



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TEMA: ESTUDIO DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA
ELÉCTRICA EN EL HOSPITAL PÚBLICO GENERAL DE
MACAS**

AUTOR: ARTEAGA NAVARRETE, JOSÉ ALEJANDRO

DIRECTOR: ALBUJA ESPINOSA, LUIS ALBERTO

SANGOLQUÍ

2016



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación “ESTUDIO DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL HOSPITAL PÚBLICO GENERAL DE MACAS” realizado por el señor JOSÉ ALEJANDRO ARTEAGA NAVARRETE, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor JOSÉ ALEJANDRO ARTEAGA NAVARRETE para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 2 de febrero del 2016

**ING. ALBERTO ALBUJA E.
DIRECTOR**



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

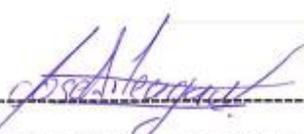
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, JOSE ALEJANDRO ARTEAGA NAVARRETE, con cedula de identidad N° 1719042499, declaro que este trabajo de titulación “ESTUDIO DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL HOSPITAL PÚBLICO GENERAL DE MACAS ” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 2 de febrero del 2016



JOSE ALEJANDRO ARTEAGA NAVARRETE
CC. 1719042499



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORIZACIÓN

Yo, JOSE ALEJANDRO ARTEAGA NAVARRETE, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “ESTUDIO DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL HOSPITAL PÚBLICO GENERAL DE MACAS” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 2 de febrero del 2016

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Jose Alejandro Arteaga Navarrete', is written over a horizontal dashed line.

JOSE ALEJANDRO ARTEAGA NAVARRETE

CC. 1719042499

DEDICATORIA

A Dios, por darme la gracia de vivir y disfrutar esta etapa de mi vida, por estar conmigo en cada paso que doy, fortaleciendo mi espíritu, e iluminando mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres, Mariana y Guillermo, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron, por sus valiosas enseñanzas, pilares fundamentales en mi vida. Mami, Papi, gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se los debo a ustedes.

A mi ñaño Ricardo, por ser más que un hermano, por su ejemplo un segundo padre en mi vida, por darme la confianza, su apoyo, y enseñarme a ser mejor cada día.

A mis sobrinos queridos Emily y Gabriel, por su amor y ternura que me dan, llenado mi vida de felicidad en cada momento, los quiero mucho.

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto, pero son parte valiosa de este proceso de mi vida, y los llevo en el corazón.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especial al Dr. Ricardo Torres Gerente del Hospital General de Macas, por la oportunidad y confianza depositada en mí, su apoyo incondicional durante mi vida y en la ejecución y desarrollo de este proyecto, de igual forma a todo el personal administrativo, médico y mantenimiento del hospital, gente cálida, quienes me recibieron y compartieron conmigo durante este periodo y son parte de este logro alcanzado.

Mi más grande agradecimiento a mis queridos padres por el sacrificio y apoyo incondicional, por su Santa bendición de todas las mañanas, por su gran amor. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir objetivos en mi vida.

Agradezco a mis familiares, tíos, y mi sobrinos que aportaron con el apoyo espiritual y moral, con esa alegría a la vida, he hicieron parte de este sueño que se ha logrado.

Agradezco a mis profesores y académicos parte de mi formación profesional de esta, nuestra universidad, y de manera muy especial al Ing. Alberto Albuja quien me ha dirigido en el desarrollo de este proyecto, transmitiéndome su gran experiencia y conocimiento más allá de lo académico.

Y a todas aquellas personas que me dieron esos buenos deseos y ánimos para seguir adelante muchas gracias.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN	xxii
ABSTRACT	xxiii
CAPÍTULO I	1
GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación e importancia.....	2
1.3. Alcance del proyecto.....	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. General	5
1.4.2. Específicos	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	
2.1. Marco legal.....	6
2.2. Normas y reglamentos aplicables.....	6
2.2.1. Regulación No. CONELEC – 004/01	7
2.2.2. ISO 500001	7
2.2.3. Norma técnica ecuatoriana NTE INEN-IEC 61000-2-2	8
2.2.4. Manual de eficiencia energética en edificios públicos.....	8
2.2.5. Código eléctrico NFPA 70	9
2.3. Definiciones eléctricas	9
2.4. Conceptos de gestión y uso eficiente de energía.....	10
2.4.1. Gestión energética en los edificios públicos	10

2.4.2. Usos de la energía	11
2.4.3. Ahorros potenciales	11
2.4.4. Eficiencia energética en Hospitales.....	12
2.5. Medidas de uso eficiente de la energía eléctrica	13
2.6. Mejoramiento de la eficiencia de usos finales	13
2.6.1. Abastecimiento de electricidad	14
2.6.2. Ventilación y climatización.....	15
2.6.3. Iluminación.....	15
2.6.4. Índice de eficiencia energética IEE.....	16
2.7. Ahorro de energía eléctrica en edificios y hospitales.....	16
2.7.1. Iluminación.....	17
2.7.2. Fuerza	18
2.7.3. Refrigeración y climatización	20
2.7.4. Ventilación	21
2.8. Parámetros de iluminación en hospitales	22
2.8.1. Iluminación salas de tratamiento y reconocimiento	22
2.8.2. Iluminación en áreas de hospitalización o habitaciones.....	24
2.8.3. Iluminación de quirófanos.....	24
2.8.4. Iluminación de unidades de cuidados intensivos UCI's.....	25
2.8.5. Iluminación en áreas de servicios.....	26
2.8.6. Iluminación de accesos exteriores.....	27
2.9. Sistemas automatizados de eficiencia lumínica	27
2.9.1. Salas de tratamiento y consultorios.....	28
2.9.2. Pasillos	29
2.9.3. Habitación de pacientes.....	29
2.9.4. Control eficiente de la iluminación	30
2.9.5. Zonas exteriores y letreros luminosos	30
2.9.6. Seccionamiento de áreas	32
2.9.7. Ahorro por apagado parcial (doble circuito)	33
2.10. Instalaciones eléctricas en hospitales	34
2.10.1. Tipos de suministro	35
2.10.2. Criterios de diseño de continuidad del suministro	35
2.10.3. Consideraciones básicas	35

2.10.4.	Fuentes de suministro y esquema de distribución	36
2.10.5.	Sistema eléctrico hospitalario.....	40
2.10.6.	Sistema Puesta a Tierra en hospitales.....	42
2.10.7.	Sistemas grupos electrógenos de emergencia para hospitales.....	47
2.11.	Equipos De Medición Y Análisis Utilizados	49
2.11.1.	Pinza amperimétrica Fluke 345	49
2.11.2.	Registrador trifásico Fluke 1735	51
2.11.3.	Analizador de la energía eléctrica Fluke 434 Serie II	53
2.11.4.	Pinza amperimétrica Fluke 1630	55
2.11.5.	Fluke 1587/ET	57
2.11.6.	Amprobe ACD-41PQ 1000A	59
2.11.7.	Programas de análisis de mediciones eléctricas	60
2.12.	Definiciones de calidad eléctrica.....	61
2.12.1.	Nivel de voltaje.....	62
2.12.2.	Parpadeo (Flicker)	63
2.12.3.	Armónicos	63
2.12.4.	Factor de Potencia	65
2.12.5.	Cálculo de la potencia aparente y reactiva	65
2.13.	Evaluación económica de proyectos	67
2.13.1.	Período de Recuperación Simple (PRS).....	67
2.13.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	67
2.13.3.	Período de Recuperación de la Inversión (PRI)	68
CAPÍTULO III		70
DIAGNÓSTICO		
3.1.	Diagnóstico energético en edificios públicos	70
3.1.1.	Diagnóstico energético preliminar.....	70
3.1.2.	Diagnóstico energético de Nivel 1 (DEN1).....	70
3.2.	Descripción del hospital general de macas	71
3.2.1.	Organigrama estructural.....	73
3.3.	Descripción de la instalación eléctrica.....	75
3.3.1.	Sistema Eléctrico Esencial.....	75
3.3.2.	Sistema Eléctrico No Esencial	77
3.4.	Descripción de la acometida principal.....	78

3.4.1. Descripción de Rutas de alimentadores cercanos.....	79
3.5. Descripción de cuarto de transformadores	81
3.5.1. Grupo de Transformadores.....	81
3.5.2. Transformador de 250 KVA	82
3.5.3. Transformadores de 75 KVA	83
3.5.4. Medidor de energía.....	84
3.6. Descripción de grupo electrógeno.....	85
3.6.1. Cuarto de grupo electrógeno	87
3.6.2. Sistema Puesta a Tierra (SPT).....	87
3.7. Mediciones y diagnóstico energético	89
3.7.1. Registros de Mediciones – E.E. Centro Sur	90
3.7.2. Análisis de facturación de energía eléctrica del hospital	94
3.7.3. Consumo eléctrico de producción global	95
3.7.4. Mediciones y diagnóstico de Tableros Generales.	97
3.7.5. Tablero General Normal (TGN).....	97
3.7.6. Tablero General Emergencia (TGE)	129
3.7.7. Tablero Principal de Emergencia (TPE)	150
3.7.8. Tablero Principal Normal (TPN).....	163
3.7.9. Mediciones y diagnóstico de sub tableros de distribución ST	174
3.8. Medición de carga actual	184
3.8.1. Porcentaje de distribución de carga por usos finales.....	186
3.9. Medición y diagnóstico del sistema de iluminación	189
3.9.1. Distribución de luminarias por áreas de servicios.....	190
3.9.2. Medidas promedio de iluminancia por áreas de servicio	191
CAPÍTULO IV	195
PLAN DE EFICIENCIA DEL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	
4.1. Plan de eficiencia eléctrica en iluminación	195
4.2. Cambio a lámparas led de 18w	197
4.2.1. Corredores y salas de espera	197
4.2.2. Propuesta de reforma.....	199
4.2.3. Diseño del plan de eficiencia oficinas.....	200
4.2.4. Simulaciones DIALUX	203
4.2.5. Análisis económico	217

4.2.1. Análisis ambiental.....	218
4.2.2. Resumen reforma.....	219
4.3. Sistema automático de encendido de luminarias.....	221
4.3.1. Descripción de la medida.....	221
4.3.2. Plan de acción.....	221
4.3.3. Análisis económico.....	223
4.3.4. Análisis Ambiental.....	224
4.3.1. Resumen de la reforma.....	224
4.4. Apagado automático de pantallas y computadores.....	225
4.4.1. Descripción de la medida.....	225
4.4.2. Plan de acción.....	226
4.4.3. Análisis económico.....	227
4.4.4. Análisis ambiental.....	228
4.5. Control del sist. De aire acondicionado en oficinas.....	228
4.5.1. Descripción de la medida.....	228
4.5.2. Plan de acción.....	229
4.5.3. Análisis económico.....	230
4.5.4. Análisis ambiental.....	230
4.6. Resumen general de las medidas propuestas.....	231
4.7. Gestión de uso eficiente de la energía eléctrica.....	234
4.7.1. Comité de gestión de eficiencia energética (CGEE).....	235
4.7.2. Política Energética.....	236
4.7.3. Proceso de gestión en el uso eficiente de la energía eléctrica.....	237
CAPÍTULO V	242
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	
5.1. Red de medio voltaje de alimentación alterna.....	242
5.1.1. Arranque de la red.....	243
5.1.2. Estudio de la demanda.....	245
5.1.3. Equipos de protección.....	245
5.2. Equipos y materiales.....	246
5.3. Sistema de transferencia automática.....	246
5.3.1. Sistema automático T-A.....	247
5.3.2. Funcionamiento.....	248

5.4. Presupuesto	250
CONCLUSIONES.....	252
RECOMENDACIONES.....	253
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	256
ANEXOS 1	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS 2	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS 3	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS 4	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS 5	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS 6	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS 7	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros recomendados para salas de reconocimiento y tratamiento	23
Tabla 2 Parámetros recomendados para zona de camas y servicios	24
Tabla 3 Parámetros recomendados para quirófanos.....	25
Tabla 4 Parámetros recomendados para la UCI's	26
Tabla 5 Parámetros recomendados para las áreas de servicio.....	26
Tabla 6 Parámetros recomendados para accesos exteriores.....	27
Tabla 7 Tolerancia para las tensiones Norma ANSI.....	62
Tabla 8 Tolerancia y rangos de armónicos	64
Tabla 9 Número total de camas, cunas y cubículos del H.G.M.....	74
Tabla 10 Distribución de tableros Sistema Eléctrico Esencial (Emergencia).....	76
Tabla 11 Distribución de tableros Sistema Eléctrico No Esencial (Normal).....	77
Tabla 12 Características generales del transformador 250 KVA.....	82
Tabla 13 Características de V_{in} del transformador 250 KVA	82
Tabla 14 Características de V_{out} del secundario del transformador 250KVA.....	83
Tabla 15 Características generales del transformador 250 KVA.....	83
Tabla 16 Características generales del transformador 75 KVA.....	84
Tabla 17 Características generales del transformador 75KVA.....	84
Tabla 18 Características del medidor de energía eléctrica.	85

Tabla 19 Características del grupo electrógeno HGM.....	86
Tabla 20 Promedio de resistencia y corriente SPT pararrayo	88
Tabla 21 Promedio de resistencia y corriente SPT Quirófano.....	89
Tabla 22 Consumo de energía semestre 1 -2015 H.G.M.	91
Tabla 23 Valores estadísticos del perfil de carga de un día promedio H.G.M.	93
Tabla 24 Estadística de producción hospitalaria.....	96
Tabla 25 Valores- índice de calidad de registros de voltaje por fase TGM.....	99
Tabla 26 Valores estadísticos de corriente por fase TGN.....	105
Tabla 27 Desequilibrio de fases - corriente TGN	106
Tabla 28 Valores estadísticos potencia activa total -TGN.....	111
Tabla 29 Valores estadísticos potencia aparente total -TGN.....	113
Tabla 30 Valores estadísticos potencia reactiva total –TGN	115
Tabla 31 Valores estadísticos factor de potencia total -TGN	119
Tabla 32 Valores- índice de calidad de registros de voltaje por fase TGE.....	131
Tabla 33 Valores estadísticos de corriente por fase TGE	135
Tabla 34 Desequilibrio de corriente por fases –TGE.....	137
Tabla 35 Valores estadísticos potencia activa total -TGE	140
Tabla 36 Potencia activa del grupo electrógeno	140
Tabla 37 Valores estadísticos potencia aparente total -TGN.....	142
Tabla 38 Potencia aparente del grupo electrógeno	142
Tabla 39 Valores estadísticos potencia aparente total -TGE	145
Tabla 40 Valores estadísticos factor de potencia por fase -TGE	148
Tabla 41 Valores- índice de calidad de registros de voltaje por fase TPE.....	152
Tabla 42 Desequilibrio de corriente por fases –TPE	155
Tabla 43 Valores estadísticos potencia total –TPE.....	158
Tabla 44 Valores estadísticos factor de potencia total -TGN	161
Tabla 45 Valores- índice de calidad de registros de voltaje por fase TPN	165
Tabla 46 Valores estadísticos de corriente por fase TPN	166
Tabla 47 Desequilibrio de fases - corriente TPN.....	168
Tabla 48 Valores estadísticos de potencia activa, aparente y reactiva.....	172
Tabla 49 Valores estadísticos factor de potencia total -TPN	173
Tabla 50 Mediciones voltaje y corriente sub tableros de distribución.....	176
Tabla 51 Mediciones de potencia activa y aparente en sub tableros.....	179

Tabla 52 Mediciones de potencia reactiva y factor de potencia sub tableros	180
Tabla 53 Características del motor eléctrico -bombas de agua.....	181
Tabla 54 Valores pico de arranque del motor	182
Tabla 55 Valores durante período 15 segundos estable	184
Tabla 56 Carga actual total instalada por usos finales	185
Tabla 57 Distribución de carga por usos finales	187
Tabla 58 Distribución de luminarias por áreas de servicios	190
Tabla 59 Medidas de iluminancia en por áreas de servicio	192
Tabla 60 Medidas de iluminancia en horario nocturno por áreas	193
Tabla 61 Baremo índice de eficiencia eléctrica para centros hospitalarios	196
Tabla 62 Selección de áreas para mejora y eficiencia lumínica.....	196
Tabla 63 Dimensiones de las áreas de corredores y salas de espera.....	197
Tabla 64 Índice de eficiencia eléctrica, lámparas y potencia instalada.....	199
Tabla 65 Propuesta de reforma iluminación en corredores y salas de espera	200
Tabla 66 Dimensiones de las áreas de oficinas.....	200
Tabla 67 Numero de lámparas e- índice de eficiencia eléctrica.....	201
Tabla 68 Propuesta de reforma iluminación en oficinas	202
Tabla 69 Áreas de Simulación	203
Tabla 70 Resumen datos simulados Área 1	205
Tabla 71 Resumen datos simulados Área 2	207
Tabla 72 Resumen datos simulados Área 3	208
Tabla 73 Resumen datos simulados Área 4	209
Tabla 74 Resumen datos simulados Área 5	211
Tabla 75 Resumen datos simulados Área 6	212
Tabla 76 Resumen datos simulados Área 7	214
Tabla 77 Resumen datos simulados Área 8	215
Tabla 78 Resumen datos simulados Área 9	217
Tabla 79 Análisis económico cambio lámparas.....	218
Tabla 80 Impacto ambiental cambio lámparas.....	218
Tabla 81 Resumen de reforma cambio lámparas	219
Tabla 82 Disminución de carga en TGE.....	220
Tabla 83 Áreas de instalación sensores de movimiento y crepuscular	221
Tabla 84 Características generales del sistema	222

Tabla 85 Análisis económico sistema automático de encendido de luminarias.	223
Tabla 86 Impacto ambiental encendido automático.....	224
Tabla 87 Resumen de reforma encendido automático	224
Tabla 88 Descripción de la medida - número de computadores y pantallas	225
Tabla 89 Equipos a intervenir con la medida propuesta	227
Tabla 90 Análisis económico sistema automático de encendido de luminarias	227
Tabla 91 Impacto ambiental apagado monitores	228
Tabla 92 Equipos de aire acondicionado instalado	229
Tabla 93 Análisis económico ahorro aire acondicionado	230
Tabla 94 Impacto ambiental sistema aire acondicionado	230
Tabla 95 Tabla resumen de medidas planteadas para el H.G.M.....	232
Tabla 96 Indicadores de Eficiencia Energética en el Hospital General de Macas...	233
Tabla 97 Presupuesto económico para segunda red eléctrica y Sist. de T.A	251

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Medidas de ahorro energético.....	17
Figura 2 Interruptor crepuscular.....	31
Figura 3 Interruptor horario astronómico.....	32
Figura 4 Interruptor de proximidad.....	32
Figura 5 Estabilizador reductor	33
Figura 6 Doble acometida – hospital	37
Figura 7 Esquema en anillo de la Red de MV para el Suministro Normal	38
Figura 8 Red de MV Generación Centralizada y transferencia en MV	39
Figura 9 Sistema Eléctrico esencial	39
Figura 10 Sistema eléctrico típico de hospitales	40
Figura 11 Sistema Eléctrico Hospitalario	40
Figura 12 Componentes de un SPT.....	46
Figura 13 Pinza amperimétrica Fluke 345	50
Figura 14 Registrador Trifásico Fluke 1735	51
Figura 15 Fluke 434	53
Figura 16 Fluke 1630	56

Figura 17 Kit avanzado	57
Figura 18 Amprobe ACD-41PQ 1000A	59
Figura 19.Triángulo de potencias.....	66
Figura 20 Flujo de costos y gastos TIR.....	68
Figura 21 Mapa de ubicación del Hospital General de Macas.....	73
Figura 22 Organigrama estructural HGM	74
Figura 23 Esquema de sistema eléctrico del Hospital General de Macas.....	75
Figura 24. Plano de red eléctrica MV – acometida al H.G.M.....	78
Figura 25 Ingreso de acometida al hospital.....	79
Figura 26 Plano de redes de alimentadores cercanos al H.G.M.....	79
Figura 27 Poste seccionador manual alimentador N° 2122 y N°2121.....	80
Figura 28 Rutas de posible extensión del alimentador 2121 hasta el H.G.M	80
Figura 29 Cuarto de transformadores.....	81
Figura 30 Cuarto de Transformadores HGM.....	81
Figura 31 Medidor ELSTER instalado en el H.G.M.	84
Figura 32 Grupo Electrónico instalado en el HGM	86
Figura 33 Cuarto de grupo electrógeno.....	87
Figura 34 SPT pararrayos instalado en el H.G.M.	88
Figura 35 SPT quirófanos instalado en el HGM.....	89
Figura 36 Energía promedio consumida Semestre I-2015.....	90
Figura 37 Demanda Promedio Medida Semestre I-2015 H.G.M.....	91
Figura 38 Perfil de carga promedio del semestre I-2015	92
Figura 39 Registro tiempo real de potencia del transformador de RX de 75 kVA.....	95
Figura 40 Forma de onda - voltaje de fase TGN.....	98
Figura 41 Diagrama fasorial voltaje TGN	98
Figura 42 Registro de mediciones voltaje de fase TGN	99
Figura 43 Comparativo Total de Voltaje por Fase –TGN	100
Figura 44 Índice de calidad de Voltaje por Fase- TGN	100
Figura 45 Estadística de eventos Voltaje TGN	101
Figura 46 Tendencia Semanal de Voltaje Total TGN.....	102
Figura 47 Voltaje día promedio (Vac)- TGN.....	103
Figura 48 Forma de onda de corriente TGN	104
Figura 49 Registro de mediciones - corriente de fase TGN.....	104

Figura 50 Picos de corriente por Fase –TGN.....	105
Figura 51 Estadística de eventos corriente TGN.....	106
Figura 52 Tendencia Semanal de Corriente Total –TGN	107
Figura 53 Corriente día promedio- TGN	108
Figura 54 Registro de mediciones - frecuencia TGN.....	108
Figura 55 Índice de calidad de frecuencia Total –TGN.....	109
Figura 56 Estadística de eventos frecuencia TGN	109
Figura 57 Tendencia de frecuencia semanal –TGN.....	110
Figura 58 Frecuencia día promedio- TGN	110
Figura 59 Registros en tiempo real de potencia activa.	111
Figura 60 Comparativo potencia activa total –TGN.....	112
Figura 61 Estadística de eventos potencia activa – TGN.....	112
Figura 62 Registros en tiempo real de potencia aparente	113
Figura 63 Comparativo potencia aparente total –TGN	114
Figura 64 Estadística de eventos potencia aparente – TGN.....	114
Figura 65 Registros en tiempo real de potencia reactiva	115
Figura 66 Comparativo potencia reactiva total TGN.....	116
Figura 67 Estadística de eventos potencia reactiva – TGN.....	116
Figura 68 Potencia activa, aparente y reactiva total - día promedio TGN.....	117
Figura 69 Tendencia semanal de Potencia Activa y Aparente Total – TGN.....	118
Figura 70 Tendencia Semanal de Potencia Reactiva Total- TGN	118
Figura 71 Registros en tiempo real de factor de potencia.....	119
Figura 72 Comparativo Factor de Potencia total TGN	120
Figura 73 Comparativo Factor de Potencia por Fase -TGN	120
Figura 74 Estadística de eventos factor de potencia – TGN	121
Figura 75 Factor de potencia día promedio.....	121
Figura 76 Tendencia semanal de factor de potencia TGN.....	122
Figura 77 Registros en tiempo real Energía activa y reactiva en intervalos TGN...	123
Figura 78 Registros tiempo real Energía activa y reactiva– TGN	123
Figura 79 Energía total semanal TGM.....	124
Figura 80 Comparativo Armónicos V por Fase -TGN	125
Figura 81 Armónicos (THD V) Día Promedio	125
Figura 82 Tendencia Semanal de Armónicos THD V Total- TGN	126

Figura 83 Comparativo Armónicos A por Fase -TGN	127
Figura 84 Armónicos (THD A) Día Promedio	128
Figura 85 Tendencia Semanal de Armónicos (THD A) Total- TGN.....	128
Figura 86 Forma de onda - voltaje de fase-TGE.....	129
Figura 87 Diagrama fasorial voltaje TGE.....	130
Figura 88 Desequilibrio fasorial voltaje y corriente – TGE.....	130
Figura 89 Registro de mediciones voltaje de fase TGE.....	131
Figura 90 Comparativo Total de Voltaje por Fase –TGE.....	132
Figura 91 Índice de calidad de Voltaje por Fase- TGE.....	132
Figura 92 Estadística de eventos Voltaje TGE	133
Figura 93 Tendencia Semanal de Voltaje Total –TGE	134
Figura 94 Voltaje día promedio –TGE.....	135
Figura 95 Registro de mediciones Corriente TGE.....	136
Figura 96 Picos de corriente por Fase –TGE	136
Figura 97 Registro de mediciones - corriente de fase TGE	138
Figura 98 Tendencia de Corriente Semanal Total –TGE.....	138
Figura 99 Corriente día promedio- TGE.....	139
Figura 100 Registros en tiempo real de potencia activa –TGE.....	140
Figura 101 Registros en tiempo real de potencia aparente -TGE	142
Figura 102 Estadística de eventos potencia aparente – TGE	144
Figura 103 Registros en tiempo real de potencia reactiva –TGE.....	145
Figura 104 Potencia activa, aparente y reactiva día promedio - TGE	146
Figura 105 Tendencia semanal de Potencia Activa y Aparente - TGE.....	147
Figura 106 Registros en tiempo real de factor de potencia TGE.....	147
Figura 107 Comprativo Factor de Potencia por fase total TGE.....	148
Figura 108 Factor de potencia día promedio L3- TGE.....	149
Figura 109 Factor de potencia día promedio L1-L2 TGE.....	149
Figura 110 Tendencia semanal Factor de Potencia L2 –TGE.....	150
Figura 111 Tendencia semanal Factor de Potencia L3-TGE	150
Figura 112 Forma de onda - voltaje de fase-TPE	151
Figura 113 Registro de mediciones voltaje de fase TPE.....	152
Figura 114 Comparativo Total de Voltaje por Fase –TPE.....	153
Figura 115 Voltaje día promedio –TPE	153

Figura 116 Registro de mediciones Corriente TPE.....	154
Figura 117 Picos de corriente por Fase –TGE	155
Figura 118 Corriente día promedio- TGE.....	156
Figura 119 Registro de mediciones - frecuencia TPE.....	157
Figura 120 Índice de calidad de frecuencia Total -TPS	157
Figura 121 Registros en tiempo real de potencia Activa y aparente TPE.....	158
Figura 122 Potencia activa -aparente- reactiva Total- TPE	159
Figura 123 Potencia activa, aparente y reactiva día promedio – TPE	160
Figura 124 Registros en tiempo real de factor de potencia TPE.....	160
Figura 125 Comparativo Factor de Potencia total TPE	161
Figura 126 Estadística de eventos factor de potencia – TPE	162
Figura 127 Tendencia de Factor de Potencia por Fase TPE	162
Figura 128 Forma de onda - voltaje de fase TPN	163
Figura 129 Registro de mediciones voltaje de fase TGN	164
Figura 130 Comparativo Total de Voltaje por Fase -TPN.....	164
Figura 131 Índice de Calidad de Voltaje por Fase- TPN	165
Figura 132 Voltaje día promedio- TPN	166
Figura 133 Registro de mediciones - corriente de fase TPN	167
Figura 134 Picos de corriente por Fase –TPN	167
Figura 135 Desequilibrio de fases - corriente TPN.....	168
Figura 136 Corriente día promedio- TPN	169
Figura 137 Registro de mediciones de frecuencia TPN.....	170
Figura 138 Registro de mediciones - Potencia Activa y Aparente - TPN	171
Figura 139 Potencia Activa, Aparente, Reactiva total - TPN	171
Figura 140 Potencia activa, aparente y reactiva día promedio – TPN.....	173
Figura 141 Comparativo Factor de Potencia por Fase -TPN	174
Figura 142 Sub tableros de distribución de en el área de emergencia.	175
Figura 143 Forma de onda de voltaje y corriente L1 ST5N	178
Figura 144 Forma de onda de voltaje y corriente L2 y L3 ST5N	178
Figura 145 Sistema de bombas de agua – cisterna.....	181
Figura 146 Medidas y osciloscopio de voltaje tablero STBE	182
Figura 147 Registros de arranque de motores eléctricos de bombas de agua.....	183
Figura 148 Registros de arranque de motores de bombas de agua	183

Figura 149 Señal de osciloscopio de corriente.....	184
Figura 150 Distorsión Armónica de corriente en arranque de motor.....	184
Figura 151 Distribución de carga instalada (kW)	186
Figura 152 Porcentaje de distribución de carga de usos finales en día promedio....	187
Figura 153 Curva de carga día promedio del Hospital General De Macas.....	188
Figura 154 Curva de carga total día promedio del H.G.M.....	189
Figura 155 Distribución de potencia de iluminación por áreas de servicios.....	191
Figura 156 Comparativoiluminancia horario nocturno.....	194
Figura 157 Procesado 3D Área 1	204
Figura 158 Representación en colores falsos Área 1	205
Figura 159 Procesado 3D Área 2	206
Figura 160 Representación en colores falsos Área 2	206
Figura 161 Procesado 3D Área 3	207
Figura 162 Representación en colores falsos Área 3	208
Figura 163 Procesado 3D Área 4	208
Figura 164 Representación en colores falsos Área 4	209
Figura 165 Procesado 3D Área 5	210
Figura 166 Representación en colores falsos Área 5	210
Figura 167 Procesado 3D Área 6	211
Figura 168 Representación en colores falsos Área 6	212
Figura 169 Procesado 3D Área 7	213
Figura 170 Representación en colores falsos Área 7	213
Figura 171 Procesado 3D Área 8	214
Figura 172 Representación en colores falsos Área 8	215
Figura 173 Procesado 3D Área 9	216
Figura 174 Representación en colores falsos Área 9	217
Figura 175 Ángulo de acción	222
Figura 176 Sist. de control y termostato -aire acondicionado en oficinas	229
Figura 177 Porcentaje de re distribución de usos finales.....	234
Figura 178 Macro actividades HCMBOK	237
Figura 179 Etapa de Iniciación y planificación	238
Figura 180 Etapa de adquisición.....	239
Figura 181 Etapa de Ejecución	239

Figura 182 Etapa de Implementación	240
Figura 183 Etapa de Finalización.....	240
Figura 184 Etapa de producción	241
Figura 185 Recorrido de extensión de red alterna MV del HGM.....	244
Figura 186 Postes actuales Calle Justa María Rivadeneira.....	244
Figura 187 Diagrama unifilar simplificado proyectado	247
Figura 188 Diagrama de flujo Sist. Transferencia	248
Figura 189 P&ID Sist. Transferencia Automático.....	249

RESUMEN

El presente proyecto de titulación presenta una evaluación detallada de la calidad del suministro de energía y sistema eléctrico del Hospital General de Macas, determinando los usos finales de energía eléctrica y su composición en la curva de carga de consumo de energía eléctrica, con la finalidad de determinar las áreas con menor uso eficiente de este recurso. Como resultado se exponen algunas medidas alternativas en los usos finales de: sistema de iluminación, sistema de cómputo y aire acondicionado. Comprende también un análisis técnico, ambiental y económico de estas propuestas en beneficio del hospital y del país al ser este una entidad pública. Estas propuestas se plantean bajo conceptos de un control automático propio del sistema, y cultura institucional en el uso de estos, sin afectar la calidad de seguridad de las instalaciones y servicios hospitalarios que ofrece esta casa de salud. En complemento se expone el estudio de factibilidad de la extensión del alimentador N°2121 como sistema redundante en el servicio eléctrico en medio voltaje, en el cual se exponen los trazados de recorrido, especificaciones técnicas materiales de la viabilidad de este. También comprende la factibilidad de un sistema de transferencia automática en bajo voltaje para la conexión de los alimentadores de red pública N°2122 y N°2121, con servicios generales del hospital. El estudio es realizado ya que estos sistemas son considerados importantes y necesarios dentro del índice de seguridad hospitalaria.

PALABRAS CLAVES

- **EFICIENCIA ELÉCTRICA**
- **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**
- **SISTEMA DE TRASFERENCIA AUTOMÁTICA**
- **USOS FINALES DE ENERGÍA ELÉCTRICA**
- **RED ELÉCTRICA**

ABSTRACT

This project presents a detailed assessment degree of quality of supply and electrical system of General Hospital of Macas, determining the electrical energy uses and its composition in consumption load curve, in order to determine areas with lower efficient use of electricity. As a result some measures alternatives are discussed, like lighting system, computer and air conditioning systems, which should be implemented with the aim of increasing efficiency in electrical energy use, also includes a technical, environmental and economic analysis of these proposals to benefit the hospital and the country because this is a public entity. These proposals are made under concepts of its own automatic electronic control system, and institutional culture in the use of these systems, without affecting the quality of security services and hospital facilities offering. Complementing the feasibility study on the extent of the feeder No. 2121 as a redundant system in medium voltage electrical service, which travel paths are set, technical specifications materials the feasibility of this is exposed. It also includes the feasibility of an automatic transfer in low voltage for connection to the public network feeders No. 2122 and No. 2121 with general hospital services. The study is conducted as these systems are considered important and necessary in the Hospital Safety Index.

KEY WORDS

- **AUTOMATIC TRANSFER SYSTEM**
- **ELECTRICAL POWER SUPPLY**
- **END USES OF ELECTRICITY**
- **FEASIBILITY STUDY**
- **POWER EFFICIENCY**

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

En este capítulo se presenta aspectos generales de la definición del presente proyecto de grado. En el cual se detalla su objetivo y alcance de acuerdo a la descripción del problema identificado.

1.1. Antecedentes

El Hospital General de Macas en la provincia de Morona Santiago inaugurado en el 13 de abril del 2011, cuenta con un área de construcción de 3900 m², en un terreno de 10.000 m², para una capacidad de 70 camas en hospitalización, y sirve a una población de 145.000 habitantes pertenecientes al cantón Morona y a otras zonas de la Amazonia como son Pastaza y Zamora.

Hoy en la actualidad esta casa asistencial debido al rápido crecimiento poblacional del 2% anual, tiene un alto índice de demanda en sus servicios, es así que en consulta externa se atiende alrededor de 250 pacientes diarios con un 95% aproximado de ocupación total de camas disponibles en pacientes atendidos.

El Hospital tiene un proceso de mejora continua, mérito por el cual recibió uno de los más altos reconocimientos que es la Acreditación “Oro” basado en estándares internacionales “Qmentum International” desarrollado por Acreditación Canadá Internacional “ACI”, para calidad en servicios hospitalarios y bienestar de los pacientes.

Dentro estos objetivos de ofrecer servicios de salud con calidad, se plantean en el Índice de Seguridad Hospitalaria aspectos estructurales que deben ser intervenidos. Entre estos se identifica la necesidad del análisis de los usos finales de la energía eléctrica en el hospital, así como también la seguridad en el sistema de suministro eléctrico, en la que se considera la falta de un sistema redundante en el servicio eléctrico con la necesidad de una red alterna de emergencia en media voltaje para el hospital y el dimensionamiento de un generador eléctrico adicional de emergencia, que abastezca la carga actual y la proyección de crecimiento de carga futura,

considerando un análisis de factibilidad de un sistema automatizado de control en eficiencia de los usos finales del consumo eléctrico.

El hospital cuenta con una sola línea de alimentación eléctrica trifásica en media voltaje (22.8 KV), y en caso de que esta fallase existe un generador electrógeno a diésel de 80 KVA en baja voltaje, que se activa automáticamente después de una falla o corte eléctrico de la red, el cual cubre la demanda por servicios: el 100% en las áreas críticas de servicios como las de cirugía, laboratorios cuarto de máquinas, control de gas medicinal, emergencia y el 50% en los servicios de consulta externa, hospitalización, cocina y lavandería. Adicionalmente el hospital no cuenta con un sistema de control y un programa de eficiencia eléctrica, especialmente en iluminación y servicios generales.

Los edificios pertenecientes a la administración pública en el Ecuador presentan en muchos casos un alto consumo de energía, debido por una parte a la falta de hábitos de uso racional de la energía por parte del personal que labora en los mismos, y por otra parte, muchas de ellas no tienen sistemas y equipos de uso final eficientes principalmente en los sistemas de iluminación, ascensores, sistema ininterrumpido de energía (UPS), motores HVAC, etc., y su distribución y balance de cargas.

Dentro de este marco el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, empeñado en mejorar la eficiencia energética para lograr disminuir la brecha entre producción y consumo, sin sacrificar los niveles de productividad y bienestar, viene desarrollando un conjunto de proyectos dirigidos a fomentar el uso eficiente de la energía en todos los sectores, instalaciones y edificios públicos, siendo estos puntos antes mencionados meritorios en su análisis.

1.2. Justificación e importancia

Este proyecto de grado comprende el estudio de los usos finales de la energía eléctrica en el Hospital General de Macas, en el cual se analiza la factibilidad de sistemas automatizados de control para eficiencia. Adicionalmente analizar sistemas redundantes de suministro eléctrico para la extensión de una alimentación adicional de red eléctrica en medio voltaje y dimensionamiento de un nuevo generador de

emergencia para el hospital (requerimientos establecidos dentro del índice de seguridad hospitalaria).

Esta necesidad nace ya que se ha detectado un desbalance de cargas en los tableros y sub tableros por parte del personal de mantenimiento del Hospital, para lo que es necesario realizar un análisis de la energía eléctrica y un balance de cargas de acuerdo a la norma ANSI/IEE C62.4.1-1_C62.4.2 y la 004-01 del CONELEC para servicios eléctricos hospitalarios.

Igualmente la ausencia de un sistema de *back up* energía eléctrica en áreas críticas del hospital, resulta de alto riesgo en cualquier procedimiento médico y/o quirúrgico. Por lo que su importancia nace ya que el servicio eléctrico en el hospital tiene interrupciones constantes por factores en sus condiciones geográficas, climatológicas, medioambientales, por lo cual restablecer el servicio eléctrico cuando se produce un corte en el suministro, muchas veces no se lo puede hacer a tiempo y pone en riesgo la autonomía de generación y abastecimiento energético en la áreas críticas al 100%.

Cabe recalcar que el objetivo principal de un sistema eléctrico eficiente es garantizar el uso adecuado de la energía suministrada en el interior del hospital, cumpliendo estándares, balance de cargas y sistemas de protección eléctrica para el correcto funcionamiento de equipos muy sensibles como son los instrumentos electrónicos para la medicina. Paralelamente un sistema redundante de red eléctrica para el hospital tiene como objetivo el garantizar el 100% en todos los servicios hospitalarios críticos que ofrece en atención a los pacientes como principales beneficiarios de la salud pública en esta zona del país ante cualquier eventualidad que se presente de corte o falla del suministro eléctrico.

En hospitales y centros de asistencia médica, ante una eventual suspensión del servicio eléctrico produciría además de las pérdidas económicas la posibilidad de pérdidas de vidas humanas que es lo más importante de mitigar.

De igual forma el MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE Y EL COLEGIO DE INGENIEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS DE PICHINCHA, han generado en conjunto un MANUAL DE

EFICIENCIA ENERGETICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS. Con este programa se busca que el sector público dé el ejemplo necesario en la aplicación del uso eficiente de la energía, así como también optimizar el gasto fiscal, hacer un uso eficiente y eficaz de los recursos públicos, y reducir el impacto ambiental que inevitablemente se produce como consecuencia de la generación y uso final de la energía (iluminación, fuerza, datos y comunicación, HVAC, etc.).

Desde el punto de vista educativo permitirá desarrollar conceptos de instalaciones industriales, electrónica, electrónica de potencia, domótica, control industrial, conocimientos técnicos de redes eléctricas en media voltaje, sistemas de manejo energético eficiente, equipos de medición eléctrica, filtros, diseño de planos y gestión de proyectos.

De esta forma comprender una formación integral para el entorno laboral en el cual se desarrolla la Electrónica, Automatización y Control con un perfil profesional en gestionar proyectos en el ámbito de la eléctrica y electrónica con responsabilidad social, de acuerdo a estándares y normativas nacionales como también procedimientos internacionales.

1.3. Alcance del proyecto

El presente proyecto de grado abarca el análisis del sistema eléctrico del Hospital General de Macas, para lo cual es necesario identificar servicios de uso final que pueden ser más óptimos y eficientes en el consumo mediante un plan de factibilidad de un sistema automatizado de control. Así también se evaluará la calidad de la energía eléctrica dentro los rangos de distorsión armónica, frecuencia, flicker, voltaje y calidad de la forma de onda, corriente, y sistemas de protección eléctrica que se establecen en las normativas para servicios eléctricos hospitalarios. En consecuencia de este estudio es importante el análisis de factibilidad de sistemas redundantes en el suministro eléctrico para la extensión de una alimentación adicional de red eléctrica en medio voltaje, también el diseño y dimensionamiento de un nuevo generador de emergencia para el hospital. Para esto es necesario identificar el estado actual de la red y carga eléctrica que tiene el hospital y su proyección de carga futura.

El estudio de usos finales de la energía eléctrica se lo realizará sobre la base del MANUAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS publicado por el MINISTERIO DE ELECTRICIDAD DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EL COLEGIO DE INGENIEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS DE PICHINCHA en diciembre del 2008, para los estudios de diagnósticos energéticos en edificios públicos.

El proyecto estará regido de acuerdo a normas técnicas dictadas internacionalmente por la NFPA y normativas del suministro eléctrico establecidas en el país por el ARCONEL y E.E. CENTRO SUR que tienen para la ejecución de proyectos eléctricos hospitalarios en la ciudad de Macas.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Analizar los sistemas de uso final de la energía eléctrica, para mejorar su eficiencia mediante controles automáticos en el Hospital General de Macas.

1.4.2. Específicos

- Estudiar e identificar la factibilidad y diseño de un sistema automatizado de control para eficiencia eléctrica en los sistemas de uso final.
- Establecer la carga interna existente y determinar la proyección de carga futura para el dimensionamiento de un nuevo generador de emergencia para el hospital.
- Estudiar la factibilidad de sistemas redundantes de servicios eléctricos en medio voltaje.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se hace una recopilación, síntesis y resumen de varias literaturas técnicas y normas, para establecer el marco teórico de este proyecto de grado. Se desarrollada conceptos y definiciones de energía, eficiencia energética y seguridad eléctrica para edificios de servicios hospitalarios.

2.1. Marco legal

Para la ejecución de este proyecto de estudio han considerado las normativas legales en aspectos de diseño, distribución, análisis de calidad, y eficiencia energética que están vigentes para proyectos eléctricos dentro del área de concesión de la empresa eléctrica Centro Sur bajo la regulación del ARCONEL. Adicionalmente se contemplan buenas prácticas y normativas internacionales como la NFPA 70 (*National Fire Protection Association*) y el Código Eléctrico Nacional NEC del INEN.

2.2. Normas y reglamentos aplicables

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador, empeñado en mejorar la eficiencia energética para lograr disminuir la brecha entre producción y consumo, sin sacrificar los niveles de productividad y bienestar, viene desarrollando un conjunto de proyectos, dirigidos a fomentar el uso eficiente de la energía en todos los sectores de la oferta y la demanda de energía

Considerando el consumo de energía a nivel nacional, y la importancia que tiene el ahorro de energía eléctrica en el sector público, se ha establecido uno de estos proyectos es el Programa de Eficiencia Energética en los Edificios Públicos. Este programa tiene como objetivo central concientizar a los trabajadores del sector público en una cultura de uso eficiente de energía, Con este programa se busca que el sector público dé el ejemplo necesario en la aplicación del uso eficiente de la energía eléctrica, así como también optimizar el gasto fiscal, hacer un uso eficiente y eficaz de los recursos públicos, y reducir el impacto ambiental que inevitablemente se produce como consecuencia de la generación y uso de la energía.

2.2.1. Regulación No. CONELEC – 004/01

Esta regulación establece las definiciones, aspectos de calidad, rangos y niveles de voltaje, perturbaciones de voltaje, y factor de potencia, adicionalmente a la LEY DEL RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO cuenta con normas, reglamentos y regulaciones emitidas por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL anteriormente llamado Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC. Por tanto Centro Sur al ser una empresa de distribución y comercialización bajo la supervisión del ARCONEL se rige y adopta estas normativas dentro sus políticas

- **Objetivo**

Esta regulación tiene como objetivo establecer los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser regulados por parte de las Empresas Distribuidoras.

- **Responsabilidad y alcance**

Las Empresas Distribuidoras tienen la responsabilidad de prestar el servicio eléctrico a los Consumidores ubicados en su zona de Concesión, dentro de los niveles de calidad establecidos, en virtud de lo que señala la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, los reglamentos aplicables, el Contrato de Concesión y las Regulaciones correspondientes

2.2.2. ISO 50001

Es una Norma Internacional voluntaria desarrollada por ISO (Organización Internacional de Normalización). La ISO 50001 proporciona sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso en general, siendo referencia para el presente estudio.

ISO 50001 brinda a las organizaciones los requisitos para los sistemas de gestión de energía (SGEn). También Proporciona beneficios para las organizaciones grandes y pequeñas, en los sectores público y privado, en la manufactura y los servicios, en todas las regiones del mundo.

ISO 50001 establece un marco para las plantas industriales, instalaciones comerciales, institucionales y gubernamentales, y organizaciones enteras para gestionar la energía.

Se estima que la norma, dirigida a una amplia aplicabilidad a través de los sectores económicos nacionales, podría influir hasta en un 60% del consumo de energía del mundo.

2.2.3. Norma técnica ecuatoriana NTE INEN-IEC 61000-2-2

Esta Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-IEC 61000-2-2:2002 es una adopción idéntica de la Norma Internacional IEC 61000-2-2:2002 Compatibilidad Electromagnética (EMC) - Parte 2-2: Medio Ambiente - Los Niveles De Compatibilidad De Baja Frecuencia Perturbaciones Conducidas Y Señalización En Los Sistemas De Alimentación De Baja voltaje.

- **Objetivo**

Esta norma se refiere a las perturbaciones conducidas en el rango de frecuencias de 0 kHz a 9 kHz, con una frecuencia de voltaje hasta 148,5 kHz para los sistemas de transmisión de señales en la red. Se dan los valores numéricos de los niveles de compatibilidad para las redes de distribución pública de corriente alterna en baja voltaje, con un voltaje nominal máxima de 420 V monofásica, o 690 V trifásica, y una frecuencia nominal de 50Hz o 60Hz. (INEN, 2014).

2.2.4. Manual de eficiencia energética en edificios públicos

- **Objetivo**

El objetivo general del Manual es contar con un instructivo que permita establecer un proceso de mejora continua para paulatinamente incrementar la eficiencia energética en los edificios públicos, mediante la implantación de buenas prácticas e innovación tecnológica, así como la utilización de herramientas de monitoreo y control, que conlleven al uso eficiente y eficaz de los recursos públicos y contribuir a la preservación de los recursos energéticos y la protección del ambiente.

2.2.5. Código eléctrico NFPA 70

La NFPA 70E- Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo, es una norma de consenso general de la *National Fire Protection Association*, que refleja muchos años de experiencia de importantes participantes de la industria en general para reducir riesgos y accidentes de trabajo.

Cuenta con cuatro capítulos principales y varios anexos, que en su totalidad atienden las necesidades fundamentales de seguridad eléctrica, enfocándose en las prácticas seguras de trabajo, el uso del EPP (Equipo de Protección Personal) adecuado, los requisitos de seguridad relacionados con el mantenimiento del sistema de suministro eléctrico, los requisitos de seguridad para equipos especiales y los requisitos de seguridad para las instalaciones.

2.3. Definiciones eléctricas

La regulación CONELEC -004/01 para la Calidad Del Servicio Eléctrico De Distribución establece las definiciones eléctricas que se tratarán en el desarrollo de este proyecto.

- **Armónicas:** Son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz.
- **Barras de salida:** Corresponde a las barras de Alto Voltaje en las subestaciones de elevación y a las barras de Bajo Voltaje de subestaciones de reducción.
- **Centro de transformación:** Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.
- **Factor de potencia:** Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.
- **Fluctuaciones de Voltaje (o Variaciones de):** Son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal.
- **Frecuencia de las interrupciones:** Es el número de veces, en un período determinado, que se interrumpe el suministro a un Consumidor.

- **Interrupción:** Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los Consumidores del área de concesión del Distribuidor.
- **Niveles de voltaje:** Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio.
- **Período de medición:** A efectos del control de la Calidad del Producto, se entenderá al lapso en el que se efectuarán las mediciones de Nivel de Voltaje, Perturbaciones y Factor de Potencia, mismo que será de siete (7) días continuos.
- **Perturbación rápida de voltaje (flicker):** Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal, pero que pueden repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno conocido como efecto “Flicker” (parpadeo) causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.
- **Voltaje Armónico:** Es un voltaje sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz del voltaje de suministro.
- **Voltaje nominal (Vn):** Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.
- **Voltaje de suministro (Vs):** Es el valor del voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

(CONELEC, 2001)

2.4. Conceptos de gestión y uso eficiente de energía

2.4.1. Gestión energética en los edificios públicos

La gestión y uso eficiente de la energía eléctrica en los edificios destinados a la actividad terciaria, se aplica básicamente en servicios de iluminación, datos, acondicionamiento térmico, transporte de personas, bombeo de agua y funcionamiento del equipamiento instalado en las diferentes áreas. Con la finalidad de disminuir la brecha entre producción y consumo, sin sacrificar los niveles de productividad y bienestar, considerando la importancia del consumo y ahorro de la energía eléctrica en consecuencia su uso eficiente y eficaz de los recursos públicos, y

reducir el impacto ambiental que inevitablemente se produce como consecuencia de la generación y uso de la energía.

2.4.2. Usos de la energía

El uso de energía en un edificio está determinado fundamentalmente por:

- Sus características constructivas y ubicación,
- El clima del lugar.
- El perfil de uso.
- Los servicios energéticos que se utilizan.
- El comportamiento de los ocupantes.
- El equipamiento tecnológico.
- Y por la gestión del edificio.

Es fácil encontrar edificios bien diseñados operando deficientemente producto de una pobre gestión energética. Existen edificios que han sido mal diseñados que han mejorado su comportamiento energético mediante aplicación de buenas prácticas de uso. Aun cuando se tiene implementado proyectos técnicos de mejora de eficiencia, se requiere de una gestión energética que garantice el aprovechamiento máximo y sostenido de las inversiones realizadas.

2.4.3. Ahorros potenciales

Los programas de ahorro de energía orientados al sector público ofrecen un gran potencial de generar ahorros económicos y beneficios ambientales derivados del uso eficiente de la energía (ahorro energético entre 15 y el 25 % de acuerdo a experiencias internacionales), constituyendo un importante soporte para los programas nacionales de eficiencia energética, dada la fuerza moral ambiental.

Los edificios pertenecientes a la administración pública en el Ecuador presentan en muchos casos un alto consumo de energía, debido, a factores por falta de hábitos de uso racional de la energía por parte del personal que labora en los mismos, y por otra parte, dada la antigüedad de las edificaciones, ya que muchas de ellas no tienen sistemas y equipos de uso final eficientes, principalmente en los sistemas de iluminación, ascensores, sistemas de energía interrumpida (UPS), etc.

Las acciones que se desarrollen para aumentar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica dentro de los edificios de la administración pública son de mucha importancia debido a:

- a) El alto potencial de ahorro técnico y económico en energía y demanda de potencia que representan.
- b) El importante soporte a la política y los programas nacionales de eficiencia energética que representa el ejemplo dado por el sector público.
- c) La magnitud de este subsector, de modo que cualquier medida generalizada que se tome dentro de este ámbito tendrá impacto en el resto del mercado y los sectores.
- d) El aprendizaje y las herramientas que se desarrollen podrán ser reproducidos o trasladados a otros niveles y sectores, multiplicando los beneficios a obtener.

2.4.4. Eficiencia energética en Hospitales

El Manual de Eficiencia Energética en Edificios Públicos adopta el concepto del Consejo Mundial de Energía (WEC), en el que establece que el término eficiencia energética y se refiere a todos los cambios que resulten en una reducción de la cantidad de energía utilizada para producir una unidad de bien o servicio, o para suplir los servicios energéticos requeridos para un nivel de confort dado.

De esta consideración se puede plantear que: La eficiencia energética en un hospital público implica satisfacer los cuidados y atención a los pacientes y usuarios con servicios energéticos que tengan la calidad requerida para asegurar el cabal cumplimiento de las funciones institucionales y el confort de todas las instalaciones técnicas, a fin de que en medios altamente tecnológicos como la electricidad, el agua, el vapor, la calefacción, el frío, la tecnología de ventilación y aire acondicionado, el aire comprimido y los gases médicos, estén siempre disponibles y tengan la seguridad, operatividad e higiene para el trabajo del personal que estos servicios ameritan, con el menor consumo y gasto energético posible y la menor contaminación ambiental por este concepto.

Estos conceptos de la eficiencia energética demandan cambios en los planos: económicos, tecnológicos y de conducta cultural del personal laboral. A partir de 1973 (primera crisis petrolera) la ciencia y las tecnologías han experimentado un acelerado desarrollo en innovaciones de equipos y sistemas de iluminación, en motores eléctricos, en equipos de refrigeración, equipos de oficina, controles automáticos, etc., ofreciendo enormes oportunidades para ahorrar la energía.

Sin embargo, el comportamiento de la eficiencia del sector público y en general no puede darse solamente bajo aplicaciones técnicas, deben ser estas acompañadas por una gestión o manejo efectivo de la tecnología proporcionando un conocimiento de las prácticas y tecnologías aplicables y su uso correcto, acompañado de una conciencia cultural y social de uso de los servicios.

2.5. Medidas de uso eficiente de la energía eléctrica

Para una correcta gestión energética en el sector de servicios hospitalarios es necesario conocer los aspectos que determinan cuáles son los elementos más importantes a la hora de lograr la optimización energética, conocimiento que permitirá un mejor aprovechamiento de los recursos y un ahorro tanto en el consumo como en el dimensionamiento de las instalaciones.

Para dar medidas de optimización en el uso de la energía eléctrica, primero se debe contar con información ajustada del consumo, realizando extensas mediciones de flujo de carga en todos los sectores relevantes, las que arrojan información sobre potenciales de ahorro en un lugar específico. Los expertos en energía de acuerdo a estudios hechos por la Agencia Chilena de eficiencia Eléctrica estiman que, mediante inversiones apropiadas y una gestión con énfasis en la eficiencia e incentivos adecuados, se puede ahorrar hasta un 30 % de los costos de energía.

2.6. Mejoramiento de la eficiencia de usos finales

Las oportunidades para la reducción de los consumos y costos de la electricidad se enfocan en dos direcciones principales: la disminución del consumo de energía y el control o administración de la demanda máxima, siempre sin afectar el nivel y la calidad de los servicios y el confort en el edificio.

Los objetivos de los programas de ahorro de electricidad están encaminados a:

- Reducir el consumo de energía.
- Reducir los pagos por demanda máxima.
- Reducir el costo de la energía consumida, desplazando operaciones hacia horarios en los cuales el costo del kWh sea menor.
- Eliminar las penalizaciones por bajo factor de potencia.
- Disminuir las pérdidas en líneas y transformadores, y su costo asociado.
- Reducir la capacidad necesaria de los conductores, transformadores y equipos de distribución y maniobra de la energía eléctrica, así como de generación y uso final.
- Mejorar la regulación de voltaje

Para ello se definen estrategias generales y específicas para cada uso final de la energía eléctrica.

2.6.1. Abastecimiento de electricidad

Es muy importante en este punto considerar el costo en la facturación eléctrica por penalidades en el consumo eléctrico al no cumplir con las especificaciones de calidad en el consumo eléctrico.

La calidad de suministro eléctrico es la normalización del suministro eléctrico mediante reglas que fijan los niveles, parámetros básicos, forma de onda, armónicos, niveles de distorsión armónica, interrupciones, etc. En este caso el ente regulador es la empresa de comercialización eléctrica Centro Sur bajo disposición del ARCONEL.

La Calidad de Servicio se medirá considerando los aspectos siguientes:

Calidad del Producto:

- Nivel de voltaje

- Perturbaciones de voltaje
- Factor de Potencia

Por ello un adecuado sistema eléctrico bajo las normas establecidas a más de ser un beneficio de consumo eléctrico también evitará pagos de penalidades por incumplimiento de las mismas.

2.6.2. Ventilación y climatización

Los sistemas de climatización representan generalmente el principal apartado en cuanto al consumo energético de una instalación sanitaria. Como se ha visto, se pueden conseguir ahorros entre un 10% y un 40% gracias a la optimización de las instalaciones creando ambientes de baja demanda de este servicio potencializando los factores naturales.

La modernización de motores y un correcto mantenimiento de sus partes y filtros, como procedimiento de mantenimiento responsable y dependiendo de la temporada, se deben limpiar periódicamente los registros de recuperación de calefacción, frío y calor, en los sistemas de ventilación y aire acondicionado con el fin de operar las instalaciones de manera eficiente. Estas medidas pueden reducir hasta en un 60% el consumo eléctrico en ventiladores.

2.6.3. Iluminación

Un buen alumbrado es de vital importancia para crear las condiciones óptimas de trabajo que se traducen en óptimas productividades y bienestar para pacientes y visitantes. Hay que considerar que cada lugar tiene sus propias necesidades lumínicas en cuanto a calidad y tipo de iluminación necesaria para la tarea a efectuar en las instalaciones. La administración hospitalaria cada vez es más consciente de que la iluminación puede aumentar el rendimiento, concentración, productividad del personal médico, así como el bienestar y confort de los pacientes.

Un adecuado sistema de iluminación ha demostrado que:

- Aumenta el confort, la seguridad y la orientación.

- Minimiza los errores. En este punto son críticos tanto la cantidad como la calidad del alumbrado y el control del deslumbramiento.
- Mejora la efectividad, motivación y satisfacción del personal.
- Mejora la salud y el bienestar.

2.6.4. Índice de eficiencia energética IEE

El IEE, Índice de Eficiencia Energética, es un factor que mide la eficiencia energética de una instalación de alumbrado y que, al mismo tiempo, ayuda al responsable del proyecto al permitirle un autocontrol del trabajo realizado.

Relaciona las dimensiones geométricas del espacio y los factores de reflexión predeterminados techos, pisos etc. Unido a ña diferencia de lámparas así como el rendimiento de las luminarias, que hacen para cada tipología. IEE (W/m² - 100 lux)

Se evalúa bajo la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Índice de eficiencia energética IEE

$$IEE = \frac{W}{m^2} * \frac{100}{lux_{med}}$$

Donde:

W: potencia eléctrica total (lámpara + equipo)

m²= área de superficie del lugar evaluado

Lux= iluminancia resultante puede ser medida o deseada.

2.7. Ahorro de energía eléctrica en edificios y hospitales

Hay muchas medidas que se pueden aplicar para reducir los consumos y costos energéticos en los edificios de hospitales, tanto las de tipo técnico organizativo, que se pueden implementar sin costo o con costos marginales, como las que implican

remodelaciones, así también se puede requerir inversiones considerables en medidas de cambios tecnológicos o instalación de nuevos equipos y sistemas de alta eficiencia.

Un programa de ahorro y eficiencia en el uso de energía debe combinar medidas de ambos tipos, organizadas para su aplicación en el corto, mediano y largo plazo, con la aplicación de aquellas de tipo organizativo que no requieran inversión.



Figura 1 Medidas de ahorro energético

Fuente: (Manual De Eficiencia Energética En Edificios Públicos, 2008)

El Manual de Eficiencia Energética en Edificios Públicos postula un conjunto de oportunidades como medidas para reducir los costos energéticos en los edificios públicos, válidos a considerar en el edificio del Hospital General de Macas al ser una entidad pública.

Estos se detallan en los siguientes usos finales de la energía eléctrica.

- Iluminación
- Fuerza
 - Refrigeración y Climatización
 - Ventilación

2.7.1. Iluminación

- Aprovechar al máximo la luz natural.
- Ajustar los niveles de iluminación existentes a las normativas. Reducir los niveles de iluminación excesiva a los niveles estándares.

- Controlar el uso de la iluminación mediante temporizadores, sensores de presencia y fotoceldas.
- Graduar la intensidad luminosa (“dimming”), al nivel específico requerido en cada momento.
- Instalar luminarias eficientes (focos ahorradores, fluorescentes, lámparas de descarga) en lugar de luces incandescentes, dicróico o reflector de cuarzo.
- Seleccionar balastos y lámparas cuidadosamente, teniendo en cuenta que tengan factores de potencia altos y eficiencia a largo plazo.
- Actualizar sistemas fluorescentes obsoletos a lámparas T-8 y balastos electrónicos.
- Considerar sistemas de iluminación fluorescente T-5 para construcciones nuevas.
- Seccionalizar circuitos de iluminación para compartimentar su uso.
- Iluminar puntos específicos en lugar de iluminar fondos.
- Limpiar o sustituir reflectores, difusores y pantallas.
- Pintar paredes, techos, y columnas de colores claros.
- Disminuir la altura de las lámparas.
- Usar de lámparas de vapor de sodio de alta o baja presión en áreas externas que no requieren nitidez.
- Utilizar reflectores ópticos para aumentar el nivel de iluminación.
- Emplear láminas o tejas traslúcidas en cubiertas ligeras.
- Cambiar señales de salida de incandescentes a diodos emisores de luz (LED).
- Emplear foto sensores para la compensación del flujo luminoso al envejecer las lámparas.

2.7.2. Fuerza

- Evitar el trabajo en vacío de motores.
- Seleccionar apropiadamente los motores eléctricos (tipo y potencia).
- Determinar los equipos de mayor consumo que son factibles de controlar para reducir la demanda máxima.
- Efectuar acomodos de cargas. Reducción del uso de equipos en el horario pico sin afectar el servicio.
- Desconectar transformadores con cargas ociosas.

- Revisar conexiones del motor periódicamente.
- Revisar la conexión a tierra de los motores para evitar accidentes y fugas. Eliminar las pérdidas por conexiones falsas a tierra.
- Revisar la selección de las bombas en función de la carga, flujo y tiempo de operación necesaria.
- Eliminar simultaneidad en el uso de equipos altos consumidores Ej. Elevadores, etc.
- Programar los elevadores para disminuir su uso.
- Prevenir el bajo factor de potencia mediante la selección y operación correcta de equipos.
- Compensar la potencia reactiva y corregir el factor de potencia usando medios compensadores (motores sincrónicos, capacitores).
- Conectar los capacitores cerca de la carga que van a compensar.
- Instalar capacitores en los circuitos con mayor número de motores o en los motores de
 - mayor capacidad.
- Sustituir motores sobredimensionados.
- Establecer mantenimientos periódicos a los sistemas de compensación de potencia reactiva.
- Verificar y garantizar la calidad de las reparaciones de los motores rebobinados.
- Emplear motores trifásicos en lugar de monofásicos (3-5 % mayor de eficiencia).
- Seleccionar correctamente la velocidad del motor (los motores de alta velocidad son más eficientes).
- Emplear motores y transformadores de alta eficiencia.
- Evitar concentración de motores en lugares poco ventilados.
- Verificar el voltaje en los alimentadores de los motores.
- Balancear el voltaje de alimentación en motores trifásicos de corriente alterna.
- Instalar arrancadores electrónicos en lugar de reóstatos convencionales para el arranque de motores de corriente directa.

- Usar variadores de frecuencia para regulación de velocidad (accionamiento de bombas, compresores, ventiladores con flujos variables).
- Seleccionar adecuadamente los voltajes de distribución.
- Seleccionar los calibres óptimos de los conductores.
- Evitar extensiones de circuitos de tomacorrientes con conductores no apropiados.
- Preferir acoplamiento individual en accionamientos con grupos de motores.
- Acoplar, siempre que se pueda, directamente el motor a la carga.
- Verificar periódicamente la alineación del motor con la carga impulsada.
- Mantener en buen estado los medios de transmisión motor - carga, así como los cojinetes del motor.
- Operar de manera económica los transformadores que trabajan en paralelo.
- Sustituir calentadores eléctricos por calentadores a gas o fluidos térmicos donde existan condiciones.
- Mejorar de la calidad de la energía eléctrica.
- Aprovechar las potencialidades propias de generación y cogeneración.

2.7.3. Refrigeración y climatización

- Incrementar la temperatura en las cámaras refrigeradas al máximo admitido por los productos.
- Introducir los productos en las cámaras a la menor temperatura posible.
- Aprovechar al máximo de la capacidad de las cámaras y reducir el número de cámaras en operación.
- Limpiar los evaporadores periódicamente. Comprobar el correcto funcionamiento del sistema de descarche.
- Seccionalizar las cámaras sub cargadas.
- Mantener el aislamiento térmico en buen estado.
- Reducir las entradas de aire exterior mediante adecuada hermeticidad de las puertas, empleo de puertas automáticas, cortinas, y antecámaras, y reducir el tiempo de apertura de las puertas mediante medidas organizativas.
- Reducir la potencia de los equipos interiores. Apagado de luces en cámaras cerradas, uso de iluminación y equipos eficientes.

- Reducir los empaques y soportes innecesarios en el almacenamiento de productos.
- Mantener condiciones de circulación del aire adecuadas dentro de las cámaras, espacios entre los productos que aseguren la circulación de aire y la uniformidad de temperatura. Mantener la velocidad del aire sobre los productos en valores entre 2 y 7 m/s.
- Realizar un tratamiento adecuado del agua de enfriamiento para evitar incrustaciones en las superficies de transferencia de calor de los condensadores enfriados por agua.
- Incrementar la temperatura del agua helada en los chillers, al máximo posible para mantener el confort en los locales climatizados.
- Ajustar los termostatos en locales climatizados a 25 °C.
- Situar los termostatos en lugares que solo puedan ser manipulados por el personal de servicio.
- Limpiar los filtros de aire regularmente una vez por semana.
- Apagar los equipos de climatización en habitaciones vacías.
- Establecer una estrategia ocupacional de los locales para ocupar primero el de menor carga de enfriamiento.
- Utilizar dispositivos de bloqueo que no permitan el uso de climatización con puertas o ventanas abiertas.
- Mantener una adecuada ventilación de los condensadores enfriados por aire.
- Limpiar periódicamente las superficies de transferencia de los condensadores.
- Purgar los gases incondensables del sistema.
- Variar la velocidad o cantidad de ventiladores en servicio en torres de enfriamiento y condensadores evaporativos.
- Lograr un correcto funcionamiento de las torres de enfriamiento.
- Recuperar el calor de condensación.
- Utilizar sistemas de acumulación de frío.

2.7.4. Ventilación

- Apagar los ventiladores cuando no estén en uso.
- Seleccionar adecuadamente los ventiladores (tipo y capacidad). Usar preferentemente diseños de impelentes con álabes inclinados hacia atrás.

- Usar conductos bien dimensionadas con las curvas y transiciones adecuadas, con toma de aire de bordes redondeados y suaves o conos en la succión.
- Eliminar fugas en los ductos.
- Ubicar la toma de aire de manera que se obtenga la mejor calidad de este y la mejor eficiencia.
- Limpiar los filtros y las rejillas con regularidad.
- Reducir la velocidad de rotación en ventiladores sobredimensionados accionados por transmisión por correas y poleas.
- Considerar el uso de ventiladores de dos velocidades y trabajar en lo posible en la más baja.
- Usar correas antideslizantes en las transmisiones de este tipo.
- Verificar el voltaje de las correas regularmente.
- Usar variadores de velocidad para cargas variables del ventilador.
- Usar motores eficientes para operaciones con muchas horas de uso.

2.8. Parámetros de iluminación en hospitales

De acuerdo a la norma UNE - EN - 60598.2.1 a la UNE - EN - 60598.2.18 para sistemas de luminarias se establece los parámetros de iluminación adecuados para las diferentes áreas de los hospitales. Con el objetivo de confort y bien estar del paciente así también un correcto desempeño de los tratantes en reconocimientos y tratamientos.

2.8.1. Iluminación salas de tratamiento y reconocimiento

Los sistemas de iluminación en estas zonas deben cumplir con los parámetros para facilitar la observación y tratamiento de acuerdo a los requerimientos principales para la tarea visual que son tres :

- Nivel de iluminación adecuado, de acuerdo a las necesidades o tareas que se realizan en la zona de tratamiento
- Evitar sombras: el médico no debe perder detalle visual. En caso de una sola línea de luminarias puede provocar sombras del propio galeno en dos líneas de luminarias reducen la dureza de las sombras.

- Alto nivel de reproducción cromática de las fuentes de luz : es imprescindible en tareas como la dermatología, o la oftalmología ya que se puede causar un diagnóstico erróneo por causa de una mala o inadecuada reproducción cromática de las luminarias

Tabla 1
Parámetros recomendados para salas de reconocimiento y tratamiento

Tipo de estancia	Tipo de iluminación	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo de rendimiento o color	Clase de deslumbramiento directo
Salas de tratamiento y reconocimiento en general	Iluminación general	500	Cálido Neutro	1B	A
	Luz de reconocimiento	>1000	Cálido, Neutro	1B	A
Endoscopia	Preparación	500	Cálido, Neutro	1B	A
	Urología	50	Cálido, Neutro	1B	A
	Rectoscopia	50	Cálido, Neutro	1B	A
	Ginecología	50	Cálido, Neutro	1B	A
Oftalmología	Iluminación general	500	Cálido, Neutro	1B	A
	Refractometría	50	Cálido, Neutro	1B	A
	Oftalmometría	50	Cálido, Neutro	1B	A
	Perimetría	5	Cálido, Neutro	1B	A
	Ad optometría	5	Cálido, Neutro	1B	A
Radiología	Iluminación general	500	Cálido, Neutro	1B	A
	Trabajo con pantallas	20	Cálido, Neutro	1B	A
Odontología	Iluminación general	500	Frío	1A	A
	Iluminación de boca	>8000	Frío	1A	A
	Iluminación de alrededores	1000	Cálido, Neutro	1A	A
Dermatología	Iluminación general	500	Cálido, Neutro	1A	A

Fuente: (Comité Español de Iluminación CEI, 2001) Norma: UNE - EN - 60598.

2.8.2. Iluminación en áreas de hospitalización o habitaciones

Los pacientes pasan la mayor parte del tiempo en el hospital dentro de las áreas de hospitalización o habitaciones, por este motivo es importante crear un entorno agradable para un confort y recuperación de los pacientes, enfocándose en aspectos estéticos y su influencia psicológica, así como también en el trabajo de los galeno. De acuerdo a ello se han establecidos los siguientes parámetros en la tabla.

Tabla 2
Parámetros recomendados para zona de camas y servicios

Tipo de estancia o actividad	Tipo de iluminación o actividad	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo de rendimiento de color	Clase de calidad al deslumbramiento directo
Zona de la cama	Iluminación general	100	Cálido	1B	A
	Iluminación de lectura	300	Cálido	1B	A
	Iluminación de reconocimiento	800-1000	Cálido	1B	D
	Iluminación de vigilancia	5	Cálido	1B	B
	Iluminación nocturna		Cálido	1B	B
Servicios	Servicios	200	Neutro	2A	C

Fuente (Comité Español de Iluminación CEI, 2001)

Norma: UNE - EN - 60598.

2.8.3. Iluminación de quirófanos

En los quirófanos el sistema de iluminación cumple un rol muy importante al proporcionar las condiciones más óptimas para el desarrollo de las tareas críticas como las que se realizan allí.

Tabla 3
Parámetros recomendados para quirófanos

Tipo de estancia	Tipo de iluminación o actividad	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo de rendimiento de color	Clase de calidad al deslumbramiento directo
Quirófanos	Iluminación general	1000	Neutro	1A	A
	Iluminación zona operación	20000 a 100000	Neutro	1A	A
	Iluminación alrededores	2000	Neutro	1A	A
Salas anexas	Iluminación general	500	Neutro	1B	B
	Lavabos	500	Neutro	1B	C
	Salas de preparación	500	Neutro	1B	B
	Sala de instrumental	500	Neutro	1B	A
	Salas de esterilización	500	Neutro	1B	A
	Salas de recuperación	500	Neutro	1B	B

Fuente: (Comité Español de Iluminación CEI, 2001)

Norma: UNE - EN - 60598.

2.8.4. Iluminación de unidades de cuidados intensivos UCI's

En estas zonas se debe priorizar el confort del paciente y el trabajo de los galenos, por lo que se considera establecer tres zonas:

- Iluminación general de confort
- En la zona de cama
- Para situaciones de emergencia,

Tabla 4
Parámetros recomendados para la UCI's

Tipo de estancia	Tipo de iluminación	Illuminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo rendimiento color	Clase deslumbramiento directo
Salas de cuidados intensivos	Iluminación general	100	Cálido, Neutro	1B	A
	Iluminación cama	300	Cálido, Neutro	1B	A
	Iluminación de reconocimiento	1000	Cálido, Neutro	1B	B
	Iluminación de reconocimiento para emergencias	2000	Cálido, Neutro	1B	B
	Iluminación de vigilancia	20	Cálido, Neutro	1B	A
Salas de diálisis	Iluminación general	100	Cálido	1B	A
	Iluminación cama	500	Cálido	1B	A

Fuente: (Comité Español de Iluminación CEI, 2001)

Norma: UNE - EN - 60598.

