



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y
APLICADAS
CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA REALIZAR UN
DIMENSIONAMIENTO ANTE EL INCREMENTO DE UNA NUEVA
LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA INDUSTRIAS CATEDRAL
S.A”**

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

Autor:

Aguilar de la Cruz Mauricio Damián

Director:

Ing. Vicente Quispe

Latacunga - Ecuador

Mayo del 2016



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 Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: AGUILAR DE LA CRUZ MAURICIO DAMIÁN con el título de Proyecto de Investigación: ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA REALIZAR UN DIMENSIONAMIENTO ANTE EL INCREMENTO DE UNA NUEVA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA INDUSTRIAS CATEDRAL S.A, 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, 04 de Mayo 2016

Para constancia firman:

.....
Dr. Secundino Marreno
LECTOR 1

.....
Dra. Iliana Gonzáles
LECTOR 2

.....
Ing. Xavier Proaño
LECTOR 3



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo Aguilar de la Cruz Mauricio Damián declaro ser autor del presente proyecto de investigación: ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA REALIZAR UN DIMENSIONAMIENTO ANTE EL INCREMENTO DE UNA NUEVA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA INDUSTRIAS CATEDRAL S.A, siendo el Ing. Vicente Quispe director 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 mi exclusiva responsabilidad.

.....
Aguilar de la Cruz Mauricio Damián
180438242-0



AVAL DEL DIRECTOR

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELECTRICA PARA REALIZAR UN DIMENSIONAMIENTO ANTE EL INCREMENTO DE UNA NUEVA LINEA DE PRODUCCION EN LA EMPRESA INDUSTRIAS CATEDRAL S.A”, de AGUILAR DE LA CRUZ MAURICIO DAMIÁN de la carrera de INGENIERIA ELECTRICA, 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 Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 13 de Abril, 2016

.....

Ing. Vicente Quispe
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

AGRADECIMIENTO

Mi principal agradecimiento hacia la Empresa “Industrias Catedral S.A.” por el apoyo brindado para la realización exitosa de este Proyecto de Investigación, A la Universidad Técnica de Cotopaxi, a mi docente y tutor por guiarme en la culminación de este proyecto..

Mauricio

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis padres que han sido eje fundamental en mi formación profesional, amigos que en el transcurso de mi vida han sabido bríndame su confianza incondicional y el apoyo necesario para la culminación de mis objetivos planteados.

Mauricio

INDICE

1.	INFORMACIÓN GENERAL	1
2.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
3.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	4
4.	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5.	EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:	5
6.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	5
6.1.	Sistemas eléctricos	5
6.2.	Criterios para el diseño de sistemas eléctricos	5
6.3.	Instalaciones eléctricas industriales	6
6.4.	Preliminares de dimensionamiento.	6
6.5.	Demanda de una instalación	6
6.6.	Demanda.	7
6.7.	Carga instalada	7
6.8.	Densidad de carga	7
6.9.	Demanda máxima	7
6.10.	Demanda tipo industrial	8
6.11.	Curva de carga o demanda	8
6.12.	Factor de carga	8
6.13.	Factor de diversidad	9
6.14.	Factor de simultaneidad	9
6.15.	Factor de utilización	9
6.16.	Factor de potencia	10
6.17.	Ahorro energético	10
6.18.	Software Neplan	10

6.18.1.	Módulos estándar	11
6.18.2.	Flujo de carga	11
6.18.2.1.	Importancia de los flujos de carga	11
7.	OBJETIVOS:	12
7.1.	General	12
7.2.	Específicos	12
8.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS, ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA	13
9.	Resultados e impactos logrados	14
9.1.	ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.	14
9.2.	Análisis de la entrevista realizada al Ing. Javier Buenaño Gerente General 15	
9.3.	SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO	15
9.3.1.	Diagrama eléctrico unifilar de potencia de la empresa Industrias Catedral S.A.	16
9.3.2.	Distribución en Medio Voltaje.	17
9.3.3.	Distribución en los tableros generales de potencia de bajo voltaje.	17
9.3.4.	Distribución en los tableros principales de bajo voltaje.	18
9.4.1.	MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	19
9.4.2.	CURVA DE CARGA DEL TRANSFORMADOR DE 200KVA NÚMERO 9123.	19
9.5.	Curvas de carga	21
9.5.1.	Curva diaria de lunes a viernes.	21
9.5.2.	Curva diaria de sábado y domingo.	23
9.5.3.	Niveles de voltaje.	25
9.5.4.	Corrientes de línea.	26
9.5.5.	Factor de potencia.	27
9.5.6.	Factor de utilización	28
9.6.	Modelamiento del sistema eléctrico actual de la empresa Industrias Catedral S.A.	28

9.6.1.	Modelación de los componentes del Sistema Eléctrico de la empresa Industrias Catedral S.A.	28
9.6.2.	Equivalente de Red.	29
9.6.3.	Flujo de Potencia con Perfiles de Carga.	30
9.6.4.	Ingreso de los factores de escalamiento.....	30
9.6.5.	Flujo de potencia con proyección de la demanda a corto plazo.	35
9.7.	Evaluación de parámetros eléctricos con ingreso de nueva línea de producción de pasta.	36
9.7.1.	Modelamiento del sistema eléctrico.....	36
9.7.2.	Corrección del factor de potencia.....	38
9.7.3.	Dimensionamiento del banco de capacitores	38
9.8.	Dimensionamiento del sistema eléctrico con incremento de carga.....	40
9.8.1.	Dimensionamiento del conductor desde el transformador de 200kVA hasta el tablero principal de la nueva carga.....	40
9.8.2.	Dimensionamiento del Breaker principal del tablero principal de la nueva línea de producción.....	41
10.	VALORACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA.....	43
10.1.	Acometida y protecciones ante el incremento de una nueva línea de producción de pasta.	43
10.2.	Ahorro económico al realizar la corrección del factor de potencia.....	44
10.3.	Presupuesto.....	47
10.4.	Tiempo de recuperación de la inversión.	48
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
12.	BIBLIOGRAFIA	51

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 POTENCIAS TOTALES DEL TRANSFORMADOR DE 200kVA .	21
TABLA 2 POTENCIAS TOTALES DEL TRANSFORMADOR DE 200KVA .	23
TABLA 3 RESULTADOS POR ELEMENTO DE LA SIMULACIÓN EN NEPLAN (SISTEMA ACTUAL).....	29
TABLA 4 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN NEPLAN CON PERFILES DE CARGA DE LUNES A VIERNES	33
TABLA 5 RESULTADOS DE LA SIMULACION EN NEPLAN CON PERFILES DE CARGA DE SABADO Y DOMINGO	34
TABLA 6 RESULTADOS DE LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA A 5 AÑOS.....	35
TABLA 7 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	37
TABLA 8 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN CON EL NUEVO BANCO DE CAPACITORES	42
TABLA 9 PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	43
TABLA 10 PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL BANCO DE CAPACITORES	47

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO DE POTENCIA	16
FIGURA 2 INSTALACIÓN DEL ANALIZADOR DE ENERGÍA AEMC 3945 EN EL TRANSFORMADOR DE 200KVA	20
FIGURA 3 CURVA DE CARGAS MEDIDAS DEL TRANSFORMADOR DE 200KVA.	20
FIGURA 4 CURVA DIARIA DE LUNES A VIERNES TOTAL DEL TRANSFORMADOR DE 200KVA #9123	22
FIGURA 5 CURVA DIARIA DE LUNES A VIERNES TOTAL DEL TRANSFORMADOR DE 200KVA #9123	24
FIGURA 6 VOLTAJES DE FASE MEDIDOS EL DÍA MIÉRCOLES	25
FIGURA 7 CORRIENTES DE LÍNEA MEDIDOS EL DÍA MIÉRCOLES 23/03/2016.....	26
FIGURA 8 FACTOR DE POTENCIA POR LÍNEA DEL DÍA MIÉRCOLES 23/03/2016.....	27
FIGURA 9 SIMULACIÓN DEL ESTADO ACTUAL EN NEPLAN.....	29
FIGURA 10 FACTORES DE ESCALAMIENTO DE LA CURVA DIARIA DE LUNES A VIERNES.....	31
FIGURA 11 FACTORES DE ESCALAMIENTO DE LA CURVA DIARIA DE SÁBADO Y DOMINGO	31
FIGURA 12 DIAGRAMA DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DE 200KVA.	32
FIGURA 13 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA EN 5 AÑOS	35
FIGURA 14 MODELAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO CONSIDERANDO UN INCREMENTO DE CARGA DE 70KW	36
FIGURA 15 MODELAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO CON EL BANCO DE CAPACITORES CALCULADO.....	42

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: “ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA REALIZAR UN DIMENSIONAMIENTO ANTE EL INCREMENTO DE UNA NUEVA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA “INDUSTRIAS CATEDRAL S.A”

Autor: Aguilar de la Cruz Mauricio Damián

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está enfocado a determinar el estado actual del sistema eléctrico con una planificación a cinco años del transformador de 200kVA, ya que se conocía a breves rasgos el estado actual de los dos transformadores de 112,5 y 250kVA., no se disponía de un estudio eléctrico que permita al departamento de producción planificar un incremento de una nueva línea de producción de pasta, por esta razón se realizó un estudio de demanda al sistema eléctrico actual de la empresa, con la ayuda del analizador de energía AEMC 3945 se tomaron mediadas cada cinco minutos durante siete días continuos para determinar la demanda del sistema eléctrico del transformador de 200kVA y poder realizar mediante histogramas una curva de carga diaria de lunes a viernes y otra de sábado a domingo para conocer el comportamiento real del sistema, determinando el porcentaje de cargabilidad del transformador, niveles de voltaje, factor de potencia, corrientes, potencias y perdidas, además se realizaron mediciones en la hora pico de un minuto en los tableros principales de los dos transformadores de 112,5 y 250kVA para determinar los parámetros eléctricos que con la ayuda del software de simulación NEPLAN, se realizó un flujo de potencia del estado actual de los tres transformadores existentes en la empresa verificado el nivel de cargabilidad del transformador de 200kVA, determinado el nivel de cargabilidad del transformador y verificando que si es factible aumentar más carga a dicho transformador con las mediciones obtenidas del analizador de energía, se realizó un flujo de potencia con perfiles de carga conociendo el comportamiento real de los niveles de voltaje, porcentaje de cargabilidad, perdidas, factor de potencia, etc. del sistema y poder planificar un incremento de carga determinando que el factor de potencia disminuye a valores por debajo del valor establecido en la regulación 004/001. Con la culminación de este trabajo de investigación se solvento una necesidad importante para la empresa determinando correcciones que se realizaran al momento de instalar la nueva línea de producción. El alcance del trabajo de investigación se orientó al análisis y diagnóstico de sistemas eléctricos mediante la realización de un estudio de la demanda con perfiles de carga, el mismo que permito conocer el estado actual de los parámetros del sistema eléctrico de la empresa. El presente trabajo servirá de guía para trabajos similares en industrias.

Palabras clave: Sistema eléctrico, NEPLAN, cargabilidad, demanda eléctrica, curva de carga, factor de potencia.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA PARA REALIZAR UN DIMENSIONAMIENTO ANTE EL INCREMENTO DE UNA NUEVA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA “INDUSTRIAS CATEDRAL S.A”

Tipo de Proyecto:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Investigación formativa | <input type="checkbox"/> |
| 2. Investigación Aplicada | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3. Investigación Evaluativa | <input type="checkbox"/> |
| 4. Investigación Experimental | <input type="checkbox"/> |
| 5. Investigación Tecnológica | <input type="checkbox"/> |

Propósito:

- Obtener información para plantear proyecto de mayor trascendencia
- Dar atención a problemas o necesidades locales
- Establecer relación con otras entidades
- Resolver problemas identificados en la universidad

Fecha de inicio: 2 de marzo del 2016

Fecha de finalización: 13 de abril del 2016

Lugar de ejecución:

En la empresa industrias catedral S.A. de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

Unidad Académica que auspicia: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Eléctrica

Equipo de Trabajo:

Coordinador del Proyecto

Nombre: Ing. Vicente Quispe

Teléfonos: 0984700557

Correo electrónico: viche_chente09@yahoo.com

Área de Conocimiento: Ingeniería y Tecnología Eléctrica

Línea de investigación: Explotación y diseño de sistemas eléctricos

HOJA DE VIDA DEL POSTULANTE

AGUILAR DE LA CRUZ MAURICIO DAMIÁN

CURRÍCULUM VITAE



1.- DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS: Mauricio Damián Aguilar de la Cruz

FECHA DE NACIMIENTO: 02 de Noviembre de 1991

CEDULA DE CIUDADANIA: 1804382420

ESTADO CIVIL: Soltero

NUMERO DE TELEFONO: 0980232101

E-MAIL: proelectricpa@hotmail.com

2.- ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL PRIMARIO: Escuela Humberto Albornoz

NIVEL SECUNDARIO: Colegio Técnico Atahualpa

NIVEL SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi

3.- TÍTULOS

SECUNDARIO: Bachiller Eléctrico (2009)

PREGRADO: Ingeniero Eléctrico (2016)

HOJA DE VIDA DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

VICENTE JAVIER QUISPE TOAPANTA

CURRÍCULUM VITAE



1.- DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS: Vicente Javier Quispe Toapanta
FECHA DE NACIMIENTO: 1983-12-09
CEDULA DE CIUDADANÍA: 0502918014
ESTADO CIVIL: Soltero
NUMEROS TELÉFONICOS: 0984-700557 / 032729394
E-MAIL: viche_chente09@yahoo.com , vicente.quispe@utc.edu.ec

2.- ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL PRIMARIO: Escuela "Federico Gonzales Suarez"
NIVEL SECUNDARIO: ITS "Ramón Barba Naranjo"
NIVEL SUPERIOR: Escuela Politécnica Nacional
NIVEL SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi

3.- TÍTULOS

PREGRADO: Ingeniero Eléctrico (2 009)
POSGRADO: Maestría en Gestión de Energías (Egresado)

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el presente proyecto se plantea realizar un estudio de la demanda del sistema eléctrico mediante el software de simulación NEPLAN, y determinar los parámetros eléctricos de manera real mediante el uso de curvas de carga, y poder determinar si es posible i o no incrementar carga en el transformador de 200kVA.

El tema de investigación se relaciona con el análisis de circuitos eléctricos apoyado con una simulación en NEPLAN lo que nos permite establecer el comportamiento de un sistema.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El estudio para la previsión de la demanda es un aspecto necesario a considerarse antes de realizar cualquier proyecto eléctrico, debido a la dependencia del diseño final con los resultados que ofrece dicho estudio, lo que permite emitir los criterios técnicos para el dimensionamiento de un sistema eléctrico. Surge la necesidad en un proyecto eléctrico de determinar el comportamiento de la carga considerando los parámetros de producción, espacio físico.

Debido a la necesidad del diseño eléctrico que tiene la empresa, la investigación es prudente realizarlo, además se cuenta con la colaboración del Gerente General de “INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.”, existiendo la suficiente información bibliográfica, conocimientos técnicos, en conclusión es viable y aplicable, además será un aporte para futuros trabajos de investigación en los que se ven reflejados los conocimientos relacionados a las materias técnicas que se ha recibido en la carrera de ingeniería eléctrica.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

- La Empresa Industrias Catedral S.A.
- El Ing. Javier Buenaño (Gerente General)
- El Ing. Juan Guerrero(Jefe de Mantenimiento)

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

Al respecto, la empresa “Industrias Catedral S.A.”, que se encarga de la producción de velas, harina y fideos; la misma que no cuenta con información técnica sobre el estado del sistema eléctrico, por lo que no se conoce el nivel de cargabilidad del transformador, misma que se requiere para planificar un incremento de una nueva línea de producción sin afectar los parámetros eléctricos.

6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

6.1. Sistemas eléctricos

Según (Enriquez h. , 2005, pág. 27), “los sistemas eléctricos, ya sea una simple batería que opera una campana, o una compleja instalación industrial que alimenta a un gran número de lámparas y motores eléctricos y que tiene el propósito de producir alumbrado y hacer girar los motores para accionar bombas, ventiladores, transportadores, etc., o bien producir calor, tienen como propósito final desarrollar una potencia o producir un trabajo.”

En este sentido, los sistemas eléctricos son un conjunto de elementos que permiten el manejo eficiente y seguro de la energía eléctrica para satisfacer una demanda.

6.2. Criterios para el diseño de sistemas eléctricos

Una instalación eléctrica debe distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente. Teniendo las siguientes características que debe cumplir un sistema.

- Seguridad.
- Capacidad.
- Flexibilidad.
- Accesibilidad.
- Confiabilidad.

6.3. Instalaciones eléctricas industriales.

De acuerdo a (Ventura, 2007, pág. 3), las instalaciones eléctricas industriales son el conjunto de elementos, aparatos y equipos que se encargan de la recepción, conducción, transformación, control, medición, protección, distribución y utilización de la energía eléctrica.

En consecuencia las instalaciones eléctricas son un conjunto organizado de elementos que permiten la trasportación de energía para el aprovechamiento óptimo en procesos industriales.

