



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL CONSUMO
DE ELECTRICIDAD EN LA FACULTAD
DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”**

SANI CANDO CARLOS MAURICIO

TESIS DE GRADO

**Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO MECÁNICO**

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2011-07--27

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

CARLOS MAURICIO SANI CANDO

Titulada:

**“AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD
EN LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Gilberto Zabala N.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Iván Cantos C.
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CARLOS MAURICIO SANI CANDO

TÍTULO DE LA TESIS: “AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL CONSUMO DE ELCTRICIDAD EN LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación: 2013-07-26

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Telmo Moreno Romero PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Gilberto Zabala Nabarrete DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Iván Cantos Castillo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Telmo Moreno Romero
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Carlos Mauricio Sani Cando

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico con mucho cariño a mis padres: Miguel y María, quienes hicieron lo posible para que sea un hombre de bien, apoyándome incondicionalmente en cada etapa de mi vida. A mí querida Facultad de Mecánica en donde enriquecí mis conocimientos, a todos mis familiares, profesores y amigos/as que me hicieron entender que por más tropiezos que se tenga hay que saber levantarse.

Carlos Sani Cando

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Jesús por ser el amigo que siempre ha estado a mi lado, ayudándome, guiándome, protegiéndome y dándome las fuerzas necesarias para poder superar los obstáculos presentados durante toda mi vida estudiantil, a los Ingenieros Gilberto Zavala e Iván Cantos que supieron brindarme sus conocimientos para poder realizar este trabajo con éxito y a todos mis familiares, profesores y amigos/as que con sus palabras de aliento supieron impulsarme para no rendirme.

Carlos Sani Cando

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Introducción.....	3
2.2 Auditoria energética.....	3
2.2.1 <i>Tipos de auditorías</i>	3
2.2.1.1 <i>Según la profundidad de la auditoría</i>	3
2.2.1.2 <i>Según el campo de actuación</i>	4
2.2.2 <i>Objetivos de las auditorías</i>	4
2.3 Metodología de una auditoría energética.....	4
2.3.1 <i>Primera etapa: reunir datos</i>	4
2.3.2 <i>Segunda etapa: mediciones experimentales</i>	4
2.3.2.1 <i>Planificación del proceso de medición</i>	4
2.3.2.2 <i>Instrumentos</i>	5
2.3.3 <i>Tercera etapa: diagnóstico del edificio</i>	7
2.3.3.1 <i>Análisis histórico de la facturación eléctrica</i>	7
2.3.3.2 <i>Levantamiento de carga</i>	7
2.3.3.3 <i>Resultados de mediciones</i>	7
2.3.4 <i>Cuarta etapa: análisis y diseño para la mejora energética del edificio</i>	7
2.3.5 <i>Quinta etapa: análisis de viabilidad económica de las mejoras</i>	7
2.4 Requisitos de iluminación según su actividad.....	7
2.4.1 <i>Norma Ecuatoriana de Construcción</i>	8
2.4.2 <i>Tipos de lámparas eléctricas</i>	9
2.4.2.1 <i>Lámpara incandescente</i>	9
2.4.2.2 <i>Focos Ahorradores</i>	9
2.4.2.3 <i>Lámpara Fluorescente</i>	10
2.4.2.4 <i>Lámpara de mercurio</i>	10
2.5 Fuerza y máquinas eléctricas.....	11
2.5.1 <i>Motor eléctrico</i>	11
2.5.2 <i>El transformador</i>	12
2.5.2.1 <i>Factor de uso</i>	13
3. ANÁLISIS, MEDICIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	
3.1 Descripción de la Facultad de Mecánica.....	14
3.2 Análisis inicial.....	17
3.3 Descripción de la red eléctrica.....	18
3.4 Levantamiento de cargas eléctricas instaladas.....	21
3.4.1 <i>Iluminación</i>	21
3.4.2 <i>Fuerza</i>	21
3.4.3 <i>Datos y comunicaciones</i>	22

3.5	Mediciones eléctricas	38
3.5.1	<i>Datos del transformador de 50 kva</i>	39
3.5.1.1	<i>Voltaje</i>	39
3.5.1.2	<i>Corriente</i>	41
3.5.1.3	<i>Potencia Activa</i>	41
3.5.1.4	<i>Potencia Reactiva</i>	42
3.5.1.5	<i>Potencia Aparente</i>	43
3.5.1.6	<i>Factor de Potencia</i>	45
3.5.1.7	<i>Consumo</i>	46
3.5.2	<i>Datos del transformador de 100 kva</i>	46
3.5.2.1	<i>Voltaje</i>	46
3.5.2.2	<i>Corriente</i>	48
3.5.2.3	<i>Potencia Activa</i>	49
3.5.2.4	<i>Potencia Reactiva</i>	50
3.5.2.5	<i>Potencia Aparente</i>	50
3.5.2.6	<i>Factor de Potencia</i>	52
3.5.2.7	<i>Consumo</i>	53
3.5.3	<i>Datos del transformador de 200 kva</i>	53
3.5.3.1	<i>Voltaje</i>	53
3.5.3.2	<i>Corriente</i>	55
3.5.3.3	<i>Potencia Activa</i>	56
3.5.3.4	<i>Potencia Reactiva</i>	56
3.5.3.5	<i>Potencia Aparente</i>	57
3.5.3.6	<i>Factor de Potencia</i>	58
3.5.3.7	<i>Consumo</i>	59
3.5.4	<i>Datos del transformador de 160 kva</i>	60
3.5.4.1	<i>Voltaje</i>	60
3.5.4.2	<i>Corriente</i>	62
3.5.4.3	<i>Potencia Activa</i>	62
3.5.4.4	<i>Potencia Reactiva</i>	63
3.5.4.5	<i>Potencia Aparente</i>	64
3.5.4.6	<i>Factor de Potencia</i>	66
3.5.4.7	<i>Consumo</i>	67
3.5.5	<i>Datos del transformador de 75 kva</i>	67
3.5.5.1	<i>Voltaje</i>	67
3.5.5.2	<i>Corriente</i>	69
3.5.5.3	<i>Potencia Activa</i>	70
3.5.5.4	<i>Potencia Reactiva</i>	71
3.5.5.5	<i>Potencia Aparente</i>	71
3.5.5.6	<i>Factor de Potencia</i>	73
3.5.5.7	<i>Consumo</i>	74
3.6	Análisis del consumo de energía medido	74

4. DETERMINACIÓN DE SECTORES DE MAL USO DE ENERGÍA Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE USO EFICIENTE

4.1	Determinación de sectores de mal uso de energía eléctrica.....	77
4.2	Propuestas de uso eficiente de energía	79
4.2.1	<i>Propuesta 1: Sustitución de luminarias fluorescentes 2x40w por 2x32w.</i>	79
4.2.1.1	<i>Objetivo</i>	79
4.2.1.2	<i>Descripción</i>	79
4.2.1.3	<i>Ventajas</i>	80
4.2.1.4	<i>Análisis</i>	80

4.2.2	<i>Propuesta 2: Sustitución de monitores tipo CRT por planas.</i>	81
4.2.2.1	<i>Objetivo.</i>	81
4.2.2.2	<i>Descripción.</i>	81
4.2.2.3	<i>Ventajas</i>	81
4.2.2.4	<i>Análisis.</i>	81
4.2.3	<i>Propuesta 3: Diseño óptimo de la iluminación.</i>	83
4.2.3.1	<i>Objetivo.</i>	83
4.2.3.2	<i>Descripción.</i>	83
4.2.3.3	<i>Ventajas</i>	83
4.2.3.4	<i>Análisis.</i>	83
4.2.4	<i>Propuesta 4: Mejoramiento del factor de potencia.</i>	91
4.2.4.1	<i>Objetivo.</i>	91
4.2.4.2	<i>Descripción.</i>	91
4.2.4.3	<i>Ventajas</i>	91
4.2.4.4	<i>Análisis.</i>	92

5. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICO – ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS

5.1	Estudio económico de las propuestas	97
5.1.1	<i>Inversión.</i>	97
5.1.2	<i>Flujo de caja.</i>	97
5.1.3	<i>VAN (Valor Actual Neto).</i>	97
5.1.4	<i>TIR (Taza Interna de Retorno).</i>	98
5.1.5	<i>Relación beneficio/costo.</i>	99
5.1.6	<i>Periodo de recuperación de la inversión (PRI).</i>	99
5.1.7	<i>Disminución de emisiones de CO2.</i>	100
5.2	Propuesta 1: Sustitución de luminarias fluorescentes 2x40w por 2x32w.	100
5.3	Propuesta 2: Sustitución de monitores tipo CRT por planas	101
5.4	Propuesta 3: Diseño óptimo de la iluminación	102
5.5	Propuesta 4: Mejoramiento del factor de potencia	103
5.6	Análisis de las propuestas	105

6. DESARROLLO DEL UN PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO PARA LA FACULTAD

6.1	Introducción	106
6.2	Objetivo del Plan de Ahorro	106
6.3	Desarrollo del Plan	106
6.4	Recomendaciones generales	107
6.4.1	<i>Organización</i>	107
6.4.2	<i>Recursos Humanos y Económicos</i>	107
6.4.3	<i>Difusión</i>	108
6.4.4	<i>Estímulos</i>	108
6.5	Medidas sin costo económico/poco costo económico	108
6.5.1	<i>Espacios Arquitectónicos.</i>	108
6.5.2	<i>Cerramientos interiores.</i>	108
6.5.3	<i>Computadores.</i>	109
6.5.4	<i>Sistema de iluminación.</i>	109
6.5.5	<i>Tomacorrientes.</i>	109
6.5.6	<i>Motores eléctricos</i>	110

6.6	Medidas de mayor costo económico.....	110
6.6.1	<i>Espacios arquitectónicos</i>	110
6.6.2	<i>Cerramientos exteriores</i>	110
6.6.3	<i>Cerramientos interiores</i>	110
6.6.4	<i>Equipamiento interior</i>	111
6.6.5	<i>Motores eléctricos</i>	111
6.7	Plan de acción.....	111

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1	Conclusiones.....	112
7.2	Recomendaciones.....	113

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Iluminación en edificios generales y educacionales	8
2 Escuelas, cantidad de edificios y sus áreas	16
3 Cargas eléctricas en el predio 01.....	23
4 Cargas eléctricas en el predio 16.....	23
5 Cargas eléctricas en el predio 16.....	24
6 Cargas eléctricas en el predio 17.....	24
7 Cargas eléctricas en el predio 25.....	24
8 Cargas eléctricas en el predio 25.....	26
9 Cargas eléctricas en el predio 26.....	26
10 Cargas eléctricas en el predio 28.....	27
11 Cargas eléctricas en el predio 29.....	27
12 Cargas eléctricas en el predio 30.....	27
13 Cargas eléctricas en el predio 31.....	28
14 Cargas eléctricas en el predio 32.....	28
15 Cargas eléctricas en el predio 33.....	29
16 Cargas eléctricas en el predio 10.....	29
17 Cargas eléctricas en el predio 11.....	29
18 Cargas eléctricas en el predio 11.....	30
19 Cargas eléctricas en el predio 19.....	30
20 Cargas eléctricas en el predio 27.....	31
21 Cargas eléctricas en el predio 27.....	31
22 Cargas eléctricas en el predio 18.....	32
23 Cargas eléctricas en el predio 18.....	32
24 Cargas eléctricas en el predio 01.....	33
25 Cargas eléctricas en el predio 02.....	33
26 Cargas eléctricas en el predio 03.....	34
27 Cargas eléctricas en el predio 03.....	34
28 Cargas eléctricas en el predio 03.....	35
29 Cargas eléctricas en el predio 06.....	35
30 Cargas eléctricas en el predio 06.....	36
31 Cargas eléctricas en el predio 07.....	36
32 Cargas eléctricas en el predio 07.....	37
33 Cargas eléctricas en el predio 09.....	37
34 Cronograma de instalación.....	39
35 Valores del voltaje en las 3 Líneas.....	40
36 Datos de voltaje fuera de la norma.....	40
37 Valores de Corriente en las 3 Líneas.....	41
38 Valores de Potencia Activa en las 3 Líneas	41
39 Valores de Potencia Reactiva en las 3 Líneas	42
40 Valores de Potencia Aparente en las 3 Líneas	43
41 Valores del Factor de Potencia en las 3 Líneas	45
42 Valores del Consumo en las 3 Líneas	46
43 Valores de Voltaje en las 3 Líneas.....	47
44 Datos de voltaje fuera de la norma.....	48
45 Valores de Corriente en las 3 Líneas.....	48
46 Valores de Potencia Activa en las 3 Líneas	49
47 Valores de Potencia Reactiva en las 3 Líneas	50
48 Valores de Potencia Aparente en las 3 Líneas	50
49 Valores del Factor de Potencia en las 3 Líneas	52
50 Valores del Consumo en las 3 Líneas	53

51	Valores del voltaje en las 3 Líneas.....	54
52	Datos de voltaje fuera de la norma.....	54
53	Valores de Corriente en las 3 Líneas.....	55
54	Valores de Potencia Activa en las 3 Líneas	56
55	Valores de Potencia Reactiva en las 3 Líneas	56
56	Valores de Potencia Aparente en las 3 Líneas	57
57	Valores del Factor de Potencia en las 3 Líneas.....	59
58	Valores del Consumo en las 3 Líneas	59
59	Valores del voltaje en las 3 Líneas.....	60
60	Datos de voltaje fuera de la norma.....	61
61	Valores de Corriente en las 3 Líneas.....	62
62	Valores de Potencia Activa en las 3 Líneas	62
63	Valores de Potencia Reactiva en las 3 Líneas	63
64	Valores de Potencia Aparente en las 3 Líneas	64
65	Valores del Factor de Potencia en las 3 Líneas.....	66
66	Valores del Consumo en las 3 Líneas	67
67	Valores del voltaje en las 3 Líneas.....	68
68	Datos de voltaje fuera de la norma.....	69
69	Valores de Corriente en las 3 Líneas.....	69
70	Valores de Potencia Activa en las 3 Líneas	70
71	Valores de Potencia Reactiva en las 3 Líneas	71
72	Valores de Potencia Aparente en las 3 Líneas	71
73	Valores del Factor de Potencia en las 3 Líneas.....	73
74	Valores del Consumo en las 3 Líneas	74
75	Consumo mensual de la Facultad de Mecánica	75
76	Índices energéticos de la Facultad de Mecánica	76
77	Factores energéticos con lámparas de 2x40w	80
78	Factores energéticos con lámparas de 2x32w	80
79	Ahorros mensuales y anuales de la propuesta 1	81
80	Factores energéticos con monitores tipo CRT	82
81	Factores energéticos con monitores planos.....	82
82	Ahorros mensuales y anuales de la propuesta 2	82
83	Índice del local (k)	84
84	Coeficientes de reflexión.....	85
85	Factores energéticos del sistema actual de iluminación.....	90
86	Factores energéticos del sistema de iluminación propuesto.....	91
87	Ahorros mensuales y anuales de la propuesta 3.....	91
88	Factor de potencia semanal	92
89	Parámetros del banco de capacitores.....	95
90	Capacidad de banco de capacitores estándar.....	96
91	Índices financieros para la propuesta 1	101
92	Índices financieros para la propuesta 2	102
93	Índices financieros para la propuesta 3	103
94	Índices financieros para la propuesta 4	104

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Luxómetro digital LX1010B.....	6
2 Analizador de redes AEMC 3945-B	6
3 Foco incandescente	9
4 Lámpara fluorescente	10
5 Lámpara de mercurio	10
6 Sección de un motor eléctrico	11
7 Transformador trifásico.....	12
8 Ubicación de la Espoch.....	14
9 Edificio de la Escuela de Ingeniería Automotriz	15
10 Plano general de la Facultad de Mecánica	16
11 Edificios fuera de servicio por la noche	17
12 Edificios en funcionamiento por la noche.....	17
13 Transformador de 50 kva	18
14 Transformador de 100 kva	19
15 Transformador de 200 kva	19
16 Transformador de 160 kva	20
17 Transformador de 75 kva	20
18 Iluminación típica en aulas y pasillos	21
19 Amoladora y torno existentes en talleres	22
20 Centros de cómputo e internet.....	22
21 Porcentaje de Carga Instalada	38
22 Instalación del analizador de redes en los transformadores	38
23 Parte de los datos medidos en una hoja de Excel.....	39
24 Curvas de Voltaje vs Tiempo	40
25 Curvas de Corriente vs tiempo.....	41
26 Curvas de Potencia Activa vs tiempo.....	42
27 Curvas de Potencia Reactiva vs tiempo	43
28 Curvas de Potencia Aparente vs tiempo.....	44
29 Curvas del Factor de Potencia vs tiempo	45
30 Curvas del Consumo vs tiempo.....	46
31 Curvas de Voltaje vs Tiempo	47
32 Curvas de Corriente vs tiempo	48
33 Curvas de Potencia Activa vs tiempo.....	49
34 Curvas de Potencia Reactiva vs tiempo	50
35 Curvas de Potencia Aparente vs tiempo.....	51
36 Curvas del Factor de Potencia vs tiempo	52
37 Curvas del Consumo vs tiempo.....	53
38 Curvas de Voltaje vs Tiempo	54
39 Curvas de Corriente vs tiempo	55
40 Curvas de Potencia Activa vs tiempo.....	56
41 Curvas de Potencia Reactiva vs tiempo	57
42 Curvas de Potencia Aparente vs tiempo.....	58
43 Curvas del Factor de Potencia vs tiempo	59
44 Curvas del Consumo vs tiempo.....	60
45 Curvas de Voltaje vs Tiempo	61
46 Curvas de Corriente vs tiempo	62
47 Curvas de Potencia Activa vs tiempo.....	63
48 Curvas de Potencia Reactiva vs tiempo	64
49 Curvas de Potencia Aparente vs tiempo.....	65
50 Curvas del Factor de Potencia vs tiempo	66

51	Curvas del Consumo vs tiempo.....	67
52	Curvas de Voltaje vs Tiempo	68
53	Curvas de Corriente vs tiempo.....	69
54	Curvas de Potencia Activa vs tiempo.....	70
55	Curvas de Potencia Reactiva vs tiempo	71
56	Curvas de Potencia Aparente vs tiempo.....	72
57	Curvas del Factor de Potencia vs tiempo	73
58	Curvas del Consumo vs tiempo.....	74
59	Consumo medido por los analizadores	75
60	Porcentaje del consumo de energía eléctrica.....	76
61	Desperdicio de energía en oficina de docentes	77
62	Circuitos mal distribuidos en el Edificio de Mecánica	78
63	Caja térmica del edificio de los CAB de Mecánica	78
64	Luminarias defectuosas y quemadas	79
65	Dimensiones de un ambiente	83
66	Altura de las luminarias	84
67	Factor de utilización.....	86
68	Factores de mantenimiento	86
69	Bar de la Facultad de Mecánica	87
70	Plano del bar de la Facultad de Mecánica.....	88
71	Factor de utilización.....	89
72	Corrección del factor de potencia	92
73	Unidad capacitiva trifásica – UCW-T.....	96
74	Potencias UCW-T - 60Hz	96
75	Diagrama económico para la propuesta 1	100
76	Diagrama económico para la propuesta 2	101
77	Diagrama económico para la propuesta 3	102
78	Diagrama económico para la propuesta 4	104

LISTA DE ABREVIACIONES

CONELEC	Concejo Nacional de Electricidad.
EERSA	Empresa Eléctrica Riobamba Sociedad Anónima.
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción.

LISTA DE ANEXOS

- A** Niveles de iluminación según NEC 11.
- B** Red de distribución eléctrica en la Facultad de Mecánica.
- C** Diagrama unifilar de los transformadores.
- D** Regulación No. CONELEC – 004/01
- E** Concejo Nacional de Electricidad – CONELEC.
- F** Características de Lámparas Fluorescentes de 32W.
- G** Calculo de luminarias en los edificios de la Facultad de Mecánica.
- H** Precios de Capacitores WEG para corrección del F.P.

RESUMEN

El presente estudio: “Auditoría Energética del Consumo de Electricidad en la Facultad de Mecánica de la Espoch” tiene como fin, obtener información que permita realizar los cambios adecuados y lograr un uso racional de la energía eléctrica, obteniendo un ahorro de la misma sin afectar el confort al servicio prestado.

Las mediciones se realizan con analizadores de redes en la parte de baja tensión de los cinco transformadores que suministran de energía eléctrica a la Facultad de Mecánica. Los resultados de la potencia reactiva arrojan valores positivos y negativos en las 3 fases de los cinco analizadores, valores que no se justifican con el análisis y alcance de este trabajo, por lo que queda como recomendación sea una base para estudios micro de la red eléctrica que alimenta a la Facultad.

De acuerdo al seguimiento del comportamiento eléctrico se proponen cuatro alternativas de mejora en el uso de la electricidad. La primera se refiere a la sustitución de luminarias fluorescentes, la segunda al cambio de monitores, la tercera al diseño óptimo de la iluminación y la cuarta al mejoramiento del factor de potencia. Las propuestas mencionadas son viables económicamente excepto la propuesta de la sustitución de monitores. Los voltajes suministrados a la facultad se encuentran dentro del rango que rige el CONELEC en su regulación 004-01. Los transformadores se hallan desbalanceados, el consumo mensual de la Facultad de Mecánica para el mes de noviembre del 2012 fue de 15 584,26 kwh con un pago de 1 122,07 USD y el factor de potencia promedio es de 0,821.

Aplicar las propuestas de uso eficiente de energía y el plan de ahorro propuesto al final de esta investigación incurriría en procesos de optimización de recursos y mejoramiento del servicio que direcciona la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

ABSTRACT

The present study, "Electrical Audit of Electricity Consumption in the Faculty of Mechanical ESPOCH" aims to obtain information to make appropriate changes and achieve rational use of electrical energy, getting the same savings without affecting comfort of the service.

Measurements are made with network analyzers at the low voltage of the five transformers that supply power to the Faculty of Mechanical. The results of the reactive power yield positive and negative values in the 3 phases of the five analyzers, values that are not justified by the analysis and scope of this work, so it is a recommendation as a basis for studies micro grid feeding the Faculty.

In monitoring the electrical behavior proposes four alternatives for improvement in the use of electricity. The first relates to the replacement of fluorescent lamps, the second change of monitors, the third optimum design of illumination and the fourth to the improvement of power factor. The above proposals are economically viable than the proposed replacement of monitors. The voltages supplied to the faculty are within the range that CONELEC governs in its regulation 004-01. The processors are unbalanced; the monthly consumption of the Faculty of Mechanical for the month of November 2012 was 15 584.26 kwh with a payment of 1 122.07 and average power factor of 0,821.

Apply the proposed energy efficiency and savings plan proposed at the end of this investigation incur resource optimization processes and service improvement that addresses the Faculty of Mechanical Engineering in the Polytechnic School of Chimborazo.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El desperdicio de energía es un problema que tiene dos causas principales: ineficacia de las instalaciones eléctricas y el uso irracional de la energía, consecuencia de malos hábitos y acciones. Como ejemplos se puede citar la costumbre de dejar la luz encendida o mantener equipos electrónicos conectados sin necesidad.

La Facultad de Mecánica posee 32 años de formar profesionales útiles en los diferentes campos laborales del país, conforma una de las siete Facultades que posee la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Si el uso de la energía eléctrica en la Facultad de Mecánica, se la realizara de una manera más eficiente, se tendrá mayor respeto y conservación del medio ambiente, ya que, al no consumirse más energía que la necesaria, se disminuyen las emisiones de CO₂, además de ello se alcanzara una optimización del consumo energético, lo que se traduce en una importante reducción de costos.

1.2 Justificación

Actualmente se debe realizar un uso racional de la energía eléctrica tanto en lugares públicos, como en el hogar, en el trabajo, en centros educativos, etc. Por lo general la energía eléctrica es desperdiciada, es decir no se tiene un uso consciente de la misma, pues existen equipos y sistemas defectuosos que consumen altos niveles de energía así como el uso de computadores, focos, televisores, radios permanecen encendidos innecesariamente.

Ante el problema del uso innecesario de la energía eléctrica, se presenta la necesidad de realizar una auditoría de su uso en la Facultad de Mecánica. Se pretende entonces conseguir rendimientos energéticos óptimos, detectar que factores están afectando al consumo de energía,

identificar las posibilidades de ahorro que se tienen al alcance sin provocar una disminución en el confort del servicio prestado a los estudiantes, docentes y público en general.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Realizar una auditoría energética del consumo de electricidad en la Facultad de Mecánica de la Epoch.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Estudiar y analizar el marco teórico de una Auditoría Energética.

Analizar, medir y determinar la situación actual del consumo de energía eléctrica.

Determinar los sectores en donde existe mal uso de energía.

Proponer alternativas de uso eficiente para el ahorro de energía.

Analizar la viabilidad técnica y económica de las propuestas.

Proponer un plan de ahorro energético para la Facultad.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

La energía eléctrica sin duda es el energético más utilizado en el mundo. La electricidad es el pilar del desarrollo industrial de todos los países, parte importante del desarrollo social y elemento esencial para el desarrollo tecnológico. Sin duda la electricidad juega un papel importante en la vida del ser humano, con la electricidad se establece una serie de comodidades que con el transcurso de los años se van haciendo indispensables para el hombre.

2.2 Auditoría energética

La Auditoría Energética definida en términos generales es un informe del estado actual energético. El término abarca un campo muy amplio en función de la profundidad con que se realice el estudio, pudiendo llegar desde un simple informe del diagnóstico energético actual, hasta un estudio detallado de mejoras, que incluyen modificaciones y cambios importantes en el edificio para reducir el consumo energético.

2.2.1 Tipos de auditorías. Existen varias maneras de clasificar a las auditorías, atendiendo a diferentes puntos de vista.

2.2.1.1 Según la profundidad de la auditoría

- Diagnóstico energético. Estudio sobre el estado actual de las instalaciones.
- Auditoría Energética. Estudio sobre el estado de las instalaciones, con las correspondientes propuestas de mejoras orientadas al ahorro de energía, incluyendo un estudio económico de las mismas.
- Auditoría Energética especial o en profundidad. Contempla los aspectos anteriores incluyendo un estudio sobre el proceso productivo, y llegando incluso a proponer importantes modificaciones en dicho proceso (cambios en la tecnología del proceso).

- Auditoría Energética dinámica y continua. Es la que se realiza de un modo continuo, estando este concepto identificado con el de gestión energética en edificios.

2.2.1.2 *Según el campo de actuación*

- En el campo de la industria.
- En edificios ya construidos.

2.2.2 *Objetivos de las auditorías.* La implementación de un sistema de auditorías energéticas permite:

- Obtener datos sobre consumos, costos de energía y de producción para mejorar el rendimiento de los factores que contribuyen a la variación de los índices energéticos de las instalaciones consumidoras de energía.
- Identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía.
- Determinar y evaluar económicamente los volúmenes de ahorro alcanzables y las medidas técnicamente aplicables para lograrlo.

2.3 Metodología de una auditoría energética

Al realizar una auditoría energética se obtiene un diagnóstico y gestión que trata de cuantificar los parámetros que nos permiten optimizar los costos económicos y conseguir un buen funcionamiento de las instalaciones. Para conseguir este fin vamos a establecer un proceso sistemático, riguroso y a la vez sencillo del análisis de un edificio. Esta metodología consta de cinco etapas, alguna de ellas con distintas subdivisiones.

2.3.1 *Primera etapa: reunir datos.* En esta primera etapa se reúne toda la información posible sobre el edificio, tanto de los aspectos constructivos como de los sistemas eléctricos que posea.

2.3.2 *Segunda etapa: mediciones experimentales.* En esta fase se realiza las mediciones que se hayan considerado necesarias para calcular el balance de energía.

2.3.2.1 *Planificación del proceso de medición.* Se debe realizar una planificación que abarque tanto la organización, las magnitudes a medir y secuencia de las medidas, como el tipo de instrumento que se necesita.

- Magnitudes

Tensión eléctrica: Es la fuerza potencial (atracción) que hay entre dos puntos cuando existe entre ellos diferencia en el número de electrones, su unidad que mide la tensión es el voltio (V).(SEAT, 2011)

Corriente eléctrica: Es la cantidad de electrones o intensidad con la que circulan por un conductor, cuando hay una tensión aplicada en sus extremos, su unidad es el amperio (A).

Potencia activa: Es la potencia en que en el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo, los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Se la representa con la letra "P" y su unidad es el vatio (w).(W.K.P, 2011)

Potencia reactiva: Es la potencia disipada por las cargas reactivas (Bobinas o inductores y capacitores o condensadores). Se pone de manifiesto cuando existe un trasiego de energía entre los receptores y la fuente, provoca pérdidas en los conductores, caídas de tensión en los mismos, y un consumo de energía suplementario que no es aprovechable directamente por los receptores. Se la representa por la letra "Q" y su unidad se mide en voltiamperios reactivos (var).

Potencia aparente: Se la llama también "potencia total", es el resultado de la suma geométrica de las potencias activa y reactiva. Se la representa con la letra "S" y su unidad se mide en voltiamperios (va).