2.8.5. Iluminación en áreas de servicios

Los hospitales tienen diferentes áreas de servicios complementarios para la atención de pacientes y deben cumplir con las recomendaciones de iluminación para cada uno de estos espacios.

Tabla 5
Parámetros recomendados para las áreas de servicio

Tipo de estancia	Tipo de iluminación	Illuminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo rendimiento color	Clase deslumbramiento directo
Laboratorios y Dispensarios	Iluminación general	500	Cálido, Neutro	1B	B
	Con comprobación	1000	Frío	1A	A

Continua 

n					
de colores					
Pasillos y escaleras	Áreas de camas	De noche 50 Día 200	Cálido, Neutro	2A	C
	Zona de quirófanos		De noche 100 Día 300 Neutro	2A	B
Oficinas	Iluminación general	500	Neutro	1B	A

Fuente: (Comité Español de Iluminación CEI, 2001) Norma UNE - EN – 60598

2.8.6. Iluminación de accesos exteriores

Parte de los servicios hospitalarios son la iluminación exterior y señalética de rutas zonas peatonales

Tabla 6
Parámetros recomendados para accesos exteriores

Tipo de área	Notas	Iluminancia media Em (lux)	Tono de luz	Grupo rendimiento color	Clase deslumbramiento directo
Zonas peatonales	No menos que 1 Lux	5	Cálido	2A	D
Jardines	Iluminancia semicilíndrica > 1 Lux	>1	Cálido	2A	E
Aparcamientos	Iluminancia semicilíndrica > 1 Lux	7	Cálido	2A	D

Fuente: (Comité Español de Iluminación CEI, 2001)

Norma: UNE - EN - 60598.

2.9. Sistemas automatizados de eficiencia lumínica

Los sistemas de control desempeñan un papel muy importante en las nuevas tendencias de iluminación. Desde los cambios de color hasta el ahorro energético, o desde la relación entre luz y salud hasta la integración en edificios automatizados, los sistemas de control de alumbrado permiten enfocar los proyectos desde una perspectiva global.

Los controles de alumbrado disponen de varias formas para conseguirlo, y éstas técnicas pueden utilizarse de forma separada o combinada en función del sistema elegido.

- Detección de movimiento.
- Regulación en función de la luz diurna.
- Iluminancia constante.
- Control horario y por fechas.
- Registro de horas de utilización.

Los hospitales se conforman por diferentes ambientes tanto de uso general, como son pasillos, cafeterías, recepción, etc. Así también de uso específico como son, consultas, farmacias, emergencias, también zonas de uso restringido como laboratorios, quirófanos, salas de tratamiento y cuidados intensivos etc.

Para ello la Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Hospitales - Madrid 2010 propone soluciones innovadoras y eficientes para el alumbrado en los entornos hospitalarios en las áreas de salas de tratamiento y consultas y pasillos, mostrando los requerimientos ideales de alumbrado

2.9.1. Salas de tratamiento y consultorios.

En este tipo de salas debe ser posible establecer diferentes escenas para adecuarse a los procesos médicos que se estén realizando en cada momento. Justo antes del inicio del tratamiento o examen, el médico debe escoger la escena que más le convenga para su tarea. Mientras que, al finalizar la prueba, es aconsejable poder cambiar a un alumbrado más cálido, con excelente reproducción cromática, que no haga sentir incómodo al paciente y no interfiera en el diagnóstico correcto.

Los requerimientos de alumbrado son los siguientes:

- Nivel de luz mínimo mantenido: 500 lux de alumbrado general a nivel de suelo. 1000 lux para examen y tratamiento.
- Uniformidad: 0,3 mínima/media a nivel de suelo. 0,7 en área de examen.
- Restricción de deslumbramiento: UGRL < 19.

- Reproducción cromática y apariencia de color: $Ra > 90$, $Tc = 3.000 - 4.000$ K
- Control de alumbrado: utilizar sistemas de control del alumbrado para regular el alumbrado en función de la luz natural que entre en la estancia y/o detección de presencia. También se puede posibilitar crear diferentes escenas

2.9.2. Pasillos

En pasillos, se debe tratar, en la medida de lo posible, evitar tareas de mantenimiento que creen problemas en el normal funcionamiento del hospital. En este caso, suele ser recomendable un alumbrado que en momentos de bajo tránsito de visitas, personal y paciente, pueda regularse. Así, suelen ser recomendables lámparas de larga vida que reduzcan al máximo los costes de mantenimiento y alarguen los períodos de reemplazo.

Los requerimientos de alumbrado son los siguientes:

- Nivel de luz mínimo mantenido: 200 lux durante el día y 50 lux durante la noche.
- Uniformidad: 0,3 mínima/media sobre el suelo.
- Restricción de deslumbramiento: $UGRL < 22$.
- Reproducción cromática y apariencia de color: $Ra > 80$, $Tc = 3.000 - 4.000$ K.
- Se consideran elementos de alumbrado dinámico RGB.
- Control de alumbrado: utilizar, en la medida de lo posible, controles dependientes de la luz diurna/regulación con el fin de conseguir la mayor eficacia.
- Regular durante la noche hasta los 50 lux, para poder conseguir grandes ahorros.

2.9.3. Habitación de pacientes

En las zonas de paso, el alumbrado debe ser suave y fácil de controlar. Para ello, pueden utilizarse escenas preestablecidas o hacer una regulación sencilla durante la noche y el día, y considerar un alumbrado de emergencia.

Los requerimientos de alumbrado son los siguientes:

Nivel de luz mínimo mantenido: 100 lux de alumbrado general a nivel de suelo, 300 lux para lectura y exámenes básicos, 1.000 lux para examen y tratamiento, 5 lux durante la noche para observación.

- Uniformidad: 0,3 mínimo/medio sobre el suelo. 0,7 en la zona de lectura.
- Restricción de deslumbramiento: $UGRL < 19$.
- Reproducción cromática y apariencia de color: $Ra > 80$ $Tc = 3.000 - 4.000 K$.
- Para examen y tratamiento $Ra > 90$.
- Control del alumbrado: utilizar sistemas de control para crear ambientes dinámicos.

Se ha de tener en cuenta que se ha de evitar una excesiva luminancia en el campo de visión del paciente

2.9.4. Control eficiente de la iluminación

La acción de control se actúa directamente en el funcionamiento del ciclo lumínico (tiempos de encendido y apagado), de acuerdo al nivel de control, eficiencia de acuerdo a la necesidad lumínica específica en cada área se puede actuar con interruptores crepusculares, interruptores horarios astronómicos, o actuar sobre la intensidad luminosa mediante la reducción del nivel luminoso.

2.9.5. Zonas exteriores y letreros luminosos

- **Interruptores crepusculares.**

Estos dispositivos utilizan un componente sensible a la luz (célula fotoeléctrica) que detecta la cantidad de luz natural que existe en el lugar de instalación, comparando este valor con el ajustado previamente. En función de esta comparación, se activa o desactiva un relé que estará conectado en la instalación con los elementos de maniobra de encendido apagado de la iluminación.

En las ilustraciones podemos observar dos ejemplos de modelos de estos dispositivos.



Figura 2 Interruptor crepuscular

Fuente : (Material Electrico, 2015)

Para su correcta operatividad estos interruptores deben incorporar un sistema de histéresis, en otras palabras un circuito de retardo que permita eliminar fallos de encendidos o apagados por fenómenos climáticos o transitorios como luminosidad de vehículos, rayos, etc.

- **Desventaja**

Son de difícil acceso para las maniobras de mantenimiento o reparación, ya que se ubican en lugares estratégicos poco accesibles, además la contaminación y polución afectan al oscurecimiento de los envoltentes y deterioro de los mimos.

- **Interruptor horario astronómico**

Estos interruptores horarios incorporan un programa especial que sigue los horarios de amaneceres y ocasos de la zona geográfica donde esté instalado. Esta característica tiene la gran ventaja que no es necesaria la reprogramación manual y periódica de los tiempos de encendido y apagado. Además, tienen la posibilidad de poder retrasar o adelantar de manera uniforme estos tiempos de maniobra, consiguiendo con ello un ahorro adicional.



Figura 3 Interruptor horario astronómico

Fuente: (El Instalador Electricista, 2015)

Estos deben incorporar circuitos independientes para maniobras de encendido y apagado total de la iluminación y otro para órdenes controladas.

- **Desventajas**

Estos dispositivos controlaran en función del tiempo de encendido y apagado, mas no por la demanda de luminosidad o presencia de personas, por lo cual es necesario la incorporación conjunta con otros dispositivos adicionales, para poder proporcionar un control completo.

2.9.6. Seccionamiento de áreas

Para zonas como pasillos oficinas, servicios generales, etc. se puede dotar a cada una de ellas de un interruptor de proximidad, estos dispositivos son capaces de detectar movimiento, normalmente de personas, dentro de una zona de cobertura, y encender una iluminación durante un tiempo configurado.



Figura 4 Interruptor de proximidad

Fuente: (Lavia, 2015)

Dependiendo la zona de instalación debe escogerse el modelo más adecuado:

- Del modo de instalación (en esquina, en superficie, en falso techo, en lugar de una lámpara dicróica, etc.).
- De la zona de cobertura (desde 120° hasta los 360° en los modelos de instalación en techo).
- Del tipo de carga a controlar (de 10 a 16 A).

2.9.7. Ahorro por apagado parcial (doble circuito)

Apagando las luminarias durante un período de tiempo, este sistema consigue reducir el consumo energético, directamente al número de luminarias apagadas.

Su inconveniente se observa en la pérdida de uniformidad lumínica provocando disparidad en la de las lámparas.



Figura 5 Estabilizador reductor

Fuente: (ORBIS, 2014)

Los Estabilizadores-Reductores de flujo de alto rendimiento se instalan en cabecera de línea, y además de reducir el nivel de iluminación tal y como exige el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior RD1980/2008 obteniendo ahorros superiores al 40% durante estos períodos, también estabilizan el voltaje cuando la instalación funciona a plena potencia evitando los excesos de consumo y disminución de vida de las lámparas causados por sobretensiones e inestabilidades de la red.

Sus funciones fundamentales son:

- Limitar el pico de intensidad producido en el momento de arranque de las lámparas
- Estabilizar el voltaje de la línea de alumbrado
- Reducir el voltaje en la línea de alumbrado en las horas de baja utilización.
- Reducir el consumo de la instalación y por tanto las de emisiones de CO₂ a la atmósfera.
- Reducir los residuos sólidos debido a la disminución de desgaste de las lámparas.

Las ventajas de los estabilizadores de voltaje y reductores de flujo luminoso en cabecera de línea son:

- Prolonga la vida de las lámparas.
- Disminuye el coste de mantenimiento.
- Mantiene la uniformidad del alumbrado.
- Evita excesos de consumo (nivel nominal).
- Disminuye el consumo hasta el 40% (nivel reducido).
- Rápida amortización.
- Apto para VSAP y VM.

2.10. Instalaciones eléctricas en hospitales

La energía es fundamental para el funcionamiento de las distintas unidades y áreas de los hospitales (Pabellones, Unidad de Tratamiento Intensivo, Boxes Ambulatorios, Salas de Hospitalización, Admisión, Pasillos, etc.). En todos estos lugares se requiere la climatización, iluminación, producida por una fuente de energía (combustible, electricidad).

En general, la infraestructura y las tareas específicas del hospital determinan su estructura de consumo de energía, la que a menudo es muy compleja. De la misma forma, las condiciones del entorno condicionan la matriz energética del hospital. Por consiguiente, dependiendo del tipo de fuente energética que se encuentra a disposición y se usa en cada región, se determina qué tecnología de instalaciones se aplica y junto con eso cuáles son los costos operacionales específicos y las emisiones de carbono. Por esta razón es imprescindible conocer la estructura de consumo de energía y los factores que influyen sobre su consumo.

2.10.1. Tipos de suministro

El Índice de Seguridad Hospitalaria bajo el reglamento Electrotécnico para Bajo Voltaje establece que los centros hospitalarios deberán contar con al menos dos tipos de suministro eléctrico, así también lo menciona la ITC -BT- 28(normativa española para Instalaciones eléctricas en locales de pública concurrencia)

- **Suministro normal (SN)**

Es aquel que se efectúa a través de una empresa suministradora de servicio de energía eléctrica.

- **Suministro complementario**

Es aquel suministro de reserva con la capacidad de mantener en funcionamiento por lo menos las zonas críticas de servicios hospitalarios, puede ser :

- Por la misma empresa suministradora, cuando disponga de medios de transporte y distribución independientes.
- Por otra empresa suministradora distinta.
- Por el usuario mediante medios de producción propios.

2.10.2. Criterios de diseño de continuidad del suministro

La calidad energética en cuanto a la continuidad del mismo en las instalaciones hospitalarias dependen de factores internos como externos, como por ejemplo: el punto de entrega de la energía al hospital, del nivel de voltaje, de los niveles de calidad de la red de distribución utilizada por la compañía suministradora, del diseño de la propia subestación, segregación de circuitos, coordinación de protecciones, existencia de fuentes alternativas propias, y de la selección de materiales, etc.

2.10.3. Consideraciones básicas

- Debe diseñarse un adecuado número y segregación de circuitos y cargas de tal manera que pueda reducirse al mínimo el efecto de un corte de suministro

- Cargas no lineales y las de alto contenido en armónicos deberán alimentarse de forma separada de otras.
- Se debe prever y minimizar en lo posible el efecto que las caídas de voltaje de grandes motores con grandes corrientes de arranque como por ejemplo: ascensores, compresores de aire, bombas, que puedan provocar daños en otros equipos sensibles, ya sean mediante un diseño de circuitos de alimentación separados, o mediante el empleo del correspondiente equipo de control de arranque, ya sea electrónico o no.
- La arquitectura del sistema tiene que ser versátil y flexible de tal forma que permita el aumento de las cargas y/o cambios en la capacidad de las fuentes.
- Diseñarse un adecuado sistema de deslastre de cargas y de conexión secuencial de otras que evite la circulación de grandes corrientes transitorias que puedan hacer disparar los dispositivos de sobre intensidad de corriente y/o sobrecargar el generador de emergencia, en su caso.

2.10.4. Fuentes de suministro y esquema de distribución

La alimentación del suministro normal se realizará desde la red pública en MV. Para mitigar en lo posible los efectos de las averías con origen en las redes de AT / MV y obtener un nivel de fiabilidad mucho mayor que con un único alimentador para uso general del servicio. Se recomienda siempre que sea posible, un diseño redundante de la acometida de red al hospital utilizando dos líneas externas, realmente separadas; es decir, alimentadas desde subestaciones y/o transformadores y trazados independientes.

Se considera que en preferencia sean líneas dedicadas desde su origen para uso exclusivo del centro hospitalario.

En la figura se muestra un ejemplo de una doble acometida desde un centro de seccionamiento de la compañía distribuidora, alimentado desde sub estaciones diferentes.

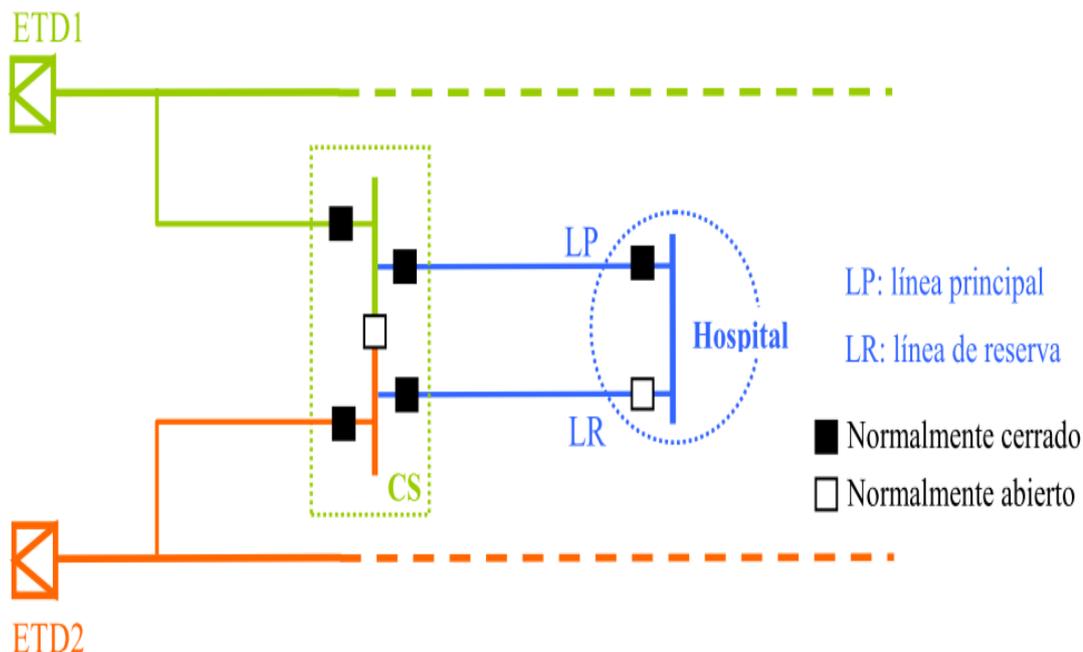


Figura 6 Doble acometida – hospital

Fuente: (Sacyl Infraestructuras, 2010)

Se recomienda que la línea de reserva (LR) tenga garantía total de potencia. Y que la transferencia de la acometida desde la línea principal (LP) a la de reserva debe realizarse de manera automática cuando se produzca un fallo en la línea principal (y no haya falta interior); es decir, cuando no haya voltaje en dicha línea principal o bien esté bajo su valor nominal.

Cuando la transferencia automática se realice mediante PLC's, debe preverse que éstos dispongan de una alimentación segura a través de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) con alarma remota (visual y sonora) de desconexión de red.

Se recomienda que la doble acometida de red vaya hasta un centro de seccionamiento de abonado como se muestra en la figura a continuación (seccionamiento), desde donde se diseñará una red propia en MV, con topología en anillo es decir, con redundancia stand-by con la posibilidad de dobles caminos alternativos de alimentación. Esta red de MV dará servicio a los centros de transformación y será la encargada de proporcionar la energía a los Cuadros Generales de Baja voltaje (CGBT).

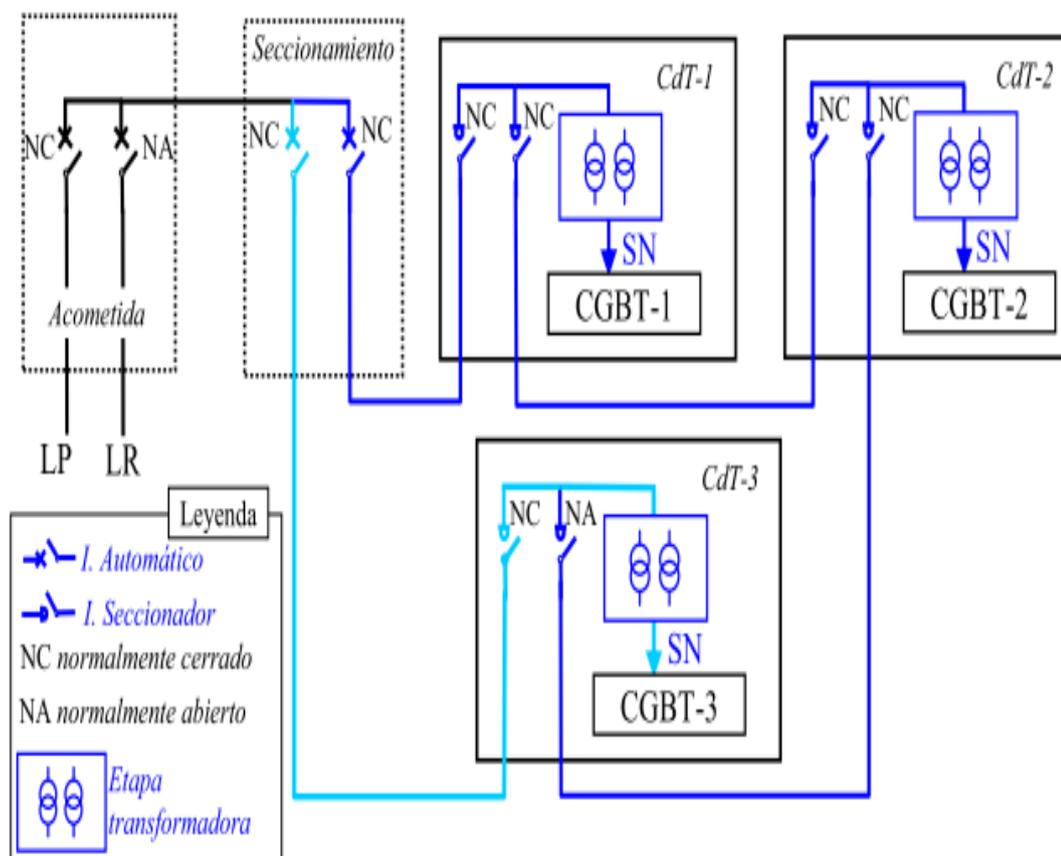


Figura 7 Esquema en anillo de la Red de MV para el Suministro Normal

Fuente (Sacyl Infraestructuras, 2010)

Dentro de este aseguramiento del suministro eléctrico en hospitales y el bajo nivel de fiabilidad de las estructuras que quedaría aguas abajo de las alimentaciones externas la segunda acometida no puede considerarse como único suministro complementario. Dicho suministro debe garantizarse a través de medios propios, generalmente se establece grupos electrógenos.

Estos grupos de suministro y generación grupos electrógenos redundantes deben ser establecidos de forma centralizada en paralelo con conmutación única como se muestra en la figura a continuación, de esta forma tanto el sistema normal SN como complementario SC suministrara a los tableros generales de baja voltaje a través de la misma red.

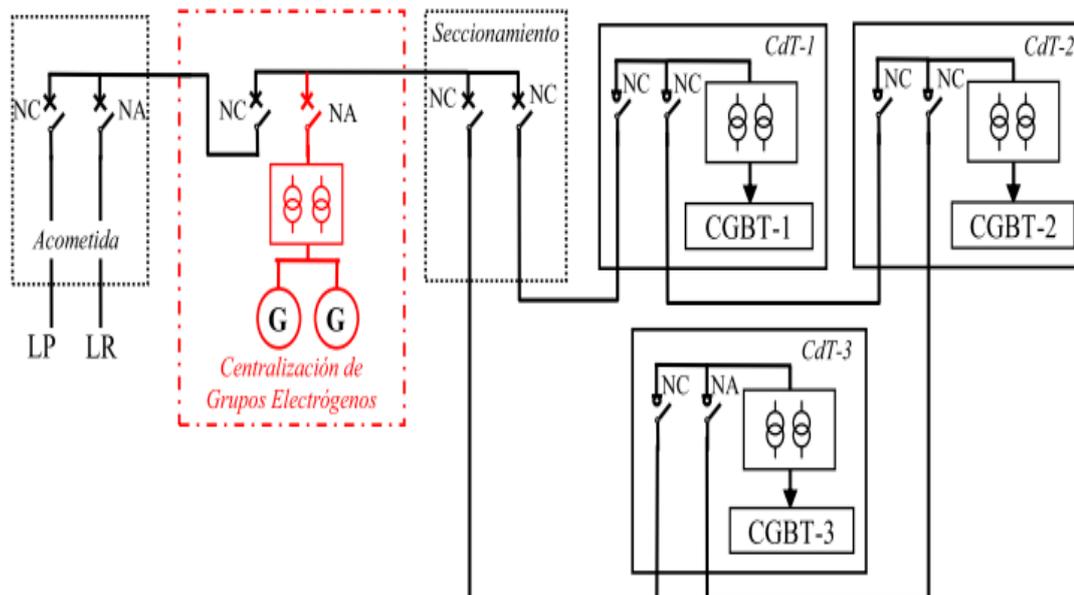


Figura 8 Red de MV Generación Centralizada y transferencia en MV

Fuente: (Sacyl Infraestructuras, 2010)

2.10.4.1. Diagramas de sistemas eléctricos esenciales en hospitales

Es importante mostrar las componentes del sistema eléctrico esencial para una respuesta rápida y eficiente en caso de fallas para lo cual dependiendo de las cargas y su cantidad varia dicha configuración como se muestra a continuación.

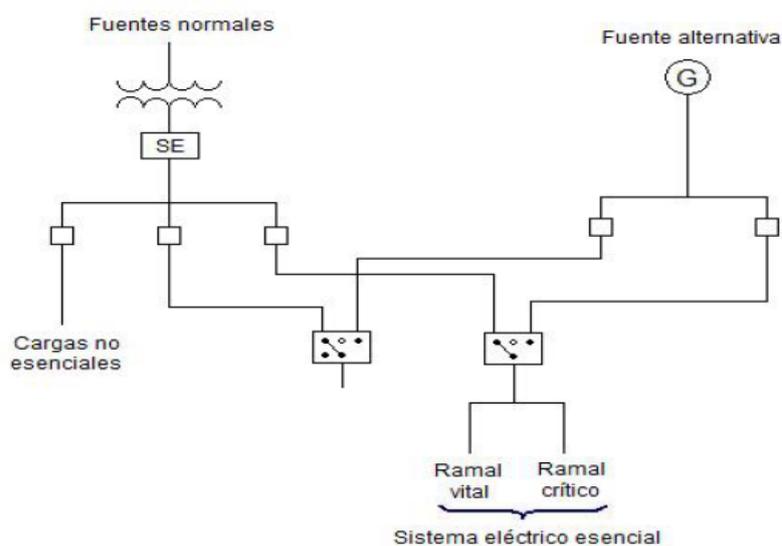


Figura 9 Sistema Eléctrico esencial

Fuente: (Jimenez, 2010)

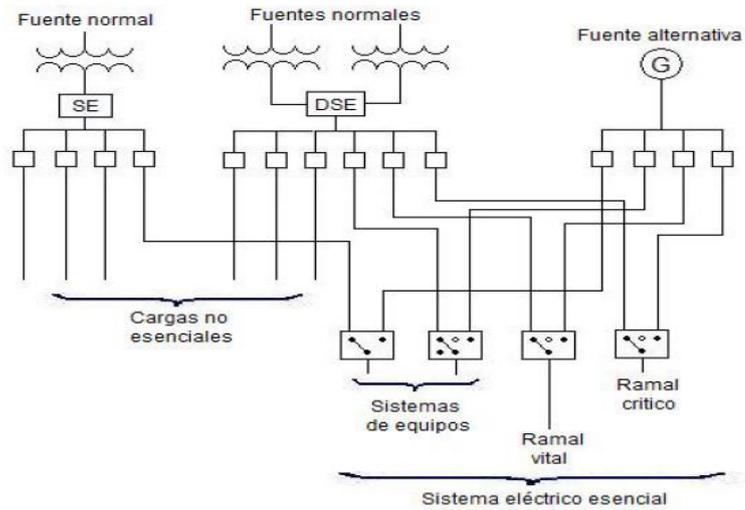


Figura 10 Sistema eléctrico típico de hospitales

Fuente: (Jimenez, 2010)

2.10.5. Sistema eléctrico hospitalario

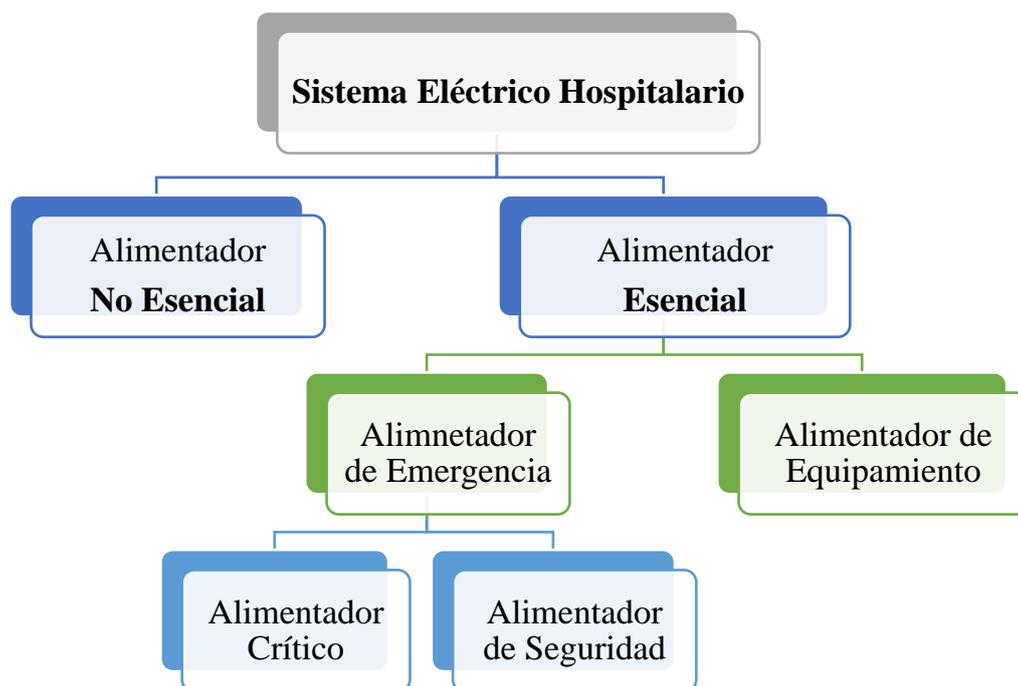


Figura 11 Sistema Eléctrico Hospitalario

Fuente: Realizado por el autor.

2.10.5.1. Alimentador No Esencial

Comprenden los dispositivos de distribución y circuitos que suministran energía eléctrica a partir de la red normal de suministro a cargas que NO son consideradas esenciales para la seguridad de las personas, o para la operación efectiva y esencial del hospital.

Por ejemplo.

Iluminación general, equipos de laboratorio general, equipos no críticos, áreas de internación, etc.

2.10.5.2. Alimentador esencial

Comprende los dispositivos de distribución y circuitos para asegurar la continuidad del servicio de energía eléctrica a las cargas consideradas esenciales para la seguridad de las personas, cuidados de pacientes y operación efectiva del hospital.

- **Alimentador de Emergencia**

Comprende los dispositivos de distribución y circuitos para suministrar energía eléctrica alternativa a un número limitado de funciones preestablecidas, vitales para la preservación de la vida y seguridad de las personas.

Por ejemplo:

Iluminación de emergencia, señalización de escape, equipamiento médico crítico, etc

- **Alimentador de Equipamiento**

Comprende un sistema de circuitos y dispositivos cuyo propósito es conectar de forma retardada automática o manual a la fuente de suministro alternativo que alimenta primariamente a equipos de potencia monofásica, bifásica y/o trifásica.

Por ejemplo

Ascensores, bombas contra incendios,

- **Rama Crítica**

Es un subsistema del sistema de emergencia que consiste en circuitos y dispositivos que suministran energía eléctrica en tareas de iluminación, circuitos de potencia especiales y tomas seleccionados que sirven a áreas y funciones vitales como son para el cuidado de pacientes y que están conectados al suministro alternativo por una o más llaves de transferencia durante la interrupción del suministro normal.

Por ejemplo:

Cuidados críticos, iluminación y tomas de: farmacia, neonatología, áreas de internación, sistemas de llamados de enfermería, bancos de sangre, huesos y tejidos, iluminación, circuitos de potencia, terapias intensivas, hemodiálisis, etc.

- **Rama de Seguridad**

Es un subsistema del sistema de emergencia que consiste de circuitos y dispositivos destinados a proveer adecuadamente las necesidades de energía eléctrica para la seguridad de pacientes y el personal.

Por ejemplo:

Iluminación de vías de evacuación, señales de evacuación, sistemas de alarmas y alertas, sistemas de comunicaciones de emergencia, puertas automáticas para egresos, Etc.

2.10.6. Sistema Puesta a Tierra en hospitales

El sistema de puesta a tierra (SPT) se define como el conjunto de conductores sin interruptores ni fusibles, por medio de los cuales se pone en contacto eléctrico los equipos presentes en una instalación y el sistema eléctrico con el suelo, ofreciendo un camino de retorno de baja impedancia para las corrientes de fuga y de falla.

El SPT de los sistemas y conductores del circuito se tiene el objetivo de limitar las tensiones debidas a descargas atmosféricas, fallas a tierra, sobretensiones transitorias de línea o contactos accidentales con líneas de alto voltaje, así como estabilizar el voltaje durante condiciones normales de operación así como protección contra sobre corriente, en casos de fallas a tierra. (Pérez D. A., 2007)

El Ecuador tiene como norma vigente para sistemas de puesta a tierra la NON-001- SEDE en la que detalla en todo su artículo 517 para instalaciones hospitalarias, en la sección 13 dice : “Todos los circuitos derivados que alimenten a las áreas de atención de pacientes deben proveerse de una trayectoria de puesta a tierra para corriente eléctrica de falla a través de un sistema de canalización metálica o cable armado. El sistema de canalización metálica o cable armado debe calificarse como un equipo eficiente de puesta a tierra” (Secretaria de Gobernación, 1999)

2.10.6.1. Propósito de un sistema de puesta a tierra en hospitales

Los objetivos principales de las puestas a tierra son:

- Obtener una resistencia eléctrica de bajo valor para derivar a tierra Fenómenos Eléctricos Transitorios (FETs.), corrientes de fallas estáticas y parásitas; así como ruido eléctrico y de radio frecuencia.
- Mantener los potenciales producidos por las corrientes de falla dentro de los límites de seguridad de modo que las tensiones de paso o de toque no sean peligrosas para los humanos y/o animales.
- Hacer que el equipamiento de protección sea más sensible y permita una rápida derivación de las corrientes defectuosas a tierra.
- Proporcionar un camino de derivación a tierra de descargas atmosféricas, transitorios y de sobretensiones internas del sistema.
- Ofrecer en todo momento y por el tiempo de vida útil del SPAT (± 20 años) baja resistencia eléctrica que permita el paso de las corrientes de falla.
- Servir de continuidad de pantalla en los sistemas de distribución de líneas telefónicas, antenas y cables coaxiales

Son clasificados según su propósito de aplicación

- **Sistemas eléctricos**

Tiene como objetivo limitar cualquier elevación de voltaje producto de una descarga atmosférica, fenómenos de inducción contactos con cables de más alto voltaje.

Se conecta el neutro del sistema eléctrico a tierra.

- **Equipos eléctricos**

Su propósito es minimizar el riesgo y peligro de la vida y las propiedades como medida de protección a los potenciales de toque, así también como corto circuitos etc.

Se conectan las carcasas metálicas del sistema eléctrico a la tierra.

- **Señales electrónicas**

Evitar contaminación de señales en frecuencias no deseadas, se logra contactando el blindaje a una referencia cero puede ser la tierra como tal.

- **Protección electrónica**

Tiene el propósito de evitar la destrucción de elementos semiconductores por sobretensiones.

- **Protección atmosférica**

Evita que las descargas atmosféricas entren al sistema y causen daños a los equipos o personas

- **Puesta a tierra de protección electrostática**

Neutraliza las cargas electrostáticas producidas por los materiales dieléctricos, se logra conectando todos los elementos metálicos dieléctricos a tierra común o referencia cero

2.10.6.2. Componentes de un sistema de puesta a tierra

Las tomas de tierra están formadas por los siguientes elementos

- **Barras equipotenciales:** Son barras colectoras en las cuales se conecta todo lo que vaya a tierra.
- **Línea principal de tierra.** Es el conductor que une las FGB con las MGB.
- **Línea de enlace.** Es el conductor que interconecta los distintos electrodos del sistema de puesta a tierra directa o indirectamente. Esto se realiza para garantizar equipotencialidad en toda la instalación
- **Pararrayos.** Es un dispositivo cuyo objetivo es atraer un rayo y canalizar la descarga eléctrica hacia tierra, de modo tal que no cause daños a construcciones o personas.
- **Descargadores de sobre voltaje.** Son los encargados de llevar a tierra las corrientes producto de las sobretensiones y así disminuir la magnitud de las sobretensiones y su efecto sobre los equipos.
- **Electrodos.** son elementos metálicos que permanecen en contacto directo con el terreno. Estos estarán contruidos con materiales inalterables a la humedad y a la acción química del terreno. Por ello, se suelen usar materiales tales como el cobre, el acero galvanizado y el hierro zincado.

Según su estructura, los electrodos pueden ser:

- **Placas:** serán placas de cobre o hierro zincado, de al menos 4 mm de grosor, y una superficie útil nunca inferior a 0.5 m². Se colocarán enterradas en posición vertical, de modo que su arista superior quede, como mínimo, a 50 cm bajo la superficie del terreno. En caso de ser necesarias varias placas, éstas se colocarán separadas una distancia de 3 m.

- **Picas:** pueden estar formadas por tubos de acero zincado de 60 mm de diámetro mínimo, o de cobre de 14 mm de diámetro, y con unas longitudes nunca inferiores a los 2 m. En el caso de ser necesarias varias picas, la distancia entre ellas será, al menos, igual a la longitud.
- **Conductores enterrados:** se usarán cables de cobre desnudo de al menos 35 mm² de sección, o cables de acero galvanizado de un mínimo de 2.5 mm de diámetro. Estos electrodos deberán enterrarse horizontalmente a una profundidad no inferior a los 50 cm.
- **Mallas metálicas:** formadas por electrodos simples del mismo tipo unidos entre sí y situados bajo tierra.
- En todos los casos, la sección del electrodo debe ser tal que ofrezca menor resistencia que la el conductor de las líneas principales de tierra. Puesto que la resistencia del electrodo depende de su forma, de sus dimensiones y de la resistividad del terreno.

Las partes de las componentes del sistema de puesta a tierra se observan el figura a continuación.

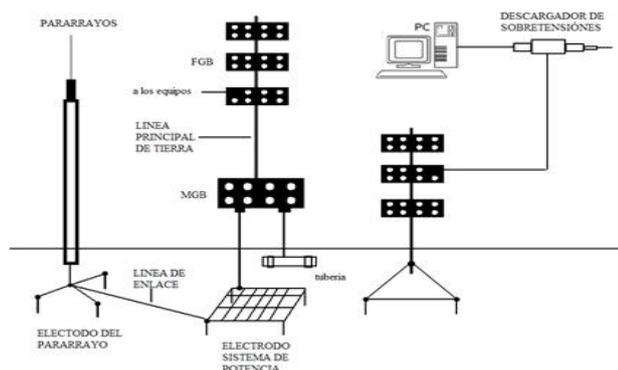


Figura 12 Componentes de un SPT

Fuente. (Pérez D. , 2007)

2.10.7. Sistemas grupos electrógenos de emergencia para hospitales

Los generadores eléctricos para hospitales deben poseer la capacidad de brindar electricidad durante largos períodos de tiempo de forma continua, además de poseer gran potencia de salida y nominal, debido a que estos lugares cuentan con un sistema de instrumentación y equipos que necesitan para su funcionamiento un suministro continuo y estable de energía eléctrica, como quirófanos o equipamiento de tratamientos vitales. Además deben encenderse automáticamente en cuanto el fluido eléctrico se vea interrumpido.

2.10.7.1. Criterios y parámetros de un grupo electrógeno

- **Carga/capacidad mínima del grupo electrógeno**

Se recomienda no sobre dimensionar un grupo electrógeno ya que su funcionamiento bajo el 30% de su capacidad puede causar daños en su motor, en estos casos se recomienda usar bancos de carga para compensar.

Según estudios realizados sobre el efecto de la altitud sobre el comportamiento de motores de la empresa WEG en su artículo de “Selección Y Aplicación De Motores” se estima una pérdida de potencia en alrededor del 4.5% cada 500m.s.n.m. por la disminución de densidad de oxígeno en el aire. Por este motivo en la ciudad de Macas se estima un perdida aproximada del 9% de eficiencia del motor a combustión del grupo electrógeno.

- **Ciclo de servicio**

El tamaño del grupo electrógeno también se ve influenciado por su aplicación, energía Standby, energía primaria o servicio público paralelo. Los sistemas de energía Standby por lo general no tienen capacidad de sobrecarga. Los sistemas de energía primaria por lo general tienen un mínimo de 10 por ciento de capacidad de sobrecarga. Los grupos electrógenos diseñados para operar en horarios prolongados con una carga constante y sostenida no deben operarse en exceso de la capacidad nominal continua.

- **Máxima caída de voltaje de medida permisible.**

Se debe establecer la caída mínima de voltaje permisible ya que un rango de caída de voltaje bajo requiere un grupo electrógeno más grande que puede quedar sobre dimensionado.

- **Máxima caída de frecuencia de medida permisible**

De igual forma si se establece un rango de caída de frecuencia permisible bajo, eso requerirá de un grupo electrógeno más grande.

- **Altitud y temperatura.**

La altitud y temperatura del lugar de funcionamiento afecta el desempeño del grupo electrógeno, lo cual hace también variar su tamaño.

- **Combustible**

Se debe analizar el tipo de combustible y eficiencia del mismo, ya sea a gas o diésel se debe considerar el almacenamiento del mismo siendo el de gas el que mayor tamaño y espacio requiere.

- **Fase**

Elija monofásica o trifásica. La selección trifásica permite cargas monofásicas pero se asume que las cargas monofásicas se equilibrarán en las tres fases.

- **Frecuencia:**

50 Hz o 60 Hz.

- **Voltaje:**

Las opciones de voltaje, por lo general, son una función de la frecuencia elegida.

- **Lugar de instalación del grupo electrógeno.**

Se debe considerar estos tres aspectos fundamentales en la instalación

- **Posicionamiento / Ubicación Física del Grupo Electrónico**

Mantener el equilibrio térmico en el intercambio de calor generado en la combustión, por lo que el lugar debe tener la adecuada ventilación .

- **Venteo de gases**

El motor es de combustión interna genera emanaciones de gases que deben ser evacuados al exterior mediante ductos. En el caso de instalarse en hospitales se debe contar con un silenciador adecuado con el fin de minimizar los ruidos de funcionamiento y un catalizador de gases para evitar contaminación y afectar a terceros.

- **Plataformas y cobertura.**

El lugar de asentamiento del grupo electrógeno debe proporcionar las condiciones adecuadas para el mismo y su conexiones. De igual forma su cobertura debe ser la correcta y con reducción de sonidos.

Esta cobertura puede ser de chapas o loza, debiendo tener la altura suficiente para poder ingresar y realizar tareas de mantenimiento. En el recinto donde se ubique el grupo electrógeno, deben preverse y dejarse espacios libres perimetrales en no menos de 0.50 Metros para que se posible la circulación de personal de mantenimiento para la 2 3 realización de reparaciones, controles y servicios. (Noro&Raffelli, 2012)

2.11. Equipos De Medición Y Análisis Utilizados

2.11.1. Pinza amperimétrica Fluke 345

Esta pinza amperimétrica reúne las ventajas de un analizador de calidad eléctrica, un registrador de calidad eléctrica y una pinza amperimétrica en un solo instrumento ideal para la monitorización de cargas electrónicas.



Figura 13 Pinza amperimétrica Fluke 345

Fuente: (Fluke, 2015)

Aplicaciones

- Configuración y detección de problemas en variadores de velocidad y sistemas de alimentación interrumpida: Compruebe el correcto funcionamiento a través de la medida de los parámetros clave que definen la calidad eléctrica.
- Medidas de los armónicos: Identifique problemas causados por armónicos que puedan dañar o afectar a equipos críticos.
- Captura de corrientes de arranque: Compruebe la corriente de arranque que se produce como consecuencia de falsos reinicios o el disparo inesperado de los interruptores automáticos.
- Estudios de carga: Compruebe la capacidad de la instalación eléctrica antes de añadir nuevas cargas.

Especificaciones

- Corriente CA/CC: Mida con la pinza amperimétrica una corriente de CA de hasta 1400 A rms y una corriente de CC de hasta 2000 A sin interrumpir el circuito.
- Máxima categoría de seguridad: La clasificación del analizador de calidad eléctrica como 600 V CAT IV capacita al equipo para su uso en la acometida de servicio.

- Preciso en entornos ruidosos: La pinza amperimétrica es capaz de trabajar incluso con formas de onda distorsionadas presentes en ambientes con cargas electrónicas gracias a su filtro paso bajo.
- Registro de datos: Identifique problemas intermitentes a través del registro de cualquier parámetro de calidad eléctrica, incluidos armónicos, durante minutos o meses.
- Comprobación de baterías: Medida directa del rizado CC (%) en sistemas de corriente CC y baterías.
- Resuelva problemas causados por armónicos: Registre armónicos de forma digital y analice su tendencia a través de gráficas.
- Corriente de arranque: Capture y analice disparos inesperados, desde 3 segundos a 300 segundos.
- Fácil de usar: Confirme de forma sencilla la configuración del equipo gracias a su pantalla en color retro iluminada de gran tamaño, la cual permite una perfecta visualización de formas de onda y gráficos de tendencias.
- Calidad eléctrica trifásica: Función integrada para cargas equilibradas.
- Visualización de gráficos y generación de informes: Utilice el analizador de calidad con el software PowerLog incluido

2.11.2. Registrador trifásico Fluke 1735



Figura 14 Registrador Trifásico Fluke 1735

Fuente: (Fluke, 2015)

Registros de la calidad eléctrica, estudios de carga eléctrica y comprobaciones del consumo de energía.

El registrador Fluke 1735 es el medidor de potencia utilizado para realizar estudios de la energía eléctrica y registros de datos fundamentales de la calidad eléctrica. Con la capacidad de medir la inmensa mayoría de los parámetros de energía eléctrica, armónica permitiendo de capturar eventos de voltaje.

Aplicaciones

- Estudios de carga: verifique la capacidad del sistema eléctrico antes de añadir ninguna carga
- Evaluaciones de energía: calcule el consumo antes y después de las mejoras para justificar los dispositivos de ahorro de energía
- Medidas de armónicos: identifique los problemas de armónicos que pueden dañar o afectar a equipos fundamentales
- Captura de eventos de voltaje: supervise las fluctuaciones que provocan falsos reinicios o disparos inesperados del interruptor automático

Características

- Registro de la energía eléctrica y de los parámetros correspondientes de hasta 45 días
- Supervisión de la demanda máxima de potencia a lo largo de períodos medios definidos por el usuario
- Comprobaciones de consumo de energía para evidenciar las ventajas aportadas por las mejoras realizadas
- Medida de la distorsión de armónicos producidos por cargas electrónicas
- Mejora de la fiabilidad gracias a la captura de fluctuaciones de voltaje debidas a la conexión y desconexión de una gran carga
- Fácil confirmación de la configuración del instrumento mediante la visualización en color de las formas de onda y tendencia
- Medida de las tres fases y el neutro gracias a las cuatro sondas flexibles incluidas
- Visualización de gráficos y generación de informes gracias al software PowerLog

- Diseño robusto y compacto, con maletín IP65, categoría CAT III 600 V y garantía de dos años

Variables de medición

- Voltaje de fase (V)
- Corriente de fase (Ac)
- Frecuencia (Hz)
- Potencia activa por fase y total (KW)
- Potencia aparente por fase y total (KVA)
- Potencia Reactiva por fase y total (KVAR)
- Potencia Distorsión por fase y total (KVA)
- Cos Phi
- THD A
- THD V
- Energía activa por fase y total (KWh)

2.11.3. Analizador de la energía eléctrica Fluke 434 Serie II



Figura 15 Fluke 434

Fuente: (Fluke, 2015)

Es una herramienta ideal para el registro de energía. Utilizando la nueva función de Cálculo de Pérdida de Energía, el 434 II mide el costo fiscal de la pérdida de energía, debido a la mala calidad de ésta. La característica de monetización le

permite identificar las zonas con mayor pérdida de energía en sus instalaciones para que pueda determinar las soluciones de ahorro de energía apropiadas

Aplicaciones:

- **Cuantificación monetaria de la energía** – calcular el coste fiscal de la energía desperdiciada por una pobre calidad eléctrica.
- **Análisis de la energía**– medir el antes y el después para cuantificar las mejoras de la instalación en el consumo de energía, justificando el uso de los dispositivos de ahorro energético.
- **Detección y resolución de problemas en primer nivel de actuación** – diagnosticar rápidamente los problemas en pantalla, de forma que pueda volver a poner los equipos en marcha.
- **Mantenimiento predictivo** – detectar y prevenir los problemas de calidad eléctrica antes de que produzcan tiempos de inactividad de la producción.
- **Análisis a largo plazo** – descubrir problemas difíciles de detectar o intermitentes.
- **Estudios de carga** – comprobar la capacidad de los sistemas eléctricos antes de añadir la carga.

Características:

- **Calculadora de Pérdida de Energía:** Las mediciones clásicas de potencia activa y reactiva, desequilibrios y armónicos se cuantifican para poner de manifiesto el coste fiscal de las pérdidas de energía.
- **Resolución de problemas en tiempo real:** Analice las tendencias utilizando cursores y la función zoom.

- La clasificación de seguridad más alta de la industria: Clasificación de CAT IV a 600 V y CAT III a 1000 V para su uso en la entrada de servicio.
- Permite medir las tres fases y el neutro: Con cuatro puntas de prueba de corriente flexibles incluidas y un mejorado diseño delgado para adaptarse a los lugares más estrechos.
- Tendencia automática: Todas las mediciones se registran siempre automáticamente, sin necesidad de configuración alguna.
- Monitor del sistema: Diez parámetros de calidad de potencia en una sola pantalla, de acuerdo con la norma de calidad de potencia eléctrica EN50160.
- Función de registrador: Configurado para cualquier condición de prueba con memoria de hasta 600 parámetros a intervalos definidos por el usuario.
- Visualización de gráficos y generación de informes: Con el software de análisis incluido.
- Vida útil de la pila: Siete horas de tiempo de funcionamiento por carga en un pack de baterías de Ión litio

2.11.4. Pinza amperimétrica Fluke 1630

Medidas de la resistencia de lazo de tierra para aplicaciones comerciales, industriales y redes de suministro



Figura 16 Fluke 1630

Fuente: (Fluke, 2015)

La técnica de comprobación de resistencia a tierra que usa Fluke 1630 simplifica el proceso de comprobación de lazo de tierra y permite realizar medidas de corrientes de fuga no intrusivas. Esta nueva técnica permite la comprobación de lazo de tierra y de continuidad sin necesidad de abrir el circuito utiliza el método de prueba sin picas que elimina la necesidad de desconectar sistemas de tierra paralelos y encontrar lugares apropiados para colocar las picas auxiliares.

La pinza de resistencia de tierra Fluke 1630 se coloca abrazando cualquier punto del circuito de tierra o del cable de conexión. A través de la mitad de la pinza se induce una tensión determinada y la corriente se mide a través de la otra mitad. El medidor determinará automáticamente la resistencia del lazo de tierra en esta conexión a tierra

Características:

- Una amplia gama de resistencias de lazo de tierra, desde 0,025 Ω hasta 1500 Ω , para dar respuesta a todas sus necesidades.
- Amplia apertura de la mordaza de 35 mm para medir conductores de tierra y/o barras colectoras equipotenciales.
- Medida de la corriente de fuga de tierra, desde 0,2 mA hasta 1.000 mA, sin necesidad de desconectar, por lo que es ideal para detectar problemas en los sistemas.

- Amplia gama de medidas de CA desde 0,2 A hasta 30 A que permite utilizar un único instrumento para múltiples aplicaciones.
- Límites de valores alto y bajo de alarma definidos por el usuario, para evaluar rápidamente las medidas.
- Útil botón de retención de valores en pantalla para capturar lecturas en lugares inaccesibles.
- La función de memoria ahorra tiempo, ya que registra automáticamente los registros y guarda los valores de las medidas tomadas.
- Auto calibración automática para garantizar siempre medidas precisas y fiables
- Protección contra sobrecargas: 200 A
- Maletín de transporte y lazo de medida de la resistencia incluidos
- ≥ 8 horas de duración de la batería (en funcionamiento continuo)

2.11.5. Fluke 1587/ET

Los productos de este kit se han seleccionado específicamente para aplicaciones de localización de averías y tareas de mantenimiento preventivo.



Figura 17 Kit avanzado

Fuente: (Fluke, 2015)

Ideal para establecer programas de mantenimiento preventivo como una tarea clave para mantener el tiempo de funcionamiento de equipos eléctricos y reducir significativamente los períodos de inactividad imprevistos. Los costes de períodos de inactividad imprevistos son difíciles de calcular, pero a menudo son muy importantes. En algunos sectores puede representar entre el 1 y el 3% de los ingresos

- Con el Fluke 1587, realice pruebas de aislamiento, además de una amplia gama de tareas DMM con confianza y facilidad.
- Utilice el Fluke i400 con su Fluke 1587 para medir con precisión corriente CA sin interrumpir el circuito
- Compruebe si hay puntos calientes y la temperatura medida con el Fluke 62 Mini termómetro sin contacto.

Fluke 1587 Multímetro de aislamiento

- Dos productos en uno: probador de aislamiento de gran alcance y multímetro con todas las funciones
- Ideal para trabajar en motores, cables y aparatos de conexión
- Pantalla grande con iluminación de fondo
- Filtro para mediciones de accionamiento del motor
- Prueba de aislamiento (0.01M Ω a 2G Ω)
- Tensiones de prueba de aislamiento (50 V, 100 V, 250 V, 500 V, 1000 V) para muchas aplicaciones
- CAT III 1000 V / CAT IV 600 V calificación sobre voltaje para la protección del usuario agregado
- 3 años de garantía

Fluke i400 actual Clamp

- Utilice con su Fluke 1587 para medir 1A AC 400 A AC
- 1 mA / Amp salida garantías de fácil lectura
- CAT III 1000 V / CAT IV 600 V calificación sobre voltaje para la protección del usuario agregado
- Especialmente diseñado para ofrecer la máxima utilidad en una forma muy compacta
- Conductor máxima: \varnothing 32 mm
- 1 año de garantía

Fluke 62 Mini termómetro IR

- Lecturas de la temperatura superficial rápidos y confiables (sin contacto)
- Mejor precisión de su clase: + 1% de la lectura o 1 ° C (2 ° F)

- Amplio rango de temperatura: -30° a 500° C (-20° a 932° F)
- La doble muestra las mediciones actuales y máximos simultáneamente
- Mantiene las lecturas de temperatura de 7 segundos
- 2 años de garantía, condicion

2.11.6. Amprobe ACD-41PQ 1000A



Figura 18 Amprobe ACD-41PQ 1000A

Fuente: (Amprobe, 2015)

El Amprobe ACD-40 proporciona una forma simple y eficaz para verificar si el sistema eléctrico se ve afectada por armónicos. Agregar las capacidades de resolución de problemas con la función de registro de datos ACD-40PQ u obtener análisis de potencia completa con el ACD-41PQ. Aumentar la medición de la eficiencia con un kit de interfaz de PC opcional. THD-F se define como: $(\text{Total de RMS de armónicos} / \text{RMS Fundamentales}) \times 100\%$

Características

- Medidas de detección True-rms activos (W), reactiva (VAR) y aparente (VA) de potencia con pantalla dual factor de potencia de lectura
- Distorsión armónica total (THD), voltaje AC / DC hasta 600V, corriente AC hasta 1000A, resistencia, frecuencia, temperatura
- Retención de pico
- Capacidad de interfaz de PC opcional (RS-232 KIT2)
- Continuidad audible
- El suministro de energía automático
- Polaridad automática

- Indicador de batería baja
- Retención de datos
- Pantalla LCD grande y fácil de leer con luz de fondo
- Tiene capacidad para conductores de hasta 1,77 (45 mm) de diámetro
- Funda de transporte, cables de prueba, baterías (instalado), termopar y manual incluido
- Protección contra sobrecarga de voltaje para todas las funciones de hasta 600 V AC / DC

2.11.7. Programas de análisis de mediciones eléctricas

Fluke posee programas computacionales para la descarga y análisis de mediciones eléctricas hechas con los equipos Fluke. Estos ayudan a presentar la información de una forma organizada visualmente dinámica, con varias herramientas para facilitar el análisis.

Software:

- **FlukeView:** permite visualizar en tiempo real la pantalla de los equipos Fluke series 43x y 345. Con descarga individual de cada medición y su tendencia.
- **Power Log 4.0.2.:** permite la descarga masiva de la información almacenada en los registros de los equipos Fluke 43x-II, 1735, VR 1710, 345. Este software muestra toda la información almacenada de un período de monitoreo, registros gráficos, tablas de datos, imágenes, también tiene la facilidad de exportar datos compatibles con Office.

2.11.7.1.Dialux software.

Este software permite crear proyectos de iluminación y está abierto a las luminarias de todos los fabricantes.

DIALux, permite crear de forma simple e intuitiva todo tipo de ambientes. Así también documentar los resultados de los diseños de iluminación en varios tipos de

visualizaciones con escenarios de luz diurna y artificial a través de los cuales se puede desplazar con recorridos de cámara. También permite tomar como base los datos de AutoCAD y de otros programas arquitectónicos y exporte cómodamente sus resultados de nuevo al programa original. También se puede crear modelos 3D importados del Interne

Características

- Crea muy fácilmente proyectos de iluminación eficaces y profesionales
- Datos actualizados de luminarias de los fabricantes líderes a nivel mundial
- Software actualizado y técnicamente novedoso siempre disponible gratuitamente
- Evaluación energética en un abrir y cerrar de ojos
- Escenas de luz de color con LED o con otras luminarias con cambio de color

2.12. Definiciones de calidad eléctrica

La calidad de la energía se define como: la energía eléctrica que es suministrada a los equipos y dispositivos con características y condiciones adecuadas para mantener su continuidad sin que provoque fallas a sus componentes ni se afecte a su desempeño.

En la Regulación CONELEC - 004/01 también se definen los índices de calidad y sus límites de :

- Nivel de Voltaje
- Perturbaciones
 - Parpadeo (Flicker)
 - Armónicos
- Factor de Potencia

2.12.1. Nivel de voltaje

Ecuación 2. Índice de Calidad

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

Donde:

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

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

V_n : voltaje nominal en el punto de medición.

- **Límites y rangos**

Se considera variaciones de corta duración a los valles o huecos que consisten en una reducción entre 0,1 y 0,9 p.u. en el valor R.M.S. del voltaje o corriente con una duración de 0,5 ciclo a un minuto

Tabla 7
Tolerancia para las tensiones Norma ANSI

VALOR NOMINAL	RANGO DESEABLE	RANGO ACEPTABLE
120	126 - 114	127 - 110
208	218 - 197	220 - 191
240	252 - 228	254 - 220
277	291 - 263	293 - 254
480	504 - 456	508 - 440

Fuente. Norma ANSI C84.1.

La norma ANSI C84.1 especifica las tolerancias en el voltaje de estado estable en un sistema de potencia. Una variación de voltaje se considera de larga duración cuando excede el límite de la ANSI por más de un minuto. Debe prestarse atención a los valores fuera de estos rangos.

2.12.2. Parpadeo (Flicker)

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al flicker, se considerará el Índice de Severidad por Flicker de Corta Duración (Pst), en intervalos de medición de 10 minutos, definido de acuerdo a las normas IEC; mismo que es determinado mediante la siguiente expresión:

Ecuación 3. Parpadeo (Flicker)

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}}$$

Donde:

Pst: Índice de severidad de flicker de corta duración.

P0.1, P1,P3,P10,P50: Niveles de efecto “flicker”

Son considerados cuando sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del período de observación.

- **Límites y rangos**

El índice de severidad del Flicker Pst, no debe superar la unidad. Se considera Pst = 1 como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en una muestra específica de población.

2.12.3. Armónicos

Ecuación 4. Índice de calidad de Armónicos

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n} \right) * 100 \quad THD = \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) * 100$$

Donde:

Vi': factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD: factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje

Vi: valor eficaz (rms) del voltaje armónico “i” (para $i = 2... 40$) expresado en voltios.

Vn: voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

- **Límites y rangos**

Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales (V_i') y la distorsión armónica total THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite (V_i' y THD') señalados en la tabla 2 en la cual se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, e inclusive ambas.

Tabla 8
Tolerancia y rangos de armónicos

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA $ V_i' $ o $ THD' $ (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (trafos de distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	$0.1 + 0.6*25/n$	$0.2 + 1.3*25/n$
Impares múltiplos de tres		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
Pares		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0

Continua 

6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
THD	3	8

Fuente: (CONELEC, 2001)

2.12.4. Factor de Potencia

- **Índice de calidad**

En cuanto al factor de potencia, si el valor de este inferior a los límites durante el 5% o más del período evaluado, el considera que el consumidor incumple con el índice de calidad. Estas disposiciones constan en el artículo 12 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, la que señala en contexto que el distribuidor registrara el factor de potencia en períodos mensuales, en el 2% del número de consumidores servidos en AV(alto voltaje) y MV (medio voltaje). Las mediciones se harán mediante registros en períodos de 10 minutos, con régimen de funcionamiento y cargas normales, por un tiempo no menor a siete (7) días continuos.

- **Límite Límites y rangos**

El valor mínimo es de 0,92.

2.12.5. Cálculo de la potencia aparente y reactiva

Conociendo el consumo energía activa y reactiva del promedio de un período de tiempo delimitado, este dato es dividido para el producto de los 30 días que tiene un mes por las 24 horas que tiene cada día para obtener el consumo de energía por hora promedio durante estos meses. Esto se hace con la energía activa y reactiva.

Ecuación 5. Cálculo de potencia

$$P = \frac{\text{Energía}}{\text{dias} * \text{horas}}$$

Con estos datos se obtiene la potencia aparente con la fórmula:

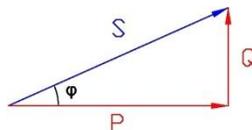


Figura 19. Triángulo de potencias

Fuente: anónima.

Ecuación 6. Cálculo de potencia aparente

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

S=Potencia aparente (VA)

P=Potencia Activa (W)

Q=Potencia Reactiva (VAR)

Con este resultado se calcula el $\cos \phi$ aplicando la fórmula siguiente.

Ecuación 7. Cálculo de factor de potencia

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

De acuerdo a la regulación del CONELEC 004/01 el valor mínimo del factor de potencia debe ser 0.92 para no ser penalizado, y en estándares internacionales 0.95, por lo que es importante plantear este valor para un cálculo de compensación.

$$FP = \cos \phi \left(\tan^{-1} \frac{P}{Q} \right)$$

Ecuación 8. Cálculo potencia reactiva requerida

$$\tan \phi = (\cos^{-1} 0.95)$$

$$\tan \phi = 18.19$$

$$Q_{requerida} = P * \tan(18.91)$$

2.13. Evaluación económica de proyectos

Es necesario identificar las oportunidades de ahorro energético y su evaluación económica de rentabilidad, por ello se debe encontrar y seleccionar el método adecuado para realizar el análisis económico de un proyecto de inversión, de forma tal de lograr una presentación atractiva del mismo y la aprobación del financiamiento requerido para su implementación, en caso de que resulte no solo económicamente factible, sino atractivo y superior a otras alternativas de inversión.

2.13.1. Período de Recuperación Simple (PRS)

En aquellos casos en que los ahorros anuales son constantes, el Período de Recuperación Simple (PRS) en años será:

Ecuación 9. Período de recuperación simple

$$PRS = \frac{\text{inversión de capital}}{\text{ahorros anuales netos}}$$

Sin embargo, este método tiene los siguientes inconvenientes que pueden llevar a tomar decisiones erróneas:

- No se toman en cuenta los ahorros acumulados después del período de recuperación de la inversión.
- Se ignora el cambio del valor del dinero en el tiempo.
- No se consideran los cambios en costos de energía en el tiempo.
- Se omite la consideración de impuestos.
- Se ignora el valor de rescate de los activos de capital

2.13.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

En términos económicos, la TIR representa el porcentaje o tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, de forma tal que al finalizar el período de evaluación o vida útil, el saldo no recuperado sea igual a cero. El saldo no recuperado de la inversión en cualquier punto del tiempo de la vida del proyecto es la fracción de la inversión original que aún permanece sin recuperar en ese momento.

Analíticamente la TIR se determina como:

Ecuación 10: TIR

$$0 = -k_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1 + TIR)^i}$$

Esta ecuación no se puede resolver directamente, sino que se requiere de un análisis iterativo para obtener el valor de la TIR.

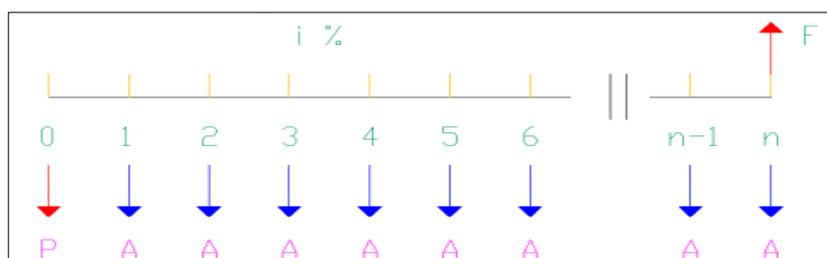


Figura 20 Flujo de costos y gastos TIR

Fuente: (Manual De Eficiencia Energética En Edificios Públicos, 2008)

Como se observa en la figura los gastos anuales, incluyendo la inversión inicial (P) se representa por flechas hacia abajo (negativas), mientras que los ingresos por ahorros serían las flechas hacia arriba (positivas). El resultado neto anual de los ingresos menos los costos traídos a valor presente (año cero) constituye el valor presente neto VPN y la tasa de descuento al que ese valor se hace cero es el TIR.

2.13.3. Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

Es el tiempo en que se recupera la inversión inicial para una tasa de descuento D considerada. Se calcula como el momento para el cual el VPN se hace cero.

Ecuación 11. Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

$$0 = -k_0 + \sum_{i=1}^{PRI} \frac{Fc_i}{(1 + D)^i}$$

Esta ecuación no puede resolverse directamente, por lo que para obtener el valor del PRI se le van adicionando gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea cero, en ese momento se ha recuperado la inversión.

Tradicionalmente el período de recuperación se calcula como la inversión inicial entre los ingresos esperados por año, sin tener en cuenta el valor del dinero en el tiempo, o costo del uso del capital inicial, por lo que por esta vía el valor que se obtiene es inferior al real, y generalmente se denomina como Período Simple de Recuperación de la Inversión.

CAPÍTULO III

DIAGNÓSTICO

3.1. Diagnóstico energético en edificios públicos

De acuerdo a la profundidad y alcance del diagnóstico energético se acostumbra a clasificarlo en diferentes grados o niveles. Hay autores que señalan dos niveles, otros tres, e incluso algunos especifican cuatro niveles que están establecidos en el Manual De Eficiencia Energética En Edificios Públicos y en la Comisión Nacional de Ahorro de Energía de México – CONAE.

En el caso particular de este proyecto se realiza un diagnóstico energético preliminar y de Nivel 1 (DEN1).

3.1.1. Diagnóstico energético preliminar

Consiste en una inspección visual de las instalaciones energéticas de la planta, observación de parámetros de operación, análisis de los registros de operación y mantenimiento, así como de la información estadística global de consumos y facturaciones por concepto de electricidad, combustibles y agua. Con este diagnóstico se obtiene un panorama global generalizado del estado energético y una idea preliminar de los potenciales de ahorro energético y económico.

3.1.2. Diagnóstico energético de Nivel 1 (DEN1)

El DEN 1 se basa en la recolección de información, mediciones en campo, utilizando instrumentos de diagnóstico, cálculo de balances de masa y energía, y la determinación de la eficiencia y pérdidas en equipos y sistemas, con el objetivo de identificar oportunidades y proponer proyectos y medidas para la reducción de los consumos y costos energéticos.

El DEN1 se centra en el análisis de los equipos y sistemas de conversión primaria y distribución de energía, los equipos auxiliares. Analiza principalmente sistemas tales como generación y suministro de electricidad, sistemas de refrigeración y climatización, bombeo y suministro de agua, iluminación, sistemas de energía ininterrumpida, etc. Proporciona, además, la información necesaria para un diagnóstico de nivel 2 (DEN2).

Los principales instrumentos portátiles, utilizados en las mediciones de campo en los diagnósticos energéticos son los siguientes:

- Analizador de redes eléctricas trifásico.
- Analizador de redes eléctricas monofásico.
- Amperímetro de pinza.
- Multímetro.
- Luxómetro.

EL diagnóstico energético del presente proyecto se basa en el DEN 1 ya contempla aspectos de medición, diagnóstico, propuestas para un diagnóstico DEN 2.

Para este estudio no se considera los sistemas como usos finales de refrigeración, climatización y servicios de agua, motivo de estudio y análisis, siendo este estudio circunscrito expresamente en la parte eléctrica.

3.2. Descripción del hospital general de macas

Información tomada del Plan Estratégico 2014-2017 del Hospital General de Macas (H.G.M) de la Zonal 6 del Ministerio de Salud Pública del Ecuador

- **Nombre:** Hospital General de Macas
- **Dirección:** Eulalia Velín S/N y Macas Fuente, Provincia de Morona Santiago
- **Altitud media:** 1020 msnm
- **Área de construcción:** 3900 m²
- **Teléfonos:** 073703800 (1,2,3,4,5,6,7,8,9)
- **Página web:** www.hospitalmacas.gob.ec/
- **Dirección electrónica:** hospitalmacas@hotmail.com
- **Número total de camas:** 70
- **Índice de ocupación de camas en situaciones normales:** 85%
- **Descripción:** considerando la división político territorial, es un Hospital Provincial; por el grado de especialización, es General; por el tipo de pacientes que trata, es de Agudos y por su ubicación en los niveles de

atención, es de Segundo Nivel de Atención. Forma parte, como dependencia del MSP, de la Red Pública Integral de Salud (RPIS) junto con las dependencias provinciales del IESS, ISSFA e ISSPOL.

- **Cobertura poblacional:** 146.000 habitantes de la provincia de Morona Santiago.
- **Área de influencia:** Toda la Provincia de Morona Santiago; y además, pertenece a la Zona 6 de Salud junto con las Unidades Operativas de las provincias de Cañar y Azuay.
- **Fecha de inauguración:** 10 de junio 2010
- **Base Legal:** R.O. N° 298 del martes 12 de octubre del 2010 con Acuerdo Ministerial 00000461 del 15 de septiembre del 2010.
- **Infraestructura Física:** Es una construcción que tiene 4 años de inaugurada y se compone de cinco fases:
 - Consulta Externa, Información, admisiones y estadística;
 - Hospitalización, Oficina de Enfermería, Sala de Docencia, Cuarto de Equipos, Residencia, Vestidores de hombres y mujeres;
 - Lavandería, Cocina.
 - Auditorio, Administración, Emergencia, Laboratorio, Quirófano, UCIM, Esterilización y
 - Mantenimiento, Bodega, Cuarto de máquinas, Cámara de Transformadores y Cuarto de Tableros.
- **Talento Humano (información a julio del 2015):**
- **Personal Total:** 289
- **Personal de Atención Directa:** 167 (57,7%)
- **Personal de Atención Indirecta:** 122 (42,3%)
- **La Provincia de Morona Santiago** se encuentra ubicada en un vasto territorio que se corresponde al sur de esta región amazónica, está limitando al Norte con la Provincia de Pastaza, al Sur con la Provincia de Zamora Chinchipe, al Este con la República del Perú y al Oeste con las Provincias de Azuay, Cañar, Chimborazo y Tungurahua, con una extensión de 23.796 Km² y una población de 166.345 habitantes según la proyección del INEC, de los cuales, el 55 % son mestizos y 45% entre Shuar y Achuar, con una densidad poblacional de 5,2 hab. X Km².