6.4. Preliminares de dimensionamiento.

El diseñador de un sistema eléctrico de potencia para instalaciones industriales, debe determinar el requerimiento de carga, incluyendo los tamaños y tipos de las mismas, así como cualquier requerimiento de tipo especial. Se debe también disponer del valor del cortocircuito en el punto de conexión y la red de suministro eléctrico o de entrega de ésta, además de conocer las características de los dispositivos de protección de la compañía suministradora; entonces, el diseño debe comenzar con un cálculo preliminar del sistema que cubra los fundamentos del cortocircuito, de manera que permita el diseño preliminar y la selección correcta de los dispositivos de protección.

6.5. Demanda de una instalación

Según la NORMA (IEC, 2010, pág. A15) argumenta: “Para diseñar una instalación se debe evaluar la demanda máxima de potencia que se puede solicitar al sistema”.

Un diseño que simplemente se base en la suma aritmética de todas las cargas existentes en la instalación sería extremadamente caro y poco práctico desde el punto de vista de la ingeniería.

El propósito es mostrar cómo se pueden evaluar varios factores teniendo en cuenta la diversidad (operación no simultánea de todos los dispositivos de un grupo determinado) y la utilización de todas las cargas existentes y proyectadas. Los valores proporcionados están basados en la experiencia y en los registros extraídos de las instalaciones actuales. Además de proporcionar datos de diseño de instalaciones básicas en circuitos individuales, los resultados proporcionarán un valor global para la instalación a partir de la que se pueden especificar los requisitos de un sistema de alimentación (red de distribución, transformador de alta/baja voltaje o grupo electrógeno).

6.6. Demanda.

Es la potencia que consume la carga, ésta es medida por lo general en intervalos de tiempo (por ejemplo, intervalos de 1 hora), expresada en kW a un factor de potencia determinado.

6.7. Carga instalada

Es la suma de las potencias nominales de los aparatos y equipos que se encuentran conectados en un área determinada de la instalación expresada generalmente en kVA o kW.

6.8. Densidad de carga

Es el cociente de la carga instalada y el área de la instalación considerada, se expresa en kVA/m², y para los propósitos de planeación de una instalación eléctrica se dan tablas con valores estimados típicos para cierto tipo de instalaciones eléctricas, en particular industriales.

6.9. Demanda máxima

Es la máxima demanda que se tiene en una instalación o en un sistema durante un período de tiempo especificado, por lo general en horas.

6.10. Demanda tipo industrial

En el caso de la demanda industrial, la forma de la curva dependerá del proceso de fabricación o del producto que se considere en el análisis.

Para este tipo de demanda se tiene que típicamente puede ser de dos tipos: la demanda de un proceso constante cuyo perfil es prácticamente plano y corresponde a plantas industriales de fabricación continua con horarios de trabajo 24/7 en tres turnos, y, la demanda de proceso de fabricación no continua en cuya forma se pueden observar los cambios en el requerimiento de energía por parte del proceso y por lo tanto es más irregular.

La demanda industrial se presenta en la 24 hora de producción ya que trabajan por jornadas.

6.11. 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 periodo analizado”.

6.12. Factor de carga

Según el (ARCONEL-CONELEC-007/00, 2000 pág. 6) define factor de carga “Es una medida del grado de uniformidad de la demanda en un período, usualmente un año, equivalente a la relación entre la demanda promedio respecto a la demanda máxima durante el mismo período, expresado en porcentaje”.

Es la relación entre la demanda promedio y la demanda máxima, la cual nos da en porcentaje.

$$FC = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}}$$

Ecuación 1

6.13. Factor de diversidad

Es el cociente de la suma de las demandas máximas individuales en las distintas partes de un sistema o la instalación y la demanda máxima del sistema o instalación.

$$\text{Factor de diversidad} = \frac{\text{Suma de las demandas máximas individuales}}{\text{Demanda máxima del sistema}}$$

Ecuación: 2

6.14. Factor de simultaneidad

Es una cantidad menor o igual a la unidad que se obtiene como el recíproco del factor de diversidad.

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

Ecuación: 3

6.15. Factor de 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:

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

Ecuación 3

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

6.16. Factor de potencia

Según (Wildi, 2007, pág. 143) “El factor de potencia de un dispositivo o circuito de corriente alterna es la relación de la potencia activa P a la potencia aparente S, es decir factor de potencia = P/S”

$$\phi = \cos^{-1} * FP \quad \text{Ecuación 4}$$

$$Q = P * \tan^{-1}\phi \quad \text{Equation 5}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$Qc = Q1 - Q2 \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

ϕ : Ángulo entre la potencia activa y la potencia aparente

FP: Factor de potencia

Q: Potencia reactiva [kVAR]

P: Potencia activa [kW]

S: Potencia aparente [kVA]

Qc: Valor del banco de condensadores [kVAR]

ΔS : Valor de potencia aparente ahorrada [kVA]

6.17. Ahorro energético

El ahorro energético implica no sólo la reducción del consumo, sino también la reducción de emisiones que afectan al medio ambiente. De todos los costos operativos, el energético es el más fácil de controlar, pero para su reducción es indispensable un control continuo, una gestión adecuada de la información y una asesoría energética efectiva.

6.18. Software Neplan

NEPLAN es una herramienta para análisis, planeamiento, optimización y operación de redes eléctricas, de agua, gas y calefacción.

6.18.1. Módulos estándar

- Flujo de carga
- Flujo de carga con perfiles de carga
- Análisis de contingencias
- Análisis de cortocircuito
- Análisis de armónicos
- Arranque de motores
- Cálculo de parámetros de línea
- Reducción de redes
- Diseño de mallas de puesta a tierra (GSA)

6.18.2. Flujo de carga

En ingeniería eléctrica, el estudio de flujo de potencia, también conocido como flujo de carga, es una herramienta importante que involucra análisis numérico aplicado a un sistema de potencia. En el estudio del flujo de potencia usualmente se usa una notación simplificada tal como el diagrama unifilar y el sistema por unidad, y se centra en varias formas de la potencia eléctrica AC (por ejemplo, voltajes, ángulos de los voltajes, potencia activa y potencia reactiva). Este estudio analiza los sistemas de potencia operando en estado estable. Existen varios software que implementan el estudio del flujo de potencia.

6.18.2.1. Importancia de los flujos de carga

- Permite determinar los flujos de potencia activa y reactiva en una red eléctrica.
- Permite determinar los voltajes en las barras de una red eléctrica.

- Permite calcular las pérdidas en una red eléctrica.
- Permite estudiar las alternativas para la planificación de nuevos sistemas o ampliación de los ya existentes.
- Permite evaluar los efectos de pérdidas temporales de generación o de circuitos de transmisión.
- Permite evaluar los efectos de reconfigurar los circuitos de un SEP (por ejemplo ante la pérdida de una línea de transmisión).
- Permite evaluar las mejoras que se producen ante el cambio en la sección de los conductores de un SEP.

7. OBJETIVOS:

7.1. General

Analizar la demanda eléctrica, para realizar un dimensionamiento ante el incremento de una nueva línea de producción en la empresa “Industrias Catedral S.A.”.

7.2. Específicos

- Investigar información teórica y normativas relacionadas sobre el análisis de sistemas eléctricos eficientes, para la aplicación práctica en el trabajo de investigación.
- Recopilar datos de demanda eléctrica mediante un analizador de carga, que permitan definir los parámetros previos sobre la estructuración y el funcionamiento de la empresa.
- Analizar los datos obtenidos, para realizar la simulación del sistema en el programa NEPLAN y poder planificar un incremento de carga en la empresa.
- Evaluar técnica – económicamente la propuesta.

8. OBJETIVOS ESPECÍFICOS, ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA			
<p>Investigar información teórica y normativas relacionadas sobre el análisis de sistemas eléctricos eficientes, para la aplicación práctica en el trabajo de investigación.</p>	<p>Consultar citas bibliográficas sobre el análisis de sistemas eléctricos.</p>	<p>Obtener una base sólida de datos bibliográficos.</p>	<p>Investigación bibliográfica: Se empleará este tipo de investigación con la finalidad de adquirir toda la información teórica actualizada referente a la normativa, métodos de cálculo, criterios de análisis, parámetros de diseño para el conjunto de componentes del sistema eléctrico.</p>
<p>Recopilar datos de demanda eléctrica mediante un analizador de carga, que permitan definir los parámetros previos sobre la estructuración y el funcionamiento de la empresa.</p>	<p>Instalar un analizador de carga y realizar mediciones de los parámetros eléctricos cada 10 minutos durante 7 días las 24 horas.</p>	<p>Descargar los datos de los parámetros eléctricos del analizador de carga AEMC 3945-B.</p>	<p>Investigación de campo: Con este tipo de investigación se realizará la respectiva recolección de datos relacionados con el estado actual de la planta de producción de Industrias Catedral</p>

<p>Analizar los datos obtenidos, para realizar la simulación del sistema en el programa NEPLAN y poder planificar un incremento de carga en la empresa.</p>	<p>Tabular los datos obtenidos del analizador de carga AEMC 3945-B</p>	<p>Realizar el dimensionamiento mediante la simulación en el programa NEPLAN</p>	<p>Investigación aplicada: Esta metodología permitirá aplicar los conocimientos adquiridos en nuestra carrera.</p>
<p>Evaluar técnica – económicamente la propuesta.</p>	<p>Realizar un análisis técnico - económico</p>	<p>Elaborar un presupuesto referencial de la propuesta.</p>	<p>Investigación aplicada: Esta metodología permitirá aplicar los conocimientos técnico – económico adquiridos en nuestra carrera.</p>

Realizado por: Postulante

9. Resultados e impactos logrados

9.1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA INDUSTRIAS CATEDRAL S.A.

El sueño comenzó un 25 de Febrero de 1955 cuando el Sr. José Oswaldo Buenaño consigue poner en marcha su proyecto de procesamiento de parafina para la fabricación de velas. En 1973 se transforma en Industrias Catedral Cía. Ltda.; para esa época la empresa vendía velas y fideos en las provincias de Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi, Bolívar, Imbabura y Carchi, y para el 26 de Enero de 1994 se convierte en sociedad anónima. Desde 2002, la administración está en manos de la segunda generación, cuya visión ha sido el engrandecimiento y fortalecimiento de Industrias Catedral; siendo su actual Gerente el Ing. Javier Buenaño y su presidenta la

Sra. Carmita Buenaño. En Febrero del 2010 fue instalada la maquinaria de última tecnología denominada línea de producción de pasta corta Braibanti de 900 kg lo que mejoro la producción de pasta, de la misma forma se fue incrementando el sistema eléctrico de la empresa hasta la actualidad, funcionando con tres transformadores de 112.5kVA el cual cubre la demanda total del Molino Negretti, 250kVA el cual cubre la demanda total de las líneas de producción de pasta como son Túnel 1, Túnel 2, túnel 3, cabello, regin, Molino San Vicente y Molino Santolin, sección de velas, bodegas de almacenamiento de material complementario y producto terminado, mecánica, sección administrativos, 200kVA el cual fue instalado en el año del 2010 para cubrir la demanda total de la línea de producción de pasta corta Braibanti (Túnel 4), bodega de repuestos, punto de venta.

9.2. Análisis de la entrevista realizada al Ing. Javier Buenaño Gerente General

Industrias Catedral S.A. es una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos alimenticios de calidad desde el año 1956, desde el año 2002 la administración está en manos de la segunda generación; siendo su actual Gerente el Ing. Javier Buenaño, su visión ha sido el engrandecimiento y fortalecimiento de Industrias Catedral. S.A.

Desde entonces se puede apreciar el crecimiento de la empresa tanto en maquinaria como en productos ofrecidos; por lo cual la demanda eléctrica se ha ido incrementado, esto ha ocasionado que se desconozca el estado actual del sistema eléctrico, siendo un inconveniente en el momento de planificar un incremento de nuevas líneas de producción.

9.3. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El servicio de energía eléctrica lo suministra la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte mediante el alimentador Martínez Perteneiente a la “Subestación Atocha” ubicada en Atocha.

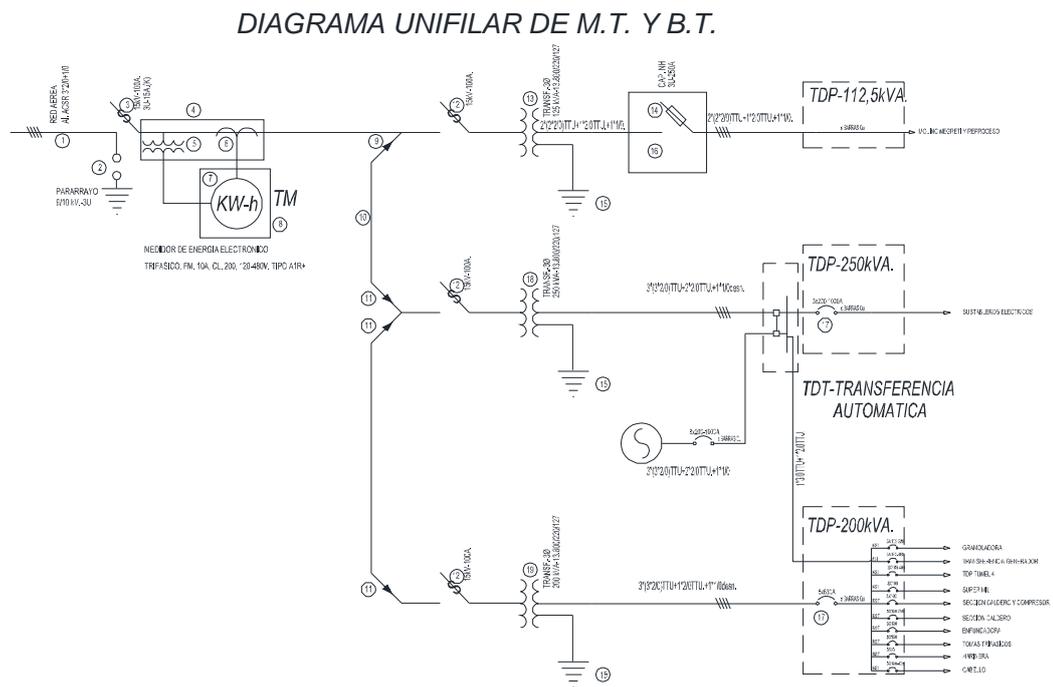
9.3.1. Diagrama eléctrico unifilar de potencia de la empresa Industrias Catedral S.A.

Industrias Catedral S.A. por ser antigua su edificación no posee planos eléctricos digitales ni físicos, actualmente cuenta solo con los planos de la construcción inicial.

Para el estudio se procedió a digitalizar la información del sistema eléctrico de potencia que se visualiza en la fig. 1, el mismo que permite conocer cómo se encuentra estructurado eléctricamente la empresa facilitando la evaluación del sistema actual.

La figura se encuentra en el anexo 2 para una mejor resolución.

FIGURA 1 DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO DE POTENCIA.



Realizado por: Postulante

9.3.2. Distribución en Medio Voltaje.

La empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. suministra con una acometida principal trifásica a un nivel voltaje de 13,8 kV entre línea a línea derivándose del Alimentador Martínez perteneciente a la Subestación Atocha, ingresando por la entrada principal de la fábrica de forma aérea hasta llegar al poste N° 137594 donde se encuentra ubicado el sistema de medida en media tensión (Trafomix), después del mismo se deriva una acometida hacia los seccionadores tipo tira fusible de la cámara de transformación N° 1 donde se encuentra el transformador de 250kVA., de esta misma acometida se deriva hacia los seccionadores tipo tira fusible de la cámara de transformación N° 2 donde se encuentra el transformador de 200kVA. De las salidas del Trafomix continua la red aérea en medio voltaje hasta llegar a la estructura tipo H con números de poste 137591 y 137592 donde se encuentra ubicado el transformador de 112.5kVA. Cada transformador posee su respectivo seccionamiento.

9.3.3. Distribución en los tableros generales de potencia de bajo voltaje.

Existen tres centros de transformación el primero instalado en una estructura tipo H y dos instalados en cámaras de transformación cada uno de 112.5kVA, 250kVA y 200kVA con numeración 6470, 112 y 9123 Marca ECUATRAN que alimentan a tres sistemas de distribución de bajo voltaje a 220 V entre fase y fase denominados Tablero principal Molino Negretti, Tablero principal general y Tablero principal Túnel 4 junto se encuentran el tablero de transferencia automática y dos tableros de banco de capacitores.