Factor de Potencia: Es la relación entre la potencia activa y la potencia reactiva, cuyo índice de calidad debe ser como valor mínimo 0,92.(CONELEC, 2001)

Nivel de iluminación: El nivel de Iluminación o Iluminancia indica el flujo luminoso que recibe una superficie por unidad de área. Se representa por la letra "E" y su unidad es el lux.(Comunidad de Madrid, 2010)

2.3.2.2 Instrumentos

- Luxómetro

El luxómetro es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real de un ambiente. La unidad de medida es lux (lx). Contiene una célula

fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display o aguja con la correspondiente escala de luxes.(W.K.S, 2011)

Figura 1. Luxómetro digital LX1010B



Fuente: <http://kaya.es/es/otros-medidores/5084-luxometro-digital-lx1010b.html>

- Analizador de redes eléctricas

Los analizadores de redes se usan para determinar la calidad, cantidad, el flujo y optimización de las redes eléctricas. Diseñados para ser instalados de forma muy sencilla en cualquier instalación y para que su uso sea totalmente adaptable a cualquier tipo de medida requerida. Disponen de una memoria interna donde se guardan todos los parámetros deseados, tales como: voltaje, corriente, potencia activa, reactiva y aparente, factor de potencia, armónicos y flickers.

Figura 2. Analizador de redes AEMC 3945-B



Fuente: AEMC instruments, p. 22

2.3.3 *Tercera etapa: diagnóstico del edificio.* Con toda la información recopilada se realiza un balance de energía de todas las instalaciones.

2.3.3.1 *Análisis histórico de la facturación eléctrica.* Se analiza las facturas emitidas por la Empresa Eléctrica en un periodo de 12 meses, con el fin de comprobar la correcta facturación y que el tipo de tarifa esté asignado correctamente.

2.3.3.2 *Levantamiento de carga.* El levantamiento de carga constituye una de las principales fuentes de información para determinar las posibles oportunidades de ahorro, que son causas del desperdicio energético o de las pérdidas de energía, y sirve para contribuir a los procesos futuros del buen manejo de energía y demanda.

2.3.3.3 *Resultados de mediciones.* Se analiza los resultados de las mediciones de los parámetros fundamentales de calidad de la energía, con lo cual se determina la demanda necesaria para el edificio y el tipo de energía suministrada.

2.3.4 *Cuarta etapa: análisis y diseño para la mejora energética del edificio.* El fin de esta etapa es identificar los principales y más frecuentes problemas que se enfrentan en el uso de la energía, plantear y diseñar soluciones para éstos, determinando los principales potenciales de ahorro energético. Conviene comprobar que estas medidas correctoras producen un menor consumo de energía o un mejor confort.

2.3.5 *Quinta etapa: análisis de viabilidad económica de las mejoras.* Una vez seleccionadas las diferentes alternativas de mejora energética, se llevará a cabo su estudio de viabilidad económica. Este estudio servirá para decidir si una mejora se realiza o no, dependiendo de: costo de inversión, ahorros energéticos esperados, tiempo de retorno de la inversión, mejoras de calidad y de confort de las personas ocupantes.

2.4 Requisitos de iluminación según su actividad

Los requisitos de iluminación son determinados por la satisfacción de tres necesidades humanas básicas:

- *Confort visual;* en el que los trabajadores tienen una sensación de bienestar, de modo indirecto también contribuye a un elevado nivel de productividad.

- *Prestaciones visuales;* en el los trabajadores son capaces de realizar sus tares visuales, incluso en circunstancias difíciles y durante periodos más largos.
- *Seguridad.*

2.4.1 Norma Ecuatoriana de Construcción. La Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC 11), en su capítulo 13 de eficiencia energética en la construcción de Ecuador, menciona que el nivel de iluminación mínimo según el tipo de local y tarea en el que se desarrolle, se determinara según lo siguiente:

Tabla 1. Iluminación en edificios generales y educacionales

ÁREAS GENERALES DE EDIFICACIONES				
Tipo de interior o actividad	E_m lux	CUD_L	Ra	Observaciones
Vestíbulos de entrada	100	22	60	
Áreas de circulación y pasillos	100	28	40	En las salidas y entradas proporcionar una zona de transición y evitar cambios súbitos
Escaleras, escaleras mecánicas, y transportadores (de personas)	150	25	40	
Rampas/andenes/patios de carga	150	25	40	
Salas de estar, cantinas, tabernas	200	22	80	
Áreas de descanso	100	22	80	
Locales para ejercicio físico	300	22	80	
Guardarropa, cuartos de aseo, baños, tocadores	200	25	80	
Locales para atención médica	500	16	60	T_{cp} 4000 k, como mínimo
Cuartos técnicos(industrias), cuartos de aparamenta eléctrica	200	25	60	
Garita de posta, local del centro general de distribución	500	19	80	
Almacén, cuartos de mercancías, almacén refrigerado	100	25	60	200 lux si están ocupados continuamente
Área de despacho, embalaje, manipulación	300	25	60	
Estación de control	150	22	60	200 lux si están ocupados continuamente

EDIFICIOS EDUCATIVOS				
Tipo de interior o actividad	E_m lux	CUD_L	Ra	Observaciones
Local de juegos(escuela)	300	19	80	
Aula, salón de profesores	300	19	80	
Aulas para clases nocturnas, salas de lectura, pizarrones	500	19	80	La iluminación debe ser controlable(regulable), evitar reflexiones
Mesa de demostraciones	500	19	80	En salas de lectura, 750 lux
Locales de artes (en escuelas de arte), salas de dibujo técnico	750	16	90	$T_{cp}>5000k$

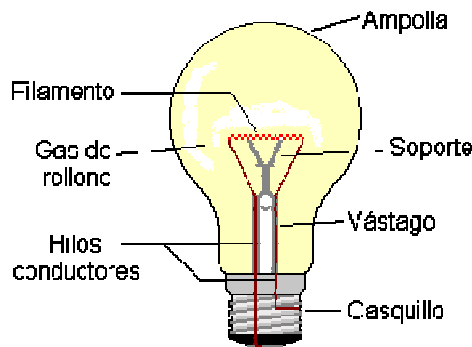
Fuente: NEC 11. Eficiencia energética en la construcción en Ecuador, p. 41,43

Para el resto de edificaciones con los niveles de iluminación ideales ver el Anexo A.

2.4.2 Tipos de lámparas eléctricas. Una lámpara eléctrica es un dispositivo que produce luz a partir de energía eléctrica, esta conversión puede realizarse mediante distintos métodos como el calentamiento por efecto Joule de un filamento metálico, por fluorescencia de ciertos metales ante una descarga eléctrica. En la actualidad se cuenta con tecnología para producir luz con eficiencias del 10 al 70%.

2.4.2.1 Lámpara incandescente. Son las más empleadas por su bajo precio y facilidad de instalación. Su funcionamiento está basado en el flujo luminoso emitido por un filamento de wolframio al ser recorrido por una corriente eléctrica. Presentan un bajo rendimiento. (V.T.H, 2012)

Figura 3. Foco incandescente



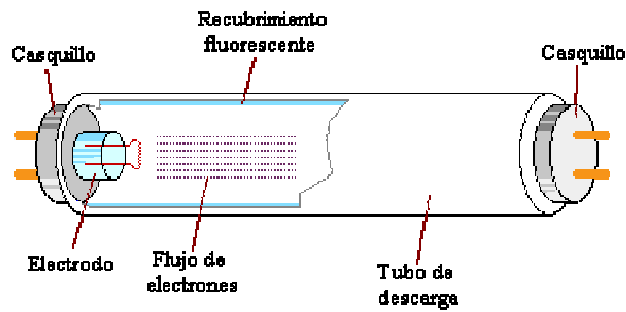
Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/lampara-luminaria/lampara-incandescente.html>

2.4.2.2 Focos ahorradores. Los focos ahorradores son lámparas fluorescentes compactas autobalastadas que proporcionan un flujo luminoso igual al de los focos tradicionales pero con un menor consumo de energía.

A diferencia que los focos incandescentes, los focos ahorradores funcionan por medio de un gas que ioniza y provoca la iluminación en conjunto con la pintura blanca especial que tienen las paredes interiores del tubo. Estos focos consumen hasta un 80% menos energía, producen más luminosidad por watt y duran hasta 8 veces más que los focos tradicionales.

2.4.2.3 Lámpara fluorescente. Son lámparas de vapor de mercurio a baja presión. Sus cualidades de color y de baja iluminancia las hace adecuadas para su empleo en salas de reducida altura. Son las más empleadas tras las incandescentes.

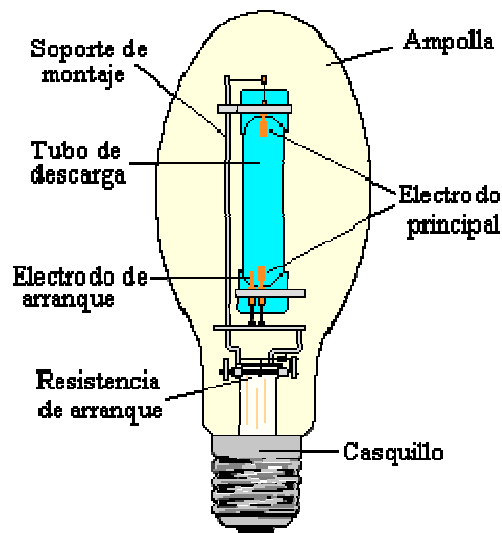
Figura 4. Lámpara fluorescente



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/lampara-luminaria/lampara-incandescente.html>

2.4.2.4 Lámpara de mercurio. En estas lámparas la descarga se produce en un tubo de descarga que contiene una pequeña cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte para asistir al encendido. Una parte de la radiación de la descarga ocurre en la región visible del espectro como luz, pero una parte también se emite en la región ultravioleta.

Figura 5, Lámpara de mercurio



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/lampara-luminaria/lampara-incandescente.html>

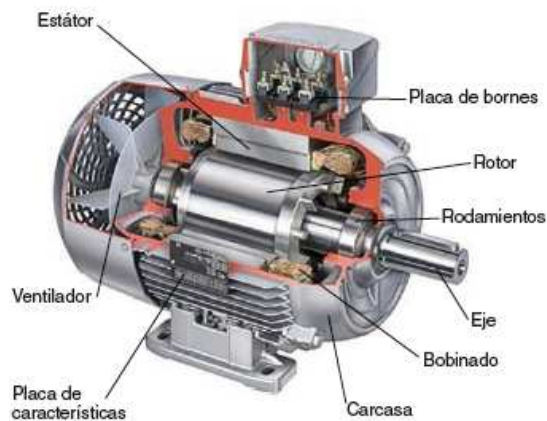
2.5 Fuerza y máquinas eléctricas

Se denomina sistema de fuerza al conjunto de todos los equipos e instalaciones que tiene por objeto realizar un trabajo mecánico y/o de producción. El equipo eléctrico que puede realizar trabajo mecánico es el motor eléctrico, y por lo tanto son estos equipos los principales dentro del proceso de producción. El sistema de fuerza a su vez, en una planta es alimentada con energía desde una subestación de distribución de servicio público de electricidad. De lo descrito se observa la importancia de las máquinas eléctricas en la industria.

Cabe señalar que los sistemas de refrigeración y calefacción también forman parte del sistema de fuerza en una instalación eléctrica de tipo industrial. En el caso de los sistemas de uso residencial-comercial, el sistema de fuerza está conformado por los circuitos principales de iluminación, aire acondicionado y sistemas auxiliares (bombas, ascensores, etc.) (S.P.N, 2012).

2.5.1 Motor eléctrico. Los motores eléctricos son máquinas eléctricas que transforman en energía mecánica la energía eléctrica que absorben por sus bornes.

Figura 6. Sección de un motor eléctrico



Fuente: FRAILE J. Maquinas Eléctricas, p. 288

Atendiendo al tipo de corriente utilizada para su alimentación, se clasifican en:

- Motores de corriente continua.
 - De excitación independiente.
 - De excitación serie.
 - De excitación (shunt) o derivación.
 - De excitación compuesta (compund).

- Motores de corriente alterna.
 - Motores síncronos.
 - Motores asíncronos.

Los motores de corriente alterna asíncronos, tanto monofásicos como trifásicos, son los que tienen una aplicación más generalizada gracias a su facilidad de utilización, poco mantenimiento y bajo costo de fabricación.

La velocidad del sincronismo de los motores eléctricos viene definida por la siguiente expresión:

$$n = \frac{60f}{P} \quad (1)$$

Dónde:

n = Numero de revoluciones por minuto.

f = Frecuencia de la red.

P = Pares de polos de la máquina.(FRAILE, 2003)

2.5.2 El transformador. Un transformador es una máquina eléctrica estática que transforma la energía eléctrica recibida en otra energía eléctrica de características distintas, bien sea de tensión, intensidad, etc.

Figura 7. Transformador trifásico



Fuente: Autor

El transformador es uno de los equipos eléctricos más útiles de los utilizados en la electricidad, puede aumentar o disminuir la tensión, puede aislar un circuito de otro.

El transformador se utiliza, la mayoría de las veces, para rebajar la tensión de alimentación a valores más bajos y así poder manipular los circuitos sin riesgos para los usuarios, el devanado primario es el que recibe la energía y el devanado secundario es el que la cede, un transformador, al ser una máquina estática, no tiene pérdidas mecánicas y por tanto puede alcanzar rendimientos del 98%.

Las únicas pérdidas son en el hierro (chapa magnética) y en el cobre (conductores de los devanados). Estas pérdidas producen caídas de tensión que modifican ligeramente la relación de transformación. Las aplicaciones de los transformadores son innumerables. Se utilizan en cuadros de mando y control, equipos de soldadura, alumbrado de piscinas, equipos médicos, ignición de calderas, en general en todos aquellos equipos que precisan adaptar las tensiones normalizadas que suministran las compañías eléctricas a las precisadas por los equipos.

Está constituido por dos circuitos principales:

- Circuito eléctrico.
 - Devanado primario.
 - Devanado secundario.
- Circuito magnético.
 - Chapa magnética.(MOLINA, y otros, 2010)

2.5.2.1 Factor de uso. El factor de utilización indica la disponibilidad del transformador, referida a su real utilización, su fórmula se muestra a continuación:

$$FU = \frac{kva_{Dm\acute{a}x}}{Kva_{instalados}} \quad (2)$$

Dónde:

FU = Factor de uso.

$kva_{Dm\acute{a}x}$ = Potencia aparente a demanda máxima.

$kva_{instalados}$ = Potencia aparente instalada.

Existen dos posibilidades, que el transformador se encuentre sub cargado o sobre cargado, para ello hay que tener en cuenta lo siguiente:

1. $Fu \leq 0,5$ entonces el transformador se encuentra sub cargado.
2. $Fu > 0,8$ entonces el transformador se encuentra sobre cargado.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS, MEDICIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

3.1 Descripción de la Facultad de Mecánica

La Facultad de Mecánica es una de las Facultades más antiguas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, inicio sus actividades en el año de 1981 como la Escuela de Ingeniería de Producción Metal Mecánica del entonces Instituto Tecnológico Superior de Chimborazo, la misma que en 1981 se convierte en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la institución que para entonces se había convertido en Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

La Facultad de Mecánica se halla dentro de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, concentrada en la provincia de Chimborazo en la ciudad de Riobamba, ubicada en la Panamericana Sur Km 1 ½.

Figura 8. Ubicación de la Espoch



Fuente: <https://maps.google.com.ec/maps?hl=es&tab=wl>

La Facultad de Mecánica se encuentra conformada por veinte y cuatro edificios, dos canchas de fútbol y dos canchas de volley. Los edificios en su mayoría son antiguos excepto uno de los edificios de Ingeniería Automotriz que fue creado en el año 2010 y cuenta con una construcción de tres pisos, este edificio es el más alto de toda la Facultad ya que los veinte y tres edificios restantes son de dos y un piso. Todos los edificios poseen fachadas enlucidas y pintadas, estos edificios son aislados es decir no están construidos uno a continuación de otro.

Figura 9. Edificio de la Escuela de Ingeniería Automotriz



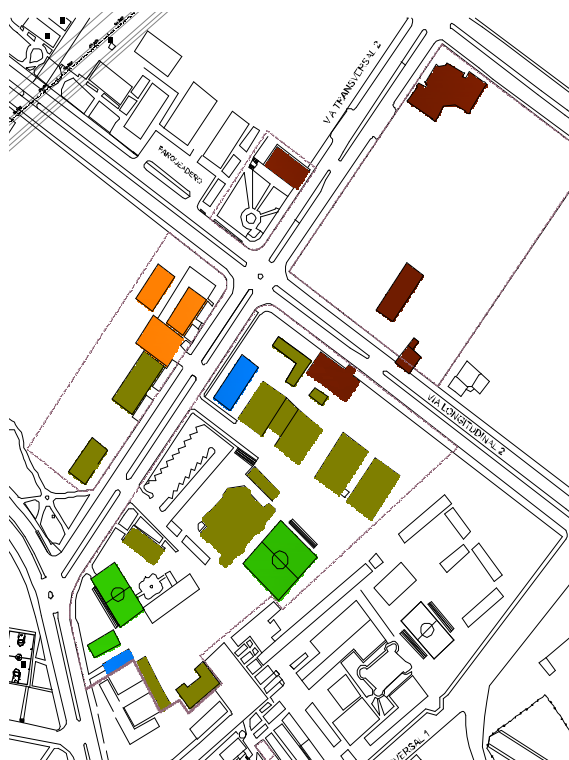
Fuente: Autor

La Espoch posee 119,51 hectáreas, en donde la Facultad de Mecánica ocupa 5,23 hectáreas sobre la cual está construido los veinte y cuatro edificios y sus canchas ocupando 1,03 hectáreas (19,69%), el resto de hectáreas (80,31%) lo ocupan áreas verdes, parqueaderos, gradas y vías de circulación tanto para vehículos como para estudiantes, docentes y público en general.

En este caso el estudio de la Auditoría Energética se concentra en la Facultad de Mecánica, dejando así una guía para un estudio posterior para las demás Facultades es decir las Facultades de: Administración de Empresas, Ciencias, Ciencias Pecuarias, Informática y Electrónica, Salud Pública y Recursos Naturales. Este conjunto de estudios favorecería enormemente a la Espoch, contribuyendo a un ahorro potencial de energía eléctrica.

La Facultad de Mecánica y sus cuatro escuelas se muestran en el plano siguiente, en donde por motivo del presente estudio se diferencian sus cuatro escuelas de: mecánica, mantenimiento, industrial y automotriz con sus respectivas canchas, asignadas por colores diferentes.

Figura 10. Plano general de la Facultad de Mecánica



Fuente: Autor

Para la elaboración del cuadro siguiente se obtuvo información de los planos de cada uno de los edificios que conforman la Facultad de Mecánica.

Tabla 2. Escuelas, cantidad de edificios y sus áreas

	Escuela	Nº de Edificios	Área Total m²
	Mecánica	14	6449,67
	Mantenimiento	2	893,61
	Automotriz	5	3022,17
	Industrial	3	1507,62
	Canchas		1862,6

Fuente: Autor

El área total de construcción de las edificaciones tiene una superficie aproximada de 11 873,07 m²; los entornos físicos de las edificaciones son en su mayoría rectangulares a excepción del edificio nuevo de Ingeniería Automotriz y el edificio principal de Mecánica.

3.2 Análisis inicial

Los estudiantes, docentes y empleados de las cuatro escuelas ocupan la mayor parte de los edificios, ya que los mismos están destinados para la enseñanza y aprendizaje, donde las aulas, oficinas, talleres y laboratorios son visitados diariamente.

El periodo académico normal de clases en la Facultad de Mecánica va del 17 de septiembre del 2012 al 18 de enero del 2013 y del 18 de marzo al 5 de julio del 2013, el resto de meses y días son destinados a periodos de exámenes principales, suspensión y vacaciones.

Figura 11. Edificios fuera de servicio por la noche



Fuente: Autor

Varios edificios quedan fuera de servicio por la tarde y noche tal como se ilustra en la Figura 11, mientras que otros son usados para recibir clases de las escuelas de mantenimiento e industrial como se muestra en la Figura 12.

Figura 12. Edificios en funcionamiento por la noche



Fuente: Autor

Las actividades académicas diarias en la Facultad de Mecánica varía según el semestre y escuela a la que se pertenezca, por lo general se inicia las actividades laborales a las 7:00 a.m.

culminando las mismas a las 10:00 p.m. En vista que los edificios de las escuelas de Ingeniería en Mantenimiento e Industrial carecen de aulas, los alumnos se ven en la necesidad de ocupar los edificios de otras escuelas como es el caso de la escuela de Ingeniería Mecánica, ya que la escuela de Mecánica labora hasta la tarde en cambio las actividades de la escuela de Mantenimiento e Industrial empiezan en la tarde.

3.3 Descripción de la red eléctrica

La Facultad de Mecánica posee una potencia instalada en transformadores de 585 kva; con un total de 5 transformadores trifásicos, cuya capacidad son de 50, 100, 200, 160 y 75 kva respectivamente; sus ubicaciones se muestran en la red de distribución eléctrica en el Anexo B y sus diagramas unifilares se muestra en el Anexo C.


Tres de estos transformadores (50 kva, 100 kva y 75 kva) se encuentran ubicados en postes y los dos restantes (200 kva y 160 kva) se hallan ubicados en cámaras de transformación, donde sus acometidas hacia cada edificio se lo realizaba subterránea y aérea, produciéndose pérdidas inevitables de energía por la distancia del transformador a su edificio correspondiente. A continuación se muestra las características de cada uno de estos transformadores.

Figura 13. Transformador de 50 kva

	
Marca	Ecuatran
Potencia	50 kVA
Fases	3
Año de fabricación	2009
Voltaje AT	13800 V
Voltaje BT	220/127 V
Peso total	320 kg
Aceite	95 L
Tipo de conexión	Dy5

Fuente: Autor

Figura 14. Transformador de 100 kva

	
Marca	Le Transformateur
Potencia	100 kVA
Fases	3
Año de fabricación	1974
Voltaje AT	13800 V
Voltaje BT	220/127 V
Peso total	558 kg
Aceite	115 kg
Tipo de conexión	Dyn5

Fuente: Autor

Figura 15. Transformador de 200 kva

	
Marca	Ecuatran
Potencia	200 kVA
Fases	3
Año de fabricación	2009
Voltaje AT	13800 V
Voltaje BT	220/127 V
Peso total	1785 kg
Aceite	232 kg
Tipo de conexión	Dyn5

Fuente: Autor

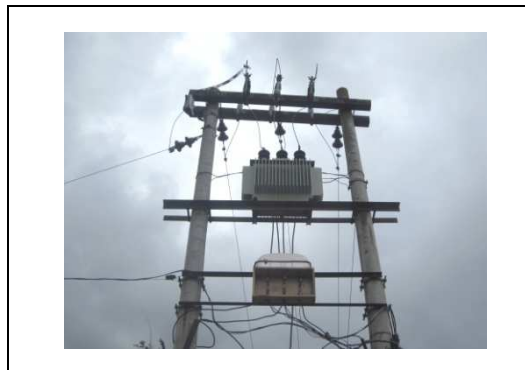
Figura 16. Transformador de 160 kva



Marca	Delcrosa
Potencia	160 kVA
Fases	3
Año de fabricación	1979
Voltaje AT	13800 V
Voltaje BT	220/127 V
Peso total	890 kg
Tipo de conexión	Dyn5

Fuente: Autor

Figura 17. Transformador de 75 kva



Marca	Le Transformateur
Potencia	75 kVA
Fases	3
Año de fabricación	1975
Voltaje AT	13800 V
Voltaje BT	220/127 V
Peso total	374 kg
Aceite	92 kg
Tipo de conexión	Dyn5

Fuente: Autor

3.4 Levantamiento de cargas eléctricas instaladas

El levantamiento de las cargas nos da una idea de la potencia instalada y del tipo de cargas actuales existentes, para el levantamiento se tuvo como referencia la información proporcionada en la placa de los diferentes equipos, destacándose tres grupos:

1. Iluminación.
2. Fuerza.
3. Datos y comunicaciones.

3.4.1 Iluminación. La Facultad de Mecánica en todos sus edificios cuenta con un sistema de iluminación en su mayoría con lámparas fluorescentes de 2 x 40 w, muy pocas lámparas fluorescentes de 2 x 32 w con escasos focos ahorradores, focos incandescentes y lámparas de mercurio.

Figura 18. Iluminación típica en aulas y pasillos



Fuente: Autor

3.4.2 Fuerza. En este grupo se incluyen motores eléctricos que existen en los diversos laboratorios y talleres, en donde se usan para la elaboración de prácticas de taller y laboratorio. Los motores eléctricos son usados para bombas hidráulicas, tornos, bancos de pruebas, etc.

Figura 19. Amoladora y torno existentes en talleres



Fuente: Autor

3.4.3 Datos y comunicaciones. En ciertos edificios que conforman la Facultad de Mecánica, existen oficinas, centros de cómputo, en donde las computadoras, impresoras, copiadoras representan cargas considerables ya que permanecen encendidas durante varias horas.

Figura 20. Centros de cómputo e internet



Fuente: Autor

A continuación se detalla los tipos de cargas en los diferentes edificios de la Facultad de Mecánica.

Tabla 3. Cargas eléctricas en el predio 01

ESCUELA DE MECÁNICA				
LABORATORIOS MECÁNICA				
Predio 01				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Aula	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
Carpintería	8	Foco ahorrador	20	160
	1	Radio LG	11	11
TOTAL (w):				651

Fuente: Autor

Tabla 4. Cargas eléctricas en el predio 16

PLANTA BAJA				
OFICINAS DOCENTES Y ASOCIACIÓN FAC. MECÁNICA				
Predio 16				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Oficina docentes 7	2	Fluorescente 2x20 w	40	80
	2	Computadora CRT	300	600
Oficina docentes 6	3	Fluorescente 2x40 w	80	240
	1	Computadora plana	250	250
	1	Computadora CRT	300	300
	1	Impresora LEXMARK	100	100
	1	Cafetera TAURUS	650	650
	1	Grabadora SANKEY	25	25
Copias	1	Foco ahorrador	20	20
	5	Computadora plana	250	1250
	3	Copiadora	1350	4050
	1	Televisión	50	50
Oficina docentes 3	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
	1	Televisión LG	85	85
	1	Computadora CRT	300	300
Oficina docentes 4	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
	1	Computadora CRT	300	300
	1	Computadora portátil	100	100
Asociación mecánica	4	Foco incandescente	100	400
	2	Computadora CRT	300	600
Oficina docentes 1	4	Fluorescente 2x20 w	40	160
	1	Computadora CRT	300	300
Alumbrado exterior	10	Foco ahorrador	20	200
TOTAL (w):				10540

Fuente: Autor

Tabla 5. Cargas eléctricas en el predio 16

PRIMERA PLANTA				
OFICINAS DOCENTES Y ASOCIACIÓN FAC. MECÁNICA				
Predio 16				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Oficina docentes 8	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
	1	Computadora CRT	300	300
Hall	6	Foco ahorrador	20	120
Oficina docentes 11	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
	2	Fluorescente 2x32 w	64	128
	1	Computadora plana	250	250
	2	Computadora CRT	300	600
Oficina docentes 15	8	Fluorescente 2x20 w	40	320
	1	Computadora plana	250	250
TOTAL (w):			2608	

Fuente: Autor

Tabla 6. Cargas eléctricas en el predio 17

AULA Y ASOCIACIÓN DE MECÁNICA				
Predio 17				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Aula	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
Aso. Mecánica	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	1	Radio SONY	13	13
Cuarto	1	Fluorescente 2x40 w	80	80
Bodega	1	Fluorescente 2x40 w	80	80
TOTAL (w):			973	

Fuente: Autor

Tabla 7. Cargas eléctricas en el predio 25

PLANTA BAJA				
FACULTAD DE MECÁNICA				
Predio 25				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Hall	9	Fluorescente 2x40 w	80	720
	4	Fluorescente 2x32 w	64	256
	8	Foco ahorrador	20	160
Aula 1	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
Aula 2	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
Aula 4	4	Fluorescente 2x40 w	80	320

Tabla 7. (Continuación)

Laboratorio de metalurgia	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
	1	Televisión	115	115
	1	Prontopress	550	550
	1	Pulidora	125	125
	1	Compresor	1491	1491
	1	Sierra DISCOTOM	6,5	6,5
Laboratorio de trat. Térmicos	8	Fluorescente 2x40 w	80	640
	2	Horno eléctrico	3000	6000
Laboratorio de ensayos destructivos	3	Fluorescente 2x40 w	80	240
	2	Computadora CRT	300	600
	1	Televisión blanco y negro	100	100
	3	Fluorescente 2x40 w	80	240
	1	Microdurómetro	746	746
	2	Microscopio	20	40
Oficina docente 1	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
	1	Computadora CRT	250	250
Oficina docente 2	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
	1	Computadora portátil	100	100
Oficina docente 3	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
	1	Computadora portátil	100	100
	1	Computadora CRT	250	250
	1	Minicomponente	16	16
Laboratorio de fluidos	16	Fluorescente 2x40 w	80	1280
	1	Bomba recíproca	559	559
	1	Bomba centrífuga	1566	1566
	1	Bomba axial	22000	22000
	1	Turbina pelton	7500	7500
	1	Turbina Kaplan	22000	22000
	1	Turbina Francis	7500	7500
	2	Bomba PEDROLLO	373	746
Oficina asistente	3	Fluorescente 2x40 w	80	240
	1	Computadora portátil	100	100
SS.HH 1-2	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
	2	Fluorescente 2x32 w	64	128
SS.HH 3-4	1	Fluorescente 2x32 w	64	64
Laboratorio resistencia de materiales	4	Halógenas	250	1000
	1	Máquina de tracción	5000	5000
	1	Máquina de torsión	3500	3500
Alumbrado exterior	8	Halógenas	250	2000
	4	Foco ahorrador	20	80
TOTAL (w):			90568,5	