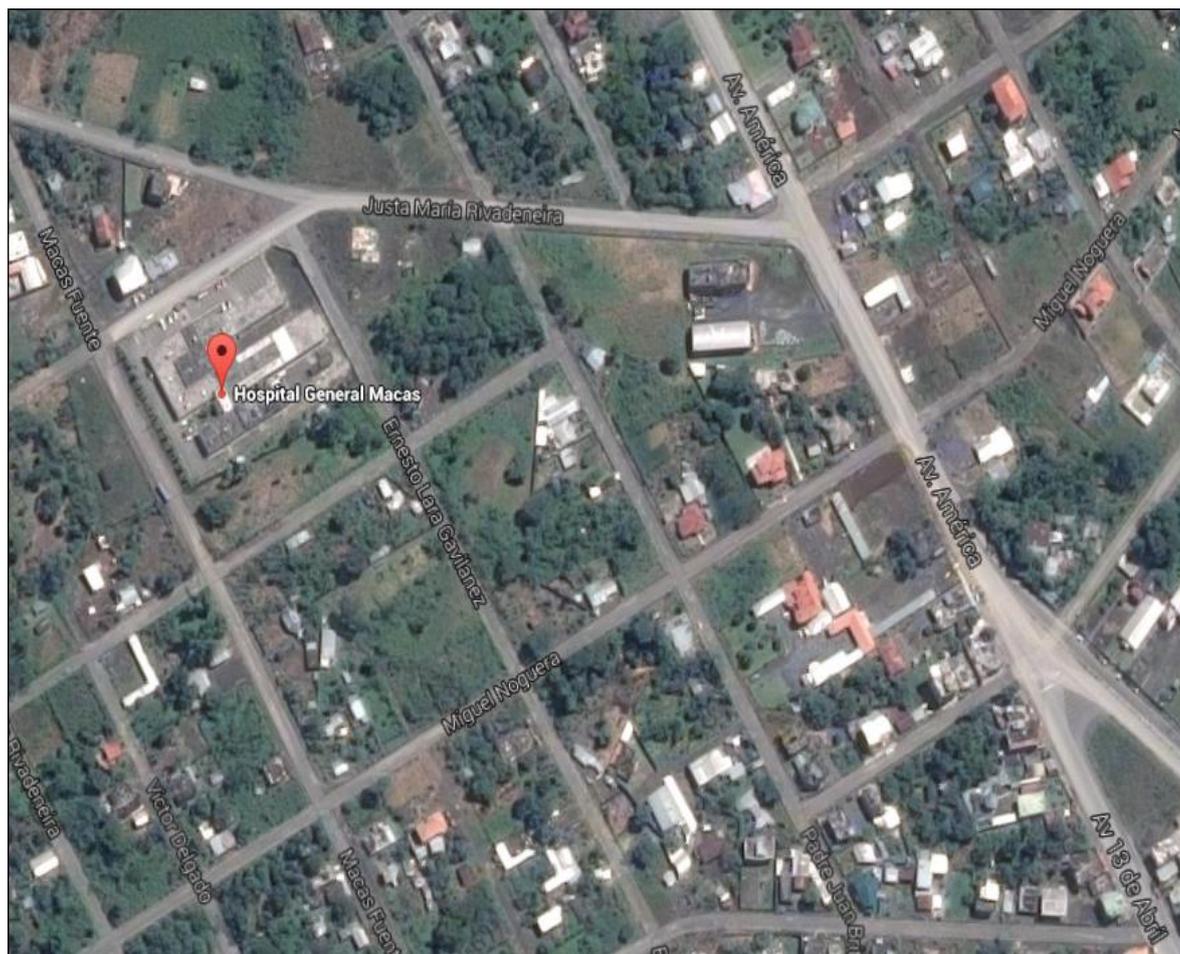


Figura 21 Mapa de ubicación del Hospital General de Macas

Fuente: Realizado por el autor -Imagen de Google Maps

3.2.1. Organigrama estructural

El hospital es una casa asistencial de administración a través del Ministerio de Salud Pública- MSP y la Administración de Salud Zonal 6 correspondiente al austro del país, por tanto se rige bajo políticas estructurales estipuladas por los entes rectores, en consecuencia el hospital en su organigrama se establece con una Gerencia Hospitalaria y Asistencial, compuesta por gestiones administrativas y asistenciales.

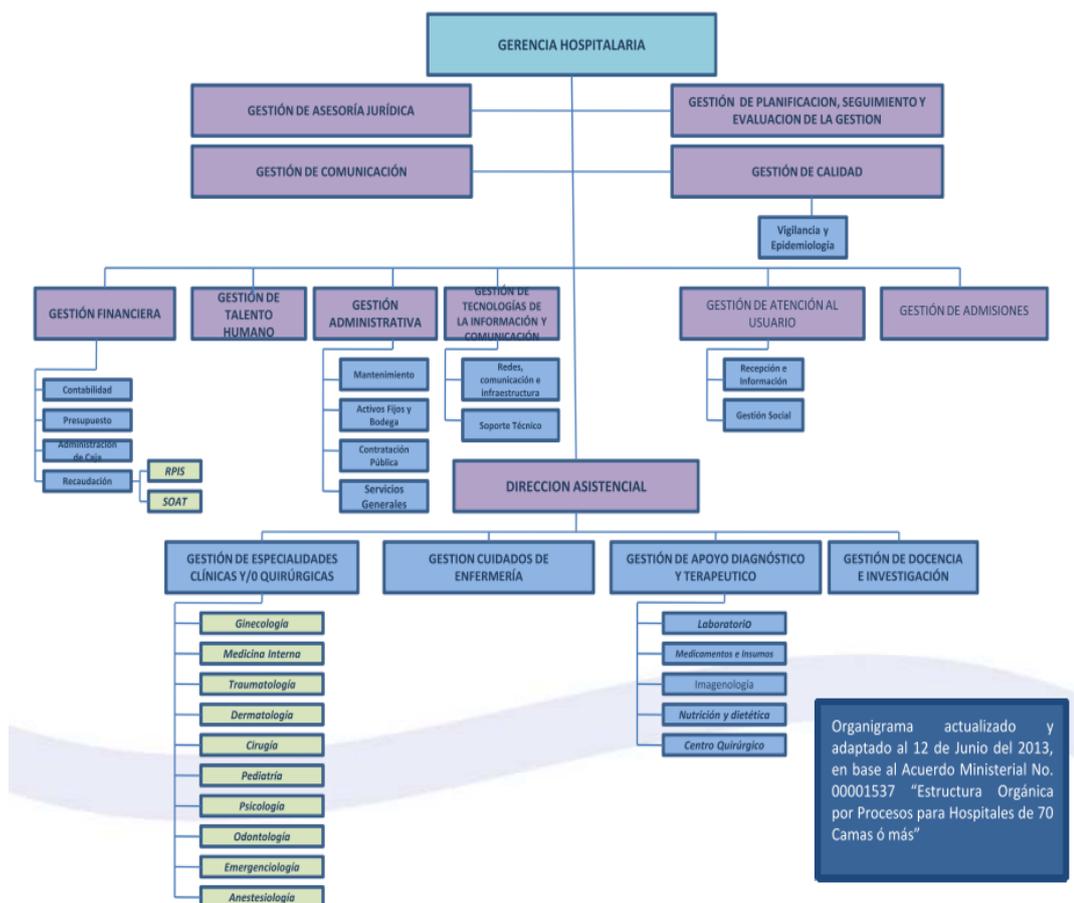


Figura 22 Organigrama estructural HGM

Fuente (Ministerio de Salud Pública -HGM, 2014)

Dentro de los servicios hospitalarios que ofrece en especialidades de atención constan:

Tabla 9
Número total de camas, cunas y cubículos del H.G.M

SERVICIO	ASIGNADAS	DISPONIBLES
Cirugía	13 camas	13 camas
Medicina Interna	20 camas	20 camas
Gineco Obstetricia	20 camas	18 camas
Pediatría	17 camas	17 camas
Neonatología	0	6 cunas
Terapia Intermedia	0	2 camas (de G-O)
Emergencia	10 cubículos	10 cubículos
Odontología	--	--
Traumatología	--	--
Anestesiología	--	--

Fuente: Realizado por el autor tomado de (Ministerio de Salud Pública -HGM, 2014)

3.3. Descripción de la instalación eléctrica

El sistema de distribución eléctrica del Hospital General de Macas está configurado con dos fuentes de alimentación:

- **Normal.-** tomada de la red pública de medio voltaje 22800V
- **Alternativa.-** generación por grupo electrógeno 80KW

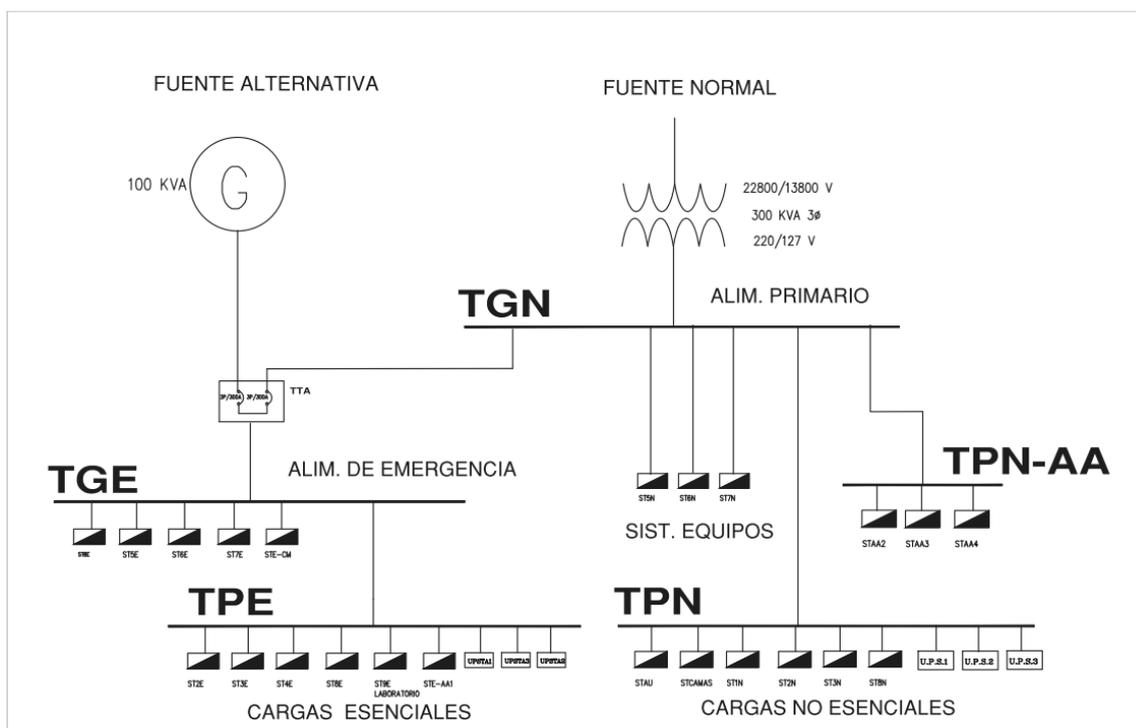


Figura 23 Esquema de sistema eléctrico del Hospital General de Macas

Fuente: Realizado por el autor

Como se observa en la figura 23 el sistema está configurado por dos sistemas eléctricos esencial y no esencial con un alimentador primario conectado a la red eléctrica normal y un alimentador de emergencia derivado del alimentador primario y a su vez conectado a la alimentación alternativa o grupo electrógeno.

3.3.1. Sistema Eléctrico Esencial

Este es una derivación del alimentador primario N° 2122 constituido también por la fuente de generación eléctrica alternativa (grupo electrógeno), y comprende el suministro de energía al sistema de emergencia, conformado por cargas esenciales y

críticas en las áreas de, Quirófanos, Salas de emergencia y laboratorios; estas ramas son de clasificación crítica por el carácter del servicio que abarca.

- Tiene cobertura del 100%, en iluminación, aire acondicionado, servicios generales, específicos y equipos.
- Consulta externa, hospitalización, oficinas y servicios generales: cobertura del 50% en iluminación y servicios.

También comprende el sistema de equipamiento el cual da los servicios vitales para el funcionamiento físico del hospital en las áreas de:

- Cuarto de máquinas: cobertura del 100% en sistemas de bombas de agua y calderas, e iluminación.

Este sistema está compuesto por un tablero general “TGE” (Tablero General de Emergencia), un tablero principal “TPE” (Tablero Principal de Emergencia) y 20 sub tableros de distribución como se detalla a continuación:

Tabla 10
Distribución de tableros Sistema Eléctrico Esencial (Emergencia)

TABLERO PRINCIPAL	NOMBRE SUB TABLERO	PROTECCION	UBICACIÓN
TGE		3P/250^a	Cuarto de tableros generales
	STBE	3P/50 ^a	Cuarto de bombas agua
	STGME	3P/30 ^a	Cuarto de gases medicinales
	ST5E	2P/40 ^a	Cocina
	ST6E	2P/40 ^a	Cuarto de lavandería
	ST7E	3P/40 ^a	Mantenimiento
	STE-CM	3P/50 ^a	Cuarto de calderas
TPE		3P/230^a	Dep. de equipos
	UPSTA1	2P/30 ^a	Dep. de equipos
	UPSTA2	2P/30 ^a	Dep. de equipos
	UPSTA3	2P/30 ^a	Dep. de equipos
	ST1E	3P/60 ^a	Consulta externa
	ST2E	3P/40 ^a	Hospitalización

Continua 

ST3E	3P/50 ^a	Emergencia
ST4E	3P/75 ^a	Quirófano
ST8E	3P/50A	Administración
ST9E	3P/75A	Laboratorio
STE-AA1	3P/75A	Quirófano
TAT1	2P/30A	Quirófano
TAT2	2P/30A	Quirófano
TAT3	2P/30A	Quirófano
STR5	2P/30A	Hospitalización

3.3.2. Sistema Eléctrico No Esencial

Está constituido por la fuente de alimentación eléctrica normal (Red eléctrica Pública MV) y comprende el suministro de energía al sistema normal, este abarca sistemas de equipos, aire acondicionado iluminación normal interna y externa.

Está conformado por un tablero general “TGN” (Tablero General Normal), dos tableros principales “TPN” (Tablero Principal Normal) y “TPN-AA” (Tablero Principal Normal Aire Acondicionado) y 20 sub tableros distribuidos como indica la siguiente tabla.

Tabla 11
Distribución de tableros Sistema Eléctrico No Esencial (Normal)

TABLERO PRINCIPAL	NOMBRE SUB TABLERO	PROTECCION	Ubicación
TGN		3P/800	Cuarto de tableros generales
	ST5N	3P/40A	Mantenimiento
	ST6N	3P/100A	Cocina
	ST7N	3P/75A	Cuarto de lavandería
TPN		3P/350A	Dep. de equipos
	STAU	3P/175A	Esterilización
	STCAMAS	3P/30A	Hospitalización
	ST1N	3P/75A	Consulta externa
	ST2N	3P/60A	Hospitalización
	ST3N	3P/100A	Emergencia
	ST8N	3P/50A	Administración
	UPS2	3P/50A	Centro de computo
	UPS3	3P/30A	Emergencia
	UPS2	2P/30A	Centro de computo
TPN-AA		3P/175A	Dep. de equipos

Continua 

STAA2	3P/125A	Administración
STAA3	3P/75A	Emergencia
STAA4	3P/75A	Esterilización
STAA1	3P/75A	Consulta externa
STR3	2P/30A	Emergencia
STR2	2P/30A	Oficinas
STR1	2P/30A	Consulta externa
STCA	2P/30A	Hall principal

3.4. Descripción de la acometida principal

La empresa eléctrica Centro Sur provee el suministro de energía eléctrica al Hospital General de Macas a través del alimentador trifásico N° 2122 tipo aéreo de 22.8 KV.

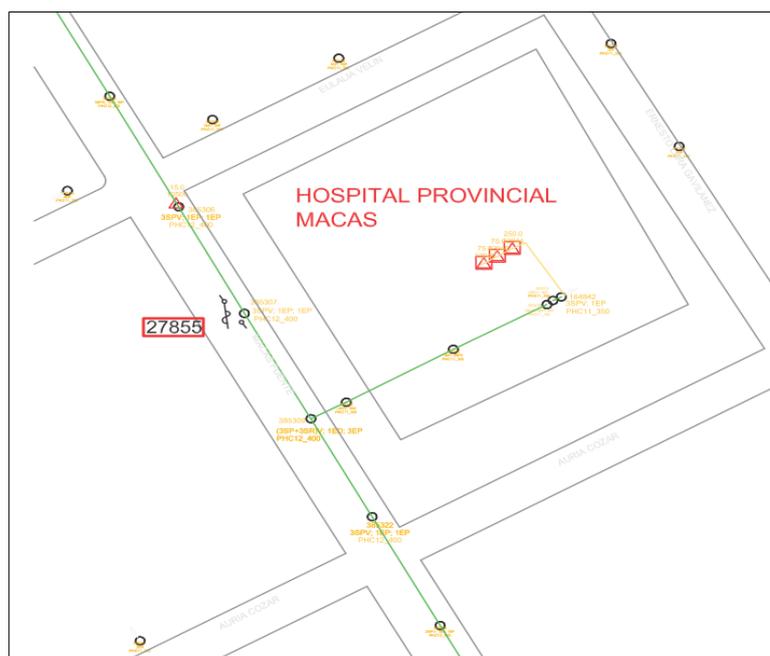


Figura 24. Plano de red eléctrica MV – acometida al H.G.M

Fuente: (E.E. Centro Sur, 2007)

La acometida ingresa de forma aérea hasta las instalaciones del hospital, ahí consta de seccionadores manuales para cada línea, desde ese punto los cables son soterrados 12m hasta el cuarto de transformadores para su distribución interna.



Figura 27 Poste seccionador manual alimentador N° 2122 y N°2121

Alimentador N° 2122 color rojo y N°2121 color verde.

Desde este punto existen tres posibles rutas hasta el hospital para llevar la extensión del alimentador 2122.

- Ruta 1 (color Azul) con un trazado de 574m.
- Ruta 2 (color blanco) con un trazado de 447m.
- Ruta 3 (color amarillo) con un trazado de 488m.



Figura 28 Rutas de posible extensión del alimentador 2121 hasta el H.G.M

Fuente: Realizado por el autor -Imagen satelital Google Earth.

3.5. Descripción de cuarto de transformadores

El cuarto de transformadores se encuentra hacia el patio sur del hospital. Este cuenta con sistema alimentación de emergencia para los servicios generales, la ventilación es natural, las puertas son de reja abierta para la entrada de luz y ventilación natural.

Dimisiones. 2,78m x 1.80m.



Figura 29 Cuarto de transformadores

Fuente: (Planos eléctricos y estructurales H.G.M)

3.5.1. Grupo de Transformadores

El hospital cuenta con tres transformadores uno de 250 KVA para servicios en las instalaciones generales y dos de 75 KVA para dar servicio eléctrico a rayos X, y back up para tomógrafo respectivamente.



Figura 30 Cuarto de Transformadores HGM

Fuente: Realizado por el autor.

3.5.2. Transformador de 250 KVA

Este transformador está conectado a la red de medio voltaje corriente alterna sinusoidal con una transformación Δ/Y de 22800 V a 127 V LN. La alimentación de entrada es soterrada desde el poste de la acometida principal. Da servicio al sistema eléctrico general del hospital al cual se deriva a los diferentes tableros de distribución TGN y TGE.

Tabla 12
Características generales del transformador 250 KVA

CARACTERÍSTICAS	
MARCA	ECUATRAN
ORIGEN	ECUADOR
KVA	250
NORMA	IEEE C 57,12
CLASE	ONAN
OPERACIÓN m.s.n.m	3000
ACEITE	MINERAL
CALENTAMIENTO °C	65/85
NUM. FASES	3
FRECUENCIA	60
NIVEL AISL. PRIM/SEC Kv	150/60
GRUPO DE CONEXIÓN	Dyn5
IMPEDANCIA %	3,8/3,3
PESO TOTAL Kg	177.9
PESO ACEITE Kg	5,99
PESO A DESENT Kg	62.8
MATERIAL PRIM/SEC	Cu/Cu

Fuente: (Información de placa del transformador 250 KVA)

Tabla 13
Características de V in del transformador 250 KVA

CONMUTACION	PRIMARIO	
	POSICION 1	POSICION 2
VOLTAJE (V)	22800	13800

Fuente: (Información de placa del transformador 250 KVA)

Tabla 14
Características de Vout del secundario del transformador 250KVA

SECUNDARIO			
POSICION	VOLTAJE	CORRIENTE	
X0 X1 X2 X3	220/127	656,7	

Fuente: (Información de placa del transformador 250 KVA)

3.5.3. Transformadores de 75 KVA

Estos transformadores está conectado a la red de medio voltaje con una transformación Δ/Y de 22000 V a 220/127 V . La alimentación de entrada es soterrada desde el poste de la acometida principal. El primero da servicio al sistema eléctrico de rayos X el cual está aislado del sistema general por normativa. El segundo de estos es una reserva para la conexión de un tomógrafo.

Tabla 15
Características generales del transformador 250 KVA

CARACTERÍSTICAS	
MARCA	ECUATRAN
ORIGEN	ECUADOR
KVA	75
NORMA	IEEE C 57,12
CLASE	ONAN
OPERACIÓN m.s.n.m	3000
ACEITE	MINERAL
CALENTAMIENTO °C	65/85
NUM. FASES	3
FRECUENCIA	60
NIVEL AISL. PRIM/SEC Kv	150/60
GRUPO DE CONEXIÓN	Dyn5
IMPEDANCIA %	2,9/3,5
PESO TOTAL Kg	61.9
PESO ACEITE Kg	5.04
PESO A DESENT Kg	66.6
MATERIAL PRIM/SEC	Cu/Cu

Fuente: (Información de placa del transformador 75 KVA)

Tabla 16
Características generales del transformador 75 KVA

PRIMARIO		
CONMUTACION	POSICION 1	POSICION 2
VOLTAJE (V)	22000	13800

Fuente: (Información de placa del transformador 75 KVA)

Tabla 17
Características generales del transformador 75KVA

SECUNDARIO		
POSICION	VOLTAJE	CORRIENTE
X0 X1 X2 X3	220/127	196,8

Fuente: (Información de placa del transformador 75 KVA)

3.5.4. Medidor de energía

El hospital cuenta con un medidor electrónico para energía eléctrica, de marca ELSTER serie 06014786 el cual entrega a la empresa eléctrica las mediciones de Energía Activa (KWh) Reactiva (KVARh), al igual que Potencia Activa (KW) y Reactiva (KVAR).



Figura 31 Medidor ELSTER instalado en el H.G.M.

Tabla 18
Características del medidor de energía eléctrica.

MEDIDOR ACTIVO	06014786 ELSTER
TIPO DE MEDIDOR	E ELECTRONICO
ESFERAS:	6
FECHA INSTALACIÓN:	22/09/2010

Fuente: (Datos técnicos del medidor ELSTER)

Este medidor de energía eléctrica ELSTER se encuentra instalado en el cuarto de transformadores y está conectado a las derivaciones de entrada de la cometa principal a los transformadores.

3.6. Descripción de grupo electrógeno

El grupo electrógeno de marca WEICHAI da suministro de energía eléctrica alternativa en caso de emergencia y/o de falla de la red eléctrica pública, su cobertura es en el sistema esencial del hospital, en los ramales críticos y vitales del sistema.

Su accionamiento se da después de detectarse la falla eléctrica en la red pública de forma automática, de igual forma su desconexión también automática, se da 5 minutos después de haber detectado normalidad en el servicio de energía eléctrica normal. Su funcionamiento es a combustión de diésel; para la autonomía de su servicio cuenta con un tanque externo de 2000 galones y un local de 100 galones. Adicionalmente este tiene una cámara de aislamiento térmico y sonoro, expulsión de gases por medio de un catalizador, silenciador y tubo de escape hacia exterior.



Figura 32 Grupo Electrónico instalado en el HGM

A continuación se detallan las características técnicas de grupo electrónico instalado en el hospital considerando las pérdidas aproximadas que tiene este por efectos de la altura y temperatura de la ciudad de Macas con un valor aproximado de pérdida del 9% con relación a su valor nominal.

Tabla 19
Características del grupo electrónico HGM

CARACTERÍSTICAS	
Marca	WEICHAI
Modelo	80
Potencia nominal	80 kW
Voltaje nominal	220 V
Corriente nominal	262
Velocidad	1800 r/min
Factor de potencia	0,8 PF
Fases	3
Peso	1500 Kg
Combustible	Diésel
Caja silenciadora	Si
Dimensiones LxWxH	2254x874x1746 mm

Fuente: (Información de placa del grupo electrónico 80 KW)

3.6.1. Cuarto de grupo electrógeno

Se encuentra hacia el patio sur del hospital, este provee de protección de factores de intemperie, medio ambientales, como son lluvia, radiación solar, rocío, el cual cuenta con un área de 10.78m², sus dimensiones son de 2.80 m (ancho) X 3,85m (largo) como se puede observar en la figura 32 se tiene un espacio sobrante de perímetro para maniobras de mantenimiento e inspección.

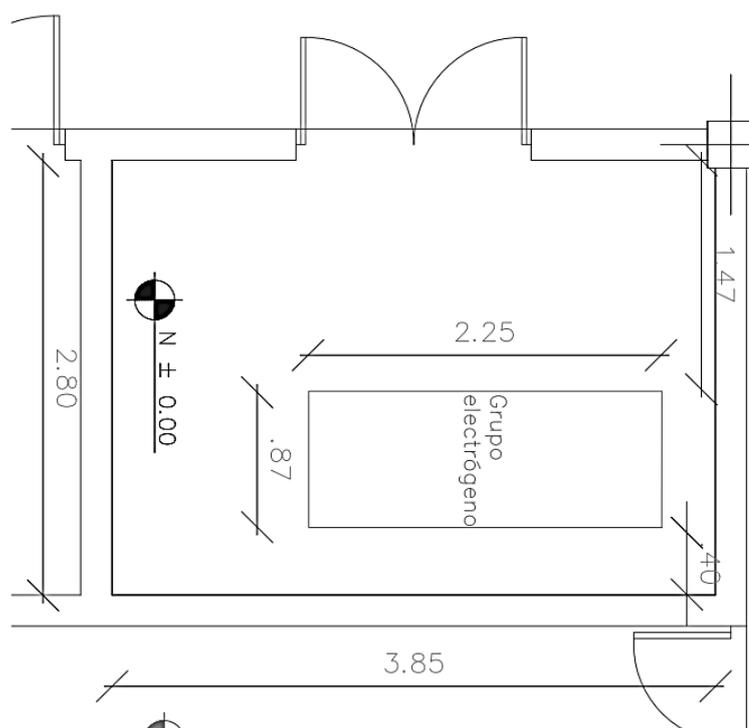


Figura 33 Cuarto de grupo electrógeno

Fuente:(Planos eléctricos y estructurales H.G.M)

Por su característica de combustión interna que requiere intercambio de calor el recinto cuenta con ventilación natural que le permite tener un equilibrio térmico de funcionamiento.

3.6.2. Sistema Puesta a Tierra (SPT)

El hospital cuenta con dos sistemas de puesta a tierra, el primero de ellos está conectado al sistema de protección de pararrayos instalado en la terraza del edificio, el segundo SPT está conectado a los equipos de quirófano y Rayos X,

a. Sistema puesta a tierra protección pararrayos

Se encuentra en el patio ubicado entre hospitalización y bodega, sus dimensiones son de 4x4 metros, cuenta con un pararrayo tipo franklin, bobina de choque y ocho electrodos en malla cuadrangular como se puede apreciar en la figura.

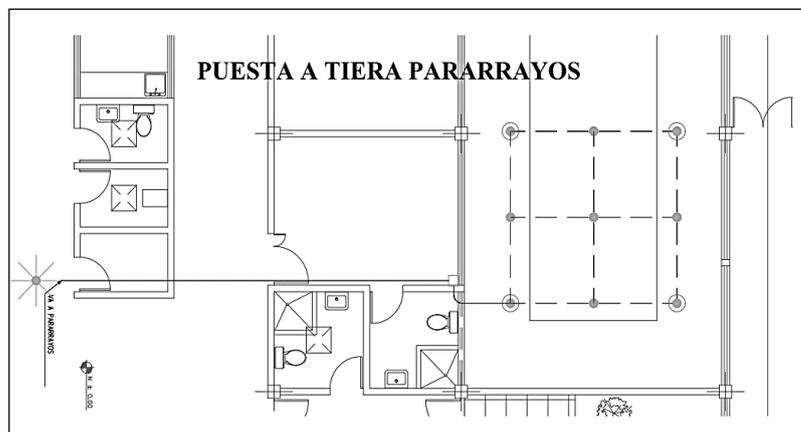


Figura 34 SPT pararrayos instalado en el H.G.M.

Fuente: Realizado por el autor - (Planos eléctricos y estructurales H.G.M)

Con ayuda de la pinza par análisis de SPT Fluke 1630 e obtuvo las siguientes mediciones:

Tabla 20
Promedio de resistencia y corriente SPT pararrayo

MEDICIONES		
	Resistencia ohm	Corriente mA
Promedio	12,1	6,905

Fuente: Mediciones hechas por el autor - (Registros Fluke 1630)

b. Sistema puesta a tierra Quirófanos

Se encuentra ubicado en el patio comprendido entre quirófanos y lavandería del hospital. Sus dimensiones son 8x4 metros. En este sistema se conectan los equipos de las áreas de quirófanos, hospitalización y rayos X. Cuenta con 10 electrodos en un terreno mejorado su resistencia químicamente.

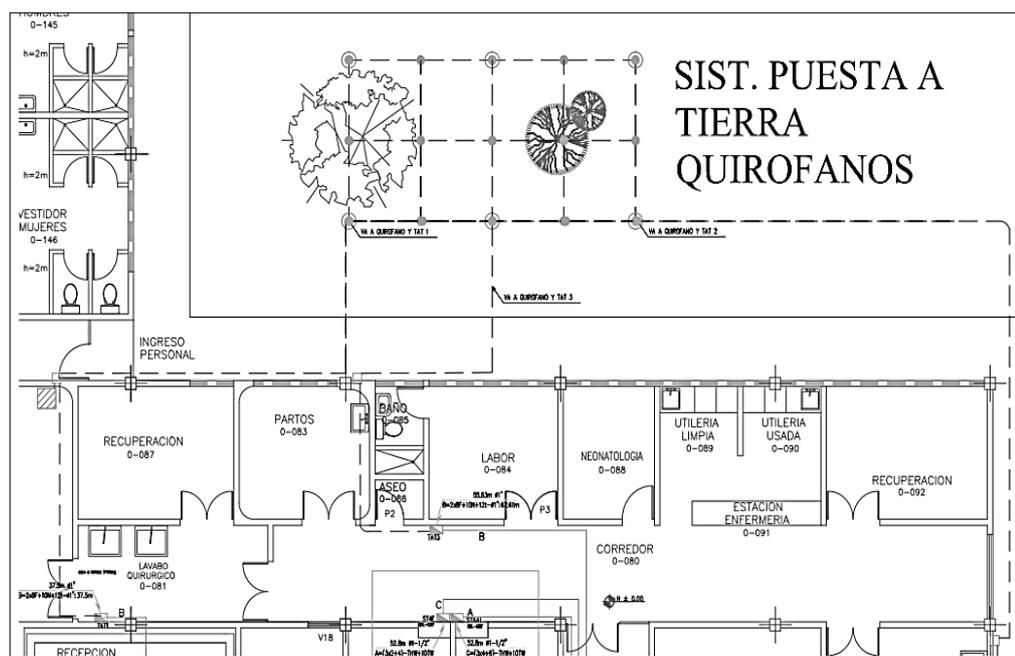


Figura 35 SPT quirófanos instalado en el HGM

Fuente: (Planos eléctricos y estructurales H.G.M)

De igual forma se obtuvo las siguientes mediciones promedio.

Tabla 21
Promedio de resistencia y corriente SPT Quirófano

MEDICIONES		
	Resistencia ohm	Corriente mA
Promedio	0,181	1,56

Fuente: (Registros Fluke 1630)

3.7. Mediciones y diagnóstico energético

Para el desarrollo de este punto se ha hecho mediciones periódicas en los tableros generales y principales de distribución con los equipos de medición y análisis eléctrico, expuesto y detallado en Capítulo I. Así también datos de análisis registrados para la facturación de la E.E. CENTRO SUR.

En cumplimiento de la regulación del CONELEC 0004-01y el artículo 12 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, las mediciones en los tableros se realizaran con equipos analizadores de energía por un período no menor a

siete días continuos. En conformidad con ello se acata esta recomendación para el análisis a realizarse en el Hospital General de Macas.

3.7.1. Registros de Mediciones – E.E. Centro Sur

Por medio de la E.E. CENTROSUR se obtuvo los datos de registro del medidor electrónico ELSTER del primer semestre (enero–junio) del 2015. Con los cuales se presentan las siguientes tendencias y análisis.

3.7.1.1. Consumo de energía

Los datos recibidos de los registros permiten obtener un perfil del comportamiento de consumo de energía del hospital con una evaluación del Semestre I - 2015.

Como se muestra en la figura a continuación, el consumo de energía reactiva es estable durante este período con un promedio de 10,35 (Kvarh) y una desviación estándar promedio de 0.926, energía correspondiente a máquinas de bombeo, aire acondicionado y cargas reactivas. En lo correspondiente en la medición de energía Activa se observa una no uniformidad de en los registros mensuales, esto se debe en parte a que las fechas en las mediciones no son periódicas, sin embargo se observa un promedio de 38090,00 KW mensuales de consumo.

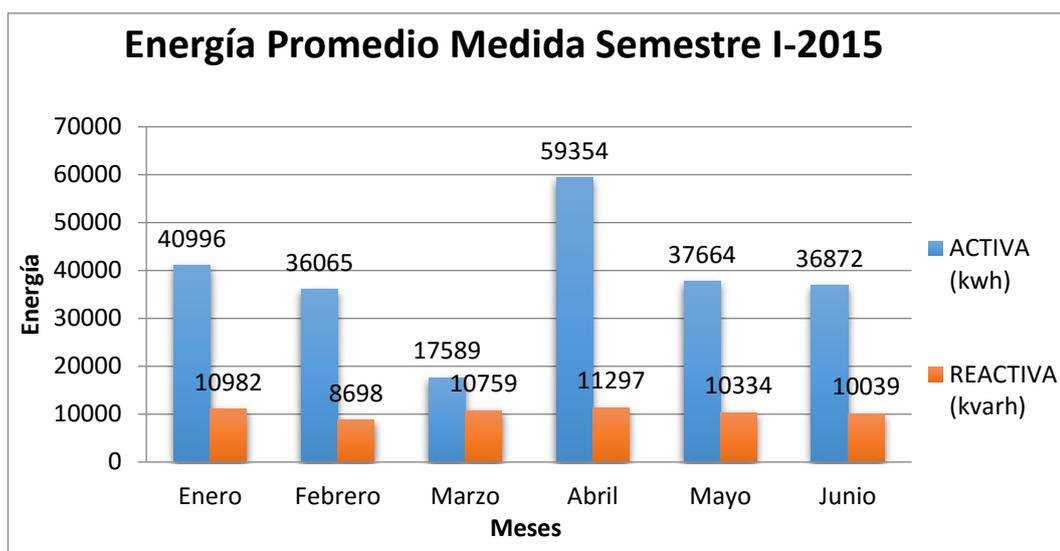


Figura 36 Energía promedio consumida Semestre I-2015

Fuente: Datos procesados por el autor de la información de (Carga y consumos H.G.M., 2015)

En cuanto a la demanda se observa también un comportamiento con un promedio de 261,83 (Kw) y pico máximo de 272 (Kw) al ser este el máximo valor registrado será considerado como la demanda máxima del hospital.

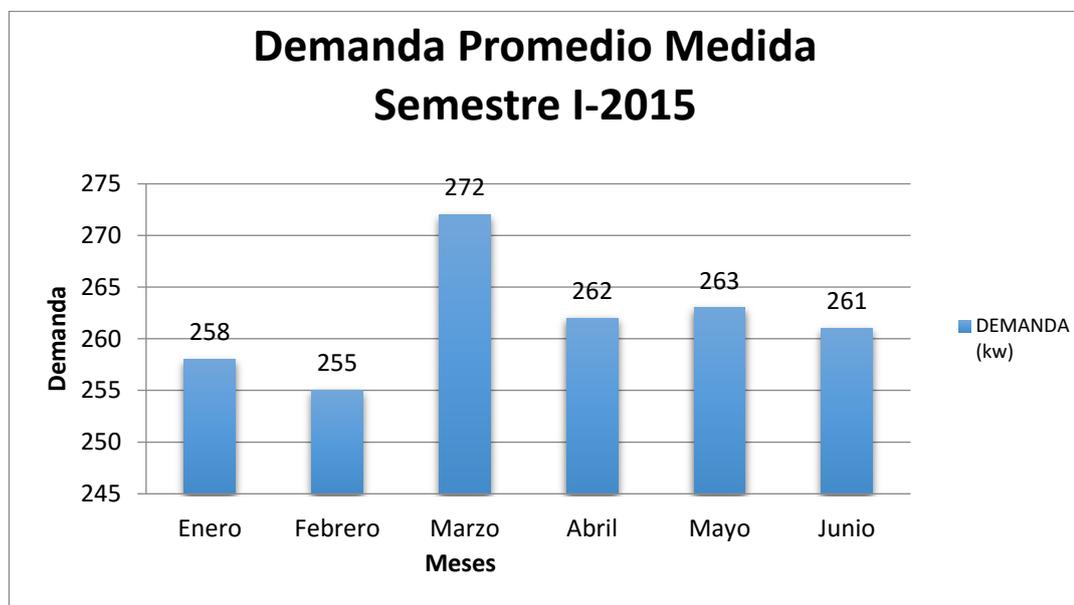


Figura 37 Demanda Promedio Medida Semestre I-2015 H.G.M.

Fuente: Datos procesados por el autor de la información de (Carga y consumos H.G.M., 2015)

En la siguiente tabla se muestra un condesado de los datos ordenados mensualmente del período semestre I-2015. Es importante observar el análisis estadístico sobre el comportamiento del consumo energético en especial los valores máximos registrados.

**Tabla 22
Consumo de energía semestre 1 -2015 H.G.M.**

MES	ACTIVA (kwh)	REACTIVA (kvarh)	DEMANDA (kw)
Enero	40996	10982	258
Febrero	36065	8698	255
Marzo	17589	10759	272
Abril	59354	11297	262
Mayo	37664	10334	263

Junio	36872	10039	261
Total	228540	62109	1571,00
Promedio	38090	10351,50	261,83
Desviación	13316,59	926,24	5,78

Fuente: Datos procesados por el autor de la información de (Carga y consumos H.G.M., 2015)

3.7.1.2. Perfil De Carga Promedio

El medidor electrónico toma promedios de mediciones en intervalos de 15 minutos, de estos datos obtenidos se presenta un una tabulación del perfil de carga de un promedio de los últimos seis meses, en este se obtiene la información de potencia activa y reactiva, su tendencia y comportamiento en el transcurso del día. Como se muestra en la figura a continuación.

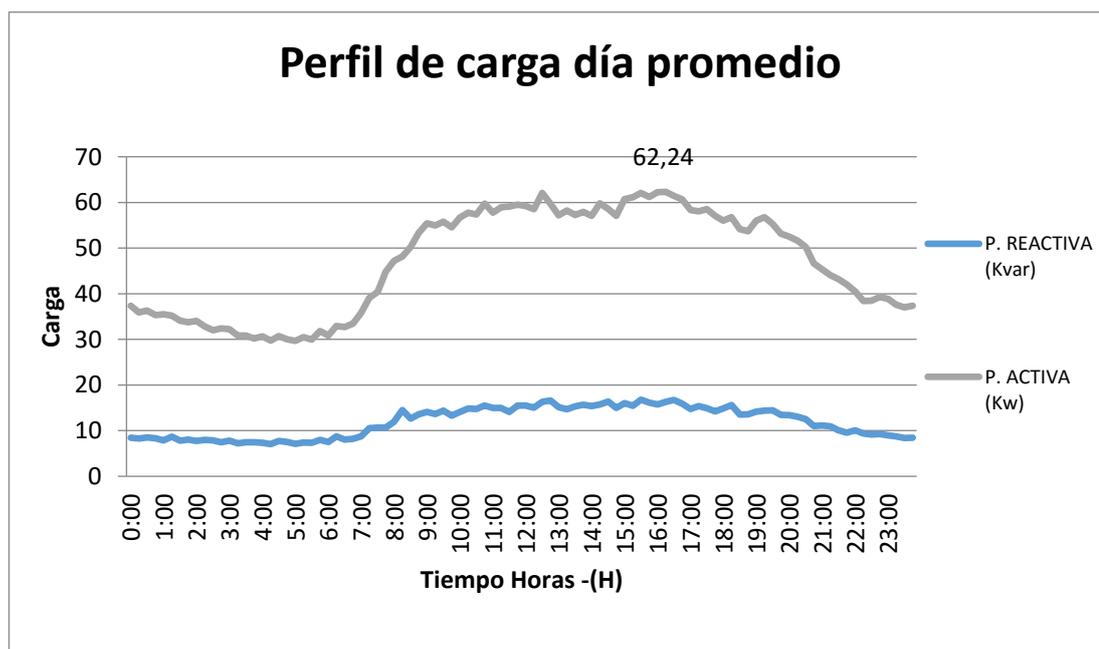


Figura 38 Perfil de carga promedio del semestre I-2015

Fuente: Datos procesados por el autor de la información de (Carga y consumos H.G.M., 2015)

Como es notorio el perfil de carga promedio aumenta en el horario de 7:00-22:00, siendo en horas de la tarde con valores más altos. Este comportamiento se debe al tipo de servicio del hospital, al tener atención a pacientes de consulta externa en las mañanas y tarde, el uso de aires acondicionados por clima de la localidad, servicios de oficina e iluminación entre otros, aumentan en este horario.

Tabla 23
Valores estadísticos del perfil de carga de un día promedio H.G.M.

	P. ACTIVA (Kw)	P. REACTIVA (Kvar)
Promedio	47,35	12,019
Máximo	62,30	16,79
Desviación estándar	12,05	3,426

Fuente: Datos procesados por el autor de la información de (Carga y consumos H.G.M., 2015)

3.7.1.1. Cálculo del factor de potencia

Conociendo la energía activa y reactiva promedio del primer semestre del 2015 de consumo (Tabla 22), este dato es dividido para el producto de los 30 días que tiene un mes por las 24 horas que tiene cada día para obtener el consumo de energía por hora promedio durante estos meses. Esto se hace con la energía activa y reactiva.

$$P = \frac{38090}{30 * 24} = 52.9(Kw)$$

$$Q = \frac{10351.5}{30 * 24} = 14.377(K \text{ var})$$

Con estos datos se obtiene la potencia aparente con la fórmula:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = \sqrt{52.9^2 + 14.377^2}$$

$$S = 54.821$$

Con este resultado se calcula el $\cos \phi$ aplicando la fórmula de la ecuación 6:

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

$$\cos \phi = \frac{52.9}{54.821}$$

Ecuación 12. Factor de potencia calculado datos CENTROSUR

$$FP = 0.96499$$

- De acuerdo a la regulación del CONELEC 004/01 el valor mínimo del factor de potencia debe ser 0.92 por tanto si cumple con la normativa.

3.7.2. Análisis de facturación de energía eléctrica del hospital

El Hospital General de Macas está dentro de la categoría B.4 - Tarifa General de Baja y Media Tensión, literal B4.3- Asistencia Social y Beneficio Público con Demanda, del pliego tarifario estipulado por la Empresa Eléctrica Quito a la que hace referencia la E.E. Centro Sur para regulación de pagos y tarifas.

Para efecto de este estudio se ha separado el uso final de los equipos Rx de 50kW y 60 kW respectivamente (datos de placa del equipo), por ser considerada de carácter especial por su principio de funcionamiento, en el que se consume potencia durante periodos de tiempo del orden de mili segundos, lo cual impide que los equipos de medición de la empresa eléctrica puedan cuantificar el valor de potencia efectivamente demandada.

Por este motivo el modelo de facturación se establece bajo demanda de acuerdo al: *“Pliego tarifario 2015, numeral 8: Demanda Facturable, en el literal C: Demanda de aparatos de uso instantáneo.”* (ARCONEL, 2015). En el que se expone:

“Los procedimientos para la determinación de la demanda facturable señalados en a) y en b), no se aplican en el caso de cargas correspondientes a aparatos de uso instantáneo como por ejemplo: soldadoras eléctricas y equipos similares, equipos de rayos X, turbinas de uso odontológico, entre otros. En estos casos La demanda facturable considerará adicionalmente la potencia de placa tomando en cuenta el punto de regulación donde trabajan estos aparatos o la medición de la potencia instantánea de tales equipos. La demanda total facturable corresponderá a la suma de la demanda registrada o calculada según lo establecido en a) y b), más la potencia de placa o potencia instantánea medida de dichos, aparatos, afectada por un factor de coincidencia o de simultaneidad para el caso de varios, equipos.” (ARCONEL, 2015).

Por este motivo el hospital al tener un consumo de energía promedio mensual registrado de 38090kWh con una demanda pico máxima registrada de 272kWh sin contar aparatos de uso instantáneo como Rx se tiene un con recargo adicional por este último.

Dentro del proceso de medición se realizó el monitoreo de potencia del transformador de este equipo. En el cual se evidencia que el consumo pico máximo en funcionamiento no excede de 30.6 kW, valor que difiere del valor de placa del equipo y utilizado para el cálculo de facturación.

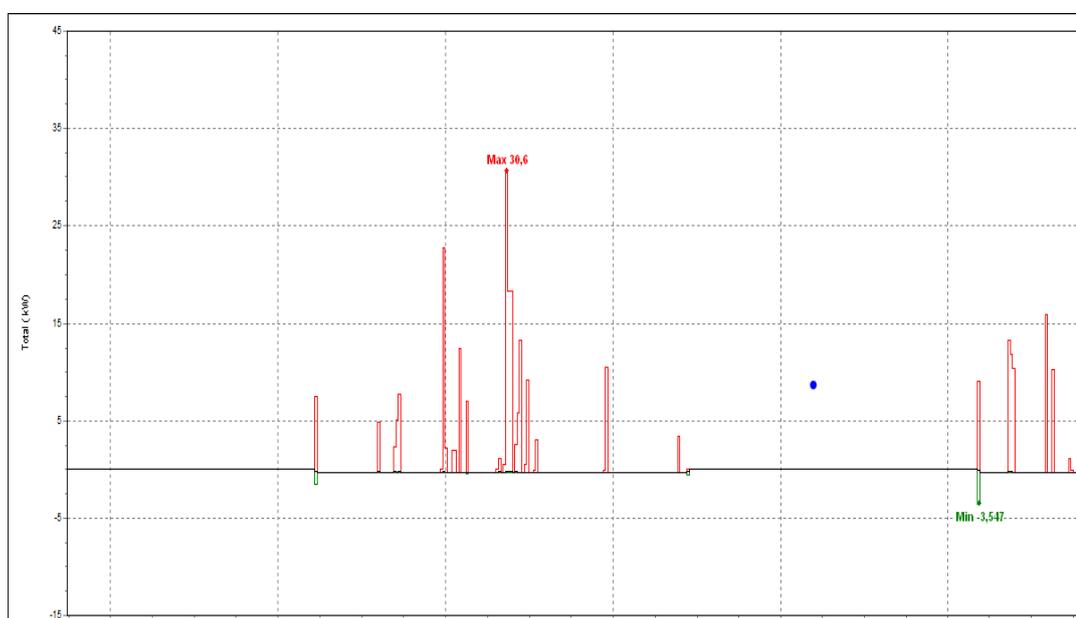


Figura 39 Registro tiempo real de potencia del transformador de RX de 75 kVA

Fuente: Mediciones realizadas por el autor – (registros Fluke 434)

Es importante el análisis de este apartado con una medición dedicada de mínimo de 7 días laborables para evidenciar el comportamiento y uso de los Equipos de Rx. Y establecer el valor real de potencia instantánea como se plantea en las recomendaciones generales de este estudio.

3.7.3. Consumo eléctrico de producción global

El Hospital General de Macas de acuerdo a la estadística de Producción Hospitalaria tiene un promedio mensual de 4781.7 pacientes atendidos. De acuerdo a los servicios detallados en la siguiente tabla.

Tabla 24
Estadística de producción hospitalaria

SERVICIO	TOTAL DE PACIENTES
Servicio de Emergencia	21642
Consulta externa	30161
Hospitalización	4465
Intervenciones Quirúrgicas	1112
TOTAL	57380
Promedio Mensual	4781,7
Promedio Diario	157,2

Fuente: Producción Hospitalaria H.G.M 2014

Con estos valores se puede estimar el consumo eléctrico global por paciente. El hospital con un área de 3900m² de construcción tiene un consumo de energía promedio de acuerdo a los registros del semestre 1 -2015 H.G.M. (Tabla 21) el valor de 38090 kWh, 403020.2kVA, 10351,50kVARh respectivamente.

Ecuación 13. Consumo eléctrico de producción global

$$P_{EG} = \frac{E_{prom}}{P_{prom}}$$

Dónde:

- P_{EG} = consumo eléctrico de producción global
- E_{PROM} = energía consumida promedio mensual
- P_{PROM} = promedio de pacientes atendidos

a) Consumo de energía eléctrica Activa por paciente

$$P_{EG} = \frac{38090kWh}{4781.7p}$$

$$P_{EG} = 8.14kWh/p$$

b) Consumo de energía eléctrica reactiva por paciente

$$P_{EG} = \frac{10351,50\text{kVARh}}{4781.7\text{p}}$$

$$P_{EG} = 2.16\text{kVAh} / p \text{ Mensual}$$

c) Consumo de energía eléctrica por m2

$$P_{EG} = \frac{38090\text{kWh}}{3900\text{m}^2}$$

$$P_{EG} = 9.766\text{kWh} / \text{m}^2 \text{ Mensual}$$

3.7.4. Mediciones y diagnóstico de Tableros Generales.

Para las mediciones en este tablero se utilizó el analizador Fluke 1735 y Fluke 434, estos tienen la característica de registrar mediciones de variables eléctricas y energéticas y a través del software Power log y FlukeView dar un balance de las variables medidas por un período que en este caso es de 7 días consecutivos de acuerdo a las normativas del ARCONEL.

Por tanto el análisis de estos datos de registros de mediciones se divide en dos partes, el primero en datos en tiempo real con las tendencias de los registros en el período de una semana y el segundo en tendencias evaluativas semanal y día promedio.

3.7.5. Tablero General Normal (TGN)

3.7.5.1. Diagnóstico de voltaje por fase del tablero TGN

a. Voltaje de fase en tiempo real y diagrama fasorial

Se aprecia en la figura 40 las formas de onda de voltaje de cada una de las fases del tablero- TGN.

No se observa deformaciones de la forma de onda de ninguna de las fases, los valores de frecuencia y voltaje V_{rms} están dentro de los parámetros normales.

Es importante analizar el voltaje en el Neutro con un valor promedio de 0.1Vdc considerado aceptable de acuerdo a las recomendaciones de la IEEE Std. 1100la que norma no sobrepasar de 0.3Vdc para equipos electrónicos sensibles, en el caso particular equipos electrónicos médicos.

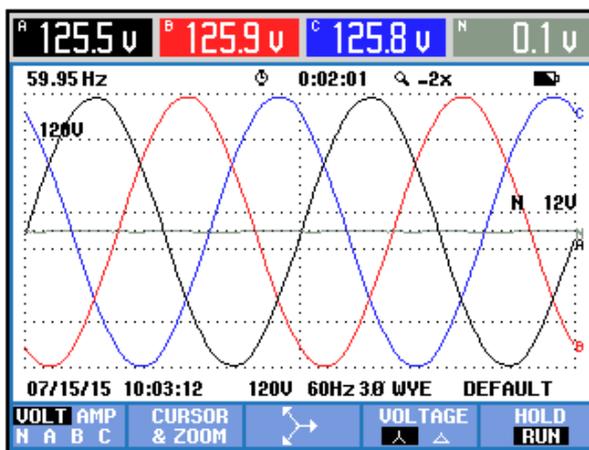


Figura 40 Forma de onda - voltaje de fase TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor - (Analizador Fluke-434)

La figura continuación muestra diagrama fasorial de voltaje del tablero TGN en una medición instantánea.

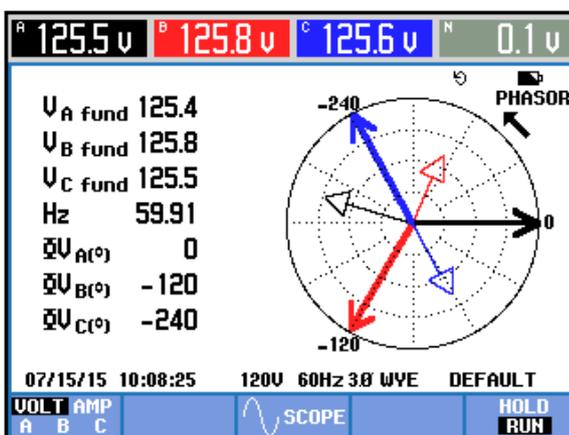


Figura 41 Diagrama fasorial voltaje TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

En la figura continuación se tienen los registros de mediciones promediadas en intervalos por un período de 7 días, tanto valores mínimos, promedios y máximos.

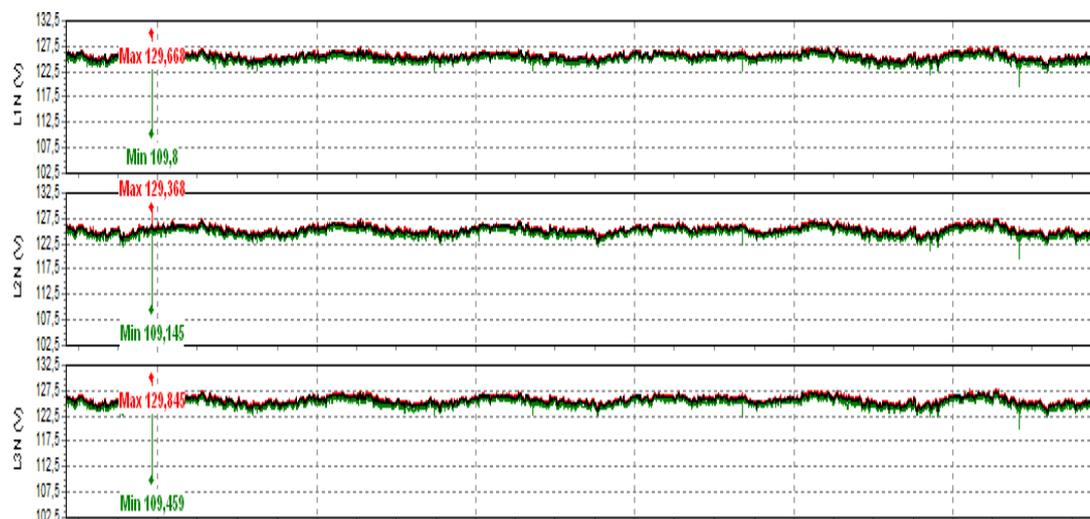


Figura 42 Registro de mediciones voltaje de fase TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor - Registros (Fluke-1735)

Se observa que el voltaje en las tres fases tiene una tendencia estable alrededor de los 125.41 V en todo el período de registro y medición, valor dentro del rango aceptable estipulado por el CONELEC 004-01.

a) Índice de calidad de voltaje

Con estos valores registrados se obtiene los valores mínimos, promedios y máximos y con estos se calcula el índice de calidad de voltaje (Ecuación 1. Índice de Calidad).

Tabla 25
Valores- índice de calidad de registros de voltaje por fase TGM

	L1 (V)	L2 (V)	L3 (V)
PROMEDIO	125,49	125,19	125,56
MINIMO	109,80	109,15	109,46
MAXIMO	129,67	129,37	129,85
ΔV % Prom.	- 1,19	-1,43	-1,14
ΔV % Min	-13,54	-14,06	-13,81
ΔV % Max	2,10	1,86	2,24

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

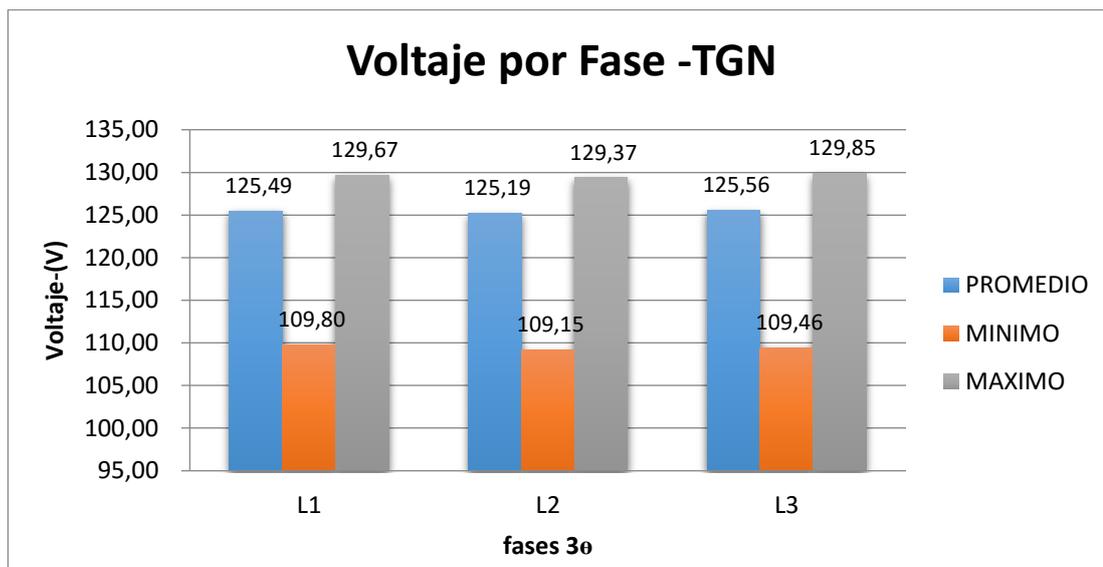


Figura 43 Comparativo Total de Voltaje por Fase –TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

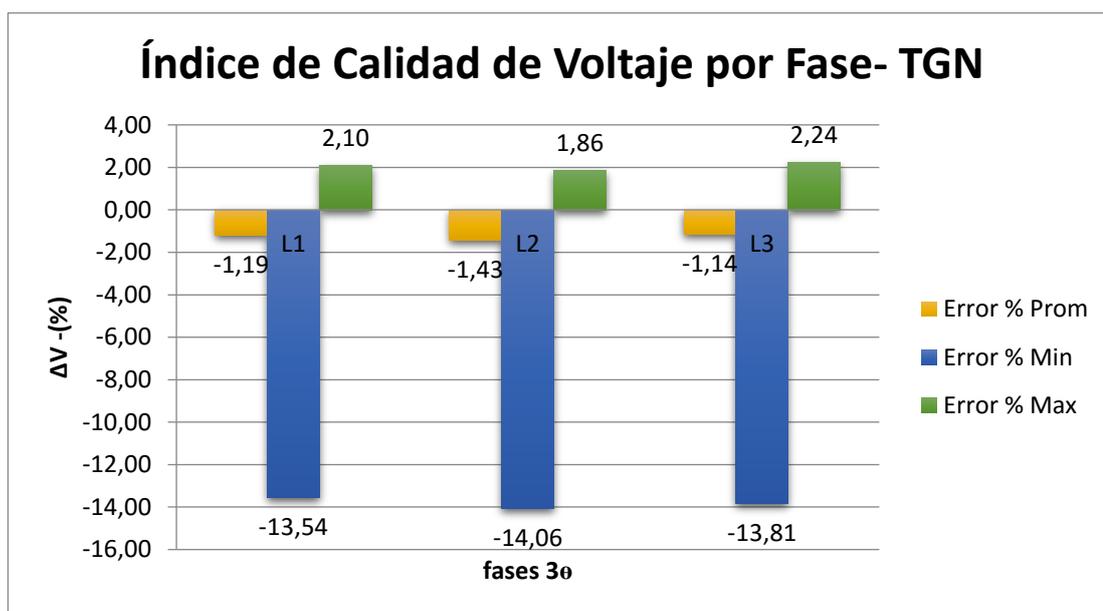


Figura 44 Índice de calidad de Voltaje por Fase- TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

De acuerdo a la figura 38 es evidente que existe un error porcentual del índice de calidad de voltaje por fase. Este valor se encuentra fuera de rango de acuerdo a la normativa del CONELEC en una caída de voltaje con un promedio registrado de -13.8% del valor nominal 127V. Es importante recalcar que el número de estos eventos es de solo uno en todo el período de medición.

El voltaje promedio en el 99.99% de los registros están dentro del rango de la normativa con un error promedio de -1.25% del valor nominal como se indica en la figura a continuación, que muestra una distribución estadística Gaussiana.

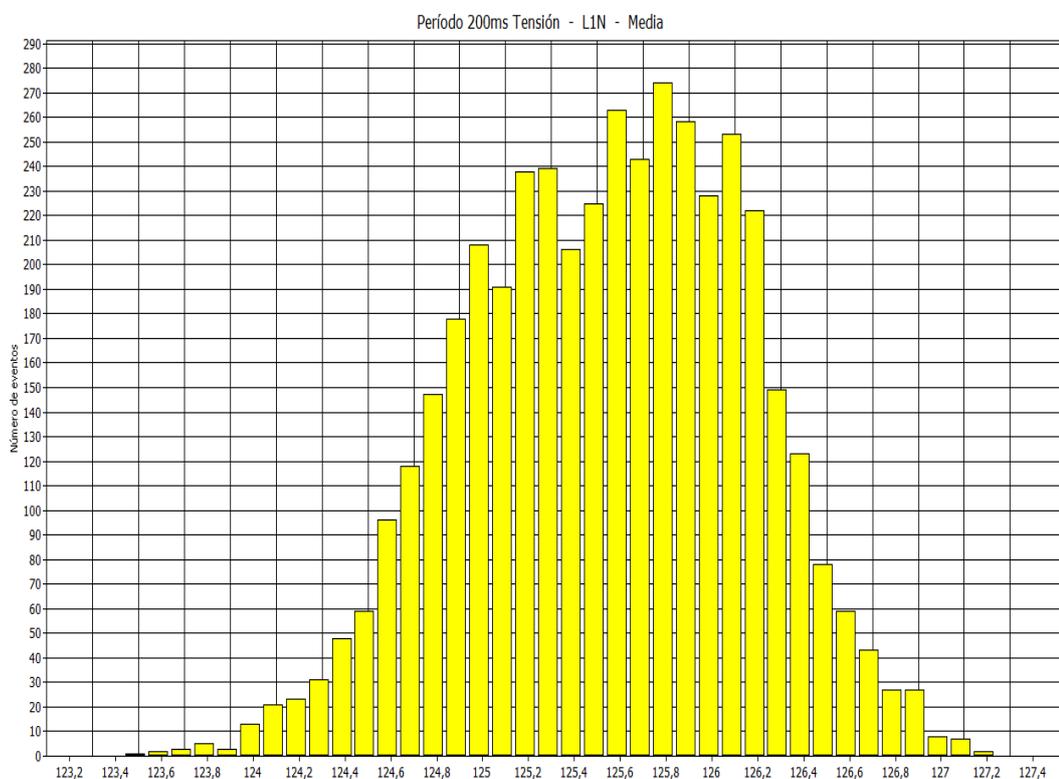


Figura 45 Estadística de eventos Voltaje TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor - Registros (Fluke-1735)

b) Tendencia semanal de voltaje

Los registros obtenidos en las mediciones permiten dibujar el perfil de comportamiento del voltaje en el transcurso de una semana promedio, como se muestra en la figura a continuación.

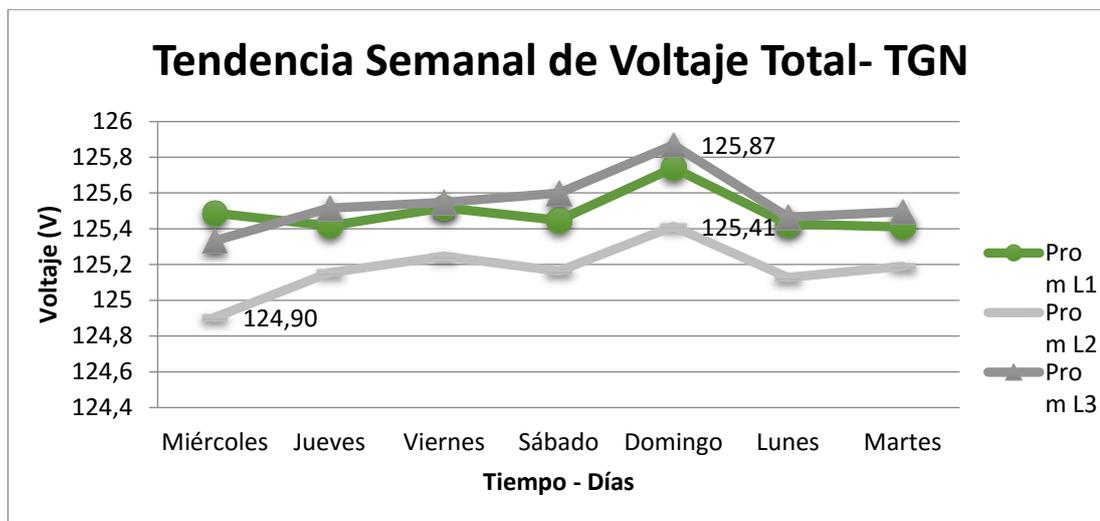


Figura 46 Tendencia Semanal de Voltaje Total TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

La tendencia semanal nos muestra el comportamiento de voltaje, resaltando que en los días de menor ocupación del hospital como son los fines de semana se registran los picos más altos de voltaje, y al contrario en los días laborables se nota los picos más bajos en las mediciones.

Este comportamiento es correcto por la funcionalidad del hospital, en días laborables el hospital ocupa la mayor carga posible en atención del día y consulta externa así como funciones administrativas. Aumentando la carga y como resultado un caída de voltaje que se encuentra dentro de los parámetros normales. Al contrario en los fines de semana el hospital disminuye sus servicios a hospitalización y emergencias y se evidencia una ligera subida de voltaje pico en el día domingo.

c) Tendencia voltaje día promedio TGN

Los registros obtenidos por el analizador Fluke 434 permiten ser procesados analíticamente para dibujar las curvas del comportamiento del voltaje a lo largo de un día promedio.

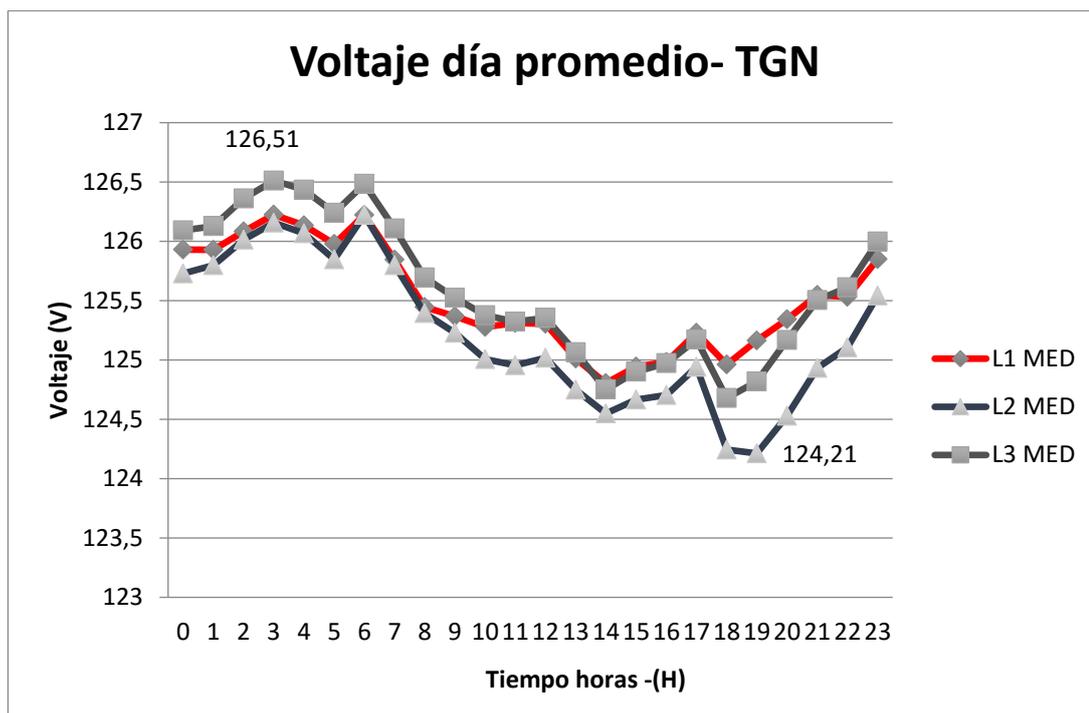


Figura 47 Voltaje día promedio (Vac)- TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

Como se aprecia en la figura anterior se muestra una curva con tendencia tipo valle descendente en las horas laborales a partir de las 7h hasta las 18h, por ser el período de máxima carga de servicios en el hospital. Y en las horas de noche madrugada se tiene una tendencia ascendente de pico máximo las 3:30am.

3.7.5.2. Diagnóstico de corriente del tablero TGN

Se aprecia en la figura 48 las formas de onda de voltaje y corriente de cada una de las fases del tablero- TGN.

En las formas de onda de corriente se nota una degradación en su forma con respecto de la onda de voltaje, esto es provocado por cargas no lineales y armónicos presentes en el sistema, siendo el sistema de iluminación el principal causante de esta distorsión.

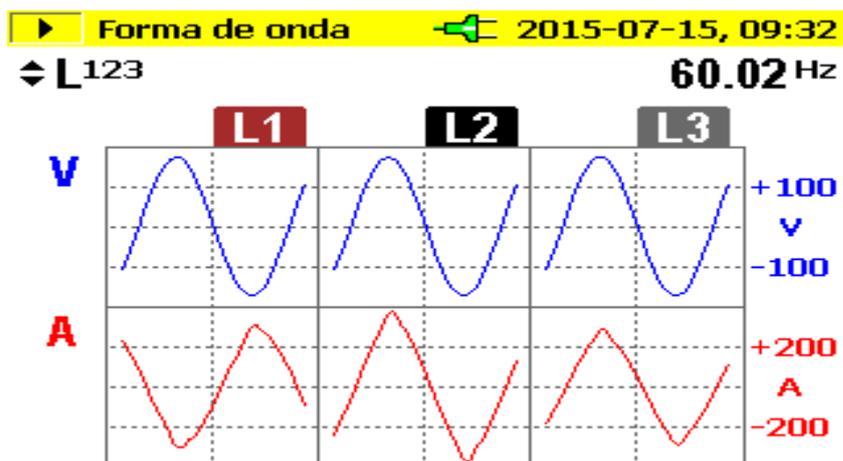


Figura 48 Forma de onda de corriente TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor - Osciloscopio (Fluke-1735)

a) Registros en tiempo real de corriente

Las mediciones registradas como muestra la figura, tienen una alta variabilidad de sobre picos de corriente con un pico máximo en L2 de 443.45A.

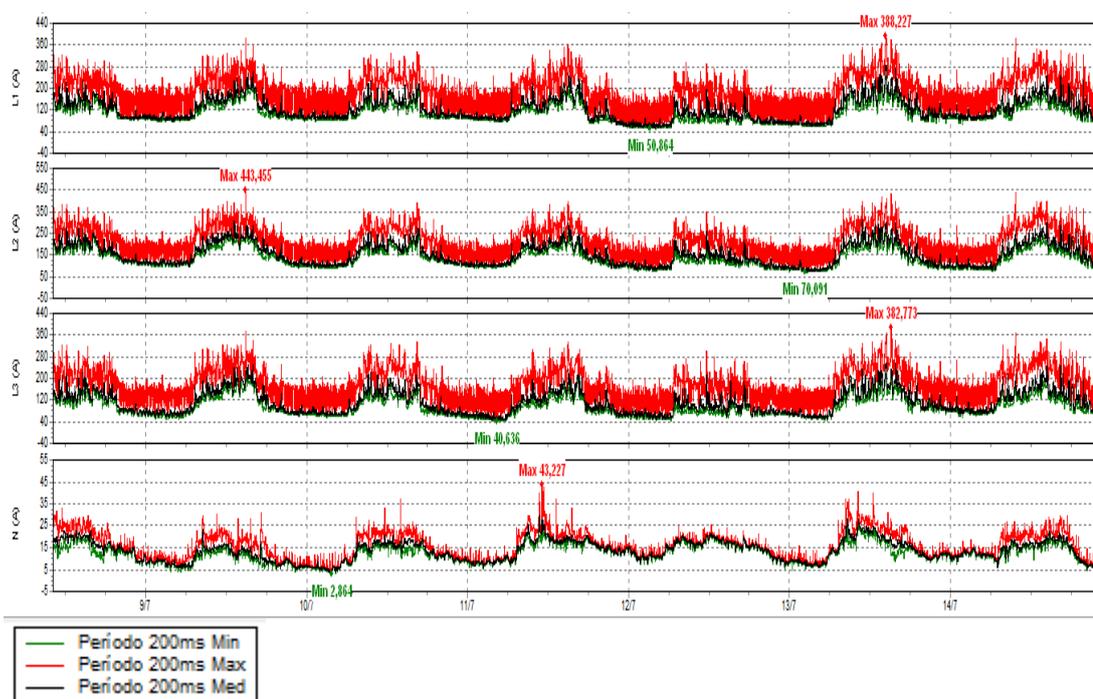


Figura 49 Registro de mediciones - corriente de fase TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor - Registros (Fluke-1735)

Estos valores son oscilantes en un rango entre valores mínimos, promedios y máximos como se muestra en la tabla 24.