El transformador de 112.5kVA número 6740 alimenta al tablero de potencia del molino Negretti (TPMN), este tablero corresponde a la carga total del Molino Negretti. El transformador de 250kVA número 112 alimenta al tablero principal general (TPG) que a su vez es alimentado con el tablero de transferencia automática en el que se encuentra conectado el generador que corresponde a las cargas de los

tableros normales de las líneas de producción de pasta Túnel, Túnel 2, Regin, Cabello, Molino Santolin, Molino San Vicente, Bodegas y Oficinas administrativas. El transformador de 200kVA número 9123 alimenta al tablero principal Túnel 4 el mismo que cubre el total de la carga de la línea de producción de pasta. Actualmente los tableros y transformadores operan con modificaciones realizadas

9.3.4. Distribución en los tableros principales de bajo voltaje.

El tablero principal del transformador de 112.5kVA está conectado por una acometida subterránea de dos conductores calibre 2/0 por fase y un conductor calibre 2/0 de cincuenta metros aproximadamente el mismo que cubre la carga total del Molino Negretti, el tablero principal del transformador de 250kVA está conectado por una acometida de tres metros de tres conductores calibre 2/0 por fase y dos conductores calibre 2/0 para el neutro, es uno de los más antiguos de la fábrica ya que cubre un 55% de la demanda total de la fábrica del cual se derivan subtableros de potencia, control, centros de carga, que son Túnel 1, Túnel 2, sección Regin, Sección Secaderos Estáticos, Molino San Vicente, Molino Santolin, bodegas, mantenimiento, el tablero principal del transformador de 200kVA está conectado por una acometida de ocho metros con tres conductores calibre 2/0 por fase y un conductor calibre 2/0 que alimenta la carga total de la línea de producción de pasta Braibanti de 900Kg. (Túnel 4), Sección Cabello, Bodega de repuestos.

9.4. Evaluación de la situación actual del sistema eléctrico de la empresa Industrias Catedral S.A.

Al respecto la Jefatura de Mantenimiento de la empresa Industrias Catedral S.A. conoce del estado actual del sistema eléctrico debido a que en el año 2010 se realizó un breve estudio de los transformadores existentes en esa fecha determinando que el transformador de 112.5kVA número 6740 que cubre la carga total del Molino Negretti incluyendo la Sección de Reproceso se encuentra a un 80% de su capacidad nominal, el transformador de 250kVA número 112 que cubre aproximadamente el 55% de la carga total de la empresa se encuentra en un 85% de su capacidad nominal, el transformador de 200kVA número 9123 fue instalado en el año 2010 para cubrir la

carga total de la línea de producción de pasta Braibanti de 900Kg., es desconocido el nivel de cargabilidad de dicho transformador.

9.4.1. MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo a los requerimientos de producción se pretende aumentar una nueva línea de producción de similares características a la línea de producción de pasta Braibanti de 900Kg. Con el fin de determinar el nivel de cargabilidad del transformador de 200kVA número 9123, por lo que se propone realizar un estudio de la demanda y un análisis del comportamiento del sistema ante el incremento de una nueva línea de producción de pasta.

A continuación se detalla el procedimiento empleado para la obtención de datos.

9.4.2. CURVA DE CARGA DEL TRANSFORMADOR DE 200KVA NÚMERO 9123.

Para presentar las cargas asociadas al transformador se necesita conocer el nivel de cargabilidad del transformador de 200kVA., por esto se hace indispensable conocer la demanda actual, para este fin y ya que el sistema no cuenta con un medidor registrador de demanda, se instálalo un analizador de energía AEMC modelo 3945.

Al respecto la fig.3 representa las mediciones de los 7 días continuos del transformador de 200kVA número 9123, que suministra la energía a todo el sistema eléctrico de la línea de producción de pasta Braibanti de 900Kg., la curva de color azul es la potencia activa total, la curva de color rojo es la potencia reactiva total y la curva de color verde es la potencia aparente total de las tres fases, siendo la fig. 3 un modelo de los datos registrados por el analizador AEMC 3945.

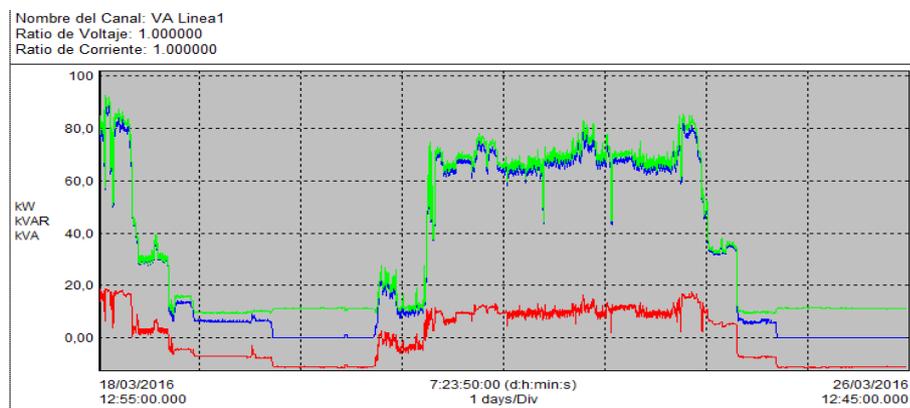
FIGURA 2 INSTALACIÓN DEL ANALIZADOR DE ENERGÍA AEMC 3945 EN EL TRANSFORMADOR DE 200KVA



FUENTE : Industrias Catedral S.A.

La figura 2 muestra la instalación de cada una de las pinzas de conexión en los bushing de voltaje del transformador y los Ampflex para la medición de la corriente de cada una de las fases, además la programación del analizador de energía AEMC 3945 en el Transformador de 200kVA instalado en la cámara de transformación N° 2.

FIGURA 3 CURVA DE CARGAS MEDIDAS DEL TRANSFORMADOR DE 200KVA



FUENTE: Industrias Catedral S.A.

De los datos recopilados del analizador medidos en intervalos de 10 minutos, se procedió a la tabulación de datos para conocer el comportamiento de la carga total del transformador de 200kVA., los valores que se aprecia en la tabla 1 con las potencias activa, aparente, reactiva total.

Al ser un proceso continuo que trabaja las 24 horas, los 7 días de la semana se realizó dos curvas de carga de lunes a viernes y otra de sábado y domingo.

9.5. Curvas de carga

9.5.1. Curva diaria de lunes a viernes.

Debido a que la línea de producción de pasta Braibanti de 900Kg. Trabaja las 24 horas en tres turnos laborables de 8 horas de lunes a viernes y los días sábados y domingos de manera irregular. La fig.4 representa las mediciones de los 5 días de lunes a viernes del transformador de 200kVA número 9123, la curva de color azul es la potencia activa total, la curva de color rojo es la potencia reactiva total y la curva de color verde es la potencia aparente total de las tres fases, siendo la fig. 3 un modelo de los datos registrados por el analizador AEMC 3945.

TABLA 1 POTENCIAS TOTALES DEL TRANSFORMADOR DE 200kVA.

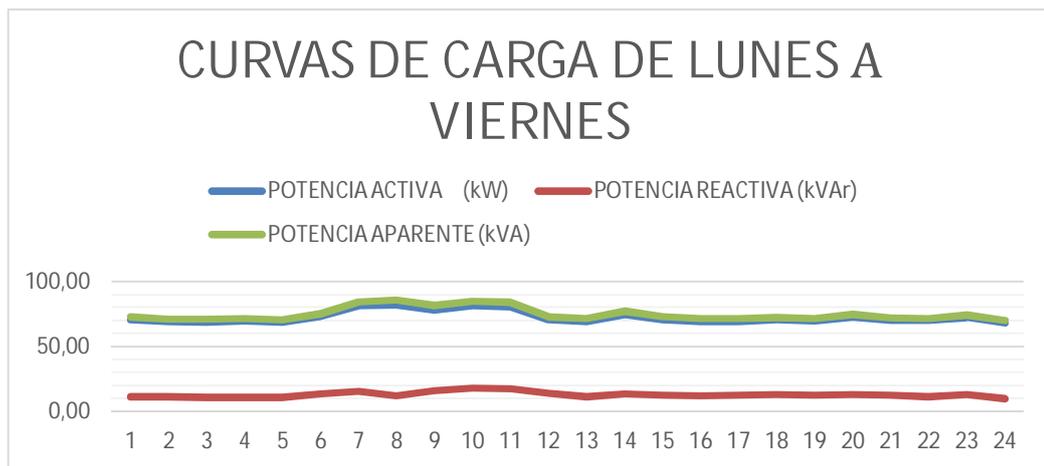
HORA	POTENCIA ACTIVA (kW)	POTENCIA REACTIVA (kVAr)	POTENCIA APARENTE (kVA)
0	70,57	11,01	72,88
1	68,90	10,99	71,07
2	68,64	10,62	70,66
3	69,24	10,73	71,21
4	68,43	10,67	70,58
5	73,01	13,59	75,22
6	81,18	15,19	84,32
7	82,06	12,15	85,50
8	78,08	15,77	81,40
9	81,52	17,52	84,87
10	80,44	17,39	83,57

11	70,44	13,98	72,77
12	68,93	11,28	71,30
13	74,76	13,22	77,20
14	70,47	12,66	72,99
15	68,94	12,13	71,30
16	69,12	12,58	71,49
17	70,22	13,06	72,33
18	69,21	12,59	71,47
19	72,79	12,89	74,83
20	69,78	12,44	71,68
21	69,71	11,15	71,40
22	72,38	13,07	74,29
23	67,87	9,69	69,89

Realizado por: Postulante

Además la fig.3 muestra la curva de carga diaria total de lunes a viernes del transformador de 200kVA graficado con los valores de la tabla 1, se identifica las horas que la carga es mínima, el incremento de carga, las máximas horas carga y decremento, medido del 21 al 25 del mes de marzo del 2016. El cual fue realizado mediante un histograma de frecuencias para el análisis de las potencias.

FIGURA 4 CURVA DIARIA DE LUNES A VIERNES TOTAL DEL TRANSFORMADOR DE 200KVA #9123



Realizado por: Postulante

La gráfica representa la variación de los kVA, kW y kVAr en las 24 horas del día, con el comportamiento de la curva de carga se identifica las variaciones de la demanda en las horas del día, se observa una potencia máxima de 85,5kVA y la mínima de 69,8kVA.

De lo cual se obtiene los siguientes datos importantes indicando que el incremento de carga tiene duración de una hora que comprende de 7:00 hasta las 8:00 y 10:00 a 11:00, el decremento de carga tiene una duración de una hora de 12:00 hasta 13:00.

9.5.2. Curva diaria de sábado y domingo.

Al respecto la fig.5 representa las mediciones de 2 días sábado y domingo del transformador de 200kVA número 9123, la curva de color azul es la potencia activa total, la curva de color rojo es la potencia reactiva total y la curva de color verde es la potencia aparente total de las tres fases, siendo la fig. 4 un modelo de los datos registrados por el analizador AEMC 3945.

TABLA 2 POTENCIAS TOTALES DEL TRANSFORMADOR DE 200KVA.

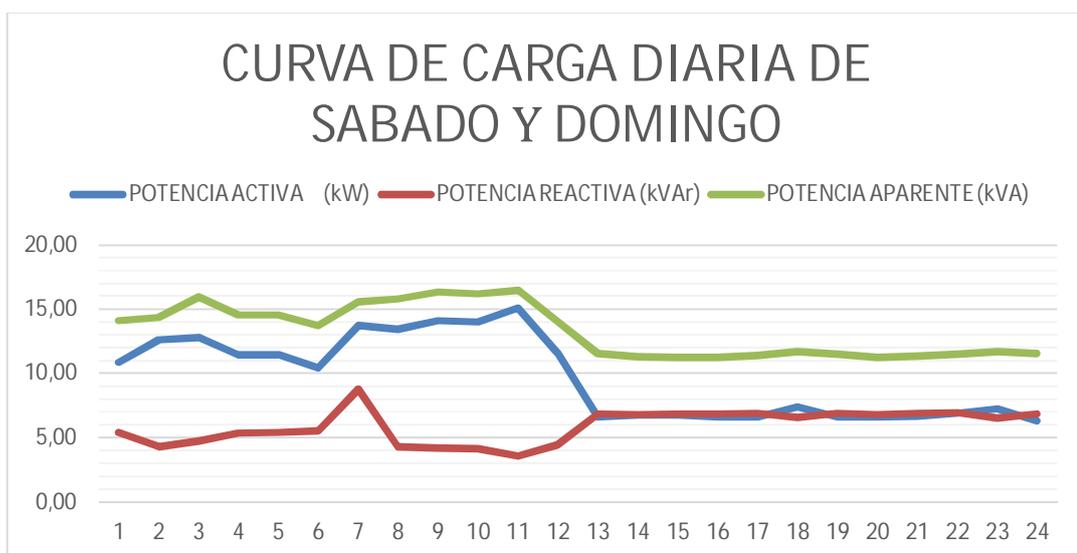
HORA	POTENCIA ACTIVA (kW)	POTENCIA REACTIVA (kVAR)	POTENCIA APARENTE (kVA)
0	10,88	5,39	14,09
1	12,58	4,29	14,34
2	12,81	4,71	15,96
3	11,44	5,36	14,56
4	11,44	5,41	14,55
5	10,43	5,55	13,74
6	13,72	8,76	15,54
7	13,42	4,27	15,82
8	14,08	4,17	16,32
9	13,99	4,13	16,19
10	15,05	3,55	16,48
11	11,60	4,42	14,08

12	6,60	6,87	11,53
13	6,74	6,81	11,30
14	6,77	6,84	11,24
15	6,62	6,85	11,24
16	6,63	6,90	11,39
17	7,38	6,54	11,68
18	6,63	6,88	11,51
19	6,60	6,82	11,24
20	6,67	6,88	11,34
21	6,92	6,97	11,50
22	7,24	6,52	11,70
23	6,30	6,86	11,53

Realizado por: Postulante

La fig.5 muestra la curva de carga diaria total de sábado y domingo del transformador de 200kVA graficado con los valores de la tabla 2, se identifica las horas que la carga es mínima, el incremento de carga, las máximas horas carga y decremento, medido del 19 y 20 del mes de marzo del 2016. El cual fue realizado mediante un histograma de frecuencias para el análisis de las potencias.

FIGURA 5 CURVA DIARIA DE LUNES A VIERNES TOTAL DEL TRANSFORMADOR DE 200KVA #9123



Realizado por: Postulante

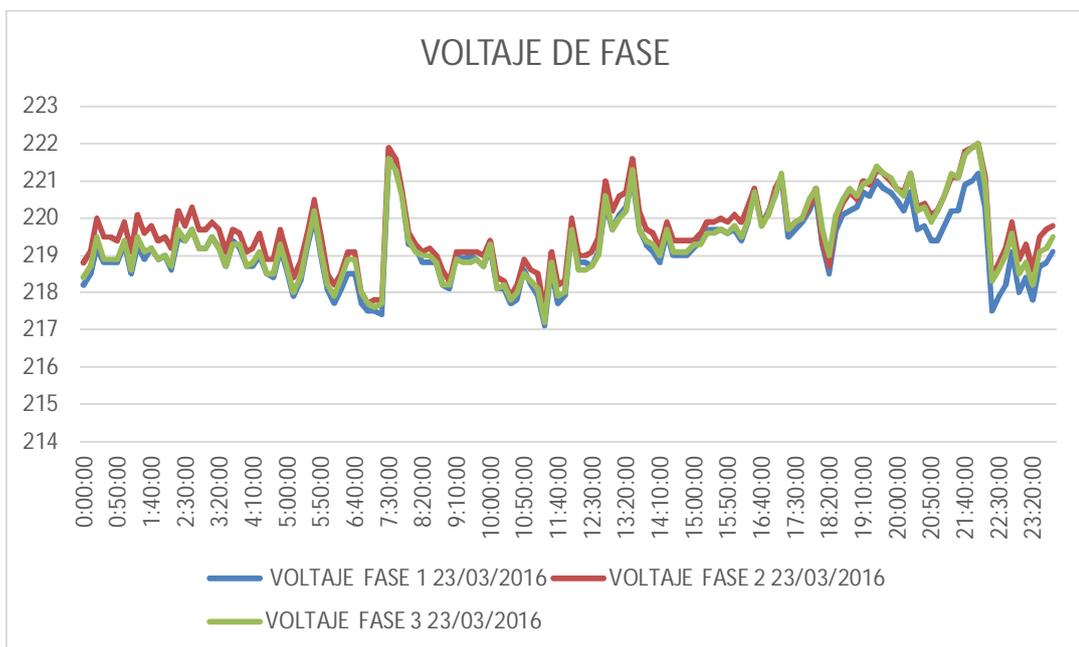
La gráfica representa la variación de los kVA, kW y kVAR en las 24 horas del día del día sábado y domingo, con el comportamiento de la curva de carga se identifica las variaciones de la demanda en las horas del día, se observa una potencia máxima de 16,4kVA y la mínima de 11,3kVA.

De lo cual se obtiene los siguientes datos importantes indicando que el incremento de carga tiene duración de una hora que comprende de 10:00 a 11:00, el decremento de carga tiene una duración de dos horas de 11:00 hasta 13:00.

9.5.3. Niveles de voltaje.

Los niveles de voltaje nos permiten determinar si los parámetros medidos se encuentran dentro de los valores establecidos por el ARCONELC regulación 004/001 donde determina que el porcentaje permitido que es del +- 8%.