Fuente: Autor

Tabla 8. Cargas eléctricas en el predio 25

PRIMERA PLANTA				
FACULTAD DE MECÁNICA				
Predio 25				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Aula 4	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
Aula 5	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
Aula 6	8	Fluorescente 2x40 w	80	640
Aula 7	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
Aula 8	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
Aula 9	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
Aula 10	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
Aula 11	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	6	Fluorescente 2x32 w	64	384
Secretaria dirección escuela mecánica	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
	2	Computadora plana	250	500
	2	Impresora	100	200
Secretaria decanato	5	Fluorescente 2x40 w	80	400
	2	Foco ahorrador	20	40
	2	Computadora plana	250	500
	2	Impresora	100	200
Decanato	4	Lámpara redonda	32	128
	1	Computadora plana	250	250
Hall	10	Fluorescente 2x40 w	80	800
	4	Foco ahorrador	20	80
Subdecanato	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	2	Computadora plana	250	500
	2	Impresora	100	200
TOTAL (w):				8662

Fuente: Autor

Tabla 9. Cargas eléctricas en el predio 26

BAR FACULTAD DE MECÁNICA				
Predio 26				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Bar facultad de mecánica	12	Fluorescente 2x40 W	80	960
	1	Micro-ondas	800	800
	1	Licuada	300	300
	3	Refrigeradora	195	585
TOTAL (w):				2645

Fuente: Autor

Tabla 10. Cargas eléctricas en el predio 28

TALLER DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
Predio 28				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Taller de maquinaria y herramientas	33	Fluorescente 2x40 w	80	2640
	4	Halógenas	250	1000
	2	Torno TOS TRENCIN	5544	11088
	2	Torno BEDWAY INDUCTION	1980	3960
	1	Torno MEESA	2200	2200
	2	Torno STOREBRO BRUKS	5000	10000
	1	Fresadora ZEUS	4000	4000
	2	Fresadora REMAC	2944	5888
	1	Taladradora MODIG	1118	1118
	1	Limadora ATLAS	2596	2596
	2	Esmeriladora RONG LONG	746	1492
	1	Sierra alternativa LAWSON	1760	1760
	1	Rectificadora plana ASEA	1500	1500
	1	Soldadora LINCOLN	11500	11500
Alumbrado exterior	1	Halógenas	250	250
TOTAL (w):			60992	

Fuente: Autor

Tabla 11. Cargas eléctricas en el predio 29

BODEGA CARPINTERÍA				
Predio 29				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Bodega carpintería	4	Foco incandescente	100	400
	1	Maquina universal LIMINCILITE	1500	1500
TOTAL (w):			1900	

Fuente: Autor

Tabla 12. Cargas eléctricas en el predio 30

BODEGA DE MATERIALES				
Predio 30				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Pasillo y oficina	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
	2	Fluorescente 2x32 w	64	128
	1	Computadora plana	250	250
	1	Computadora CRT	300	300
	1	Soldadora CYCLOMATYC	11500	11500

Tabla 12. (Continuación)

Bodega mat	8	Foco incandescente	100	800
Bodega mat 1	8	Foco incandescente	100	800
TOTAL (w):			13938	

Fuente: Autor

Tabla 13. Cargas eléctricas en el predio 31

TALLER DE MOTORES DE COMBUSTIÓN				
Predio 31				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Taller de motores de combustión	8	Halógenas	250	2000
	14	Soldadora LINCOLN	11500	161000
TOTAL (w):			163000	

Fuente: Autor

Tabla 14. Cargas eléctricas en el predio 32

TALLER DE FUNDICIÓN 2				
Predio 32				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Laboratorio de arenas	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
	1	Soldadora LINCOLN	9000	9000
	1	Quemador	750	750
Bodega	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
Taller de fundición 2	20	Halógenas	250	5000
	1	Esmeril	1320	1320
	1	Taladro	863	863
	1	Mufla NABER	5000	5000
	1	Cubilote PARRY	3730	3730
	1	Motor 1 puente grúa	2238	2238
	1	Motor 2 puente grúa	1492	1492
Alumbrado exterior	1	Halógenas	250	250
TOTAL (w):			30123	

Fuente: Autor

Tabla 15. Cargas eléctricas en el predio 33

TALLER DE CEDICON				
Predio 33				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Taller de Cedicon	20	Halógenas	250	5000
	1	Esmeril RONG LONG	745,7	745,7
	1	Esmeril NEBES	1491,4	1491,4
	3	Soldadora LINCOLN	11500	34500
	1	Minicomponente AIWA	140	140
SS.HH	1	Fluorescente 2x40 w	80	80
Oficina jefe de taller	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
	1	Radio - TV SIWER	12	12
Alumbrado exterior	1	Halógenas	250	250
			TOTAL (w):	42539,1

Fuente: Autor

Tabla 16. Cargas eléctricas en el predio 10

AULAS FACULTAD DE MECÁNICA CAB				
Predio 10				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Aula 1	11	Fluorescente 2x40 w	80	880
Aula 2	12	Fluorescente 2x40 w	80	960
Aula 3	12	Fluorescente 2x40 w	80	960
Aula 4	12	Fluorescente 2x40 w	80	960
Hall	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
			TOTAL (w):	4080

Fuente: Autor

Tabla 17. Cargas eléctricas en el predio 11

PLANTA BAJA				
AULAS FACULTAD DE MECÁNICA				
Predio 11				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Aula 1	7	Fluorescente 2x40 w	80	560
Oficina docentes 2	2	Fluorescente 2x32 w	64	128
	2	Computadora plana	250	500
Sala de computo	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	22	Computadora plana	250	5500

Tabla 17. (Continuación)

Sala de internet	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	14	Computadora plana	250	3500
	1	Computadora CRT	300	300
Oficina docentes 1	7	Fluorescente 2x40 w	8	56
	2	Computadora CRT	300	600
	5	Computadora portátil	100	500
TOTAL (w):				12604

Fuente: Autor

Tabla 18. Cargas eléctricas en el predio 11

PRIMERA PLANTA				
AULAS FACULTAD DE MECÁNICA				
Predio 11				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Oficina de docentes 3	7	Fluorescente 2x40 w	80	560
	1	Fluorescente 2x32 w	64	64
	1	Computadora plana	250	250
	2	Computadora CRT	300	600
	1	Computadora portátil	100	100
Aula 2	7	Fluorescente 2x40 w	80	560
Aula 4	7	Fluorescente 2x40 w	80	560
Aula 3	9	Fluorescente 2x40 w	80	720
TOTAL (w):				3414

Fuente: Autor

Tabla 19. Cargas eléctricas en el predio 19

ESCUELA DE MANTENIMIENTO				
ASOCIACIÓN ESCUELA DE MANTENIMIENTO				
Predio 19				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Aso. de Estudiantes	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
	1	Televisor LG	85	85
	1	Equipo se sonido SONY	163	163
	1	Computadora plana	250	250
Asociación escuela de mantenimiento	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	1	Minicomponente AIN	16	16
	1	Computadora CRT	300	300
	1	Televisor GOLDSTAR	115	115
	1	Refrigeradora	195	195
TOTAL (w):				1764

Fuente: Autor

Tabla 20. Cargas eléctricas en el predio 27

PLANTA BAJA				
LABORATORIOS ESCUELA DE INGENIERÍA MANTENIMEINTO				
Predio 27				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Lab. Termodinámica aplicada	7	Fluorescente 2x40 w	80	560
	1	Banco de tubos	235	235
	1	Deshidratador de frutas	373	373
	1	Bomba MILANO	373	373
	1	Bomba TEMPO	373	373
	1	Computadora CRT	300	300
Salón azul	8	Fluorescente 2x40 w	80	640
Laboratorio de electrónica	12	Fluorescente 2x40 w	80	960
	5	Computadora plana	250	1250
	2	Computadora CRT	300	600
	1	Proyector	80	80
SS.HH	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
SS.HH 1	1	Fluorescente 2x40 w	80	80
Laboratorio de mecatrónica	10	Fluorescente 2x40 w	80	800
	1	Televisión	85	85
	7	Banco de laboratorio	2000	14000
TOTAL (w):			20869	

Fuente: Autor.

Tabla 21. Cargas eléctricas en el predio 27

PRIMERA PLANTA				
LABORATORIOS ESCUELA DE INGENIERÍA MANTENIMEINTO				
Predio 27				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Lab. Electrotecnia y maquinas eléctricas	3	Banco de pruebas	3120	9360
	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	1	Motor 3φ jaula ardilla	2000	2000
Laboratorio de eléctrica	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	10	Banco de pruebas	160	1600
Secretaria	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
	1	Computadora plana	250	250
	1	Televisión GOLDSTAR	80	80
Centro de computo	8	Fluorescente 2x40 w	80	640
	4	Computadora plana	250	1000
	8	Computadora CRT	300	2400
Dirección escuela de Mantenimiento	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
	2	Fluorescente 2x32 w	64	128
	1	Computadora plana	250	250
	1	Impresora	100	100

Tabla 21. (Continuación)

Conserje	1	Fluorescente 2x40 w	80	80
	1	Televisión PANASONIC	80	80
TOTAL (w):			19408	

Fuente: Autor

Tabla 22. Cargas eléctricas en el predio 18

ESCUELA DE AUTOMOTRIZ				
PLANTA BAJA				
AULAS ESCUELA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ				
Predio 18				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Laboratorio de computación	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
	4	Fluorescente 2x20 w	40	160
	9	Computadora plana	250	2250
	12	Computadora CRT	300	3600
Aula 2	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
	6	Fluorescente 2x20 w	40	240
Dirección	2	Fluorescente 2x32 w	64	128
	1	Computadora plana	250	250
	1	Impresora	100	100
Secretaria escuela automotriz	4	Fluorescente 2x32 w	64	256
	1	Computadora plana	250	250
	2	Impresora	100	200
	1	Televisión LG	85	85
TOTAL (w):			7999	

Fuente: Autor

Tabla 23. Cargas eléctricas en el predio 18

PRIMERA PLANTA				
AULAS ESCUELA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ				
Predio 18				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Oficina de docentes	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
	2	Fluorescente 2x20 w	40	80
	2	Impresora	100	200
	1	Computadora plana	250	250
	1	Computadora CRT	300	300
SSH	1	Foco ahorrador	20	20
Laboratorio de física 1	8	Fluorescente 2x20 w	40	320
Laboratorio de física 2	8	Fluorescente 2x20 w	40	320

Tabla 23. (Continuación)

Bodega laboratorio de física	1	Computadora CRT	300	300
	1	Impresora	100	100
	2	Foco incandescente	100	200
	2	Fluorescente 2x20 w	40	80
Aula	6	Fluorescente 2x20 w	40	240
			TOTAL (w):	2570

Fuente: Autor

Tabla 24. Cargas eléctricas en el predio 01

TALLER AUTOMOTRIZ				
Predio 01				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Unidad de movilización	2	Fluorescente 3x32 w	64	128
	2	Computadora plana	250	500
	2	Impresora	100	200
Taller Automotriz 2	1	Elevador	5222	5222
	1	Torno ZANROSSO	2200	2200
	1	Esmeril WEBES	1865	1865
	1	Taladro POGGIBONSI	1200	1200
	1	Compresor ABAC	2238	2238
	1	Soldadora	7500	7500
	10	Fluorescente 2x40 w	80	800
	3	Fluorescente 40 w	40	120
	1	Halógena	250	250
Bodega	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
	4	Fluorescente 2x32 w	64	256
	1	Computadora CRT	300	300
Oficina jefe de taller	2	Computadora plana	250	500
	2	Fluorescente 2x32 w	64	128
			TOTAL (w):	23727

Fuente: Autor

Tabla 25. Cargas eléctricas en el predio 02

TALLER DE ENDEREZADA Y PINTURA				
Predio 02				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Bodega	1	Radio NIPPON	80	80
	1	Foco ahorrador	20	20
	1	Reverbero	900	900
Taller	2	Foco ahorrador	20	40
	1	Foco incandescente	100	100
			TOTAL (w):	1140

Fuente: Autor

Tabla 26. Cargas eléctricas en el predio 03

PLANTA BAJA				
AULAS INGENIERÍA AUTOMOTRIZ				
Predio 03				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Aula 1	9	Fluorescente 4x17 w	68	612
Aula 2	9	Fluorescente 4x17 w	68	612
Aula 3	9	Fluorescente 4x17 w	68	612
Aula 4	9	Fluorescente 4x17 w	68	612
Hall	20	Fluorescente 4x17 w	68	1360
	1	Fluorescente 32 w	32	32
	2	Copiadora	1350	2700
	1	Impresora	1350	1350
	2	Computadora plana	250	500
	1	Radio SONY	5	5
Cuarto de bomba	1	Bomba tipo bola	746	746
			TOTAL (w):	9141

Fuente: Autor

Tabla 27. Cargas eléctricas en el predio 03

PRIMERA PLANTA				
AULAS INGENIERÍA AUTOMOTRIZ				
Predio 03				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Aula 5	9	Fluorescente 4x17 w	68	612
Aula 6	9	Fluorescente 4x17 w	68	612
Aula 7	9	Fluorescente 4x17 w	68	612
Aula 8	9	Fluorescente 4x17 w	68	612
SSHH	4	Fluorescente 4x17 w	68	272
Hall	9	Fluorescente 4x17 w	68	612
			TOTAL (w):	3332

Fuente: Autor

Tabla 28. Cargas eléctricas en el predio 03

SEGUNDA PLANTA				
AULAS INGENIERÍA AUTOMOTRIZ				
Predio 03				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Aula 1	9	Fluorescente 4x17 w	68	612
Aula 2	9	Fluorescente 4x17 w	68	612
Aula 3	9	Fluorescente 4x17 w	68	612
Aula 4	11	Fluorescente 4x17 w	68	748
Aula 5	9	Fluorescente 4x17 w	68	612
Aula 6	6	Fluorescente 4x17 w	68	408
	9	Computadora portátil	100	900
Hall	11	Fluorescente 4x17 w	68	748
TOTAL (w):				5252

Fuente: Autor

Tabla 29. Cargas eléctricas en el predio 06

ESCUELA DE INDUSTRIAL				
AULAS ESCUELA INGENIERÍA INDUSTRIAL				
PLANTA BAJA				
Predio 06				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Aula 1	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	3	Fluorescente 2x20 w	40	120
Aula 2	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	3	Fluorescente 2x20 w	40	120
Aula 3	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	3	Fluorescente 2x20 w	40	120
Aula 4	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	3	Fluorescente 2x20 w	40	120
Hall	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
TOTAL (w):				2560

Fuente: Autor

Tabla 30. Cargas eléctricas en el predio 06

AULAS ESCUELA INGENIERÍA INDUSTRIAL				
PRIMERA PLANTA				
Predio 06				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Aula 5	6	Fluorescente 2x32 w	64	384
Aula 6	6	Fluorescente 2x32 w	64	384
Aula 7	6	Fluorescente 2x32 w	64	384
Aula 8	6	Fluorescente 2x32 w	64	384
Hall	7	Fluorescente 2x32 w	65	455
			TOTAL (w):	1991

Fuente: Autor

Tabla 31. Cargas eléctricas en el predio 07

AULAS INGENIERÍA INDUSTRIAL				
PLANTA BAJA				
Predio 07				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Oficina de tesis	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
	1	Computadora CRT	300	300
	1	Scanner	100	100
	1	Impresora	100	100
Biblioteca facultad mecánica	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
	2	Computadora CRT	300	600
	2	Lámparas redondas	32	64
Sala de lectura	5	Fluorescente 2x40 w	80	400
	1	Lámparas redondas	32	32
	2	Computadora portátil	100	200
Hall	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
Aula	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
	2	Foco incandescente	100	200
Sala de audiovisuales	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	1	Proyector	80	80
Alumbrado exterior	6	Halógenas	250	1500
			TOTAL (w):	4696

Fuente: Autor

Tabla 32. Cargas eléctricas en el predio 07

AULAS INGENIERÍA INDUSTRIAL				
PRIMERA PLANTA				
Predio 07				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Laboratorio de computación 2	6	Fluorescente 2x40 w	80	480
	15	Computadora plana	250	3750
	1	Proyector SONY	80	80
Laboratorio de computación 1	4	Fluorescente 2x40 w	80	320
	2	Computadora plana	250	500
	10	Computadora CRT	300	3000
Secretaria escuela industrial	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
	5	Fluorescente 2x32 w	64	320
	2	Computadora plana	250	500
	3	Impresora	100	300
Hall	2	Foco ahorrador	20	40
	2	Fluorescente 2x20 w	40	80
	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
Bodega	1	Foco incandescente	100	100
Dirección escuela industrial	8	Fluorescente 2x40 w	80	640
	3	Computadora plana	250	750
	3	Impresora	100	300
			TOTAL (w):	11480

Fuente: Autor

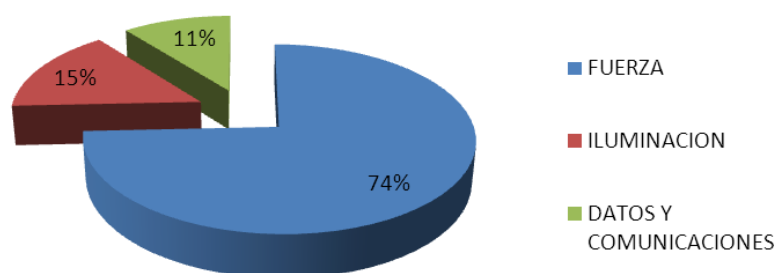
Tabla 33. Cargas eléctricas en el predio 09

GALPÓN				
Predio 09				
Dependencia	Nº art.	Descripción	Carga unitaria (w)	Carga total (w)
Galpón	23	Fluorescente 2x40 w	80	1840
	17	Fluorescente 40 w	40	680
Bodega	2	Fluorescente 2x40 w	80	160
			TOTAL (w):	2680

Fuente: Autor

Con los datos proporcionados del levantamiento de cargas eléctricas, la Facultad de Mecánica tiene una carga total instalada de 558 499,6 w; los mismos que se distribuyen de la siguiente manera:

Figura 21. Porcentaje de Carga Instalada



Fuente: Autor

3.5 Mediciones eléctricas

El objetivo por el que se realizaron las mediciones es para obtener lecturas de parámetros eléctricos como: voltajes, corrientes, potencias, factor de potencia y consumo. Las diferentes lecturas serán de gran uso para evaluar la calidad de energía que es suministrada a la Facultad de Mecánica. Para ello se utilizó cinco analizadores de redes AEMC 3945-B; los cuales se colocaron en los bornes de baja tensión de cada transformador (Figura 23), por un periodo de 7 días continuos según lo establece la regulación del CONELEC - 004/01 (AnexoD), tomando lecturas cada 10 minutos, obteniéndose un total de 1008 datos de cada parámetro eléctrico para cada transformador.

Figura 22. Instalación del analizador de redes en los transformadores



Fuente: Autor

La tabla siguiente muestra el cronograma de instalación en el que permanecieron los analizadores.

Tabla 34. Cronograma de instalación

Transformador	Fecha de instalación	Fecha de retiro
50 kva	24/11/2012	01/12/2012
100 kva	25/11/2012	02/12/2012
200 kva	26/11/2012	03/12/2012
160 kva	27/11/2012	04/12/2012
75 kva	28/11/2012	05/12/2012

Fuente: Autor

Se generalizo la instalación y el retiro de los cinco analizadores desde las 12H00 del 24 de noviembre del 2012 hasta las 12H00 del 01 de diciembre del 2012. Los datos fueron exportados a hojas de Excel para su mejor manipulación de los diferentes parámetros eléctricos, tal como lo muestra la Figura 23.

Figura 23. Parte de los datos medidos en una hoja de Excel

Fecha	Hora	Frecuencia	V1 RMS	V2 RMS	V3 RMS	A1 RMS	A2 RMS	A3 RMS	W1	W2	W3	W Total	Wh1	Wh2	Wh3	Wh Total	var
24/11/2012	12:00:00	60.01	130.6	132.8	132.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/11/2012	12:10:00	59.99	131	133.2	133.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/11/2012	12:20:00	60	130.7	132.9	132.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/11/2012	12:30:00	59.99	131	133.1	133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/11/2012	12:40:00	59.99	130.8	133	132.9	1.4	0	0	169.24	0	0	169.24	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	12:50:00	59.99	131.1	133.3	133.2	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	13:00:00	59.99	131.6	133.6	133.6	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	13:10:00	59.98	131.5	133.4	133.4	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	13:20:00	59.98	131.1	133.1	133.1	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	13:30:00	59.99	131.2	133.2	133.1	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	13:40:00	59.99	131.6	133.5	133.5	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	13:50:00	59.99	130.9	133	132.7	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	14:00:00	59.99	131.1	133.1	133	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	14:10:00	59.99	130.9	133	132.9	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	14:20:00	59.99	131.5	133.4	133.3	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	14:30:00	59.99	131.2	133.2	133.2	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	14:40:00	59.99	131.2	133.2	133.3	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	14:50:00	60.01	131.1	133.1	133.2	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	15:00:00	60	131.4	133.4	133.4	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	15:10:00	59.99	131.5	133.4	133.4	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0
24/11/2012	15:20:00	59.99	131.2	133.1	133.1	0	0	0	0	0	0	0	28.21	0	0	28.21	0

Fuente: Autor

El resumen de los parámetros eléctricos de los transformadores y su análisis se resume a continuación:

3.5.1 Datos del transformador de 50 kva

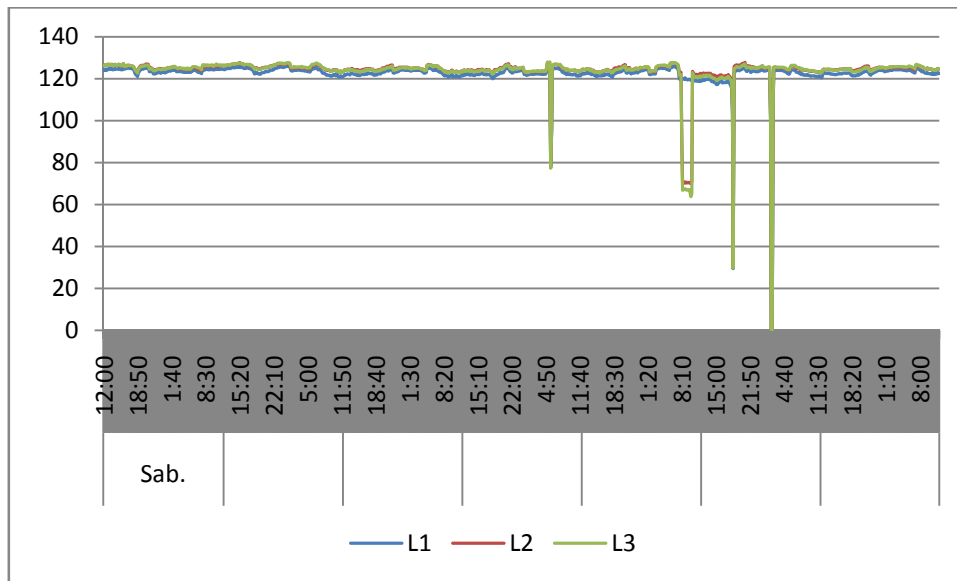
3.5.1.1 Voltaje. La regulación N° 004/001 del CONELEC, establece que la variación de voltaje no debe ser mayor al $\pm 8,0\%$ del valor nominal; siendo el valor de voltaje nominal Fase-Neutro de 127V, por ende el nivel de voltaje no debe ser inferior a 116,84V ni superior a 137,16V Fase-Neutro.

Tabla 35. Valores del voltaje en las 3 Líneas

	Línea 1 (V)	Línea 2 (V)	Línea 3 (V)
Valor Máximo	126,4	127,8	127,9
Valor Mínimo	0	0	0
Valor Promedio	122,78	123,83	123,80

Fuente: Autor

Figura 24. Curvas de Voltaje vs Tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El voltaje suministrado al transformador durante el tiempo de medición se encuentra en el rango establecido por el CONELEC (116,84V mínimo – 137,16 V máximo).
- El voltaje máximo se produjo en la Línea 3 el 28/11/2012 a las 05H10.
- El voltaje mínimo se produjo en las Línea 1 el 29/11/2012 a las 18H30.

Análisis:

Tabla 36. Datos de voltaje fuera de la norma

	Línea 1 (V)	Línea 2 (V)	Línea 3 (V)
# de datos fuera del rango 116,34 - 137,16	1	21	21
% de datos fuera del rango 116,34 - 137,16	0,10	2,08	2,08

Fuente: Autor

- Se observa que los porcentajes fuera del rango establecido por la norma son mínimos, por ende el suministro de voltaje está en un nivel óptimo.

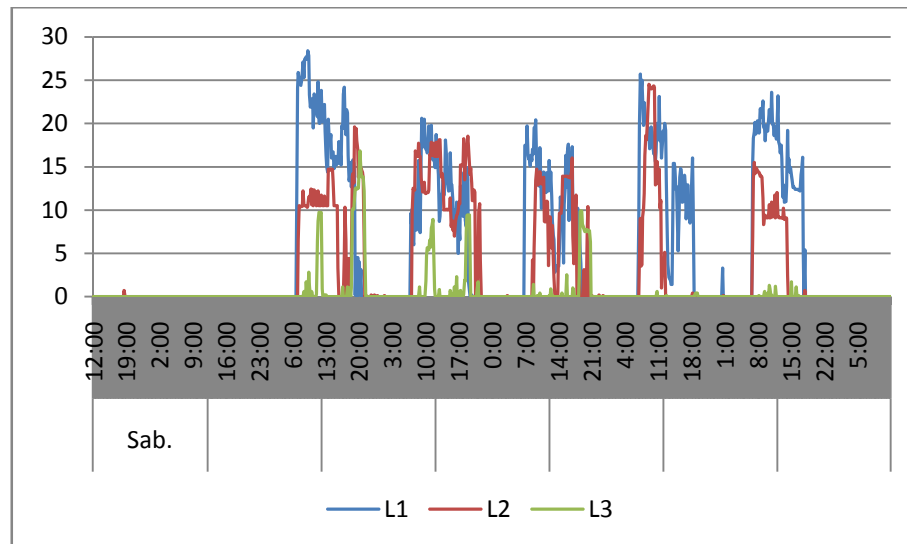
3.5.1.2 Corriente

Tabla 37. Valores de Corriente en las 3 Líneas

	Línea 1 (A)	Línea 2 (A)	Línea 3 (A)
Valor Máximo	28,4	24,5	16,8
Valor Mínimo	0,1	0,1	0,1
Valor Promedio	14,76	11,14	4,95

Fuente: Autor

Figura 25. Curvas de Corriente vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Corriente máxima se registra en la Línea 1 el 26/11/2012 a las 09H10.
- La Línea 1 se encuentra con más carga y la Línea 3 con menos carga.
- Las fases se encuentran desequilibradas.

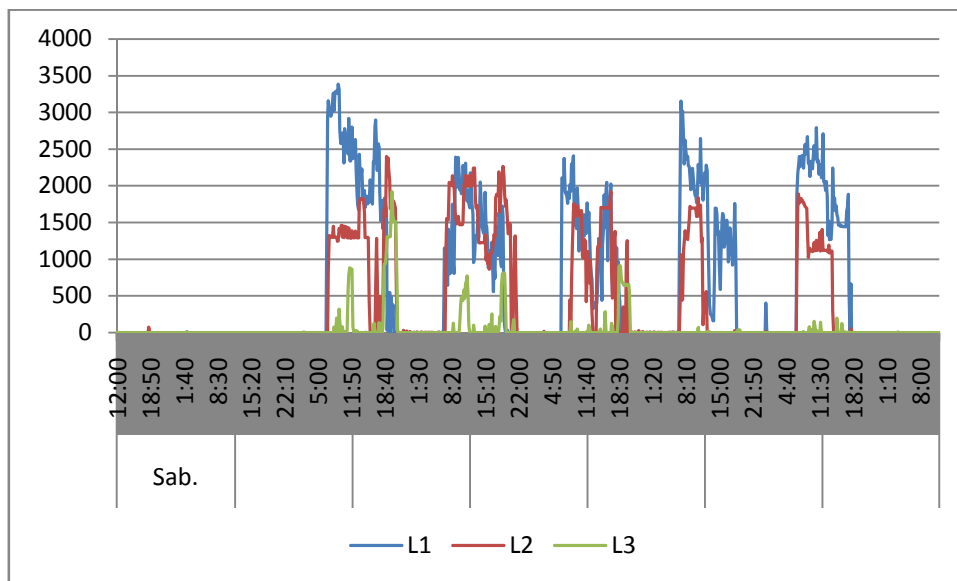
3.5.1.3 Potencia Activa

Tabla 38. Valores de Potencia Activa en las 3 Líneas

	Línea 1 (w)	Línea 2 (w)	Línea 3 (w)
Valor Máximo	3385,07	2395,95	1919,9
Valor Mínimo	0,84	0,56	0,66
Valor Promedio	1548,61	1158,80	402,89

Fuente: Autor

Figura 26. Curvas de Potencia Activa vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Activa máxima se registra en la Línea 1 el 26/11/2012 a las 09H10.
- La Potencia Activa mínima se produjo en la Línea 2 el 25/11/2012 a las 18H10.
- La Potencia Activa promedio total semanal es de 1,04kw.