Tabla 26
Valores estadísticos de corriente por fase TGN

	L1 (A)	L2 (A)	L3 (A)	N (A)
PROMEDIO	121,85	151,99	176,89	13,53
MINIMO	51	70	41	3
MAXIMO	388,23	443,46	382,77	13,53

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

De forma gráfica se aprecia la diferencia de fluctuaciones entre estos valores

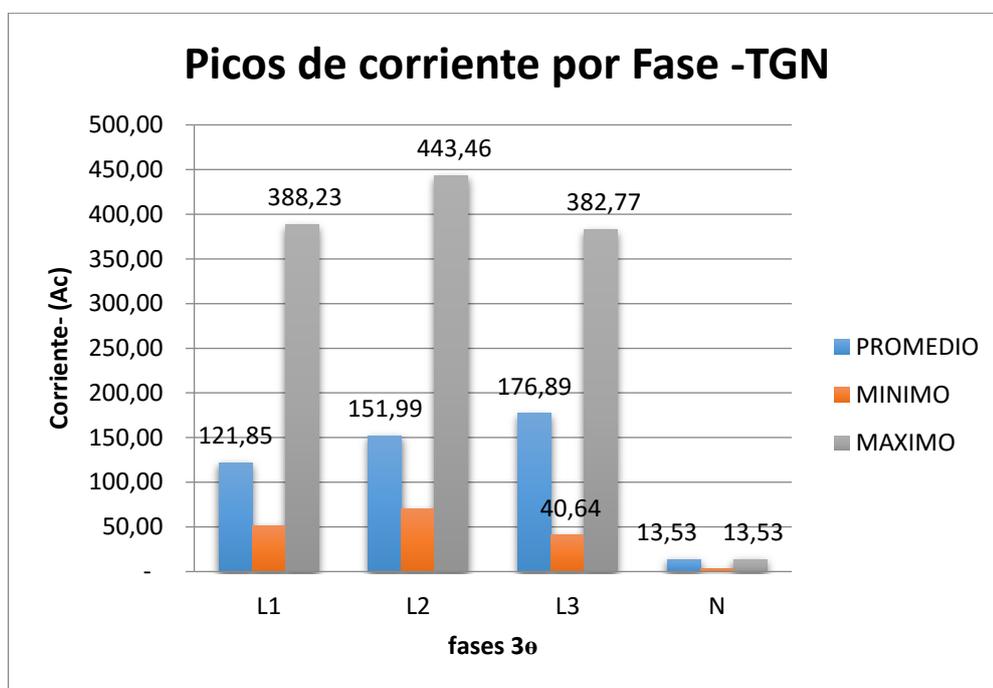


Figura 50 Picos de corriente por Fase –TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

b) Cálculo de desequilibrio por fase

De acuerdo a estos valores registrados se observa un desequilibrio de demanda de corriente en la fase 3 como se muestra la tabla 26 en un -13.59% máximo con respecto a la media entre fases promedio y -15.08% con la media de fases promedio mínimos.

Tabla 27
Desequilibrio de fases - corriente TGN

	MINIMO (A)	PROMEDIO (A)	MAXIMO (A)
L1	106,02	121,85	187,75
L2	135,17	151,99	216,79
L3	95,23	110,79	176,89
Promedio	112,14	128,21	193,81
$\Delta A \% L1$	-5,46	-4,96	-3,13
$\Delta A \% L2$	20,54	18,55	11,86
$\Delta A \% L3$	-15,08	-13,59	-8,73
$\Delta A \% Prom.$	13,69	12,36	7,90

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

Es importante estos valores ya que se encuentran fuera del rango de la normativa que acepta como máximo $\pm 10\%$ de la media.

c) Eventos estadísticos de corriente

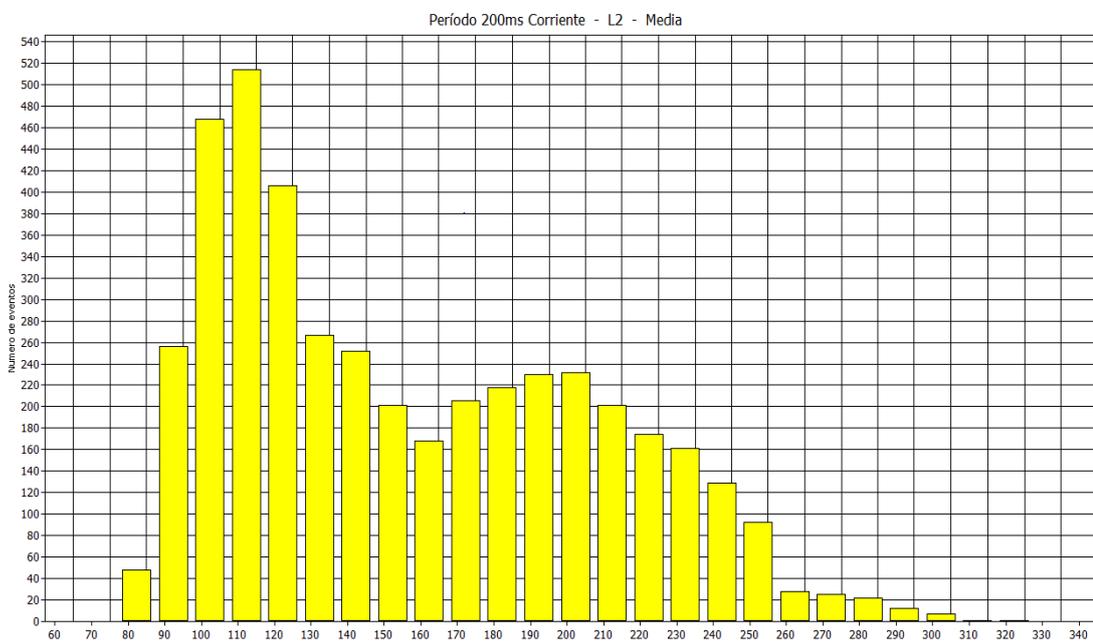


Figura 51 Estadística de eventos corriente TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-1735)

Como se puede observar en la figura de estadística de eventos de corriente se afirma la fluctuación variable de sobre picos. Mostrando un máximo de 515 eventos con un promedio de corriente de 110 A por fase y con 1% de eventos con valores superiores a 300 A por fase.

d) Tendencia semanal de corriente

Es evidente que los fines de semana en especial el día domingo la tendencia de corriente alcanza su pico mínimo en comparación con los días ordinarios, corroborando así el comportamiento del hospital visualizado también en las otras tendencias de mediciones.

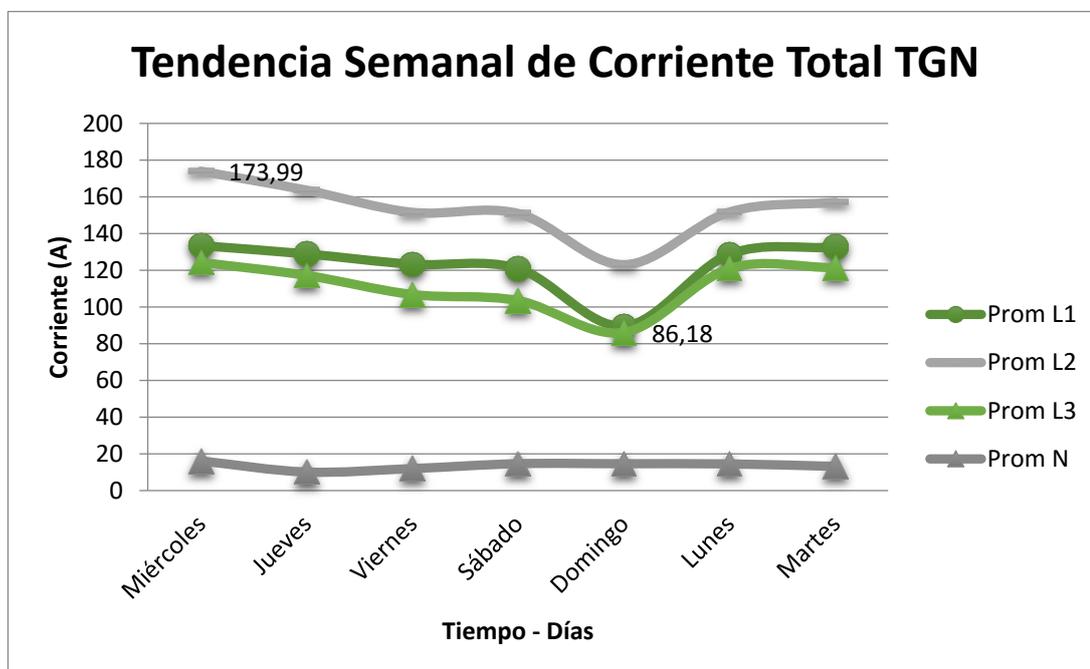


Figura 52 Tendencia Semanal de Corriente Total –TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

a) Tendencia día promedio de corriente

Las mediciones del día promedio tienen comportamiento similar, en las horas laborables, la carga hospitalaria por los servicios y atenciones aumenta, por tanto la demanda de corriente crece en proporción a esta, en las noches y madrugadas esta disminuye correspondiendo solo a los servicios básicos de hospitalización, emergencias iluminación y máquinas.

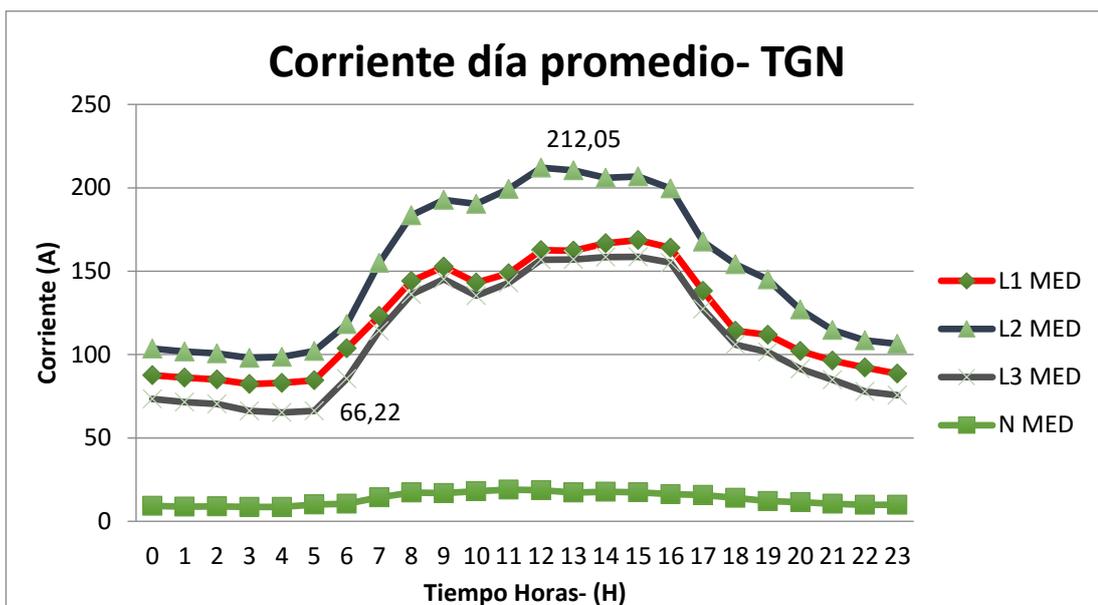


Figura 53 Corriente día promedio- TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

3.7.5.3. Diagnóstico de frecuencia del tablero TGN

a) Registros en tiempo real de frecuencia

Las mediciones de frecuencia registradas como se muestra en la figura, tienen un comportamiento estable, con un promedio de 59.981Hz en todo el período.

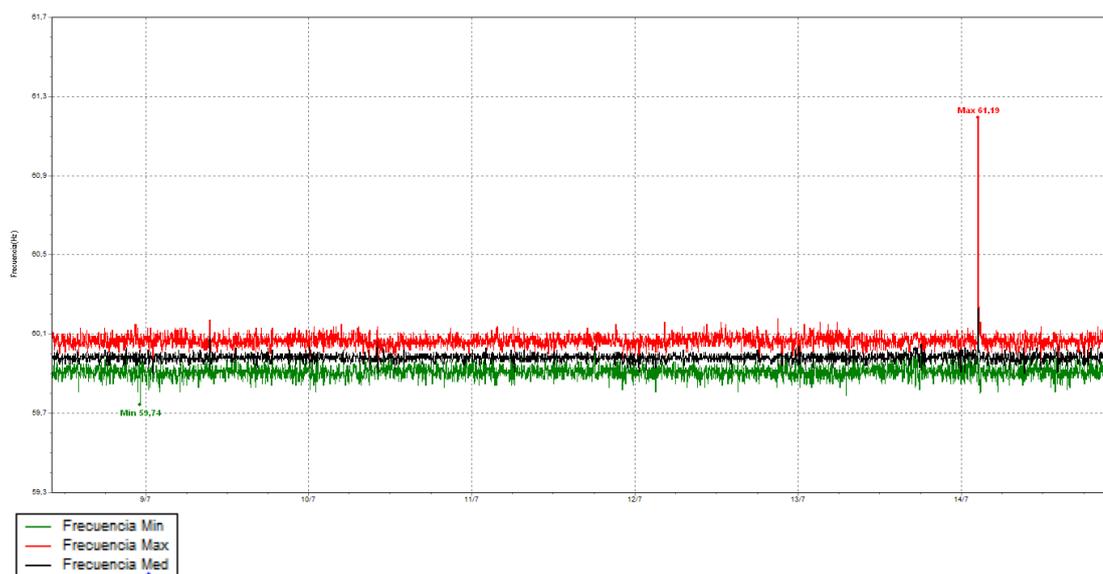


Figura 54 Registro de mediciones - frecuencia TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor - Registros (Fluke-1735)

En las mediciones se registra un solo evento de sobre pico de frecuencia con un máximo de 1.98% con relación al estándar de 60Hz, sin embargo estos valores están dentro del rango admisible del +- 2% de error.

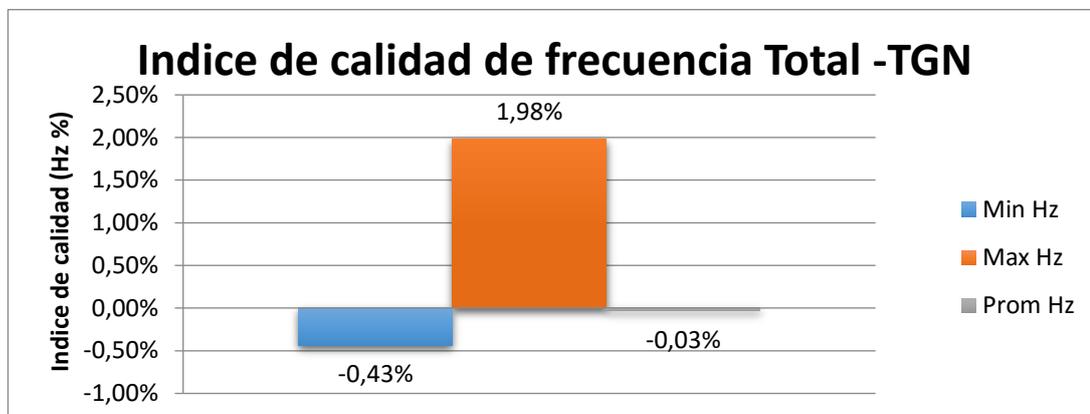


Figura 55 Índice de calidad de frecuencia Total –TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

Esto se corrobora en la estadística de mediciones de frecuencia en la que no se muestra eventos de sobre pico o caída de frecuencia fuera del rango normado.

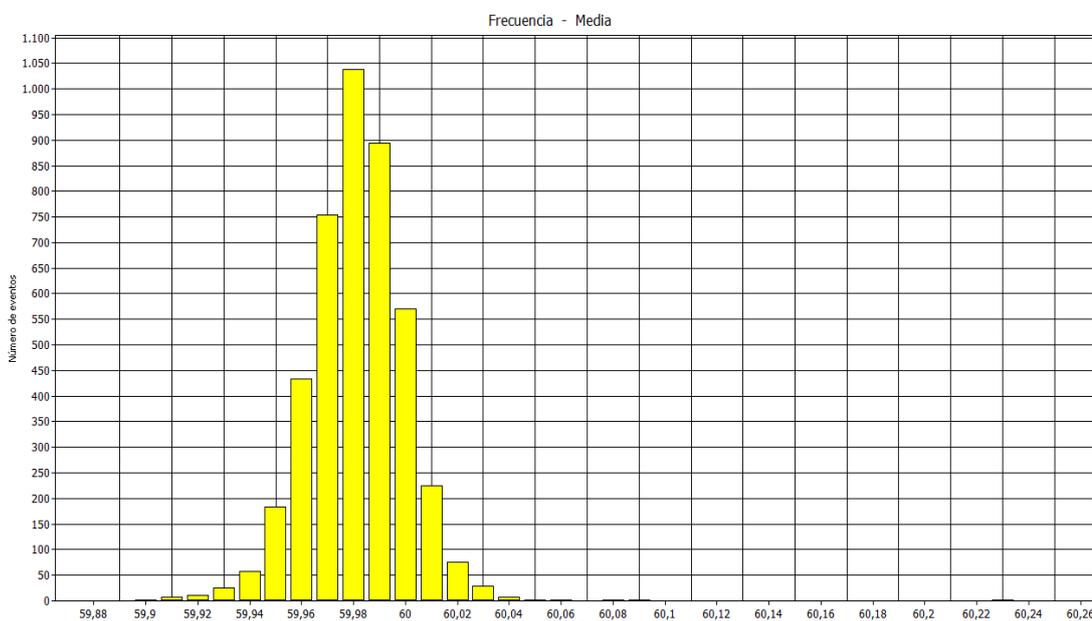


Figura 56 Estadística de eventos frecuencia TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor - Registros (Fluke-1735)

b) Tendencia semana promedio de frecuencia

La tendencia semanal muestra una estabilidad en las mediciones y registros de la frecuencia en alrededor de los 59.982 Hz con un error de -0.03% promedio.

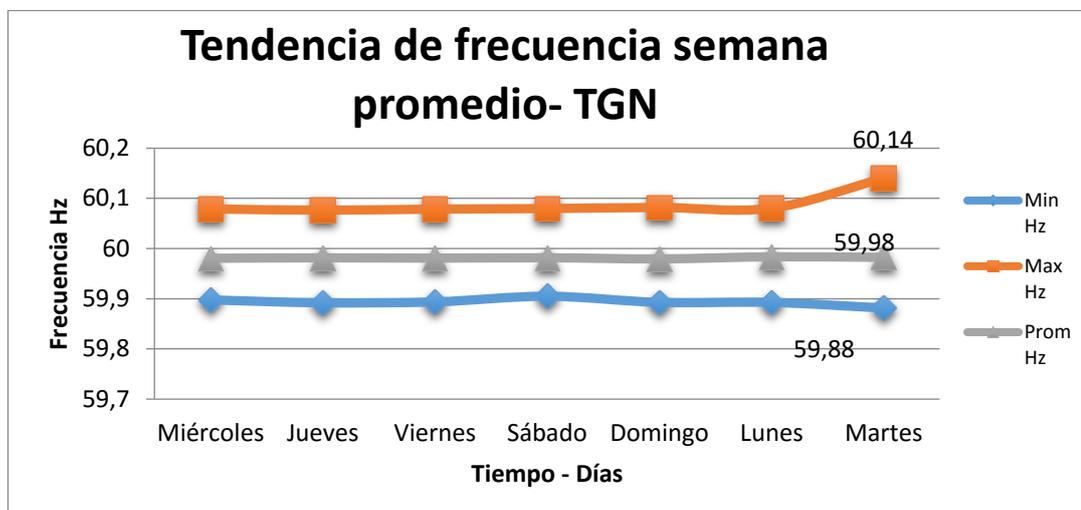


Figura 57 Tendencia de frecuencia semanal –TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

c) Tendencia día promedio de frecuencia

De igual forma la tendencia del día promedio se encuentra dentro del margen normado con un error mismo del -0.43% con respecto a la norma.

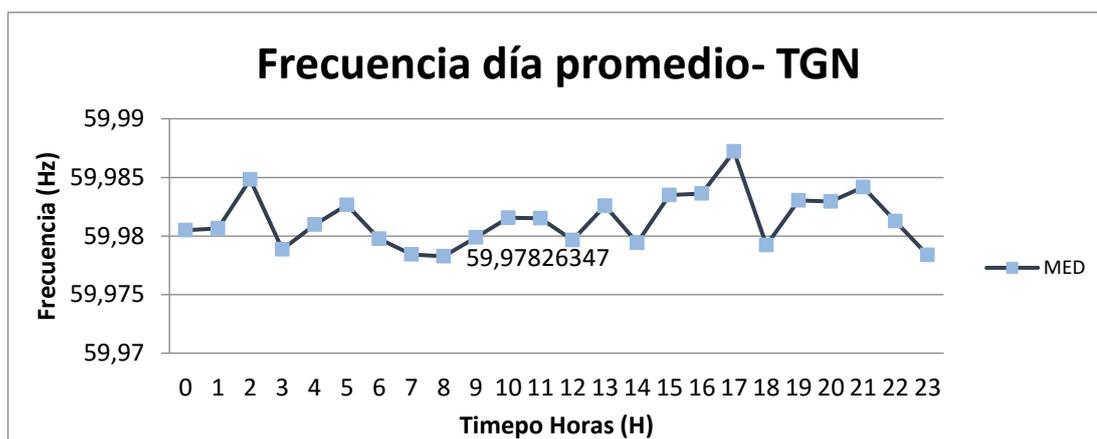


Figura 58 Frecuencia día promedio- TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

3.7.5.4. Diagnóstico de potencia del tablero TGN

a) Registros en tiempo real de potencia activa.

El gráfico muestra un comportamiento regular y periódico a lo largo del tiempo de registros de potencia activa, se puede distinguir en este gráfico los picos de potencia de cada día se nota por su forma de cresta ascendente que se gráfica de manera contrastante.

Tabla 28
Valores estadísticos potencia activa total -TGN

	L1 KW	L2 KW	L3 KW	Total KW
PROMEDIO	21,45	18,41	13,53	46,61
MINIMO	6,00	9,00	5,00	22,00
MAXIMO	45,26	51,17	43,46	137,08

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

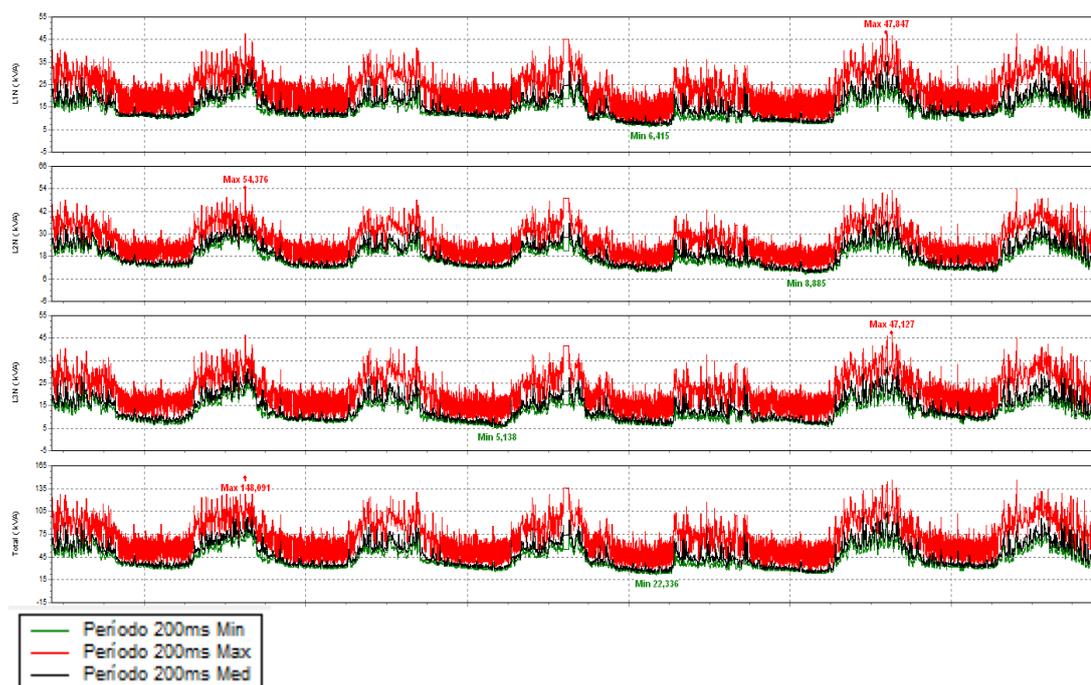


Figura 59 Registros en tiempo real de potencia activa.

Fuente: Mediciones hechas por el autor - (Analizador Fluke-1735)

Los datos del gráfico presentan una potencia activa promedio de 46.6 KW y una máxima de 137.07KW, pico más alto alcanzado en el horario de mayor demanda (horario de funcionamiento de consulta externa, oficinas y servicios hospitalarios) de

forma similar se aprecia que el pico mínimo registrado total es en el horario de noches y madrugadas, donde el uso de servicios, consumo y demanda son mismos.

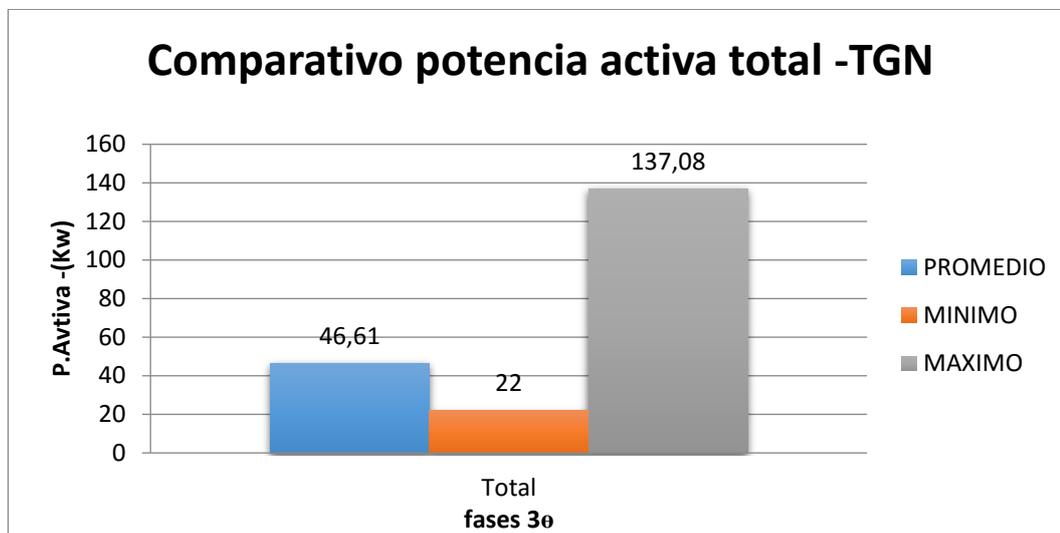


Figura 60 Comparativo potencia activa total –TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

El comportamiento de la demanda de potencia activa fluctúa entre los 40KW y 130KW como se aprecia en la estadística de eventos de registros de la figura a continuación.

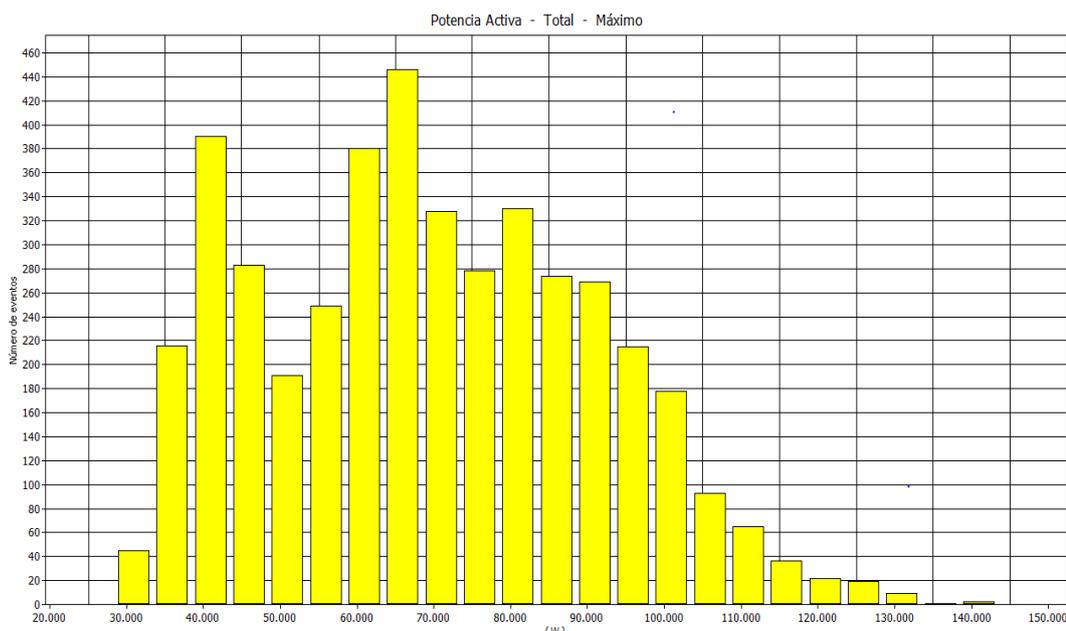


Figura 61 Estadística de eventos potencia activa – TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor - (Analizador Fluke-1735)

b) Registros en tiempo real de potencia aparente

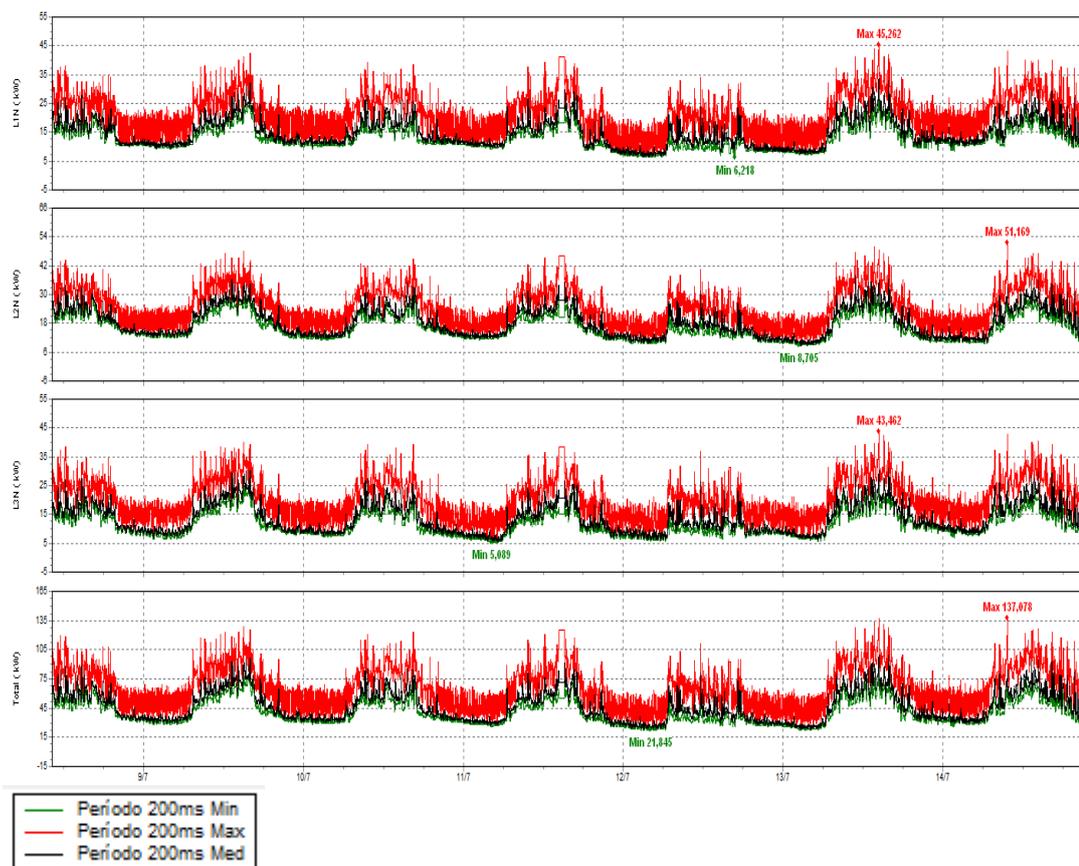


Figura 62 Registros en tiempo real de potencia aparente

Fuente: Mediciones hechas por el autor - (Analizador Fluke-1735)

Es importante comparar los valores de potencia activa y aparente (figura 50 -53) ya que su comportamiento es similar con la misma tendencia registrando valores similares, como idealmente se deben concebir.

Tabla 29
Valores estadísticos potencia aparente total -TGN

	L1 KVA	L2 KVA	L3 KVA	Total KVA
PROMEDIO	15,28	19,01	13,89	48,18
MINIMO	6,00	9,00	5,00	24,00
MAXIMO	47,85	54,38	47,13	148,09

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

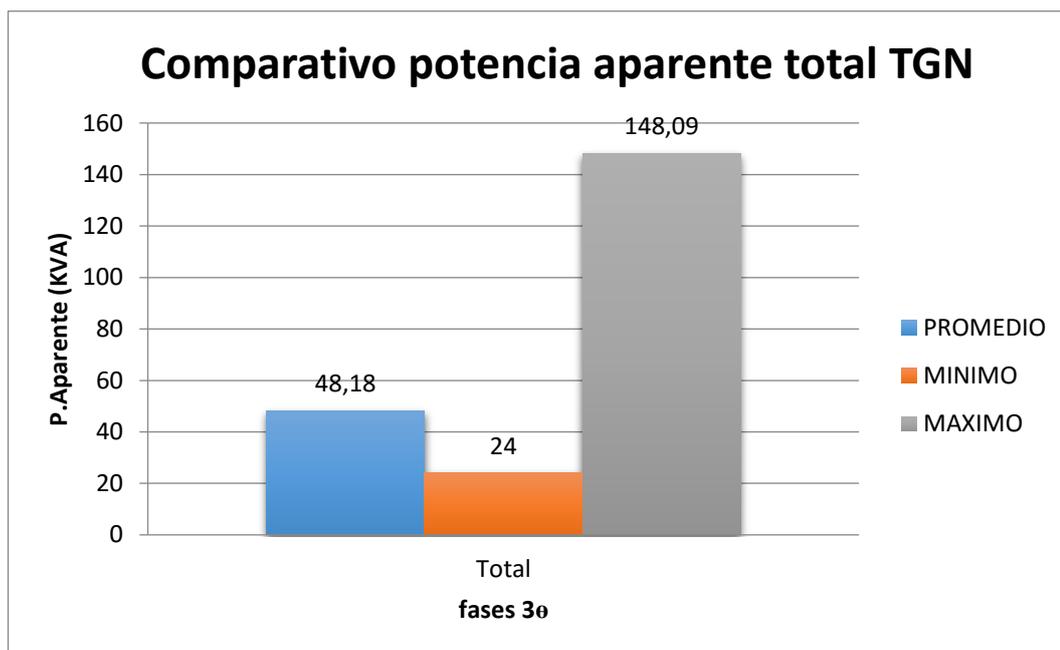


Figura 63 Comparativo potencia aparente total –TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

El número de eventos por medición es mayor en el rango de 45 KW a 140 KW, sin embargo su tendencia es muy similar al de la potencia activa.

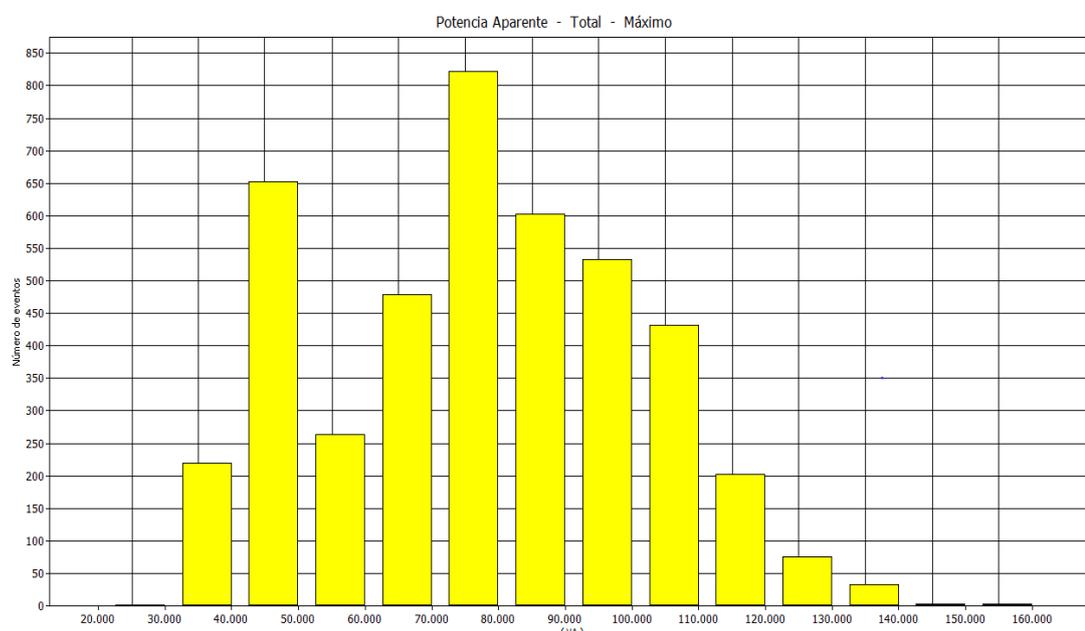


Figura 64 Estadística de eventos potencia aparente – TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor - (Analizador Fluke-1735)

c) Registros en tiempo real de potencia reactiva

Como es evidente la potencia reactiva es menor en cuanto a valores picos en comparación con las anteriores, sin embargo mantiene el comportamiento de tendencia similar lo otros. Manteniendo una fluctuación promedio total entre 10KVAR y 60 KVAR. Alcanzando un pico máximo de 74.48 en las horas de mayor uso de máquinas, iluminación fluorescente, equipos de ares acondicionados, y otros similares.

Tabla 30
Valores estadísticos potencia reactiva total –TGN

	L1	L2	L3	Total
PROMEDIO	4,07	4,41	2,88	8,39
MINIMO	1,00	-	-	-
MAXIMO	26,38	25,76	24,76	74,49

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

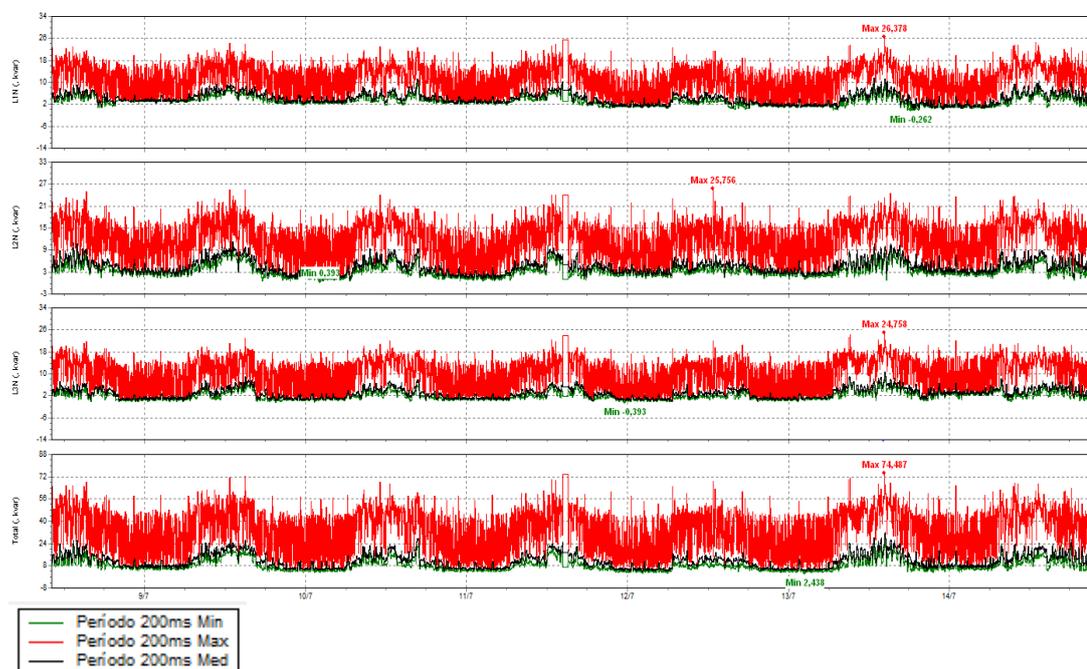


Figura 65 Registros en tiempo real de potencia reactiva

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-1735)

Es importante saber que también registros mismos iguales a cero en horarios de menor uso de equipos electromagnéticos, mantiene un promedio de 8.39 KVAR en su tendencia.

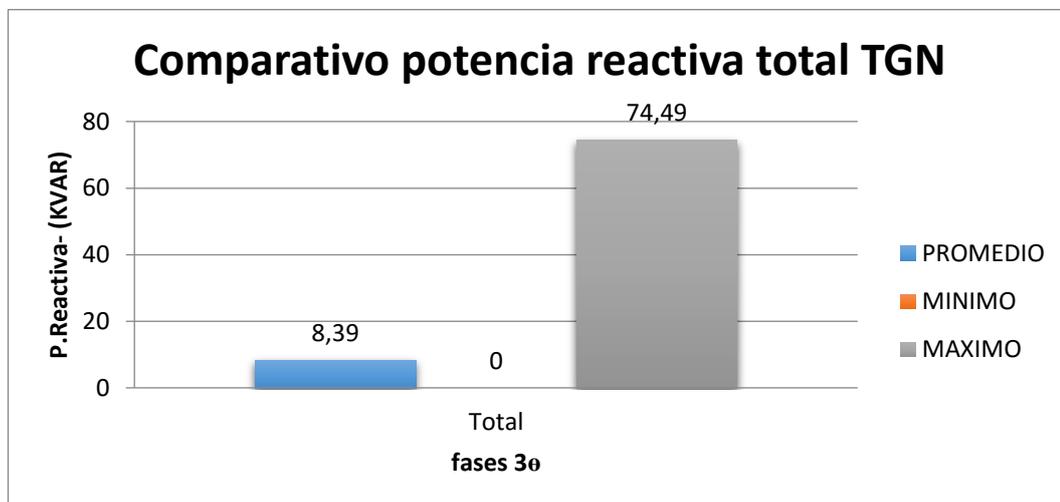


Figura 66 Comparativo potencia reactiva total TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

En la figura 65 se representa el número de eventos de registros medidos de potencia reactiva total, en la cual es notorio que el mayor número de eventos están comprendidos entre 10 y 60KVAR, en comparación a la figura 64 los valores máximos registrados están fuera de este rango de eventos de mayor ocurrencia.

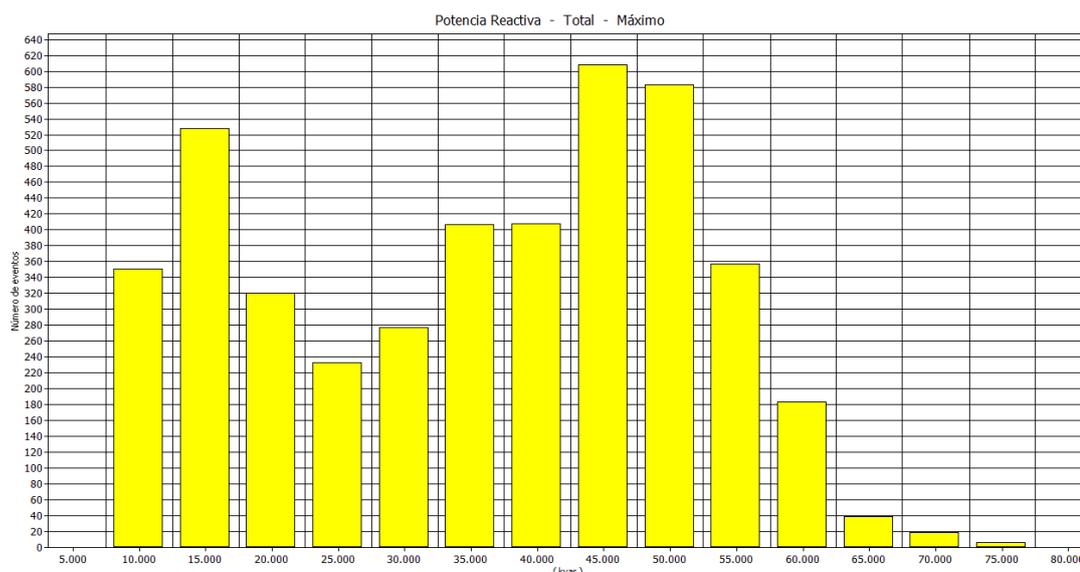


Figura 67 Estadística de eventos potencia reactiva – TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-1735)

a) Tendencia día promedio de potencia activa, aparente y reactiva

Esta gráfica nos dibuja el perfil de la curva del total de las potencias medias y su comportamiento a lo largo de un día promedio, en el que es evidente en las tres potencias graficadas el cambio ascendente y de mayor valor está en el horario de 7:00 a 20:00 horas, por lo expuesto en cuanto a la demanda por usos y servicios que tiene el hospital. La potencia activa y aparente con una tendencia y valores similares y una potencia reactiva relativamente inferior con respecto a las otras dos.

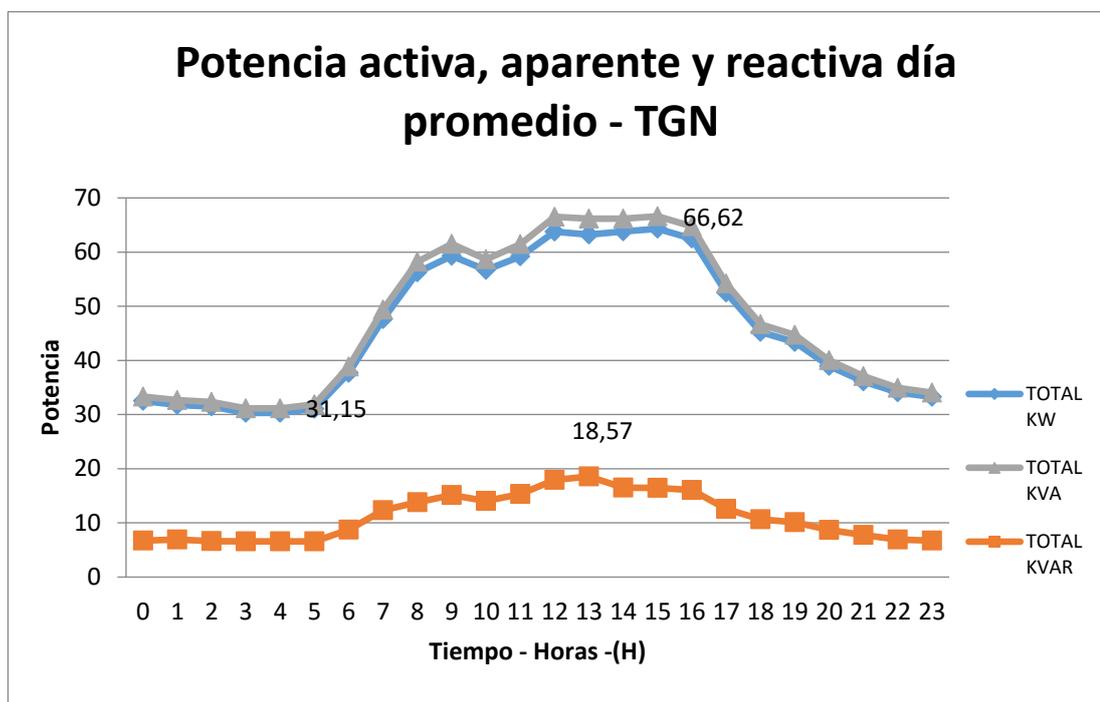


Figura 68 Potencia activa, aparente y reactiva total - día promedio TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

b) Tendencia semanal de potencia Activa, aparente y reactiva

El comportamiento semanal de las potencias tiene es uniforme desde el día miércoles al día sábado con un promedio de 93kW, 10KVA y 47KVAR respectivamente como valores máximos, siendo el domingo el día con menor demanda, esto se evidencia al ser este día con menor cantidad de servicios hospitalarios en operación.

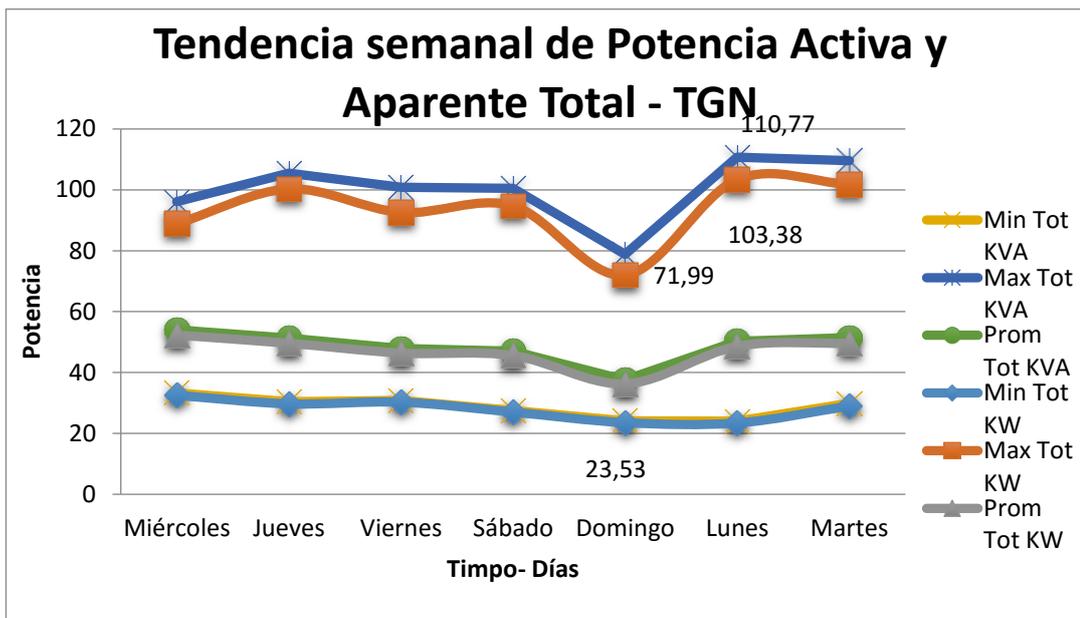


Figura 69 Tendencia semanal de Potencia Activa y Aparente Total – TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

De esta forma también se evidencia el día lunes como el día de mayor pico de demanda. Esto es evidente ya que gran parte de la demanda se debe a servicios de consulta externa que tiene un promedio de 5 a 10% más de atenciones a pacientes que los días ordinarios.

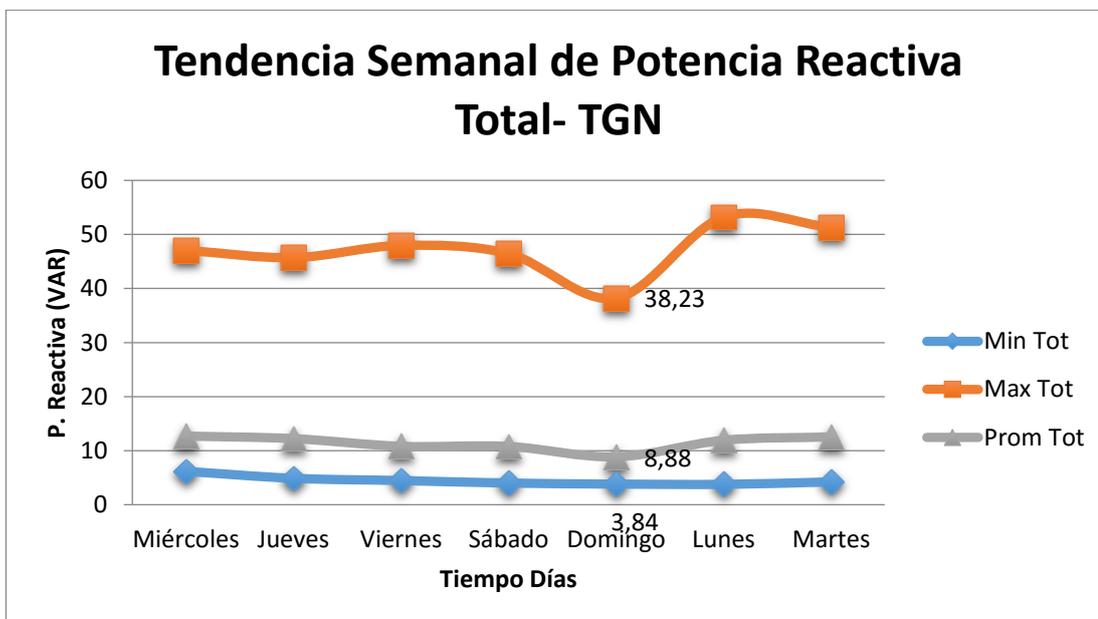


Figura 70 Tendencia Semanal de Potencia Reactiva Total- TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

3.7.5.5. Diagnóstico del factor de Potencia del tablero TGN

a) Registros en tiempo real de factor de potencia

El gráfico muestra un comportamiento uniforme del factor de potencia medio total con oscilaciones alrededor de 0.925FP y lo que indica un buen desempeño del sistema compensando las cargas resistivas, inductivas y capacitivas.

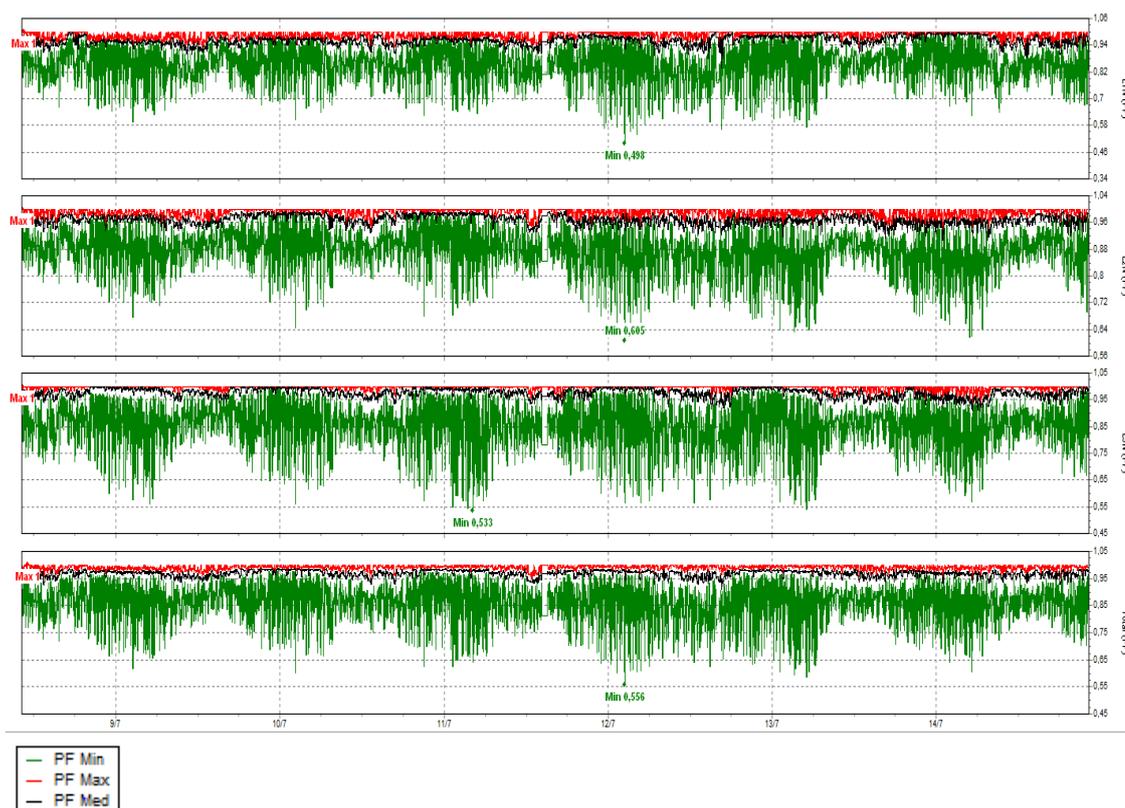


Figura 71 Registros en tiempo real de factor de potencia

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-1735)

Las como se observa en la tabla 31 que representa un estadístico de los registros medidos, el factor de potencia tiene un promedio de 0.968 FP valor que se encuentra del rango de normativa del CONELEC 004-01 considerando como 0.92FP mínimo.

Tabla 31

Valores estadísticos factor de potencia total -TGN

	L1 FP	L2 FP	L3 FP	Total FP
PROMEDIO	0,9611074	0,96822199	0,97620413	0,96850754
MINIMO	0.498	0,995	0,85208281	0,85971329
MAXIMO	1	1	1	1

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

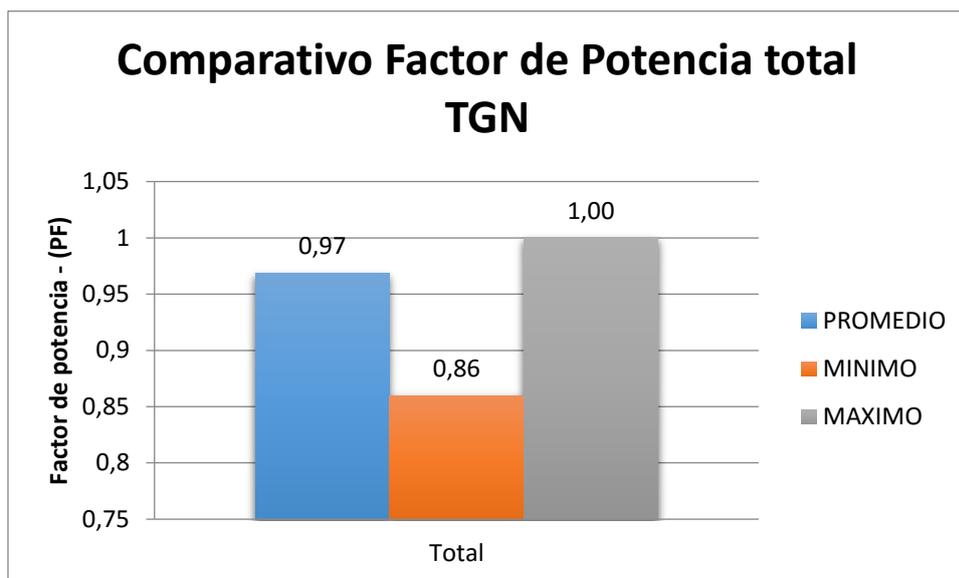


Figura 72 Comparativo Factor de Potencia total TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

Los valores mínimos registran un valor pico en 0.49 en la fase L1, como evento aislado, siendo el promedio mínimo de los registros 0.845 FP.

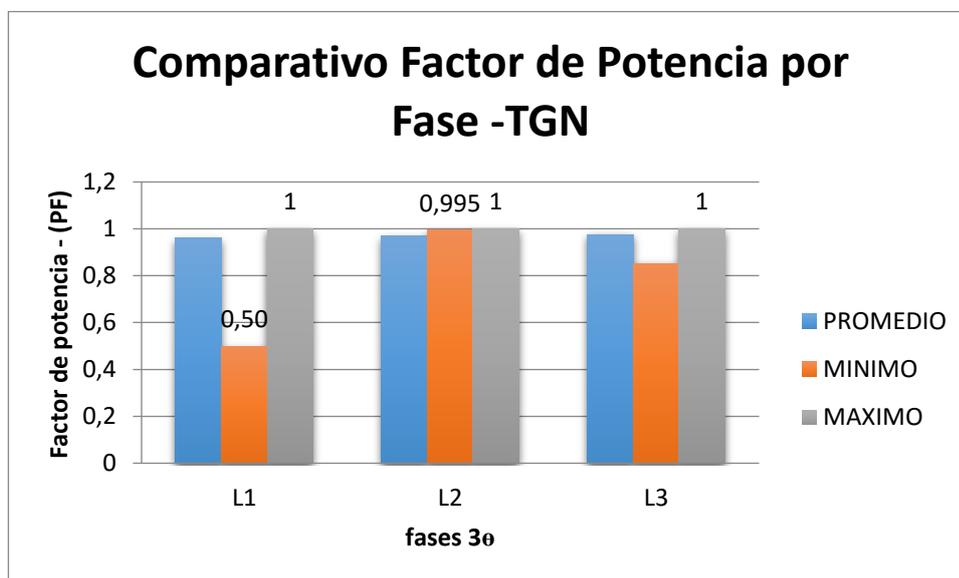


Figura 73 Comparativo Factor de Potencia por Fase -TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

Es importante visualizar en el gráfico a continuación, aproximadamente menos del 1% de los eventos estadísticos medios se encuentran fuera del rango admisible el restante se encuentra entre los valores de 0.93 y 0.99 FP.

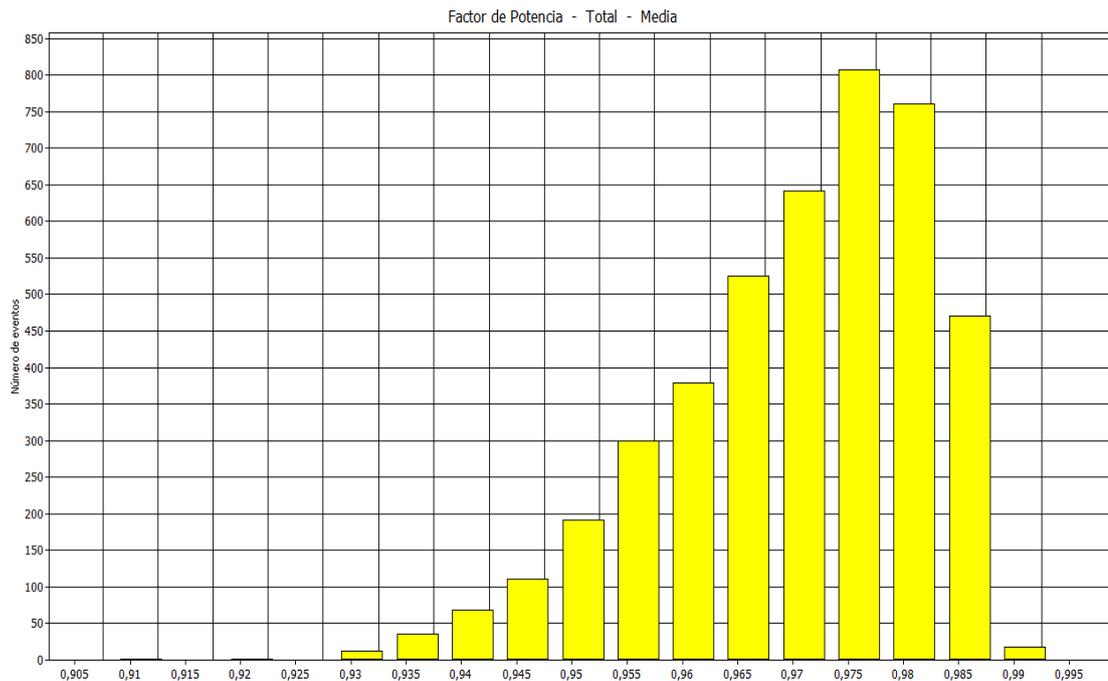


Figura 74 Estadística de eventos factor de potencia – TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-1735)

b) Tendencia día promedio

Como se aprecia en el gráfico el factor de potencia es uniforme a lo largo del día, marcando una tendencia normal con leves fluctuaciones.

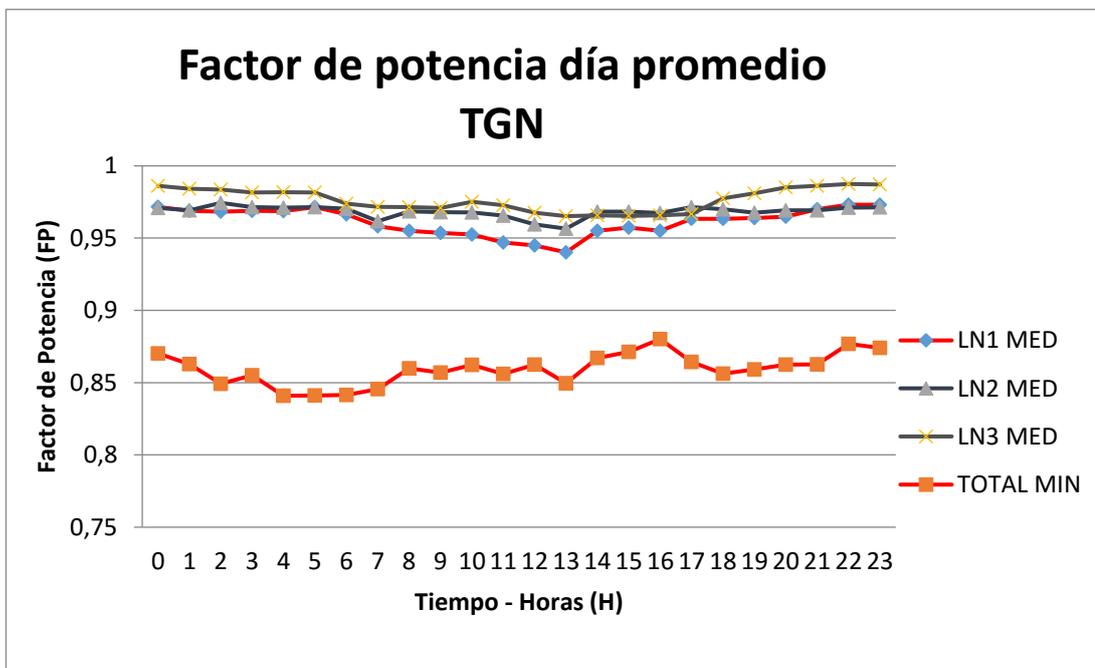


Figura 75 Factor de potencia día promedio

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

c) Tendencia semanal factor de potencia

De forma similar el comportamiento en el período semanal es constante y no muestra una tendencia diferente a las antes analizadas, los valores máximos con un promedio de 0.99FP un medio de 0.96 FP y un mínimo de 0.84FP.

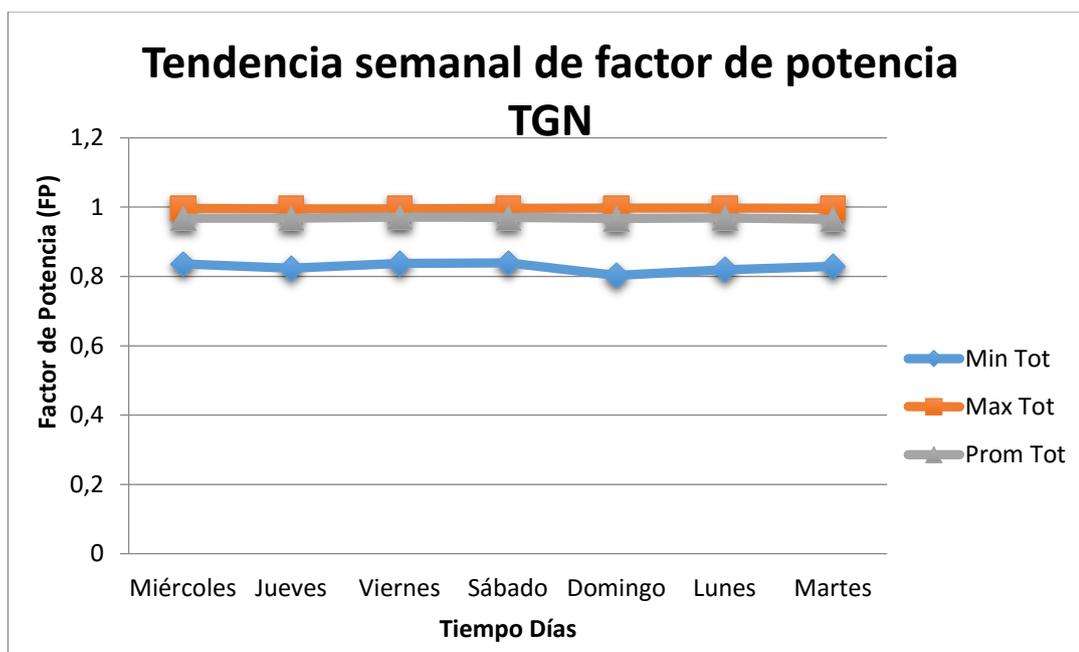


Figura 76 Tendencia semanal de factor de potencia TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

3.7.5.6. Consumo de energía- TGN

Los datos registrados permiten obtener un perfil del comportamiento de consumo de energía del hospital con una evaluación de una semana.

Como se muestra en la figura a continuación, el consumo de energía reactiva es estable durante este período con un promedio por hora de 46.62 (KWh) y 11.37 (KVARh) corroborando así con el valor de la potencia activa y reactiva promedio de demanda (Figura 37).

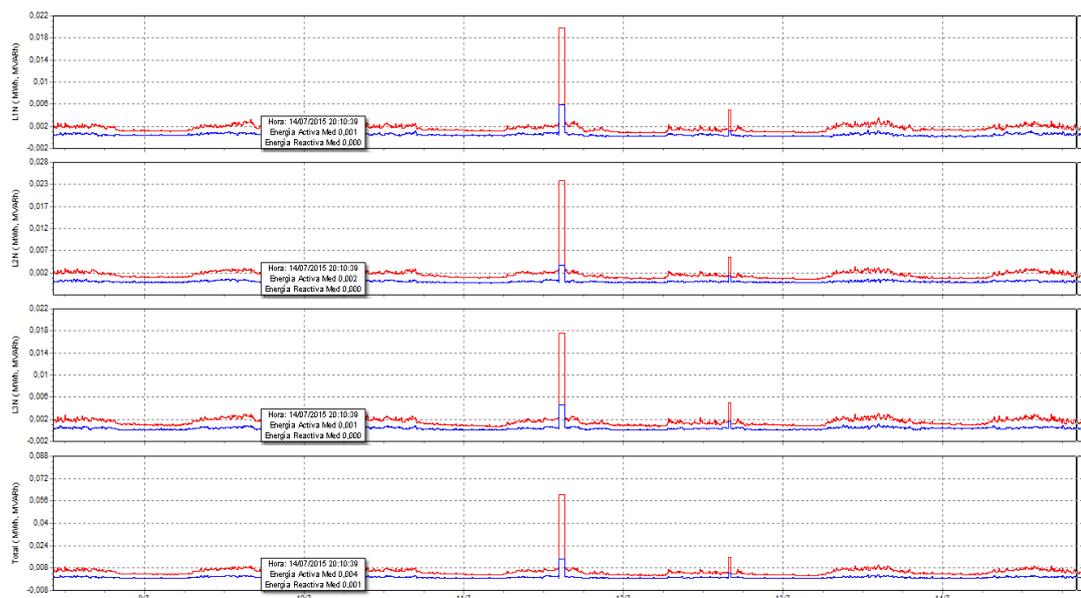


Figura 77 Registros en tiempo real Energía activa y reactiva en intervalos TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-1735)

Como se observa la el comportamiento de consumo de energía tiene una tendencia uniforme y lineal en el período de registro y medición, tanto para la energía activa como reactiva con un comportamiento es similar.

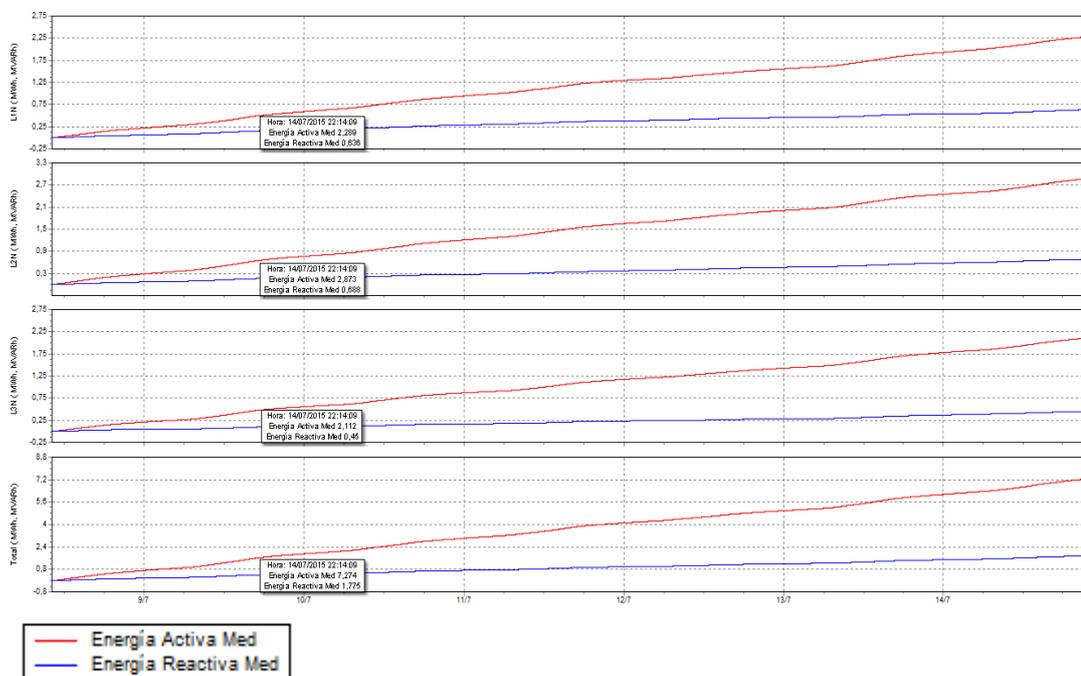


Figura 78 Registros tiempo real Energía activa y reactiva– TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-1735)

De acuerdo al total de las mediciones se registra un consumo de energía activa de 7273.62 KWh y 1774.59 KVARh de energía reactiva consumidos en un período de una semana.