FIGURA 6 VOLTAJES DE FASE MEDIDOS EL DÍA MIÉRCOLES 23/03/2016



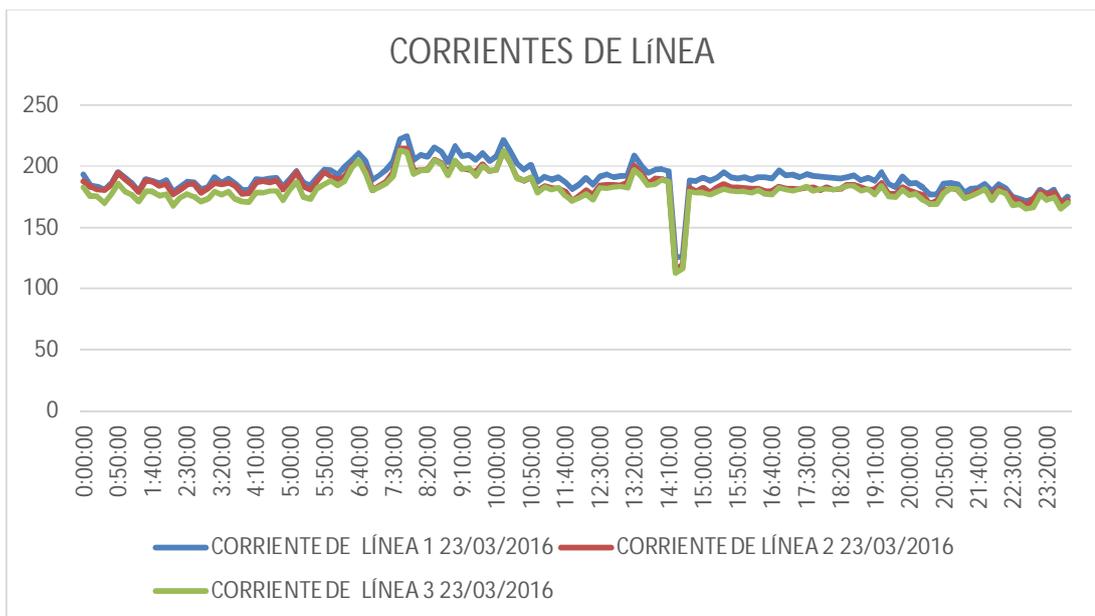
Realizado por: Postulante

En la fig. 6 se determina que los niveles de voltaje medidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos, teniendo un nivel de voltaje máximo de 222V y un mínimo de 217V, teniendo como resultado una caída de voltaje de 1,36%.

9.5.4. Corrientes de línea.

Las corrientes medidas de cada una de las líneas nos permitieron determinar si el sistema se encuentra desbalanceado o balanceado.

FIGURA 7 CORRIENTES DE LÍNEA MEDIDOS EL DÍA MIÉRCOLES
23/03/2016



Realizado por: Postulante

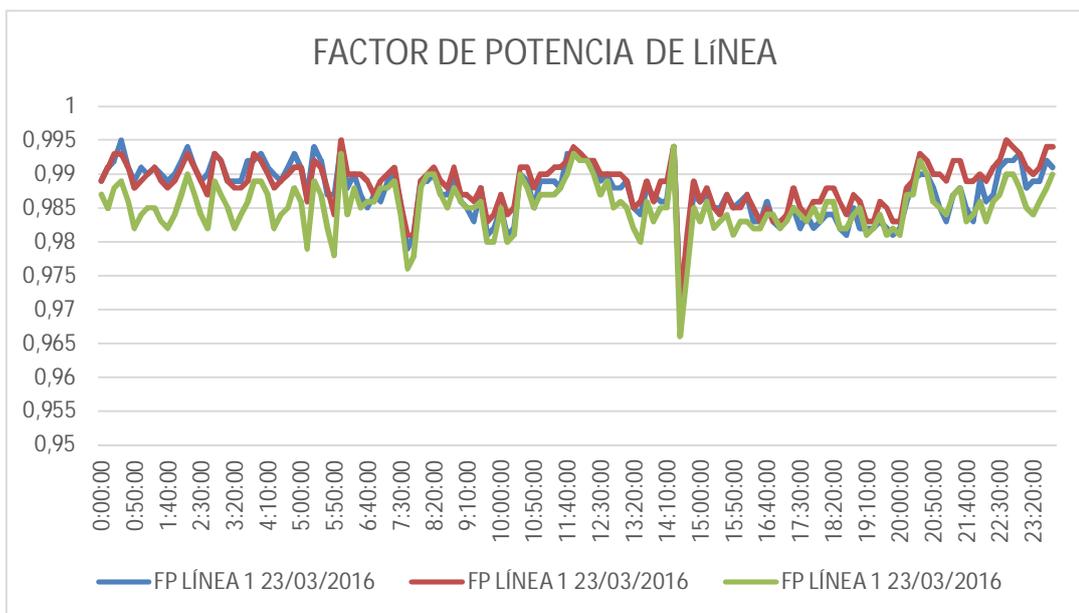
En la fig. 7 Se determina que las corrientes de línea medidos se encuentran balanceadas, teniendo un valor máximo de corriente en la línea 1 de 224,4A y un mínimo de 124,9A, de la línea 2 un valor máximo de corriente de 214,4A y un mínimo de 114,6A y de la línea 3 un valor máximo de corriente de 212,8A y un

mínimo de 112,5A de teniendo como resultado un nivel mínimo de desequilibrio entre las líneas.

9.5.5. Factor de potencia.

El factor de potencia permite determinar si los parámetros medidos se encuentran dentro de los valores establecidos por el ARCONELC regulación 004/001 donde determina que el valor mínimo para no exista penalización es de 0,92.

FIGURA 8 FACTOR DE POTENCIA POR LÍNEA DEL DÍA MIÉRCOLES
23/03/2016



Realizado por: Postulante

Al respecto en la fig. 8 Se determina que los niveles de factor de potencia de línea medidos, teniendo un valor máximo de factor de potencia de la línea 1 de 0,995 y un mínimo de 0,97, de la línea 2 un valor máximo de 0,995 y un mínimo de 0,97 y de la línea 3 un valor máximo de 0,994 y un mínimo de 0,966 teniendo como resultado que

los valores medidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos y presente problemas.

9.5.6. Factor de utilización

Para determinar la cargabilidad en el transformador se utilizó:

El transformador presenta una demanda máxima de 85,5kVA a las 8 de la mañana y la capacidad nominal es de 200KVA, mediante la ecuación 1 se determinó el factor de utilización:

$$fu = \frac{85.5kVA}{200kVA} \qquad fu = 0,43$$

Donde:

fu: Factor de utilización

El factor de utilización resultante es de 0,43 lo que significa que $fu \leq 0,5$ entonces esto significa que el transformador se encuentra sub cargado.

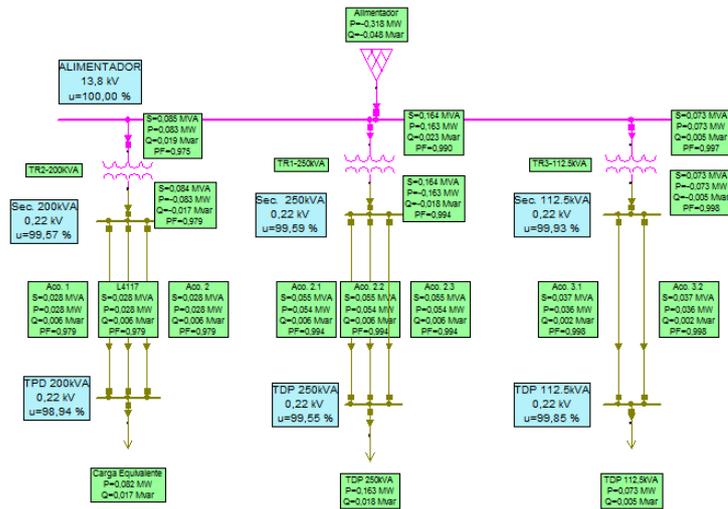
9.6. Modelamiento del sistema eléctrico actual de la empresa Industrias Catedral S.A.

Para realizar la modelación del sistema eléctrico de la empresa Industrias Catedral S.A. se empleó el software de simulación Neplan V5.3.51, ingresando los valores medidos en los tableros principales de potencia (TDPs).

9.6.1. Modelación de los componentes del Sistema Eléctrico de la empresa Industrias Catedral S.A.

Con la simulación se detalla cómo se encuentra el sistema eléctrico de bajo voltaje de cada uno de los transformadores de la empresa Industrias Catedral S.A. para realizar una comparación con los datos obtenidos con el analizador de energía AEMC 3945.

FIGURA 9 SIMULACIÓN DEL ESTADO ACTUAL EN NEPLAN



Realizado por: Postulante

9.6.2. Equivalente de Red.

Al respecto este elemento es una representación resumida del alimentador Martínez a 13,8kV de la Subestación Atocha del sistema de distribución proveniente de la EEASARCN, se definió el equivalente de red con una potencia nominal de 5MVA, que nos entregará la potencia necesaria para la simulación del sistema, además establece un voltaje de operación del 100% que nos ofrece un voltaje de 13,8 kV.

TABLA 3 RESULTADOS POR ELEMENTO DE LA SIMULACIÓN EN NEPLAN (SISTEMA ACTUAL)

ELEMENTO	TIPO	KW	Kvar	A	V	% CAIDA DE VOLTAJE	PERDIDAS KW	PERDIDAS Kvar
TR2-200KVA	Transformador 2 Dev.	82,81	18,91	3,6			0	1,713
TR1-250kVA	Transformador 5 Dev.	162,75	23,35	6,9			0	5,406

TR3-112.5kVA	Transformador 2 Dev.	72,94	5,43	3,1			0	0,713
TR2-200KVA	Transformador 2 Dev.	-82,81	-17,19	222,9	219,1	99,57	0	1,713
TR1-250kVA	Transformador 2 Dev.	-162,75	-17,94	431,5	219,1	99,59	0	5,406
TR3-112.5kVA	Transformador 2 Dev.	-72,94	-4,72	191,9	219,9	99,85	0	0,713
TDP 112,5kVA	Carga	72,88	4,69	191,9	219,7	99,85		
TDP 250kVA	Carga	162,69	17,91	431,5	219	99,55		
Carga Equivalente	Carga	82,06	16,79	222,9	217	98,62	-12,9	

Realizado por: Postulante

La tabla N° 3 representa los resultados de la simulación de flujo de potencia del sistema eléctrico actual de la empresa Industrias Catedral S.A., donde se aprecia los valores de nivel de voltaje, además se aprecia claramente el nivel de cargabilidad del transformador de 200kVA que tiene una demanda máxima de 82,81 kW que coincide con los valores coinciden con los valores medidos con el analizador de energía AEMC 3945, por lo que si es viable aumentar carga y es conveniente realizar un estudio para conocer el comportamiento del sistema ante el aumento de una nueva línea de producción de pasta.

9.6.3. Flujo de Potencia con Perfiles de Carga.

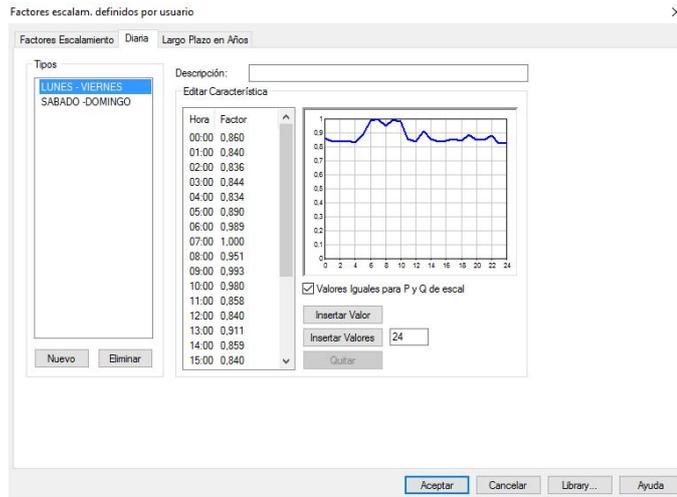
Al respecto se procede a realizar la simulación del sistema actual del transformador de 200kVA en el software NEPLAN un flujo de potencia con perfiles de carga con los datos obtenidos mediante la medición realizada en el transformador

9.6.4. Ingreso de los factores de escalamiento.

Los factores de escalamiento nos permiten realizar la simulación con variaciones de potencia en tiempo real, los datos ingresados fueron obtenidos de las demandas

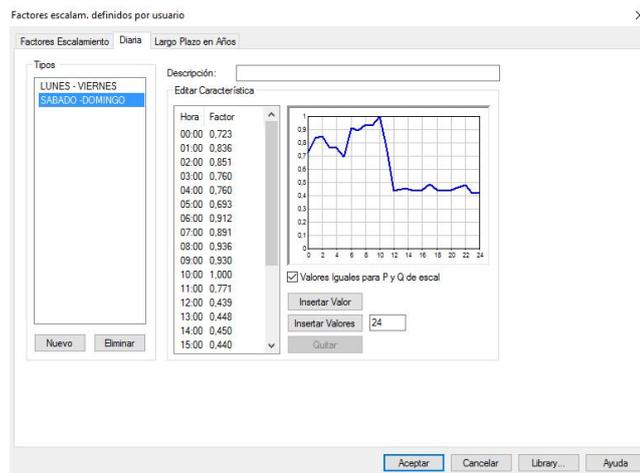
máximas registradas en cada hora empleando el método de histogramas se realizó dos curvas diarias una de lunes a viernes y otra de sábados y domingos.

FIGURA 10 FACTORES DE ESCALAMIENTO DE LA CURVA DIARIA DE LUNES A VIERNES



Realizado por: Postulante

FIGURA 11 FACTORES DE ESCALAMIENTO DE LA CURVA DIARIA DE SÁBADO Y DOMINGO

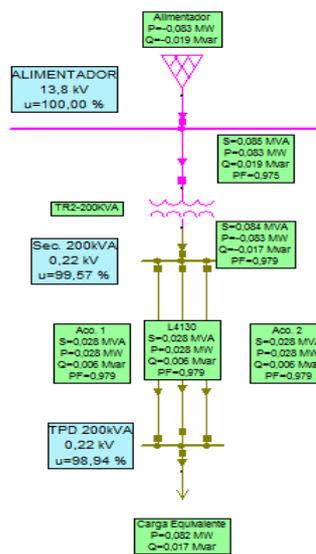


Realizado por: Postulante

Las figuras 10 y 11 representan los factores de escalamiento ingresados en por unidad tomados de la curva diaria tanto de lunes a viernes, sábado y domingo.

A continuación se realizó el flujo de potencia con perfiles de carga del transformador de 200kVA ingresando los factores de escalamiento de la curva diaria de lunes a viernes.

FIGURA 12 DIAGRAMA DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DE 200KVA.



Realizado por: Postulante

La figura 12 representa el diagrama eléctrico del transformador de 200kVA. Se realizó un flujo de potencia con perfiles de carga para determinar los parámetros eléctricos existentes en el sistema.

A continuación se presenta la tabla de datos obtenidos de la simulación cada hora del día miércoles 23 de marzo del 2016.

TABLA 4 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN NEPLAN CON PERFILES DE CARGA DE LUNES A VIERNES

TRANSFORMADOR TRIFASICO DE 200kVA.						
TR2-200KVA						
Año	Mes	t [hh:mm]	I [kA]	P [MW]	Q [MVar]	Cargabilidad [%]
2016	Mar	0:00	0,003	0,071	0,016	36,348
2016	Mar	1:00	0,003	0,069	0,015	35,495
2016	Mar	2:00	0,003	0,069	0,015	35,324
2016	Mar	3:00	0,003	0,07	0,016	35,665
2016	Mar	4:00	0,003	0,069	0,015	35,239
2016	Mar	5:00	0,003	0,073	0,017	37,628
2016	Mar	6:00	0,004	0,082	0,019	41,86
2016	Mar	7:00	0,004	0,083	0,019	42,33
2016	Mar	8:00	0,003	0,078	0,018	40,234
2016	Mar	9:00	0,004	0,082	0,019	42,031
2016	Mar	10:00	0,003	0,081	0,018	41,474
2016	Mar	11:00	0,003	0,071	0,016	36,263
2016	Mar	12:00	0,003	0,069	0,015	35,495
2016	Mar	13:00	0,003	0,075	0,017	38,525
2016	Mar	14:00	0,003	0,071	0,016	36,305
2016	Mar	15:00	0,003	0,069	0,015	35,495
2016	Mar	16:00	0,003	0,069	0,016	35,58
2016	Mar	17:00	0,003	0,071	0,016	36,177
2016	Mar	18:00	0,003	0,07	0,016	35,623
2016	Mar	19:00	0,003	0,073	0,016	37,5
2016	Mar	20:00	0,003	0,07	0,016	35,921
2016	Mar	21:00	0,003	0,07	0,016	35,879
2016	Mar	22:00	0,003	0,073	0,016	37,287
2016	Mar	23:00	0,003	0,068	0,015	34,941

Realizado por: Postulante

En la tabla 4 se puede observar el nivel de cargabilidad del transformador de 200kVA, teniendo un valor máximo de 42,33% y un valor mínimo de 34,94%.