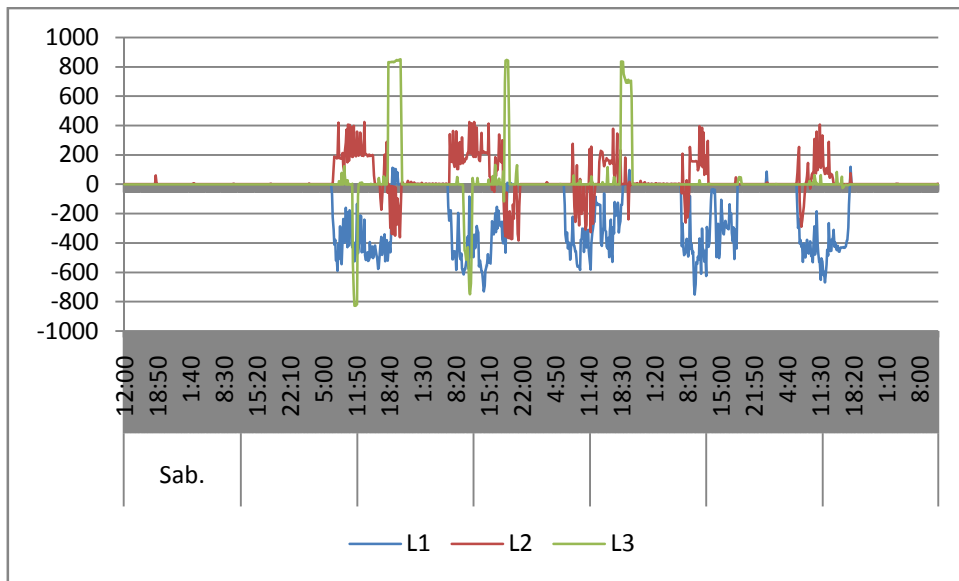
3.5.1.4 Potencia Reactiva

Tabla 39. Valores de Potencia Reactiva en las 3 Líneas

	Línea 1 (var)	Línea 2 (var)	Línea 3 (var)
Valor Máximo	119	423,85	851,17
Valor Mínimo	-750,86	-383,88	-826,87
Valor Promedio	-336,32	71,08	157,55

Fuente: Autor

Figura 27. Curvas de Potencia Reactiva vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Reactiva máxima se registra en la Línea 3 el 26/11/2012 a las 21H00.
- La Potencia Reactiva mínima se registra en la Línea 3 el 26/11/2012 a las 11H30.
- La Potencia Reactiva promedio total semanal es de -0,036kvar.

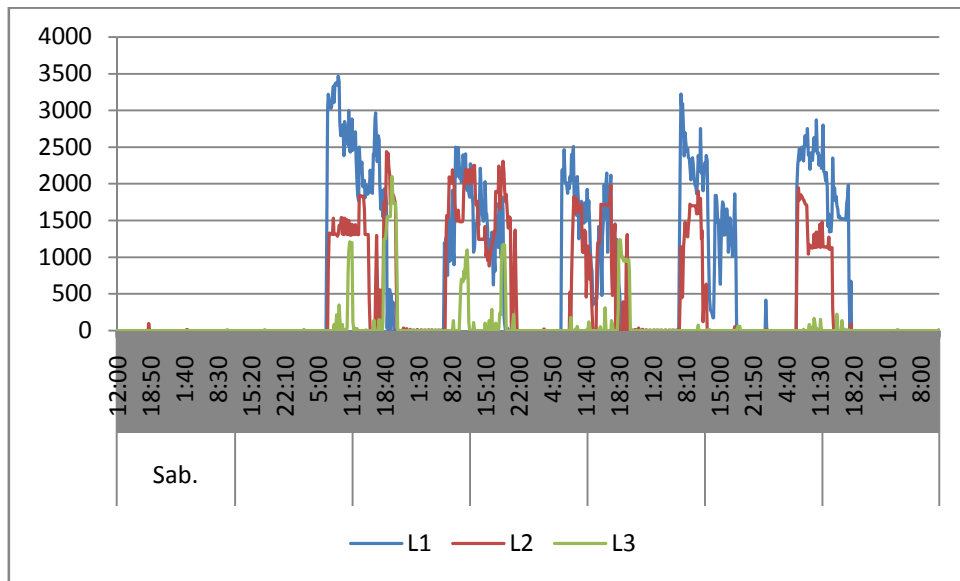
3.5.1.5 Potencia Aparente

Tabla 40. Valores de Potencia Aparente en las 3 Líneas

	Línea 1 (va)	Línea 2 (va)	Línea 3 (va)
Valor Máximo	3467,1	2438,76	2098,36
Valor Mínimo	2,18	1,87	1,6
Valor Promedio	1633,56	1184,94	524,69

Fuente: Autor

Figura 28. Curvas de Potencia Aparente vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Aparente máxima se registra en la Línea 1 el 26/11/2012 a las 09H10.
- La Potencia Aparente mínima se produce en la Línea 3 el 30/11/2012 a las 02H30.
- La Potencia Aparente promedio total semanal es de 1,11kva.

Análisis:

Para ello se aplica el factor de uso, así se sabrá si el transformador esta sub o sobre cargado.

$$Fu = \frac{kva_{Dm\acute{a}x}}{kva_{ins}}$$

$$Fu = \frac{8\ kva}{50\ kva}$$

$$Fu = 0,16$$

El factor de uso es menor a 0,5; entonces se concluye que el transformador de 50 kva se encuentra sub cargado.

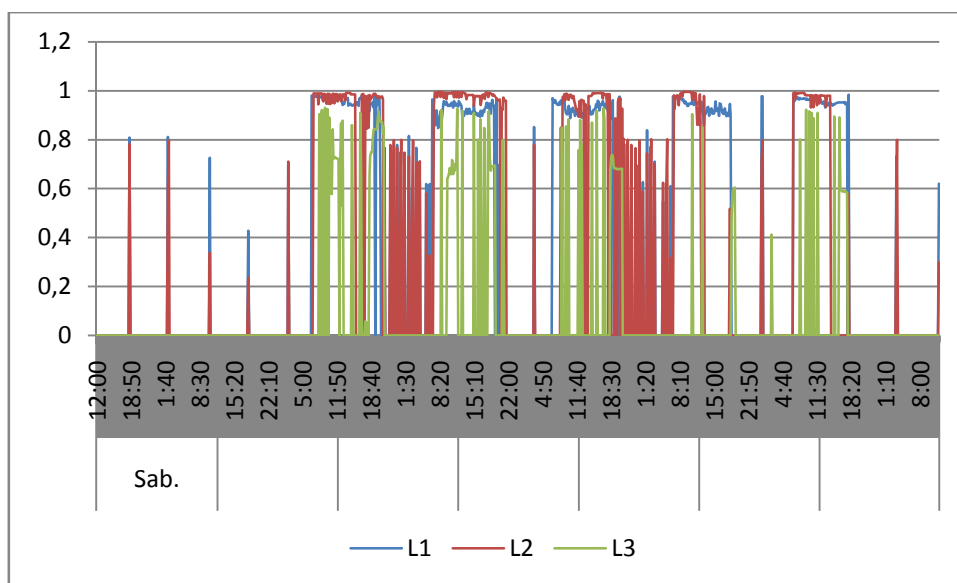
3.5.1.6 Factor de Potencia. La regulación N°004/001 del CONELEC establece que el valor mínimo del factor de potencia debe ser de 0,92.

Tabla 41. Valores del Factor de Potencia en las 3 Líneas

	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Valor Máximo	0,984	0,996	0,930
Valor Mínimo	0,385	0,235	0,051
Valor Promedio	0,919	0,932	0,747

Fuente: Autor

Figura 29. Curvas del Factor de Potencia vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El Factor de Potencia en la línea 3 no cumple con lo a regulación N°004/001 del CONELEC establece que el valor mínimo del factor de potencia debe ser de 0,92, en cambio en las líneas 1 y 2 el factor de potencia es óptimo.
- El Factor de Potencia máximo se registra en la Línea 2 el 29/11/2012 a las 09H00.
- El Factor de Potencia mínimo se registra en la Línea 3 el 26/11/2012 a las 18H00.
- El Factor de Potencia promedio total semanal es de 0,866.

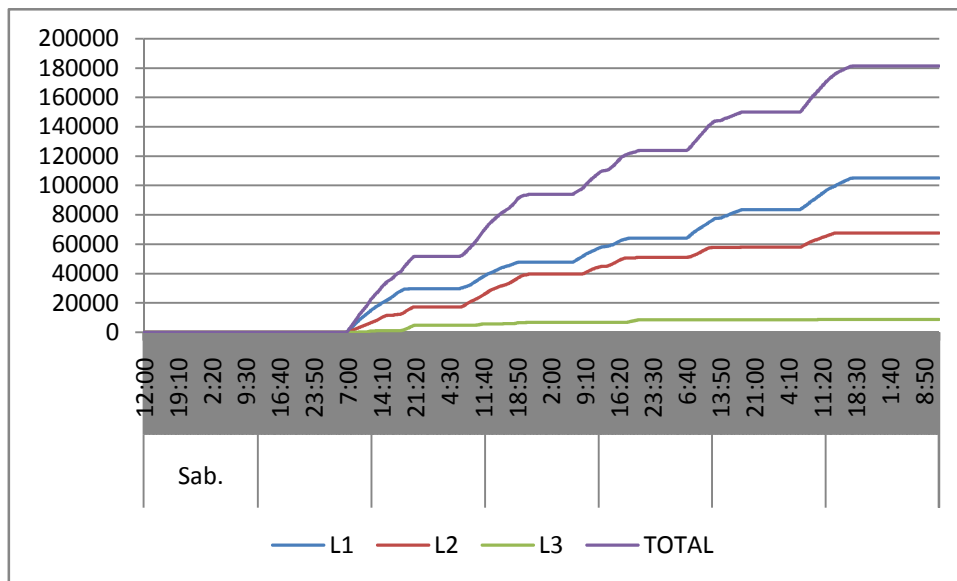
3.5.1.7 Consumo

Tabla 42. Valores del Consumo en las 3 Líneas

	Línea 1 (wh)	Línea 2 (wh)	Línea 3 (wh)
Valor Máximo	105047,56	67596,83	8662,06
Valor Mínimo	0,37	0,18	12,2
Valor Promedio	47160,62	33045,46	6807,25
Total	181306,45		

Fuente: Autor

Figura 30. Curvas del Consumo vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El Consumo total semanal del transformador de 50kva es de 181,31 kwh.

3.5.2 Datos del transformador de 100 kva

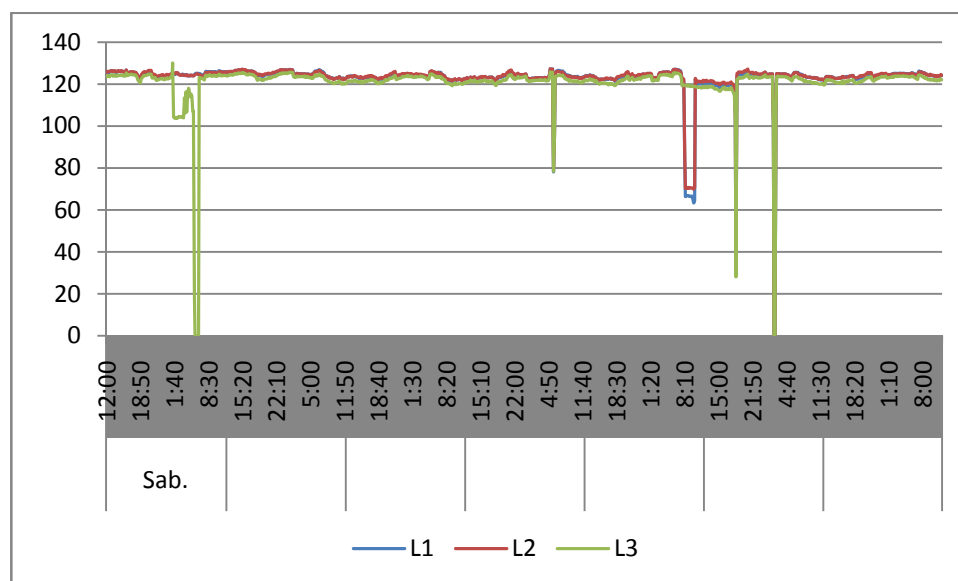
3.5.2.1 Voltaje. La regulación N° 004/001 del CONELEC, establece que la variación de voltaje no debe ser mayor al $\pm 8,0\%$ del valor nominal; por ende el nivel de voltaje no debe ser inferior a 116,84V ni superior a 137,16V Fase-Neutro.

Tabla 43. Valores de Voltaje en las 3 Líneas

	Línea 1 (V)	Línea 2 (V)	Línea 3 (V)
Valor Máximo	127,3	127,2	130
Valor Mínimo	0	0	0
Valor Promedio	123,07	123,21	121,48

Fuente: Autor

Figura 31. Curvas de Voltaje vs Tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El voltaje suministrado al transformador durante el tiempo de medición se encuentra en el rango establecido por el CONELEC (116,84V mínimo – 137,16 V máximo).
- El voltaje máximo se produjo en la Línea 3 el 25/11/2012 a las 01H20.
- Se registra una caída de tensión en las 3 Líneas de 0 Voltios el 30/11/2012 a las 02H10 debido a un corte de energía eléctrica.
- El voltaje mínimo se produjo en las Línea 3 el 25/11/2012 a las 06H30.
- La línea 3 posee más caídas de voltaje.

Análisis:

Tabla 44. Datos de voltaje fuera de la norma

	Línea 1 (V)	Línea 2 (V)	Línea 3 (V)
# de datos fuera del rango 116,34 - 137,16	21	21	31
% de datos fuera del rango 116,34 - 137,16	2,08	2,08	3,08

Fuente: Autor

- Se observa que los porcentajes fuera del rango establecido por la norma son mínimos, por ende el suministro de voltaje está en un nivel óptimo.

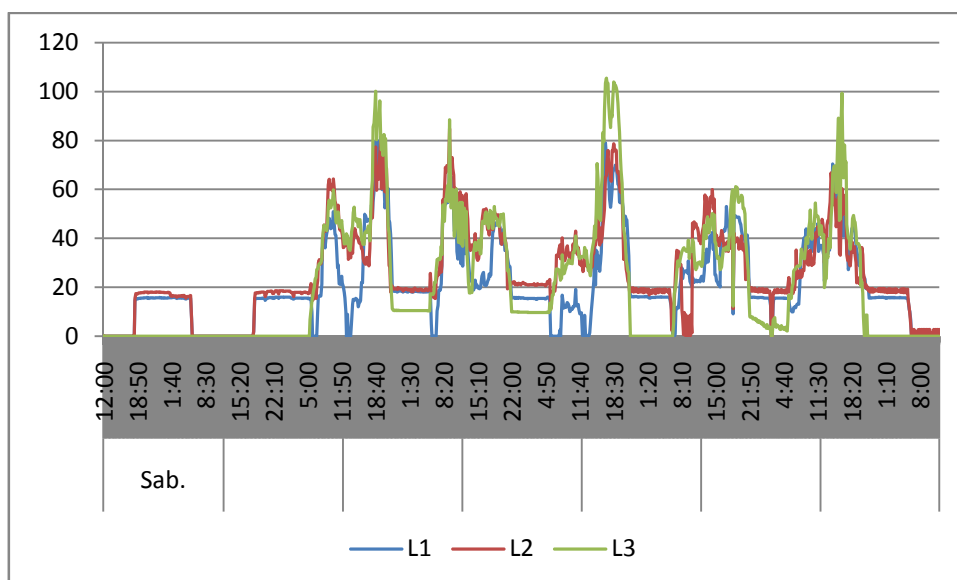
3.5.2.2 Corriente

Tabla 45. Valores de Corriente en las 3 Líneas

	Línea 1 (A)	Línea 2 (A)	Línea 3 (A)
Valor Máximo	81,5	84,7	105,4
Valor Mínimo	0,1	0,1	0,1
Valor Promedio	25,82	29,69	35,45

Fuente: Autor

Figura 32. Curvas de Corriente vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Corriente máxima se registra en la Línea 3 el 28/11/2012 a las 17H00.
- La Línea 3 se encuentra con más carga y la Línea 1 con menos carga.
- Las fases se encuentran desequilibradas.

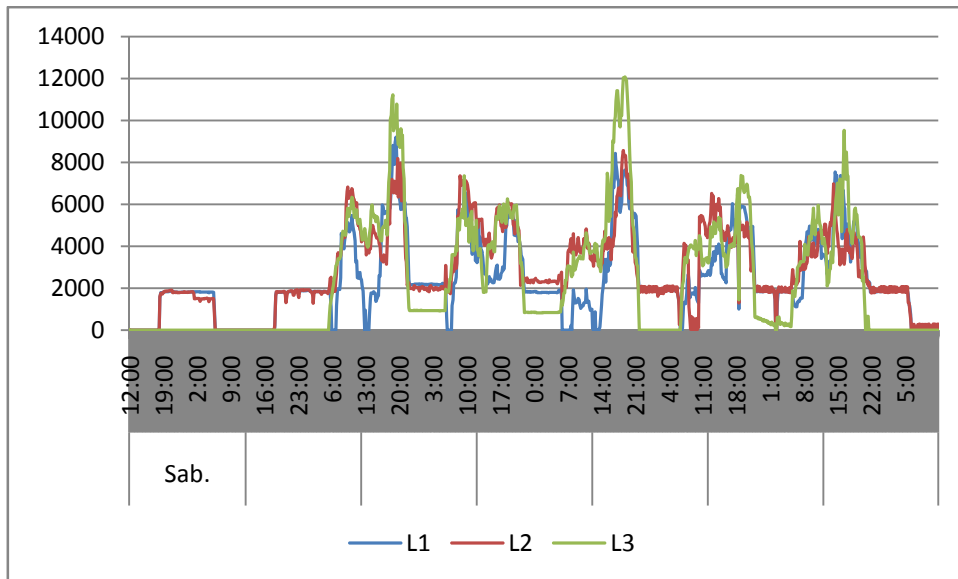
3.5.2.3 Potencia Activa

Tabla 46. Valores de Potencia Activa en las 3 Líneas

	Línea 1 (w)	Línea 2 (w)	Línea 3 (w)
Valor Máximo	9200,12	8555,05	12069,19
Valor Mínimo	1,64	14,27	0,93
Valor Promedio	2888,81	3194,15	3744,80

Fuente: Autor.

Figura 33. Curvas de Potencia Activa vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Activa máxima se registra en la Línea 3 el 28/11/2012 a las 18H50.
- La Potencia Activa mínima se produjo en la Línea 3 el 30/11/2012 a las 22H50.
- La Potencia Activa promedio total semanal es de 3,3 kw.

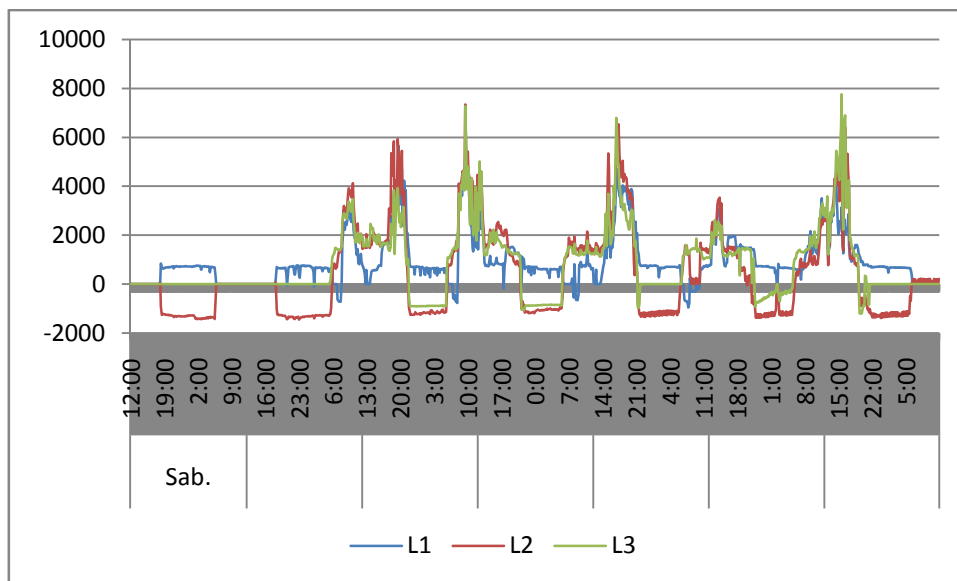
3.5.2.4 Potencia Reactiva

Tabla 47. Valores de Potencia Reactiva en las 3 Líneas

	Línea 1 (var)	Línea 2 (var)	Línea 3 (var)
Valor Máximo	5638,39	7332,62	7753,3
Valor Mínimo	-959,51	-1450,54	-1203,39
Valor Promedio	1122,40	514,37	1248,09

Fuente: Autor

Figura 34. Curvas de Potencia Reactiva vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Reactiva máxima se registra en la Línea 3 el 30/11/2012 a las 15H40.
- La Potencia Reactiva mínima se registra en la Línea 2 el 28/11/2012 a las 23H00.
- La Potencia Reactiva promedio total semanal es de 0,96kvar.

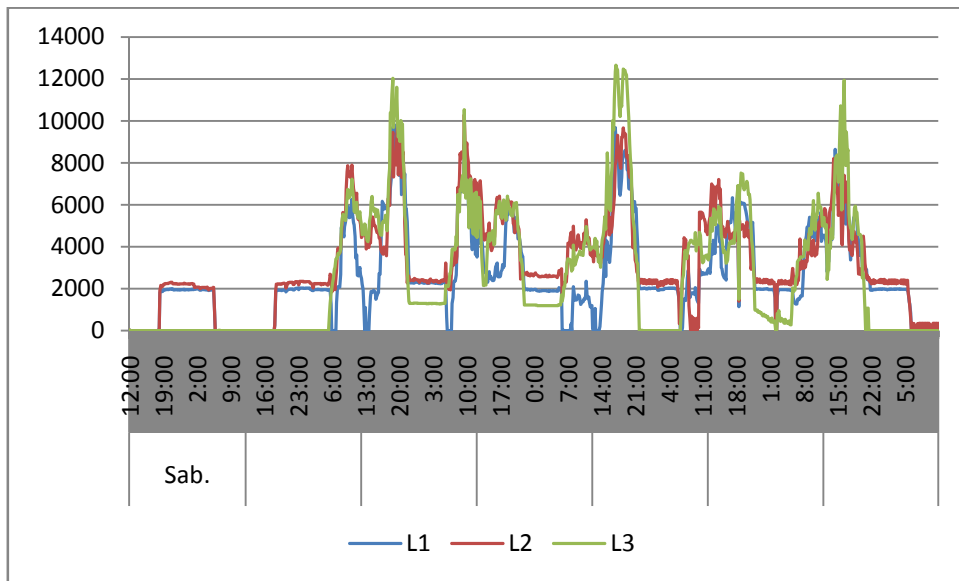
3.5.2.5 Potencia Aparente

Tabla 48. Valores de Potencia Aparente en las 3 Líneas

	Línea 1 (va)	Línea 2 (va)	Línea 3 (va)
Valor Máximo	9958,85	10288,14	12647,61
Valor Mínimo	1,88	23,07	1,85
Valor Promedio	3152,21	3669,04	4163,46

Fuente: Autor

Figura 35. Curvas de Potencia Aparente vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Aparente máxima se registra en la Línea 3 el 28/11/2012 a las 17H00.
- La Potencia Aparente mínima se produce en la Línea 3 el 28/11/2012 a las 22H10.
- La Potencia Aparente promedio total semanal es de 3,66 kva.

Análisis:

Para ello se aplica el factor de uso, así se sabrá si el transformador esta sub o sobre cargado.

$$Fu = \frac{kva_{Dm\acute{a}x}}{kva_{ins}}$$

$$Fu = \frac{32,89 \text{ kva}}{100 \text{ kva}}$$

$$Fu = 0,33$$

El factor de uso es menor a 0,5; entonces se concluye que el transformador de 100 kva se encuentra sub cargado.

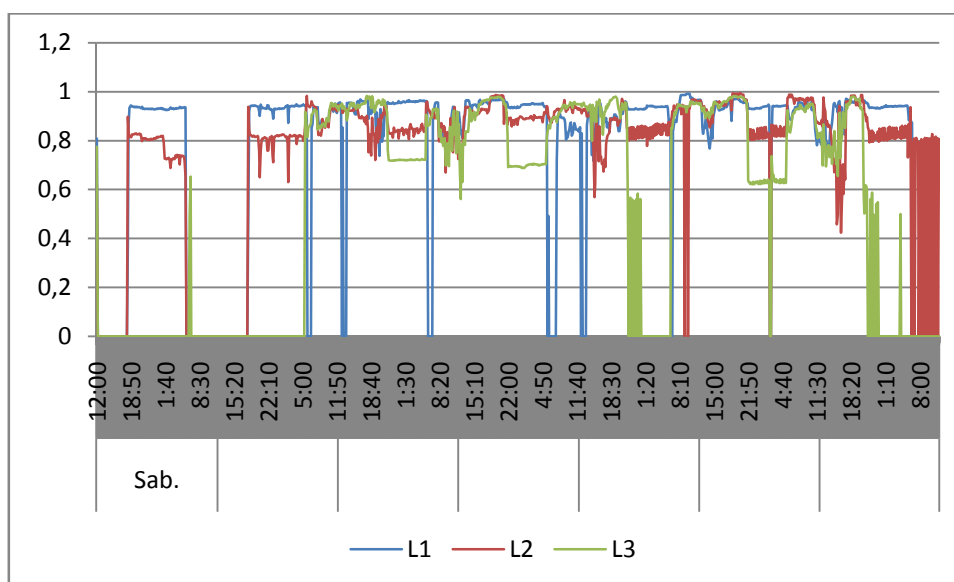
3.5.2.6 Factor de Potencia. La regulación N°004/001 del CONELEC establece que el valor mínimo del factor de potencia debe ser de 0,92.

Tabla 49. Valores del Factor de Potencia en las 3 Líneas

	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Valor Máximo	0,991	0,994	0,982
Valor Mínimo	0,384	0,424	0,497
Valor Promedio	0,922	0,867	0,851

Fuente: Autor

Figura 36. Curvas del Factor de Potencia vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El Factor de Potencia en las 3 líneas no cumplen con lo a regulación N°004/001 del CONELEC establece que el valor mínimo del factor de potencia debe ser de 0,92.
- El Factor de Potencia máximo se registra en la Línea 2 el 29/11/2012 a las 20H10.
- El Factor de Potencia mínimo se registra en la Línea 1 el 24/11/2012 a las 18H10.
- El Factor de Potencia promedio semanal es de 0,880.

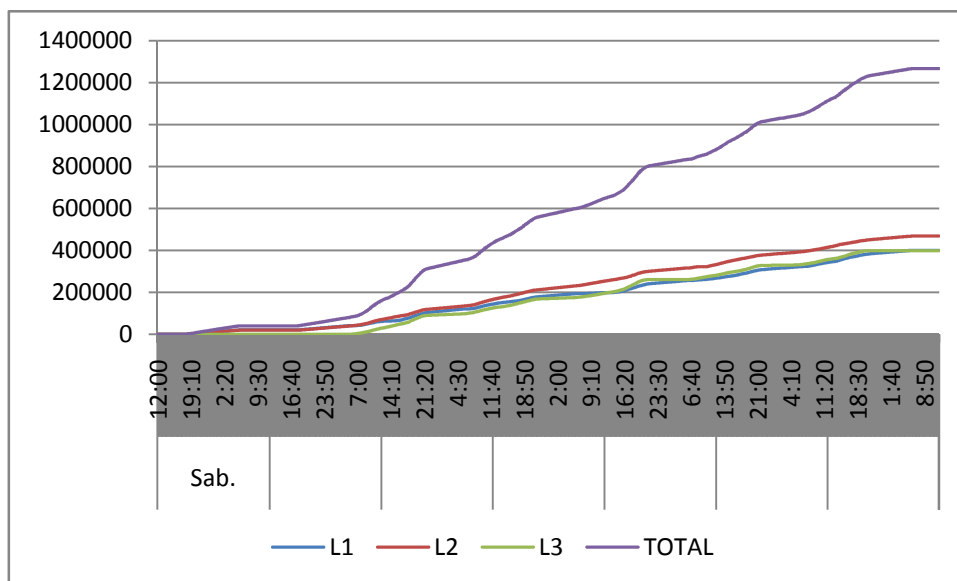
3.5.2.7 Consumo

Tabla 50. Valores del Consumo en las 3 Líneas

	Línea 1 (wh)	Línea 2 (wh)	Línea 3 (wh)
Valor Máximo	399634,02	467959,17	398843,83
Valor Mínimo	17,96	17,82	25,4
Valor Promedio	178617,74	214298,86	173266,33
Total	1266437,02		

Fuente: Autor

Figura 37. Curvas del Consumo vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El Consumo total semanal del transformador de 100kva es de 1266,44kwh.

3.5.3 Datos del transformador de 200 kva

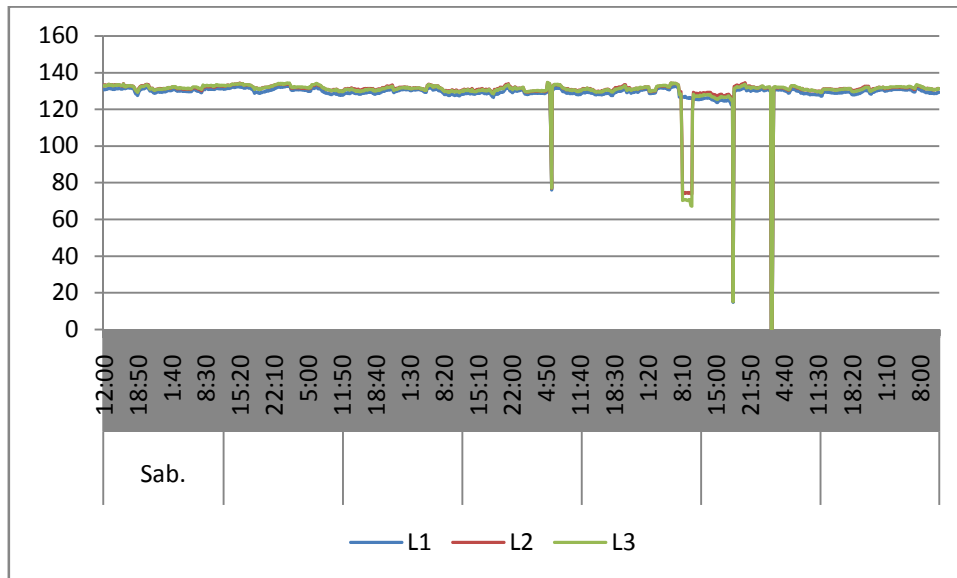
3.5.3.1 Voltaje. La regulación N° 004/001 del CONELEC, establece que la variación de voltaje no debe ser mayor al $\pm 8,0\%$ del valor nominal; por ende el nivel de voltaje no debe ser inferior a 116,84V ni superior a 137,16V. Fase-Neutro.