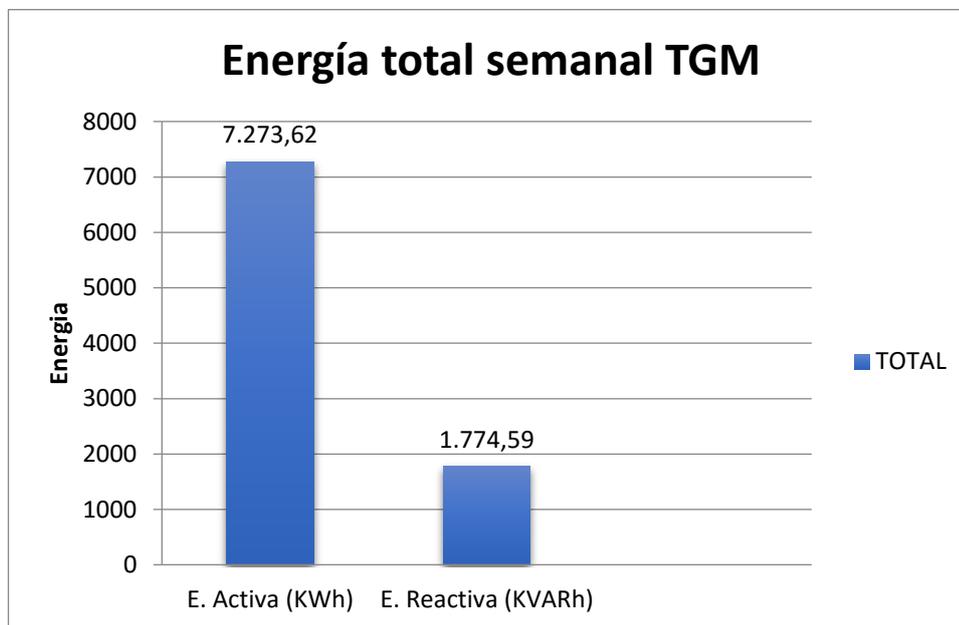


Figura 79 Energía total semanal TGM

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

3.7.5.7. Diagnóstico de distorsión armónica THD

El indicador esencial es la THD, un valor que refleja el nivel de distorsión en las ondas de voltaje o corriente. El espectro da una imagen de la señal deformada.

a) Distorsión armónica de voltaje THD V

Como se observa en la figura a continuación se tiene un valor máximo de 2.6 % THD V distorsión en la forma de onda de la señal de voltaje en la fase L2.

Según la norma NTE INEN-EEC 61000-2-2, los valores de THD V inferior al 5 % se consideran normales y se puede decir que prácticamente no existe riesgo de mal funcionamiento en los equipos dentro de este rango registrado.

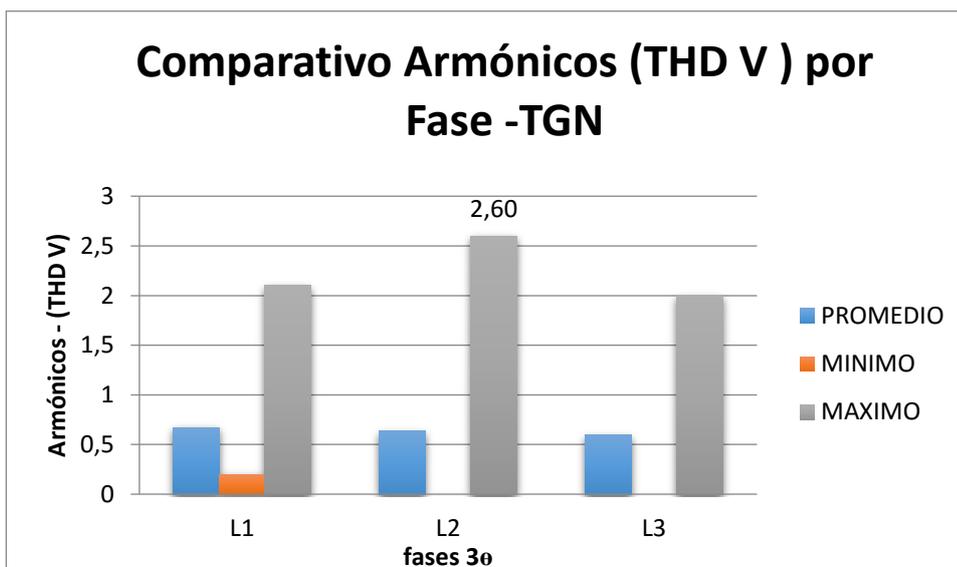


Figura 80 Comparativo Armónicos V por Fase -TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

- **Armónicos THD V día promedio**

Como se observa el comportamiento de la distorsión armónica de un día promedio se encuentran dentro de los rangos normales. Pese a ello de acuerdo a la tendencia los valores registrados en las tres fases coinciden como punto mínimo de distorsión a las 5am con un valor promedio de 0.31% THD V

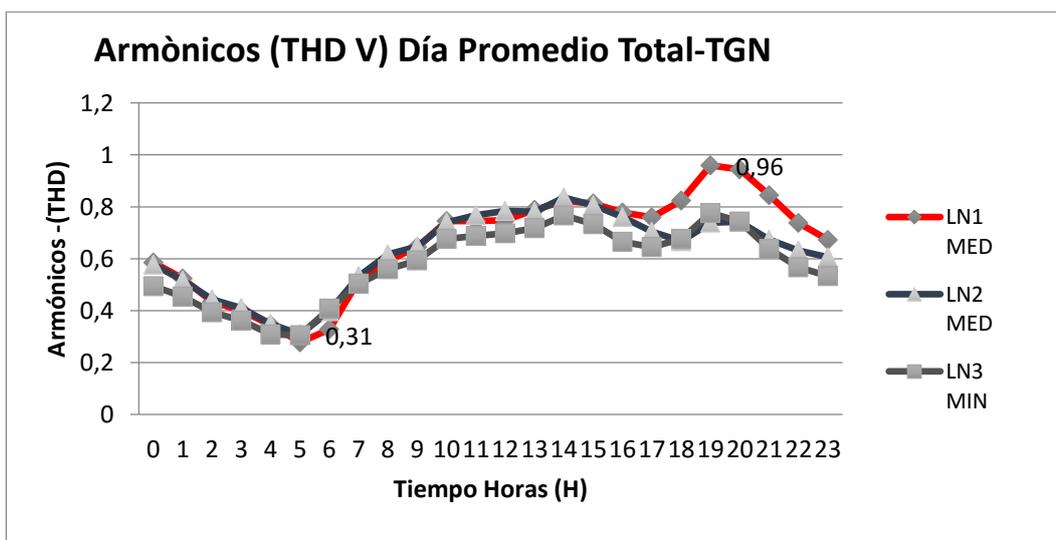


Figura 81 Armónicos (THD V) Día Promedio

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

- **Armónicos THD V tendencia semanal**

De igual forma se aprecia en la tendencia semanal de armónicos donde se evidencia un punto máximo promedio común en las tres fases de 1.2% THD V en el día Viernes.

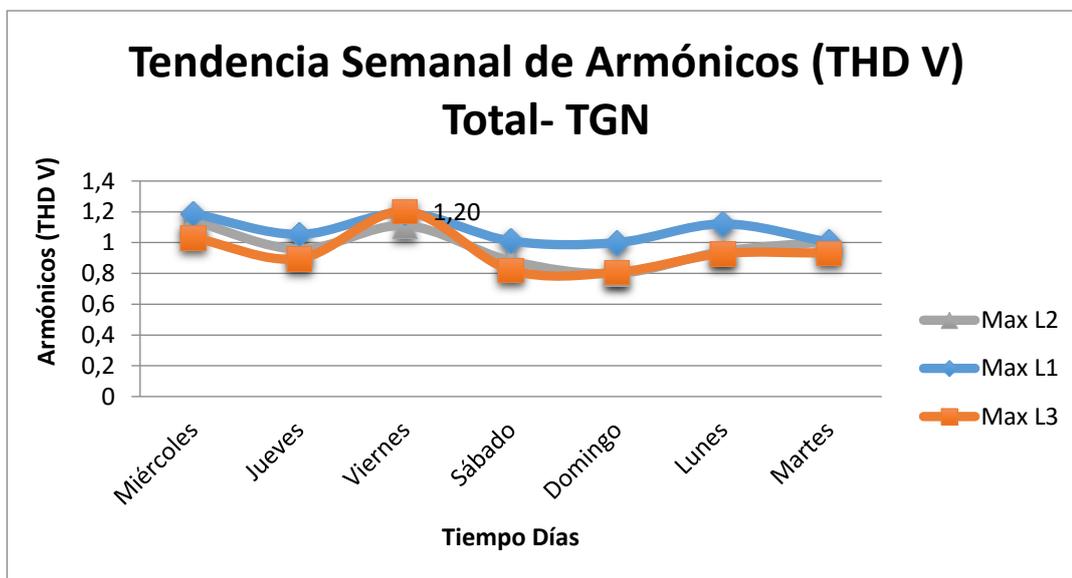


Figura 82 Tendencia Semanal de Armónicos THD V Total- TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

b) Distorsión armónica de corriente THD A

La figura a continuación muestra la información de distorsión armónica de corriente por fase y neutro, donde se observa claramente la diferencia promedio de las fases con respecto al neutro.

En las fases se observa un valor promedio de 8% THD A considerado como valor normal pero tiene valores picos promedio de 17%, que de acuerdo a la normativa estos valores revelan una distorsión armónica significativa. Existe el riesgo de que aumente la temperatura, lo que implica el sobredimensionado de los cables y las fuentes.

El valor de distorsión armónica en el neutro es relativamente alto con valores pico superiores a 50% lo que revela una distorsión armónica importante. Esto puede

provocar el funcionamiento anómalo de los equipos es probable. Por lo que es importante un análisis profundo y un sistema de atenuación.

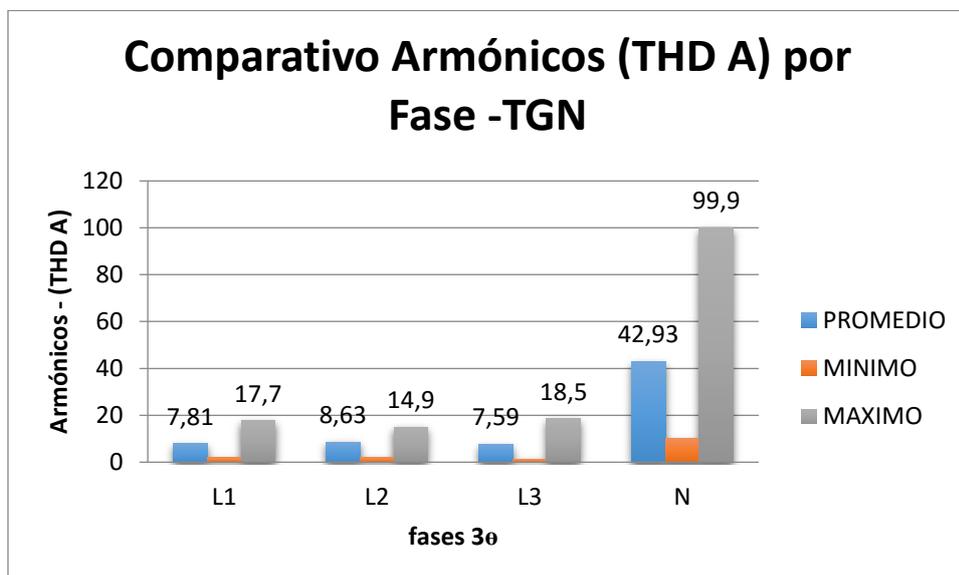


Figura 83 Comparativo Armónicos A por Fase -TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

Según el artículo Corriente de Neutro en Sistemas No Lineales publicado por ECAMEC en febrero del 2010, las corrientes armónicas en el neutro generan incremento de la temperatura en el conductor, aumentando las pérdidas óhmicas; disminución de la capacidad amperimétrica del conductor; incremento del voltaje neutro – tierra.

- **Armónicos THD A día promedio**

Como se observa en la gráfica la distorsión armónica en el neutro aumenta en alrededor de 17% sobre su promedio en horario de oficina, evidenciando así que los quipos de cómputo y oficina adicionalmente con el sistema de iluminación fluorescente, provocan un corriente en el neutro, con una THD A alta lo que puede provocar altas temperaturas del conductor y fallas de puesta a tierras y protección de disyuntores.

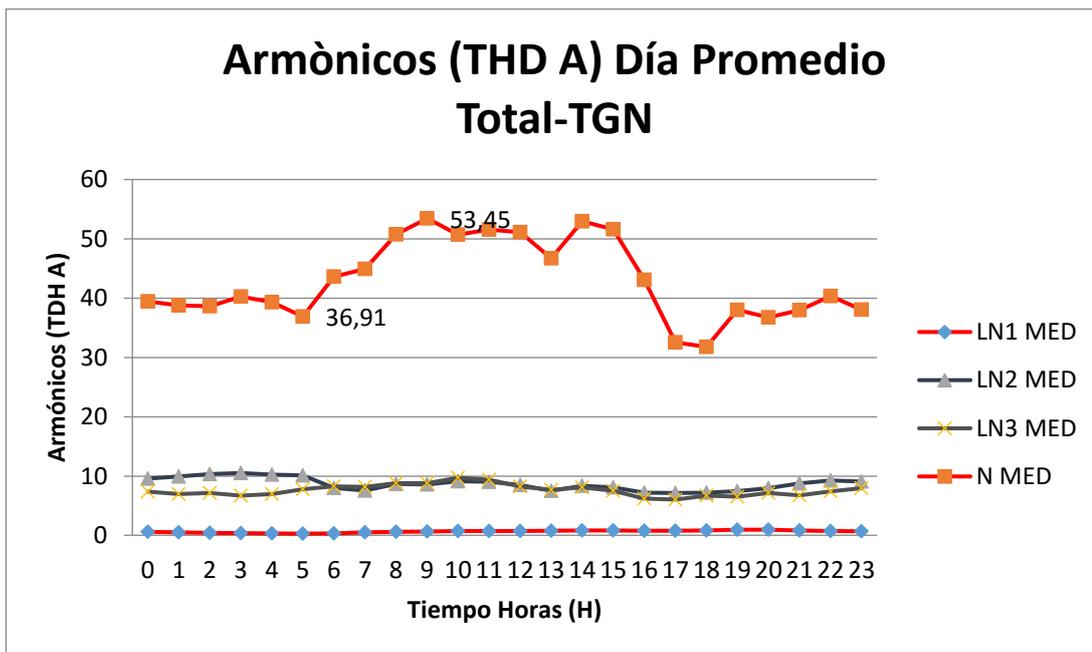


Figura 84 Armónicos (THD A) Día Promedio

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

- **Armónicos THD V tendencia semanal**

Como se evidencia en la tendencia semanal de THD A en la presencia de armónicos en el neutro disminuyen considerablemente el día domingo, por ser este el día con menor carga de uso de computadores y equipos de oficina,

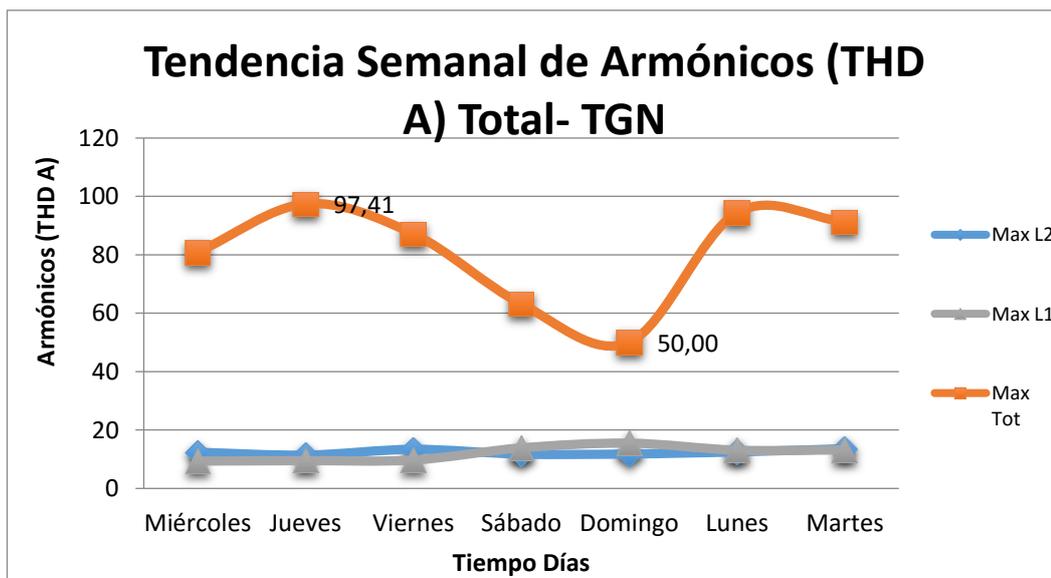


Figura 85 Tendencia Semanal de Armónicos (THD A) Total- TGN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

3.7.6. Tablero General Emergencia (TGE)

Este tablero es alimentado por una derivación del alimentador primario y el grupo electrógeno, es importante su análisis ya que de las cargas conectadas a este son pertenecientes al sistema eléctrico esencial, y en caso falla del alimentador primario, el 100% de estas son alimentadas por el sistema de emergencia eléctrica.

3.7.6.1. Diagnóstico de voltaje por fase del tablero TGE

a) Voltaje de fase en tiempo real y diagrama fasorial

Se aprecia en la figura las formas de onda de voltaje de cada una de las fases del tablero- TGE.

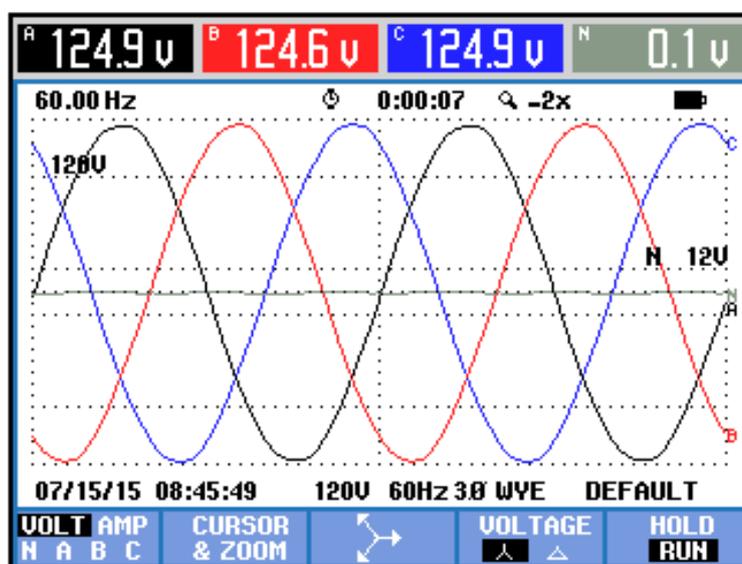


Figura 86 Forma de onda - voltaje de fase-TGE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

No se observa deformaciones ni perturbaciones de la forma de onda en ninguna de las fases, los valores de frecuencia y voltaje V_{rms} están dentro de los parámetros normales.

La figura muestra el diagrama fasorial de voltaje del tablero TGN en una medición instantánea.

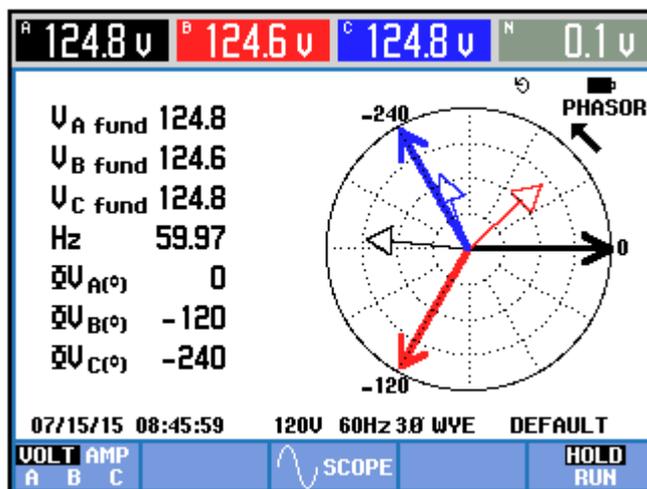


Figura 87 Diagrama fasorial voltaje TGE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

Es evidente que existe un desequilibrio de corriente producto de un desbalance de cargas en las fases por ello es importante analizar las corrientes por fase.

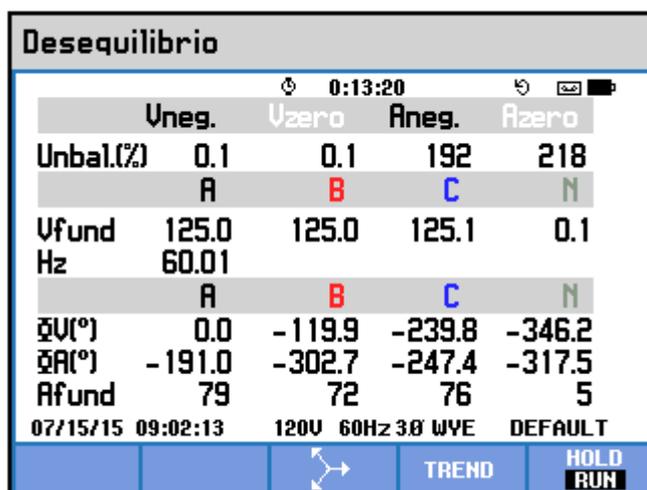


Figura 88 Desequilibrio fasorial voltaje y corriente – TGE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

En la figura a continuación se tienen los registros de mediciones promediadas en intervalos de dos minutos por un período de 7 días, tanto valores mínimos, promedios y máximos.

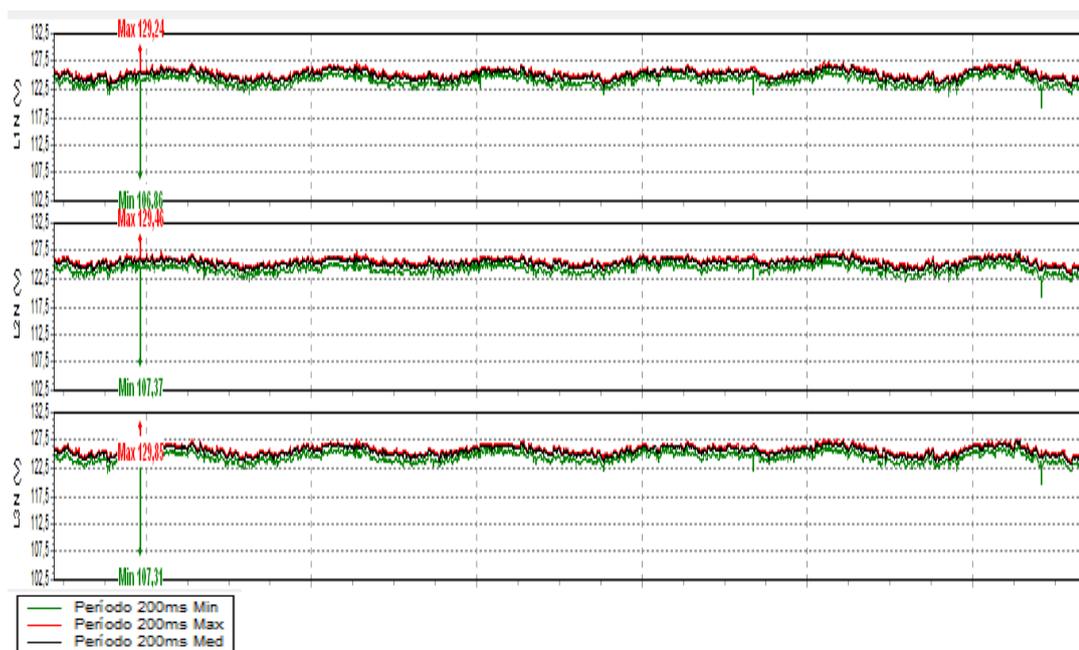


Figura 89 Registro de mediciones voltaje de fase TGE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

La tendencia presenta un comportamiento uniforme de voltaje en todas las fases con un promedio de 125.33 V en todo el período de registro y medición, valor dentro del rango aceptable estipulado por el CONELEC 004-01

b) Índice de calidad de voltaje

Con los valores mínimos, promedios y máximos registrados se calcula el índice de calidad de voltaje de acuerdo a la Ecuación 1. Índice de Calidad con respecto al valor nominal de 127V.

Tabla 32
Valores- índice de calidad de registros de voltaje por fase TGE

	L1 V	L2 V	L3 V
MINIMO	106,86	107,37	107,31
MAXIMO	129,24	129,46	129,85
PROMEDIO	125,09	125,36	125,55
ΔV % Min	-15,86	-15,46	-15,50
ΔV % Max	1,76	1,94	2,24
ΔV % Prom	-1,50	-1,29	-1,14

Fuente: Mediciones hechas por el autor – Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

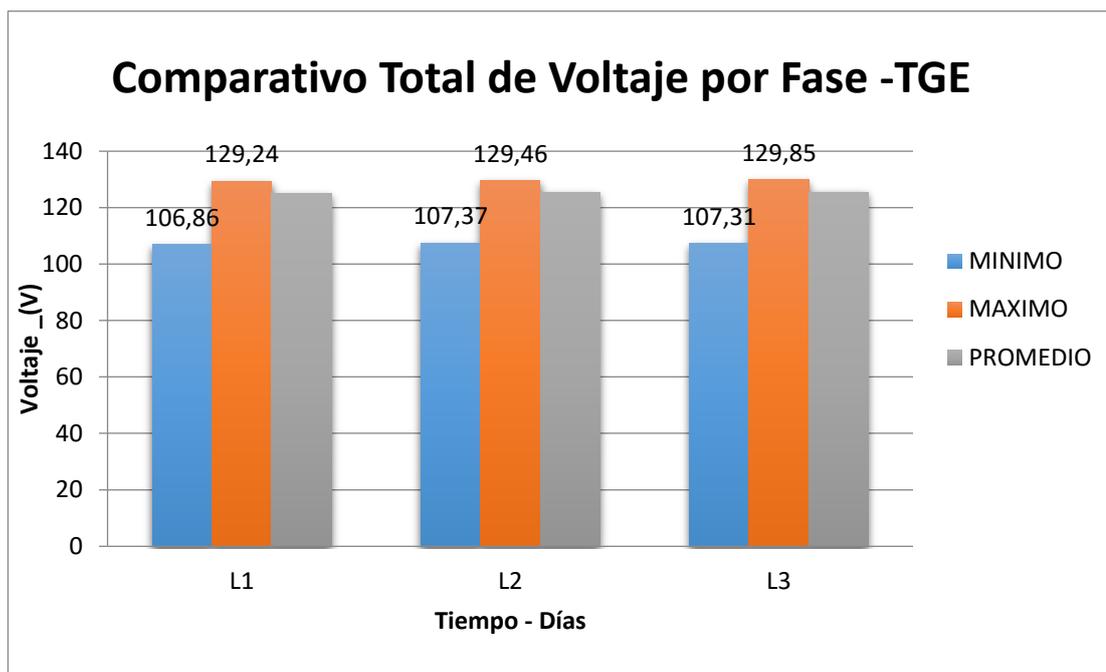


Figura 90 Comparativo Total de Voltaje por Fase –TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

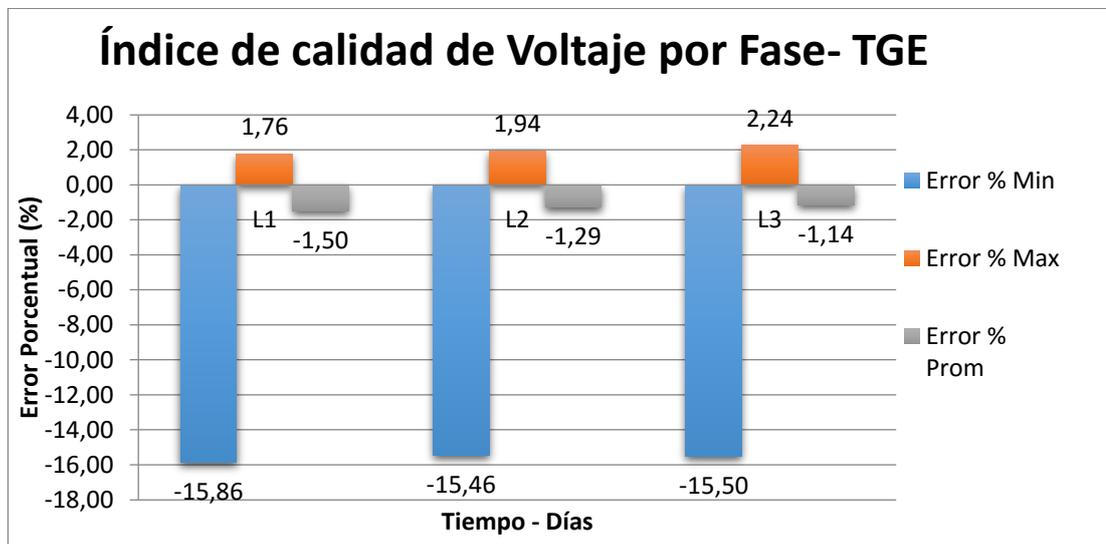


Figura 91 Índice de calidad de Voltaje por Fase- TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

De acuerdo a los resultados y las tablas comparativas expuestas es evidente que existe un error porcentual del índice de calidad de voltaje con respecto a los valores

mínimos registrados. Este valor se encuentra fuera de rango de acuerdo a la normativa del CONELEC en una caída de voltaje con un promedio de -15.6 % del valor nominal 127V. Es importante recalcar que el número estos eventos de es solo de uno en todo el período.

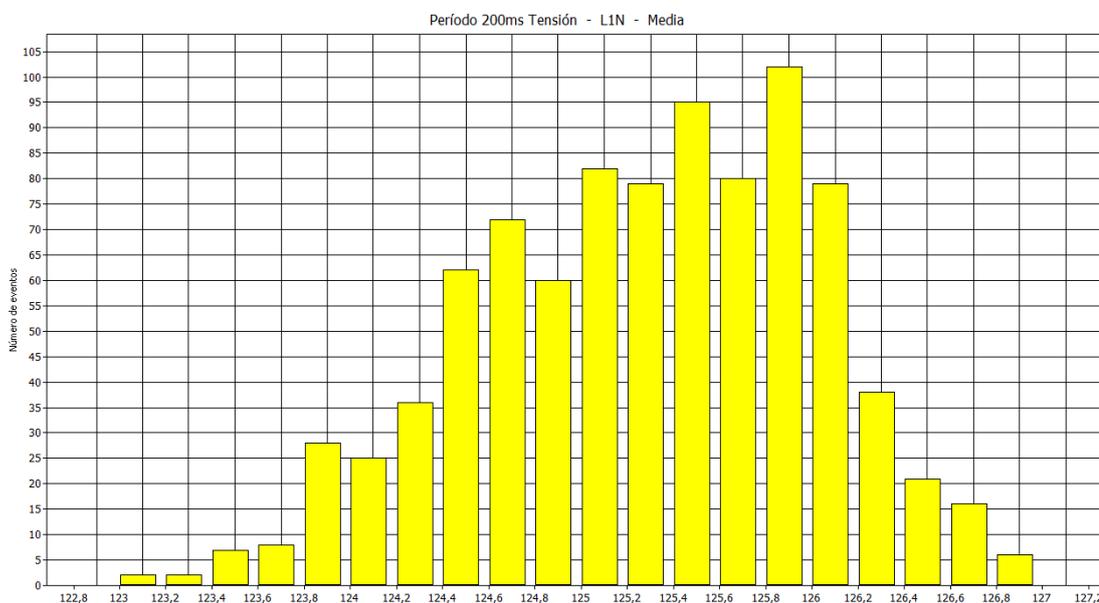


Figura 92 Estadística de eventos Voltaje TGE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

El voltaje promedio en el 99.8% de los registros están dentro del rango de la normativa con un error promedio de -2.83% del valor nominal como se indica en la figura estadística a continuación.

c) Tendencia semanal de voltaje

Los registros obtenidos en las mediciones permiten dibujar el perfil de comportamiento del voltaje en el transcurso de una semana promedio, como se muestra en la figura a continuación.

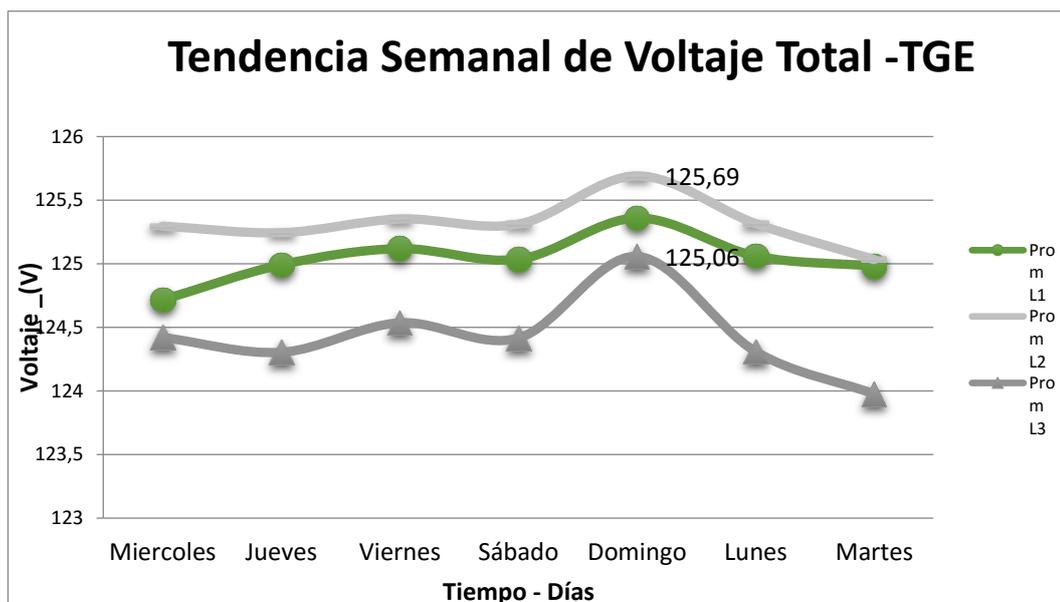


Figura 93 Tendencia Semanal de Voltaje Total –TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

La tendencia semanal nos muestra el comportamiento de voltaje, resaltando que en los días de menor ocupación del hospital como son los fines de semana se registran los picos más altos de voltaje, y al contrario en los días laborables se nota los picos más bajos en las mediciones.

Este comportamiento es correcto por la funcionalidad del hospital, en días laborables el hospital ocupa la mayor carga posible en atención del día y consulta externa así como funciones administrativas. Aumentando la carga y como resultado un caída de voltaje que se encuentra dentro de los parámetros normados. Al contrario en los fines de semana el hospital disminuye sus servicios a hospitalización y emergencias y se evidencia una ligera subida de voltaje pico en el día domingo.

d) Tendencia voltaje día promedio TGN

Los registros obtenidos por el analizador Fluke 434 permiten ser procesados analíticamente para dibujar las curvas del comportamiento del voltaje a lo largo de un día promedio.

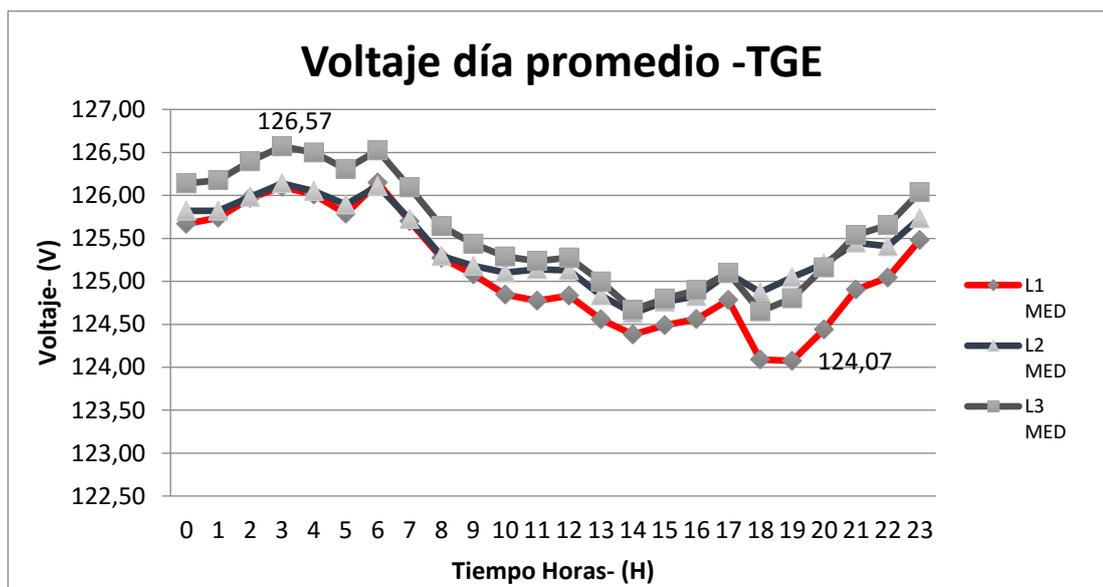


Figura 94 Voltaje día promedio –TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

Como se aprecia en la figura anterior se muestra una curva con tendencia tipo valle descendente en las horas laborales a partir de las 7h hasta las 18h, por ser el período de máxima carga de servicios en el hospital. Y en las horas de noche madrugada se tiene una tendencia ascendente de pico máximo las 3 am.

3.7.6.2. Diagnóstico de corriente del tablero TGE

a) Registros en tiempo real de corriente

Las mediciones registradas como muestra la figura, tienen una alta variabilidad de sobre picos de corriente, con una diferencia entre los valores promedios y máximos aproximada de 210A.

Estos valores son oscilantes en un rango entre valores mínimos, promedios y máximos como se muestra en la tabla 33.

Tabla 33
Valores estadísticos de corriente por fase TGE

	MINIMO A	MAXIMO A	PROMEDIO A
L1	36,7	253,50	42,30
L2	35,80	259,50	38,40
L3	22,50	241,20	29,00

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

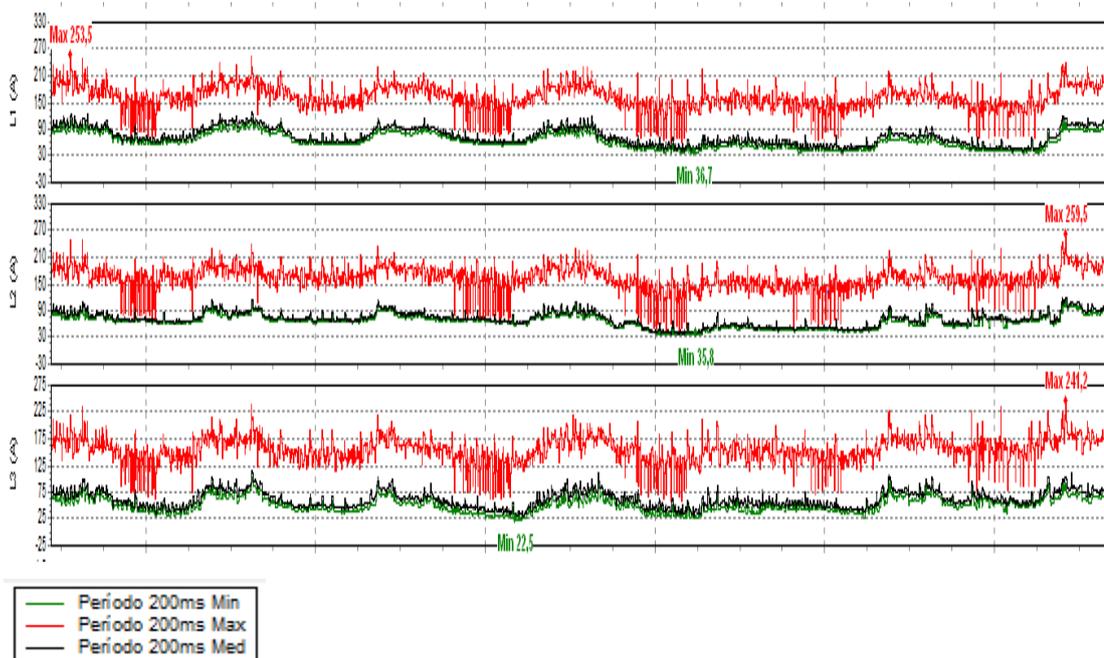


Figura 95 Registro de mediciones Corriente TGE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

De forma gráfica se aprecia la diferencia de fluctuaciones entre estos valores por fase donde se aprecia la diferencia del rango de corriente que se marcan entre mínimos, medios y máximos, en los registros del comportamiento de la demanda de corriente.

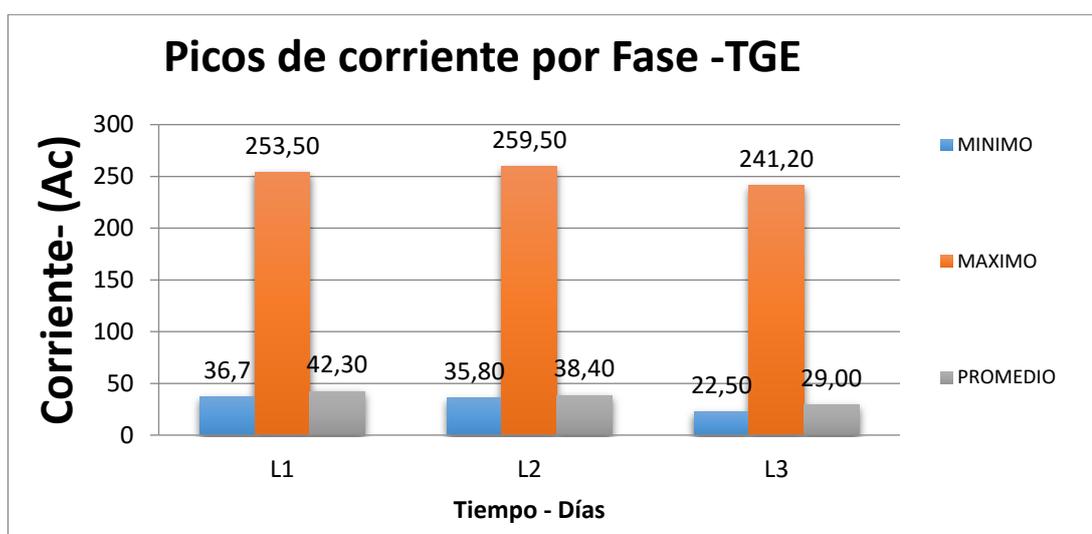


Figura 96 Picos de corriente por Fase –TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

b) Cálculo de desequilibrio de corriente por fases

De acuerdo a estos valores registrados se observa un desequilibrio de demanda de corriente en la fase 3 como se muestra la tabla 32 en un -10.51% máximo con respecto a la media entre fases promedio y -15.36% con la media de fases promedio mínimos.

Tabla 34
Desequilibrio de corriente por fases –TGE

	MINIMO A	PROMEDIO A	MAXIMO A
L1	64,67	74,12	161,66
L2	66,00	71,93	163,30
L3	51,35	62,09	154,49
Promedio	60,68	69,38	159,82
ΔA % L1	6,59	6,83	1,15
ΔA % L2	8,78	3,68	2,18
ΔA % L3	-15,36	-10,51	-3,33
ΔA % Prom.	10,24	7,01	2,22

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

Es importante analizar estos valores ya que se encuentran fuera del rango de la normativa que acepta como máximo +-10% de la media. Lo que amerita un balance de carga esencial conectada a este sistema ya que la corriente mínima promedio corresponde a los equipos que están en uso continuo en demanda en este sistema.

c) Eventos estadísticos de corriente

Como se observa en la gráfica a continuación la mayor cantidad de eventos registrados están dentro del rango de 45 a 120 A como registros medios.

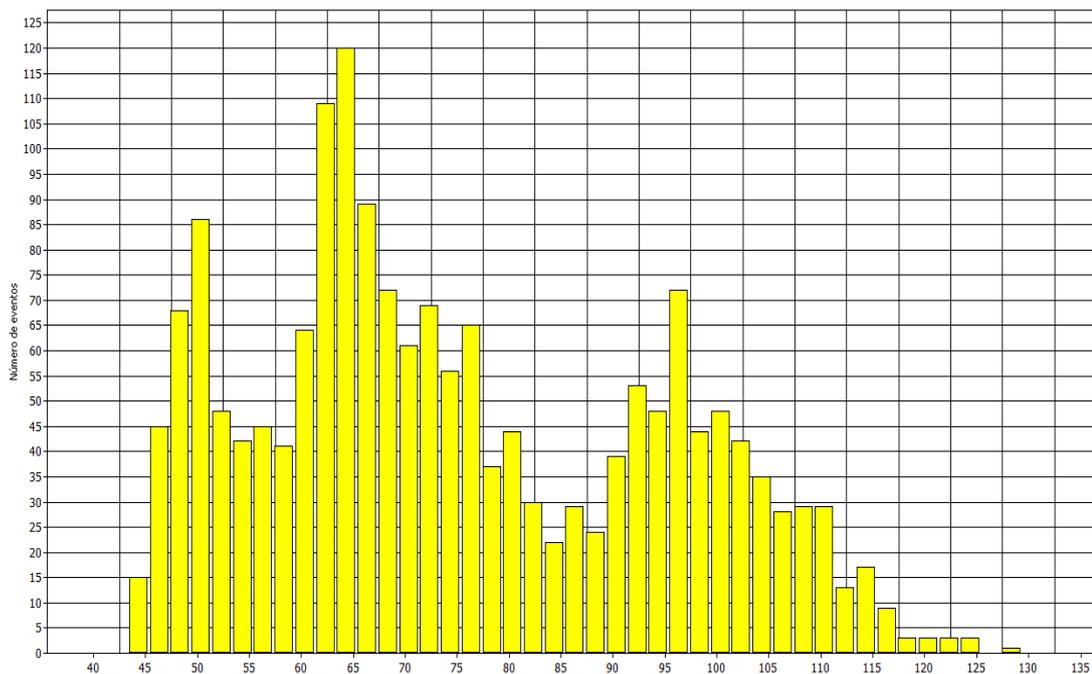


Figura 97 Registro de mediciones - corriente de fase TGE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

e) Tendencia semanal de corriente

Es evidente que los fines de semana en especial el día domingo la tendencia de corriente alcanza su pico mínimo en comparación con los días ordinarios, corroborando así el comportamiento del hospital visualizado también en las otras tendencias mencionadas.

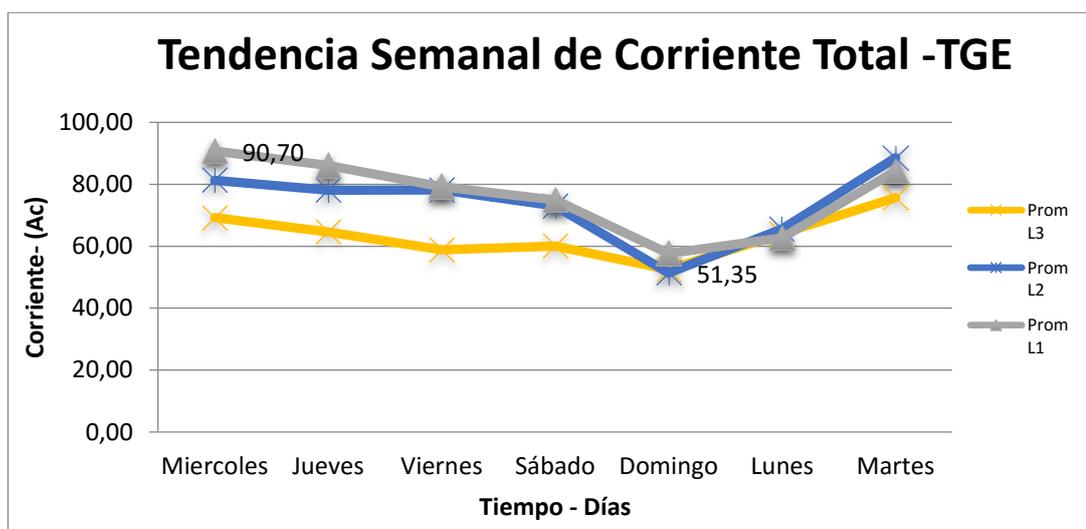


Figura 98 Tendencia de Corriente Semanal Total –TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

f) Tendencia día promedio de corriente

Las mediciones del día promedio tienen comportamiento similar, en las horas laborables, la carga hospitalaria por los servicios y atenciones aumenta, por tanto la demanda de corriente crece en proporción a esta, en las noches y madrugadas esta disminuye correspondiendo solo a los servicios básicos de hospitalización, emergencias y máquinas

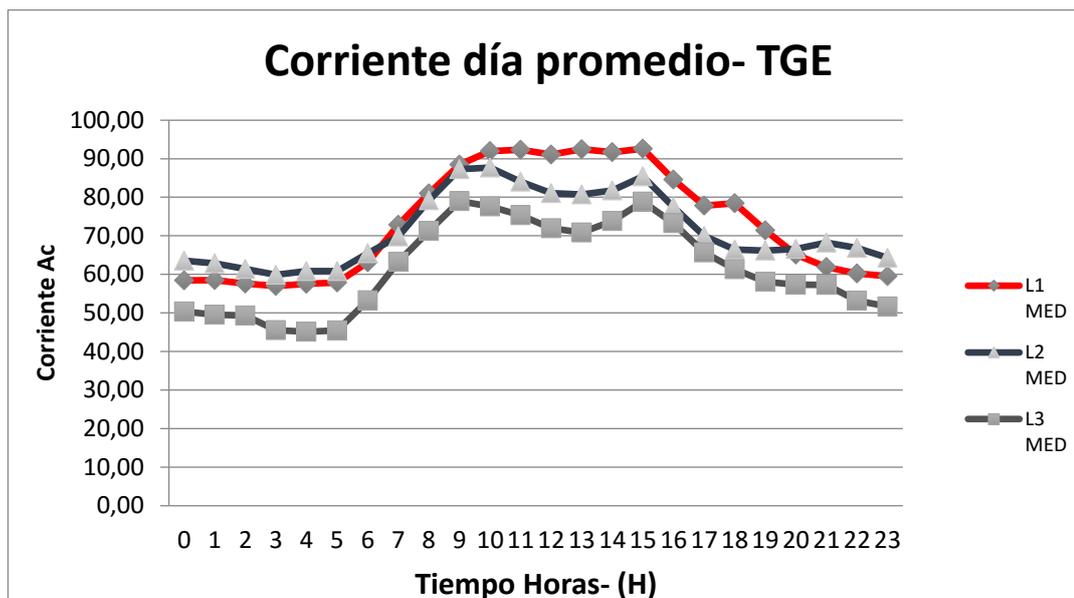


Figura 99 Corriente día promedio- TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

3.7.6.1. Diagnóstico de potencia del tablero TGE

El presente diagnóstico de potencia del Tablero –TGE pretende determinar la necesidad o no de un nuevo grupo electrógeno que supla el 100% de la demanda de la carga conectada a este tablero.

a) Registros en tiempo real de potencia activa.

El gráfico muestra un comportamiento regular y periódico a lo largo del tiempo de registros de potencia activa.

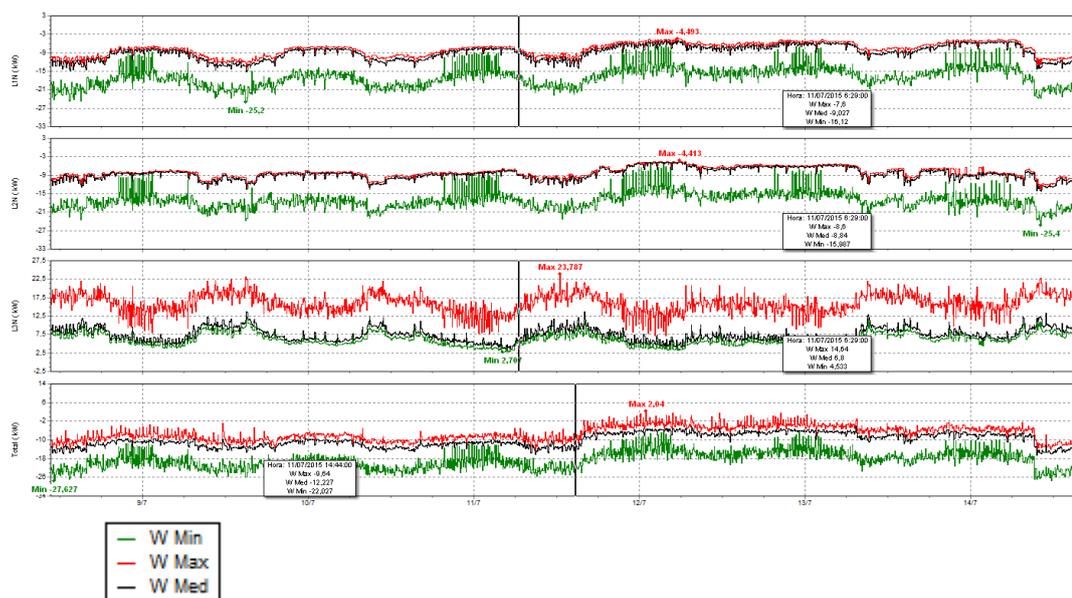


Figura 100 Registros en tiempo real de potencia activa –TGE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

Tabla 35
Valores estadísticos potencia activa total -TGE

	L1 (KW)	L2 (KW)	L3 (KW)	TOTAL (KW)
PROMEDIO	8,950	8,675	7,913	25,537
MÍNIMO	4,493	4,413	2,707	11,613
MÁXIMO	25,200	25,400	23,787	74,387

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

Los datos registrados presentan una potencia activa promedio total de 25.53 KW y una máxima de 74.38KW, pico más alto alcanzado con un registro menor a 15 eventos en el período, con un promedio de 50.56KW de máximos.

De acuerdo a estos valores se calcula la sobre carga del grupo electrógeno

Tabla 36
Potencia activa del grupo electrógeno

Potencia nominal	80 kW
Potencia real a 1020msnm	72.8 kW aprox

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

Ecuación 14. Cálculo de sobre carga de potencia activa

$$\Delta\% P = \frac{(P_{TGE-MAX} - P_{GE}) * 100}{P_{GE}}$$

Donde

P_{GE} : potencia activa del grupo electrógeno a 1020m.s.n.m

$P_{TGE-MAX}$: potencia activa máxima registrada en el tablero TGE

$$\Delta\% P = \frac{(74.38kW - 72.8kW) * 100}{72.8kW}$$

$$\Delta\% P = \frac{1.58kW}{72.8kW} * 100$$

$$\Delta\% P = +2.17\%$$

La diferencia porcentual de potencia activa nos muestra que el grupo electrógeno a 1020m.s.n.m con respecto al tablero TGE al cual suministra el total de la energía generada está con sobre carga máxima de +2.17% de potencia activa, este valor está dentro del rango máximo aceptable del valor nominal real del grupo electrógeno. Hay que considerar que estos eventos son potencia por tiempo limitado con menos del 3% de registros considerando el rango de tolerancia de hasta + 10% de la potencia energética electro generado nominal.

Por tanto es importante mantener ese margen de seguridad y no conectar más carga a este sistema eléctrico para evitar una sobre carga del generador y del tablero TGE.

b) Registros en tiempo real de potencia aparente

Como se observa en el los registros de tiempo real de potencia aparente las tres fases tiene un comportamiento en su tendencia con valores muy similares entre ellas con un promedio de 25kVA.

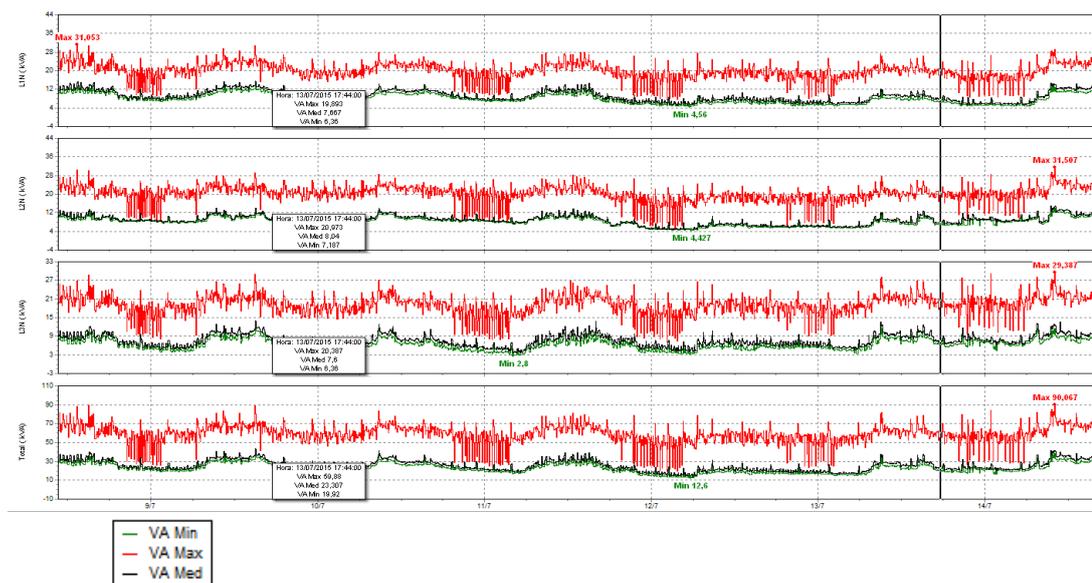


Figura 101 Registros en tiempo real de potencia aparente -TGE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

Tabla 37

Valores estadísticos potencia aparente total -TGN

	L1 (KVA)	L2 (KVA)	L3 (KVA)	TOTAL (KVA)
PROMEDIO	7,66	8,21	9,14	25,70
MÍNIMO	2,80	4,43	4,56	12,60
MÁXIMO	29,39	31,51	31,05	90,07

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

Los datos registrados presentan una potencia aparente promedio total de 25.70 kVA y una máxima promedio de 90.07k VA, pico más alto alcanzado con un registro menor al 0.3% eventos de todo el período, con un promedio de 58.33kVA de máximos.

De acuerdo a estos valores se calcula la sobre carga del grupo electrógeno

Tabla 38

Potencia aparente del grupo electrógeno

Potencia nominal	80 kW
Potencia aparente	86.95 kVA aprox
Potencia aparente a 1020msnm	79.13 kVA aprox

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

Ecuación 15. Cálculo de sobre carga de potencia activa

$$\Delta\% P = \frac{(P_{TGE-MAX} - P_{GE}) * 100}{P_{GE}}$$

- Cálculo 1:

Donde

P_{GE} : potencia aparente del grupo electrógeno a 1020m.s.n.m con un factor de potencia de ideal mínimo de 0.92FP

$P_{TGE-MAX}$: potencia activa máxima registrada en el tablero TGE

$$\Delta\% P = \frac{(90,07kVA - 79.3kVA) * 100}{79.3kVA}$$

$$\Delta\% P = \frac{10.77kVA}{79.3kVA} * 100$$

$$\Delta\% P = +13.58\%$$

- Cálculo 2:

Donde

P_{GE} : potencia aparente nominal del grupo electrógeno con un factor de potencia de ideal mínimo de 0.92FP

$P_{TGE-MAX}$: potencia activa máxima registrada en el tablero TGE

$$\Delta P = \frac{(90,07kVA - 86.95kVA) * 100}{86.95kW}$$

$$\Delta P = \frac{3.12kVA}{86.95kVA} * 100$$

$$\Delta P = +3.12\%$$

De acuerdo con el Cálculo 1 los existe una sobre carga del +13.58% con respecto a la potencia aparente nominal del grupo electrógeno a 1020m.s.n.m con un factor de potencia de ideal mínimo de 0.92FP, estos valores son con el 0.3% del total de eventos por lo que se considera eventos de potencia por tiempo limitado.

De acuerdo con el Cálculo 2 los existe una sobre carga del +3.12% con respecto a la potencia aparente nominal del grupo electrógeno con un factor de potencia de ideal mínimo de 0.92FP estos valores son con el +1.11% del total de eventos por lo que se considera eventos de potencia por tiempo limitado.

Eso quiere decir que alrededor del 98% de los eventos registrados se encuentran dentro del rango de potencia de generación.

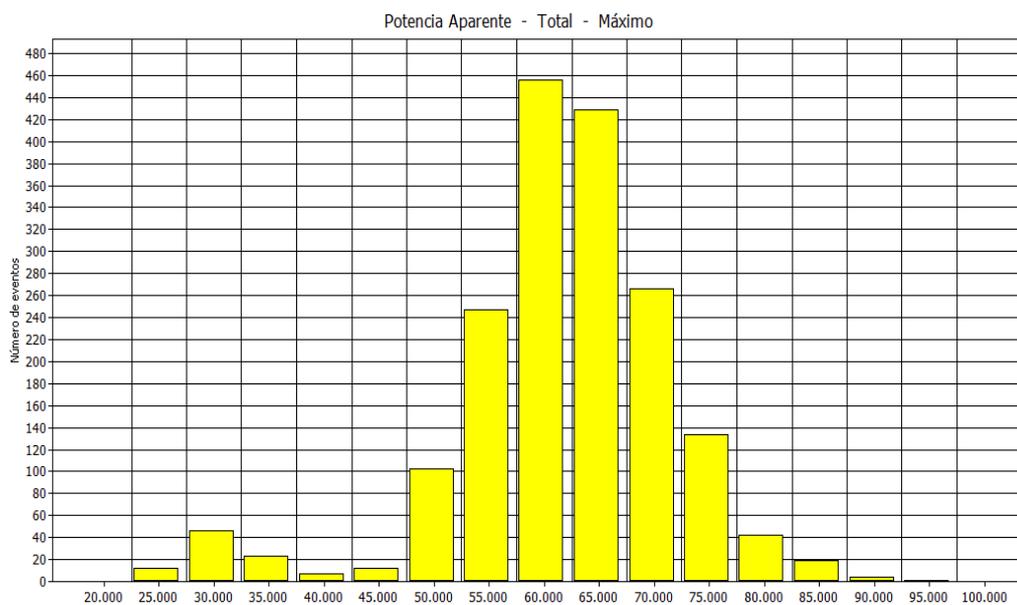


Figura 102 Estadística de eventos potencia aparente – TGE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

a) Registros en tiempo real de potencia reactiva

Como es evidente la potencia reactiva es menor en cuanto a valores picos en comparación con las anteriores, sin embargo mantiene el comportamiento de

tendencia similar lo otros. Manteniendo una fluctuación promedio entre 26 KVAR y 35 KVAR.

Del total de mediciones registradas se tiene como un pico máximo de 60.23 kVAR en las horas de mayor uso de máquinas y motores.

Tabla 39
Valores estadísticos potencia aparente total -TGE

	L1 (KVAR)	L2 (KVAR)	L3 (KVAR)	TOTAL (KVAR)
PROMEDIO	1,66	1,80	1,28	4,75
MÍNIMO	0,45	0,27	3,45	4,17
MÁXIMO	19,21	20,24	20,77	60,23

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

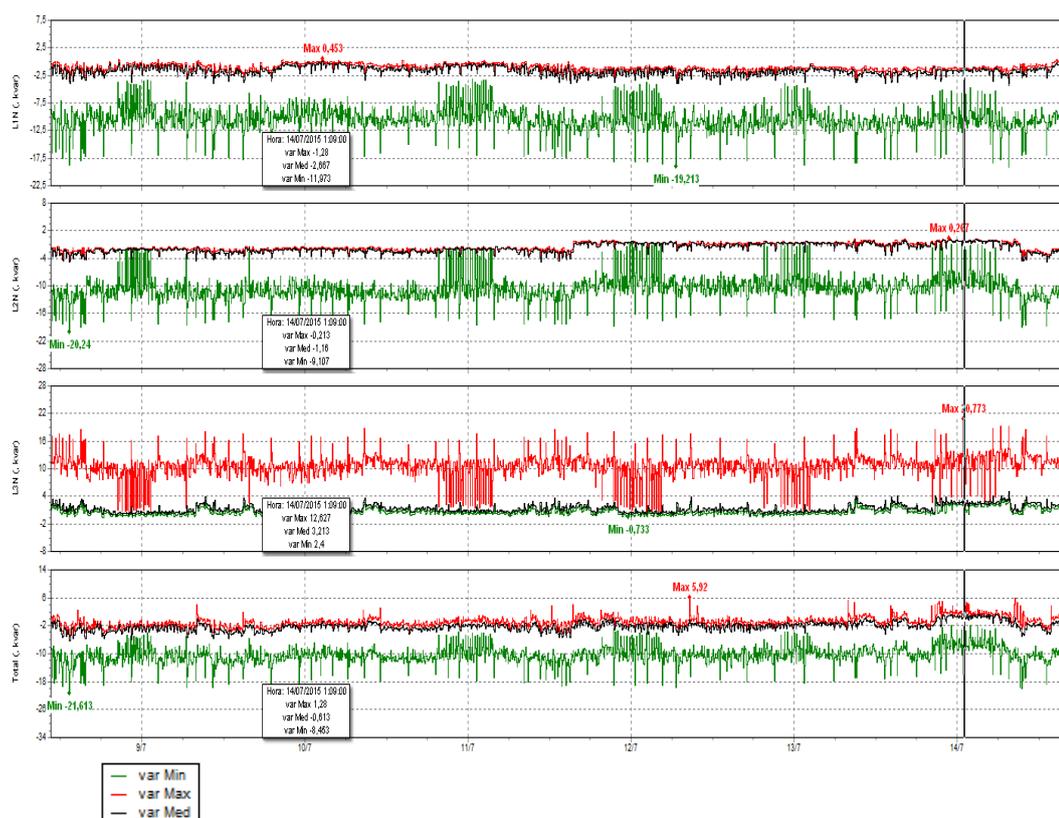


Figura 103 Registros en tiempo real de potencia reactiva –TGE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

b) Tendencia día promedio de potencia activa, aparente y reactiva

Esta gráfica nos dibuja el perfil de la curva del total de las potencias medias y su comportamiento a lo largo de un día promedio, en el que es evidente en las tres potencias graficadas el cambio ascendente y de mayor valor está en el horario de 6:00 a 20:00 horas, por lo expuesto en cuanto a la demanda por usos y servicios que tiene el hospital. La potencia activa y aparente con una tendencia y valores similares y una potencia reactiva relativamente inferior con respecto a las otras dos.

Es importante observar que los valores tienen un rango de fluctuación promedio de 10 puntos a lo largo del día esto se debe a que las cargas conectadas son permanentes por considerarse críticas y esenciales para los servicios hospitalarios.

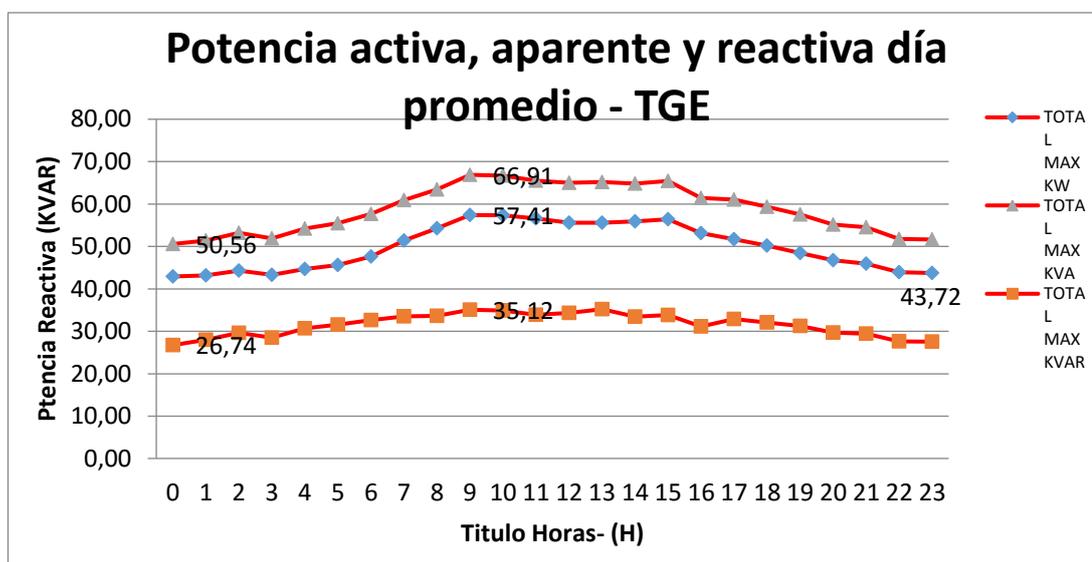


Figura 104 Potencia activa, aparente y reactiva día promedio - TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

c) Tendencia semanal de potencia activa, aparente y reactiva

El comportamiento semanal de las potencias es uniforme desde el día miércoles al día sábado con un promedio de máximos de 61.82kW, 70.54KVA y 37.29KVAR respectivamente, siendo el domingo el día con menor demanda, esto se evidencia al ser el este día con menor cantidad de servicios hospitalarios en operación.

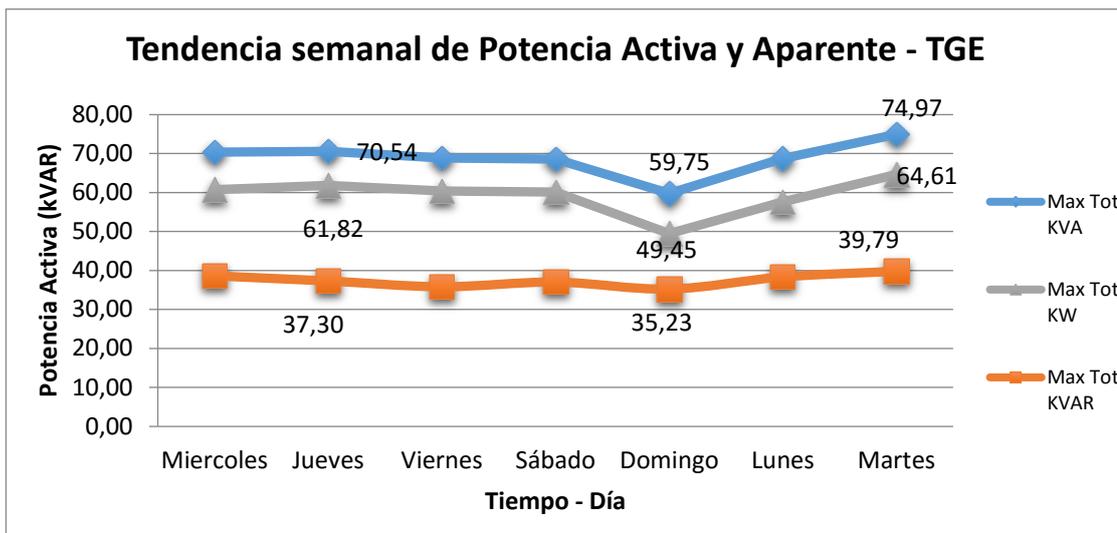


Figura 105 Tendencia semanal de Potencia Activa y Aparente - TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

3.7.6.2. Diagnóstico del factor de Potencia del tablero TGE

a) Registros en tiempo real de factor de potencia

El gráfico muestra un comportamiento uniforme del factor de potencia medio de cada fase total con valores entre $|0.92|$ y $|0.98|$ lo que indica un buen desempeño del sistema compensando las cargas resistivas, inductivas y capacitivas.