TABLA 5 RESULTADOS DE LA SIMULACION EN NEPLAN CON PERFILES DE CARGA DE SABADO Y DOMINGO

TRANSFORMADOR TRIFASICO DE 200kVA.				
t [hh:mm]	I [kA]	P [MW]	Q [MVA _r]	Cargabilidad [%]
0:00	0,003	0,06	0,013	30,512
1:00	0,003	0,069	0,015	35,324
2:00	0,003	0,07	0,016	35,964
3:00	0,003	0,063	0,014	32,086
4:00	0,003	0,063	0,014	32,086
5:00	0,002	0,057	0,013	29,236
6:00	0,003	0,075	0,017	38,568
7:00	0,003	0,074	0,017	37,671
8:00	0,003	0,077	0,017	39,593
9:00	0,003	0,077	0,017	39,337
10:00	0,004	0,083	0,019	42,33
11:00	0,003	0,064	0,014	32,555
12:00	0,002	0,036	0,008	18,47
13:00	0,002	0,037	0,008	18,851
14:00	0,002	0,037	0,008	18,935
15:00	0,002	0,036	0,008	18,513
16:00	0,002	0,036	0,008	18,555
17:00	0,002	0,04	0,009	20,627
18:00	0,002	0,036	0,008	18,555
19:00	0,002	0,036	0,008	18,428
20:00	0,002	0,037	0,008	18,682

Realizado por: Postulante

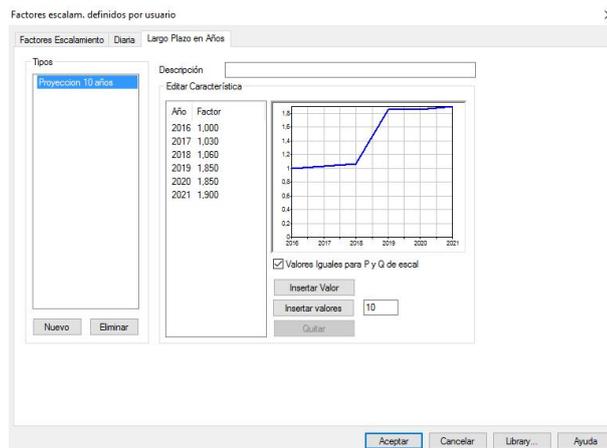
En la tabla 5 se puede observar el nivel de cargabilidad del transformador de 200kVA, teniendo un valor máximo de 42,33% y un valor mínimo de 18,42%, lo que significa que el proceso de producción se reduce a la mitad ya que se realizan trabajos de limpieza.

Al realizar el flujo de potencia con perfiles de carga del transformador de 200kVA nos permite obtener datos reales del sistema en intervalos de tiempo que para este caso se tomó cada hora.

9.6.5. Flujo de potencia con proyección de la demanda a corto plazo.

Al realizar el flujo de potencia del sistema actual con proyección de la demanda se determinara el comportamiento del sistema eléctrico en cinco años, con un factor de crecimiento del 90% de la demanda máxima actual.

FIGURA 13 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA EN 5 AÑOS



Realizado por: Postulante

En la figura 12 se representa el crecimiento de la demanda máxima en función de la tasa de crecimiento anual proyectado a 5 años, considerando que se tiene planificado incrementar una nueva línea de producción de pasta.

A continuación se procede a realizar el flujo de potencia con proyección de la demanda a corto plazo para determinar el comportamiento del sistema en 5 años.

TABLA 6 RESULTADOS DE LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA A 5 AÑOS

Elemento	TR2-200KVA						
Año	Mes	t [hh:mm]	V	I [kA]	P [MW]	Q [MVar]	Cargabilidad [%]
2016	Ene	0:00	219	0,004	0,083	0,019	42,304
2017	Ene	0:00	219	0,004	0,085	0,019	43,587
2018	Ene	0:00	219	0,004	0,088	0,02	44,87
2019	Ene	0:00	218	0,007	0,154	0,037	78,977
2020	Ene	0:00	218	0,007	0,154	0,037	78,977

Realizado por: Postulante

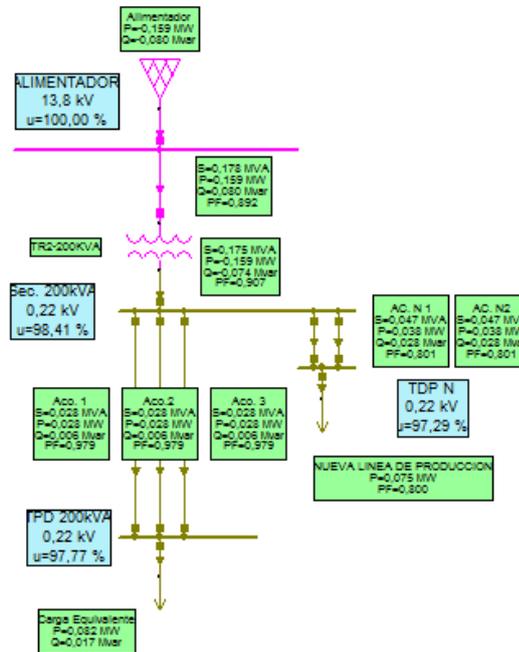
Con la tabla 6 se determina que en 4 años existirá una caída de voltaje de 2V en el tablero principal de potencia que representa el 0,9% de variación de voltaje, de esta manera se no existe problemas de caída de voltaje ya que los valores se encuentran dentro de los valores permitidos por la regulación 004/001 emitida por el ARCONEL, además el nivel de cargabilidad del transformador de 200kVA estará en 78,97% por lo que si es factible incrementar una nueva línea de producción de pasta.

9.7. Evaluación de parámetros eléctricos con ingreso de nueva línea de producción de pasta.

9.7.1. Modelamiento del sistema eléctrico

El modelamiento del sistema eléctrico del transformador de 200kVA considerando el incremento de carga aproximado de 75kW con un factor de potencia de 0,85, permitirá conocer los parámetros eléctricos del sistema para realizar un análisis de resultados.

FIGURA 14 MODELAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO CONSIDERANDO UN INCREMENTO DE CARGA DE 70KW.



Realizado por: Postulante

La figura 13 muestra el diagrama eléctrico actual más el incremento de carga estimado por el departamento de producción de 75kW y un factor de potencia de 0,8 instalando una acometida doble con calibre 2/0 y una longitud de 10m.

A continuación se representa una comparación de los resultados simulados en NEPLAN del diagrama del sistema eléctrico actual y el diagrama del sistema eléctrico con un incremento de una nueva línea de producción de pasta.

TABLA 7 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

TRANSFORMADOR 200kVA			
PARAMETROS	SISTEMA ACTUAL	INCREMENTO DE CARGA	% INCREMENTO
P (kW)	82,56	153,4	85,80
Q (kVAr)	18,76	76,02	305,22
% CARGABILIDAD	42,33	85,6	102,22
VOLTAJE (V)	219,1	216,7	-1,10
CORRIENTE (A)	222,2	449,3	102,21
FACTOR DE POTENCIA (FP)	0,975	0,91	-6,67
PERDIDAS (kW)	0,165	0,416	152,12
PERDIDAS (kVAr)	1,72	6,009	249,36

Realizado por: Postulante

En la tabla 7 se muestra los resultados de los parámetros eléctricos de la simulación en NEPLAN donde se aprecia el nivel de cargabilidad del transformador aumenta un 85,80% este valor es mayor al valor simulado en la planificación a corto plazo.

Otro aspecto importante, el nivel de voltaje está dentro de los parámetros establecidos en la regulación 004/001 que es de 216,7V y por lo tanto la corriente se duplica a 449,3^a.

Al incrementar la carga en el sistema eléctrico actual del transformador de 200kVA, el factor de potencia total del sistema decrece un 6,67% teniendo un valor de 0,91 por lo que es necesario realizar una corrección del factor de potencia para disminuir el nivel de cargabilidad y el valor de pérdidas del sistema de reactivos que tiene un valor total de 6,009 kVAr.

9.7.2. Corrección del factor de potencia.

Al respecto se propone realizar una corrección del factor de potencia ya que según los datos arrojados por NEPLAN el valor de FP está por debajo de los límites permitidos que es 0,92.

Uno de los valores importantes a disminuir son las pérdidas de potencia de reactivos que tiene un valor de 249,36.kVAr.

9.7.3. Dimensionamiento del banco de capacitores

Al respecto el banco de capacitores se dimensionó de acuerdo a valores obtenidos en la simulación del sistema eléctrico con el incremento de la nueva línea de producción de pasta, los datos ingresados para el cálculo se obtuvieron de la simulación realizada en la figura 13 y se muestran en la tabla 7. Los cálculos y resultados obtenidos del banco de capacitores son:

Con los datos de la tabla 7 se procede a calcular el valor en kVAr. Que son necesarios para incrementar el factor de potencia de 0,91 a 0,95 para que no exista penalización por bajo factor de potencia por parte de la empresa distribuidora.

Datos:

$$fp1 = 0,91$$

$$fp2 = 0,95$$

A continuación se calculan los ángulos de factor de potencia simulado y factor de potencia deseado.

$$\phi = \cos^{-1} fp1$$

$$\phi = \cos^{-1}(0,91)$$

$$\phi = 24,50^\circ$$

$$\phi = \cos^{-1} fp1$$

$$\phi = \cos^{-1}(0,95)$$

$$\phi_2 = 18,19^\circ$$

A continuación se realiza el cálculo de la potencia reactiva con los datos de potencia de la tabla 7:

$$P = 152,12 \text{ [kW]}$$

$$Q_1 = P * \tan(\phi_1)$$

$$Q_1 = 152,12 \text{ kW} * \tan(24,50)$$

$$Q_1 = 69,32 \text{ [kVAR]}$$

$$Q_2 = P * \tan(\phi_2)$$

$$Q_2 = 152,12 * \tan(18,19)$$

$$Q_2 = 49,98 \text{ [kVAR]}$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 69,32 - 49,98$$

$$Q_c = 19,34 \text{ [kVAR]}$$

$$Q_c \text{ recomendado} = 20 \text{ [kVAR]}$$

Una vez calculado los kVAr necesarios para corregir el factor de potencia y no exista penalización es necesario instalar dos capacitores tipo botella de 10kVAr cada una este valor se lo tomo de catálogos de capacitores tipo botella marca SIEMENS que se encuentra en el anexo 3 Que serán instaladas en el banco de capacitores existente, mejorando considerablemente las perdidas kVAr del sistema.

A continuación se calcula los valores nominales de corriente cada una de los capacitores tipo botella para calcular las protecciones necesarias.

Cálculo de la corriente nominal del capacitor tipo botella de 10kVAr.

$$kVAr = \sqrt{3} * V * I$$

$$I = \frac{10}{\sqrt{3} * 220}$$

$$I = 26,24 [A]$$

Con la corriente calculada se procede a determinar el valor nominal del breaker.

$$I_B = 1,43 * I$$

$$I_B = 1,43 * 26,24 [A]$$

$$I_B = 37,52 [A]$$

Al no existir en el mercado breaker de 37,52 [A] se elige un breaker trifásico tipo riel de 20 [A] marca Siemens, el mismo que servirá para brindar la protección necesaria al sistema eléctrico y a los equipos instalados.

Unas ves calculadas los kVAr necesarios para corregir el factor de potencia se procede a realizar una nueva simulación incorporando el banco de capacitores calculado, realizando un nuevo flujo de potencia y determinar los nuevos parámetros del sistema eléctrico con el incremento de carga.

9.8. Dimensionamiento del sistema eléctrico con incremento de carga.

9.8.1. Dimensionamiento del conductor desde el transformador de 200kVA hasta el tablero principal de la nueva carga.

De la tabla 7 se determina la corriente nominal de la nueva carga de la línea de producción de pasta que es d 227,1 A para lo cual se procede a determinar el calibre de conductor.

(Enriquez H.) Utiliza el método de corriente nominal del conductor de la siguiente manera:

Teniendo la corriente nominal de 227,1 A tenemos:

$$I_n = 1,25 \times 227,1 \text{ A} \qquad I_n = 283,87 \text{ A}$$

Tomando en cuenta la tabla de características de conductores eléctricos THHN que se encuentra en el anexo 4 para una corriente de 283,87 se utiliza un cable calibre 250MCM que tiene una capacidad de corriente de 290 A.

9.8.2. Dimensionamiento del Breaker principal del tablero principal de la nueva línea de producción.

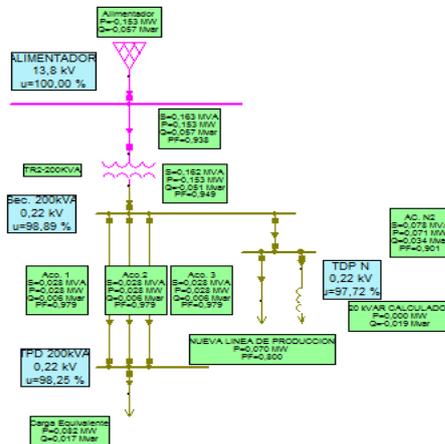
Con la corriente de la tabla 7 se procede a determinar el valor nominal del breaker principal.

$$I_B = 1,43 * I \qquad I_B = 1,43 * 227,1 \text{ [A]}$$

$$I_B = 324,75 \text{ [A]}$$

Al no existir en el mercado un breaker de 324,75 [A] se elige un breaker trifásico regulable de 160-400 [A] marca Siemens, con este tipo de breaker nos permitirá regular la corriente nominal de la nueva línea de producción de pasta, el mismo que servirá para brindar la protección al sistema eléctrico dimensionado.

FIGURA 15 MODELAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO CON EL BANCO DE CAPACITORES CALCULADO.



Realizado por: Postulante

En la figura 14 se muestra el sistema eléctrico con el incremento de carga y el banco de capacitores para determinar el comportamiento del sistema y determinar los parámetros eléctricos y verificar si se corrige el factor de potencia del sistema total.

A continuación se presenta la tabla de resultados obtenida.

TABLA 8 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN CON EL NUEVO BANCO DE CAPACITORES.

TRANSFORMADOR 200kVA				
PARAMETROS	SISTEMA ACTUAL	INCREMENTO DE CARGA	SISTEMA CON CORRECCION DEL FP	% DECREMENTO
P (kW)	82,56	153,4	153,21	0,12
Q (kVar)	18,76	76,02	56,17	26,11
% CARGABILIDAD	42,33	85,6	81,59	4,68
VOLTAJE (V)	219,1	216,7	216,2	0,23
CORRIENTE (A)	222,2	449,3	428,2	4,70
FACTOR DE POTENCIA (F P)	0,975	0,91	0,949	4,29
PERDIDAS (kW)	0,165	0,416	0,323	22,36
PERDIDAS (kVar)	1,72	6,009	5,459	9,15

Realizado por: Postulante

Con la tabla 8 se puede verificar que al ser instalado el banco de capacitores al sistema eléctrico se reducen los valores de corriente, factor de potencia y la cargabilidad del transformador en 4,7%,4,29% y 4,68% respectivamente.

Los resultados de pérdidas en kW y kVAr obtenidos una vez realizada la corrección del factor de potencia son positivos ya que disminuye un 22,36% y 9,15% respectivamente, estos valores representan un ahorro económico para la empresa ya que se disminuye las pérdidas del sistema.

10. VALORACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA

10.1. Acometida y protecciones ante el incremento de una nueva línea de producción de pasta.

Debido a que incrementara una nueva carga como se observa en la figura 14 se determina el presupuesto referencial de costos de materiales eléctricos necesarios para la ampliación del sistema eléctrico del transformador de 200kVA.

TABLA 9 PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

PRESUPUESTO REFERENCIAL			
CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
30	M. CABLE ELCTRICO DE COBRE CALIBRE 250MCM	23	690
10	M. CABLE ELECTRICO DE COBRE CALIBRE 2/0	11	110
10	M. CABLE DESNUDO DE COBRE CALIBRE 2	6,5	65
1	BREAKER REGULABLE CAJA MOLDEADA DE 160-400A	900	900
1	GABINETE METALICO DOBLE FONDO 1,60X80X80CM	750	750
1	MATERIAL COMPLEMENTARIO DE CONECCION, ANCLAJE Y DERIVACION	500	500
TOTAL USD			3015

Mano de obra instalación y puesta en marcha: \$2000

TOTAL: \$5015,00

Realizado por: Postulante

En la tabla 9 se representa un presupuesto referencial para realizar la ampliación del sistema eléctrico ante el incremento de una nueva carga.

10.2. Ahorro económico al realizar la corrección del factor de potencia

La empresa Industrias Catedral S.A. al realizar el incremento de una nueva línea de producción de pasta duplica su producción por tal motivo también se incrementan las pérdidas de potencia y de energía ya que la corriente aumenta, el factor de potencia disminuye hasta llegar a valores por debajo de lo establecido por la regulación 004/001 siendo motivo de penalización por bajo factor de potencia por parte de la empresa distribuidora EEASARCEN. Por esta razón se calculó un banco de capacitores que será anexado al sistema eléctrico.