Tabla 51. Valores del voltaje en las 3 Líneas

	Línea 1 (V)	Línea 2 (V)	Línea 3 (V)
Valor Máximo	133,1	134,5	134,7
Valor Mínimo	0	0	0
Valor Promedio	129,42	130,50	130,32

Fuente: Autor

Figura 38. Curvas de Voltaje vs Tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El voltaje suministrado al transformador durante el tiempo de medición se encuentra en el rango establecido por el CONELEC (116,84V mínimo – 137,16 V máximo).
- El voltaje máximo se produjo en la Línea 3 el 28/11/2012 a las 05H10.
- Se registra una caída de tensión en las 3 Líneas de 0 Voltios el 30/11/2012 a las 02H10 debido a un corte de energía eléctrica.
- El voltaje mínimo se produjo en las Línea 1 el 29/11/2012 a las 18H30.

Análisis:

Tabla 52. Datos de voltaje fuera de la norma

	Línea 1 (V)	Línea 2 (V)	Línea 3 (V)
# de datos fuera del rango 116,34 - 137,16	6	19	19
% de datos fuera del rango 116,34 - 137,16	0,60	1,88	1,88

Fuente: Autor

- Se observa que los porcentajes fuera del rango establecido por la norma son mínimos, por ende el suministro de voltaje está en un nivel óptimo.

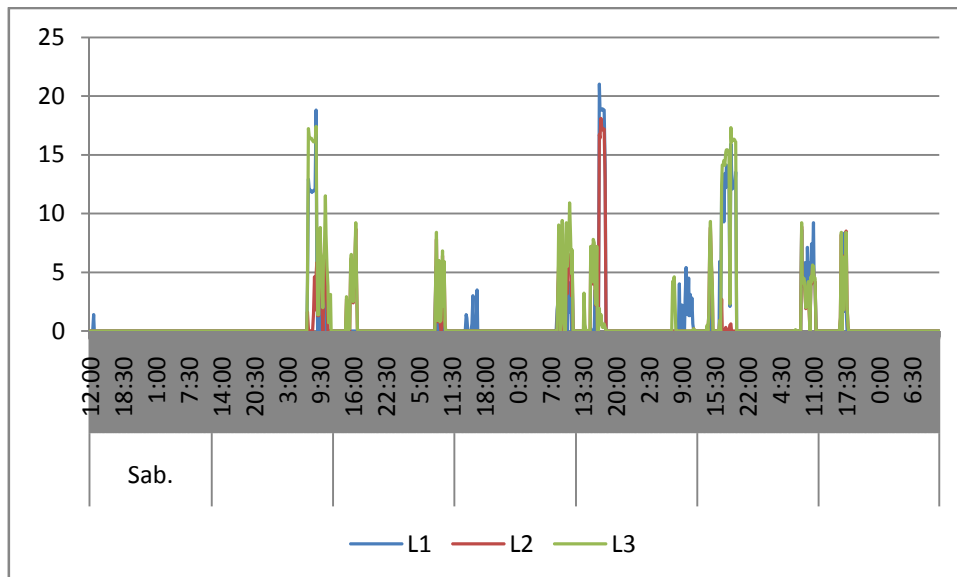
3.5.3.2 Corriente

Tabla 53. Valores de Corriente en las 3 Líneas

	Línea 1 (A)	Línea 2 (A)	Línea 3 (A)
Valor Máximo	21	18,1	17,4
Valor Mínimo	0,1	0,1	0,1
Valor Promedio	6,77	5,11	6,51

Fuente: Autor

Figura 39. Curvas de Corriente vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Corriente máxima se registra en la Línea 1 el 28/11/2012 a las 16H40.
- La Línea 1 se encuentra con más carga y la Línea 2 con menos carga.
- Las fases se encuentran desequilibradas.

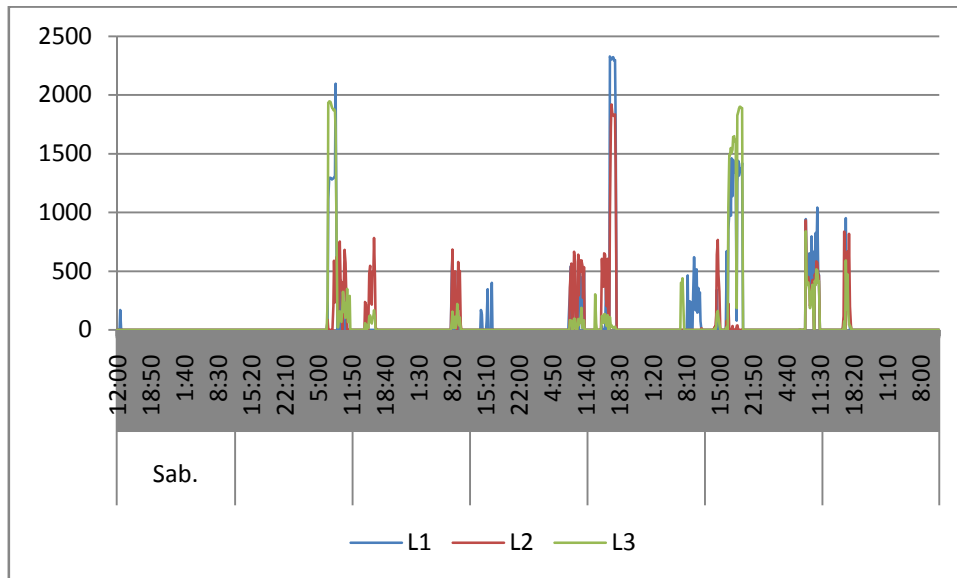
3.5.3.3 Potencia Activa

Tabla 54. Valores de Potencia Activa en las 3 Líneas

	Línea 1 (w)	Línea 2 (w)	Línea 3 (w)
Valor Máximo	2327,13	1919,06	1945,63
Valor Mínimo	2,39	0,63	0,22
Valor Promedio	703,65	468,23	448,88

Fuente: Autor

Figura 40. Curvas de Potencia Activa vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Activa máxima se registra en la Línea 1 el 28/11/2012 a las 16H40.
- La Potencia Activa mínima se produjo en la Línea 3 el 29/11/2012 a las 10H40.
- La Potencia Activa promedio total semanal es de 0,54kw.

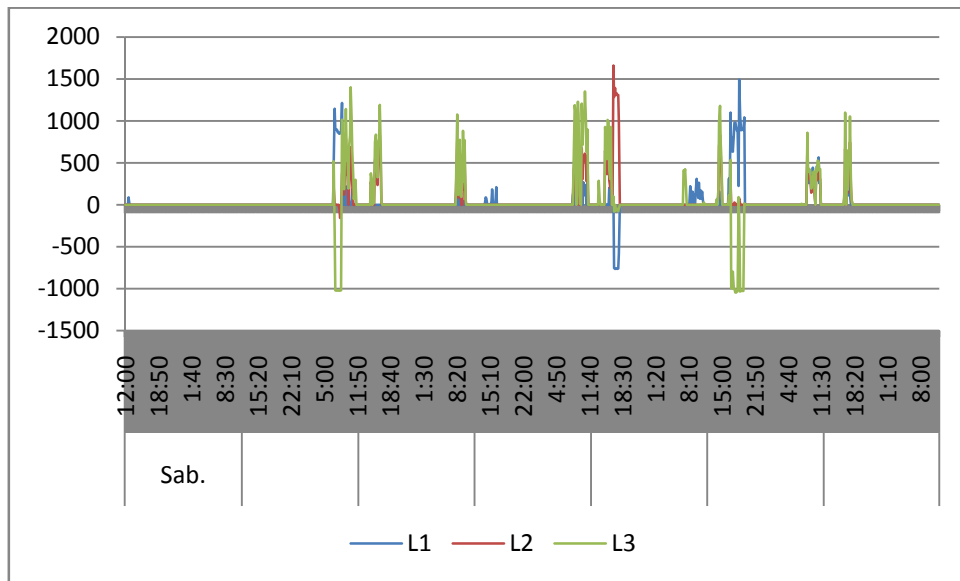
3.5.3.4 Potencia Reactiva

Tabla 55. Valores de Potencia Reactiva en las 3 Líneas

	Línea 1 (var)	Línea 2 (var)	Línea 3 (var)
Valor Máximo	1490,89	1658,5	1398,22
Valor Mínimo	-762,39	-155,98	-1045,07
Valor Promedio	313,35	418,69	258,32

Fuente: Autor

Figura 41. Curvas de Potencia Reactiva vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Reactiva máxima se registra en la Línea 2 el 28/11/2012 a las 16H40.
- La Potencia Reactiva mínima se registra en la Línea 3 el 29/11/2012 a las 17H00.
- La Potencia Reactiva promedio total semanal es de 0,33kvar.

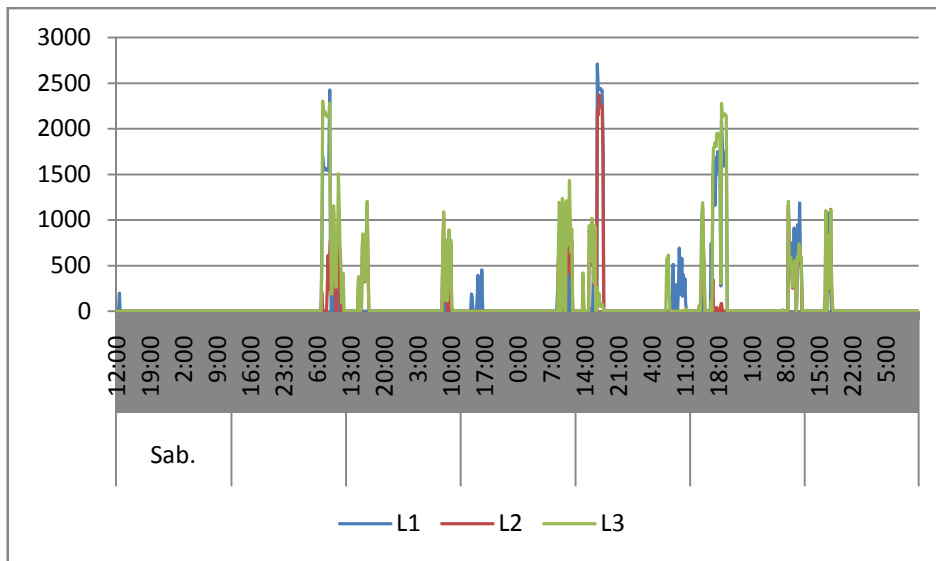
3.5.3.5 Potencia Aparente

Tabla 56. Valores de Potencia Aparente en las 3 Líneas

	Línea 1 (va)	Línea 2 (va)	Línea 3 (va)
Valor Máximo	2706,43	2371,64	2299,91
Valor Mínimo	3,18	2,26	2,72
Valor Promedio	829,15	641,47	835,89

Fuente: Autor

Figura 42. Curvas de Potencia Aparente vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Aparente máxima se registra en la Línea 1 el 28/11/2012 a las 16H40.
- La Potencia Aparente mínima se produce en la Línea 2 el 29/11/2012 a las 10H40.
- La Potencia Aparente promedio total semanal es de 0,77kva.

Para ello se aplica el factor de uso, así se sabrá si el transformador esta sub o sobre cargado.

$$Fu = \frac{kva_{Dm\acute{a}x}}{kva_{ins}}$$

$$Fu = \frac{7,38 \text{ kva}}{200 \text{ kva}}$$

$$Fu = 0,04$$

El factor de uso es menor a 0,5; entonces se concluye que el transformador de 200 kva se encuentra sub cargado.

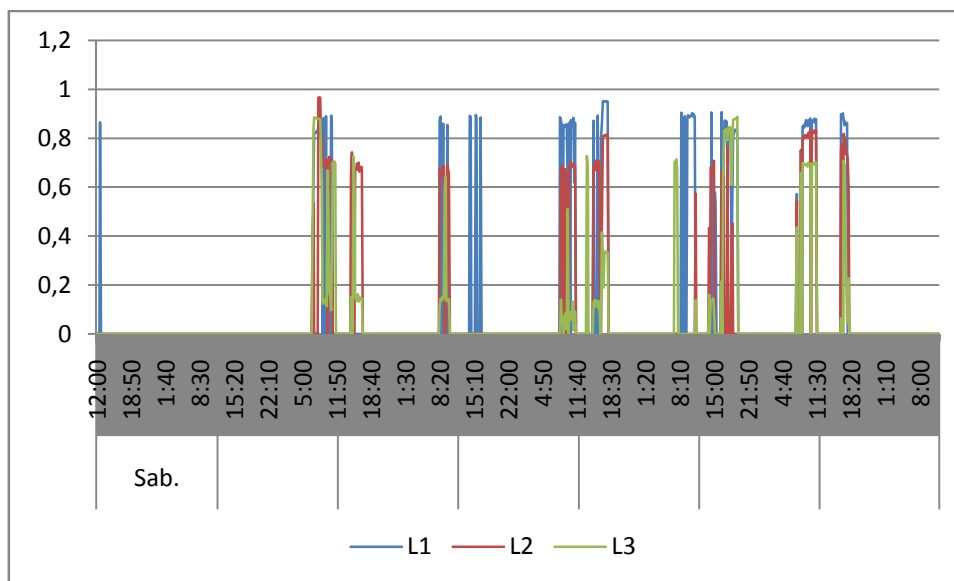
3.5.3.6 Factor de Potencia. La regulación N°004/001 del CONELEC establece que el valor mínimo del factor de potencia debe ser de 0,92.

Tabla 57. Valores del Factor de Potencia en las 3 Líneas

	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Valor Máximo	0,951	0,966	0,887
Valor Mínimo	0,166	0,182	0,015
Valor Promedio	0,834	0,706	0,423

Fuente: Autor

Figura 43. Curvas del Factor de Potencia vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El Factor de Potencia en las 3 líneas no cumplen con lo a regulación N°004/001 del CONELEC establece que el valor mínimo del factor de potencia debe ser de 0,92.
- El Factor de Potencia máximo se registra en la Línea 2 el 26/11/2012 a las 08H20.
- El Factor de Potencia mínimo se registra en la Línea 3 el 28/11/2012 a las 11H00.
- El Factor de Potencia promedio semanal es de 0,654.

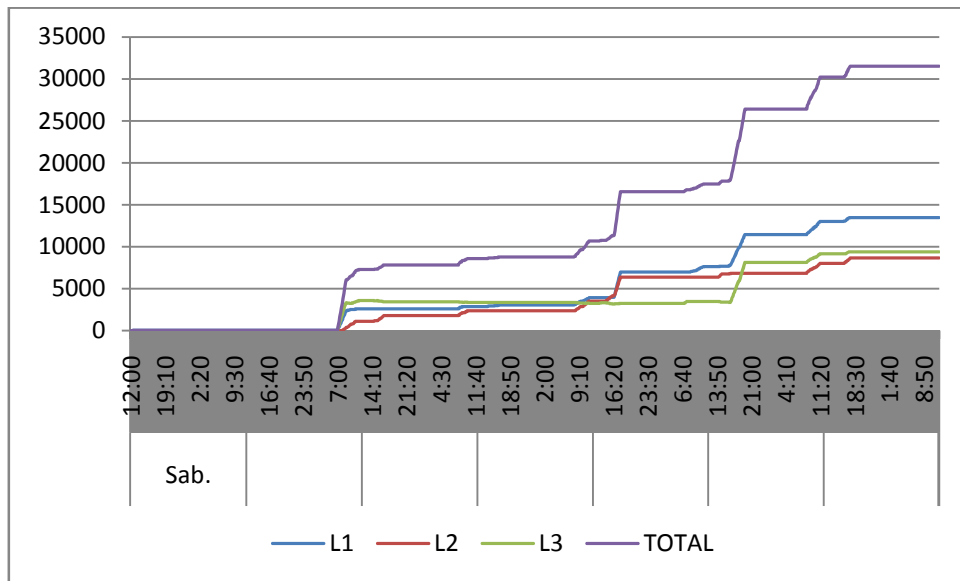
3.5.3.7 Consumo

Tabla 58. Valores del Consumo en las 3 Líneas

	Línea 1 (wh)	Línea 2 (wh)	Línea 3 (wh)
Valor Máximo	13458,97	8662,19	9396,22
Valor Mínimo	14,41	14,51	41,4
Valor Promedio	5245,48	4904,54	5182,87
Total	31509,68		

Fuente: Autor

Figura 44. Curvas del Consumo vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El Consumo total semanal del transformador de 200kva es de 31,51kwh.

3.5.4 Datos del transformador de 160 kva

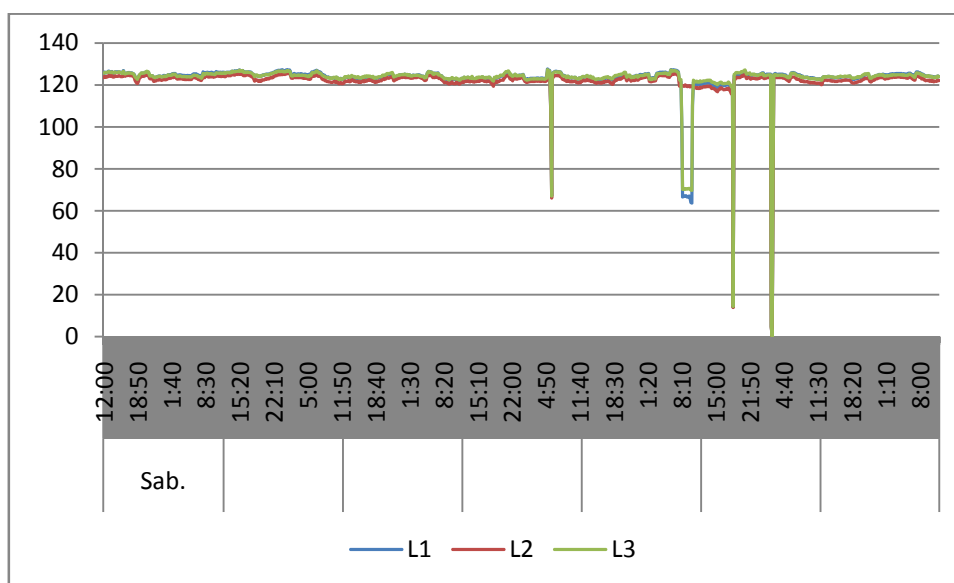
3.5.4.1 Voltaje. La regulación N° 004/001 del CONELEC, establece que la variación de voltaje no debe ser mayor al $\pm 8,0\%$ del valor nominal; por ende el nivel de voltaje no debe ser inferior a 116,84V ni superior a 137,16V. Fase-Neutro.

Tabla 59. Valores del voltaje en las 3 Líneas

	Línea 1 (V)	Línea 2 (V)	Línea 3 (V)
Valor Máximo	127,6	125,9	127,3
Valor Mínimo	0	0	0
Valor Promedio	123,23	122,21	123,31

Fuente: Autor

Figura 45. Curvas de Voltaje vs Tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El voltaje suministrado al transformador durante el tiempo de medición se encuentra en el rango establecido por el CONELEC (116,84V mínimo – 137,16 V máximo).
- El voltaje máximo se produjo en la Línea 1 el 28/11/2012 a las 05H10.
- Se registra una caída de tensión en las 3 Líneas de 0 Voltios el 30/11/2012 a las 02H20 debido a un corte de energía eléctrica.
- El voltaje mínimo se produjo en las Línea 2 el 30/11/2012 a las 02H10.
- Las líneas 1 y 3 poseen tres caídas de tensión considerables mientras que la línea 2 posee 2 caídas de tensión considerables.

Análisis:

Tabla 60. Datos de voltaje fuera de la norma

	Línea 1 (V)	Línea 2 (V)	Línea 3 (V)
# de datos fuera del rango 116,34 - 137,16	20	8	20
% de datos fuera del rango 116,34 - 137,16	1,98	0,79	1,98

Fuente: Autor

- Se observa que los porcentajes fuera del rango establecido por la norma son mínimos, por ende el suministro de voltaje está en un nivel óptimo.

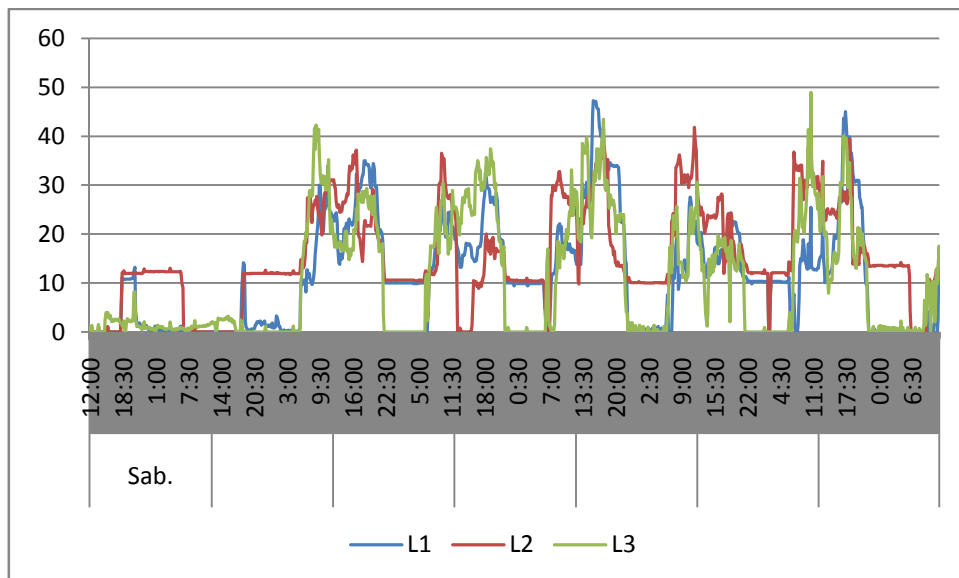
3.5.4.2 Corriente

Tabla 61. Valores de Corriente en las 3 Líneas

	Línea 1 (A)	Línea 2 (A)	Línea 3 (A)
Valor Máximo	47,2	46,2	48,9
Valor Mínimo	0,1	0,1	0,1
Valor Promedio	13,85	17,74	15,63

Fuente: Autor

Figura 46. Curvas de Corriente vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Corriente máxima se registra en la Línea 3 el 30/11/2012 a las 10H30.
- La Línea 2 se encuentra con más carga y la Línea 1 con menos carga.
- Las fases se encuentran desequilibradas.

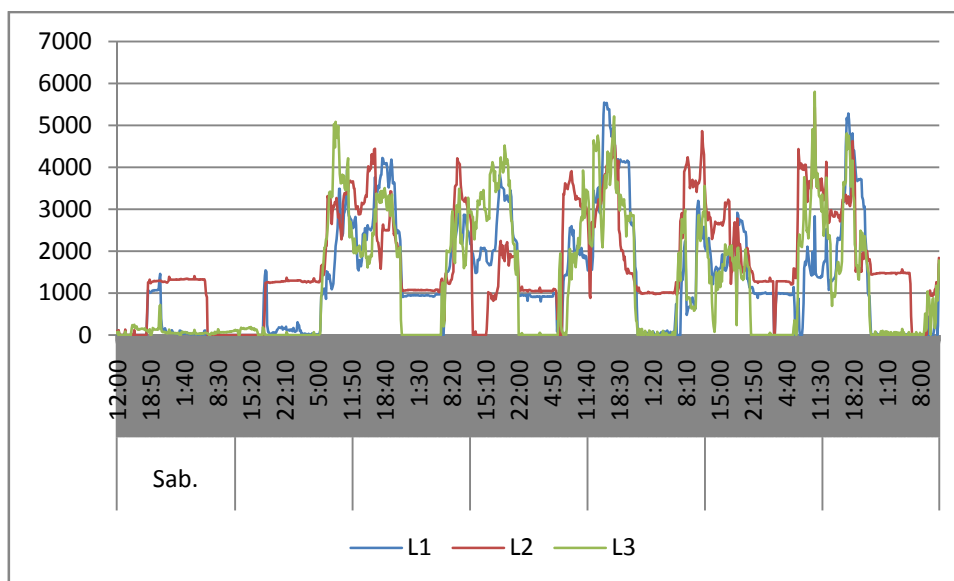
3.5.4.3 Potencia Activa

Tabla 62. Valores de Potencia Activa en las 3 Líneas

	Línea 1 (w)	Línea 2 (w)	Línea 3 (w)
Valor Máximo	5541,11	5421,08	5795,7
Valor Mínimo	1,2	10,53	0,66
Valor Promedio	1504,41	1991,57	1658,48

Fuente: Autor

Figura 47. Curvas de Potencia Activa vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Activa máxima se registra en la Línea 3 el 30/11/2012 a las 10H30.
- La Potencia Activa mínima se produjo en la Línea 3 el 25/11/2012 a las 17H00.
- La Potencia Activa promedio total semanal es de 1,72 kw.

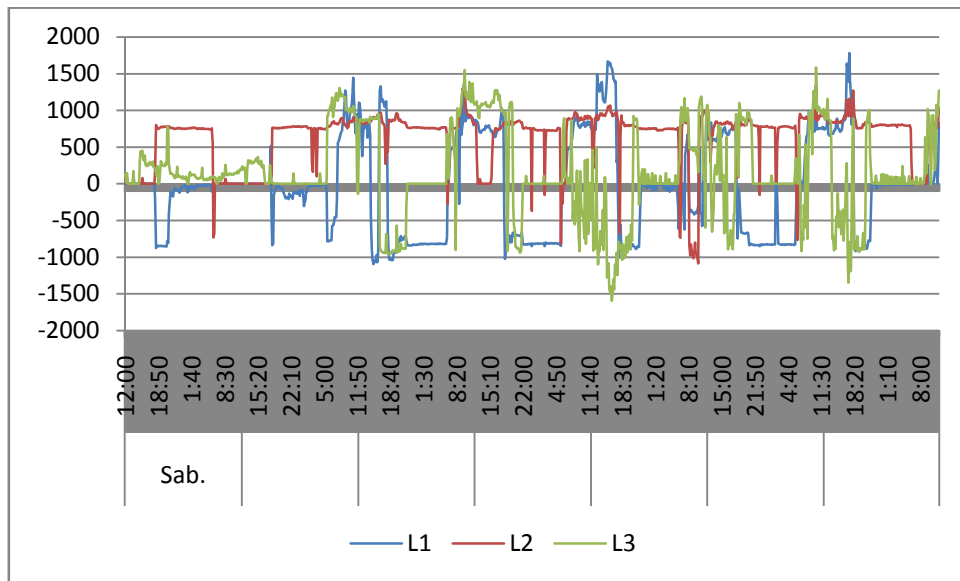
3.5.4.4 Potencia Reactiva

Tabla 63. Valores de Potencia Reactiva en las 3 Líneas

	Línea 1 (var)	Línea 2 (var)	Línea 3 (var)
Valor Máximo	1779,05	1380,65	1582,03
Valor Mínimo	-1093,6	-1086,3	-1593,77
Valor Promedio	-28,73	743,10	199,87

Fuente: Autor

Figura 48. Curvas de Potencia Reactiva vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Reactiva máxima se registra en la Línea 1 el 30/11/2012 a las 17H20.
- La Potencia Reactiva mínima se registra en la Línea 3 el 28/11/2012 a las 16H20.
- La Potencia Reactiva promedio total semanal es de 0,30kvar.

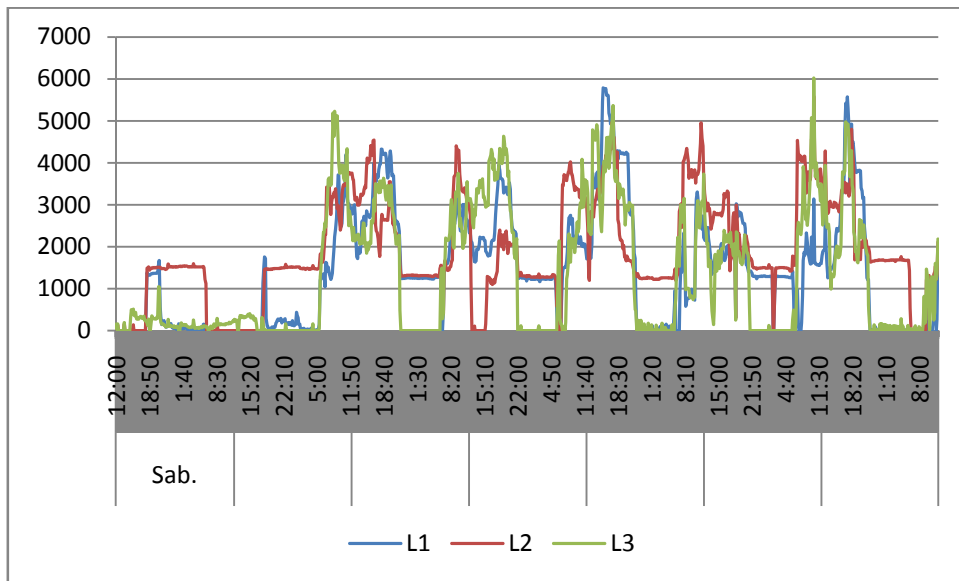
3.5.4.5 Potencia Aparente

Tabla 64. Valores de Potencia Aparente en las 3 Líneas

	Línea 1 (va)	Línea 2 (va)	Línea 3 (va)
Valor Máximo	5786,09	5588,29	6019,39
Valor Mínimo	1,86	12,43	1,88
Valor Promedio	1649,68	2171,11	1817,36

Fuente: Autor

Figura 49. Curvas de Potencia Aparente vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Aparente máxima se registra en la Línea 3 el 30/11/2012 a las 10H30.
- La Potencia Aparente mínima se produce en la Línea 1 el 29/11/2012 a las 02H00.
- La Potencia Aparente promedio total semanal es de 1,88kva.