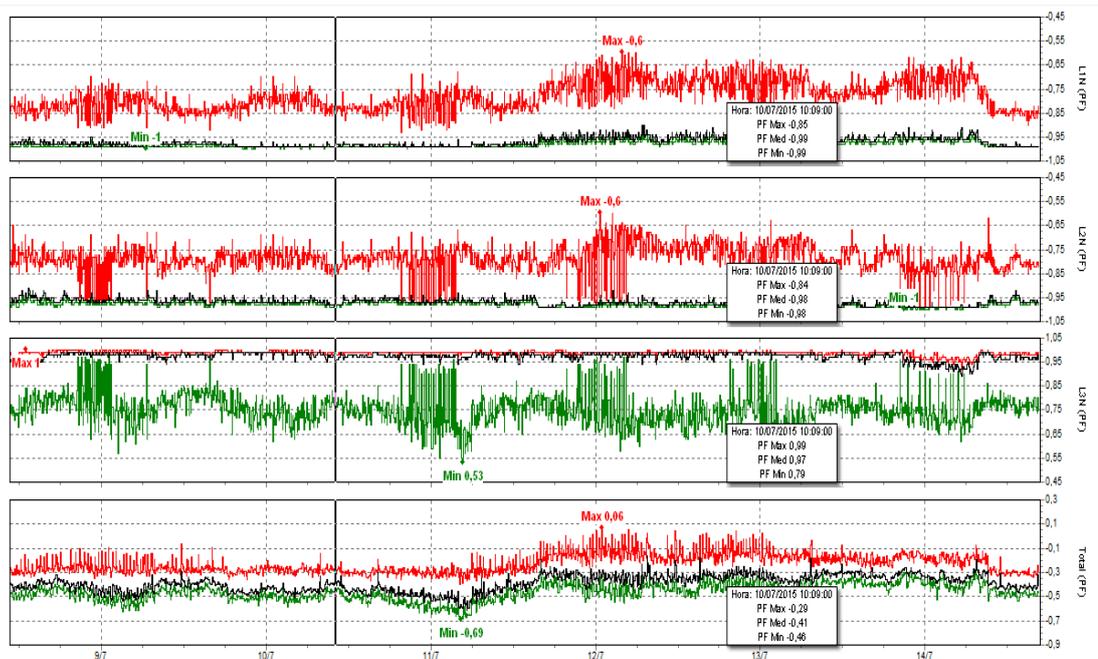


Figura 106 Registros en tiempo real de factor de potencia TGE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

Las como se observa en la tabla a continuación que representa un estadístico de los registros por fase del factor de potencia.

Tabla 40
Valores estadísticos factor de potencia por fase -TGE

	L1 FP	L2 FP	L3 FP
PROMEDIO	-0,97	-0,97	0,75
MÍNIMO	-1,00	-1,00	-0,99
MÁXIMO	-0,60	-0,91	0,99

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

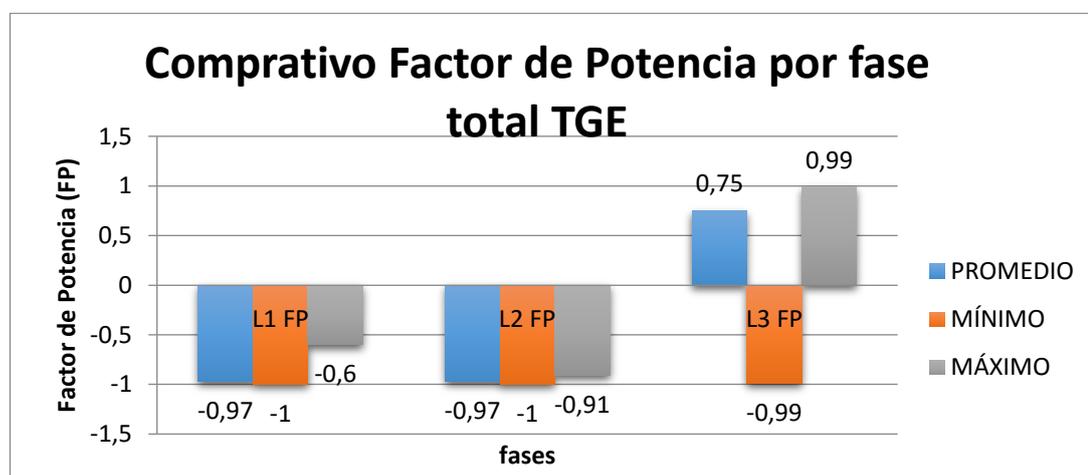


Figura 107 Comprativo Factor de Potencia por fase total TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

Los valores mínimos registran un valor pico en -0.97 en la fase L1 y L2, siendo el promedio mínimo de los registros -1 FP.

b) Tendencia día promedio

Como se aprecia en el gráfico el factor de potencia es uniforme a lo largo del día, marcando una tendencia normal con leves fluctuaciones.

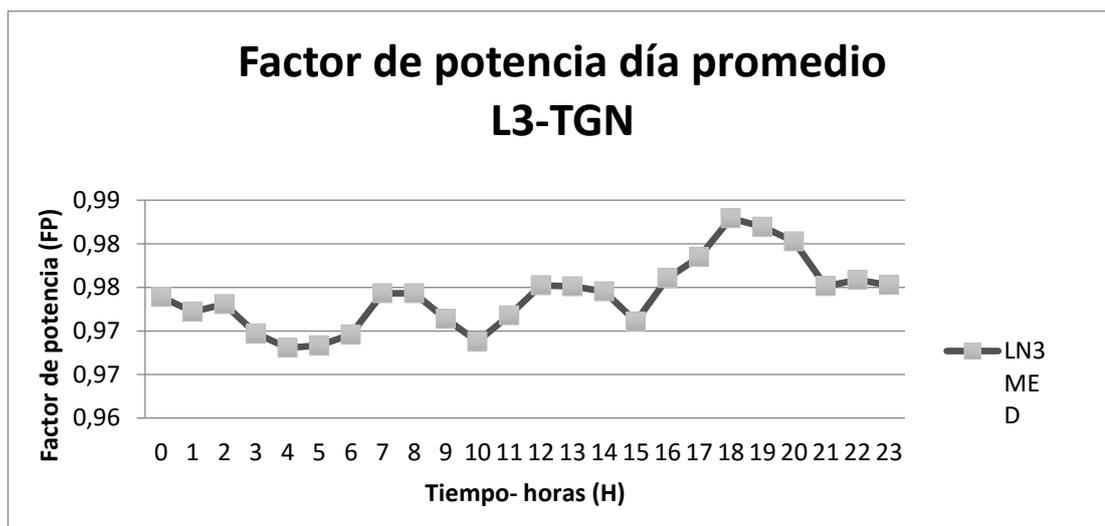


Figura 108 Factor de potencia día promedio L3- TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

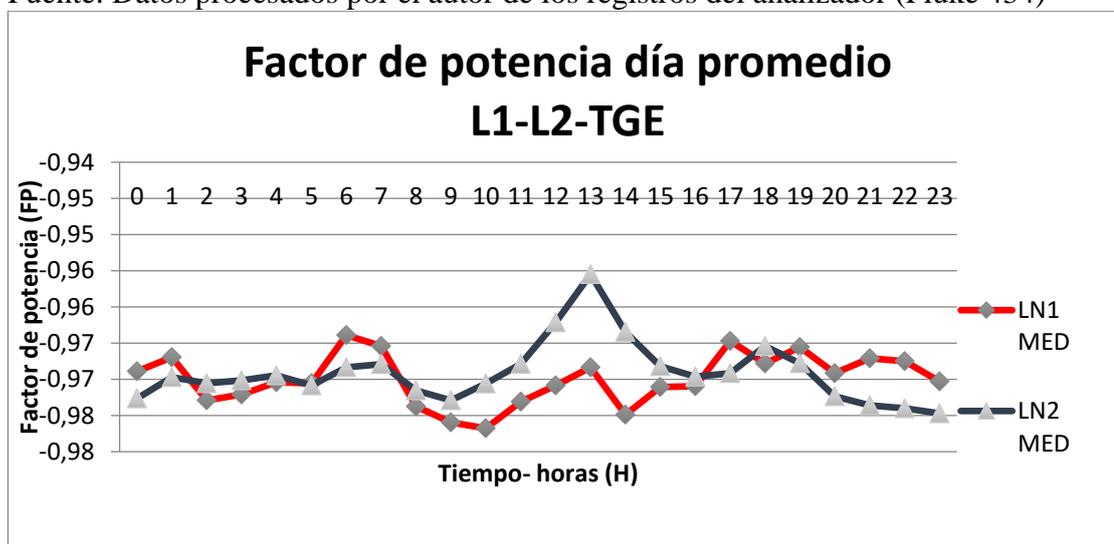


Figura 109 Factor de potencia día promedio L1-L2 TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

c) Tendencia semanal factor de potencia

De forma similar el comportamiento en el período semanal muestra una tendencia descendente en la fase L1 desde el día miércoles hasta el día lunes donde se muestra el pico más bajo con -0.979 FP. De forma similar la fase L2 muestra una tendencia descendente desde el día miércoles hasta el día viernes donde muestra un pico mínimo de -0.986 y el día domingo con el pico máximo de -0.94 FP.

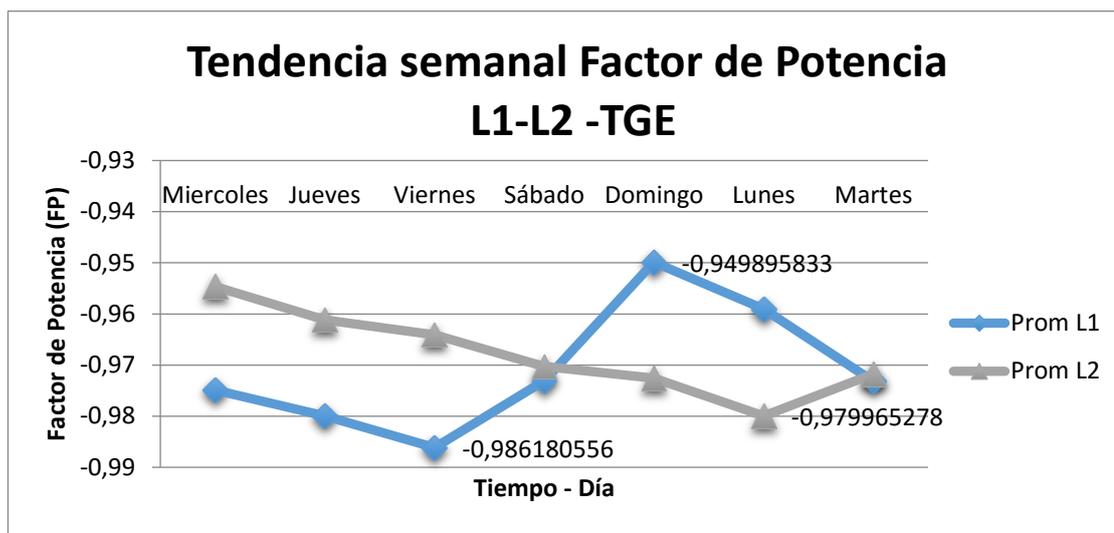


Figura 110 Tendencia semanal Factor de Potencia L2 –TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

La fase L3 muestra un comportamiento uniforme a lo largo de la semana con una ligera fluctuación el día sábado con una mínima de 0.625 FP.

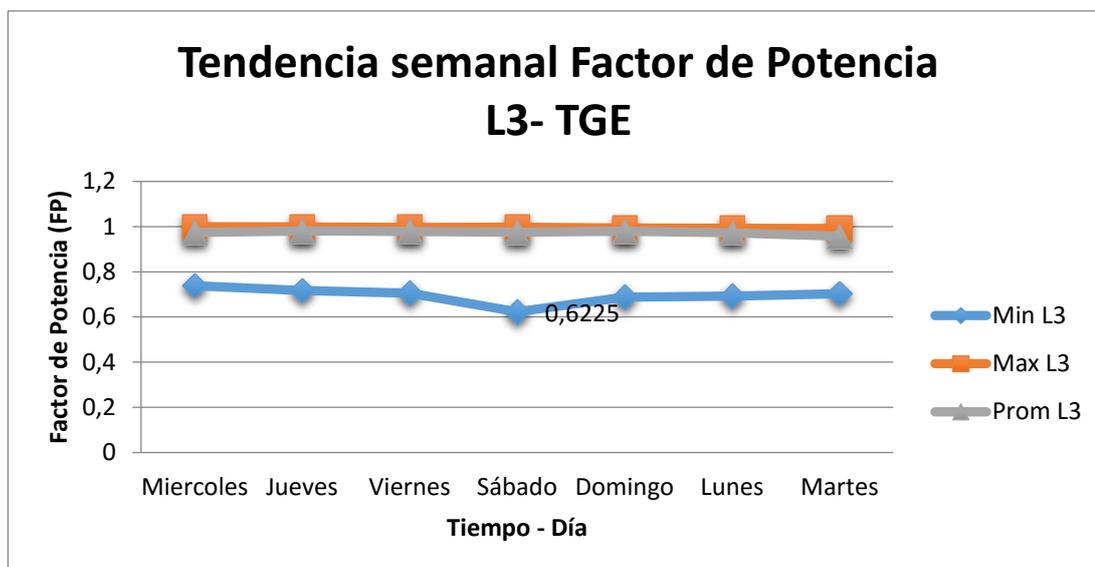


Figura 111 Tendencia semanal Factor de Potencia L3-TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

3.7.7. Tablero Principal de Emergencia (TPE)

Este tablero es alimentado por una derivación del sistema esencial de emergencia (TGE) y el grupo electrógeno, es importante su análisis ya que de las cargas

conectadas a este son pertenecientes al sistema eléctrico esencial, como son sistemas UPS, áreas de quirófanos, laboratorios, y administración.

3.7.7.1. Diagnóstico de voltaje por fase del tablero (TPE)

a) Voltaje de fase en tiempo real

Se aprecia en la figura las formas de onda de voltaje de cada una de las fases del tablero- TGE.

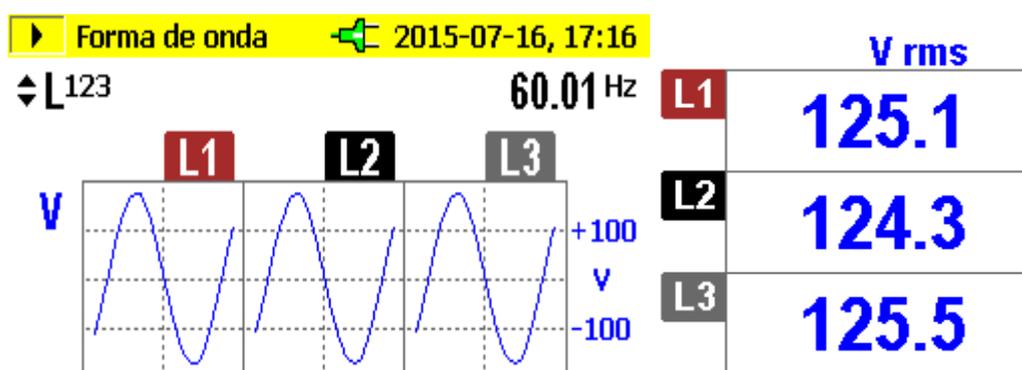


Figura 112 Forma de onda - voltaje de fase-TPE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-1735)

No se observa deformaciones ni perturbaciones de la forma de onda en ninguna de las fases, los valores de frecuencia y voltaje V_{rms} están dentro de los parámetros normales.

b) Índice de calidad de voltaje

De acuerdo a los valores obtenidos de los registros con el analizador Fluke 1735 como se muestra en la figura 112, se hace el análisis de índice de calidad de voltaje.

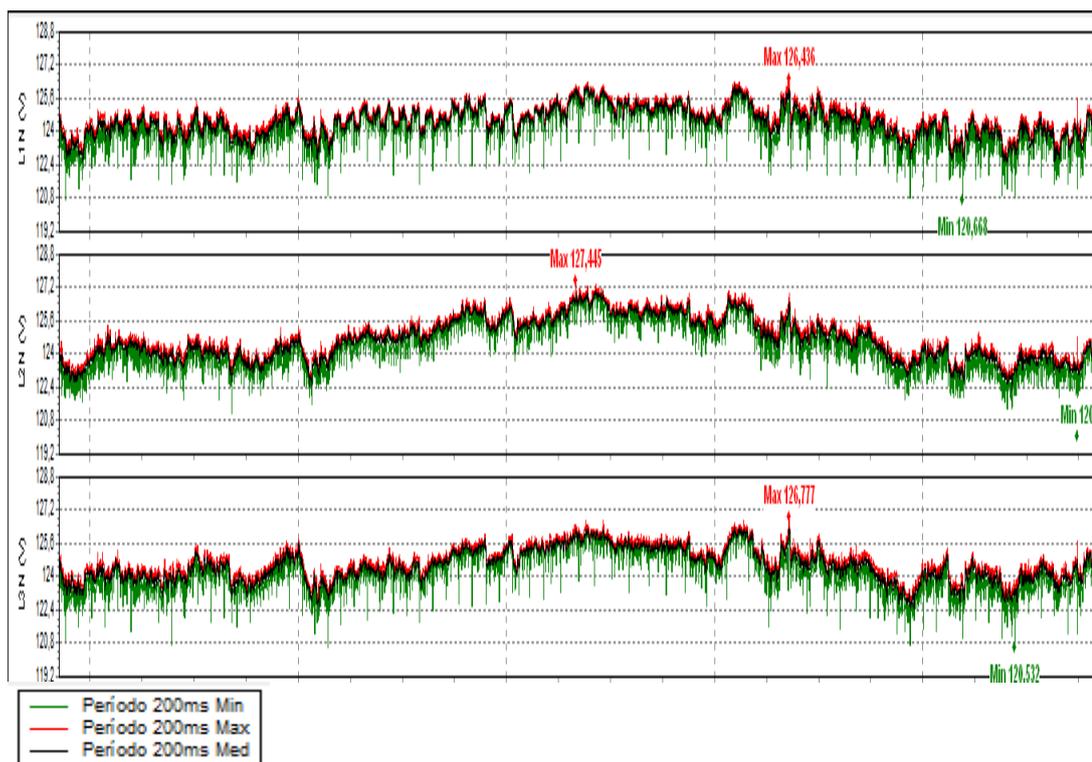


Figura 113 Registro de mediciones voltaje de fase TPE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-1735)

De acuerdo a los resultados registrados no se observa eventos de sobre picos de voltaje que superen el valor nominal, obteniendo los siguientes valores totales y su análisis de índice de calidad.

Tabla 41
Valores- índice de calidad de registros de voltaje por fase TPE

	L1 V	L2 V	L3 V
PROMEDIO	124,47	124,71	124,53
MINIMO	120,67	120,00	120,53
MAXIMO	126,44	127,45	126,78
ΔV % Prom	-2%	-2%	-2%
ΔV % Min	-5%	-6%	-5%
ΔV % Max	-0,4%	0,4%	-0,2%

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

Como se observa en la tabla 39 y figura 113 los valores mínimos, promedios y máximos están dentro del rango de la normativa del CONELEC 004-01

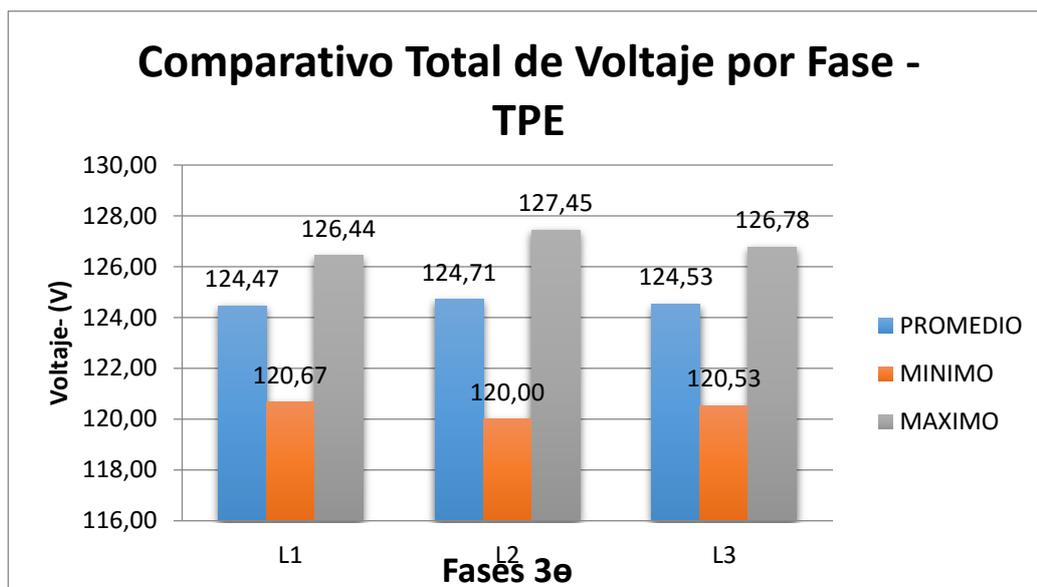


Figura 114 Comparativo Total de Voltaje por Fase –TPE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

d) Tendencia voltaje día promedio TGN

Los registros obtenidos por el analizador Fluke 1735 permiten ser procesados analíticamente para dibujar las curvas del comportamiento del voltaje a lo largo de un día promedio.

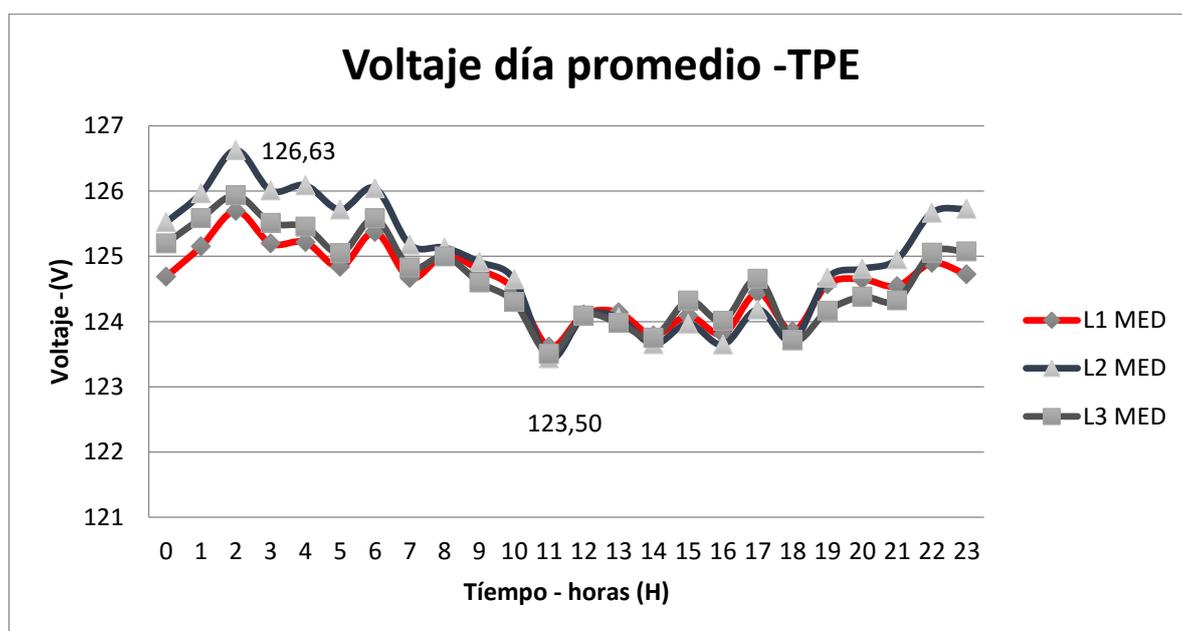


Figura 115 Voltaje día promedio –TPE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

Como se aprecia en la figura anterior se muestra una curva con tendencia tipo valle descendente en las horas laborales a partir de las 6h hasta las 22h, por ser el período de máxima carga de servicios en el hospital con un valor mínimo promedio de 123.50V. Y en las horas de la madrugada se tiene una tendencia ascendente de pico máximo las 2 am con un valor 126.63V.

3.7.7.2. Diagnóstico de corriente del tablero TPE.

a) Registros en tiempo real de corriente

Las mediciones registradas como muestra la figura, tienen una alta variabilidad de sobre picos de corriente, en especial se puede apreciar en la fase L1 y L2 eventos periódicos de sobre picos de corriente cada 22'45" con una duración de 9'32" aproximadamente. Este evento es producto de una carga bifásica de los sistemas de instrumentación médica con un pico máximo de 166.89A por fase.

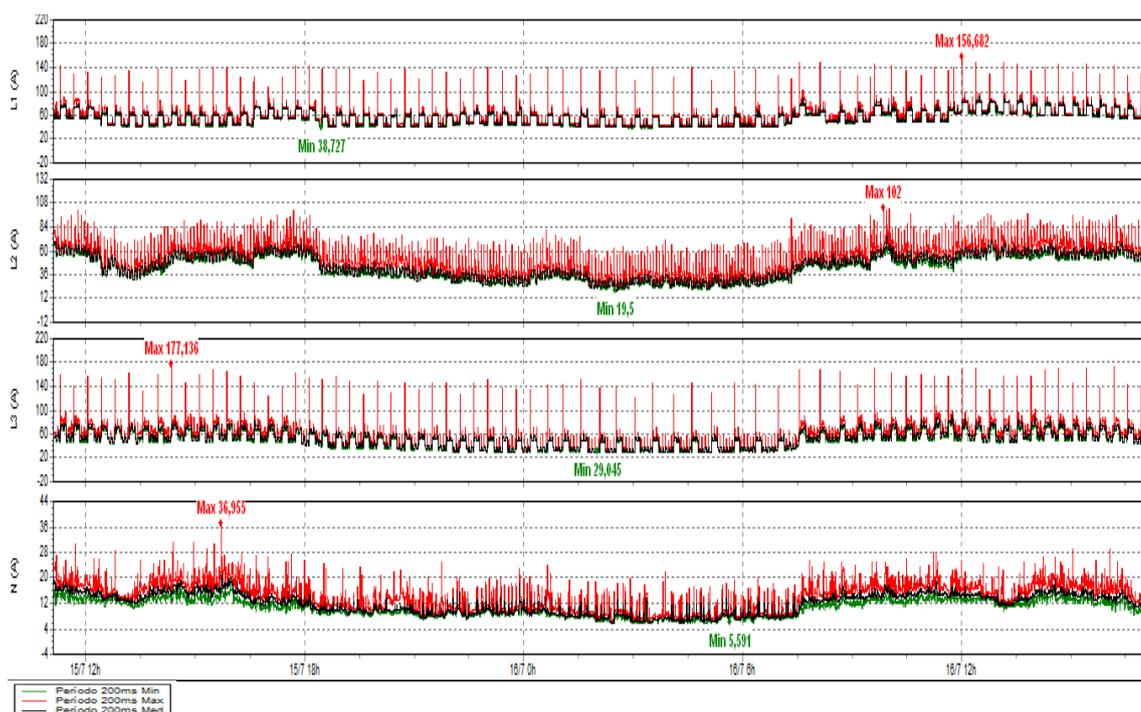


Figura 116 Registro de mediciones Corriente TPE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-1735)

Se observa que también hay una corriente alta circulante por el neutro con un promedio de 11.88A y un máximo de 36.95A producto del desbalance de carga no lineal.

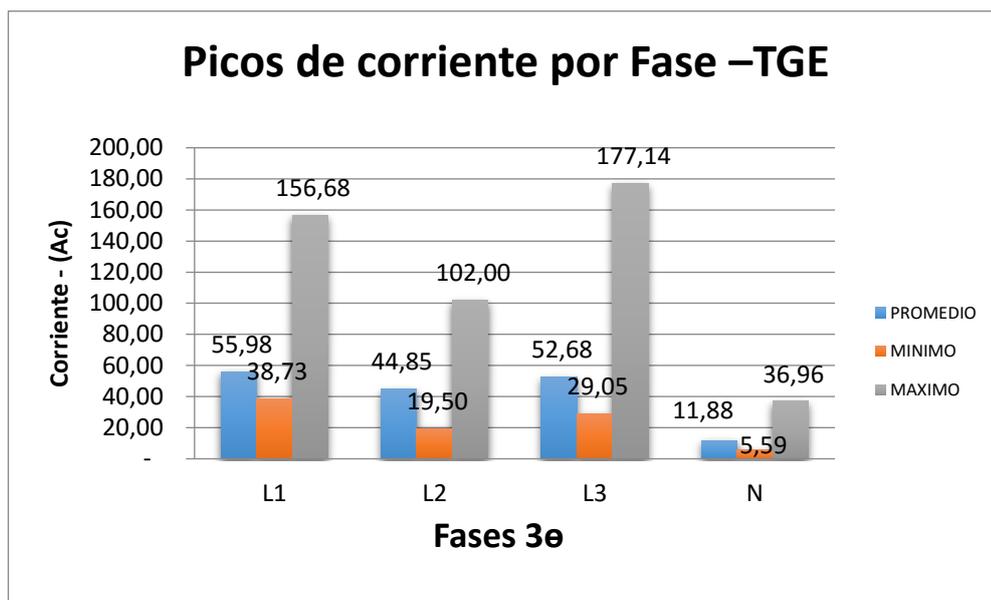


Figura 117 Picos de corriente por Fase –TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

b) Cálculo de desequilibrio de corriente por fases

De acuerdo a estos valores registrados se observa un desequilibrio de demanda de corriente en la fase 2 como se muestra la tabla 40 en un -12.4% máximo con respecto a la media entre fases promedio.

Tabla 42
Desequilibrio de corriente por fases –TPE

	MINIMO A	PROMEDIO A	MAXIMO A
L1	54,47	55,98	61,29
L2	42,84	44,85	52,83
L3	50,34	52,68	59,75
Promedio	49,22	51,17	57,95
ΔA % L1	10,7%	9,4%	5,7%
ΔA % L2	-13,0%	-12,4%	-8,8%
ΔA % L3	2,3%	3,0%	3,1%
ΔA % Prom.	8,6%	8,2%	5,9%

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

De acuerdo a la distribución de este tablero existen cargas bifásicas en las cuales es importante analizar estos valores ya que se encuentran fuera del rango de la normativa que acepta como máximo $\pm 10\%$ de la media.

c) Tendencia día promedio de corriente

Las mediciones por fase del día promedio tienen comportamiento similar, en las horas laborables, la carga hospitalaria por los servicios y atenciones aumenta por tanto la demanda de corriente crece en proporción a esta con un pico máximo de 60.66A promedio a las 12:00 mientras que en las noches y madrugadas esta disminuye correspondiendo solo a los servicios básicos de hospitalización, emergencias y máquinas

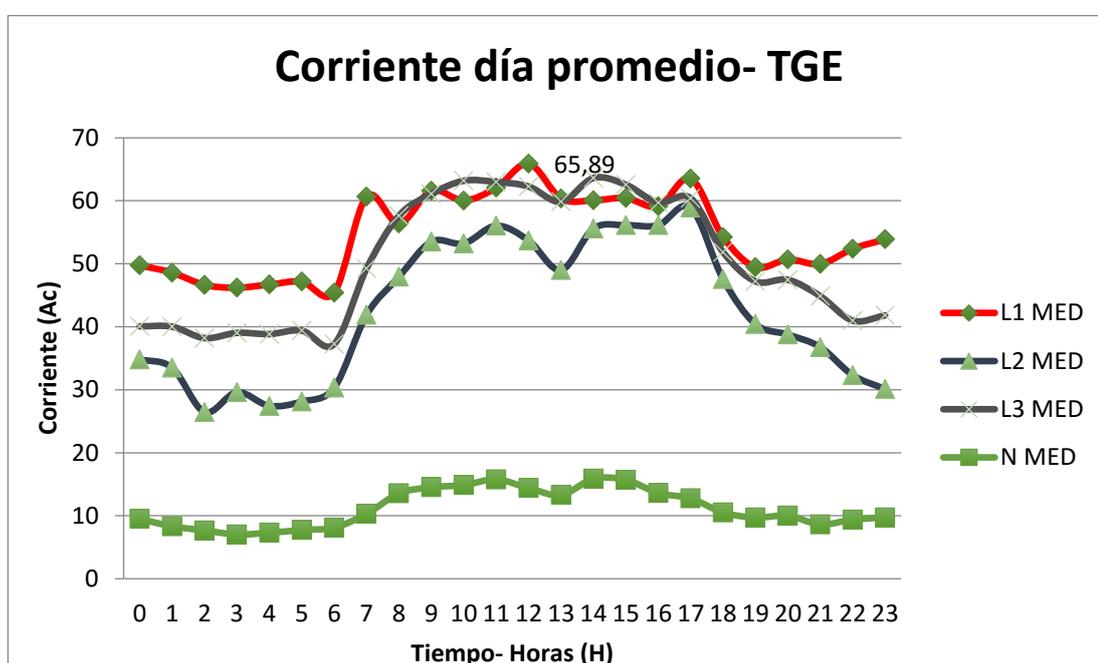


Figura 118 Corriente día promedio- TGE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

3.7.7.3. Diagnóstico de frecuencia del TPE

a) Registros en tiempo real de frecuencia

Las mediciones de frecuencia registradas como se muestra en la figura, tienen un comportamiento oscilante, con un promedio de 59.98 Hz en todo el período.

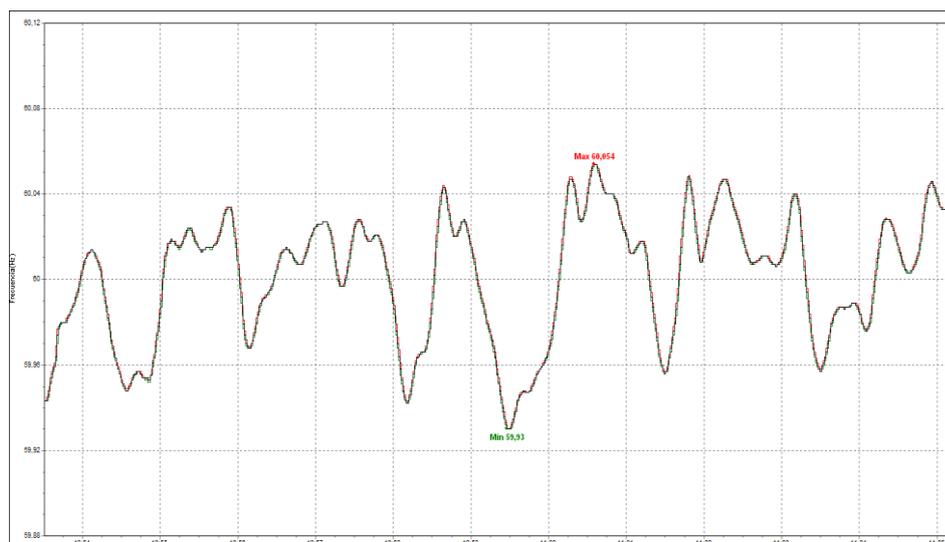


Figura 119 Registro de mediciones - frecuencia TPE

Fuente: Registros (Fluke-1735)

En las mediciones se registra un máximo 0.25% de error con respecto al nominal, dentro del rango admisible del $\pm 2\%$ de error. Como se muestra en la figura a continuación.

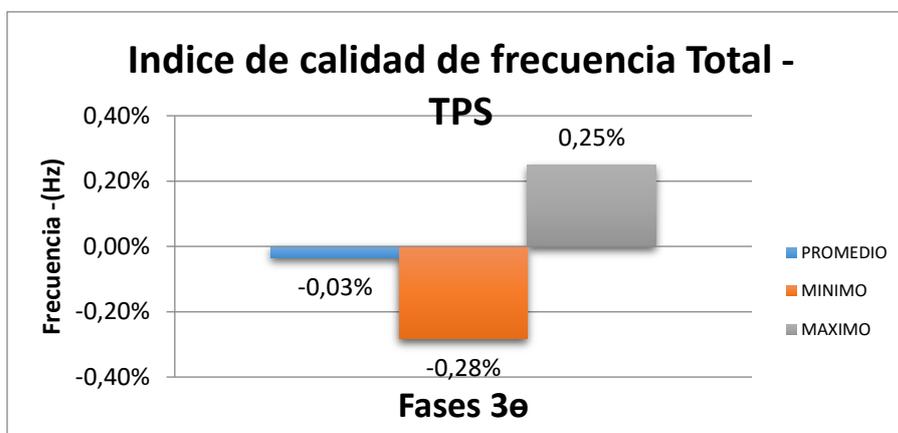


Figura 120 Indice de calidad de frecuencia Total -TPS

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

3.7.7.4. Diagnóstico de potencia del tablero TPE

a) Registros en tiempo real de potencia activa y aparente.

El gráfico muestra un comportamiento regular y periódico a lo largo del tiempo de registros de potencia activa y aparente, se puede distinguir en este gráfico los

picos de potencia periódicos producto de una carga bifásica de instrumentación médica.

Se aprecia que tanto la potencia Activa como aparente tienen valores muy similares en virtud de su alto factor de potencia

Tabla 43
Valores estadísticos potencia total –TPE

	Potencia Total		
	Activa kW	Aparente kVA	Reactiva kVAR
PROMEDIO	18,80	19,08	1,44
MINIMO	18,04	18,36	1,20
MAXIMO	41,91	47,83	19,93

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

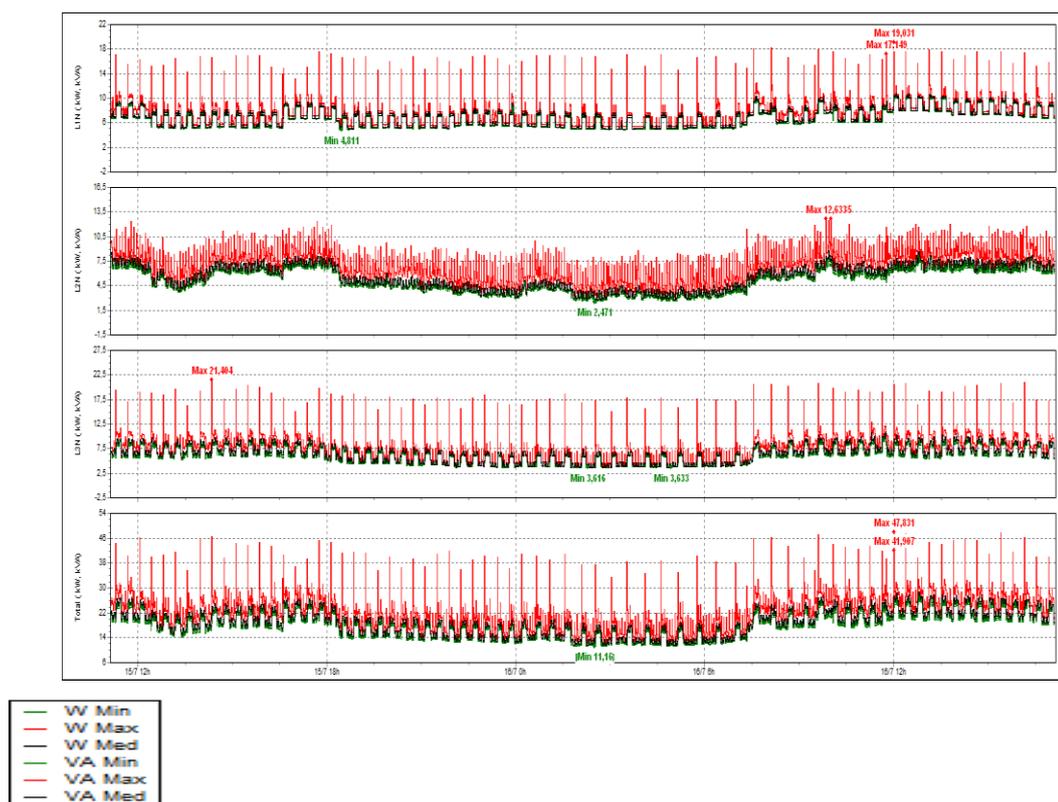


Figura 121 Registros en tiempo real de potencia Activa y aparente TPE

Fuente:(Analizador Fluke-1735)

Los datos del gráfico presentan una potencia activa total promedio de 18.8 KW y una máxima de 41.91KW, pico más alto alcanzado en el horario de mayor demanda, de forma similar se aprecia que el pico mínimo registrado total es en el horario de noches y madrugadas, donde el uso de servicios, consumo y demanda son mismos.

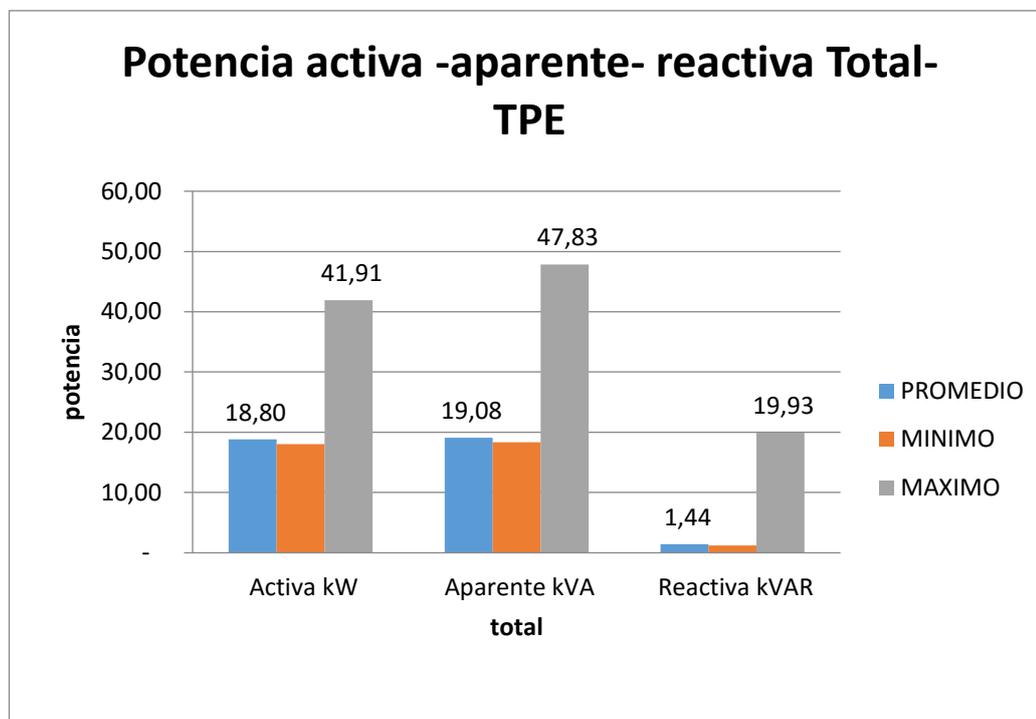


Figura 122 Potencia activa -aparente- reactiva Total- TPE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

También se evidencia la poca carga reactiva instalada en este tablero, con un valor promedio de 1.44kVAR.

b) Tendencia día promedio de potencia activa, aparente y reactiva

Esta gráfica nos dibuja el perfil de la curva del total de las potencias medias y su comportamiento a lo largo de un día promedio en este tablero, en el que es evidente en las tres potencias graficadas el cambio ascendente y de mayor valor está en el horario de 6:00 a 20:00 horas. La potencia activa y aparente con una tendencia y valores similares y una potencia reactiva inferior con respecto a las otras dos.

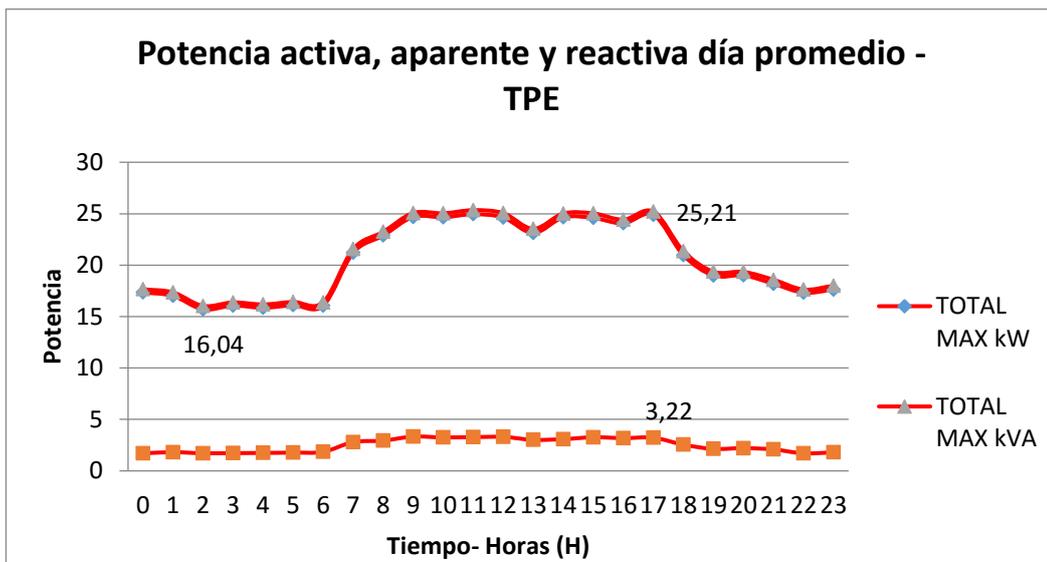


Figura 123 Potencia activa, aparente y reactiva día promedio – TPE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

3.7.7.5. Diagnóstico del factor de Potencia del tablero TPE

El gráfico muestra un comportamiento con picos mínimos grandes fuera de rango, estos registros son periódicos en los mismos intervalos como se ha detallado anteriormente.

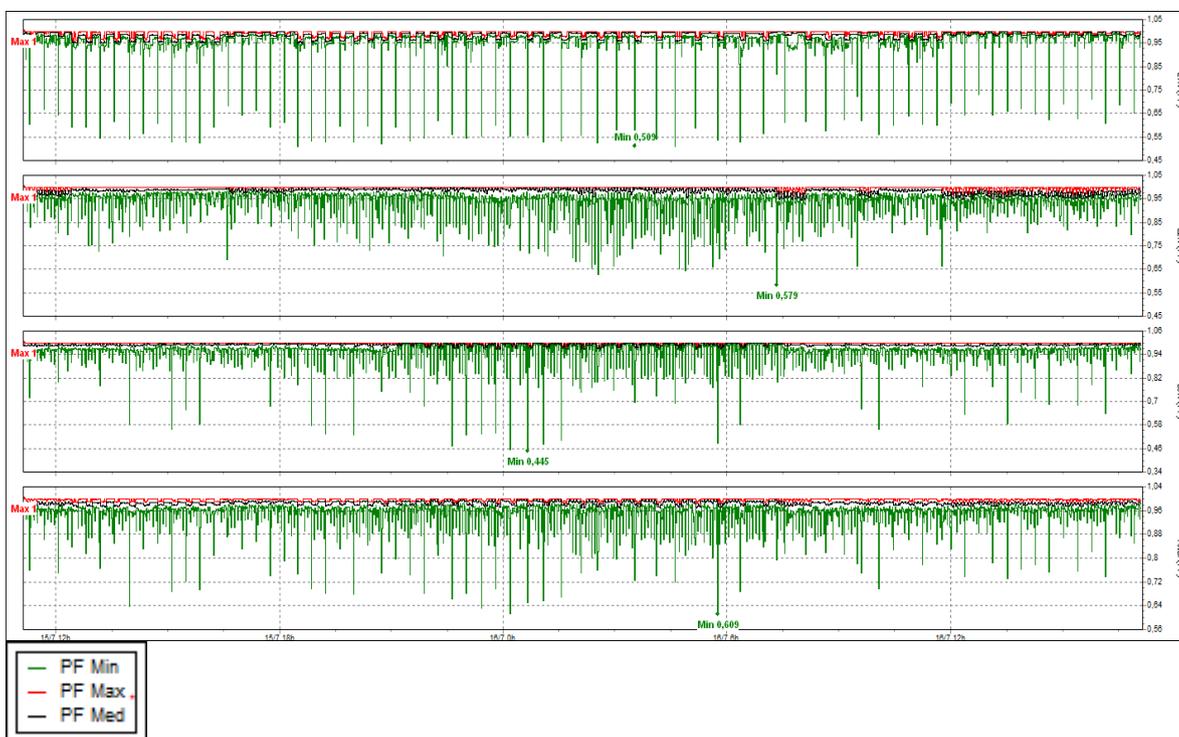


Figura 124 Registros en tiempo real de factor de potencia TPE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-1735)

Las como se observa en la tabla 42 que representa un estadístico de los registros medidos, el factor de potencia tiene un promedio de 0.985 FP valor que se encuentra por encima del valor mínimo de acuerdo a la normativa del CONELEC 004-01.

Tabla 44
Valores estadísticos factor de potencia total -TGN

	L1 FP	L2 FP	L3 FP	Total FP
PROMEDIO	0,98224101	0,98305	0,99026885	0,98519555
MINIMO	0,509	0,579	0,445	0,609
MAXIMO	1	1	1	1

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

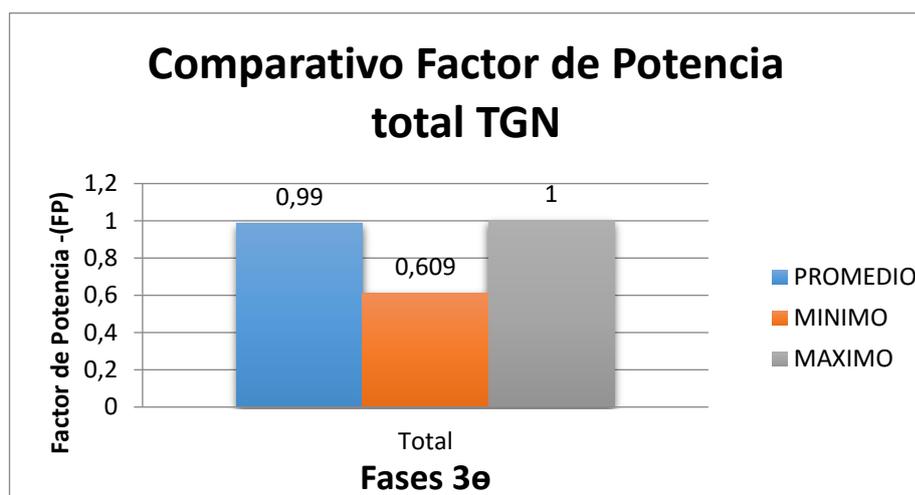


Figura 125 Comparativo Factor de Potencia total TPE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

Sin embargo existen picos mínimos registrados con un promedio total de 0.609, que de acuerdo a los registros de eventos estadísticos del factor de potencia son valores instantáneos de corta duración poca ocurrencia, por ello son compensados rápidamente obteniendo un valor promedio de factor de potencia de 0.985 FP.

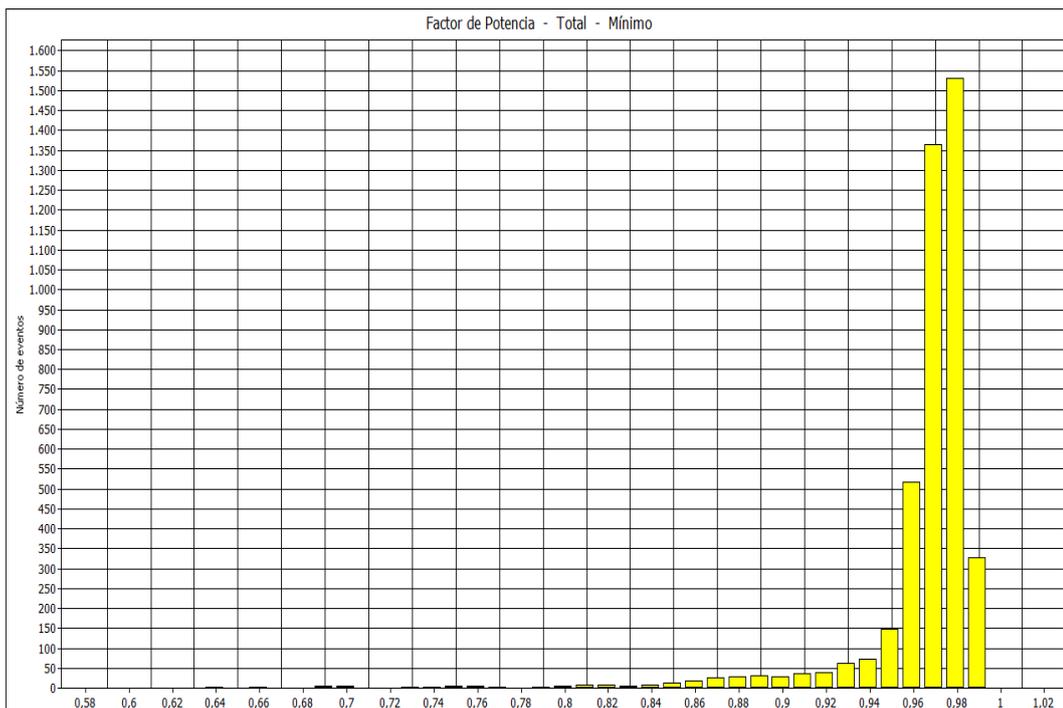


Figura 126 Estadística de eventos factor de potencia – TPE

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-1735)

Los valores mínimos registran un valor pico en 0.45 en la fase L3, como evento aislado, siendo el promedio mínimo de los registros 0.511 FP.

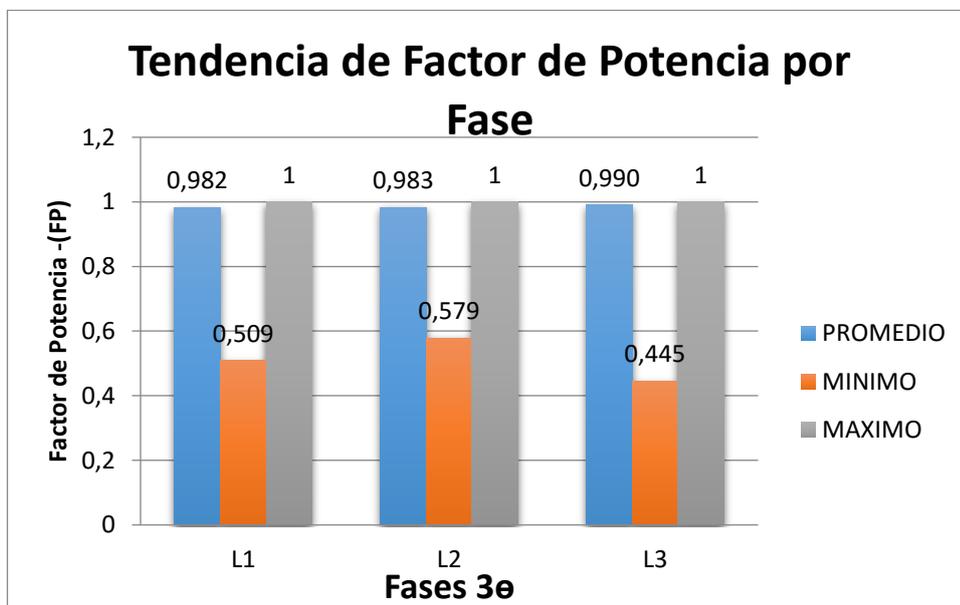


Figura 127 Tendencia de Factor de Potencia por Fase TPE

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 1735)

3.7.8. Tablero Principal Normal (TPN).

El tablero principal normal perteneciente al sistema eléctrico No esencial comprende de los dispositivos de distribución y circuitos a partir del suministro normal en servicios de Iluminación general, equipos de laboratorio general, equipos no críticos, áreas de internación, etc.

3.7.8.1. Diagnóstico de voltaje por fase del tablero TPN.

a) Voltaje de fase forma de onda

Se aprecia en la figura las formas de onda de voltaje de cada una de las fases del tablero- TPN.

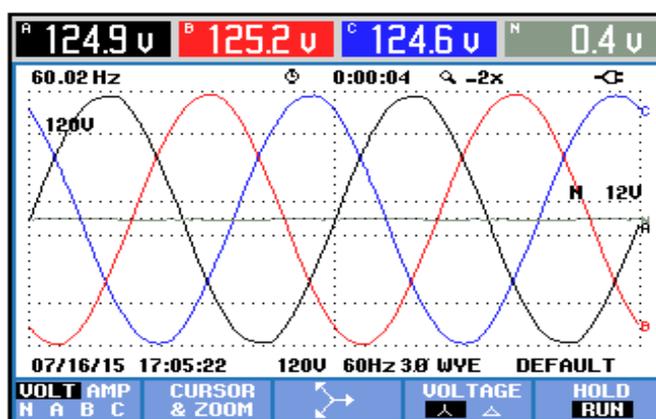


Figura 128 Forma de onda - voltaje de fase TPN

Fuente: Mediciones hechas por el autor – (Analizador Fluke-434)

No se observa deformaciones de la forma de onda de ninguna de las fases, los valores de frecuencia y voltaje V_{rms} están dentro de los parámetros normales.

El voltaje en el Neutro con un valor promedio de 0.4 Vdc considerado aceptable de acuerdo a las recomendaciones de la IEEE Std. 1100 la que norma no sobrepasar de 0.3Vdc para equipos electrónicos sensibles y 2V para sistemas normales, en el caso particular esta circuito alimenta a equipos en general por lo cual está dentro del rango aceptable.

b) Voltaje de fase tiempo real

Se observa en la figura 128 que el voltaje en las tres fases tiene una tendencia estable alrededor de los 125.41 V en todo el período de registro y medición, valor dentro del rango aceptable estipulado por el CONELEC 004-01.

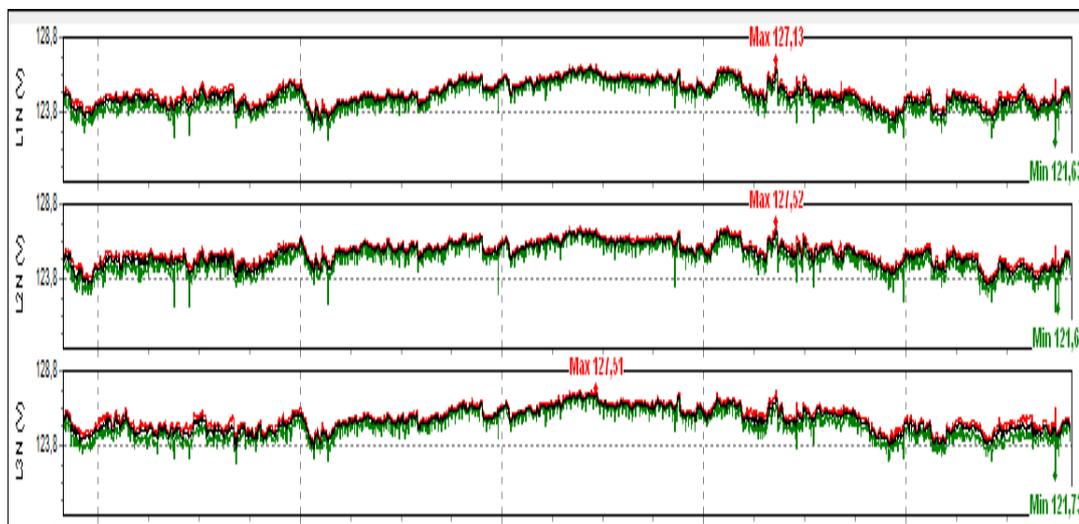


Figura 129 Registro de mediciones voltaje de fase TGN

Fuente: Mediciones hechas por el autor – Registros (Fluke-434)

Los sobre picos de voltaje no registran ser valores mayores del 0.4% de la norma en el período de medición y registro, y el promedio mínimo registrado en las tres fases es de 121.67 V.

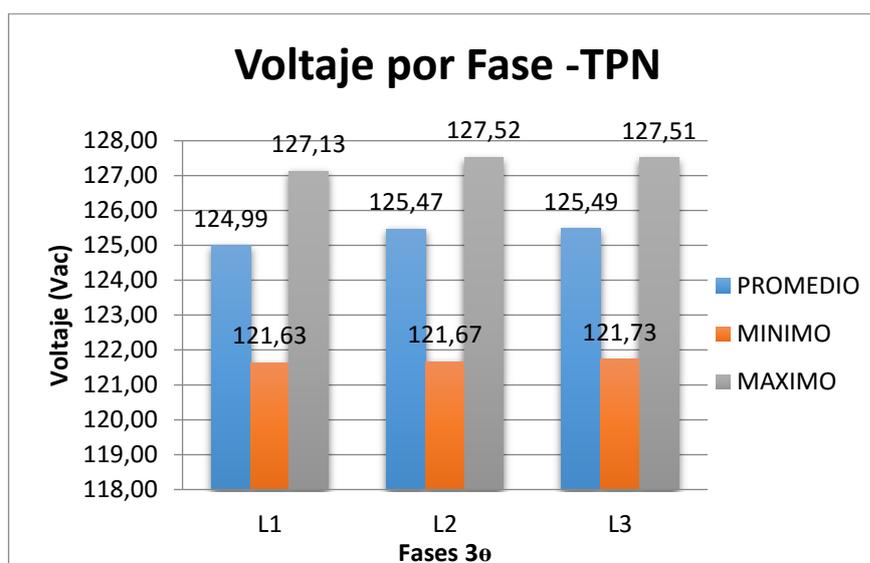


Figura 130 Comparativo Total de Voltaje por Fase -TPN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

a) Índice de calidad de voltaje

Con estos valores registrados se obtiene los valores mínimos, promedios y máximos y con estos calcular el índice de calidad de voltaje (Ecuación 1. Índice de Calidad).

Tabla 45
Valores- índice de calidad de registros de voltaje por fase TPN

	L1 (V)	L2 (V)	L3 (V)
PROMEDIO	124,99	125,47	125,49
MINIMO	121,63	121,67	121,73
MAXIMO	127,13	127,52	127,51
ΔV % Prom.	-1,58%	-1,21%	-1,19%
ΔV % Min	-4,23%	-4,20%	-4,15%
ΔV % Max	0,10%	0,41%	0,40%

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

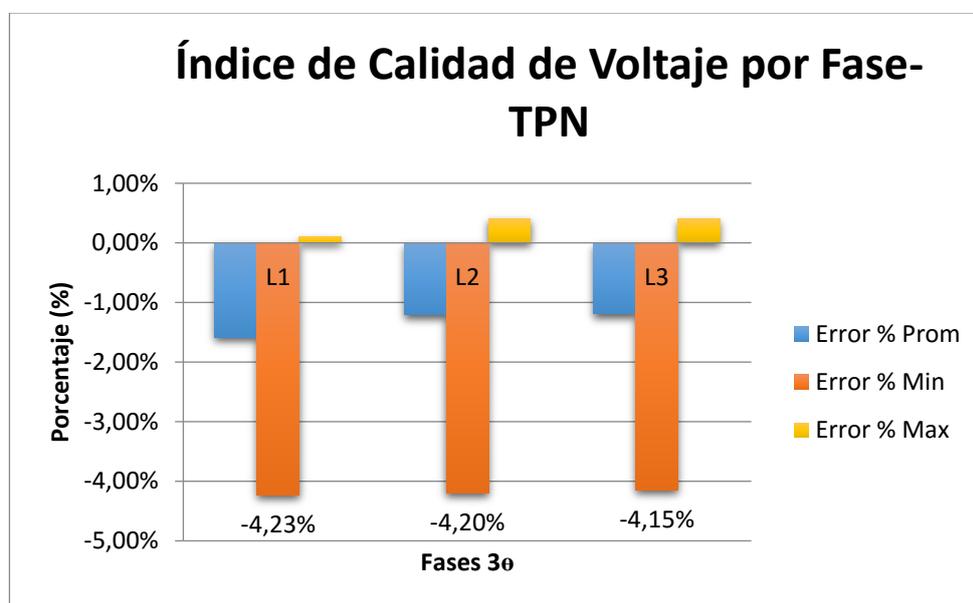


Figura 131 Índice de Calidad de Voltaje por Fase- TPN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

Los valores se encuentran dentro del rango aceptable de tolerancia, siendo los sobre picos de corriente no mayores al 0.4% y las caídas no mayores en 4.19% promedio.

b) Tendencia voltaje día promedio

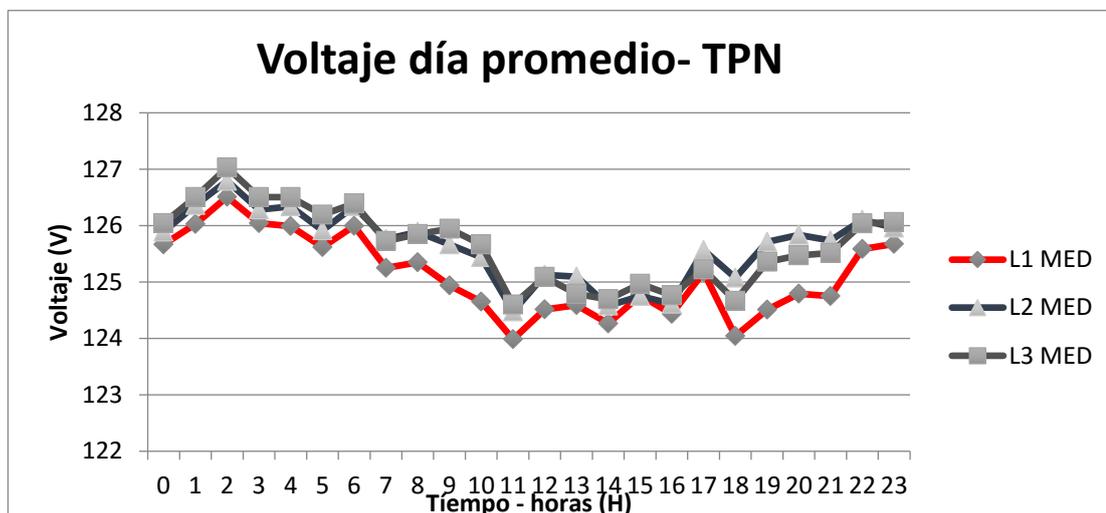


Figura 132 Voltaje día promedio- TPN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

Al igual que en los apartados anteriores la tendencia del voltaje muestra la caída de voltaje en el horario laboral de oficina, producto del propio comportamiento del hospital. Registrando a las 11h00 la mayor caída de voltaje.

3.7.8.2. Diagnóstico de corriente del tablero TPN

a) Registros en tiempo real de corriente

Las mediciones registradas muestran variabilidad de sobre picos de corriente con un pico máximo en L1 de 156A en L2 124.6A y L3 145.5 A producto de una carga trifásica (arranque de motor).

Tabla 46
Valores estadísticos de corriente por fase TPN

	L1	L2	L3
PROMEDIO	42,91	22,52	32,99
MINIMO	18,40	3,00	11,50
MAXIMO	156,00	138,30	145,30

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

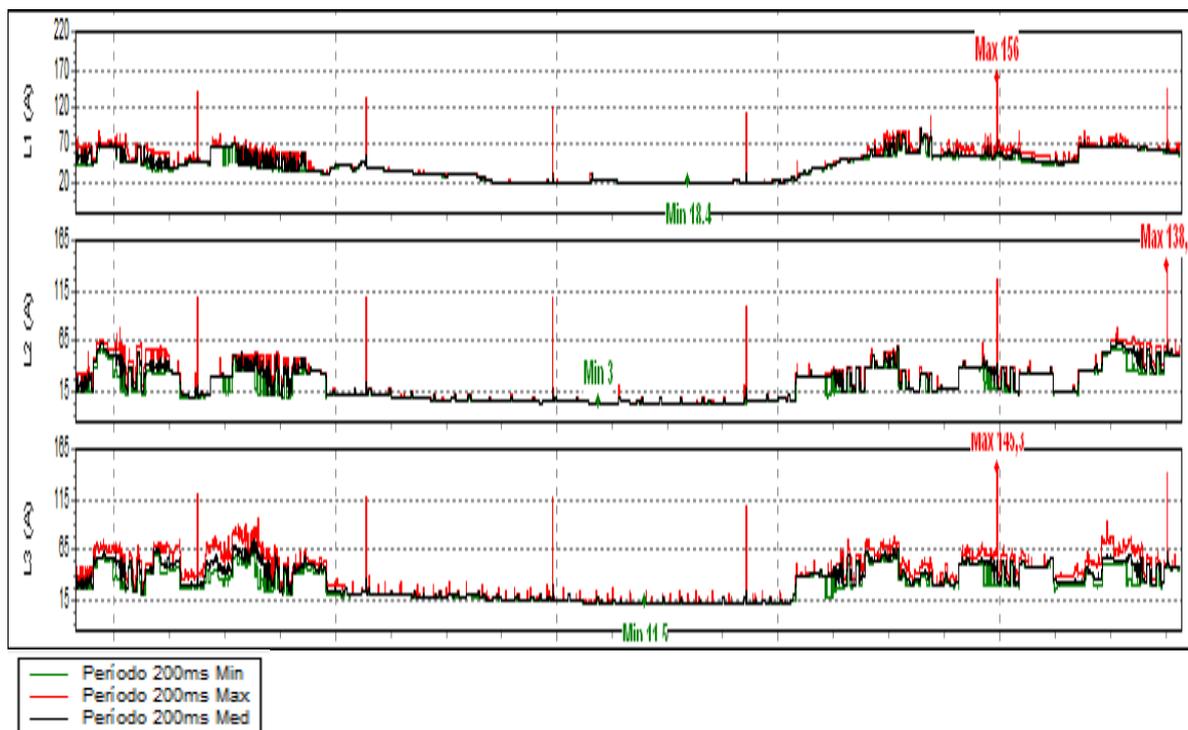


Figura 133 Registro de mediciones - corriente de fase TPN

Fuente: Mediciones hechas por el autor – Registros (Fluke 434)

Como se observa los valores máximos registrados son producto del arranque de una carga trifásica en condiciones normales se tiene un promedio de 32.99A.

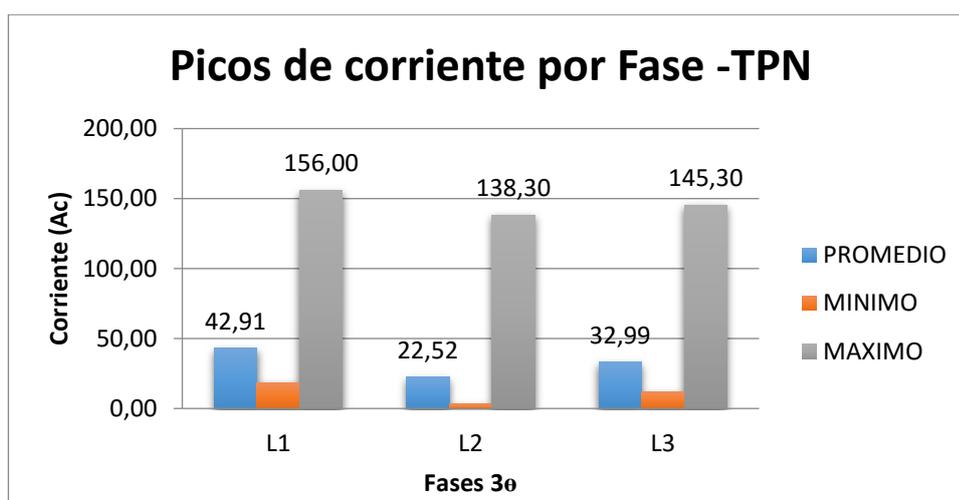


Figura 134 Picos de corriente por Fase –TPN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

De forma gráfica se puede apreciar en el la figura 133 donde es clara la diferencia de valores registrados, y se evidencia un desbalance de carga que será calculado en el siguiente punto.

b) Cálculo de desequilibrio por fase

De acuerdo a estos valores registrados se observa un desequilibrio de demanda de corriente en las tres fases como se muestran los valores en la tabla 45. Es importante estos analizar estos valores ya que se encuentran fuera del rango de la normativa que acepta como máximo $\pm 10\%$ de la media.

Tabla 47
Desequilibrio de fases - corriente TPN

	MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO
L1	40,92	42,94	46,16
L2	19,88	22,54	25,21
L3	40,91	42,84	46,06
promedio	33,90	36,11	39,15
ΔV % Prom.	20,7%	18,9%	17,9%
ΔV % Min	-41,4%	-37,6%	-35,6%
ΔV % Max	20,7%	18,6%	17,7%

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

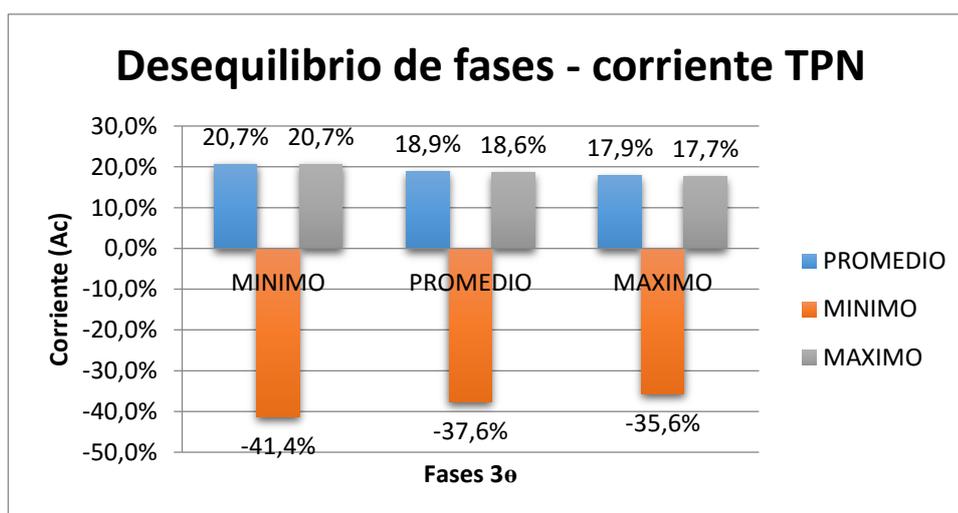


Figura 135 Desequilibrio de fases - corriente TPN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

De acuerdo a estos resultados es imperativo hacer un balance y re distribución de carga en este tablero.

c) Tendencia día promedio de corriente

Como se esperaba la demanda de corriente en su tendencia en un día promedio, marca el comportamiento de mayor consumo en horario de 6H00 a 19H00.