A continuación se presenta un análisis económico al incrementar 20kVAr al banco de capacitores existente en el sistema eléctrico actual. Para esto se calculara la tarifa de penalización por bajo factor de potencia y factor de corrección de la fábrica, se utilizara la fórmula y parámetros que establece el pliego tarifario actual (ARCONEL, 2016, pág. 18):

$$P = \left(\frac{fp1}{fp2} - 1 \right) * (USDconsumo + USDdemanda + USDpérdidas + USDcomercialización)$$

Ecuación 2

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 pérdidas: dólares debido a pérdidas del sistema eléctrico.

USD comercialización: constante 1,414 USD

Al incrementar la nueva carga de 70kW con un factor de potencia de 0,8 al realizar un flujo de potencia el factor de potencia total del sistema eléctrico de la fábrica disminuye a 0,91, valor que se encuentra por de los valores permitidos.

A continuación se procede a realizar el cálculo del factor de corrección de la fábrica

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

Donde

FC= Factor de corrección

DP= Demanda pico registrada de 18:00 pm a 22:00 pm

DM= Demanda máxima registrada durante el mes

Industrias Catedral S.A. una empresa que trabaja continuamente las 24 horas del día se tomó la demanda pico en base a la curva diaria de lunes a viernes.

$$FC = \frac{72,78 [kW]}{82,02 [kW]} = 0,89$$

El FC calculado es 0,89, debido a que el pliego tarifario establece que si el factor de corrección se encuentra entre 0,6 y 09 se aplicara la siguiente formula tomada de (ARCONEL, 2016, pág. 15).El cargo por demanda es de \$4,576 valor obtenido del pliego tarifario vigente.

$$FCI = 0,5833 X \left(\frac{DP}{DM}\right) + (0,4167)X\left(\frac{DP}{DM}\right)^2$$

$$FCI = 0,5833 X \left(\frac{72,78}{82,02}\right) + (0,4167)X \left(\frac{72,78}{82,02}\right)^2$$

$$FCI = 0,8456$$

La demanda máxima se tomó del valor de la tabla 8 con incremento de una nueva carga.

$$FC = 0,8456 * \$4,576 = 3,87$$

$$USD consumo = FC * DM$$

$$USD consumo = \$3,87 * 153,4kW = \$593,66$$

El factor de utilización del sistema eléctrico es de 0,7.

Cálculo de la demanda mensual con la nueva carga

$$USD demanda = demanda mensual * \$0,093$$

$$USD demanda = 77,31kWh - mes * \$0,093$$

$$USD demanda = 7190,16$$

$$USD pérdidas = 0,093W * 24horas * 30 días * \$0,093$$

$$USD pérdidas = 6,22$$

A continuación se procede a calcular el valor de penalización por bajo factor de potencia.

$$P = \left(\frac{fp1}{fp2} - 1\right) * (USDconsumo + USDdemanda + USDpérdidas + USDcomercialización)$$

$$FP1=0,92$$

$$FP2=0,91$$

$$P = \left(\frac{0,92}{0,91} - 1 \right) * (\$593,66 + \$7190,16 + 6,22 + \$1,414)$$

$$P = \$85,62 - \text{Mensual}$$

$$P = \$1027,44 - \text{Anual}$$

La corrección del factor de potencia es necesario realizarlo ya que la empresa se ahorraría un valor de 1027,44 dólares al año.

10.3. Presupuesto

Se procede a realizar la cuantificación económica que es necesaria para la implementación del banco de capacitores,

TABLA 10 PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL BANCO DE CAPACITORES.

PRESUPUESTO REFERENCIAL			
CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
2	CAPACITOR TRIFASICO TIPO BOTELLA DE 10KVAR MARCA SIEMENS	245	490
2	BREAKER TRIFASICO PARA RIEL DE 40A MARCA SIEMENS	46	92
2	CONTACTOR 3RT2027 BOBINA 220V MARCA SIEMENS	98	196
1	REGULADOR AUTOMATICO DE 12 PASOS MARCA SIEMENS	880	880
6	CABLE DE CONECCION CON TERMINALES Y PUNTERAS	15	90
1	MATERIAL COMPLEMENTARIO Y ANCLAJE	20	20
TOTAL USD			1768

Realizado por: Postulante

Mano de obra instalación y puesta en marcha: \$600

TOTAL: \$2368,00

En la tabla 10 representa el presupuesto referencial de materiales y equipos eléctricos necesarios para realizar la corrección del factor de potencia ante el incremento de una nueva carga.

10.4. Tiempo de recuperación de la inversión.

Al respecto se calcula el periodo de recuperación de la inversión en años.

$$\textit{Período de recuperación} = \frac{\textit{Inversión realizada}}{\textit{Ahorro total}}$$

$$Pr = \frac{\$2368}{\$1027,44}$$

$$\textit{Período de recuperación} = 2,3 \text{ Años}$$

Al realizar un cálculo de retorno de inversión se determinó que en un tiempo máximo de 2, 3 años se recupera el 100% de la inversión realizada.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ Al revisar las diferentes fuentes de consulta se pudo determinar que existe suficiente información bibliográfica, misma que oriento científicamente en el desarrollo de la investigación propuesta.
- ✓ De los datos obtenidos con el Analizador de Energía AEMC se determinó los parámetros eléctricos que mediante la realización de histogramas de frecuencia se ingresaron en el en el software Neplan para su análisis.
- ✓ Con las mediciones obtenidas con el analizador de energía AEMC que fue programado para que tomar mediciones durante 7 días corridos, se observó que el día miércoles 23 se registró la demanda máxima de 79,37kW.
- ✓ Al ser Industrias Catedral S.A. una empresa que produce las 24 horas del día, los 7 días de la semana se realizó dos curvas de carga diaria una de lunes a viernes y otra de sábado y domingo.
- ✓ Una vez realizado el cálculo del factor de utilización que es de 0,43 y el valor simulado en NEPLAN es de 0,423, con lo cual se confirma que el transformador de 200kVA se encuentra subcargado y es factible aumentar carga en su sistema eléctrico.
- ✓ Al ser un sistema eléctrico con predominio de cargas trifásicas en su mayoría motores, no presenta problemas de desbalance de cargas, por lo que no es necesario realizar modificaciones de del sistema eléctrico.
- ✓ Al realizar el incremento de carga de la nueva línea de producción de 70kW con un factor de potencia de 0,8 al sistema eléctrico actual, el factor de potencia disminuye a 0,91 por lo que es necesario realizar una corrección del factor de potencia con el incremento de 2 capacitores tipo botella de 10kVAr cada una, evitando una penalización por bajo factor de potencia.
- ✓ Realizando una planificación a corto plazo de 5 años se determinó que el sistema tendrá un incremento del 90 % y el nivel de cargabilidad del transformador será de 81%.
- ✓ El tiempo de recuperación de la inversión máximo será de 2,3 años.

Recomendaciones

- ✓ En base a los cálculos y simulaciones realizados, es recomendable que el nivel de cargabilidad del transformador este por debajo del 100% del valor nominal con esto se evita que las pérdidas por efecto joule por calentamiento de los devanados aumente considerablemente.
- ✓ Considerando que la empresa está en constante crecimiento de carga instalada se recomienda realizar dichas ampliaciones al tablero principal del transformador de 250kVA ya que está en condiciones para recibir más carga, tomando en cuenta que el transformador de 200kVA se realizó una planificación con el incremento de una nueva línea de producción de pasta.
- ✓ Se recomienda modificar los horarios de producción, esto con el fin de disminuir la demanda pico de 18:00 a 22:00 debido a que el factor de corrección industrial es de 0,8456, con esto se disminuye el valor a pagar de la planilla eléctrica.
- ✓ Una vez se realice el incremento de carga se recomienda instalar los capacitores en el banco actual del sistema eléctrico del transformador de 200kVA, ya que resulta técnica y económicamente más viable.
- ✓ Al tener planificado incrementar al doble la producción de pasta es necesario instalar una nueva acometida calibre 3(250MCM)+1(2/0)+1(2) des. desde los bornes secundarios del transformador hacia un nuevo tablero principal conectándose a un breaker trifásico caja moldeada de 160-400 A.

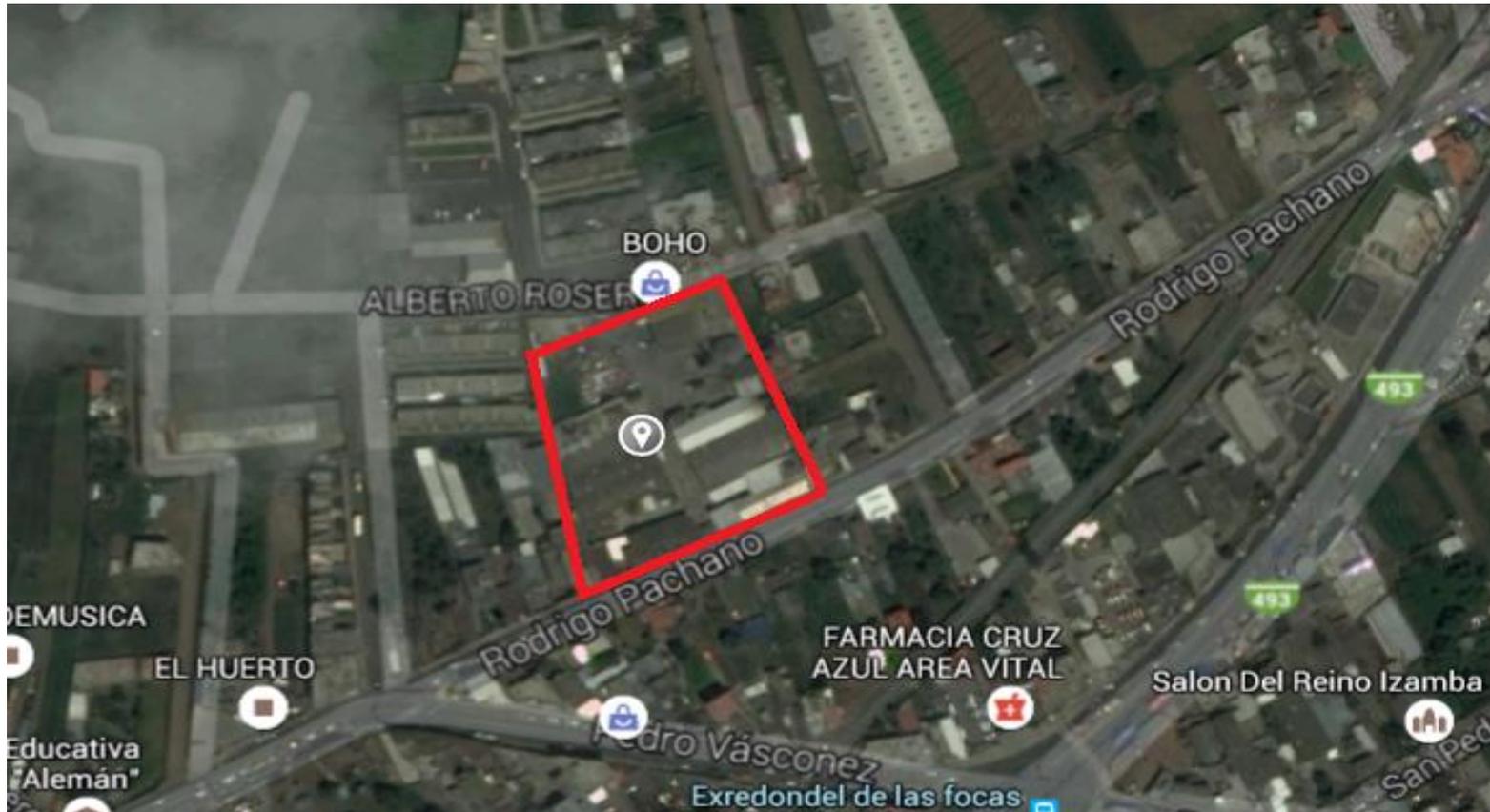
12. BIBLIOGRAFIA

- ARCONEL. (2016). *Tarifas del sector eléctrico*. Obtenido de Pliego tarifario para empresas eléctricas: <http://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Pliego-y-Cargos-Tarifarios-2016-01-02-2016.pdf>
- ARCONEL-CONELC-007/00. (2000). *PROCEDIMIENTOS DEL MERCADO ELECTRICO MAYORISTA*. Recuperado el 23 de 11 de 2015, de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjHzPDB_q7KAhUK7SYKHajLAccQFggcMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.regulacioneolica.gob.ec%2Fwp-content%2Fplugins%2Fdownload-monitor%2Fdownload.php%3Fid%3D196&usg=AFQjCNEo
- Cegarra, J. (2011). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*.
- Enriquez, H. (2003). *Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales*. Limusa.
- Enriquez, h. (2005). *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*. Limusa.
- Enriquez, H. (s.f.). *Guia practica para el calculo de instalaciones electricas*. Limusa.
- GONZALES Chino. (2014). *Curva de*. Argentina. Recuperado el 14 de 1 de 2016, de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi-_Jv3ga_KAhUFWCYKHx8jBwAQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fcedras.facet.unt.edu.ar%2Fcentraleselectricas%2Fwp-content%2Fuploads%2Fsites%2F19%2F2014%2F10%2FCurvas-de-Car
- HAWKING Stephen. (1986). *Electric power distribution system engineering*. Estados Unidos.
- IEC. (2010). *Guia de diseño de instalaciones electricas* .
- Mendez, a. (2008). *La investigación en la era de la información*.

- Moreno, M. (1987). *Introducción a la metodología de la investigación educativa*.
- Orellana, L. (2001). *Estadística descriptiva*.
- Rodríguez, H. (2005). *Metodología de la Investigación*.
- Ventura, I. (2007). *Instalaciones Eléctricas Industriales*.
- Wildi, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. México: Pearson.

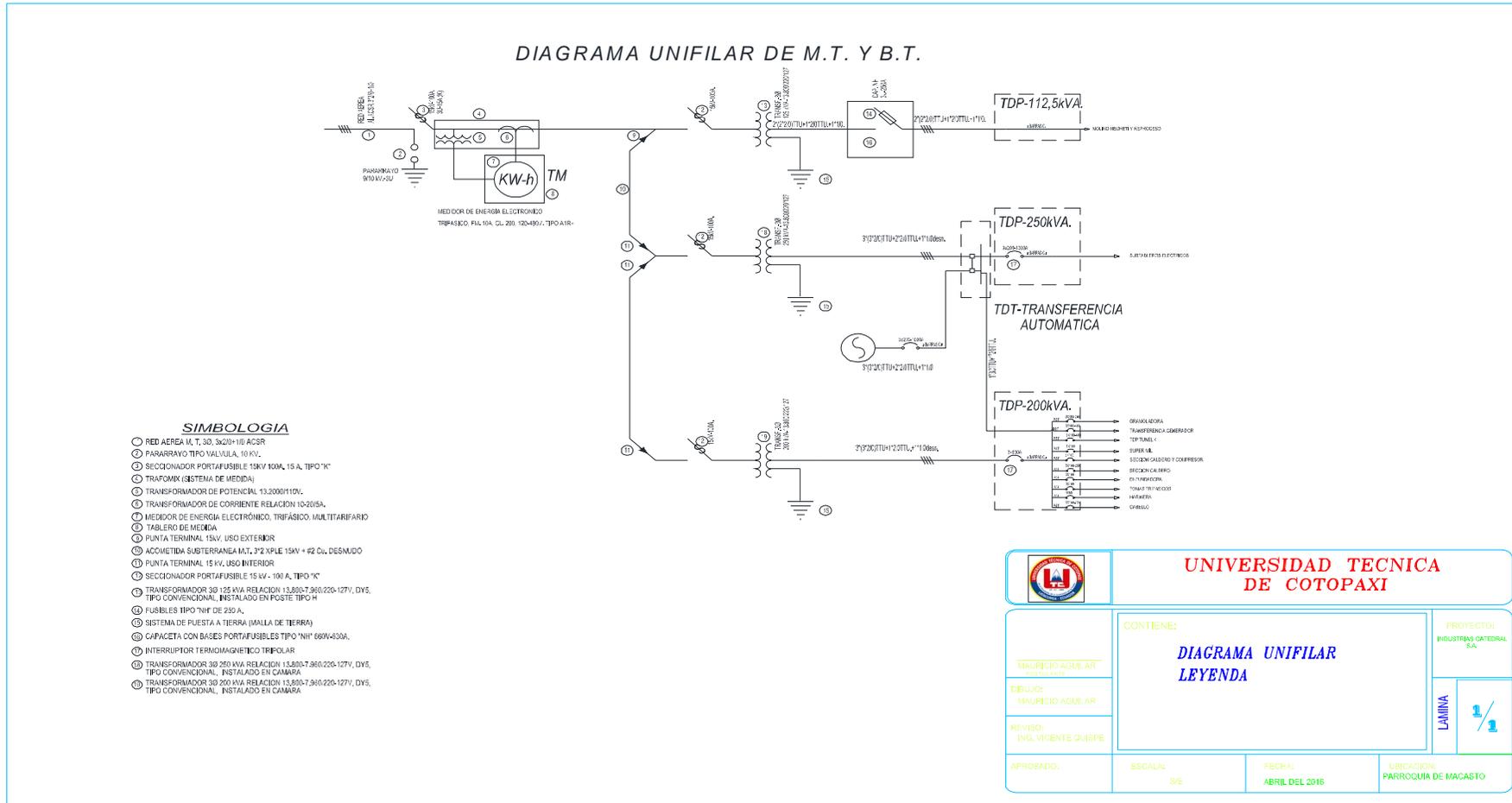
ANEXOS

ANEXO 1: Ubicación geográfica de la empresa Industrias Catedral S.A.