Análisis:

Para ello se aplica el factor de uso, así se sabrá si el transformador esta sub o sobre cargado.

$$Fu = \frac{kva_{Dm\acute{a}x}}{kva_{ins}}$$

$$Fu = \frac{17,39 \text{ kva}}{160 \text{ kva}}$$

$$Fu = 0,11$$

El factor de uso es menor a 0,5; entonces se concluye que el transformador de 160 kva se encuentra sub cargado.

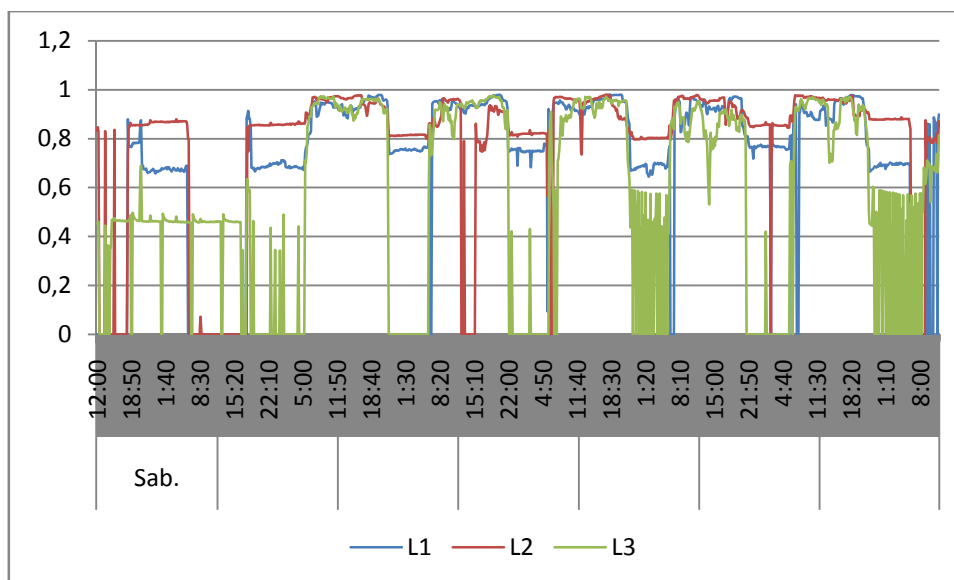
3.5.4.6 Factor de Potencia. La regulación N°004/001 del CONELEC establece que el valor mínimo del factor de potencia debe ser de 0,92.

Tabla 65. Valores del Factor de Potencia en las 3 Líneas

	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Valor Máximo	0,981	0,980	0,974
Valor Mínimo	0,094	0,072	0,342
Valor Promedio	0,834	0,890	0,760

Fuente: Autor

Figura 50. Curvas del Factor de Potencia vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El Factor de Potencia en las 3 líneas no cumplen con lo a regulación N°004/001 del CONELEC establece que el valor mínimo del factor de potencia debe ser de 0,92.
- El Factor de Potencia máximo se registra en la Línea 1 el 28/11/2012 a las 18H10.
- El Factor de Potencia mínimo se registra en la Línea 2 el 25/11/2012 a las 08H40.
- El Factor de Potencia promedio semanal es de 0,828.

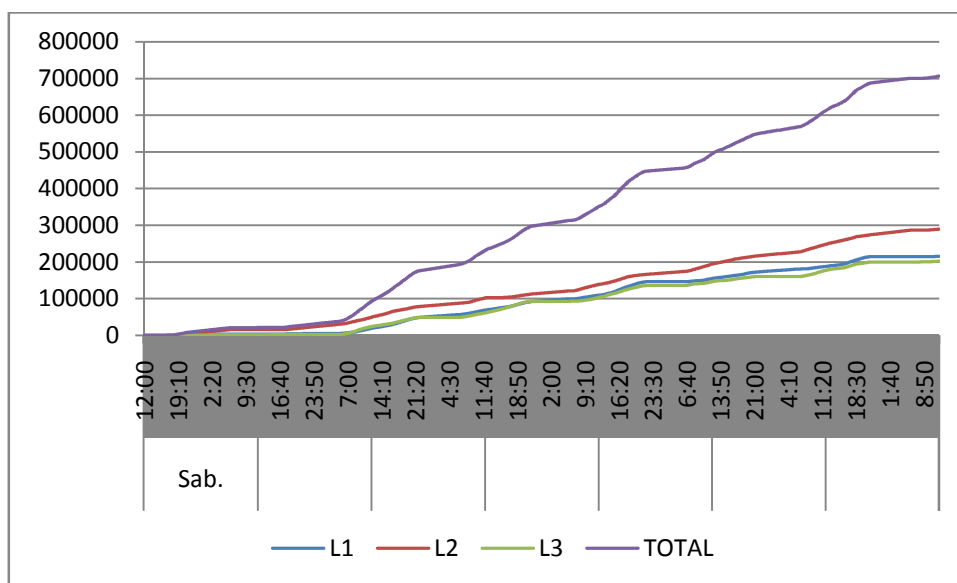
3.5.4.7 Consumo

Tabla 66. Valores del Consumo en las 3 Líneas

	Línea 1 (wh)	Línea 2 (wh)	Línea 3 (wh)
Valor Máximo	215352,33	289165,47	202097,97
Valor Mínimo	68,59	72,65	51,35
Valor Promedio	98889,38	126625,66	88979,29
Total	706615,76		

Fuente: Autor

Figura 51. Curvas del Consumo vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El Consumo total semanal del transformador de 200kva es de 706,62kwh.

3.5.5 Datos del transformador de 75 kva

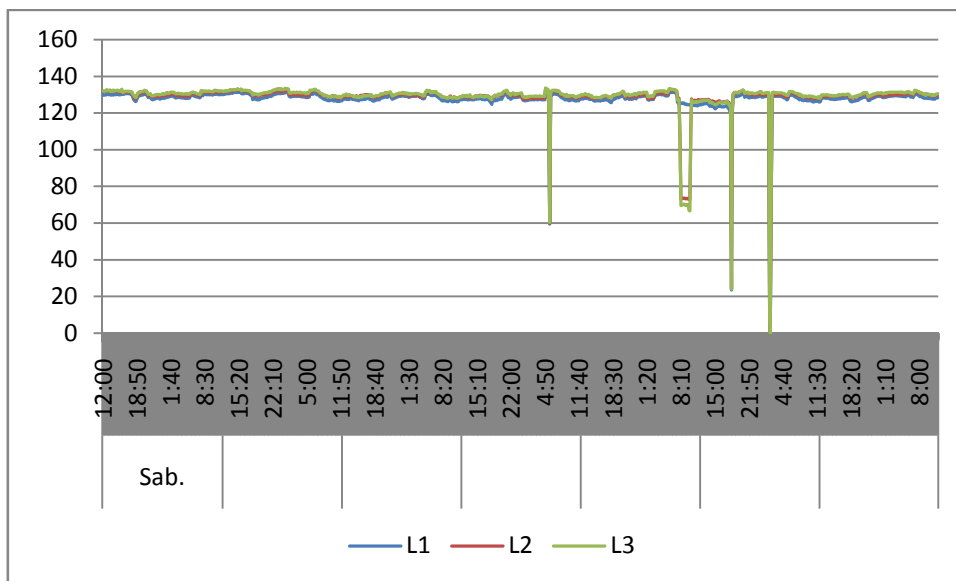
3.5.5.1 Voltaje. La regulación N° 004/001 del CONELEC, establece que la variación de voltaje no debe ser mayor al $\pm 8,0\%$ del valor nominal; por ende el nivel de voltaje no debe ser inferior a 116,84V ni superior a 137,16V. Fase-Neutro.

Tabla 67. Valores del voltaje en las 3 Líneas

	Línea 1 (V)	Línea 2 (V)	Línea 3 (V)
Valor Máximo	131,7	132,9	133,6
Valor Mínimo	14,8	14,8	15
Valor Promedio	127,89	128,64	129,08

Fuente: Autor

Figura 52. Curvas de Voltaje vs Tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El voltaje suministrado al transformador durante el tiempo de medición se encuentra en el rango establecido por el CONELEC (116,84V mínimo – 137,16 V máximo).
- El voltaje máximo se produjo en la Línea 3 el 28/11/2012 a las 05H00.
- Se registra una caída de tensión en las 3 Líneas de 0 Voltios el 30/11/2012 a las 02H10 debido a un corte de energía eléctrica.
- El voltaje mínimo se produjo en las Líneas 1 y 2 el 30/11/2012 a las 02H00.

Análisis:

Tabla 68. Datos de voltaje fuera de la norma

	Línea 1 (V)	Línea 2 (V)	Línea 3 (V)
# de datos fuera del rango 116,34 - 137,16	5	19	19
% de datos fuera del rango 116,34 - 137,16	0,50	1,88	1,88

Fuente: Autor

- Se observa que los porcentajes fuera del rango establecido por la norma son mínimos, por ende el suministro de voltaje está en un nivel óptimo.

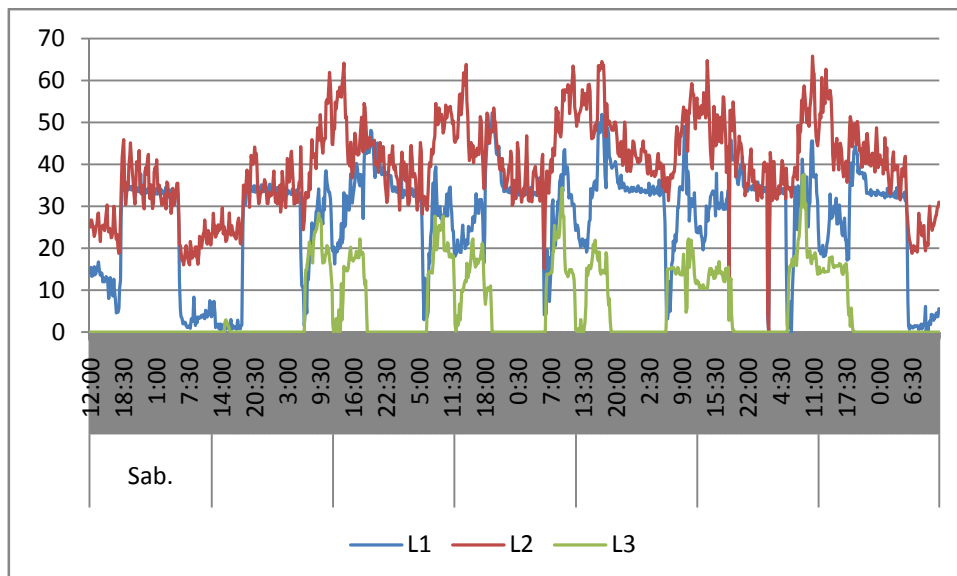
3.5.5.2 Corriente

Tabla 69. Valores de Corriente en las 3 Líneas

	Línea 1 (A)	Línea 2 (A)	Línea 3 (A)
Valor Máximo	52,3	65,8	37,6
Valor Mínimo	0,5	4,5	0,1
Valor Promedio	27,52	39,71	14,99

Fuente: Autor

Figura 53. Curvas de Corriente vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Corriente máxima se registra en la Línea 2 el 30/11/2012 a las 10H50.
- La Línea 2 se encuentra con más carga y la Línea 1 con menos carga.
- Las fases se encuentran desequilibradas.

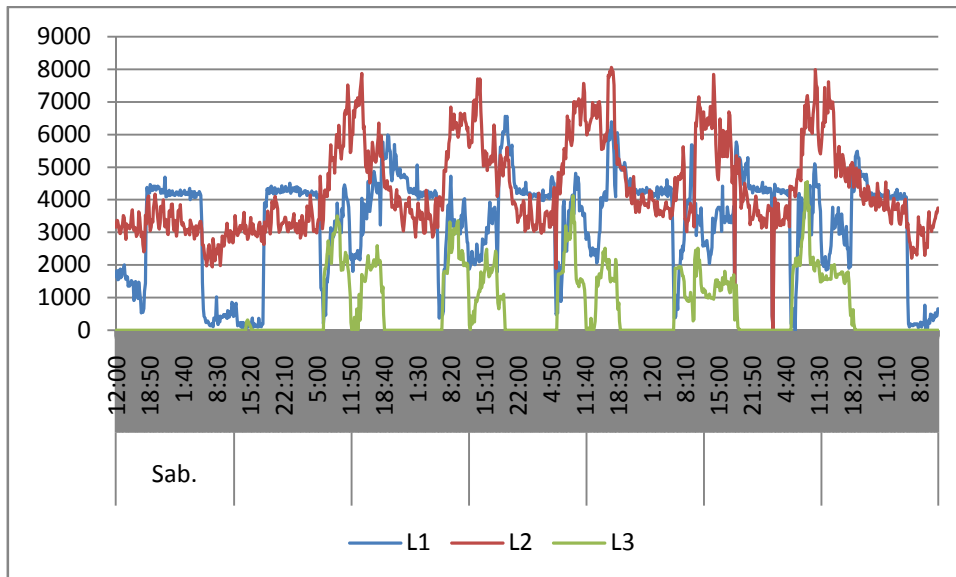
3.5.5.3 Potencia Activa

Tabla 70. Valores de Potencia Activa en las 3 Líneas

	Línea 1 (w)	Línea 2 (w)	Línea 3 (w)
Valor Máximo	6557,26	8051,97	4554,26
Valor Mínimo	3,57	424,54	0,37
Valor Promedio	3330,45	4355,31	1659,84

Fuente: Autor

Figura 54. Curvas de Potencia Activa vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Activa máxima se registra en la Línea 2 el 28/11/2012 a las 17H10.
- La Potencia Activa mínima se produjo en la Línea 3 el 28/11/2012 a las 05H50.
- La Potencia Activa promedio total semanal es de 3,11 kw.

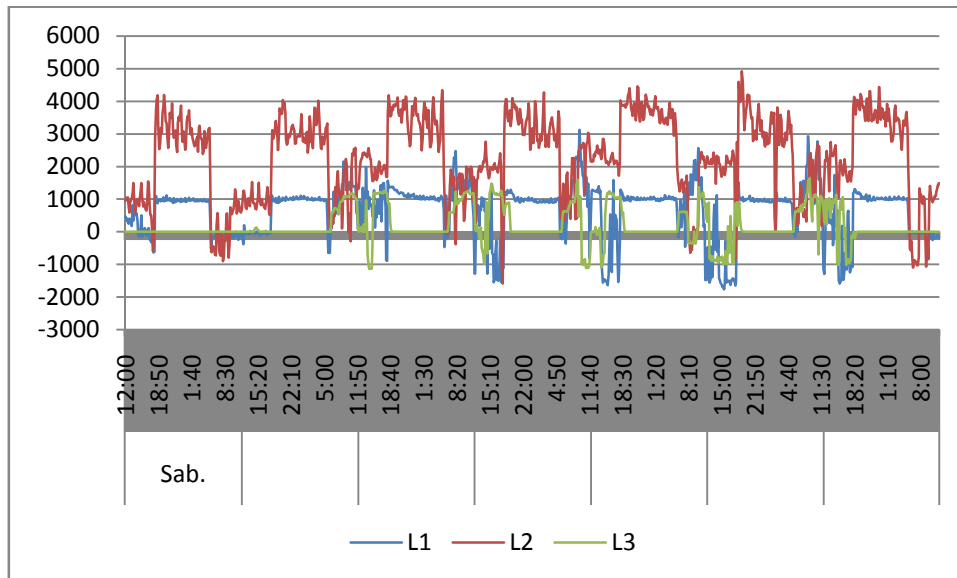
3.5.5.4 Potencia Reactiva

Tabla 71. Valores de Potencia Reactiva en las 3 Líneas

	Línea 1 (var)	Línea 2 (var)	Línea 3 (var)
Valor Máximo	3120,46	4912,15	1644,14
Valor Mínimo	-1763,58	-1587,91	-1139,77
Valor Promedio	653,96	2294,08	443,33

Fuente: Autor

Figura 55. Curvas de Potencia Reactiva vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Reactiva máxima se registra en la Línea 2 el 29/11/2012 a las 19H10.
- La Potencia Reactiva mínima se registra en la Línea 1 el 29/11/2012 a las 15H30.
- La Potencia Reactiva promedio total semanal es de 1,13kvar.

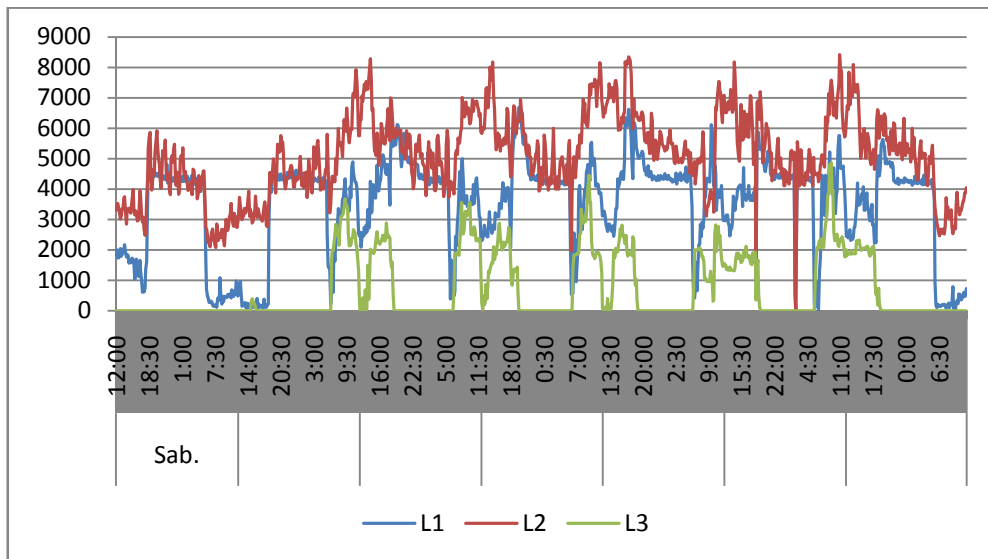
3.5.5.5 Potencia Aparente

Tabla 72. Valores de Potencia Aparente en las 3 Líneas

	Línea 1 (va)	Línea 2 (va)	Línea 3 (va)
Valor Máximo	6681,6	8413,34	4859,92
Valor Mínimo	5,14	587,45	1,05
Valor Promedio	3525,81	5115,42	1896,26

Fuente: Autor

Figura 56. Curvas de Potencia Aparente vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- La Potencia Aparente máxima se registra en la Línea 2 el 30/11/2012 a las 10H50.
- La Potencia Aparente mínima se produce en la Línea 3 el 28/11/2012 a las 05H50.
- La Potencia Aparente promedio total semanal es de 3,54kva.

Análisis:

Para ello se aplica el factor de uso, así se sabrá si el transformador esta sub o sobre cargado.

$$Fu = \frac{kva_{Dm\acute{a}x}}{kva_{ins}}$$

$$Fu = \frac{19,95 \text{ kva}}{75 \text{ kva}}$$

$$Fu = 0,27$$

El factor de uso es menor a 0,5; entonces se concluye que el transformador de 160 kva se encuentra sub cargado.

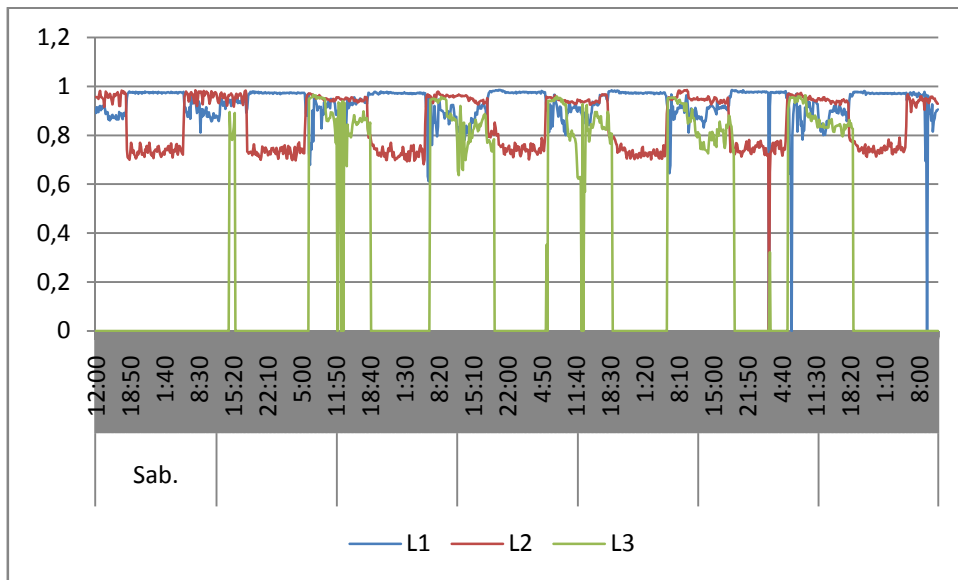
3.5.5.6 Factor de Potencia. La regulación N°004/001 del CONELEC establece que el valor mínimo del factor de potencia debe ser de 0,92.

Tabla 73. Valores del Factor de Potencia en las 3 Líneas

	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Valor Máximo	0,985	0,985	0,965
Valor Mínimo	0,612	0,649	0,322
Valor Promedio	0,933	0,850	0,854

Fuente: Autor

Figura 57. Curvas del Factor de Potencia vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El Factor de Potencia en las líneas 2 y 3 no cumplen con lo a regulación N°004/001 del CONELEC establece que el valor mínimo del factor de potencia debe ser de 0,92, mientras que en la línea 1 el factor de potencia es óptimo.
- El Factor de Potencia máximo se registra en la Línea 1 y 2, en la Línea 1 el 27/11/2012 a las 20H30 mientras que en la Línea 2 el 29/11/2012a las 09H50.
- El Factor de Potencia mínimo se registra en la Línea 3 el 30/11/2012 a las 02H20.
- El Factor de Potencia promedio semanal es de 0,879.

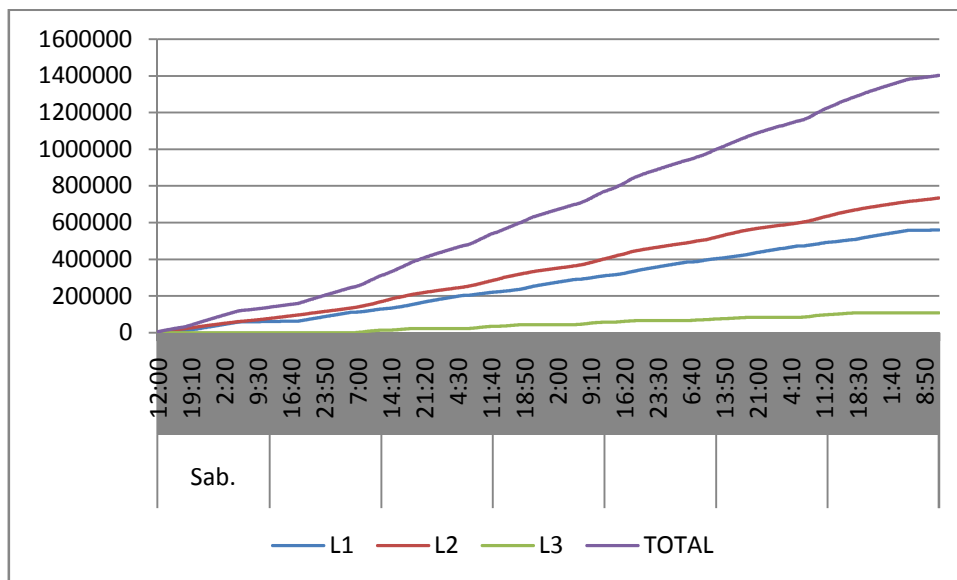
3.5.5.7 Consumo

Tabla 74. Valores del Consumo en las 3 Líneas

	Línea 1 (wh)	Línea 2 (wh)	Línea 3 (wh)
Valor Máximo	560023,83	734969,11	107612,75
Valor Mínimo	1891,92	3804,03	44,36
Valor Promedio	271968,22	352542,74	54853,97
Total	1402605,69		

Fuente: Autor

Figura 58. Curvas del Consumo vs tiempo



Fuente: Autor

Observaciones:

- El Consumo total semanal del transformador de 75 kva es de 1 402,60 kwh.

3.6 Análisis del consumo de energía medido

Se tiene un dato de consumo semanal por cada transformador, la suma total nos dará el consumo general de la Facultad de Mecánica, para calcular el consumo mensual se procede a hallar el consumo diario y finalmente multiplicamos por los días promedio al mes (ya que no todos los meses son de 30 días), que es el resultado de dividir los 365 días del año / 12 meses = 30,4.

Tabla 75. Consumo mensual de la Facultad de Mecánica

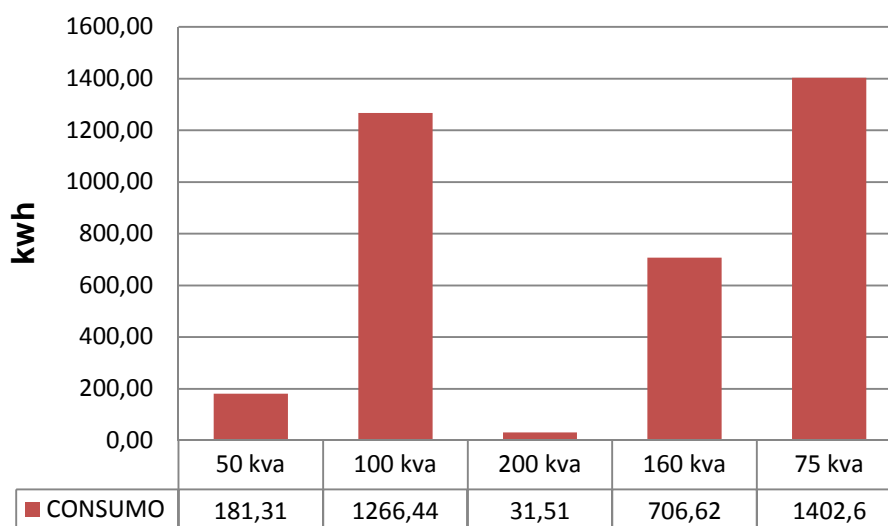
Transformador	Consumo semanal	Consumo diario	Consumo mensual
kva	kwh	kwh	Kwh
50	181,31	25,90	787,40
100	1266,44	180,92	5499,97
200	31,51	4,50	136,84
160	706,62	100,95	3068,75
75	1402,6	200,37	6091,29
		TOTAL	15584,26

Fuente: Autor

La tabla anterior muestra el consumo semanal de cada transformador, dando un consumo general para la Facultad de Mecánica de 15 584,26 kwh.

La grafica siguiente muestra el consumo en kwh de los cinco transformadores que abastecen de energía eléctrica a la Facultad, mostrándose claramente la gran diferencia que existe el uno del otro.

Figura 59. Consumo medido por los analizadores

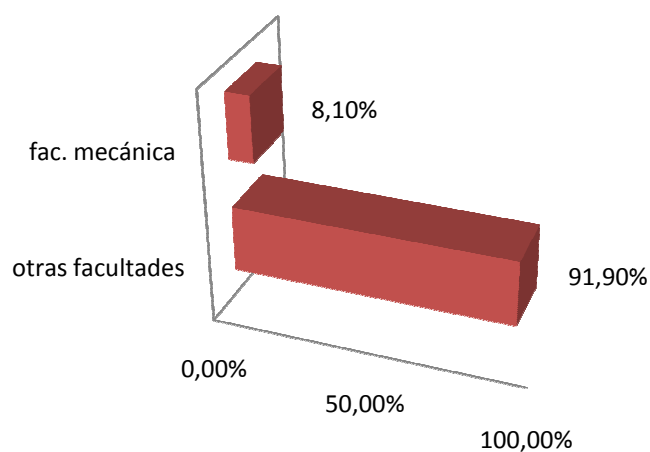


Fuente: Autor

La Epoch posee en medidor general, cuya cuenta es N° 373274, se ingresó a la página web de la EERSA, donde se pudo ver el consumo global del mes de noviembre del 2012, obteniéndose un consumo de 192300 kwh.

El costo de cada kwh según lo establece el pliego tarifario del CONELEC para la ciudad de Riobamba es de 0,072ctvs(Anexo E)de dólar, por ello el costo de facturación para este mes fue de 14 043,61USD para la Espoch y 1 122,07USD para la Facultad de Mecánica calculado Haciendo referencia del consumo global de la Espoch referente al consumo de la Facultad de Mecánica, se puede decir que la Facultad de Mecánica consume el 8,1 % de la energía eléctrica total, tal como lo muestra la Figura siguiente.