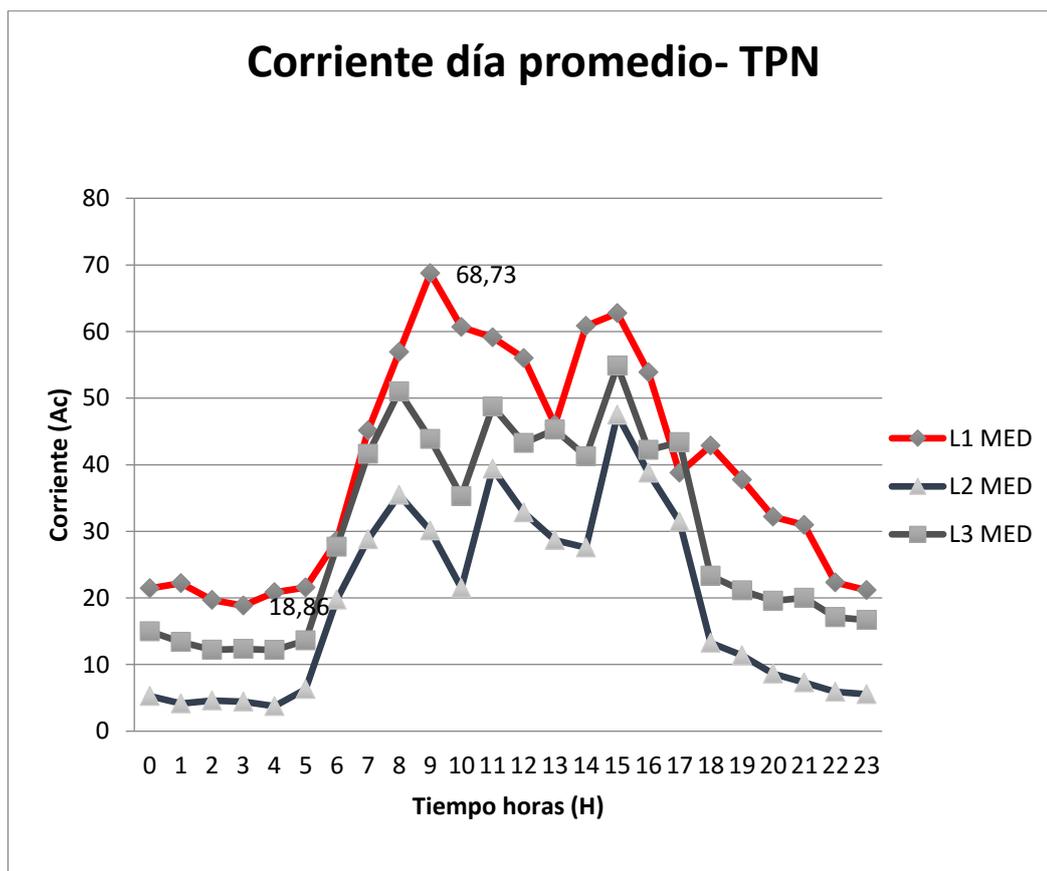


Figura 136 Corriente día promedio- TPN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

La carga hospitalaria por los servicios y atenciones aumenta en horario de atención del día y oficinas, por tanto la demanda de corriente crece en proporción a esta, en las noches y madrugadas esta disminuye correspondiendo solo a los servicios básicos hospitalarios.

3.7.8.3. Diagnóstico de frecuencia TPN

Las mediciones de frecuencia registradas como se muestra en la figura, tienen un comportamiento estable, con un promedio de 59.99 Hz en todo el período.

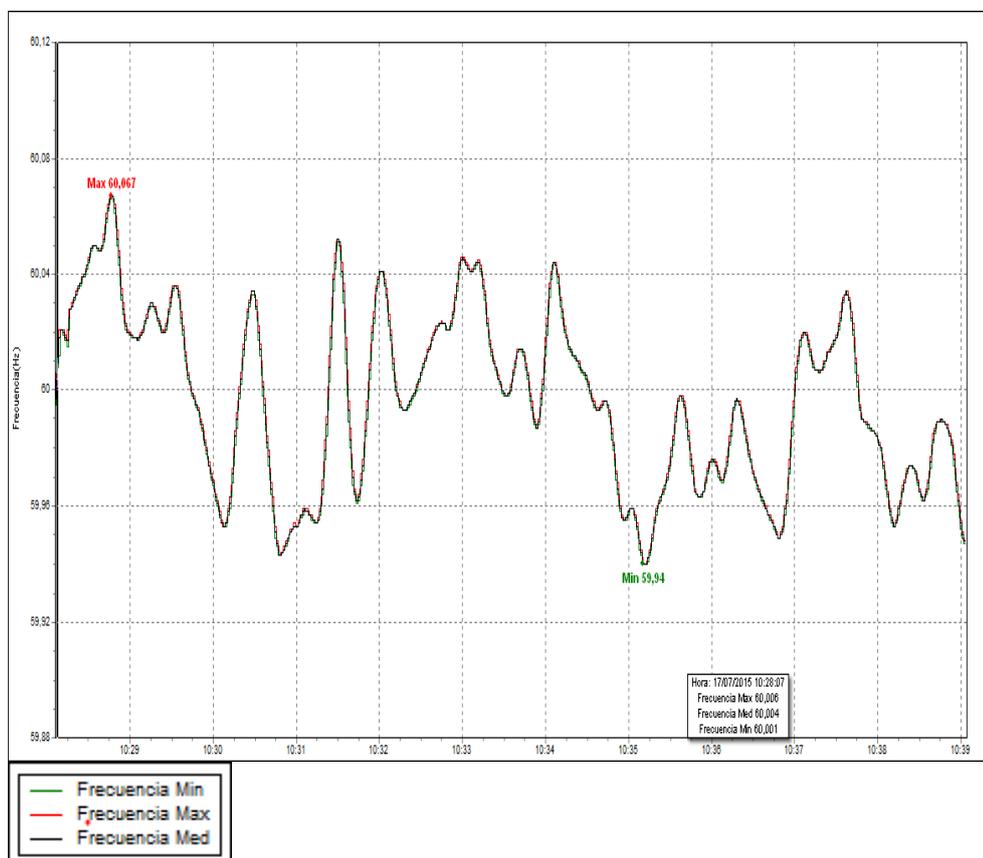


Figura 137 Registro de mediciones de frecuencia TPN

Fuente: Mediciones hechas por el autor – Registros (Fluke 434)

Los valores registrados están dentro del rango admisible del $\pm 2\%$ de error.

3.7.8.4. Diagnóstico potencia del tablero TPN

a) Registros en tiempo real de potencia activa, aparente.

El gráfico muestra un comportamiento regular y periódico a lo largo del tiempo de registros de potencia activa, se puede distinguir en este gráfico los picos de potencia producto de una carga trifásica (arranque de motor).

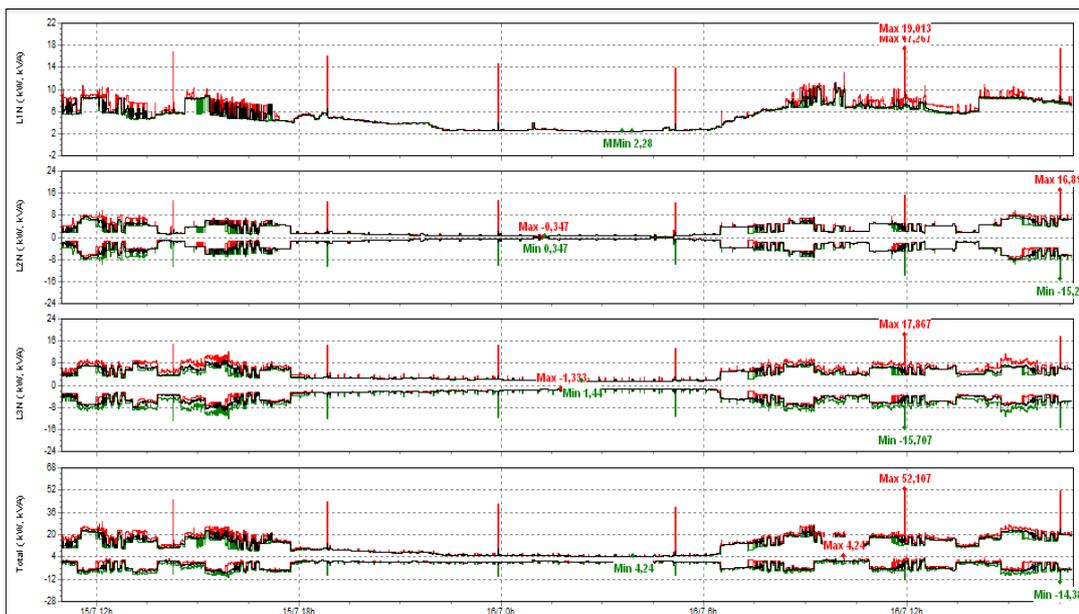


Figura 138 Registro de mediciones - Potencia Activa y Aparente - TPN

Fuente: Mediciones hechas por el autor – Registros (Fluke 434)

Las mediciones registradas nos muestra un promedio de potencia activa total de 11.72 kW con un pico de 33.12 kW, en potencia aparente total de un promedio de 12.14 KVA con un pico de 52 KVA .

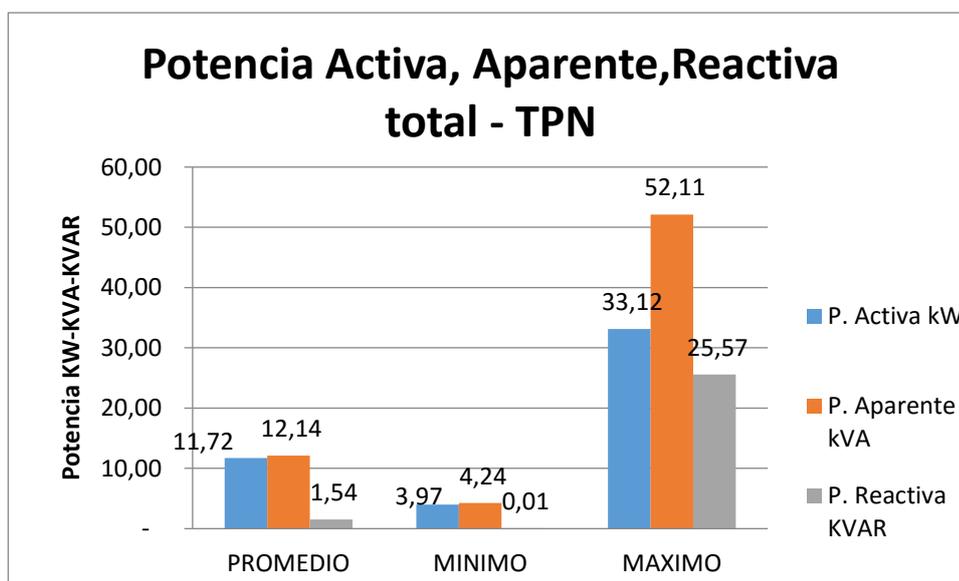


Figura 139 Potencia Activa, Aparente, Reactiva total - TPN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

En la siguiente tabla se muestra los valores estadísticos al detalle por fase de potencia activa, aparente, reactiva.

Tabla 48
Valores estadísticos de potencia activa, aparente y reactiva

	L1 kW	L2 kW	L3 kW	Total kW
PROMEDIO	5,021	2,691	4,006	11,72
MINIMO	2,28	0,36	1,333	3,97
MAXIMO	17,267	7,613	8,24	33,12

	L1 kVA	L2 kVA	L3 kVA	Total kVA
PROMEDIO	5,27	2,78	4,08	12,14
MINIMO	2,28	0,35	1,44	4,24
MAXIMO	19,01	16,81	17,87	52,11

	L1 kVAR	L2 kVAR	L3 kVAR	Total kVAR
PROMEDIO	0,31	0,55	0,67	1,54
MINIMO	-	0,01	-	0,01
MAXIMO	8,64	8,4	8,53	25,57

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

b) Tendencia día promedio de potencia activa, aparente y reactiva

Esta gráfica nos dibuja el perfil de la curva del total de las potencias medias y su comportamiento a lo largo de un día promedio, en el que es evidente en las tres potencias graficadas el cambio ascendente y de mayor valor está en el horario de 6:00 a 20:00 horas, por lo expuesto en cuanto a la demanda por usos y servicios que tiene el hospital. La potencia activa y aparente con una tendencia y valores similares y una potencia reactiva relativamente inferior con respecto a las otras dos

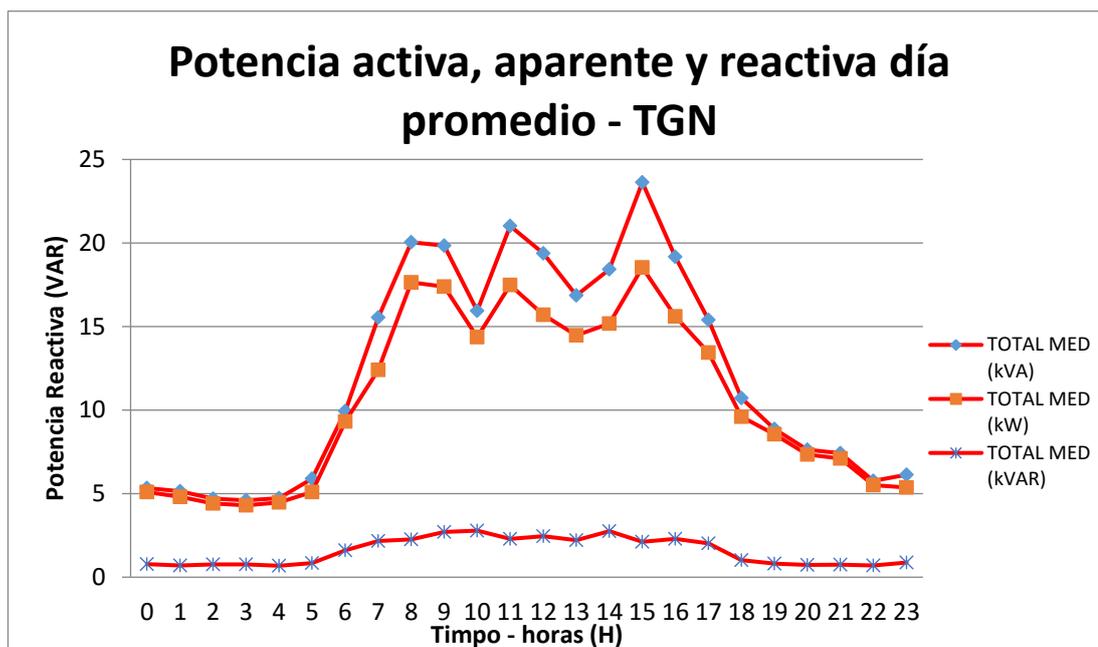


Figura 140 Potencia activa, aparente y reactiva día promedio – TPN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

3.7.8.5. Diagnóstico de factor de potencia del tablero TPN

Como muestra la tabla el valor promedio de factor de potencia por fase tiene un valor neto de 0.97FP

Tabla 49

Valores estadísticos factor de potencia total -TPN

	L1	L2	L3
PROMEDIO	0,98376183	-0,957072	-0,966377
MINIMO		0,66	-1
MAXIMO		1	-0,34

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

Los valores netos del factor de potencia promedio se encuentran dentro del rango de tolerancia superior al 0.92FP normado por el CONELEC.

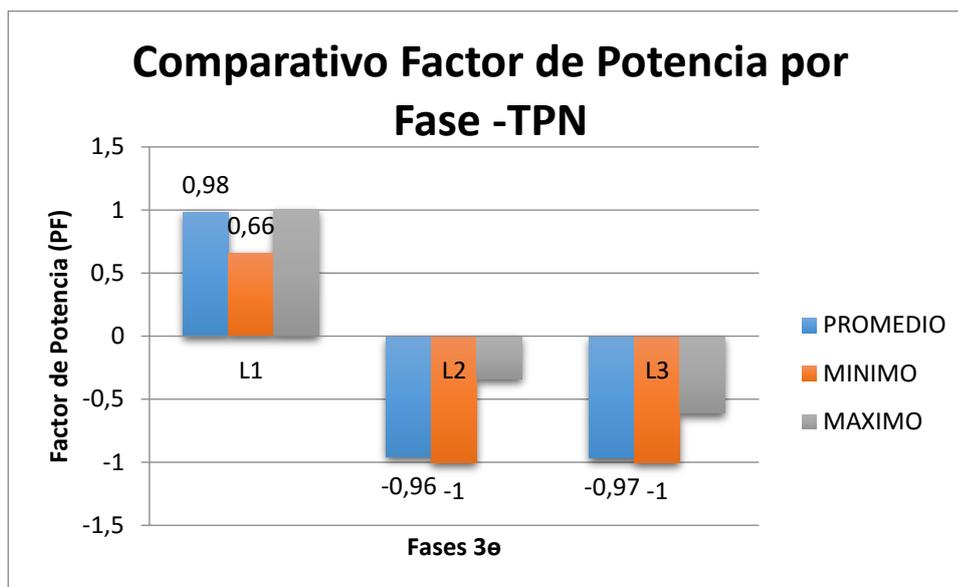


Figura 141 Comparativo Factor de Potencia por Fase -TPN

Fuente: Datos procesados por el autor de los registros del analizador (Fluke 434)

3.7.9. Mediciones y diagnóstico de sub tableros de distribución ST

El sistema eléctrico del hospital consta con sub tableros de distribución en áreas específicas como son:

- Áreas especiales tales como: cuarto de bombas de agua, cuarto de gases medicinales, cuarto de calderas, cuarto de lavandería, cocina y bodega.
- Áreas de atención médica como: consulta externa, hospitalización, emergencia, quirófano laboratorio.
- Áreas administrativas como: administración, centros de cómputo.

Todos los tableros tienen la señalética de identificación en estas áreas como se muestra en el ejemplo:



Figura 142 Sub tableros de distribución de en el área de emergencia.

Fuente: Mediciones hechas por el autor –

La señalética y nomenclatura tiene la siguiente configuración para dar lectura, cada letra representa la primera letra de la palabra:

- T = Tablero
- G= General
- P= principal
- N= Normal
- E= Emergencia
- ST= Sub Tablero
- 1,2...9= número de sub tablero
- AA = Aire Acondicionado
- R= Regulado

Por ejemplo

ST3R= Sub Tablero 3 Regulado

STAA3. Sub Tablero de Aire Acondicionado 3.

- **Mediciones**

Para las mediciones en los sub tableros de distribución se utilizó la pinza amperimétrica Fluke 345 y Amprobe ACD-41PQ, con lo que se tomó datos de voltaje, corriente, factor de potencia, potencia activa, reactiva y aparente, en cada uno de ellos. Adicionalmente se comprobó con el equipo Fluke 62 Mini termómetro IR la temperatura en cada sistema de protección y punto de conexión en caso de haber falsos contactos y sobre temperaturas.

3.7.9.1. Diagnóstico de voltaje y corriente en sub tableros de distribución

Las mediciones instantáneas tomadas en los sub tableros nos sirve para analizar las caídas de voltaje en estos puntos de servicio. Como se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 50
Mediciones voltaje y corriente sub tableros de distribución

SUB TABLERO	PROTECCIÓN	Voltaje medio Fase- Neutro (V)			Índice de calidad Voltaje Fase-Neutro (AV%)			Corriente media de Fase (A)		
		L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
STBE	3P/50A	124	123,7	123,5	-2,36%	-	-2,76%	21,53	21,54	20,42
STGME	3P/30A	124,3	123,7	123,7	-2,13%	-	-2,60%	2,85	1,93	2,85
ST5E	2P/40A	123,1	125,22	0	-3,07%	-	0,00%	9,92	0,82	0
ST6E	2P/40A	120	123,7	0	-5,51%	-	0,00%	15,93	8,31	0
ST7E	3P/40A	123	124,1	124,2	-3,15%	-	-2,20%	6,34	5,2	4,99
STE-CM	3P/50A	123,8	123,7	124	-2,52%	-	-2,36%	18,2	152	18,8
ST1E	3P/60A	124,3	123,9	122,6	-2,13%	-	-3,46%	3,3	1,43	2,35
ST2E	3P/40A	123,1	122,7	123,2	-3,07%	-	-2,99%	7,49	16,15	4,74
ST3E	3P/50A	123,9	122,7	122,8	-2,44%	-	-3,31%	1,35	1,44	0,92
ST4E	3P/75A	122,1	122,7	0	-3,86%	-	0,00%	15,94	9,57	0
ST8E	3P/50A	121	1232	124	-4,72%	-	-2,36%	12,9	7,54	1,46
ST9E	3P/75A	123,5	123,2	122,5	-2,76%	-	-3,54%	3,88	3,67	5,59
STR5	2P/50A	118,4	118,4	0	-1,33%	-	0,00%	0,33	0,33	0
ST5N	3P/40A	125,4	125	125,3	-1,26%	-	-1,34%	2,85	0,47	0,1
ST6N	3P/100A	123,8	124,3	124,2	-2,52%	-	-2,20%	9	0,75	16,23
ST7N	3P/75A	123	124,1	124,4	-3,15%	-	-2,05%	9,47	10,55	10,51
STAU	3P/175	216	216,8	216,8	-1,82%	-	-1,45%	5,34	5,34	5,3

Continúa 

	A					1,45%					4
STCA	3P/30A	124,	124,1	123	-2,28%	-	-3,15%	0,29	0,72	0,2	
MA		1				2,28%				3	
ST1N	3P/75A	122,	124	124,3	-3,86%	-	-2,13%	11,34	5,5	6,4	
		1				2,36%				2	
ST2N	3P/60A	122,	123,8	123,8	-3,39%	-	-2,52%	15,71	9,3	5,4	
		7				2,52%				8	
ST3N	3P/100	122,	123,2	123,8	-3,86%	-	-2,52%	7,72	5,41	5,9	
	A	1				2,99%				4	
ST8N	3P/50A	122,	124,8	123,7	-3,54%	-	-2,60%	9,34	4,34	5,5	
		5				1,73%					
STAA2	3P/125	120,	120,5	120,2	-5,12%	-	-5,35%	20,51	18,8	18,	
	A	5				5,12%			3	94	
STAA3	3P/75A	124,	123,8	123,4	-2,28%	-	-2,83%	4,77	11,3	11,	
		1				2,52%			9	16	
STAA4	3P/75A	124,	124,0	125,4	-2.28%	-	-1,26%	1,72	1,82	0,2	
		1	1			2,35%				5	
STAA1	3P/75A	123	123,6	124,6	-3,15%	-	-1,89%	0,22	0,2	13,	
						2,68%				03	
STR3	2P/30A	116	121,1	0	-3.33%	0,93%	0,00%	0,98	0,39	0	
			2								
STCA	2P/30A	118,	118,7	0	-6,61%	-	0,00%	2,93	0,5	0	
		6				6,54%					

Fuente: Datos procesados por el autor de medidas puntuales (Fluke 345 y Amprobe - 41PQ)

De acuerdo a las normas de la empresa eléctrica y CONELEC, el valor admisible máximo es del 5% de valor nominal en este caso 127 V dc.

De las mediciones obtenidas en cada sub tablero las caídas de voltaje en su mayoría están dentro del rango admisible de tolerancia de su índice de calidad. En las áreas con sistema regulado por UPS se exceptúa ya su valor nominal es de 120Vdc. En los puntos con un valor de índice de calidad mayor al 5% de error como es el caso del STCA con una caída promedio del 6.58% en sus fases L1 y L2, se debe hacer un análisis de distancia con relación al tablero principal, un balance de cargas monofásicas y bifásicas y un redimensionamiento del conductor eléctrico.

En el tablero STAA2 se observa una caída de tención en carga de 7200VA, motivo por el cual se registra este valor, en este caso es importante un redimensionamiento del conductor para a este sub tablero hasta del tablero principal.

a) Distorsión armónica en ST5N

De acuerdo a los registros obtenidos de las mediciones el sub tablero ST5N presenta gran distorsión armónica de corriente THD A con un promedio de 58% por fase. Es notoria la deformación que tiene la forma de onda de corriente cuando esta debería ser de forma sinusoidal en fase con la onda de voltaje sin deformaciones en la cresta.

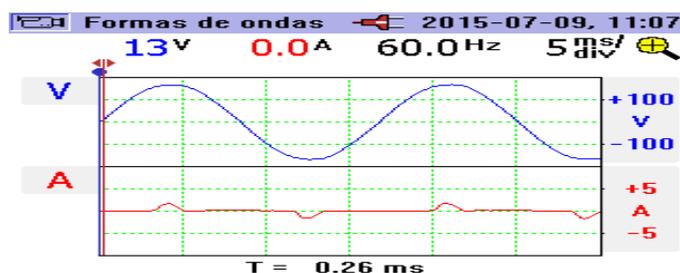


Figura 143 Forma de onda de voltaje y corriente L1 ST5N

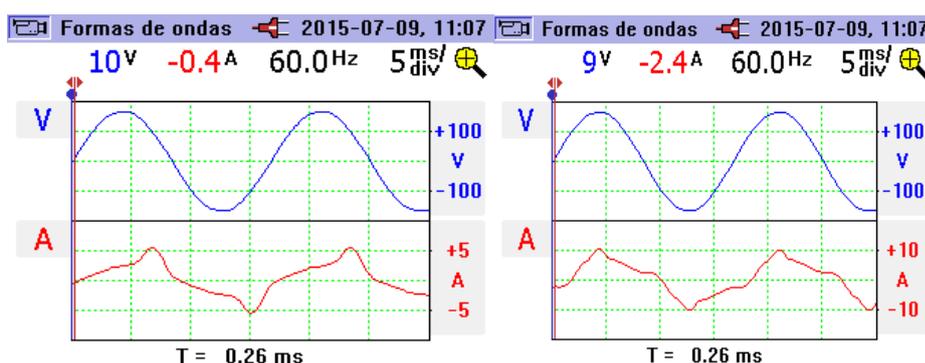


Figura 144 Forma de onda de voltaje y corriente L2 y L3 ST5N

Fuente: Mediciones hechas por el autor

Estos fenómenos de distorsión pueden causar serios daños a elementos electrónicos conectados a este circuito, y provocar fallas de los sistemas de protección eléctrica, por lo cual se debe aislar este tipo de cargas del resto, o a su vez instalar un sistema de corrección y supresión de armónicos.

3.7.9.1. Diagnóstico de potencia activa y aparente en los sub tableros de distribución

El diagnóstico de potencia nos permite observar y comparar que sub tableros son los que mayor carga tienen con relación a los otros.

Tabla 51
Mediciones de potencia activa y aparente en sub tableros

SUB TABLERO		Potencia Activa (KW)			Potencia Aparente (kVA)		
		L1	L2	L3	L1	L2	L3
STBE	3P/50A	2.376,05	2.371,40	2.244,46	2.669,72	2.664,50	2.521,87
STGME	3P/30A	318,83	210,09	306,71	354,26	238,74	352,55
ST5E	2P/40A	1114	94	0	1222	103	0
ST6E	2P/40A	2387	4220		3187	4650	
ST7E	3P/40A	518	316	3,59	736	651	634
STE-CM	3P/50A	1.757,46	14.665,87	1.818,34	2.253,16	18.802,40	2.331,20
ST1E	3P/60A	384	175	286	390	178	291
ST2E	3P/40A	912	1912	544	922	1983	584
ST3E	3P/50A	162	297	63	168	290	114
ST4E	3P/75A	1954	1172	0	1953	1175	0
ST8E	3P/50A	1395	916	146	1475	930	181
ST9E	3P/75A	425	62,5	678	479	326,4	685
STR5	2P/40A	30	32	0	38	39	0
ST5N	3P/40A	0	43	187	359	57	351
ST6N	3P/100A	1059	29,9	134	1104	87	2016
ST7N	3P/75A	3384	2581	2979	3425	2677	2108
STAU	3P/175A	233,27	233,27	233,27	668,4	668,4	668,4
STCAMAS	3P/30A	11	40	11	36	90	29
ST1N	3P/75A	1370	678	796	1387	690	130
ST2N	3P/60A	1886	1147	324	1929	1151	724
ST3N	3P/100A	871	66,5	628	943	667,2	735
ST8N	3P/50A	113	537	642	1145	541	680
STAA2	3P/125A	2093	20	1871	2473	2277	2278
STAA3	3P/75A	357	9987	1369	593	1411	1377
STAA4	3P/75A	168,7	56,7	9	213,4	226,4	19
STAA1	3P/75A	18	15	419	27	25	1619
STR3	2P/30A	572	35		582	48	0
STCA	2P/30A	331	50		348	59	

Fuente: Datos procesados por el autor de medidas puntuales (Fluke 345 y Amprobe - 41PQ)

Se evidencia que el los sub tableros de distribución de los circuito de cuarto de máquinas, lavandería y aire acondicionado son los de mayor potencia registrada.

3.7.9.1. Diagnóstico de potencia activa y aparente en los sub tableros de distribución

Observando lo registros del factor de potencia los sub tableros con menor valor (<0.5fp) son los de alimentación a los circuitos del área administrativa, mantenimiento, y esterilización, este último STAU con un promedio de 0.364 FP ya que su carga es en su mayoría son resistencias eléctricas inductivas. En las los circuitos de aire acondicionado STAA se tiene un valor de 0.59 FP.

Tabla 52
Mediciones de potencia reactiva y factor de potencia sub tableros

SUB TABLERO	PROTECCIÓN	Potencia Reactiva (kVAR)			Factor Potencia (FP)		
		L1	L2	L3	L1	L2	L3
TGE							
STBE	3P/50A		1.214,91		0,89	0,89	0,89
		1.217,29		1.149,87			
STGME	3P/30A	154,42	113,40	173,82	0,90	0,88	0,87
ST5E	2P/40A	-503	0		-0,91	0,909	
ST6E	2P/40A	-2111	1,94		0,7449	0,97	
ST7E	3P/40A	560	569	521	0,67	0,485	0,56
STE-CM	3P/50A				0,78	0,78	0,78
		1.409,98	11.766,16	1.458,82			
ST1E	3P/60A	65	0	0	0,98	0,98	0,98
ST2E	3P/40A	130	523	215	0,989	0,96	0,93
ST3E	3P/50A	46	0	103	0,95	0,99	0,51
ST4E	3P/75A	65	0	0	0,99	0,99	
ST8E	3P/50A	478	0	102	0,46	0,98	0,807
ST9E	3P/75A	225	320,1	0	0,886	0,21	0,988
STR5	2P/40A	0	0	0	0,776	0,824	0
TGN							
ST5N	3P/40A	200	0	298	0,83	0,751	0,534
ST6N	3P/100A	3112	906	2012	0,95	0,32	0,66
ST7N	3P/75A	523	71	886	0,98	0,996	0,956
STAU	3P/175A	626,37	626,37	626,37	0,349	0,349	0,349
STCAMAS	3P/30A	0	79	0	0,316	0,44	0,35
ST1N	3P/75A	0	130	46	0,988	0,98	0,99
ST2N	3P/60A	403	92	647	0,977	0,99	0,47
ST3N	3P/100A	361	659,1	381	0,923	0,12	0,853
ST8N	3P/50A	138	65	220	0,99	0,99	0,94
STAA2	3P/125A	1316	2277	1298	0,846	0,008	0,821
STAA3	3P/75A	432	1008	0	0,601	0,699	0,993
STAA4	3P/75A	131,8	163,4	0	0,79	0,69	0,29
STAA1	3P/75A	0	0	1568	0,736	0,596	0,26
STR3	2P/30A	0	0	0	0,98	0,39	0
STCA	2P/30A	103			-0,952	0,836	

Fuente: Datos procesados por el autor de medidas puntuales (Fluke 345 y Amprobe - 41PQ)

El circuito del área de hospitalización correspondiente al sub tablero STCAMAS registra un valor promedio de factor de potencia de 0.36FP al ser cargas netamente de iluminación y equipos médicos.

3.7.9.2. Diagnóstico y mediciones de arranque de motores

El diagnóstico se lo realizó en los motores eléctricos de las bombas de agua del sistema del cisterna pertenecientes al Sub tablero STBE que tiene una protección 3P/50A. El sistema de bombas de cisterna se muestra en la figura a continuación.



Figura 145 Sistema de bombas de agua – cisterna

Fuente: (Arteaga, 2015)

El sistema consta de 2 bombas de 10Hp c/u, estas se accionan alternadamente por un período de 15 segundos cada 5 minutos con una diferencia de 2'30" entre cada una.

Tabla 53
Características del motor eléctrico -bombas de agua

Marca	BALDOR
HP	10
Voltaje	208-230/460 V
Corriente	27-25/12,5 A
R.P.M	3450
Código	H

Fuente: Datos de placa de del motor

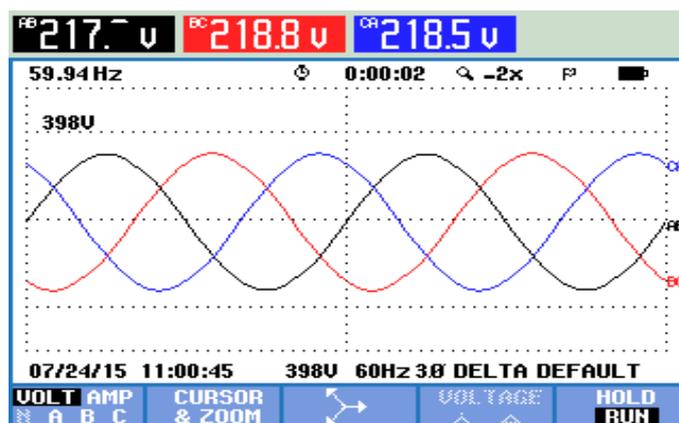


Figura 146 Medidas y osciloscopio de voltaje tablero STBE

Fuente: Mediciones hechas por el autor –(Analizador Fluke 434)

- **Cálculo de corriente de arranque:**

De acuerdo a la norma NEMA MG1 el código de rotor bloqueado H corresponde a:

- H 6.3-7.1 veces el valor de la corriente nominal
- Corriente nominal a 230V= 25A

Ecuación 16. Cálculo de corriente de arranque motores eléctricos

$$C_{arranque} = Código * C_{nom}$$

$$C_{arranque} = 6.3 * 25A$$

$$C_{arranque} = 157.5A$$

La tabla a continuación muestra el registro estadístico de dos arranques de los motores antes expuestos.

Tabla 54

Valores pico de arranque del motor

FASE	VOLTAJE (V)	V Δ% 220	CORRIENTE (A)	A Δ% 157.5
L1	202,44	-8,78%	131,1	-16,76%
L2	204,06	-7,97%	144,5	-8,25%
L3	203,78	-8,11%	133,9	-14,98%

Fuente: valores estadísticos tomados del registro del (Analizador Fluke 434)

La figura a continuación muestra el registro de dos arranques de los motores antes expuestos.

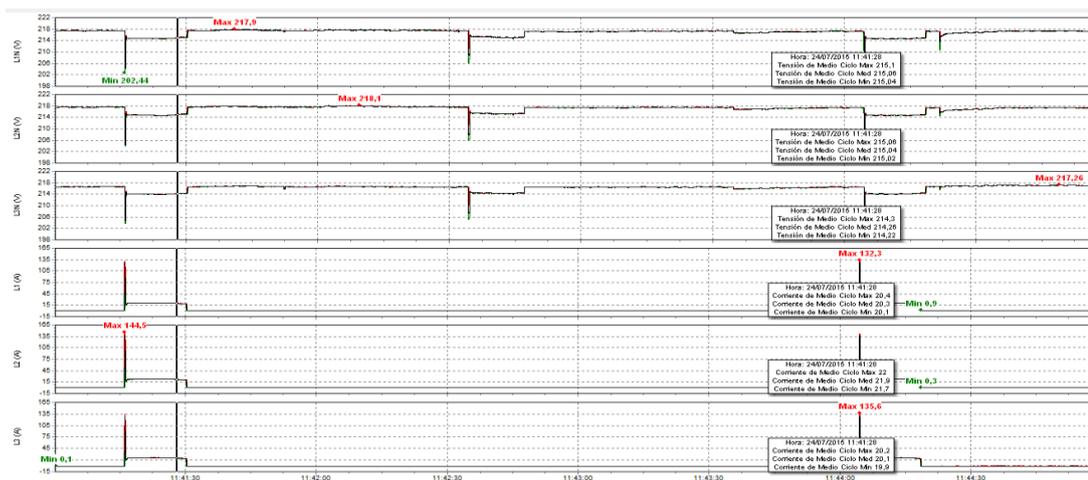


Figura 147 Registros de arranque de motores eléctricos de bombas de agua

Fuente: Mediciones hechas por el autor –(registros (Analizador Fluke 434)

Como se observa en el arranque se produce un pico de corriente máxima promedio de 136.8A que está dentro del rango en comparación con la corriente calculada. Producto de este evento también se produce un pico de caída de voltaje de 202.42V promedio.



Figura 148 Registros de arranque de motores de bombas de agua

Fuente: registros (Analizador Fluke 434)

Como se observa el período transitorio dura 0.45 segundos, posterior a ello se estabiliza en los valores nominales con una corriente promedio de 21.3A y una caída de voltaje a 214.64V durante el tiempo de operación nominal.

Tabla 55
Valores durante período 15 segundos estable

FASE	VOLTAJE (V)	V $\Delta\%$ 220	CORRIENTE (A)	A $\Delta\%$ 25
L1	214,86	-2,57%	20,5	-18,00%
L2	214,92	-2,54%	22,2	-11,20%
L3	214,14	-2,93%	20,6	-17,60%

Fuente: valores estadísticos tomados del registro del (Analizador Fluke 434)

Como se observa en la imagen la señal de corriente se ve deformada en su forma de onda lo que es producto de una distorsión armónica THD A de 30%.

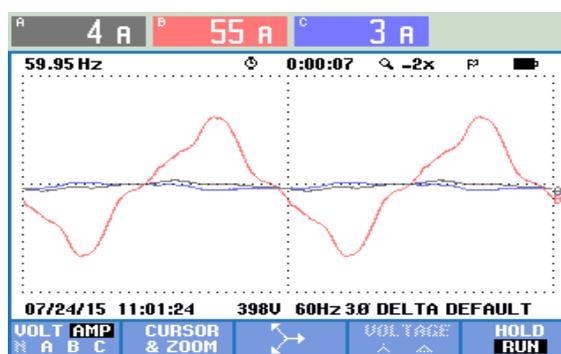


Figura 149 Señal de osciloscopio de corriente

Fuente: Mediciones hechas por el autor –registros (Analizador Fluke 434)

Se registra la una presencia alta del tercer armónico en este período.

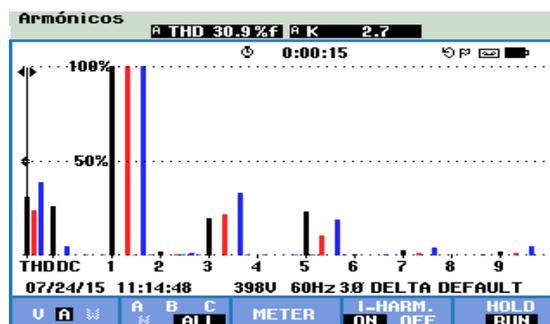


Figura 150 Distorsión Armónica de corriente en arranque de motor

Fuente: Mediciones hechas por el autor –registros (Analizador Fluke 434)

3.8. Medición de carga actual

El propósito del levantamiento de carga es conocer el tipo de magnitud de la potencia y carga instalada, y mediante estimaciones tratar de determinar las horas de

uso de cada equipo para obtener un consumo promedio así establecer la incidencia de su consumo del total de energía.

Para determinar la potencia de cada equipo se toman los datos de placa y en el caso de los que no tienen esta información se toma el valor estándar definidas.

Para determinar las horas de uso se obtiene de la información proporcionada por quienes trabajan con dicho equipo como personal médico, de oficina, y mantenimiento.

Los registros considerados, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 56
Carga actual total instalada por usos finales

CARGA INSTALDA	KW	%
Equipos de oficina	38,44	10%
Iluminación	37,72	10%
Sistema de aire acondicionado	58,73	15%
Cocina	32,94	8%
Máquinas	33,55	8%
Lavandería	42,52	11%
Equipos médicos	149,43	38%
Otros	3,00	1%
Total	396,34	

Fuente: Mediciones hechas por el autor

Se obtiene como resultado un total de 396,34 KW de carga instalada, dentro de este valor en cargas por Equipos Médicos se incluye equipos de Rx de 50 y 60kW cada uno. Para comparar con la demanda pico máxima medida por al E.E. Centro Sur se tiene que omitir la carga correspondiente a equipos de Rx. Dando un valor de 286,34 kW con una diferencia del 5% con respecto a los 272kW medidos por la empresa eléctrica considerado aceptable ya que existe cargas que no son ocupadas.

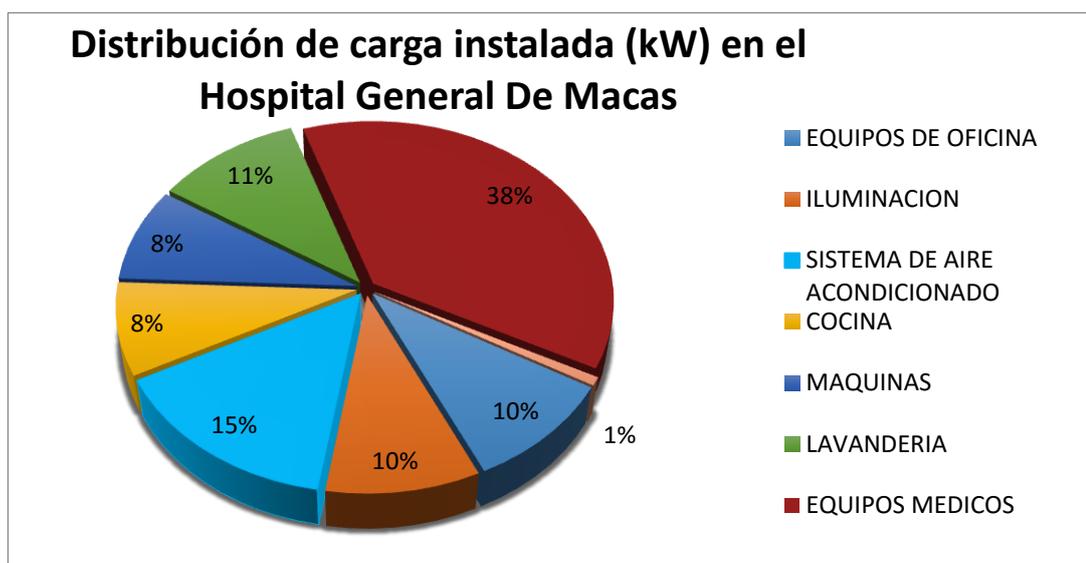


Figura 151 Distribución de carga instalada (kW)

Fuente: Mediciones hechas por el autor

Se evidencia en la distribución de carga instalada, que el uso final de aire acondicionado es la mayor carga después de los equipos médicos con el 15% del total y el sistema de iluminación con el 10% de carga instalada.

3.8.1. Porcentaje de distribución de carga por usos finales

Sobre la base de datos levantados con los voltajes, corrientes, potencias y factor de potencia obtenida de cada equipo se procedió a procesarlos con lo cual se obtuvo una curva de carga por usos finales del Hospital General de Macas. La cual se presenta en la gráfica a continuación. Cabe resaltar el hecho que la curva se ve influenciada por el uso final de equipos médicos con un 23.28%, seguido por uso final el sistema de iluminación con 24.13% y aire acondicionado con el 17.22%. En menor porcentaje el uso final de equipos de oficina con el 15%, el uso final de fuerza motriz en máquinas y bombas tiene un 11% en la curva de carga. Por último los usos finales de lavandería y cocina con un 6% y 4% respectivamente.

Se debe considerar en equipos electrónicos su consumo en uso normal y en modo stand by, también se debe definir el horario de turnos de trabajo el tipo y cantidad equipos en uso.

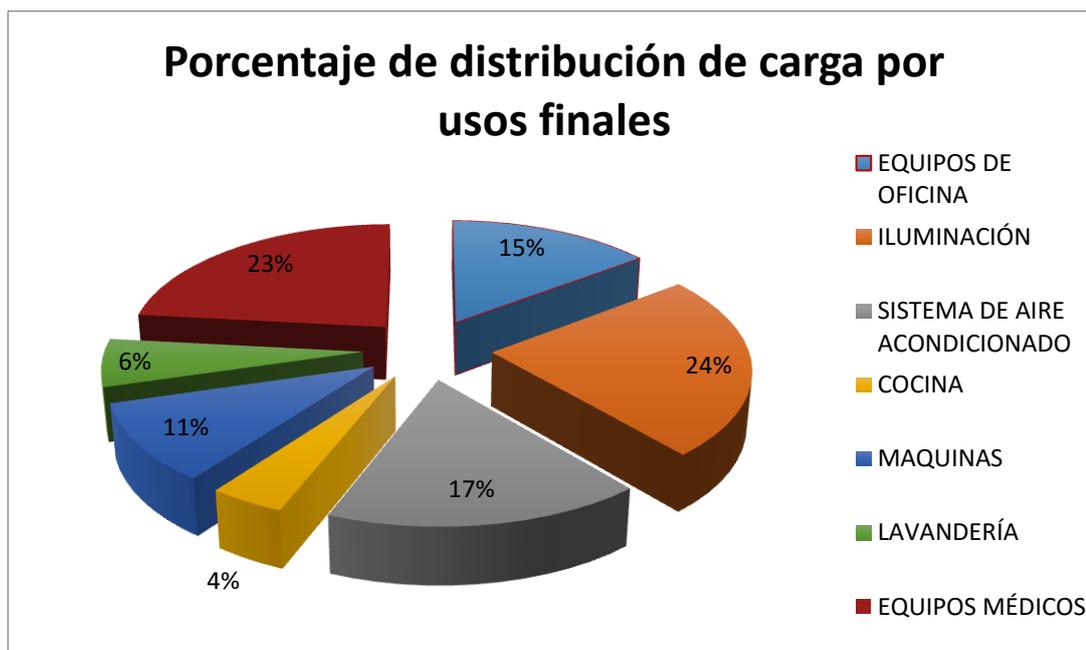


Figura 152 Porcentaje de distribución de carga de usos finales en día promedio

Fuente: Mediciones hechas por el autor

Tabla 57
Distribución de carga por usos finales

USO FINAL	kWh	%
Equipos de oficina	164,63	14,68%
Iluminación	270,59	24,13%
Sistema de aire acondicionado	193,12	17,22%
Cocina	46,32	4,13%
Maquinas	115,378	10,29%
Lavandería	70,41	6,28%
Equipos médicos	261,13	23,28%
TOTAL	1121,58	100,00%

Fuente: Mediciones hechas por el autor

3.8.1.1. Obtención de resultados curva de carga.

Una vez obtenido la carga de los datos de usos finales se diagrama la curva de un día promedio, condensándolos evidenciando la influencia de cada uno de estos en el consumo energético del hospital.

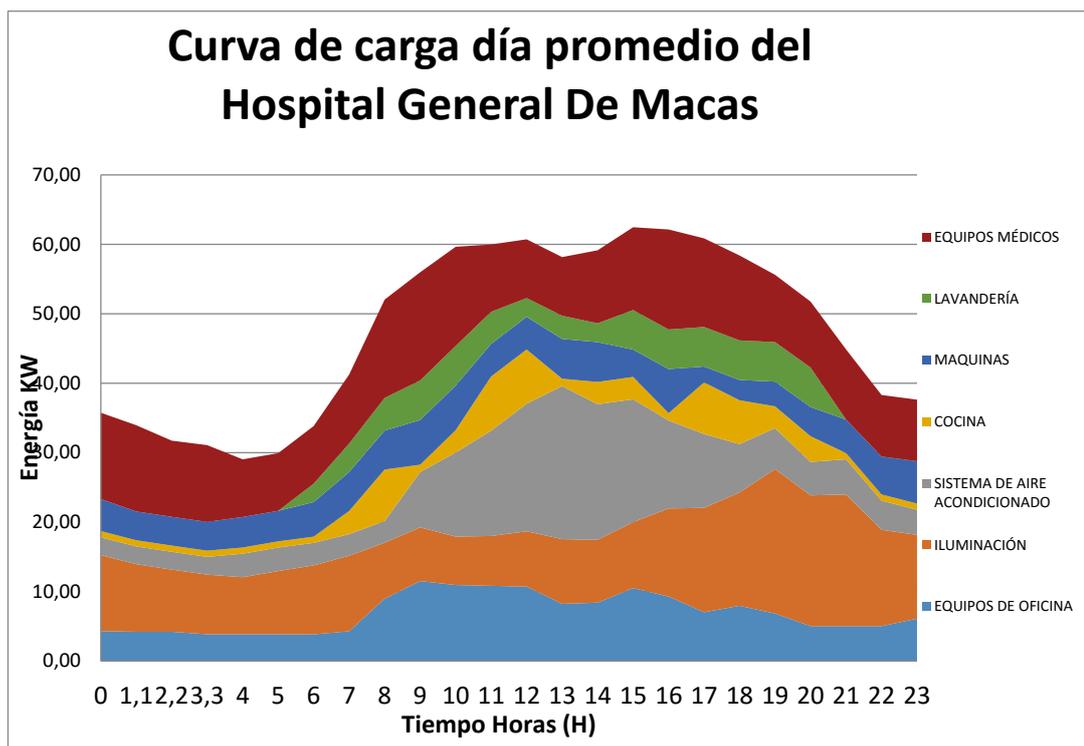


Figura 153 Curva de carga día promedio del Hospital General De Macas

Fuente: Mediciones hechas por el autor

Así el hospital podrá utilizar este material para estudios más profundos para adoptar medidas de carácter permanente en la eficiencia eléctrica, especialmente en los sistemas de iluminación, sistema de aire acondicionado, y equipos de oficina, ya que estos son considerados de acuerdo a los datos anteriores los de mayor carga como usos finales, y pueden ser optimizados con una adecuada gestión de eficiencia.

Estos usos finales además de ser los de mayor impacto en la curva de carga, son los causantes de la mayor parte de la contaminación y distorsión de la calidad energética del hospital por ser considerados cargas no lineales.

La curva de carga de usos finales que fue tomada de acuerdo al comportamiento del hospital, con datos estimados proporcionados por el personal que labora en él. Por ello se hace la comparación con la curva de carga promedio con los valores entregados por la E.E. CENTROSUR como se muestra a continuación.

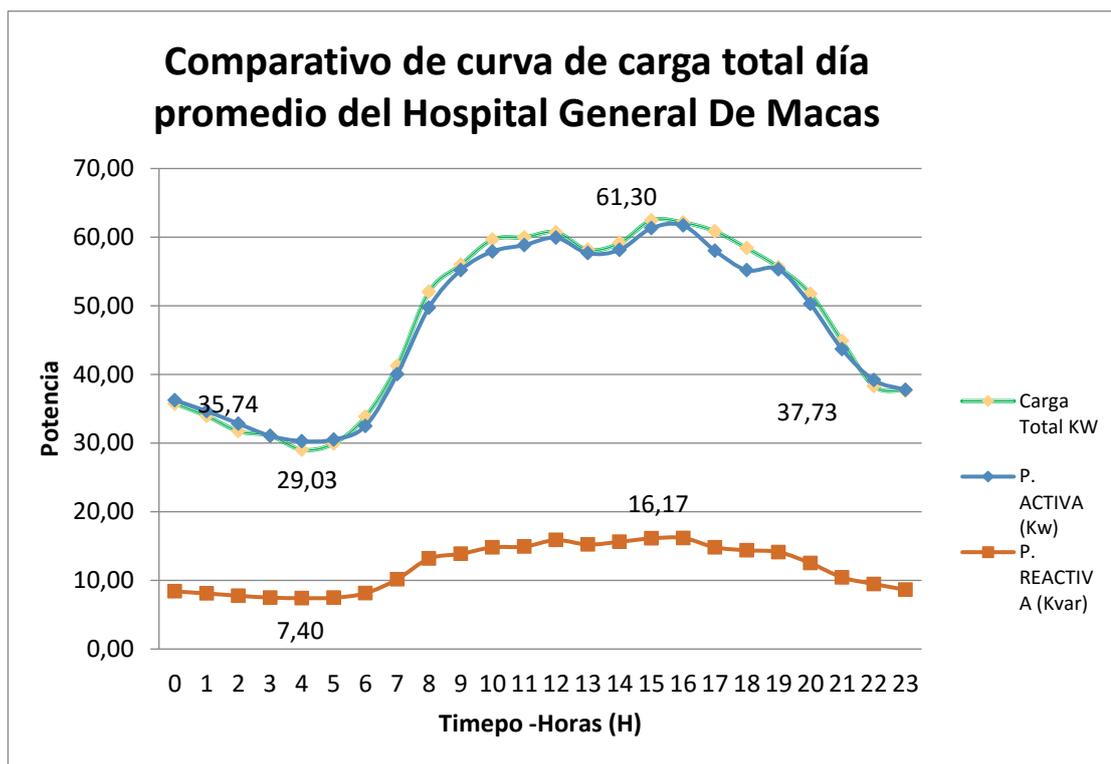


Figura 154 Curva de carga total día promedio del H.G.M.

Fuente: Datos procesados por el autor en comparación de los registros obtenidos de (Carga y consumos H.G.M., 2015).

Como se observa las dos gráficas de potencia activa se sobre ponen una con otra con un error promedio del $\pm 2\%$ con respecto a los datos de carga medidos por la empresa eléctrica.

3.9. Medición y diagnóstico del sistema de iluminación

El propósito del levantamiento de carga lumínica es conocer e identificar por áreas de servicio la cantidad de luminarias tanto del sistema normal como del de emergencia, el tipo, su potencia total e iluminancia promedio por cada una, comparándolas con los valores normalizados de acuerdo a la UNE - EN - 60598.

Con estos datos identificar las áreas con menor eficiencia lumínica para generar una planificación de mejora y eficiencia.

El sistema cuenta con luminarias fluorescentes T8 3x32w en la mayoría de servicios.

3.9.1. Distribución de luminarias por áreas de servicios

De acuerdo a los datos obtenidos del sistema de iluminación se presentan los siguientes valores en la tabla:

Es importante observar la distribución de luminarias por sistema normal y de emergencia ya que estos sistemas son accionados de forma independiente y/o alternada en iluminación.

Tabla 58
Distribución de luminarias por áreas de servicios

Áreas	Sistema Normal	Sistema de Emergencia	Sistema Normal	Potencia
Tipo de luminaria	3x32W	3x32W	1x20W	kW
Corredores y salas de espera	55	53	8	10,528
Habitaciones	27	16		4,128
Emergencia	2	7		0,864
Laboratorios	10	8	3	1,788
Consultorios	17	16		3,168
Oficinas	36	32		6,528
Quirófanos		12		1,152
Servicios generales	27	36		6,048
Baños	0	0	76	1,52
Total	174	180	87	35,724

Fuente: Mediciones hechas por el autor

Como se observa la carga total de iluminación interna equivale a 35.72 KW siendo en las áreas de corredores y salas de espera áreas con mayor cantidad de luminarias con alrededor del 29%, por ser las áreas físicas más grandes con concentración de gente ambulante y constante. Seguido se aprecia el área de oficinas con 6.52 KW de carga lumínica instalada.

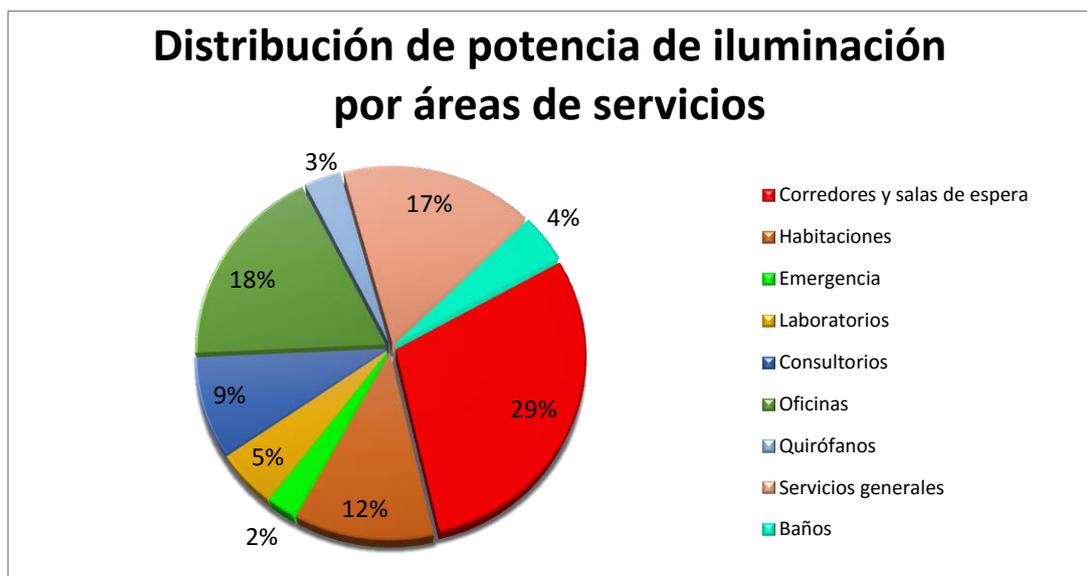


Figura 155 Distribución de potencia de iluminación por áreas de servicios

Fuente: Mediciones hechas por el autor

Como muestra la distribución de potencia de carga de iluminación, los dos grupos más grandes son, corredores –salas de espera y oficinas con el 29 y 18% del total respectivamente, estas son áreas que pueden ser optimizadas de forma eficiente.

3.9.2. Medidas promedio de iluminancia por áreas de servicio

Las mediciones de iluminancia en cada una de las áreas permiten encontrar cuál de estas tiene mayor deficiencia lumínica en comparación a la norma para iluminación hospitalaria UNE - EN - 60598. Se calcula el porcentaje de error de la diferencia para su análisis.

Para el efecto de esto se realizaron las mediciones en tres escenarios con condiciones diferentes de la misma área. El primer escenario fueron mediciones en condiciones habituales consideradas normales de trabajo y uso de la iluminación en horario de 14:00 a 17:00. El segundo escenario fue en el horario nocturno de 18:30 a 21:00 con el 100% de las luminarias encendidas. El tercero diferencia del segundo al solo usar el 50% de las luminarias.

Las mediciones de iluminancia se realizaron en cada área con varias medidas en diferentes puntos para hacer una evaluación y promedio más exacto. Con estos datos

se han obtenido los siguientes valores promedio en cada área, como se muestran en las tablas a continuación.

En las áreas de emergencia y quirófanos solo existe un circuito de sistema de iluminación conectado al sistema esencial de emergencia para un servicio ininterrumpido. En las áreas restantes en general existen dos circuitos para este servicio, el sistema normal y emergencia, independientes entre en su accionamiento cada uno tiene el 50% de las luminarias instaladas en el área. Su accionamiento es a través de interruptores de pared color blanco- sistema normal y color rojo- sistema de emergencia.

3.9.2.1. Medidas promedio de iluminancia en horario de trabajo

Como se muestra en la tabla de medidas promedio en horario de trabajo, las áreas de laboratorio están por debajo de la norma con un 27% promedio, debido a que en las mesas de trabajo tiene iluminación focalizada para el trabajo. En segundo lugar no menos importante la iluminancia en oficinas en condiciones normales de trabajo está por debajo a la norma recomendada con un 23% promedio, por factor de costumbre laboral a ese tipo de ambiente.

Tabla 59
Medidas de iluminancia en por áreas de servicio

	Iluminancia en servicio (lux)	Promedio (lux)	Diferencia $\Delta\%$
Corredores y salas de espera	200	197,81	-1%
Habitaciones	200	202,17	1%
Emergencia	300	317,00	6%
Laboratorios	500	366,50	-27%
Consultorios	500	429,33	-14%
Oficinas	350	267,81	-23%
Quirófanos	500	550,72	10%
Servicios generales	200	192,36	-4%
Baños	100	85,94	-14%

Fuente: Datos procesados por el autor de mediciones con el luxómetro (Proskit MV 4017)

Norma: UNE - EN - 60598.

En las áreas de corredores y salas de espera la iluminación natural es un factor que ayuda a tener un buen nivel de iluminancia en las horas normales de uso con un -1% de la norma. Muy aceptable.

3.9.2.1. Medidas promedio de iluminancia en horario nocturno

En el horario nocturno se puede medir con mayor exactitud la iluminancia pura de cada área sin afectación de la iluminación natural. Por ello es notable que varíen los valores con respecto a la tabla anterior.

Tabla 60
Medidas de iluminancia en horario nocturno por áreas

Áreas de servicio	Iluminancia en servicio (lux)	100 % DE LUMINARIAS		50% DE LUMINARIAS	
		Promedio (lux)	Diferencia Δ%	Promedio (lux)	Diferencia Δ%
Corredores y salas de espera	50,00	163,07	226%	88,91	78%
Habitaciones	200,00	119,20	-40%	129,75	-35%
Emergencia	300,00	206,20	-31%	206,20	-31%
Laboratorios	500,00	433,67	-13%	192,00	-62%
Consultorios	500,00	304,91	-39%	187,00	-63%
Oficinas	350,00	254,77	-27.2%	132,86	-62.04%
Quirófanos	500,00	550,72	10%		
Servicios generales	200,00	192,36	-4%		
Baños	100,00	85,94	-14%		

Fuente: Datos procesados por el autor de mediciones con el luxómetro (Proskit MV 4017)

Norma: UNE - EN - 60598.

Las medidas registran que en horario nocturno con el 100% de luminarias encendidas en pasillos y salas de espera estas tienen un sobredimensionamiento de 226% a diferencia con el uso con el 50% de estas, que tiene un valor promedio del 78% de sobredimensionamiento.

En las áreas de emergencia y consultorios existe una diferencia de 31 y 39% respectivamente con relación a la norma, cabe recalcar que estas áreas tienen iluminación focalizada para diagnóstico, y las medicinas son de la iluminación general.

En oficinas se aprecia que existe un sub dimensionamiento de iluminación del -27% con el 100% de luminarias encendidas y con un -62% con el 50% de luminarias. Estos valores nos muestran que el personal que labora hasta horas de la noche o incluso en horario normal tiene problemas con una inadecuada iluminación que trae consigo un desgaste laboral por el ambiente de trabajo no adecuado.

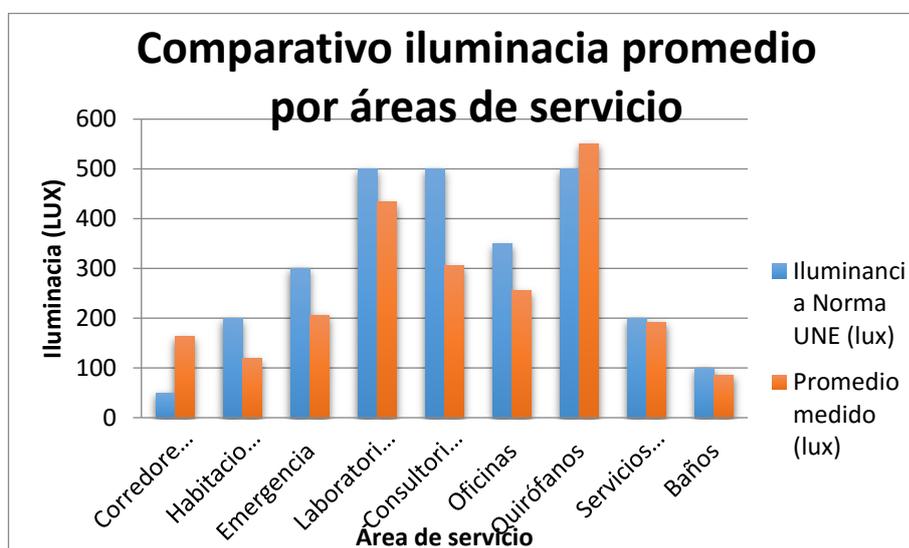


Figura 156 Comparativo iluminancia horario nocturno

Fuente: Datos procesados por el autor de mediciones con el luxómetro (Proskit MV 4017) Norma: UNE - EN - 60598.

CAPÍTULO IV

PLAN DE EFICIENCIA DEL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La planificación de un sistema de eficiencia eléctrica en hospitales consiste en un conjunto de acciones que sin sacrificar el confort, bienestar y calidad de servicios a los usuarios y personal laboral, permitan optimizar la relación entre energía consumida y los servicios en usos finales.

En términos de eficiencia energética hospitalaria de acuerdo a la Agencia de Eficiencia Energética Chilena existen básicamente dos tipos de medidas, la primera son las operacionales que consisten en modificar las formas de operar un equipo o sistema, la segunda consiste en el recambio tecnológico, en que se propone el cambio de un equipo o sistema por uno más óptimo. Estas medidas con el fin común de generar beneficios económicos, medioambientales para el hospital y nivel de país.

En este caso en particular se ha identificado potenciales usos finales que pueden ser optimizados como sistemas de aire acondicionado, uso de equipos de oficina y principalmente el sistema de iluminación, que gracias al avance tecnológico más óptimo en consumo energético como es la tecnología LED en reemplazo de la fluorescente T8 que permiten un significativo ahorro de energía.

4.1. Plan de eficiencia eléctrica en iluminación

El sistema de iluminación corresponde alrededor del 24% del consumo promedio diario de acuerdo a la distribución de carga (Figura 152), por tal motivo es meritorio desarrollar un plan de eficiencia que permita la reducción de consumo de este uso final de energía.

El nuevo sistema de tecnología en iluminación LED permite una migración a este medio permitiendo optimizar los recursos ya existentes en la tecnología fluorescente.

La migración a la iluminación LED permite conservar el mismo circuito eléctrico de conexión, la misma luminaria e incluso la misma conexión de su antecesora, solo así haciendo una desconexión del balastro electrónico a una conexión directa a 110-120V dc y base tipo G13 T8. Esto representa un ahorro

considerable en la instalación con una tasa de retorno menor a un año de acuerdo las áreas de consumo.

Se han seleccionado 21 áreas dentro del hospital que ameritan ser más eficientes. Actualmente las áreas iluminadas tienen un promedio de índice de eficiencia eléctrica IEE ($\text{W}/\text{m}^2 - 100 \text{ lux}$) de 7.05, considerando que los valores recomendados son entre IEE 2.5 y 5.5 intervalo, según el siguiente baremo para Centros Hospitalarios:

Tabla 61
Baremo índice de eficiencia eléctrica para centros hospitalarios

IEE óptimo	2,5
IEE medio	4
IEE máximo	5,5

Fuente: (Comité Español de Iluminación CEI, 2001) Norma UNE - EN – 60598

Las áreas seleccionadas se dividen en dos grupos principales que son, la primera: compuesta por las áreas de corredores y salas de espera, ya que estas áreas están en un uso permanente en el día y en la noche su alta demanda de iluminación en ocasiones es inutilizada. El segundo grupo corresponde a las áreas de oficinas ya que en el horario de 7h00 a 18H00 están en constante demanda de iluminación para la ejecución de las tareas.

En la tabla a continuación se enlista las áreas que se han identificado en las cuales se establecerán medidas para un uso eficiente de la energía eléctrica en la iluminación como uso final mejorado.

Tabla 62
Selección de áreas para mejora y eficiencia lumínica

Corredores y salas de espera	
1	Corredor espera
2	Hall principal
3	Hall oficinas
4	Corredor 95
5	Corredor 70
6	Corredor 67
7	Corredor 002

Continua 

8	Hall emergencia
9	Espera emergencia
10	Hall hospitalización
11	Corredores hospitalización
12	Corredor quirófanos
Oficinas	
13	Centro de computo
14	Contabilidad
15	Sala de reuniones
16	Secretaria
17	UAC
18	Dirección
19	Jefe enfermeras
20	Secretaria 2
21	Cubículos emergencia

Fuente: datos procesados por el autor, el nombre de las áreas es tomado de los planos estructurales H.G.M.

4.2. Cambio a lámparas led de 18w

Identificadas las áreas a intervenir se ha considerado como medidas de eficiencia eléctrica el cambio de lámparas fluorescentes T8 actualmente utilizadas por tecnología LED, que tienen un ahorro de hasta el 43.75% en el consumo energético.

4.2.1. Corredores y salas de espera

4.2.1.1. Descripción

Corredores y salas de espera para visitas y pacientes. Necesidad de conjugar la eficiencia y un ambiente agradable para pacientes y familiares que acuden al hospital y transitan en ellos.

4.2.1.2. Dimensiones

Tabla 63
Dimensiones de las áreas de corredores y salas de espera

Corredores y salas de espera	Ancho m	Largo m	Altura m	Área m ²
1 Corredor espera	4,35	16,78	3,90	72,99
2 Hall principal	11,10	11,10	3,90	123,30
3 Hall oficinas	7,15	7,15	3,10	51,12

4	Corredor 95	2,75	29,67	3,90	81,59
5	Corredor 70	2,40	18,50	3,90	44,40
6	Corredor 67	2,40	12,70	3,10	30,48
7	Corredor 002	3,91	40,78	3,10	159,45
8	Hall emergencia	5,99	5,99	3,10	35,88
9	Espera emergencia	4,37	4,37	3,90	19,10
10	Hall hospitalización	6,90	11,30	3,90	77,97
11	Corredores hospitalización	3,15	63,32	3,10	199,47
12	Corredor quirófanos	2,80	25,40	3,10	71,12

Fuente: datos procesados por el autor

4.2.1.3. Características constructivas

Paredes y techos blancos con reflectancia de 90%.

Área 1-2-4-5-9 y 10 con ventanas en los costados de las paredes de 50cm bajo el techo para iluminación natural

4.2.1.4. Situación actual

- Iluminación por 312 lámparas fluorescentes T8 lineales de 32W c/u.
- Lúmenes por lámpara: 1320[lm] a 30°C.
- Iluminancia medida promedio: 183.26 [lm]
- Horas de utilización consideradas: 5342.3 horas/año
- Consumo de energía anual: 51403,68 kWh.
- Emisiones de CO² (CO₂*kWh= 0,5kg)= 25701,84 Kg/año

4.2.1.5. Índice De Eficiencia Eléctrica

Actualmente las instalaciones tienen una baja eficiencia eléctrica según el promedio de las áreas con un 6.15 índice de eficiencia eléctrica considerado un valor fuera del rango máximo. estos valores se deben al tipo de tecnología actualmente instalada para iluminación. En especial las áreas mas grandes como son pasillos y salas de espera tienen bajos valores de eficiencia de energía eléctrica.

Tabla 64
Índice de eficiencia eléctrica, lámparas y potencia instalada

Corredores y salas de espera	Total Lámparas	Iluminancia medida 100% [lx]	Potencia total instalada [W]	A- m2	IEE (W/m ² - 100 lux) 100%
1 Corredor espera	15	154,20	480	72,99	4,26
2 Hall principal	39	193,40	1248	123,30	5,23
3 Hall oficinas	15	187,60	480	51,12	5,00
4 Corredor 95	27	125,80	864	81,59	8,42
5 Corredor 70	15	181,60	480	44,40	5,95
6 Corredor 67	12	162,80	384	30,48	7,74
7 Corredor 002	51	177,20	1632	159,45	5,78
8 Hall emergencia	15	205,00	480	35,88	6,53
9 Espera emergencia	6	230,00	192	19,10	4,37
10 Hall hospitalización	63	219,20	2016	77,97	11,80
11 Corredores hospitalización	24	123,70	768	199,47	3,11
12 Corredor quirófanos	30	238,60	960	71,12	5,66
TOTAL/PROMEDIO	312	183,26	9984	0,00	6,15

Fuente: Mediciones hechas por el autor- de acuerdo a la ecuación 1 de IEE.

4.2.2. Propuesta de reforma

El sistema de iluminación LED es reemplazo de 312 lámparas del sistema fluorescente de estas áreas, manteniendo luminarias, conexiones base de acople G13T8. Se define las siguientes características:

- Tubo LED de 18 W base G13T8
- Potencia: 18W /lámpara
- Factor de potencia: 0.9
- Horas de vida útil: 25000H
- Lúmenes 1650 [lm]
- Temperatura del color: 6500K
- Ahorro del 43.75% de energía.

- Reducción de 11244,555 Kg de CO² al ambiente al año.