FUENTE: Google maps

ANEXO 2: Diagrama unifilar del sistema eléctrico actual.



Realizado por: Postulante

ANEXO 3: 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
$\tan \delta_s$ (dielectric)	~0.2 W / kvar	
W_N	32 Ws	
R_S	1.32 m Ω	
$R_{ES} \cdot C$	30000 s	
* $\tan \delta$ (50 Hz)	≤ 0.45 W / kvar	

* Without discharge resistor

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

FUENTE: Catalogo Productos Siemens

ANEXO 4: Tabla de conductores THHN marca Electro cables.



CALIBRE AWG ó MCM	SECCION mm ²	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.	ESPEJOR AISLAMIENTO mm.	ESPEJOR CHAQUETA mm.	DIAMETRO EXTERIOR mm.	PESO TOTAL Kg/Km	CAPAC. DE CORRIENTE para 1 conductor al aire libre Amp.	CAPAC. DE CORRIENTE para 3 conductores en conduit Amp.	TIPO CABLE	ALTERNAT. DE EMBALAJE.
20	0,519	1 x 0.813	0,38	0,10	1,77	7,07	15	10	TFN	A,B
18	0,823	1 x 1,02	0,38	0,10	1,98	10,94	15	10	TFN	A,B
16	1,31	1 x 1,29	0,38	0,10	2,25	16,48	20	15	TFN	A,B
14	2,08	1 x 1,63	0,38	0,10	2,59	23,17	35	25	THHN	A,B
12	3,31	1 x 2,05	0,38	0,10	3,01	34,16	40	30	THHN	A,C
10	5,26	1 x 2,59	0,51	0,10	3,81	55,04	55	40	THHN	A,D
8	8,34	1 x 3,26	0,76	0,13	5,04	91,22	80	55	THHN	A,B
16	1,31	19 x 0,30	0,38	0,10	2,46	17,95	20	15	TFN	A,B
14	2,08	19 x 0,38	0,38	0,10	2,86	23,80	35	25	THHN	A,B
12	3,31	19 x 0,47	0,38	0,10	3,31	35,70	40	30	THHN	A,C
10	5,26	19 x 0,60	0,51	0,10	4,22	56,20	55	40	THHN	A,D
8	8,37	7 x 1,23	0,76	0,13	5,47	93,70	80	55	THHN	A,B,E
6	13,30	7 x 1,55	0,76	0,13	6,43	141,30	105	75	THHN	A,E
4	21,15	7 x 1,96	1,02	0,15	8,22	227,60	140	95	THHN	A,E
2	33,62	7 x 2,47	1,02	0,15	9,75	348,10	190	130	THHN	A,E
1	42,36	7 x 2,78	1,27	0,18	11,24	446,20	220	150	THHN	A,D,E
1/0	53,49	19 x 1,89	1,27	0,18	12,35	553,30	260	170	THHN	D,E,Z
2/0	67,43	19 x 2,12	1,27	0,18	13,50	688,70	300	195	THHN	D,E,Z
3/0	85,01	19 x 2,39	1,27	0,18	14,85	856,80	350	225	THHN	D,E,Z
4/0	107,20	19 x 2,68	1,27	0,18	16,30	1069,50	405	260	THHN	D,E,Z
250	127,00	37 x 2,09	1,52	0,20	18,07	1263,00	455	290	THHN	Z
300	152,00	37 x 2,29	1,52	0,20	19,47	1502,00	505	320	THHN	Z
350	177,00	37 x 2,47	1,52	0,20	20,73	1743,00	570	350	THHN	Z
400	203,00	37 x 2,64	1,52	0,20	21,92	1981,00	615	380	THHN	Z
500	253,00	37 x 2,95	1,52	0,20	24,09	2457,00	700	430	THHN	Z
600	304,00	37 x 3,23	1,78	0,23	26,63	2960,00	780	475	THHN	Z

FUENTE: Catalogo Electrocables

ANEXO 5: Sistema de medición y centros de transformación.

Sistema de medida Trafomix



Realizado por: Postulante

Centro de transformación N° 1



Realizado por: Postulante

Centro de transformación N° 2



Realizado por: Postulante

Centro de transformación N° 3



Realizado por: Postulante

ANEXO 6: HISTOGRAMAS DE LUNES A VIERNES

81
Unidades de las medidas

Valor de la medida
#¡REF!

TOTAL

HORA	0
# datos	30
valor max	70570,5
valor min	13,84
rango	70556,66
# intervalos (sturjer)	5,874500141
amplitud de clase	11759,44333

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
13,84	11773,28333	11773,28333	12	40	40
11773,28333	23532,72667	23532,72667	0	40	0
23532,72667	35292,17	35292,17	0	40	0
35292,17	47051,61333	47051,61333	0	40	0
47051,61333	58811,05667	58811,05667	0	40	0
58811,05667	70570,5	70570,5	18	100	60
	VERDADERO	y mayor...	0	0	
				100	

70570,5

0

HORA	
# datos	30
valor max	68900,12
valor min	6,49
rango	68893,63
# intervalos (sturjer)	5,874500141
amplitud de clase	11482,27167

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
6,49	11488,76167	11488,76167	12	40	40
11488,76167	22971,03333	22971,03333	0	40	0
22971,03333	34453,305	34453,305	0	40	0
34453,305	45935,57667	45935,57667	0	40	0
45935,57667	57417,84833	57417,84833	0	40	0
57417,84833	68900,12	68900,12	18	100	60
	VERDADERO	y mayor...	0	0	
				100	

68900,12

0

HORA	2
# datos	30
valor max	68641,4
valor min	6,59
rango	68634,81
# intervalos (sturjer)	5,874500141
amplitud de clase	11439,135

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
6,59	11445,725	11445,725	12	40	40
11445,725	22884,86	22884,86	0	40	0
22884,86	34323,995	34323,995	0	40	0
34323,995	45763,13	45763,13	0	40	0
45763,13	57202,265	57202,265	0	40	0
57202,265	68641,4	68641,4	18	100	60
	VERDADERO	y mayor...	0	0	
				100	

69,32043

68641,4

0

HORA	3
# datos	30
valor max	69244,59
valor min	6,33
rango	69238,26

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
6,33	11546,04	11546,04	12	40	40
11546,04	23085,75	23085,75	0	40	0
23085,75	34625,46	34625,46	0	40	0

# intervalos (sturges)	5,874500141	6	34625,46	46165,17	46165,17	0	40	0
amplitud de clase	11539,71		46165,17	57704,88	57704,88	0	40	0
			57704,88	69244,59	69244,59	18	100	60
			VERDADERO	y mayor...		0	0	
							100	

22,31433

0

69244,59

HORA	4
# datos	30
valor max	68431,29
valor min	8,67
rango	68422,62
# intervalos (sturges)	5,874500141
amplitud de clase	11403,77

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
8,67	11412,44	11412,44	12	40	40
11412,44	22816,21	22816,21	0	40	0
22816,21	34219,98	34219,98	0	40	0
			0	40	0
34219,98	45623,75	45623,75	0	40	0
45623,75	57027,52	57027,52	0	40	0
57027,52	68431,29	68431,29	18	100	60
	VERDADERO	y mayor...	0	0	
				100	

0

68431,29

HORA	5
# datos	30
valor max	73010,5
valor min	-23,92
rango	73034,42
# intervalos (sturges)	5,874500141
amplitud de clase	12172,40333

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
-23,92	12148,48333	12148,48333	12	40	40
12148,48333	24320,88667	24320,88667	0	40	0
24320,88667	36493,29	36493,29	0	40	0
			0	40	0
36493,29	48665,69333	48665,69333	0	40	0
48665,69333	60838,09667	60838,09667	0	40	0
60838,09667	73010,5	73010,5	18	100	60
	VERDADERO	y mayor...	0	0	
				100	

0

73010,5

HORA	6
# datos	30
valor max	81179,71
valor min	-25,46
rango	81205,17
# intervalos (sturges)	5,874500141
amplitud de clase	13534,195

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
-25,46	13508,735	13508,735	12	40	40
13508,735	27042,93	27042,93	0	40	0
27042,93	40577,125	40577,125	0	40	0
			0	40	0
40577,125	54111,32	54111,32	0	40	0
54111,32	67645,515	67645,515	1	43,33333333	3,33333333
67645,515	81179,71	81179,71	17	100	56,66666667
	VERDADERO	y mayor...	0	0	
				100	

0

81179,71

D48:J53

alt+ctrl+enter

HORA	7
# datos	30
valor max	82062,37
valor min	-13,46
rango	82075,83

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
-13,46	13665,845	13665,845	7	23,33333333	23,33333333
13665,845	27345,15	27345,15	5	40	16,66666667
27345,15	41024,455	41024,455	0	40	0

# intervalos (sturger)	5,874500141	6	41024,455	54703,76	54703,76	0	40	0
amplitud de clase	13679,305		54703,76	68383,065	68383,065	3	50	10
			68383,065	82062,37	82062,37	15	100	50
				VERDADERO	y mayor...	0	0	
							100	

82062,37

0

HORA	8
# datos	30
valor max	78076,27
valor min	-12,15
rango	78088,42
# intervalos (sturger)	5,874500141
amplitud de clase	13014,73667

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
-12,15	13002,58667	13002,58667	6	20	20
13002,58667	26017,32333	26017,32333	6	40	20
26017,32333	39032,06	39032,06	0	40	0
			0	40	0
39032,06	52046,79667	52046,79667	1	43,33333333	3,333333333
52046,79667	65061,53333	65061,53333	16	96,66666667	53,33333333
65061,53333	78076,27	78076,27	1	3,333333333	
	VERDADERO	y mayor...			
				100	

78076,27

0

HORA	9
# datos	28
valor max	81522,64
valor min	-11,34
rango	81533,98
# intervalos (sturger)	5,775621503
amplitud de clase	13588,99667

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
-11,34	13577,65667	13577,65667	9	32,14285714	32,14285714
13577,65667	27166,65333	27166,65333	6	53,57142857	21,42857143
27166,65333	40755,65	40755,65	0	53,57142857	0
			0	53,57142857	0
40755,65	54344,64667	54344,64667	1	57,14285714	3,571428571
54344,64667	67933,64333	67933,64333	11	96,42857143	39,28571429
67933,64333	81522,64	81522,64	1	3,571428571	
	VERDADERO	y mayor...			
				100	

81522,64

0

HORA	10
# datos	30
valor max	78754,86
valor min	-11,8
rango	78766,66
# intervalos (sturger)	5,874500141
amplitud de clase	13408,23187

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
-11,8	13396,43187	13396,43187	12	40	40
13396,43187	26804,66374	26804,66374	6	60	20
26804,66374	40212,89561	40212,89561	0	60	0
			0	60	0
40212,89561	53621,12748	53621,12748	0	60	0
53621,12748	67029,35935	67029,35935	12	100	40
67029,35935	80437,59121	80437,59121	0	0	
	FALSO	y mayor...			
				100	

13396,43187

0

HORA	11
# datos	30
valor max	70441,69
valor min	-13,11
rango	70454,8
# intervalos (sturger)	5,874500141

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
-13,11	11729,35667	11729,35667	13	43,33333333	43,33333333
11729,35667	23471,82333	23471,82333	4	56,66666667	13,33333333
23471,82333	35214,29	35214,29	1	60	3,333333333
35214,29	46956,75667	46956,75667	0	60	0

amplitud de clase	11742,46667
-------------------	-------------

46956,75667	58699,22333	58699,22333	0	60	0
58699,22333	70441,69	70441,69	12	100	40
	VERDADERO	y mayor...	0	0	
				100	

11729,35667

0

HORA	12
# datos	30
valor max	68931,54
valor min	-12,56
rango	68944,1
# intervalos (sturger)	5,874500141
amplitud de clase	11490,68333

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
-12,56	11478,12333	11478,12333	17	56,66666667	56,66666667
11478,12333	22968,80667	22968,80667	1	60	3,333333333
22968,80667	34459,49	34459,49	0	60	0
34459,49	45950,17333	45950,17333	1	63,33333333	3,333333333
45950,17333	57440,85667	57440,85667	5	80	16,66666667
57440,85667	68931,54	68931,54	6	100	20
	VERDADERO	y mayor...	0	0	
				100	

11478,12333

0

HORA	13
# datos	30
valor max	74758,65
valor min	-10,41
rango	74769,06
# intervalos (sturger)	5,874500141
amplitud de clase	12461,51

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
-10,41	12451,1	12451,1	18	60	60
12451,1	24912,61	24912,61	0	60	0
24912,61	37374,12	37374,12	3	70	10
37374,12	49835,63	49835,63	1	73,33333333	3,333333333
49835,63	62297,14	62297,14	2	80	6,666666667
62297,14	74758,65	74758,65	6	100	20
	VERDADERO	y mayor...	0	0	
				100	

12451,1

0

HORA	14
# datos	30
valor max	70469,02
valor min	-10,2
rango	70479,22
# intervalos (sturger)	5,874500141
amplitud de clase	11746,53667

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
-10,2	11736,33667	11736,33667	18	60	60
11736,33667	23482,87333	23482,87333	0	60	0
23482,87333	35229,41	35229,41	6	80	20
35229,41	46975,94667	46975,94667	2	86,66666667	6,666666667
46975,94667	58722,48333	58722,48333	0	86,66666667	0
58722,48333	70469,02	70469,02	4	100	13,33333333
	VERDADERO	y mayor...	0	0	
				100	

11736,33667

0

HORA	15
# datos	30
valor max	68943,63
valor min	-10,91
rango	68954,54
# intervalos (sturger)	5,874500141
amplitud de clase	11492,42333

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
-10,91	11481,51333	11481,51333	12	40	40
11481,51333	22973,93667	22973,93667	0	40	0
22973,93667	34466,36	34466,36	6	60	20
34466,36	45958,78333	45958,78333	0	60	0
45958,78333	57451,20667	57451,20667	0	60	0
57451,20667	68943,63	68943,63	12	100	40
	VERDADERO	y mayor...	0	0	
				100	

11481,51333

0

eso estoy haciendo :P

HORA	16
# datos	30
valor max	69116,96
valor min	-11,28
rango	69128,24
# intervalos (sturges)	5,874500141
amplitud de clase	11521,37333

Intervalos de clase						
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
-11,28	11510,09333	11510,09333	7	23,33333333	23,33333333	
11510,09333	23031,46667	23031,46667	5	40	16,66666667	
23031,46667	34552,84	34552,84	4	53,33333333	13,33333333	
34552,84	46074,21333	46074,21333	2	60	6,66666667	
46074,21333	57595,58667	57595,58667	0	60	0	
57595,58667	69116,96	69116,96	12	100	40	
	VERDADERO	y mayor...	0	0	0	
				100	100	

69116,96

0

HORA	17
# datos	30
valor max	68753,83
valor min	-13,22
rango	68767,05
# intervalos (sturges)	5,874500141
amplitud de clase	11706,02576

Intervalos de clase						
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
-13,22	11692,80576	11692,80576	10	33,33333333	33,33333333	
11692,80576	23398,83153	23398,83153	2	40	6,66666667	
23398,83153	35104,85729	35104,85729	5	56,66666667	16,66666667	
35104,85729	46810,88306	46810,88306	1	60	3,33333333	
46810,88306	58516,90882	58516,90882	0	60	0	
58516,90882	70222,93459	70222,93459	12	100	40	
	FALSO	y mayor...	0	0	0	
				100	100	

70222,93459

0

HORA	18
# datos	30
valor max	69208,23
valor min	-27,74
rango	69235,97
# intervalos (sturges)	5,874500141
amplitud de clase	11539,32833

Intervalos de clase						
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
-27,74	11511,58833	11511,58833	6	20	20	
11511,58833	23050,91667	23050,91667	3	30	10	
23050,91667	34590,245	34590,245	1	33,33333333	3,33333333	
34590,245	46129,57333	46129,57333	7	56,66666667	23,33333333	
46129,57333	57668,90167	57668,90167	1	60	3,33333333	
57668,90167	69208,23	69208,23	12	100	40	
	VERDADERO	y mayor...	0	0	0	
				100	100	

69208,23

0

HORA	19
# datos	30
valor max	72787,34
valor min	-26,01
rango	72813,35
# intervalos (sturges)	5,874500141
amplitud de clase	12135,55833

Intervalos de clase						
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
-26,01	12109,54833	12109,54833	6	20	20	
12109,54833	24245,10667	24245,10667	0	20	0	
24245,10667	36380,665	36380,665	6	40	20	
36380,665	48516,22333	48516,22333	1	43,33333333	3,33333333	
48516,22333	60651,78167	60651,78167	2	50	6,66666667	
60651,78167	72787,34	72787,34	15	100	50	
	VERDADERO	y mayor...	0	0	0	
				100	100	