Figura 60. Porcentaje del consumo de energía eléctrica



Fuente: Autor

Una vez teniendo el valor del consumo energético, el número de personas que frecuentan los edificios, el área de la Facultad de Mecánica, se establece los indicadores energéticos.

Tabla 76. Índices energéticos de la Facultad de Mecánica

CONCEPTO	VALOR
Energía kwh	15584,26
Pago USD mensual	1122,07
Área m ²	11873,07
Ocupantes permanentes	2249
Energía por área kwh/m ²	1,31
Energía por habitante kwh/habitante	6,93
Pago área USD/m ²	0,095
Pago ocupante USD/habitante	0,50

Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

4. DETERMINACIÓN DE SECTORES DE MAL USO DE ENERGÍA Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE USO EFICIENTE

El factor económico es vital al momento de tratar de hacer cualquier proyecto, aquí se verán los beneficios de las medidas técnicas adoptadas para llegar a definir su rentabilidad económica.

En esta etapa se identificará los sectores en donde la energía es desperdiciada y se propondrán medidas opcionales que permitirán su ahorro, en donde se mostrara el ahorro energético mensual y anual que beneficiara a la Facultad de Mecánica. La evaluación económica y su rentabilidad se verán en el capítulo siguiente de este estudio energético.

4.1 Determinación de sectores de mal uso de energía eléctrica

Se visitó los edificios de la Facultad en la mañana, tarde y noche, percatándose de un gran descuido al momento de apagar las luminarias al momento de abandonar las aulas, oficinas y talleres, existiendo un mal hábito en las personas que ocupan los diferentes ambientes.

Figura 61. Desperdicio de energía en oficina de docentes



Fuente: Autor

En el laboratorio de materiales ubicado en el edificio principal de Mecánica, existe una mala distribución de circuitos para la iluminación, ya que un interruptor controla las luminarias de aulas y laboratorios de ensayos al mismo tiempo, permaneciendo encendidas varias lámparas

fluorescentes innecesariamente por varias horas, existiendo gran desperdicio de energía eléctrica.

Figura 62. Circuitos mal distribuidos en el Edificio de Mecánica



Fuente: Autor

En el edificio de ajuste básico (CAB), existen cuatro aulas y un laboratorio en donde reciben clases durante la mañana, tarde y noche, estas aulas y laboratorio no poseen interruptores individuales y son controladas mediante breakers ubicadas en la caja térmica del edificio.

Figura 63. Caja térmica del edificio de los CAB de Mecánica



Fuente: Autor

Estos breakers no poseen una identificación para saber a qué aula, pasillo o luminarias exteriores controlan. Esta quizás sea la razón por la que docentes o alumnos no apagan las luminarias al culminar sus horas clase. Los sectores en donde existe más desperdicio de energía son en las aulas, oficinas y talleres de los diversos edificios, en algunos casos son por las razones descritas anteriormente en cambio en otros casos es por el descuido de docentes y

alumnos ya que existiendo interruptores en las aulas no se preocupan en apagarlas existiendo así un desconocimiento del gran desperdicio de energía eléctrica que ahí se produce.

Figura 64. Luminarias defectuosas y quemadas



Fuente: Autor

La Figura 64 muestra que:

1. Se mantienen encendidas las lámparas aun cuando no se utilizan.
2. No se retiran las lámparas quemadas de las luminarias, ocasionando un consumo innecesario de energía (reactor).
3. No se retiran las lámparas defectuosas de las luminarias, ocasionando un consumo innecesario de energía (reactor y lámpara).

Este tipo de desperdicio se puede observar en gran parte de aulas, oficinas y talleres.

4.2 Propuestas de uso eficiente de energía

4.2.1 Propuesta 1: Sustitución de luminarias fluorescentes 2x40w por 2x32w.

4.2.1.1 Objetivo. Sustituir las luminarias fluorescentes de 2x40w por 2x32w, ahorrando energía y mejorando el confort visual.

4.2.1.2 Descripción. Se cambiaran las lámparas fluorescentes de 40w por 32w, dando como resultado un ahorro considerable de energía.

4.2.1.3 Ventajas

- Necesitan menos potencia para iluminar el mismo espacio.
- Provee una luz más uniforme y menos deslumbrante, porque el área de iluminación es mayor. Calentamiento reducido.
- La duración promedio de vida es de 7500 horas en condiciones normales.

4.2.1.4 Análisis. Luego de haber realizado el levantamiento de luminarias en las diferentes ambientes de cada edificio, se hace un conteo global de las lámparas fluorescentes de 2x40w que actualmente iluminan los ambientes de los edificios y se determina el ahorro al reemplazarlas por lámparas fluorescentes eficientes de 2x32w.

Tabla 77. Factores energéticos con lámparas de 2x40w

Fluorescente 2x40 w	
Unidades	563
Potencia (w)	80
Potencia total (kw)	45,04
Días laborables mensuales	20
Horas de uso diario (h/día)	8
Consumo diario (kwh/día)	360,32
Consumo mensual (kwh/mensual)	7206,4
Consumo anual (kwh/año)	79270,4
Valor energía (\$/kwh)	0,072
Costo mensual (\$/mes)	518,86
Costo anual (\$/año)	5707,47

Fuente: Autor

Tabla 78. Factores energéticos con lámparas de 2x32w

Fluorescente 2x32 w	
Unidades	563
Potencia (w)	64
Potencia total (kw)	36,03
Días laborables mensuales	20
Horas de uso diario (h/día)	8
Consumo diario (kwh/día)	288,26
Consumo mensual (kWh/mensual)	5765,12
Consumo anual (kwh/año)	63416,32
Valor energía (\$/kwh)	0,072
Costo mensual (\$/mes)	415,09
Costo anual (\$/año)	4565,98

Fuente: Autor

Tabla 79. Ahorros mensuales y anuales de la propuesta 1

Ahorro			
kwh/mes	kw/año	\$/mes	\$/año
1441,28	15854,08	103,77	1141,49

Fuente: Autor

La primera propuesta de uso eficiente de energía indica que se tendría un ahorro mensual de \$103,77 y \$1 141,49 anualmente, además el ahorro de kwh es favorable para el medio ambiente ya que se disminuirían emisiones de CO2.

4.2.2 Propuesta 2: Sustitución de monitores tipo CRT por planas.

4.2.2.1 Objetivo. Reemplazar los monitores tipo CRT por unos de menos consumo, es decir monitores planos.

4.2.2.2 Descripción. Usando la información del levantamiento de cargas eléctricas se puede notar la existencia de computadoras con monitores tipo CRT, se propone sustituirlas por pantallas planas.

4.2.2.3 Ventajas

- Las pantallas planas consumen una cantidad significativamente menor de energía y emiten menos calor que los monitores CRT. Esto puede, a su vez, reducir los costos de electricidad.
- Las pantallas LCD ocupan menos espacio que los monitores CRT y normalmente pesan mucho menos que los monitores CRT de tamaño similar. Esto facilita el transporte y permite disponer de espacio de trabajo adicional.
- Las pantallas LCD tienen una vida productiva prevista mayor.

4.2.2.4 Análisis. Se calcula el consumo actual por monitores CRT y se compara con el consumo que se tendría reemplazando por monitores planos.

Tabla 80. Factores energéticos con monitores tipo CRT

Monitores CRT	
Unidades	61
Potencia (w)	300
Potencia total (kw)	18,3
Días laborables mensuales	20
Horas de uso diario (h/día)	8
Consumo diario (kwh/día)	146,4
Consumo mensual (kwh/mensual)	2928
Consumo anual (kwh/año)	32208
Valor energía (\$/kwh)	0,072
Costo mensual (\$/mes)	210,82
Costo anual (\$/año)	2318,98

Fuente: Autor

Tabla 81. Factores energéticos con monitores planos

Monitores planos	
Unidades	61
Potencia (w)	150
Potencia total (kw)	9,15
Días laborables mensuales	20
Horas de uso diario (h/día)	8
Consumo diario (kwh/día)	73,2
Consumo mensual (kwh/mensual)	1464
Consumo anual (kwh/año)	16104
Valor energía (\$/kwh)	0,072
Costo mensual (\$/mes)	105,41
Costo anual (\$/año)	1159,49

Fuente: Autor

Tabla 82. Ahorros mensuales y anuales de la propuesta 2

Ahorro			
kwh/mes	kw/año	\$/mes	\$/año
1464	16104	105,41	1159,49

Fuente: Autor

Realizando la diferencia de lo que se está pagando actualmente y de lo que se pagaría con la implementación de esta medida, se concluye que el ahorro mensual de \$105,41 y un ahorro anual de \$1 159,49.

4.2.3 Propuesta 3: Diseño óptimo de la iluminación.

4.2.3.1 *Objetivo.* Diseñar óptimamente la iluminación usando la norma de iluminación.

4.2.3.2 *Descripción.* Usando la metodología de cálculo de iluminación, se encontrara el número de luminarias eficientes 2x32w según la cantidad de luxes que establece la norma para tener un confort visual óptimo.

4.2.3.3 *Ventajas*

- Se tendrá el número exacto de luminarias que requiere cada ambiente para poder trabajar óptimamente.
- Se tendrán condiciones óptimas de iluminación en cada ambiente.
- La iluminación (lux) estará de acuerdo al ambiente de trabajo.

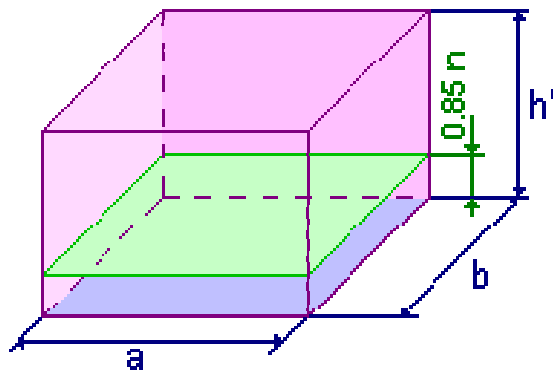
4.2.3.4 *Análisis.* Para calcular el número de luminarias óptimas para un ambiente se debe tener en cuenta que tipo de ambiente es, aula, oficina, biblioteca, etc., para según ello consultar en la norma que cantidad de luxes requiere, sus medidas de ancho, largo, altura, el color de su pared, techo y suelo y el tipo de mantenimiento que se da a las luminarias.

Para ello se debe seguir la metodología siguiente:

I. Conocer las dimensiones del ambiente

Para ello nos valemos de la figura siguiente para tener una idea clara.

Figura 65. Dimensiones de un ambiente



Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/calculo-alumbrado-interior.html>

Dónde:

a= Ancho del ambiente.

b = Largo del ambiente.

h' = Altura del ambiente.

0.85 = Altura de trabajo.

2. *Determinar la altura “h”(altura de las luminarias)*

La altura “h” es una relación entre la altura de trabajo, dependiendo de la necesidad se calcula de acuerdo a la tabla siguiente:

Figura 66. Altura de las luminarias

Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0,85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0,85)$
Locales con iluminación directa	$d \approx \frac{1}{4} \cdot (h' - 0,85)$ $d \approx \frac{3}{4} \cdot (h' - 0,85)$

Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/calculo-alumbrado-interior.html>

3. *Calcular el índice del local (k)*

Para determinar el factor “k”, nos valemos de la tabla siguiente:

Tabla 83. Índice del local (k)

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/calculo-alumbrado-interior.html>

Donde k es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable.

4. *Determinar los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo*

Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado. Si no disponemos de ellos, podemos tomarlos de la siguiente tabla.

Tabla 84. Coeficientes de reflexión

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/calculo-alumbrado-interior.html>

En su defecto podemos tomar 0,5 para el techo, 0,3 para las paredes y 0,1 para el suelo.

5. *Determinar el factor de utilización (η, CU) a partir del índice del local y los factores de reflexión*

Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local.

Figura 67. Factor de utilización

índice del local k	Factor de utilización(η)									
	Factor de reflexión de techo									
	0,7			0,5			0,3			
	Factor de reflexión de las paredes									
	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	
1	,28	,22	,16	,25	,22	,16	,26	,22	,16	
1,2	,31	,27	,20	,30	,27	,20	,30	,27	,20	
1,5	,39	,33	,26	,36	,33	,26	,36	,33	,26	
2	,45	,40	,35	,44	,40	,35	,44	,40	,35	
2,5	,52	,46	,41	,49	,46	,41	,49	,46	,41	
3	,54	,50	,45	,53	,50	,45	,53	,50	,45	
4	,61	,56	,52	,60	,55	,52	,60	,56	,52	
5	,63	,60	,56	,63	,60	,56	,62	,60	,56	
6	,68	,63	,60	,66	,63	,60	,65	,63	,60	
8	,71	,67	,64	,69	,67	,64	,68	,67	,64	
10	,72	,70	,67	,71	,70	,67	,71	,70	,67	

Fuente: <http://www.abcdatos.com/tutoriales/electricayelectricidad>

6. Determinar el factor de mantenimiento (f_m) o conservación de la instalación

Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Figura 68. Factores de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/calculo-alumbrado-interior.html>

Una vez que obtenemos los factores anteriores, procedemos a calcular el flujo luminoso total necesario. Para ello aplicaremos la fórmula siguiente:

$$\Phi_T = \frac{ES}{nf_m} \quad (3)$$

Dónde:

Φ_T = Flujo luminoso total.

E = Iluminancia media deseada.

S = Superficie del plano de trabajo.

η = Factor de utilización.

f_m = Factor de mantenimiento.

Finalmente calculamos el número de luminarias (redondeado por exceso); utilizando la formula siguiente:

$$N = \frac{\Phi_T}{n\Phi_L} \quad (4)$$

Dónde:

N = Número de luminarias.

Φ_T = Flujo luminoso total.

Φ_L = Flujo luminoso de una lámpara.

n = Número de lámparas por luminaria.

Para tener una idea del cálculo se ha elegido al azar uno de los ambientes de la Facultad de Mecánica. El bar de la Facultad y su plano se muestran en las figuras siguientes:

Figura 69. Bar de la Facultad de Mecánica



Fuente: Autor

Figura 70. Plano del bar de la Facultad de Mecánica



Fuente: Autor

Primeramente se determina la altura de las luminarias, en este caso la altura del bar es de 2,5 m.

$$h = \frac{4}{5}(h' - 0,85)$$

$$h = \frac{4}{5}(2,5 - 0,85)$$

$$h = 0,8(1,65)$$

$$h = 1,32 \text{ m}$$

Se encuentra el índice del local “k”, para ello con la ayuda del plano se sabe que el ancho y largo de mi entidad son de 6 y 15,3 m respectivamente.

$$k = \frac{ab}{h(a + b)}$$

$$k = \frac{6(15,3)}{1,32(6 + 15,3)}$$

$$k = \frac{91,8}{1,32(21,3)}$$

$$k = 3,26$$

Se elige los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo por defecto que son 0,5; 0,3 y 0,1 respectivamente.

Con los coeficiente de reflexión de techo, pared 0,5 y 0,3 respectivamente y el índice del local “k” calculado, nos vamos a la tabla siguiente para encontrar el factor de utilización η .

Figura 71. Factor de utilización

índice del local k	Factor de utilización(η)									
	Factor de reflexión de techo									
	0,7			0,5			0,3			
	Factor de reflexión de las paredes									
	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	
1	,28	,22	,16	,25	,22	,16	,26	,22	,16	
1,2	,31	,27	,20	,30	,27	,20	,30	,27	,20	
1,5	,39	,33	,26	,36	,33	,26	,36	,33	,26	
2	,45	,40	,35	,44	,40	,35	,44	,40	,35	
2,5	,52	,46	,41	,49	,46	,41	,49	,46	,41	
3	,54	,50	,45	,53	0,50	,45	,53	,50	,45	
4	,61	,56	,52	,60	,55	,52	,60	,56	,52	
5	,63	,60	,56	,63	,60	,56	,62	,60	,56	
6	,68	,63	,60	,66	,63	,60	,65	,63	,60	
8	,71	,67	,64	,69	,67	,64	,68	,67	,64	
10	,72	,70	,67	,71	,70	,67	,71	,70	,67	

En este caso el factor de utilización tiene un valor de 0,50 tal como se lo puede apreciar.

Para encontrar el flujo luminoso total necesario se requiere la cantidad de lux, en este caso la norma establece un valor de 200 lux para bares además el factor de mantenimiento, en este caso se elige 0,8 ya que el departamento de mantenimiento se preocupa de que las luminarias estén en correcto funcionamiento, de no serlo las cambian por otras nuevas.

$$\Phi_T = \frac{ES}{n f_m}$$

$$\Phi_T = \frac{200(91,8)}{0,5(0,8)}$$

$$\Phi_T = \frac{18360}{0,4}$$

$$\Phi_T = 459\,000$$

Por último se calcula el número mínimo de luminarias necesarias, para ello debemos tener en cuenta el flujo luminoso de una lámpara (Φ_L), en este caso utilizaremos lámparas fluorescente de 32w T8; en donde a través del Anexo F, se encontró que tienen un flujo luminoso de 2 800 lux.

Para todos los edificios se generaliza y se usaran 2 lámparas de 32 w, por ende el número de lámparas por luminaria (n), será 2.

$$N = \frac{\Phi_T}{n \Phi_L}$$

$$N = \frac{45\,900}{2(2\,800)}$$

$$N = 8,19$$

Actualmente el bar de la Facultad de Mecánica cuenta con 12 lámparas fluorescentes de 2x40w, mediante el cálculo nos dio un valor de 8(redondeo) lámparas fluorescentes de 2x32w, es decir existe un exceso de luminarias. Demostrando así que con esta propuesta de uso eficiente a la vez que se van a iluminar los diferentes ambientes de la Facultad de Mecánica según lo establece la norma existirá un ahorro de energía.

El estudio se concentró en las entidades en donde existen luminarias de 2x40w, focos incandescentes y donde existe exceso de luminarias, el cálculo para las demás entidades de la Facultad se muestra en el Anexo G.

Tabla 85. Factores energéticos del sistema actual de iluminación

Iluminación actual	
Potencia total (kw)	25,4
Días laborables mensuales	20
Horas de uso diario (h/día)	8
Consumo diario (kwh/día)	203,2
Consumo mensual (kwh/mensual)	4064
Consumo anual (kwh/año)	44704
Valor energía (\$/kwh)	0,072
Costo mensual (\$/mes)	292,61
Costo anual (\$/año)	3218,69

Fuente: Autor

Tabla 86. Factores energéticos del sistema de iluminación propuesto

Iluminación eficiente	
Unidades	307
Potencia (w)	64
Potencia total (kw)	19,65
Días laborables mensuales	20
Horas de uso diario (h/día)	8
Consumo diario (kwh/día)	157,18
Consumo mensual (kwh/mensual)	3143,68
Consumo anual (kwh/año)	34580,48
Valor energía (\$/kwh)	0,072
Costo mensual (\$/mes)	226,34
Costo anual (\$/año)	2489,79

Fuente: Autor

Tabla 87. Ahorros mensuales y anuales de la propuesta 3

Ahorro			
kwh/mes	kwh/año	\$/mes	\$/año
920,32	10123,52	66,26	728,89

Fuente: Autor

La adopción de esta medida permitirá un ahorro de \$66,26 mensualmente y de \$728,89 anualmente, además un ahorro de 10 123,52 kwh/año, cifra que servirá para la disminución de toneladas de CO₂ a la atmósfera.

4.2.4 *Propuesta 4: Mejoramiento del factor de potencia.*

4.2.4.1 *Objetivo.* Mejorar el bajo factor de potencia mediante banco de capacitores.

4.2.4.2 *Descripción.* Mediante cálculos se hallara la capacidad de bancos de capacitores, los cuales serán colocados en la parte de baja tensión del transformador.

4.2.4.3 *Ventajas*

- Limitar pérdidas de energía activa en cables gracias a la disminución en la corriente que se transmite en la instalación.
- Proporcionar la energía reactiva demandada por las cargas inductivas.
- Evitar el pago de multas por bajo factor de potencia.

4.2.4.4 Análisis. La regulación No. CONELEC – 004/01, que se refiere a la calidad de servicio eléctrico de distribución, establece que el factor de potencia límite mínimo debe ser de 0,92.

Durante el periodo de medición, los analizadores de redes registraron valores inferiores al dado por la norma, concluyéndose que la Facultad de Mecánica está incumpliendo con el índice de calidad. A continuación se muestra el factor de potencia promedio semanal de cada transformador.

Tabla 88. Factor de potencia semanal

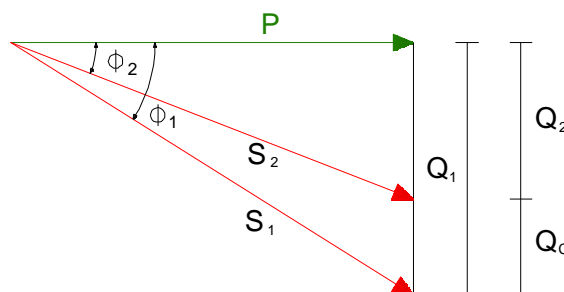
Transformador	fp promedio
50 kva	0,866
100 kva	0,880
200 kva	0,654
160 kva	0,828
75 kva	0,879

Fuente: Autor

Como se observa en la tabla anterior el transformador de 200 kva es el que muestra el menor factor de potencia, que es de 0,654. En este caso se concentrara el análisis en este transformador.

Esta propuesta sugiere corregir el factor de potencia a 0,98 que es un factor cercano a uno que es lo recomendable.

Figura 72. Corrección del factor de potencia



Fuente: Autor

Dónde:

Φ : Ángulo entre la potencia activa y Reactiva.

P: Potencia activa (kw).

Q: Potencia reactiva (kvar).

El fin de un banco de capacitores es eliminar el reactivo que se produce en la línea, por efectos de consumos reactivos (motores, maquinas soldadoras, etc.) el fin es mejorar el factor de potencia y evitar multas de la empresa eléctrica sobrecarga en la línea.

Para calcular la capacidad del banco de capacitores y ver su beneficio en ahorro de energía, se procede de la siguiente manera:

1. Calcular los ángulos Φ_1 y Φ_2 con la formula siguiente:

$$\phi = \cos^{-1}(fp) \quad (5)$$

2. Calcular las potencias reactivas Q1 y Q2 con la formula siguiente:

$$Q = P[\tan(\phi)] \quad (6)$$

3. Hallar el valor del banco de capacitores de la siguiente manera:

$$Q_C = Q_1 - Q_2 \quad (7)$$

4. Calcular la potencia aparente ahorrada:

$$S_{ahorrada} = S_1 - S_2 \quad (8)$$

Una vez vista la metodología para hallar la capacidad del banco de capacitores, aplicamos para nuestro interés al transformador de 200 kva.

Datos:

$P_{prom} = 0,54$ kw.

$fp_1 = 0,654$.

$f_p2 = 0,98$.

1. Calcular los ángulos Φ_1 y Φ_2 .

$$\Phi_1 = \cos^{-1}(f_p1)$$

$$\Phi_1 = \cos^{-1}(0,654)$$

$$\Phi_1 = 49,15^\circ$$

$$\Phi_2 = \cos^{-1}(f_p2)$$

$$\Phi_2 = \cos^{-1}(0,98)$$

$$\Phi_2 = 11,5^\circ$$

2. Calcular las potencias reactivas Q_1 y Q_2 .

$$Q_1 = P[\tan(\Phi_1)]$$

$$Q_1 = 0,54 * \tan(49,15^\circ)$$

$$Q_1 = 0,62 \text{ kvar}$$

$$Q_2 = P[\tan(\Phi_2)]$$

$$Q_2 = 0,54 * \tan(11,5^\circ)$$

$$Q_2 = 0,11 \text{ kvar}$$

3. Hallar el valor del banco de capacitores.

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = (0,6 - 0,1) \text{ kvar}$$

$$Q_c = 0,51 \text{ kvar}$$

4. Calcular la potencia aparente ahorrada.

Se sabe que la potencia aparente es la suma de la potencia activa y reactiva:

$$S = P + jQ$$

Los valores de las potencias aparentes actuales y corregidas serian:

$$S_{actual} = S_1 = P + jQ_1$$

$$S_1 = 0,54 + j0,62 \text{ kva}$$

$$S_{corregida} = S_2 = P + jQ_2$$

$$S_2 = 0,54 + j0,11 \text{ kva}$$

$$S_{ahorrada} = S_1 - S_2$$

$$S_{ahorrada} = (0,54 + j0,62) - (0,54 + j0,11) \text{ kva}$$

$$S_{ahorrada} = 0 + j0,51 \text{ kva}$$

$$|S_{ahorrada}| = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$|S_{ahorrada}| = \sqrt{0^2 + 0,51^2}$$

$$|S_{ahorrada}| = 0,51 \text{ kva}$$

El banco de capacitores que ayudara a corregir el factor de potencia para este transformador es de 0,51 kvar produciendo un ahorro de 0,51 kva, con este dato se dirige a catálogos para seleccionar el más adecuado y que este más cercano a los estándares.

Se generalizo el cálculo para los cuatro transformadores restantes, los resultados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 89. Parámetros del banco de capacitores

Transformador kva	ϕ_1	ϕ_2	Q1 kvar	Q2 kvar	Qckvar	S _{ahorrada} kva
50	30,00	11,48	0,60	0,21	0,39	0,39
100	28,36	11,48	1,78	0,67	1,11	1,11
200	49,16	11,48	0,62	0,11	0,51	0,51
160	34,11	11,48	1,16	0,35	0,82	0,82
75	28,48	11,48	1,69	0,63	1,06	1,06

Fuente: Autor

Comparando la potencia reactiva calculada con la potencia reactiva de estándar, los bancos de capacitores serían los siguientes:

Tabla 90. Capacidad de banco de capacitores estándar

Transformador kva	Qc (calculado) kva	Qc (estándar) kva
50	0,39	0,5
100	1,11	1,0
200	0,51	0,5
160	0,82	1,0
75	1,06	1,0

Fuente: Autor

Se seleccionó el catálogo WEG de Capacitores para Corrección del Factor de Potencia - 60Hz, en donde se seleccionó unidades capacitivas trifásicas – UCW –T

Figura 73. Unidad capacitiva trifásica – UCW-T



Fuente: WEG. Capacitores para Corrección del Factor de Potencia - 60Hz, 2 012, p. 2

Figura 74. Potencias UCW-T - 60Hz

Tensión (V)	Potencia (kvar)	Capacitancia (μF) (Conexión Δ)	Código de encomienda	Corriente nominal (A)	Fusible gL/gG (A) (2)	Cable (mm ²) (2) (3)	Tamaño	Massa (Kg)
220	0,50	9,1 x 3	UCW-T 0,50/2,6	1,3	2	1,5	4	0,531
	0,75	13,7 x 3	UCW-T 0,75/2,6	2,0	4	1,5	4	0,533
	1,00	18,3 x 3	UCW-T 1,00/2,6	2,6	4	1,5	4	0,533
	1,50	27,4 x 3	UCW-T 1,50/2,6	3,9	6	1,5	4	0,526
	2,00	36,6 x 3	UCW-T 2,00/2,6	5,2	10	1,5	4	0,534
	2,50	45,7 x 3	UCW-T 2,50/2,6	6,6	10	1,5	5	0,685
	3,00	54,8 x 3	UCW-T 3,00/2,6	7,9	16	1,5	5	0,688
	5	91,4 x 3	UCW-T 5,0/2,6	13,1	25	2,5	6	1,368
	7,5	137,1 x 3	UCW-T 7,5/2,6	19,7	35	4,0	7	1,750
10	182,8 x 3	UCW-T 10,0/2,6	26,2	50	6,0	7	1,715	

Fuente: WEG. Capacitores para Corrección del Factor de Potencia - 60Hz, 2 012, p. 3

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICO – ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS

El objetivo del análisis económico que se desarrolla en este capítulo es el de tener una visión clara de los métodos de evaluación que proveen de información necesaria para decidir la conveniencia, o no, de efectuar una inversión de propuestas eficientes.

El cálculo de los diferentes indicadores necesita, conocer inversiones, estimar la magnitud del ahorro de energía, en este estudio también se tendrá el aspecto ambiental a lo que se refiere a disminución de emisiones de CO₂.

5.1 Estudio económico de las propuestas

Para ello se van a definir los parámetros fundamentales de un estudio económico.

5.1.1 Inversión. La inversión se refiere al empleo de un capital en algún tipo de actividad a cambio de obtener unos beneficios futuros y distribuidos en el tiempo.(W.K.P, 2011)

5.1.2 Flujo de caja. El flujo de caja está constituido por los ingresos y egresos incurridos en el proyecto durante sucesivos intervalos a lo largo del periodo de análisis. Los intervalos de análisis pueden ser mensuales o anuales.

5.1.3 VAN (Valor Actual Neto). El valor presente neto es el más utilizado porque pone en dólares de hoy tanto los ingresos futuros como los egresos futuros, lo cual facilita la decisión desde el punto de vista financiero, de realizar o no el proyecto.

Consideraciones:

- **VAN > 0**, el proyecto es bueno porque, en dólares de hoy, los ingresos son mayores que los egresos.

- **VAN < 0**, significa que en dólares de hoy los ingresos son menores que los egresos y por lo tanto el problema no debe realizarse.
- **VAN = 0**, los ingresos serán iguales que los egresos y financieramente le será indiferente al inversionista.

Desde el punto de vista matemático el VPN es la sumatoria de los flujos de caja puestos en el día de hoy, lo cual podemos representar por:

$$VAN = \sum F_n(1+i)^n = -I_0 + \frac{F_1}{(1+i)} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad (9)$$

Dónde:

I_0 = Inversión inicial.

