	

ANEXO16: DATOS DE PÉRDIDAS DE LOS TRANSFORMADORES DE ACUERDO A SU MARCA Y AÑO DE FABRICACIÓN

TRANSFORMADOR	Año Fab	Marca	Potencia	Voltaje	Fase	Pr[kW]	Po[kW]
163417	2005-2010	ECUATRAN	37.50	22860	1	0.3825	0.1192
164203	2005-2010	INATRA	45.00	22860	3	0.7018	0.1734
40554	2005-2010	ECUATRAN	125.00	22860	3	1.4020	0.3711
111897	2005-2010	ECUATRAN	37.50	22860	1	0.3825	0.1192
36322	1995-2000	OTROS	125.00	22860	3	1.6970	0.5470
40555	2005-2010	ECUATRAN	150.00	22860	3	1.7675	0.3935
46341	2010-2013	ECUATRAN	125.00	22860	3	1.5845	0.3559
163597	2005-2010	MAGNETRON	37.50	22860	1	0.3829	0.1210
165570	2005-2010	INATRA	75.00	22860	3	1.1436	0.2738
115422			112.50	22860	3	1.539	0.3610
31859	SA	INATRA	100.00	22860	3	1.3680	0.3610
13805	SA	OTROS	30.00	22860	3	0.4629	0.2350
38774			15.00	22860	1	0.192	0.0680
163407	2005-2010	ECUATRAN	37.50	22860	1	0.3825	0.1192
101311	1995-2000	ECUATRAN	37.50	22860	1	0.4024	0.1440
162212			60.00	22860	1	0.903	0.2250
13868	SA	OTROS	50	22860	3	1.1520	0.3250