72787,34

0

HORA	20
------	----

Intervalos de clase						
---------------------	--	--	--	--	--	--

# datos	30
valor max	69778,34
valor min	-25,99
rango	69804,33
# intervalos (sturges)	5,874500141
amplitud de clase	11634,055

lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
-25,99	11608,065	11608,065	9	30	30
11608,065	23242,12	23242,12	1	33,33333333	3,333333333
23242,12	34876,175	34876,175	2	40	6,666666667
34876,175	46510,23	46510,23	4	53,33333333	13,33333333
46510,23	58144,285	58144,285	0	53,33333333	0
58144,285	69778,34	69778,34	14	100	46,66666667
	VERDADERO	y mayor...	0	0	0
				100	

69778,34

0

HORA	21
# datos	30
valor max	69707,05
valor min	-25,5
rango	69732,55
# intervalos (sturges)	5,874500141
amplitud de clase	11622,09167

lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
-25,5	11596,59167	11596,59167	12	40	40
11596,59167	23218,68333	23218,68333	0	40	0
23218,68333	34840,775	34840,775	0	40	0
34840,775	46462,86667	46462,86667	0	40	0
46462,86667	58084,95833	58084,95833	0	40	0
58084,95833	69707,05	69707,05	18	100	60
	VERDADERO	y mayor...	0	0	0
				100	

69707,05

0

HORA	22
# datos	30
valor max	70865,83
valor min	-26,13
rango	70891,96
# intervalos (sturges)	5,874500141
amplitud de clase	12067,74335

lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
-26,13	12041,61335	12041,61335	12	40	40
12041,61335	24109,3567	24109,3567	0	40	0
24109,3567	36177,10005	36177,10005	0	40	0
36177,10005	48244,8434	48244,8434	1	43,33333333	3,333333333
48244,8434	60312,58674	60312,58674	0	43,33333333	0
60312,58674	72380,33009	72380,33009	17	100	56,66666667
	FALSO	y mayor...	0	0	0
				100	

72380,33009

0

HORA	23
# datos	30
valor max	67866,5
valor min	-29,4
rango	67895,9
# intervalos (sturges)	5,874500141
amplitud de clase	11315,98333

lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
-29,4	11286,58333	11286,58333	12	40	40
11286,58333	22602,56667	22602,56667	0	40	0
22602,56667	33918,55	33918,55	0	40	0
33918,55	45234,53333	45234,53333	0	40	0
45234,53333	56550,51667	56550,51667	0	40	0
56550,51667	67866,5	67866,5	17	96,66666667	56,66666667
	VERDADERO	y mayor...	1	3,333333333	
				100	

67866,5

0

ANEXO 7: HISTOGRAMAS DE SABADO Y DOMINGO

81
Unidades de las medidas

TOTAL

HORA	0
# datos	12
valor max	31108,64
valor min	5820,45
rango	25288,19
# intervalos (sturjer)	4,561298112
amplitud de clase	5057,638

Intervalos de clase						
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
5820,45	10878,088	10878,088	6	50	50	
10878,088	15935,726	15935,726	0	50	0	
15935,726	20993,364	20993,364	0	50	0	
20993,364	26051,002	26051,002	0	50	0	
26051,002	31108,64	31108,64	5	91,66666667	41,66666667	
31108,64	36166,278	36166,278	1	100	8,333333333	
	FALSO	y mayor...	0	0		
				100		

10878,088

0

HORA	
# datos	12
valor max	32372,22
valor min	7636,23
rango	24735,99
# intervalos (sturjer)	4,561298112
amplitud de clase	4947,198

Intervalos de clase						
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
7636,23	12583,428	12583,428	6	50	50	
12583,428	17530,626	17530,626	0	50	0	
17530,626	22477,824	22477,824	0	50	0	
22477,824	27425,022	27425,022	0	50	0	
27425,022	32372,22	32372,22	6	100	50	
32372,22	37319,418	37319,418	0	100	0	
	FALSO	y mayor...	0	0		
				100		

12583,428

0

HORA	2
# datos	12
valor max	38609,17
valor min	6355,39
rango	32253,78
# intervalos (sturjer)	4,561298112
amplitud de clase	6450,756

Intervalos de clase						
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
6355,39	12806,146	12806,146	6	50	50	
12806,146	19256,902	19256,902	0	50	0	
19256,902	25707,658	25707,658	0	50	0	
25707,658	32158,414	32158,414	1	58,33333333	8,333333333	
32158,414	38609,17	38609,17	5	100	41,66666667	
38609,17	45059,926	45059,926	0	100	0	
	FALSO	y mayor...	0	0		
				100		

69,32043

12806,146

0

HORA	3
# datos	12
valor max	31809,97
valor min	6351,05
rango	25458,92

Intervalos de clase						
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
6351,05	11442,834	11442,834	6	50	50	
11442,834	16534,618	16534,618	0	50	0	
16534,618	21626,402	21626,402	0	50	0	

# intervalos (sturger)	4,561298112	5	21626,402	26718,186	26718,186	0	50	0
amplitud de clase	5091,784		26718,186	31809,97	31809,97	6	100	50
			31809,97	36901,754	36901,754	0	100	0
				FALSO	y mayor...	0	0	
							100	

22,31433

0

11442,834

HORA	4
# datos	12
valor max	31795,44
valor min	6357,21
rango	25438,23
# intervalos (sturger)	4,561298112
amplitud de clase	5087,646

Intervalos de clase						
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
6357,21	11444,856	11444,856	6	50	50	50
11444,856	16532,502	16532,502	0	50		0
16532,502	21620,148	21620,148	0	50		0
			0			
21620,148	26707,794	26707,794	0	50		0
26707,794	31795,44	31795,44	6	100		50
31795,44	36883,086	36883,086	0	100		0
			0	0		
				100		

0

11444,856

HORA	5
# datos	12
valor max	30015,82
valor min	5532,96
rango	24482,86
# intervalos (sturger)	4,561298112
amplitud de clase	4896,572

Intervalos de clase						
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
5532,96	10429,532	10429,532	8	66,66666667	66,66666667	66,66666667
10429,532	15326,104	15326,104	1	75	8,333333333	8,333333333
15326,104	20222,676	20222,676	0	75		0
			1	83,33333333	8,333333333	8,333333333
20222,676	25119,248	25119,248	0	100	16,66666667	16,66666667
25119,248	30015,82	30015,82	2	100		0
30015,82	34912,392	34912,392	0	100		0
			0	0		
				100		

0

10429,532

HORA	6
# datos	12
valor max	13722,73
valor min	9,81
rango	13712,92
# intervalos (sturger)	4,561298112
amplitud de clase	2742,584

Intervalos de clase						
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
9,81	2752,394	2752,394	6	50	50	50
2752,394	5494,978	5494,978	0	50		0
5494,978	8237,562	8237,562	3	75	25	25
			0	75		0
8237,562	10980,146	10980,146	0	75		0
10980,146	13722,73	13722,73	2	91,66666667	16,66666667	16,66666667
13722,73	16465,314	16465,314	1	100	8,333333333	8,333333333
			0	0		
				100		

0

2752,394

D48:J53

alt+ctrl+enter

HORA	7
# datos	12
valor max	13415,99
valor min	14,95
rango	13401,04

Intervalos de clase						
lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%	
14,95	2695,158	2695,158	6	50	50	50
2695,158	5375,366	5375,366	0	50		0
5375,366	8055,574	8055,574	0	50		0

# intervalos (sturger)	4,561298112	5	8055,574	10735,782	10735,782	0	50	0
amplitud de clase	2680,208		10735,782	13415,99	13415,99	5	91,66666667	41,66666667
			13415,99	16096,198	16096,198	1	100	8,333333333
				FALSO	y mayor...	0	0	
							100	

2695,158

0

HORA	8		Intervalos de clase					
# datos	12		lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
valor max	14082,42		16,63	2829,788	2829,788	6	50	50
valor min	16,63		2829,788	5642,946	5642,946	0	50	0
rango	14065,79		5642,946	8456,104	8456,104	0	50	0
# intervalos (sturger)	4,561298112	5	8456,104	11269,262	11269,262	0	50	0
amplitud de clase	2813,158		11269,262	14082,42	14082,42	6	100	50
			14082,42	16895,578	16895,578	0	100	0
				FALSO	y mayor...	0	0	
							100	

2829,788

0

HORA	9		Intervalos de clase					
# datos	12		lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
valor max	13991,15		15,06	2810,278	2810,278	6	50	50
valor min	15,06		2810,278	5605,496	5605,496	0	50	0
rango	13976,09		5605,496	8400,714	8400,714	0	50	0
# intervalos (sturger)	4,561298112	5	8400,714	11195,932	11195,932	0	50	0
amplitud de clase	2795,218		11195,932	13991,15	13991,15	6	100	50
			13991,15	16786,368	16786,368	0	100	0
				FALSO	y mayor...	0	0	
							100	

2810,278

0

HORA	10		Intervalos de clase					
# datos	12		lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
valor max	13730,14		15,46	3022,209321	3022,209321	6	50	50
valor min	15,46		3022,209321	6028,958642	6028,958642	0	50	0
rango	13714,68		6028,958642	9035,707962	9035,707962	0	50	0
# intervalos (sturger)	4,561298112	5	9035,707962	12042,45728	12042,45728	2	66,66666667	16,66666667
amplitud de clase	3006,749321		12042,45728	15049,2066	15049,2066	4	100	33,33333333
			15049,2066	18055,95592	18055,95592	0	100	0
				FALSO	y mayor...	0	0	
							100	

3022,209321

0

HORA	11		Intervalos de clase					
# datos	12		lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
valor max	11602,33		16,43	2333,61	2333,61	6	50	50
valor min	16,43		2333,61	4650,79	4650,79	0	50	0
rango	11585,9		4650,79	6967,97	6967,97	3	75	25
# intervalos (sturger)	4,561298112	5	6967,97	9285,15	9285,15	1	83,33333333	8,333333333

amplitud de clase	2317,18
-------------------	---------

9285,15	11602,33	11602,33	2	100	16,6666667
11602,33	13919,51	13919,51	0	100	0
	FALSO	y mayor...	0	0	
				100	

2333,61

0

HORA	12
# datos	12
valor max	6602,18
valor min	17,7
rango	6584,48
# intervalos (sturger)	4,561298112
amplitud de clase	1316,896

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
17,7	1334,596	1334,596	6	50	50
1334,596	2651,492	2651,492	0	50	0
2651,492	3968,388	3968,388	0	50	0
3968,388	5285,284	5285,284	0	50	0
5285,284	6602,18	6602,18	6	100	50
6602,18	7919,076	7919,076	0	100	0
	FALSO	y mayor...	0	0	
				100	

1334,596

0

HORA	13
# datos	12
valor max	6742,58
valor min	19,95
rango	6722,63
# intervalos (sturger)	4,561298112
amplitud de clase	1344,526

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
19,95	1364,476	1364,476	6	50	50
1364,476	2709,002	2709,002	0	50	0
2709,002	4053,528	4053,528	0	50	0
4053,528	5398,054	5398,054	0	50	0
5398,054	6742,58	6742,58	6	100	50
6742,58	8087,106	8087,106	0	100	0
	FALSO	y mayor...	0	0	
				100	

1364,476

0

HORA	14
# datos	12
valor max	6768,1
valor min	19,65
rango	6748,45
# intervalos (sturger)	4,561298112
amplitud de clase	1349,69

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
19,65	1369,34	1369,34	6	50	50
1369,34	2719,03	2719,03	0	50	0
2719,03	4068,72	4068,72	0	50	0
4068,72	5418,41	5418,41	0	50	0
5418,41	6768,1	6768,1	6	100	50
6768,1	8117,79	8117,79	0	100	0
	FALSO	y mayor...	0	0	
				100	

1369,34

0

HORA	15
# datos	12
valor max	6622,55
valor min	18,93
rango	6603,62
# intervalos (sturger)	4,561298112
amplitud de clase	1320,724

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
18,93	1339,654	1339,654	6	50	50
1339,654	2660,378	2660,378	0	50	0
2660,378	3981,102	3981,102	0	50	0
3981,102	5301,826	5301,826	0	50	0
5301,826	6622,55	6622,55	6	100	50
6622,55	7943,274	7943,274	0	100	0
	FALSO	y mayor...	0	0	
				100	

1339,654

0

eso estoy haciendo :P

HORA	16
# datos	12
valor max	6629,55
valor min	19,39
rango	6610,16
# intervalos (sturges)	4,561298112
amplitud de clase	1322,032

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
19,39	1341,422	1341,422	6	50	50
1341,422	2663,454	2663,454	0	50	0
2663,454	3985,486	3985,486	0	50	0
3985,486	5307,518	5307,518	0	50	0
5307,518	6629,55	6629,55	6	100	50
6629,55	7951,582	7951,582	0	100	0
	FALSO	y mayor...	0	0	
				100	

1341,422

0

HORA	17
# datos	12
valor max	6730,75
valor min	15,52
rango	6715,23
# intervalos (sturges)	4,561298112
amplitud de clase	1472,219056

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
15,52	1487,739056	1487,739056	6	50	50
1487,739056	2959,958112	2959,958112	0	50	0
2959,958112	4432,177168	4432,177168	0	50	0
4432,177168	5904,396224	5904,396224	0	50	0
5904,396224	7376,615279	7376,615279	6	100	50
7376,615279	8848,834335	8848,834335	0	100	0
	FALSO	y mayor...	0	0	
				100	

1487,739056

0

HORA	18
# datos	12
valor max	6632,7
valor min	9,06
rango	6623,64
# intervalos (sturges)	4,561298112
amplitud de clase	1324,728

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
9,06	1333,788	1333,788	6	50	50
1333,788	2658,516	2658,516	0	50	0
2658,516	3983,244	3983,244	0	50	0
3983,244	5307,972	5307,972	0	50	0
5307,972	6632,7	6632,7	6	100	50
6632,7	7957,428	7957,428	0	100	0
	FALSO	y mayor...	0	0	
				100	

1333,788

0

HORA	19
# datos	12
valor max	6595,45
valor min	7,82
rango	6587,63
# intervalos (sturges)	4,561298112
amplitud de clase	1317,526

Intervalos de clase		Clase	Frecuencia	% acumulado	%
lim inferior	lim superior				
7,82	1325,346	1325,346	6	50	50
1325,346	2642,872	2642,872	0	50	0
2642,872	3960,398	3960,398	0	50	0
3960,398	5277,924	5277,924	0	50	0
5277,924	6595,45	6595,45	6	100	50
6595,45	7912,976	7912,976	0	100	0
	FALSO	y mayor...	0	0	
				100	

1325,346

0

HORA	20
------	----

Intervalos de clase	
---------------------	--

# datos	12
valor max	6674,52
valor min	5,16
rango	6669,36
# intervalos (sturger)	4,561298112
amplitud de clase	1333,872

lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
5,16	1339,032	1339,032	6	50	50
1339,032	2672,904	2672,904	0	50	0
2672,904	4006,776	4006,776	0	50	0
4006,776	5340,648	5340,648	0	50	0
5340,648	6674,52	6674,52	6	100	50
6674,52	8008,392	8008,392	0	100	0
	FALSO	y mayor...	0	0	
				100	

1339,032

0

HORA	21
# datos	12
valor max	6923,41
valor min	4,9
rango	6918,51
# intervalos (sturger)	4,561298112
amplitud de clase	1383,702

lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
4,9	1388,602	1388,602	6	50	50
1388,602	2772,304	2772,304	0	50	0
2772,304	4156,006	4156,006	0	50	0
4156,006	5539,708	5539,708	0	50	0
5539,708	6923,41	6923,41	6	100	50
6923,41	8307,112	8307,112	0	100	0
	FALSO	y mayor...	0	0	
				100	

1388,602

0

HORA	22
# datos	12
valor max	6608,09
valor min	-4,46
rango	6612,55
# intervalos (sturger)	4,561298112
amplitud de clase	1449,70792

lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
-4,46	1445,24792	1445,24792	6	50	50
1445,24792	2894,955841	2894,955841	0	50	0
2894,955841	4344,663761	4344,663761	0	50	0
4344,663761	5794,371681	5794,371681	0	50	0
5794,371681	7244,079602	7244,079602	6	100	50
7244,079602	8693,787522	8693,787522	0	100	0
	FALSO	y mayor...	0	0	
				100	

1445,24792

0

HORA	23
# datos	12
valor max	6300,37
valor min	2,92
rango	6297,45
# intervalos (sturger)	4,561298112
amplitud de clase	1259,49

lim inferior	lim superior	Clase	Frecuencia	% acumulado	%
2,92	1262,41	1262,41	6	50	50
1262,41	2521,9	2521,9	0	50	0
2521,9	3781,39	3781,39	0	50	0
3781,39	5040,88	5040,88	0	50	0
5040,88	6300,37	6300,37	6	100	50
6300,37	7559,86	7559,86	0	100	0
	FALSO	y mayor...	0	0	
				100	

1262,41

0