F_n = Flujo de caja en cada período.

i = Taza de interés.

5.1.4 TIR (Taza Interna de Retorno). La tasa interna de retorno TIR es uno de los índices que más aceptación tiene dentro del público porque mide la rentabilidad de una inversión. Financieramente la TIR es la tasa a la cual son descontados los flujos de caja de forma tal que los ingresos y los egresos sean iguales; desde el punto de vista matemático la TIR es la tasa a la cual el VPN se hace cero.

Consideraciones:

- **TIR ≥ r**, se aceptará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida.
- **TIR < r**, se rechazará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

El TIR se calcula de la siguiente manera:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0 \quad (10)$$

Dónde:

F_t = Flujo de caja en el período t.

n = número de periodos.

I_0 = Inversión inicial.(W.K.P, 2011)

5.1.5 *Relación beneficio/costo.* Consiste en poner en valor presente los beneficios netos y dividirlo por el valor presente de todos los costos del proyecto.

$$\text{Relación } \frac{B}{C} = \frac{\text{Valor presente de ingresos}}{\text{Valor presente de costos}} \quad (11)$$

La relación B/C puede tomar tres valores:

- **B/C < 1**, significa que los ingresos son menores que los costos, por tanto el proyecto no es aconsejable.
- **B/C = 1**, significa que el valor presente, los ingresos son iguales a los egresos, en este caso, lo único que se alcanza a ganar es la tasa del inversionista, por lo tanto es indiferente realizar el proyecto o continuar con las inversiones que normalmente hace el inversionista.
- **B/C > 1**, significa que el valor presente los ingresos son mayores que los egresos, por lo tanto es aconsejable realizar el proyecto.

5.1.6 *Período de recuperación de la inversión (PRI).* Mide en cuanto tiempo se recuperará el total de la inversión a valor presente, es decir, nos revela la fecha en la cual se cubre la inversión inicial en años, meses y días, para calcularlo se utiliza la siguiente fórmula.

$$PRI = a + \frac{(b - c)}{d} \quad (12)$$

Dónde:

a = Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

b = Inversión Inicial.

c = Flujo de Efectivo Acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.

d = Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.(W.K.S, 2011)

5.1.7 Disminución de emisiones de CO₂. Es importante considerar los aspectos ambientales, para ello se calcula la disminución de las emisiones de CO₂ con la siguiente fórmula proporcionada por la UnitedStatesEnviromentalProtection Agency.(E.P.A, 2013)

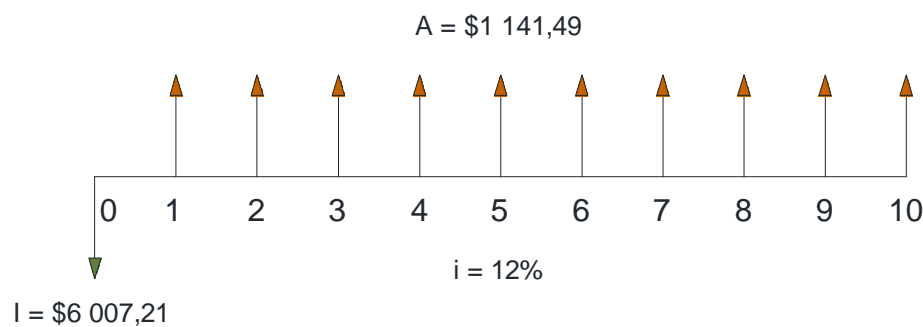
$$\frac{7,0555 \times 10^{-4} \text{ TonCO}_2}{kWh} \quad (13)$$

5.2 Propuesta 1: Sustitución de luminarias fluorescentes 2x40w por 2x32w

Las luminarias eficientes T8 de 2x32w poseen una medida de 1,2 m, esta medida también las poseen las fluorescentes de 2x40w por lo que no es necesario cambiar las carcacas, por ende la inversión inicial disminuye.

Una fluorescente de 32w Sylvania tiene un valor unitario actual de \$1,18 y un balasto electrónico \$8,31, teniendo una inversión por lámpara de \$10,67; es decir la inversión total para esta propuesta sería de \$6 007,21; con este valor se acude a una hoja de cálculo en Excel para poder mostrar los valores económicos que nos permitirán visualizar si la primera propuesta es viable o no.

Figura 75. Diagrama económico para la propuesta 1



Fuente: Autor

La figura anterior muestra que el flujo de caja anual es de \$1 141,49 con una inversión inicial de \$6 007,21; una tasa de interés del 12% y se analiza en un periodo de 10 años.

Tabla 91. Índices financieros para la propuesta 1

ÍNDICE	UNIDAD	TOTAL
VAN	USD	442,46
TIR	%	14%
VP Beneficios	USD	6449,67
VP Costos	USD	6007,21
B/C		1,07
Recuperación inversión	Años	5,26
Disminución de CO2	Ton/Año	11,2

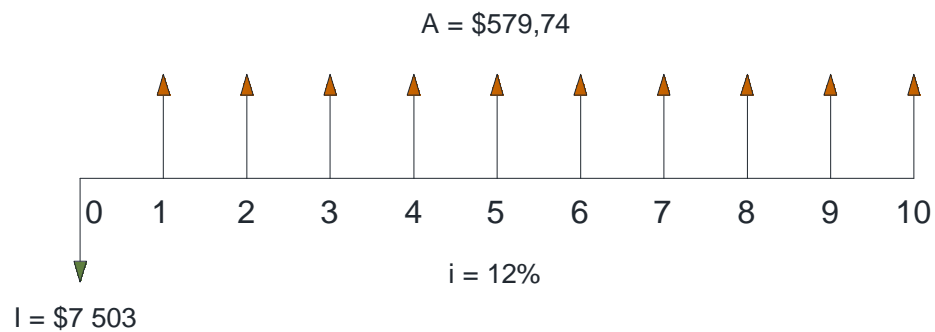
Fuente: Autor

Los valores indican que la primera propuesta es totalmente viable, su recuperación sería en cinco años aproximadamente, además tiene un gran impacto ambiental con la disminución de CO2 a la atmosfera, se evitarían 11,2 toneladas de emisión.

5.3 Propuesta 2: Sustitución de monitores tipo CRT por planas

Actualmente un monitor plano LG de 18,5" tiene un costo de \$123, esto quiere decir que la adquirir los 61 monitores tendría una inversión inicial de \$7 503.

Figura 76. Diagrama económico para la propuesta 2



Fuente: Autor

La figura anterior muestra que el flujo de caja anual es de \$579,74 con una inversión inicial de \$7 503, una tasa de interés del 12% y se analiza en un periodo de 10 años.

Tabla 92. Índices financieros para la propuesta 2

ÍNDICE	UNIDAD	TOTAL
VAN	USD	-4229,26
TIR	%	-4%
VP Beneficios	USD	3273,74
VP Costos	USD	7503
B/C		0,44
Recuperación inversión	Años	12,95
Disminución de CO2	Ton/Año	5,7

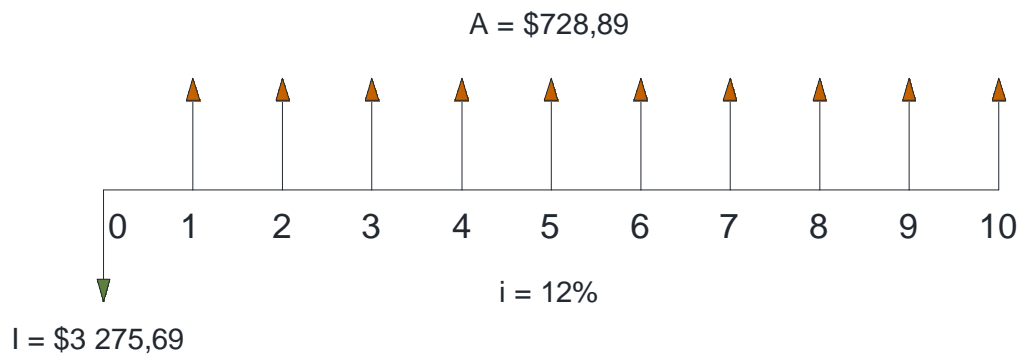
Fuente: Autor

Al observar y analizar los parámetros económicos para esta media de ahorro energético se concluye que no es viable económicamente ya que su TIR posee un valor negativo, pero cabe destacar que la disminución de CO2 es considerable para el aspecto ambiental evitando 5,7 toneladas de emisión a la atmosfera.

5.4 Propuesta 3: Diseño óptimo de la iluminación

Al igual que la propuesta 1, esta propuesta tendría una inversión de \$10,67 por luminaria 2x32w, es decir la inversión total para esta propuesta sería de \$3 275,69 para 307 luminarias, procediendo a analizar económicamente si es viable o no esta propuesta.

Figura 77. Diagrama económico para la propuesta 3



Fuente: Autor

La figura anterior muestra que el flujo de caja anual es de \$728,89 con una inversión inicial de \$3 275,69, una tasa de interés del 12% y se analiza en un periodo de 10 años.

Tabla 93. Índices financieros para la propuesta 3

ÍNDICE	UNIDAD	TOTAL
VAN	USD	842,70
TIR	%	18%
VP Beneficios	USD	4118,39
VP Costos	USD	3275,69
B/C		1,26
Recuperación inversión	Años	4,49
Disminución de CO2	Ton/Año	7,1

Fuente: Autor

Los valores indican que la tercera propuesta es totalmente viable, su recuperación sería en un cuatro años y medio aproximadamente, además tiene un gran impacto ambiental con la disminución de CO2 a la atmosfera ya que se evitarían 7,1 toneladas de emisión.

5.5 Propuesta 4: Mejoramiento del factor de potencia

Con esta medida de uso eficiente lo que se pretende es eliminar el pago por penalización de bajo factor de potencia, para ello se debe conocer el valor de la penalización, la misma que se calcula de la siguiente manera:

$$P = \left(\frac{0,92}{fp} - 1 \right) (\$ cons + \$ dem + \$ com) \quad (14)$$

Dónde:

P = Penalización en USD por bajo factor de potencia.

fp= Factor de potencia promedio de la empresa, fabrica o institución en estudio.

\$ consumo = USD que se cobra con consumo de energía mensual (kwh).

\$ demanda = USD que se cobra por consumo de demanda mensual (kw).

\$ comercialización = Valor constante de 1,41 USD.

De la tabla 60 del capítulo cuatro de este estudio se tiene que el factor de potencia promedio general de la Facultad es de 0,652, además el consumo mensual obtenido es de \$15 584,26 kwh con un pago mensual de \$1 122,07, se tiene un funcionamiento de 11 meses normales y finalmente la facturación de la demanda no se toma en cuenta ya que este valor es para empresas o instituciones que posean medidor que registra la demanda. Entonces se determina el costo de penalización que se estaría pagando.

$$P = \left(\frac{0,92}{fp} - 1 \right) (\$ consumo + \$ comercialización)$$

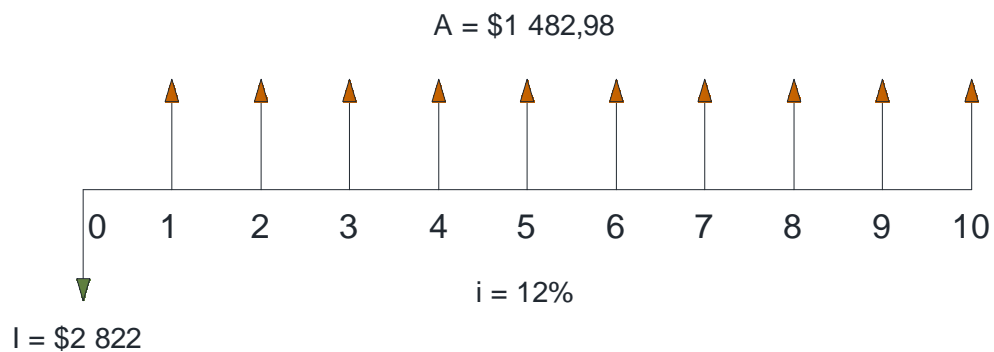
$$P = \left(\frac{0,92}{0,821} - 1 \right) [(11 * 1 122,07) + (11 * 1,41)]$$

$$P = (1,12 - 1)(12 342,7 + 15,51)$$

$$P = \$1 482,98$$

Se observa un ahorro anual de \$1 482,98 por evitar el pago de penalización por bajo factor de potencia. Se consultó con el catalogo WEG (Anexo H) de precios de capacitores de corrección del factor de potencia en donde las unidades requeridas tienen un precio de \$472 para el de 0,5 kvar y \$625 para el de 1 kvar; es decir la inversión total para esta propuesta seria de \$2 822. Con el ahorro generado anualmente, la tasa de interés y la inversión se procede a analizar económicamente para ver si es viable o no.

Figura 78. Diagrama económico para la propuesta 4



Fuente: Autor

Tabla 94. Índices financieros para la propuesta 4

ÍNDICE	UNIDAD	TOTAL
VAN	USD	5557,17
TIR	%	52%
VP Beneficios	USD	8379,17
VP Costos	USD	2822
B/C		2,97
Recuperación inversión	Años	1,90

Fuente: Autor

Al ver los índices financieros nos muestra claramente que esta es la propuesta que más rentable es, ya que su recuperación se logra en dos años aproximadamente trayendo gran beneficio a la facultad a lo que se refiere a ahorro energético.

5.6 Análisis de las propuestas

Las cuatro propuestas tienen un solo objetivo, al ahorro de energía y uso eficiente de energía eléctrica.

Al analizar cuál de ellas es la más adecuada, se podría proponer la alternativa 1, es decir la de la sustitución de las lámparas fluorescentes, ya que es técnica y económicamente viable, además no requiere de personal especializado, ya que este trabajo lo puede hacer el grupo del departamento de mantenimiento de la Espoch.

Mientras que la propuesta más noble desde el punto de inversión sería la propuesta 4, es decir la de corregir el factor de potencia, su inversión es la más baja en comparación a las otras tres propuestas, además esta es la propuesta más adecuada ya que su tiempo de recuperación bordea los dos años.

La realización y ejecución de la o las propuestas queda a criterio del departamento de mantenimiento y desarrollo físico de la Espoch. En donde se tendrá que evaluar la apertura y acogida de las propuestas aquí analizadas, observando su viabilidad económica.

CAPÍTULO VI

6. DESARROLLO DEL UN PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO PARA LA FACULTAD

6.1 Introducción

Las edificaciones de la Facultad de Mecánica presentan oportunidades significativas de reducción de costos y de economía de energía, a través de una mejor gestión de sus instalaciones, adopción de equipamiento tecnológicamente más avanzado y eficiente, cambios en los hábitos de los usuarios y en algunas rutinas de trabajo.

6.2 Objetivo del Plan de Ahorro

El objetivo de este plan es llevar a cabo medidas de uso racional de la energía eléctrica, por medio del cual se logrará una reducción de costos.

El plan involucra algunas medidas que no implicarán costos económicos y otras que si tendrán implicaciones económicas.

6.3 Desarrollo del Plan

El lograr una reducción mensual del consumo energético, por pequeña que esta sea, genera una ganancia a la Espoch por rebaja en la factura a pagar a la E.E.R.S.A.

A medida que se incrementen los costos en el sector energético se debe implementar dentro de la Facultad de Mecánica medidas de ajuste que deben enmarcarse dentro del plan, habiéndose logrado significativos ahorros.

El ahorro puede ir aumentando en la medida que se vayan haciendo los ajustes necesarios en las diferentes áreas, los cuales se harán en un orden predeterminado, considerando hacer primero aquellos que no impliquen un costo económico.

Los recursos obtenidos del ahorro en energía por las primeras medidas que se adopten, serán utilizados para la continuidad del plan de ahorro energético, con la implantación de las medidas que conllevan cierto costo.

6.4 Recomendaciones generales

6.4.1 Organización

- Definir una estructura organizativa que apoye el cumplimiento al Plan de Ahorro de Energía Eléctrica.
- Incorporar a las normas y procedimientos internos los criterios de ahorro energético, de manera que se mantenga la vigencia del Plan de Ahorro como parte de la cultura organizacional.
- Revisar los planes de mantenimiento de los diferentes componentes de las edificaciones.
- Crear un Plan de Mantenimiento Integral de los componentes de la edificación y adecuarlos a los objetivos del Plan de Ahorro.
- Elaborar un registro periódico de los logros y dificultades en el desarrollo del Programa de Ahorro Energético.

6.4.2 Recursos humanos y económicos

- Designar a una persona con formación adecuada y autoridad efectiva, como responsable de coordinar el plan de ahorro de energía.
- Asignar recursos suficientes para la ejecución del plan de ahorro de energía: personal, recursos financieros, medios de difusión.
- Asignar profesionales calificados a las funciones de supervisión y mantenimiento de las instalaciones y equipos (Es recomendable buscar siempre los servicios de un profesional calificado para solucionar cualquier problema relacionado con los equipos y sistemas incluidos en este plan).
- Disponer de equipos e instrumentos para medición y control de las variables asociadas al consumo de energía eléctrica.
- Involucrar al personal de seguridad en el control de horarios de encendido y apagado de luminarias.

6.4.3 *Difusión*

- Diseñar un plan de difusión de los objetivos, alcances y beneficios del Plan de Ahorro de Energía.
- Difundir a través de los diferentes medios las medidas adoptadas para reducir el consumo de energía eléctrica: folletos, carteleras de uso general, charlas, talleres de formación, mensajes por correo electrónico, carteleras, periódicos internos o locales, logotipos, etc.

6.4.4 *Estímulos*

- Crear mecanismos de reconocimiento individual y colectivo a las acciones más destacadas en apoyo al plan de ahorro y hacerlo conocer dentro y fuera de la Facultad.

6.5 **Medidas sin costo económico/poco costo económico**

No requiere inversiones, pero eventualmente puede exigir algunos costos menores. Implica acciones inmediatas vinculadas a cambios en los hábitos o reorganización de los recursos.

6.5.1 *Espacios arquitectónicos*

- Ubicar los equipos de oficina de acuerdo con los criterios de diseño de la edificación.
- Despejar de muebles u otros obstáculos las entradas de la iluminación natural al interior de los ambientes. Aprovechar los aportes de iluminación natural a través de ventanas o traslúcidos para disminuir los requerimientos de iluminación artificial.
- Arborizar las áreas exteriores adyacentes a los edificios. Las masas de vegetación producen sombras sobre los cerramientos y modifican favorablemente el microclima circundante, por lo cual mejora el comportamiento térmico de las edificaciones requiriendo menos consumo de energía para los sistemas de aire acondicionado.

6.5.2 *Cerramientos interiores*

- Mantener paredes, puertas y pisos limpios.
- Mantener ventanas y cristales limpios.

6.5.3 *Computadores*

- Apagar la computadora durante las pausas largas en el trabajo.
- Apagar el monitor cuando haga paradas de más de 15 minutos. (El monitor aún con protector de pantalla, sigue consumiendo energía).
- Activar la opción de apagado automático.
- Desconectar totalmente la computadora de la red al final del día.
- Desenchufar las fuentes de alimentación de las computadoras cuando éstas no trabajen.
- Usar computadoras e impresoras del tipo de bajo consumo. Algunos de estos equipos poseen la etiqueta “EnergyStar”.

6.5.4 *Sistema de iluminación*

- Verificar periódicamente la instalación eléctrica del sistema de iluminación. (Es de gran importancia establecer cronogramas de mantenimiento que comprendan actividades preventivas y correctivas, cuyo fin es optimizar el rendimiento de las instalaciones luminosas).
- Incentivar a estudiantes, profesores y docentes para que reporte al encargado de mantenimiento anomalías detectadas tales como: calentamiento en los elementos de control de la iluminación o cualquier otro componente, lámparas quemadas, cables sueltos o casos semejantes.
- Apagar la luz en horas no laborables.
- Colocar etiquetas recordatorias para apagar la luz.
- Limpiar periódicamente bombillos, lámparas y demás componentes. (La suciedad reduce la cantidad y calidad de la iluminación, así como también la vida útil de los equipos).

6.5.5 *Tomacorrientes*

- Conectar un solo aparato por tomacorriente. (Conectar muchos aparatos a un mismo tomacorriente, utilizando enchufes múltiples y extensiones puede provocar sobrecalentamientos, cortocircuitos y contribuye al desperdicio de energía eléctrica).
- Incentivar al usuario para reportar al área de mantenimiento cualquier irregularidad que se observe: cables pelados, interruptores rotos, etc.

6.5.6 *Motores eléctricos*

- Verificar que los circuitos de alimentación de motores eléctricos y equipos especiales estén diseñados e instalados de acuerdo con los requerimientos de la carga conectada, de no ser así realizar las correcciones necesarias.
- Verificar periódicamente las condiciones de funcionamiento de los circuitos: conductores, cajetín, etc.
- Incentivar al usuario para que reporte situaciones irregulares tales como calentamientos, cables pelados, interruptores rotos, etc.

6.6 **Medidas de mayor costo económico**

Involucra costos o inversiones bajas o intermedias; está vinculado a acciones de remodelaciones sencillas, reemplazo de equipos e instalación de controladores de encendido y apagado de equipos.

6.6.1 *Espacios arquitectónicos*

- Revisar el diseño interno de las oficinas, de manera de aprovechar mejor la iluminación natural.
- De ser factible utilizar puertas de vidrio.

6.6.2 *Cerramientos exteriores*

- Pintar de colores claros las paredes exteriores.
- Pintar exteriormente el techo con pintura reflectante, en especial si se trata de una superficie horizontal.

6.6.3 *Cerramientos interiores*

- Pintar las paredes y los techos interiores con colores claros (preferiblemente blanco) y cambiar el acabado final del piso por material de color claro. Al llevar las reflectividades de paredes - techos - pisos desde 50%-30%-20% (común) a 80%-60%-40% se logra elevar el llamado “Coeficiente de Utilización” del sistema de iluminación de 0,53 a 0,63. Estos datos indican que con colores claros se puede ahorrar cerca de un 15% de la energía consumida en sistemas de iluminación.

6.6.4 *Equipamiento interior*

- Reponer computadoras, fax, fotocopiadoras, plotter, etc. por equipos eficientes desde el punto de vista energético En algunos casos estos equipos poseen la etiqueta “EnergyStar”.
- Colocar temporizadores de apagado automático para equipo de oficina común: fotocopiadora, fax.

6.6.5 *Motores eléctricos*

- Cambiar los motores eléctricos estándar por motores de alta eficiencia.

6.7 Plan de acción

Para iniciar el Plan se deben llevar a cabo las siguientes actividades:

1. Aplicar inmediatamente las medidas que no llevan costo o tiene un bajo costo económico involucrado, debiéndose dar instrucciones precisas a todo el personal de las normas a implementar para ahorro energético que conllevan cambios de conducta y/o hábitos (apagado de luces, computadores, etc.)
2. Formar un Comité de Ahorro Energético.
3. Lanzamiento de una campaña de ahorro energético por medio de la elaboración de afiches a colocar en las diferentes áreas de trabajo.
4. Revisar las cifras de consumo energético, factor de potencia y tarifa aplicada.
5. Dar seguimiento a los resultados de las medidas en concordancia con su aplicación.

Este plan de ahorro deber ser ejecutado con el propósito de beneficiar al uso racional de energía y aplicado en las edificaciones que conforman la Facultad de Mecánica, para ello se debe contar con el respaldo del Departamento de Mantenimiento y Seguridad de la Facultad para constatar que se estén cumpliendo con las medidas de ahorro energético establecidos.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

La Auditoría Energética realizada, muestra un ahorro de energía eléctrica con las diversas propuestas, quedando este trabajo como guía para auditorías posteriores para incentivar a un ahorro global en la EsPOCH y contribuyendo al medio ambiente con la reducción de emisiones de CO₂.

Las propuestas de ahorro energético mencionadas no afectan en lo más mínimo al confort y calidad de vida de los habitantes de la Facultad de Mecánica.

Como la Facultad de Mecánica se trata de una entidad educativa, la electricidad se consume en mayor proporción en los talleres con equipos como: soldadoras, tornos, motores.

La Facultad de Mecánica no cumple en ninguno de sus cinco transformadores con la Regulación del CONELEC a cuanto factor de potencia, ya que en la actualidad sus valores se hallan muy por debajo del límite establecido de 0,92, teniendo un factor de potencia global de 0,821 en cambio a lo que se refiere a voltaje se encuentra en nivel óptimo.

Las fases de tres de los cinco transformadores que alimentan la Facultad de Mecánica se encuentran parcialmente equilibradas, mientras que los dos restantes se encuentran totalmente desequilibradas.

El factor de potencia global de la EsPOCH tiene un valor de 0,97 esto quiere decir que el bajo factor de potencia de la Facultad de Mecánica es recompensado por las demás facultades, evitándose el pago por penalización que se provoca en la Facultad de Mecánica.

7.2 Recomendaciones

Retirar las luminarias quemadas y en mal estado, ya que provocan un consumo innecesario de electricidad, además dar un mantenimiento adecuado como evitar la acumulación de polvo o suciedad en las mismas.

Realizar una limpieza en las cajas térmicas de los edificios antiguos de la Facultad, ya que durante la auditoria se percató que las mismas se encontraban en mal estado.

Crear buenos hábitos de ahorro energético al personal, estudiantil y docente al momento de abandonar un taller, aula u oficina, mediante charlas o publicidad volante.

Apagar lámparas, computadoras, radios, televisores encendidos innecesariamente, esto contribuirá a un ahorro energético considerable.

Independizar en el laboratorio de materiales situado del edificio principal de la Facultad de Mecánica el control de la iluminación para cada aula, ya que por años se ha venido acarreado este problema de control, por lo que se ha provocado gran desperdicio de energía.

Instalar interruptores en cada aula del edificio de ajuste básico (CAB), ya que el control de la iluminación es mediante la caja principal eléctrica, incurriendo así al mal control de las luminarias allí existentes.

Colocar medidores de energía en las diferentes facultades de la Espoch, de esa manera se tendrá una idea de cuánto consume cada una de ellas, esto traería un gran beneficio para estudios similares posteriores a este.

Realizar un mantenimiento preventivo a los transformadores ya que el buen estado de estos beneficia a la suministración normal de energía eléctrica a los diferentes edificios de la Facultad.

BIBLIOGRAFÍA

B.B.L. 2013. Biblioteca. *Biblioteca*. [En línea] 01 de 01 de 2013. [Citado el: 01 de 01 de 2013.] http://biblioteca.itson.mx/oa/contaduria_finanzas/oa1/planeacion_evaluacion_financiera/p11.htm.

C.D.I. 2012. Cálculo de instalaciones de alumbrado de interiores. *Cálculo de instalaciones de alumbrado de interiores*. [En línea] 17 de 05 de 2012. [Citado el: 17 de 05 de 2012.] <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/calculo-alumbrado-interior.html>.

Comunidad de Madrid. 2010. *Guía técnica de Iluminación Eficiente*. Madrid : s.n., 2010. págs. 47, 48.

CONELEC. 2001. *Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución*. 2001.

E.P.A. 2013. EPA. *EPA*. [En línea] 12 de 01 de 2013. [Citado el: 12 de 01 de 2013.] <http://www.epa.gov/greenpower/pubs/calcmeth.htm>.

FRAILE, Jesús. 2003. *Máquinas Eléctricas*. Madrid : Mcgraw-hill, 2003.

INEN. 2011. Eiciencia Energética en la Construcción en Ecuador. Quito : s.n., 2011, págs. 41-44.

M.G.S. 2012. Monografías. *Monografías*. [En línea] 17 de 01 de 2012. [Citado el: 17 de 01 de 2012.] <http://www.monografias.com/trabajos82/analizador-redes/analizador-redes.shtml>.

MOLINA, José, CÁNOVAS, Francisco y Ruz, Francisco. 2010. *Motores y Máquinas Eléctricas*. 1. s.l. : Marcombo S.A, 2010. págs. 109-110.

REY, Francisco y VELASCO, Eloy. 1998. *Eficiencia Energética en Edificios*. España : McGraw-Hill, 1998.

S.E.E. 2012. Soluciones Eficiencia Energética. *Soluciones Eficiencia Energética*. [En línea] 04 de 02 de 2012. [Citado el: 04 de 02 de 2012.] <http://soluciones-eficiencia-energetica.blogspot.com/2010/06/iluminacion-eficiente-tipos-de.html>.

S.P.N. 2012. Sapiensman. *Sapiensman*. [En línea] 14 de 03 de 2012. [Citado el: 14 de 03 de 2012.] http://www.sapiensman.com/electrotecnia/motor_electrico2.htm.

SEAT. 2011. Conceptos Basicos de electricidad. 1. 2011, pág. 7.

V.T.H. 2012. Voltech. *Voltech*. [En línea] 16 de 02 de 2012. [Citado el: 06 de 02 de 2012.] <http://www.voltech.com.mx/focos.php>.

W.K.P. 2011. Wikipedia. *Wikipedia*. [En línea] 15 de 11 de 2011. [Citado el: 15 de 11 de 2011.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Lux%C3%B3metro>.

—. **2012.** Wikipedia. *Wikipedia*. [En línea] 12 de 07 de 2012. [Citado el: 20 de 07 de 2012.] http://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_interna_de_retorno.

—. **2012.** Wikipedia. *Wikipedia*. [En línea] 19 de 06 de 2012. [Citado el: 19 de 06 de 2012.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Inversi%C3%B3n>.

W.K.S. 2011. Wikispaces. *Wikispaces*. [En línea] 05 de 10 de 2011. [Citado el: 05 de 10 de 2011.] <http://potenciaelectrica.wikispaces.com/4+Potencia+Activa+-+Reactiva+-+Aparente>.