Tabla 65
Propuesta de reforma iluminación en corredores y salas de espera

Corredores y salas de espera	Lámparas Sist. Normal	Lámparas Sist. Emergencia	Potencia circuito normal LED 18 W	Potencia circuito emergencia LED 18 W	Potencia total de lámparas led 18W
1 Corredor espera	9	6	162	108	270
2 Hall principal	21	18	378	324	702
3 Hall oficinas	9	6	162	108	270
4 Corredor 95	15	12	270	216	486
5 Corredor 70	9	6	162	108	270
6 Corredor 67	6	6	108	108	216
7 Corredor 002	24	27	432	486	918
8 Hall emergencia	3	12	54	216	270
9 Espera emergencia	3	3	54	54	108
10 Hall hospitalización	36	27	648	486	1134
11 Corredores hospitalización	12	12	216	216	432
12 Corredor quirófanos	0	30	0	540	540
TOTAL/PROMEDIO	147	165	2646	2970	5616

Fuente: Mediciones hechas por el autor

4.2.3. Diseño del plan de eficiencia oficinas.

4.2.3.1. Descripción

En las oficinas se tiene la necesidad de conjugar la eficiencia y un ambiente agradable para personal administrativo que labora en el hospital.

4.2.3.2. Dimensiones

Tabla 66
Dimensiones de las áreas de oficinas

Oficinas	Ancho m	Largo m	Altura m	Área m ²
1 Centro de computo	3,23	8,95	3,10	28,91
2 Contabilidad	5,33	5,75	3,10	30,65
3 Sala de reuniones	4,20	5,70	3,10	23,94
4 Secretaria	3,00	3,08	3,10	9,24
5 Uac	4,35	4,58	3,10	19,92
6 Dirección	5,84	4,50	3,10	26,28
7 Jefe enfermeras	2,00	4,52	3,10	9,04

Continua 

8	Secretaria 2	2,00	4,52	3,10	9,04
9	Cubículos emergencia	4,25	9,30	3,10	39,53

Fuente: Mediciones hechas por el autor

4.2.3.3. Características constructivas

- Paredes color palo de rosa con reflectancia de 50%
- Techos color blanco con reflectancia de 60%.

4.2.3.4. Situación actual

- Iluminación por 117 lámparas fluorescentes T8 lineales de 32W c/u.
- Lúmenes por lámpara: 1320[lm] a 30°C.
- Iluminancia medida promedio: 258 [lm]
- Horas de utilización consideradas: 2581 horas/año
- Consumo de energía anual: 114643,296 kWh
- Emisiones de CO² (CO₂*kWh= 0,5kg)= 57321,648 Kg/año

4.2.3.5. Índice De Eficiencia Eléctrica

- Baja eficiencia eléctrica según el promedio de las áreas con un 7.20 IEE considerado fuera de rango aceptable.

Tabla 67
Numero de lámparas e- índice de eficiencia eléctrica

Corredores y salas de espera	Total Lámparas	Iluminancia medida [lx]	potencia total instalada W	A- m2	IEE (W/m ² - 100 lux) 100%lámparas
1 Centro de computo	21	338,40	672	28,91	6,87
2 Contabilidad	21	203,40	672	30,65	10,78
3 Sala de reuniones	15	338,40	480	23,94	5,92
4 Secretaria	6	264,80	192	9,24	7,85
5 Uac	12	197,00	384	19,92	9,78
6 Dirección	12	230,80	384	26,28	6,33
7 Jefe enfermeras	6	310,40	192	9,04	6,84

Continua 

8	Secretaria 2	6	238,60	192	9,04	8,90
9	Cubículos emergencia	18	206,20	576	39,53	7,07
	TOTAL /PROMEDIO	117	258,67	3744		7,20

Fuente: Datos procesados por el autor de acuerdo a la ecuación 1 de IEE.

4.2.3.6. Propuesta de reforma

El sistema de iluminación LED es reemplazo del sistema fluorescente, manteniendo luminarias conexiones base de acople. Se define las siguientes características:

- Tubo LED de 18 W base G13T8
- Potencia: 18W /lámpara
- Factor de potencia: 0.9
- Horas de vida útil: 25000H
- Lúmenes 1650 [lm]
- Temperatura del color 6500K
- Ahorro del 43.75% de energía.
- Reducción de 3328,857 Kg de CO² al ambiente al año.

Tabla 68
Propuesta de reforma iluminación en oficinas

	Corredores y salas de espera	Total Lámparas	Iluminancia medida 100%	Potencia circuito normal LED 18 W	Potencia circuito emergencia LED 18 W	potencia total de lámparas led 18W
1	Centro de computo	21	338	216	162	378
2	Contabilidad	21	203	108	270	378
3	Sala de reuniones	15	338	162	108	270
4	Secretaria	6	265	54	54	108
5	Uac	12	197	108	108	216

Continua 

6	Dirección	12	231	108	108	216
7	Jefe enfermeras	6	310	54	54	108
8	Secretaria 2	6	239	54	54	108
9	Cubículos emergencia	18	206	0	324	324
TOTAL		117	2328	864	1242	2106

Fuente: Datos procesados por el autor

4.2.4. Simulaciones DIALUX

Se han agrupado estas áreas identificadas (Tabla 59. Selección de áreas) en 9 nuevas áreas por su ubicación, características similares, para la simulación y cálculos lumínicos en el software DiaLux que permite usar los planos de AutoCad como base para construcción, ambientación de los escenarios simulados. Continúa

Tabla 69
Áreas de Simulación

		Luminarias Sist. Normal	Luminarias Sist. Emergencia
Área 1	Corredor espera	3	2
	Hall principal	7	6
Área 2	Corredor 002	8	9
Área 3	Corredor 95	5	4
	Corredor 70	3	2
Área 4	Corredor quirófanos	0	10
	Corredor 67	2	2
Área 5	Hall hospitalización	12	9
Área 6	Corredores hospitalización	4	4
Área 7	Hall oficinas	3	2
	Contabilidad	2	5
	Sala de reuniones	3	2
	Secretaria	1	1
	UAC	2	2
	Dirección	2	2
	Jefe enfermeras	1	1
	Secretaria 2	1	1
Área 8	Centro de computo	4	3
Área 9	Hall emergencia	1	4
	Espera emergencia	1	1
	Cubículos emergencia	0	6

Fuente: Datos procesados por el autor

Se han producido escenas de luz de acuerdo a los dos grupos de control de iluminación que en la mayoría tienen que son sistema normal, y emergencia. El sistema completo es el funcionamiento de los dos sistemas al mismo tiempo.

También se evalúa únicamente la iluminación artificial producida por las luminarias puestas en escenas. Fuentes naturales de luz no son consideradas en la simulación por ser variable.

4.2.4.1. Simulación Área 1

18 luminarias LED 3x18w



Figura 157 Procesado 3D Área 1

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

a) Representación en colores falsos

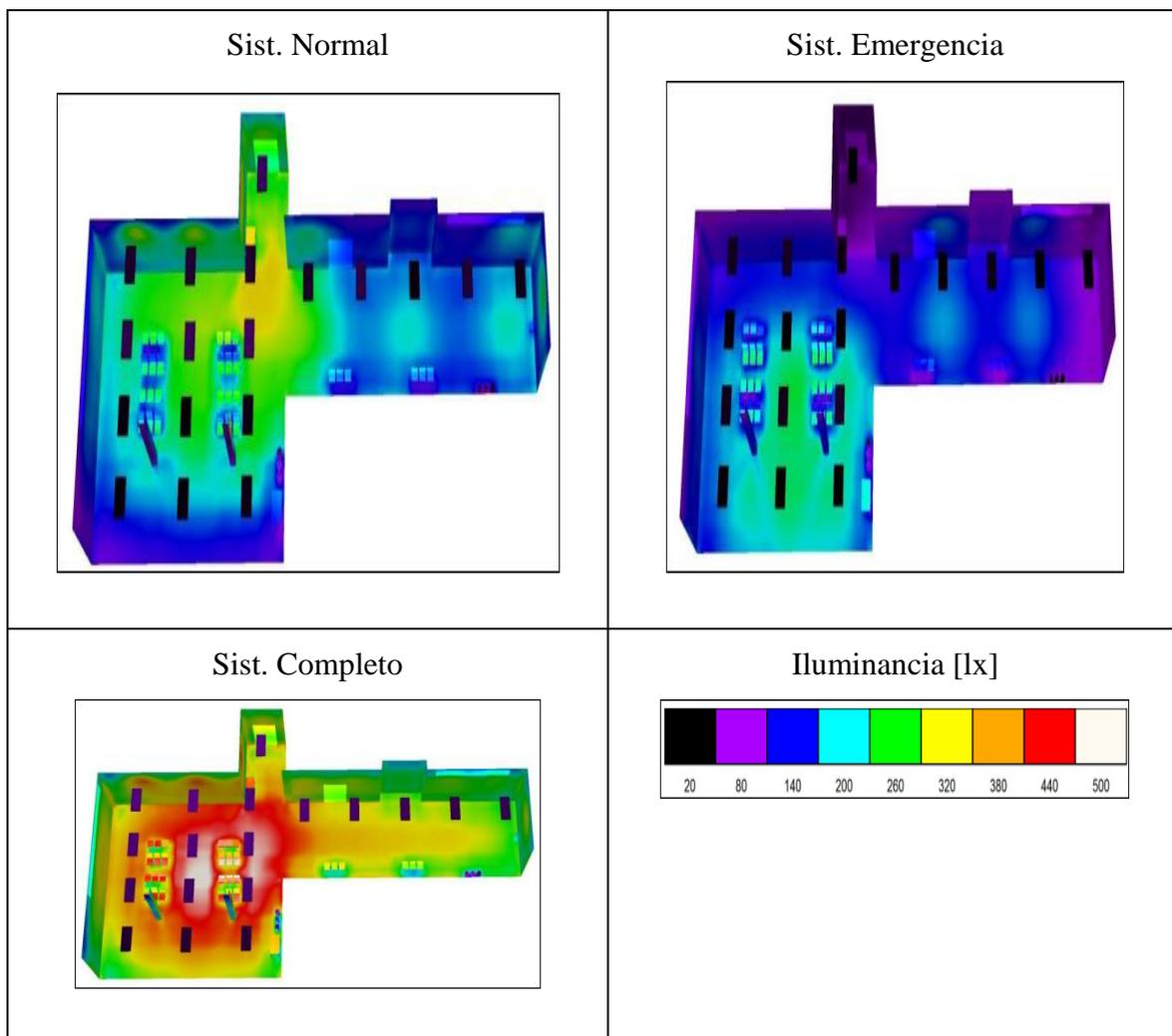


Figura 158 Representación en colores falsos Área 1

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

b) Resumen datos procesados Área1

Tabla 70
Resumen datos simulados Área 1

	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	IEE
Sist. Normal	236	86	393	0,352	0,211	1,19
Sist. Emergencia	176	42	149	0,237	0,142	1,27
Sist. Completo	404	213	566	0,527	0,377	1,25

Fuente Mediciones hechas por el autor – datos procesados en el Software DIALux

Ver detalle en: ANEXO 1 Resumen del diseño de iluminación Área 1

4.2.4.2. Simulación Área 2

17 luminarias LED 3x18w

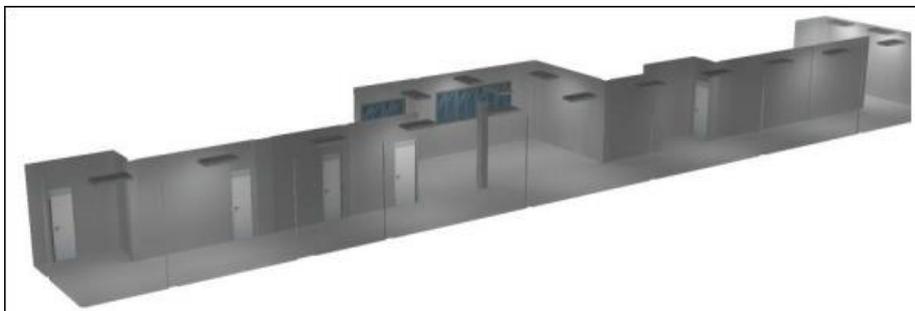


Figura 159 Procesado 3D Área 2

Fuente: (Arteaga, 2015) datos procesados en el Software DIALux

a) Representación en colores falsos

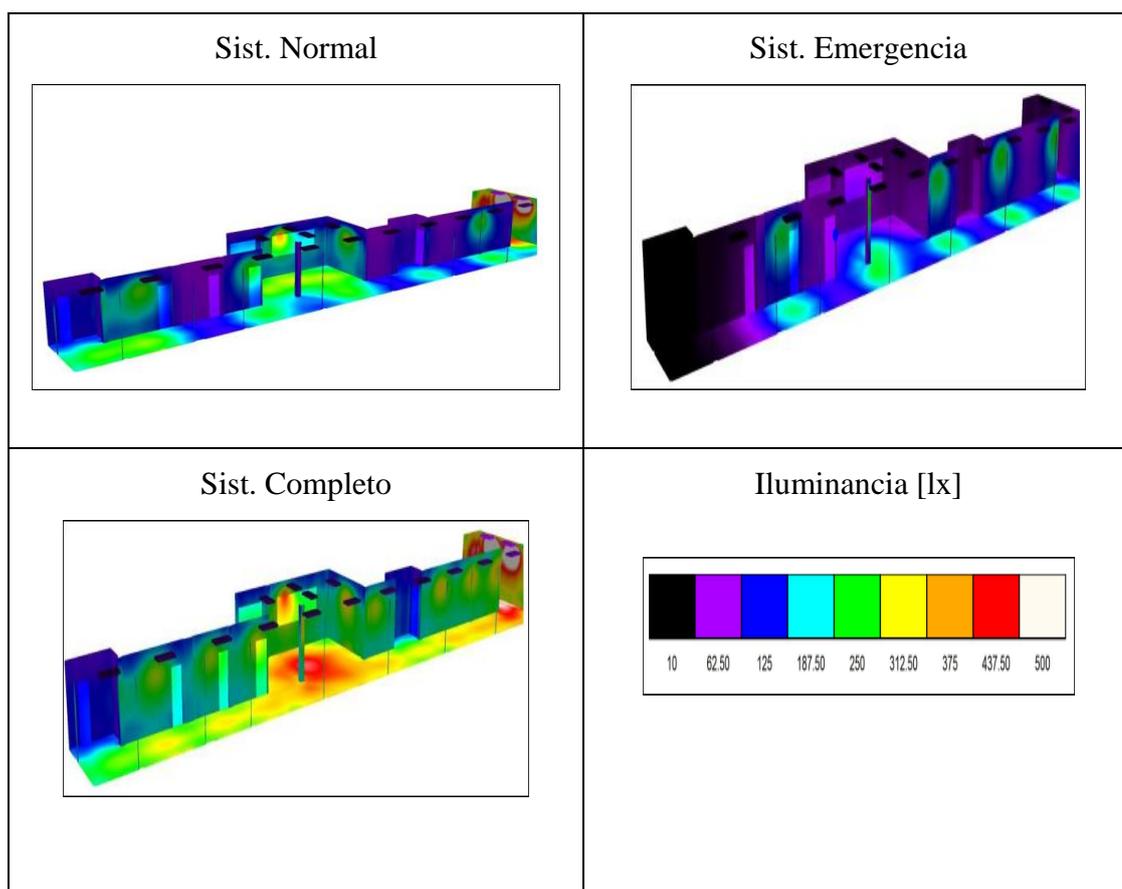


Figura 160 Representación en colores falsos Área 2

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

b) Resumen datos procesados Área 2

Tabla 71
Resumen datos simulados Área 2

	Em [lx]	Emin [lx]	E _{max} [lx]	E _{min} / E _m	E _{min} / E _{max}	IEE
Sist. Normal	238	84	595	0,351	1,4	1,47
Sist. Emergencia	137	4,11	356	0,03	0,012	1,36
Sist. Completo	371	67	632	0,18	0,106	1,44

Fuente Mediciones hechas por el autor – datos procesados en el Software DIALux
Ver detalle en: ANEXO 1 Resumen del diseño de iluminación Área 2

4.2.4.3. Simulación Área 3

18 luminarias LED 3x18w

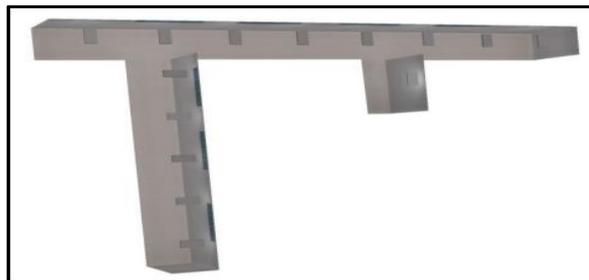
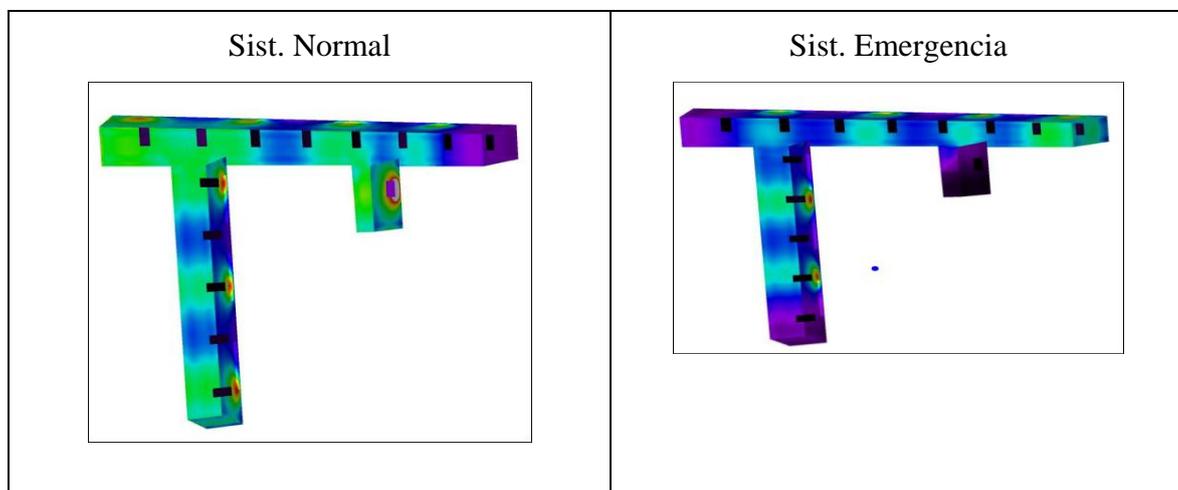


Figura 161 Procesado 3D Área 3

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

c) Representación en colores falsos



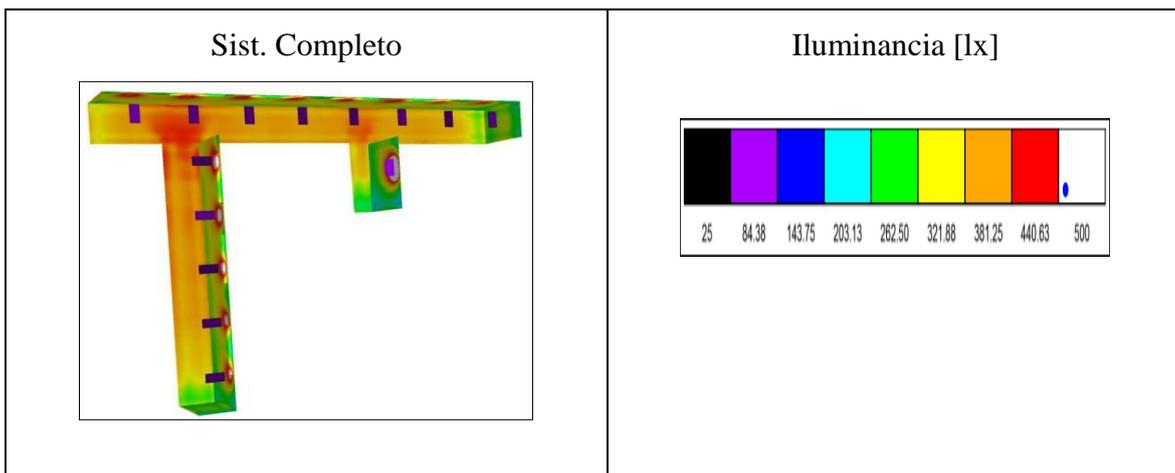


Figura 162 Representación en colores falsos Área 3

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

d) Resumen datos procesados Área3

Tabla 72

Resumen datos simulados Área 3

	Em [lx]	Emin [lx]	E _{max} [lx]	E _{min} / E _m	E _{min} / E _{max}	IEE
Sist. Normal	221	61	380	0,274	1,6	1,48
Sist. Emergencia	178	28	316	0,157	0,088	1,38
Sist. Completo	391	211	468	0,541	0,452	1,47

Fuente: Mediciones hechas por el autor – datos procesados en el Software DIALux
Ver detalle en: ANEXO 1 Resumen del diseño de iluminación Área 3

4.2.4.4. Simulación Área 4

13 luminarias LED 3x18w

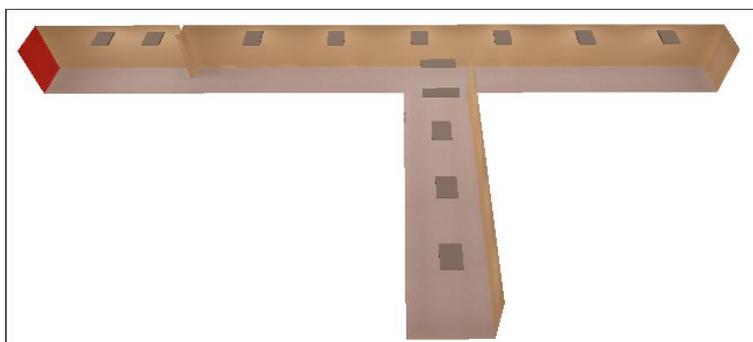


Figura 163 Procesado 3D Área 4

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

a) Representación en colores falsos

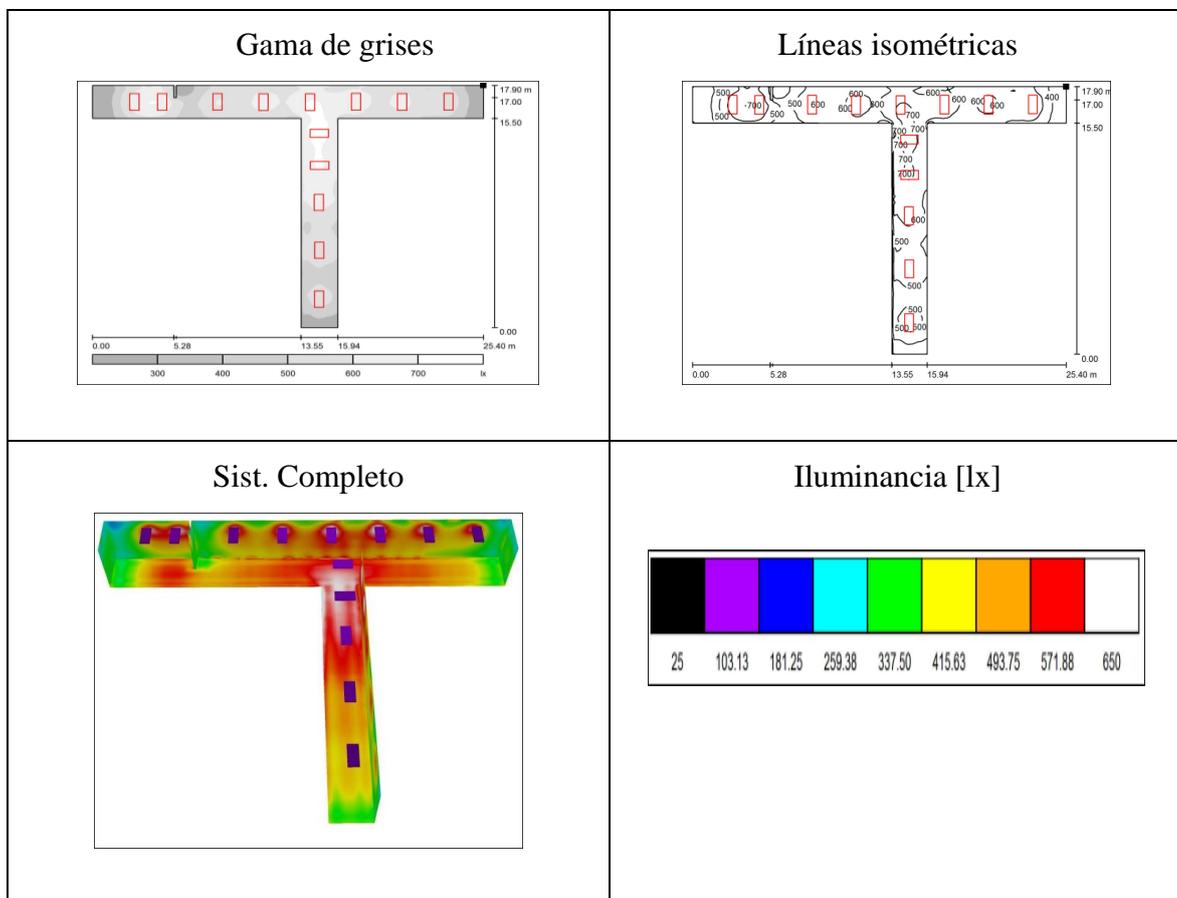


Figura 164 Representación en colores falsos Área 4

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

b) Resumen datos procesados Área 4

Tabla 73
Resumen datos simulados Área 4

	Em [lx]	Emin [lx]	E _{max} [lx]	Emin / Em	Emin / E _{max}	IEE
Sist. Emergencia	557	238	755	0,509	0.375	1,29

Fuente: Mediciones hechas por el autor – datos procesados en el Software DIALux
Ver detalle en: ANEXO 1 Resumen del diseño de iluminación Área 4

4.2.4.5. Simulación Área 5

13 luminarias LED 3x18w

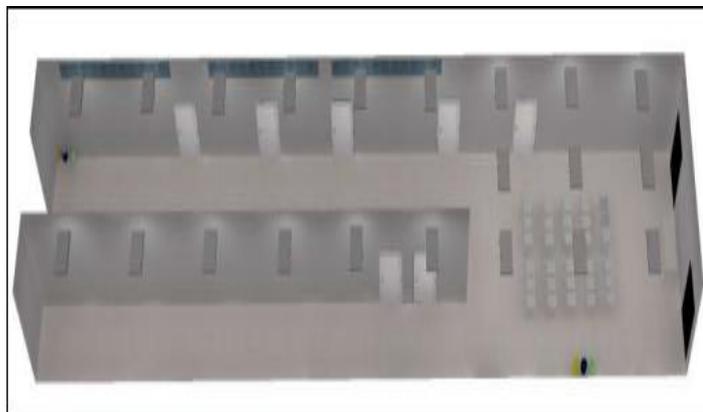


Figura 165 Procesado 3D Área 5

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux
Ver detalle en: ANEXO 1 Resumen del diseño de iluminación Área 5

a) Representación en colores falsos

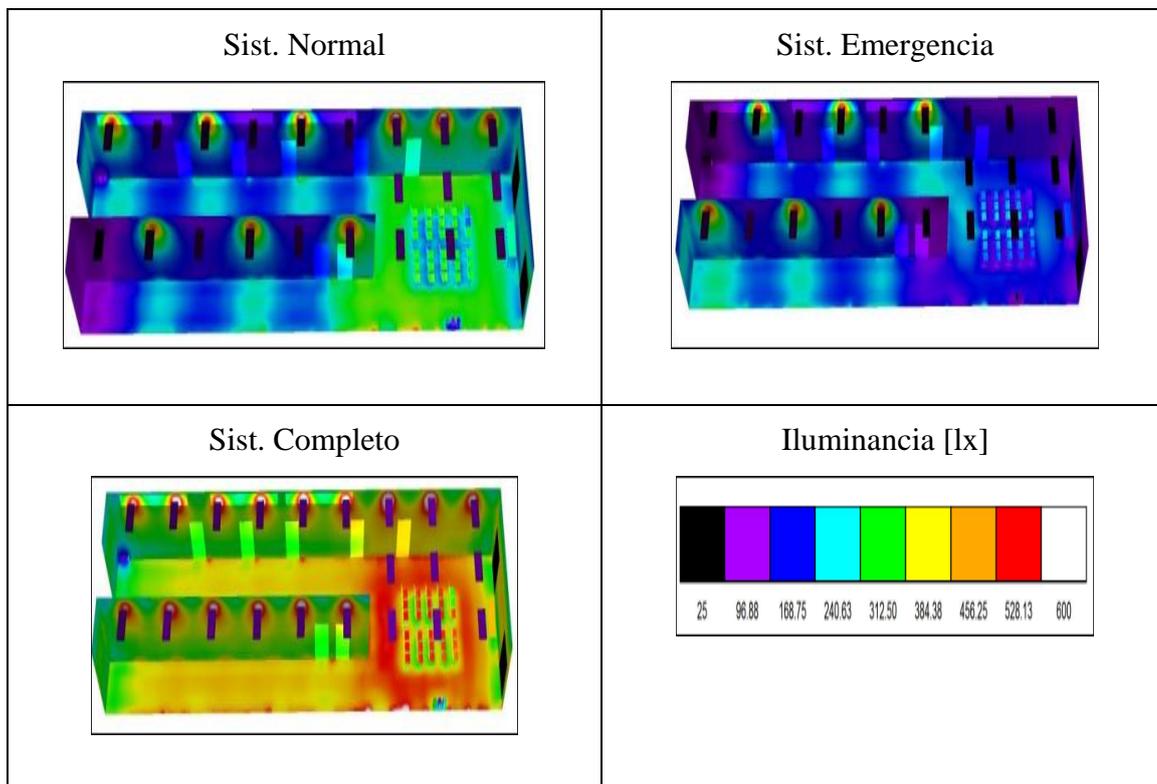


Figura 166 Representación en colores falsos Área 5

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

b) Resumen Datos procesados Área 5

Tabla 74
Resumen datos simulados Área 5

	Em [lx]	Emin [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	IEE
Sist. Normal	271	71	405	0,261	0,175	1,35
Sist. Emergencia	202	62	33	0,307	1,86	1,36
Sist. Completo	461	263	615	0,571	0,43	1,39

Fuente: Mediciones hechas por el autor – datos procesados en el Software DIALux
Ver detalle en: ANEXO 1 Resumen del diseño de iluminación Área 5

4.2.4.6. Simulación Área 6

8 luminarias LED 3x18w

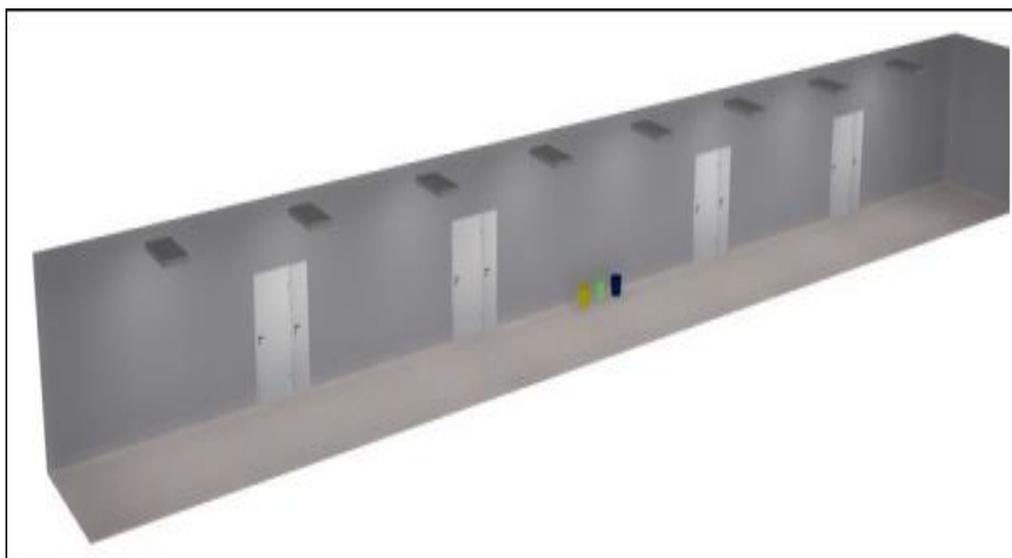


Figura 167 Procesado 3D Área 6

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

a) Representación en colores falsos

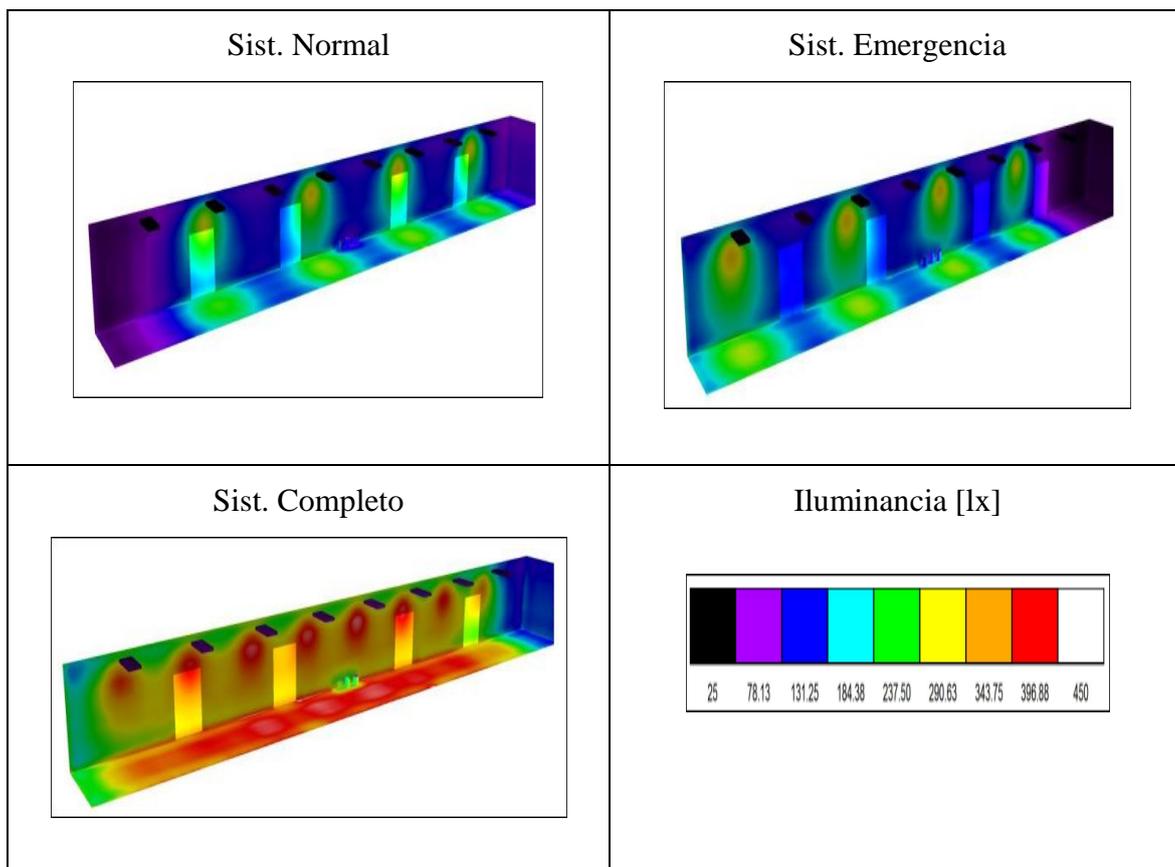


Figura 168 Representación en colores falsos Área 6

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

Ver detalle en: ANEXO 1 Resumen del diseño de iluminación Área 6

b) Resumen datos procesados Área 6

Tabla 75

Resumen datos simulados Área 6

	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax	IEE
Sist. Normal	189	43	381	0,23	0,114	1,12
Sist. Emergencia	10	29	391	0,153	0,075	1,12
Sist. Completo	372	115	514	0,309	0,224	1,14

Fuente: Mediciones hechas por el autor – datos procesados en el Software DIALux

Ver detalle en: ANEXO 1 Resumen del diseño de iluminación Área 6

4.2.4.7. Simulación Área 7

30 luminarias LED 3x18w



Figura 169 Procesado 3D Área 7

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

c) Representación en colores falsos

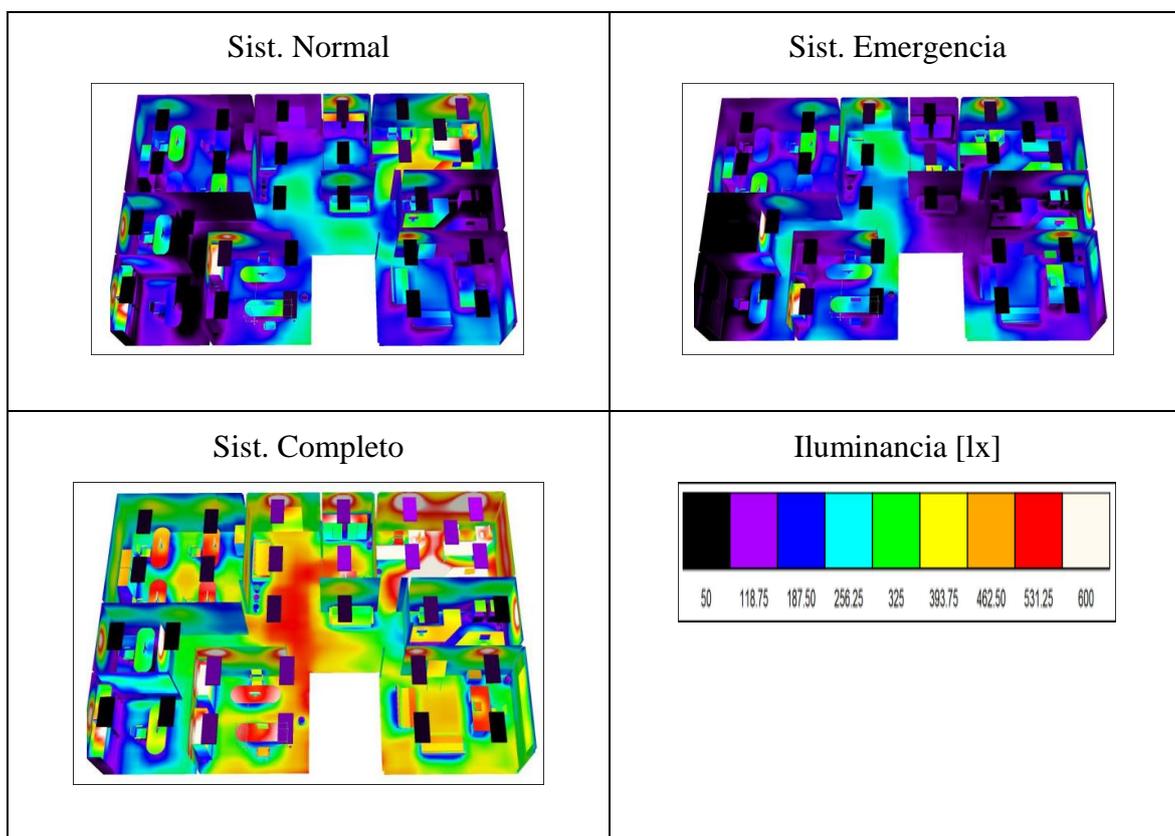


Figura 170 Representación en colores falsos Área 7

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

Ver detalle en: Resumen del diseño de iluminación Área 7

a) Resumen datos procesados Área 7

Tabla 76

Resumen datos simulados Área 7

	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax	IEE
Sist. Normal	254	23	649	0,091	0,36	1,67
Sist. Emergencia	233	15	454	0,065	0,034	1,7
Sist. Completo	487	52	941	0,107	0,056	1,69

Fuente: Mediciones hechas por el autor – datos procesados en el Software DIALux
Ver detalle en: ANEXO 1_ Área 7_Diseño Ilum.

4.2.4.8. Simulación Área 8

7 luminarias LED 3x18w

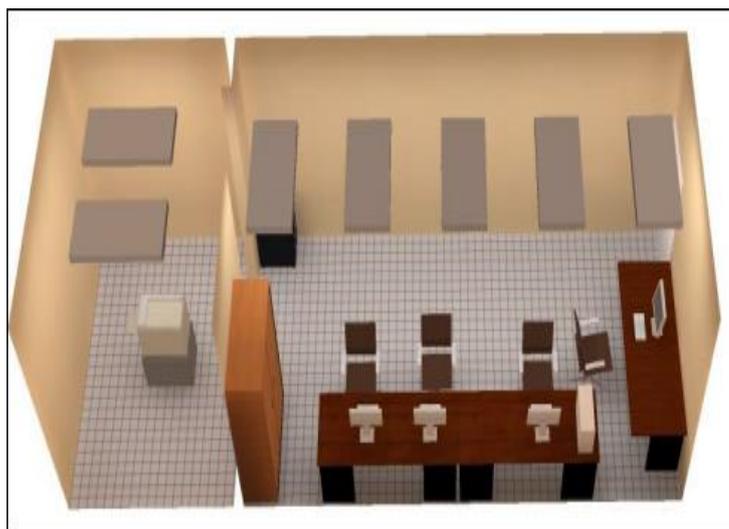


Figura 171 Procesado 3D Área 8

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

b) Representación en colores falsos

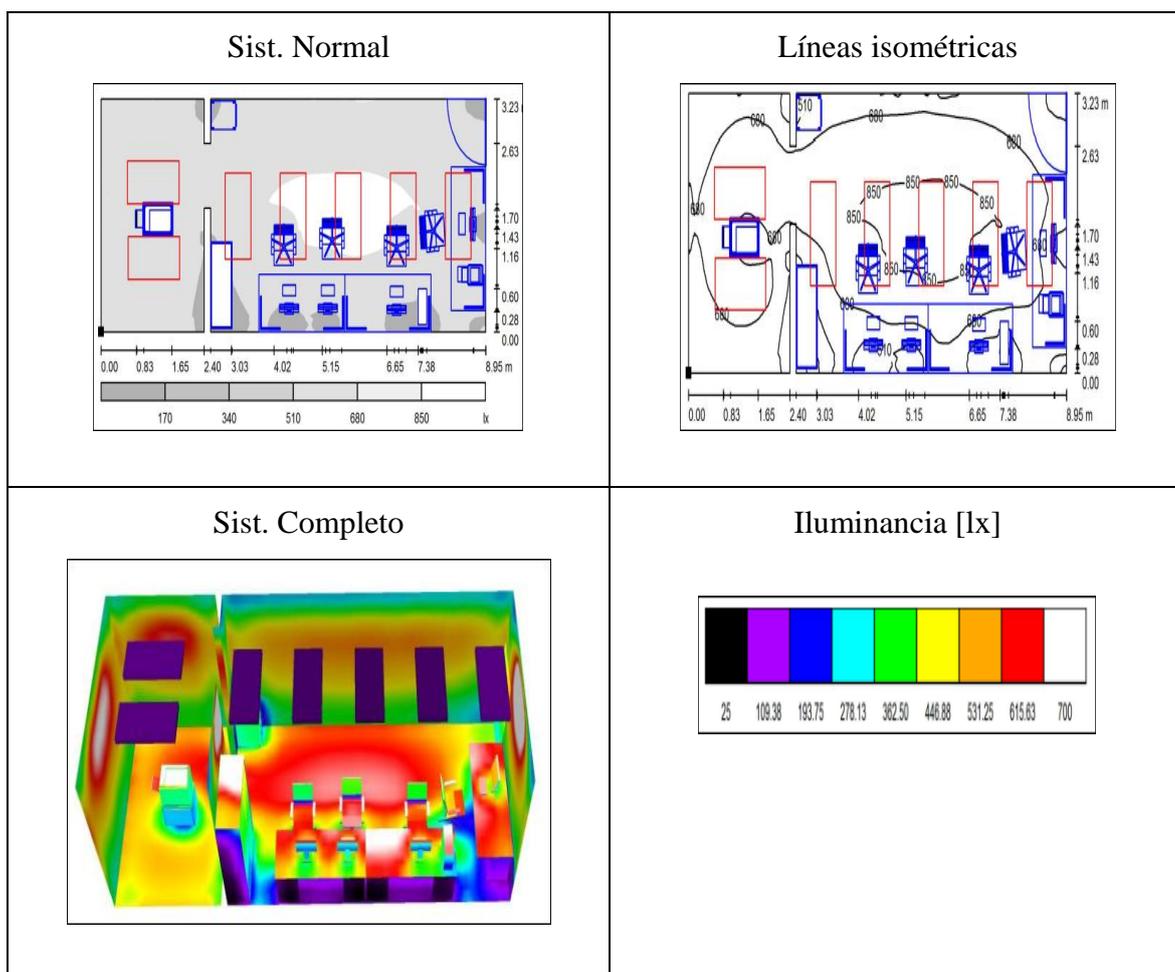


Figura 172 Representación en colores falsos Área 8

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

c) Resumen datos procesados Área 8

Tabla 77

Resumen datos simulados Área 8

	Em [lx]	Emin [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}	IEE
Sist. Emergencia	700	102	904	0,145	0,112	1,89

Fuente: Mediciones hechas por el autor - datos procesados en el Software DIALux

Ver detalle en: ANEXO 1 Resumen del diseño de iluminación Área 8

4.2.4.9. Simulación Área 9

8 luminarias LED 3x18w

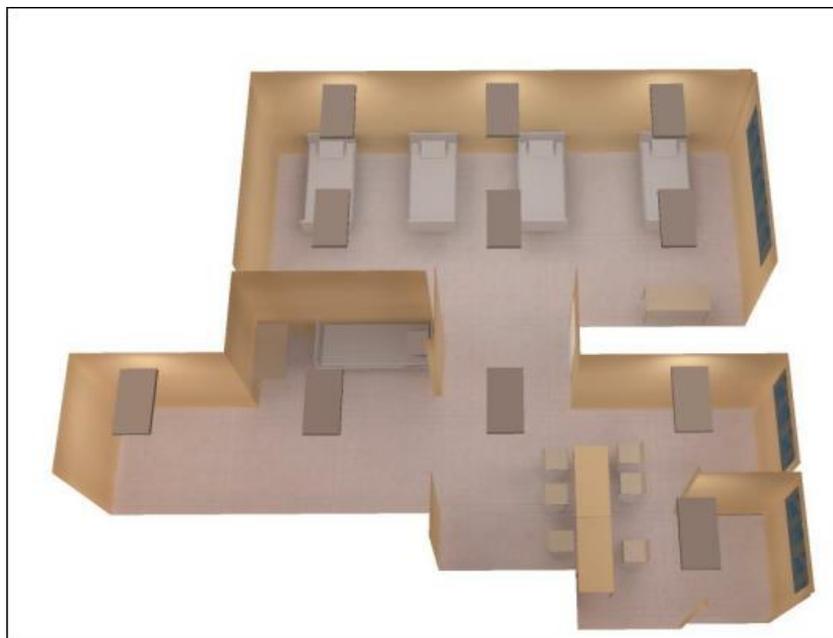
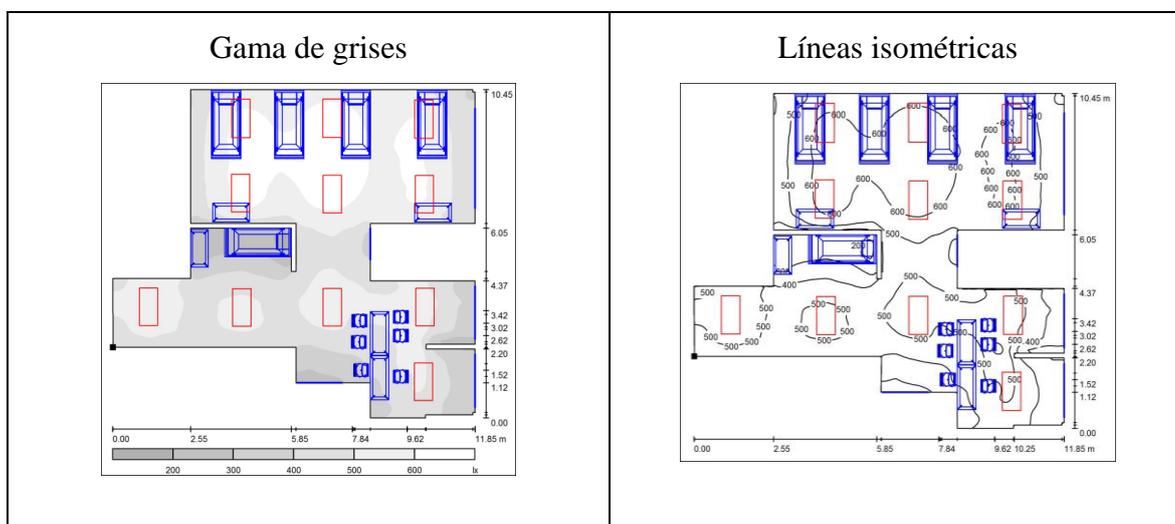


Figura 173 Procesado 3D Área 9

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

d) Representación en colores falsos



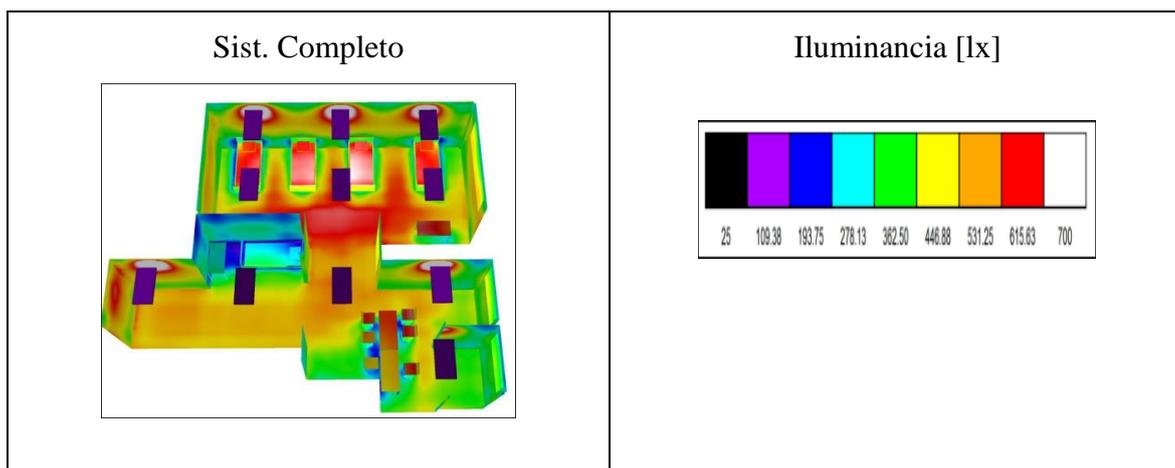


Figura 174 Representación en colores falsos Área 9

Fuente: Diseñado por el autor - datos procesados en el Software DIALux

e) Resumen datos procesados Área 9

Tabla 78
Resumen datos simulados Área 9

	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin / Em	Emin / Emax	IEE
Sist. Emergencia	502	176	669	0,351	2,63	1,39

Fuente: Mediciones hechas por el autor -datos procesados en el Software DIALux
Ver detalle en: ANEXO 1_ Área 9_Diseño Ilum.

4.2.5. Análisis económico

- Costo unitario lámpara: \$ 8.19
- Costo unitario instalación: \$2.24
- Costo energía kWh: \$ 6.2 ctvs Tomado de (Pliego tarifario , 2015) Centros de salud pública.
- Inversión inicial total: \$ 4.478,07

Los resultados del análisis financiero del total del proyecto de cambio de luminarias Fluorescentes a LED se resumen a continuación.

Tabla 79
Análisis económico cambio lámparas

Índice	Unidad	Valor
TIR	%	40%
VPN proyecto (12%)	USD	\$ 4.015,69
Recuperación	años	2,17
Beneficio medio anual	USD	\$ 2.065,90
Costo inversión inicial	USD	\$ 4.478,07
Vpn beneficios (12%)	USD	\$ 6.427,86
Vpn producción (12%)	kWh	86.084,34
Total ahorro por año energía	USD	\$ 1.921,22
Total ahorro por Mantenimiento anual	USD	\$ 144,68
Total ahorro anual	USD	\$ 2.065,90
Inversión inicial	USD	\$ 4.478,07

Fuente: Datos procesados por el autor

Se concluye que la medida representa una TIR de 40%, y una VPN positiva, lo que evidencia la recomendación de adoptar esta medida. El tiempo de recuperación de la inversión por ahorro de energía y mantenimiento es de 2.17 años en total del proyecto.

Se debe indicar que para la propuesta y cálculo se asumió mantener la carcasa de las luminarias y se desconectaría los balastos.

4.2.1. Análisis ambiental.

El impacto ambiental es punto más importante en términos de eficiencia energética, la reducción de emisiones de gases contaminantes por ahorro de consumo energético con la propuesta de cambio de lámparas a tecnología LED representa la no emisión de 1.47 toneladas de CO₂ al año.

Tabla 80
Impacto ambiental cambio lámparas

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DIAS LABORABLES	HORAS POR DIA
Ahorro en potencia Sist. Normal	W	2730		
Ahorro en potencia Sist. Emergencia	W	3276		

Ahorro en potencia total	W	6006		
Horas de encendido al año	horas	4606,62	365	12,6209
Ahorro de energía al año	kWh	27667,332		
Disminución CO₂ al año	kg/año	14.663,69		
Disminución CO₂ en 6 años	kg/6año	87.982,12		

Fuente: Datos procesados por el autor

Càlculo de emisiones CO₂ con el valor equivalente de 0.6267 ton CO₂ por año de MWh (Manual De Eficiencia Energética En Edificios Públicos, 2008)

4.2.2. Resumen reforma.

En la tabla a continuación se presenta un condensado resumido de la reforma tomada, valores que se exponen por sistema normal y de emergencia.

En general se recomienda el cambio de 143 luminarias con un total de 429 lámparas a tecnología LED tubular de 18 W c/u.

Tabla 81
Resumen de reforma cambio lámparas

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	EXISTENTE	REEMPLAZAR	DIFERENCIA
Lámpara	w	32	18	14
Luminarias 3*36w sist. Normal	u	65	65	0
Luminarias 3*36w sist. Emergencia	u	78	78	0
Lámparas a reemplazar LED 18w sist. Normal	u	195	195	0
Lámparas a reemplazar LED 18w sist. Emergencia	u	234	234	0
Mano de obra reemplazo por lámpara	USD		2,24	-2,24
Foco led 18 w	USD		8,1984	-8,20
Total lámparas	u		429	-429
Potencia lum	w	13728	7722	6006
I.E.E. Corredores	u	6.15	1.44	4.71
I.E.E. Oficinas	u	7.20	1.67	5.53
Horas de vida	horas	15000	25000	-10000
Años de vida	años	3,60	6,00	-2,40

Fuente: Datos procesados por el autor

La propuesta de esta medida tiene gran impacto con beneficio directo en la carga actual instalada en el Sistema de Emergencia (TGE), que actualmente tiene una sobre carga máxima pico de +2.17% con respecto al valor de generación que alimenta a este servicio.

Tabla 82
Disminución de carga en TGE

Disminución de carga en TGE	
Potencia activa actual máxima	74,387
Potencia activa máximo	72.8
Disminución de carga en TGE	3,276
Potencia activa con reforma	71,111
Cálculo de sobre carga de potencia activa	-2,32%

Fuente: Datos procesados por el autor

$$\Delta\%P = \frac{(71.11kW - 72.8kW) * 100}{72.8kW}$$

$$\Delta\%P = \frac{-1.68.9kW}{72.8kW} * 100$$

$$\Delta\%P = -2.32\%$$

Con la adopción de la medida el sistema de generación (Grupo Electrónico) y emergencia se encuentran dentro del rango normal de funcionamiento con un -2.32% del valor máximo aceptable de seguridad.

4.3. Sistema automático de encendido de luminarias

Otra de las medidas de ahorro y eficiencia energética planteada es el control de encendido y apagado automático por presencia en las áreas de pasillos, corredores y salas de espera. Esta medida es aplicable en el circuito del sistema de iluminación de emergencia.

Como se observa en la curva de carga de día promedio del Hospital General De Macas (Figura 153) el consumo de energía en horario nocturno, en zonas poco transitadas tiene un valor importante a considerarse y puede ser disminuido.

4.3.1. Descripción de la medida

Instalación el sistema de control lumínico por presencia y crepuscular en el circuito del sistema de iluminación de emergencia en los corredores y pasillos. :

Tabla 83
Áreas de instalación sensores de movimiento y crepuscular

	Área	Luminarias Sist. Emergencia	Lámparas Sist. Emergencia
1	Corredor espera	2	6
2	Hall principal	6	18
3	Corredor 95	4	12
4	Corredor 70	2	6
5	Corredor 67	2	6
6	Corredor 002	9	27
7	Hall emergencia	4	12
8	Espera emergencia	1	3
9	Hall hospitalización	9	27
	TOTAL	37	117

Fuente: Datos procesados por el autor

4.3.2. Plan de acción

Instalación del sistema de encendido automático por medio de módulos controladores con sensores capaces de detector del movimiento para las instalaciones

internas, con contactos libres de potencial. También cuentan con sensor crepuscular y tiempo de retardo.

Tabla 84
Características generales del sistema

Características generales	
Marca	Finder
Modelo	Serie 18.41
Corriente nominal/máx. Corriente instantánea	10/20 a (100 a - 5 ms)
Voltaje nominal/máx. Voltaje de conmutación	230/230 v ac
Potencia nominal en Ac/Dc	2.5/—
Régimen de funcionamiento Ac (50/60 hz)	96...253 v
Profundidad de campo radial	18 m
Profundidad de campo tangencial	30 m

Fuente: Datos proc, CREPUSCULARsados por el autor (Finder, 2015)

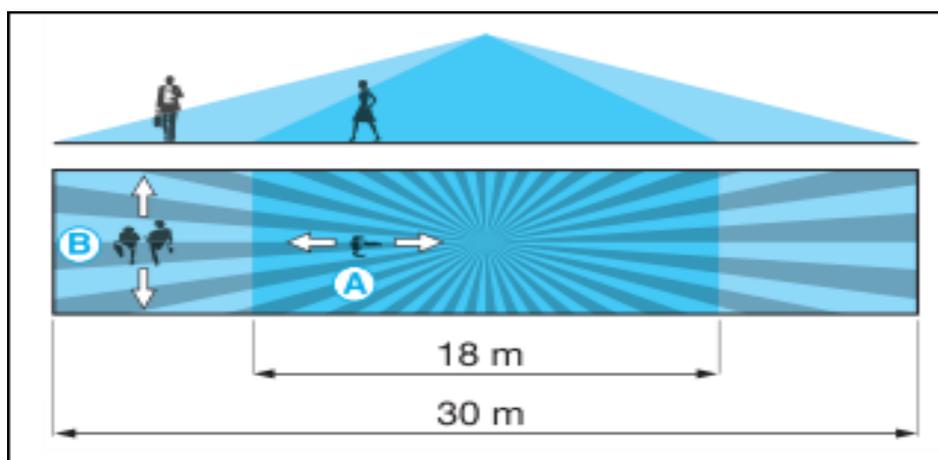


Figura 175 Ángulo de acción

Fuente: (Finder, 2015) ángulo de acción del sensor Finder.

Adicionalmente a esta medida se debe tomar en cuenta el aprovechamiento de la luz natural, ya que al realizar los recorridos por el hospital se pudo ver una arquitectura con amplias áreas de entras de luz natural, lo que reduciría el uso innecesario de iluminación artificial en conjunto con los señores crepusculares de este sistema planteado.

Ver detalle de conexión del sensor de movimiento y controlador en circuito eléctrico de iluminación con doble interruptor e interruptor simple: ANEXO2 Circuito de control de iluminación doble accionamiento, Circuito de control de iluminación simple

Ver detalle de ubicación del sensor de movimiento y controlador en cada área seleccionada en el plano estructural del hospital. ANEXO2 Ubicación de sensores de movimiento para y áreas a intervención

4.3.3. Análisis económico

- Costo unitario por equipo: \$ 35
- Costo unitario instalación: \$10
- Costo energía kWh: \$ 6.2 ctvs Tomado de (Pliego tarifario , 2015) Centros de salud pública.
- Inversión inicial total: \$405,00

Tabla 85
Análisis económico sistema automático de encendido de luminarias.

Índice	Unidad	Valor
TIR	%	15%
VPN proyecto (12%)	USD	\$ 33,92
recuperación	años	3,79
beneficio medio anual	USD	\$ 106,76
costo inversión inicial	USD	\$ 405,00
Vpn beneficios (12%)	USD	\$ 533,78
Vpn producción (12%)	kWh	- 10.761,66
Disminución CO2	kg/año	-768,69

Fuente: Datos procesados por el autor

Se concluye que la medida representa una TIR de 15%, y una VPN positiva, lo que evidencia la recomendación de adoptar esta medida. El tiempo de recuperación

de la inversión por ahorro de energía y mantenimiento es de 3.79 años en total del proyecto.

4.3.4. Análisis Ambiental

La reducción de emisiones de gases contaminantes por ahorro de consumo energético con la propuesta de cambio del encendido automático lámparas a tecnología LED representa la no emisión de 768.69 kg/año CO₂ al año.

Tabla 86
Impacto ambiental encendido automático

Descripción	Unidad	Cantidad	Días Laborables	Horas Por Día
Ahorro en potencia Sist. Emergencia	W	2106		
Horas de ahorro en funcionamiento	horas	730,00	365	2
Ahorro de energía al año	kW	1537,38		
Disminución CO2 año	kg/año	768,69		
Disminución CO2 a los 6 años	kg/6 años	4612,14		

Fuente: Datos procesados por el autor

Cálculo de emisiones CO₂ con el valor equivalente de 0.6267 ton CO₂ por año de MWh (Manual De Eficiencia Energética En Edificios Públicos, 2008)

4.3.1. Resumen de la reforma

En la tabla a continuación se presenta un condensado resumido de la reforma tomada.

En general se recomienda la instalación de un sistema automático de encendido por medio de sensores de presencia y crepusculares con control de tiempo.

Tabla 87
Resumen de reforma encendido automático

Descripción	Unidad	Existente	A reemplazar	Diferencia
Luminarias 3*18w sist. Emergencia	u	37	0	37

Continua 

Lámparas conectadas led 3x18w Sist. Emergencia	u	117	0	117
Sensores de movimiento y crepusculares		0	9	-9
Mano de obra instalación por sensor	USD		10	-10
Años de vida	años	0,00	10,00	-10,00

Fuente: Datos procesados por el autor

La propuesta de la reforma tiene gran impacto de beneficio directo en la en el consumo de energía eléctrica por uso final de iluminación con una reducción mensual de 128.15 kWh mensuales correspondiente al 0.4% del consumo, y una reducción anual de emisiones de 768,69 kg de CO₂.

4.4. Apagado automático de pantallas y computadores

Un ahorro sin costo se puede lograr mediante el apagado de las pantallas y de los computadores en horas no laborables, como son durante el almuerzo o mientras no está en uso.

La actitud y participación de todo el personal en programas de ahorro de energía resultarán imprescindibles a la hora de realizar un balance y darse cuenta de que está en nosotros también contribuir en la reducción de costos energéticos.

4.4.1. Descripción de la medida

El Hospital General de Macas tiene dos tipos de equipos de cómputo y TI. PC de escritorio que corresponde a las computadoras compuestas de CPU, monitor, teclado y mouse, para uso en las oficinas y áreas administrativas. En las áreas de emergencia, hospitalización y consulta externa cuenta con un sistema de procesamiento centralizado y utiliza una terminal Oracle, monitor, teclado y mouse. Como se detalla en la tabla a continuación.

Tabla 88
Descripción de la medida - número de computadores y pantallas

	Cantidad	Potencia c/u W	Potencia total kW
PC escritorio	48	250	12
PC Oracle	43	150	6,45
TOTAL	91	400	18,45

Fuente: Datos procesados por el autor

La propuesta se compone de dos partes, la primera consiste en crear una cultura institucional con apoyo gerencial que promueva el ahorro de energía en todos los aspectos, especialmente de su área de trabajo responsable, en su mayoría ésta se compone por un computador como herramienta de trabajo. Ante esto es importante crear una conciencia ecológica y social al trabajador, estableciendo que siempre que su computador esté inactivo por más de 5 minutos apague su pantalla y entre en modo hibernación. En horas de almuerzo, tiempo mayor a 30 minutos de inactividad del PC y al término de la jornada laboral se debe apagar computador por completo.

La segunda y de mayor impacto se debe trabajar en coordinación con el departamento de sistemas del hospital se puede configurar para que estas acciones puedan ser ejecutadas de forma automática por el mismo computador. De esta forma establecer el objetivo de: Concientiar al personal directivo, médicos, y empleados en general sobre la importancia de las medidas de ahorro energético mediante una campaña de concientización estableciendo una política de permanente divulgación a través de, charlas, capacitaciones y diferentes vías de comunicación interna.

4.4.2. Plan de acción

Elaborar planes de concientización para todo el personal y crear soporte en todos los niveles de organización para las iniciativas y los objetivos de gestión energética.

La implementación y seguimiento del cumplimiento de esta medida debe formar parte un programa de concientización liderado por los responsables de cada uno de los jefes de departamentos o áreas del hospital.

Configurar los computadores para ahorro de energía en modo suspensión hibernación y apagado automático.

Tabla 89
Equipos a intervenir con la medida propuesta

	Cantidad	Potencia c/u W
PC escritorio	48	250
PC Oracle	43	150
Total	91	400

Fuente: datos Procesados por el Autor.

4.4.3. Análisis económico

Al ser un plan de cultura instruccional de ahorro de energía eléctrica, que no implica la instalación o modificación del sistema actual en funcionamiento, no requiere inversión inicial directa. Los recursos deberán ser direccionados en la campaña y promoción de las medidas de buenas prácticas que los empleados deben tener.

Sin embargo los beneficios de esta propuesta tienen gran impacto económico y ecológico como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 90
Análisis económico sistema automático de encendido de luminarias

INDICE	UNIDAD	VALOR
TIR	%	-
VPN proyecto (12%)	USD	\$ 3.021,58
Costo inversión inicial	USD	\$ -
Recuperación	años	-
Beneficio medio anual	USD	\$ 734,93
VPN beneficios (12%)	USD	\$ 640,53
VPN producción (12%)	kWh	3.513,59
Disminución CO2 año	kg/año	5.609,32

Fuente: Datos procesados por el autor

Se espera un beneficio anual de USD \$ 734,93 por motivo de ahorro energético. Se estima ahorrar aproximadamente 10583,62 kWh.

4.4.4. Análisis ambiental

La reducción de emisiones de gases contaminantes por ahorro de consumo energético con la propuesta apagado automático de monitores y computadores representa la no emisión de 5291.81 kg/año CO₂ al año

Tabla 91
Impacto ambiental apagado monitores

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DIAS LABORABLES	HORA S / DIA
Ahorro en potencia PC Escritorio	kW	12		
Ahorro en potencia PC Oracle	kW	6,45		
Horas de ahorro en funcionamiento PC Escritorio	Horas	391,50	261	1,5
Horas de ahorro en funcionamiento PC Oracle	Horas	912,50	365	2,5
Ahorro de energía al año	kWh	10583,62		
Disminución CO2 anual	kg/ año	5291,81		
Disminución CO2 a los 6 años	kg/6 años	15875,43		

Fuente: Datos procesados por el autor

4.5. Control del sist. De aire acondicionado en oficinas

El sistema de aire acondicionado corresponde al 15% del total de carga instalada en el hospital y representa el 19.33% del componente de consumo de energía diaria promedio. Por este motivo es un punto que puede ser optimizado bajo medidas de cultura institucional, ajustes en el sistema de control del termostato, y opciones de mando a dormir.

4.5.1. Descripción de la medida

En las áreas de oficinas y administración el uso de aire acondicionado no es usado de forma adecuada, el sistema pasa prendido por toda la jornada laboral.

Se plantea como medida de uso eficiente de la energía eléctrica la intervención de 8 sistemas de aire acondicionado de las áreas de oficinas. Para regulación de temperatura, pagado en horas no útiles. En las 14 restante se plantea la regulación de temperatura puesto que son áreas poco usadas como son el auditorio, y las otras por ser uso permanente como son en las áreas de emergencia y quirófanos.

Tabla 92
Equipos de aire acondicionado instalado

EQUIPO	POTENCIA [W]	CANTIDAD	TOTAL [W]
A/C 120BTU	3890	7	27230
A/C 24 BTU	2100	15	31500
Total	5990	22	58730

Fuente: Datos procesados por el autor.

4.5.2. Plan de acción.

- Reducir las entradas de aire exterior mediante una adecuada hermeticidad de las puertas, empleo de puertas automáticas, cortinas, reducir el tiempo de apertura de las puertas mediante medidas organizativas.
- Ajustar los termostatos en locales climatizados a 24 °C
- Los termostatos solo puedan ser manipulados por el personal de servicio
- Apagar los equipos de climatización en habitaciones vacías.
- Programar los termostatos para apagado automático en horario de 12:00 a 14:00 en las áreas de oficina.
- Programar los termostatos para apagado automático en horario de 20:00 a 6:00 en las áreas de uso general ya que en este horario se mantiene una temperatura inferior a los 20°C ideal para atención médica. De acuerdo a la normativa (NFPA, 2005).



Figura 176 Sist. de control y termostato -aire acondicionado en oficinas

Fuente: realizado por el autor.

4.5.3. Análisis económico.

Al ser estas medidas de un plan de cultura instruccional en el ahorro de energía eléctrica, que no implica la instalación o modificación del sistema actual en funcionamiento, no requiere inversión inicial directa. Los recursos deberán ser direccionados en la campaña y promoción de las medidas de buenas prácticas que los empleados deben tener.

Sin embargo los beneficios de esta propuesta tienen gran impacto económico y ecológico como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 93
Análisis económico ahorro aire acondicionado

ÍNDICE	UNIDAD	VALOR
TIR	%	-
VPN proyecto (12%)	USD	\$ 6.839,75
Costo inversión inicial	USD	\$ -
Recuperación	años	-
Beneficio medio anual	USD	\$ 1.663,60
Vpn producción (12%)	kWh	98.498,68
Disminución CO2 año	kg/año	11.978,71

Fuente: Datos procesados por el autor

Se espera un beneficio anual de USD \$ 1663.60 por motivo de ahorro energético. Se estima ahorrar aproximadamente 98.498,68 kWh.

4.5.4. Análisis ambiental.

El impacto ambiental por motivo de la no emisión de gases contaminantes por energía eléctrica equivale a 11978.71 Kg – CO₂ al año

Tabla 94
Impacto ambiental sistema aire acondicionado

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	DÍAS LABORABLES	HORAS POR DÍA
Ahorro en potencia PC Aire acondicionado	kWh / año	23957,41		

Horas de ahorro en funcionamiento PC Oracle	horas	574,20	261	2,2
Disminución CO2 anual	kg/ año	11978,71		
Disminución CO2 a los 6 años	kg/6 años	35936,12		

Fuente: Datos procesados por el autor

4.6. Resumen general de las medidas propuestas

Se han planteado 4 planes de eficiencia en uso de la energía eléctrica para el Hospital General de Macas:

1. Cambio a lámparas LED 18w
2. Sist. Automático de encendido de luminarias.
3. Sist. Apagado automático de pantallas y computadores.
4. Control y uso del sistema de aire acondicionado.

En resumen la adopción de estas medidas como plan de uso eficiente de energética eléctrica representa una reducción en consumo de energía de 63745,75 kWh anuales, en lo ambiental significa una reducción de 33.066,52 kg CO₂. En términos económicos se estima una reducción USD \$ 4571,19 anuales que representa el 13.9% del total consumido por ahorro en la planilla eléctrica y en mantenimiento.

En la siguiente tabla se resumen las medidas planteadas y sus beneficios: del Estudio del uso eficiente de la energía eléctrica en el Hospital Público General De Macas

Tabla 95
Tabla resumen de medidas planteadas para el H.G.M.

AHORRO EN ELECTRICIDAD									
No	Descripción	Demand a W	Energía kWh/añual	Reducción costos USD/año	Costo impleme ntación USD	Retorno de inversión año	VPN USD	TIR	Reducción Kg - CO2
1	Cambio a lámparas LED 18w	6006	27.667,33	2.065,90	4.478,07	2,17	4.015,69	40%	14.663,69
2	Sist. Automático de encendido de luminarias.	2106	1.537,38	106,76	405	3,79	33,92	15%	814,81
3	Apagado automático de pantallas y computadores	18450	10.583,63	734,93	-	-	3.021,58	-	5.609,32
4	Control Sist. Aire acondicionado	58730	23957,42	1663,61			6.839,75		11.978,71
	Total	85292	63745,75	4571,19	4883,07	1.06	\$	90%	33.066,52
							11.595,05		

Fuente: Realizado por el Autor.

La tabla a continuación muestra la comparación entre los valores del índice de calidad energética sin aplicación de medidas de uso eficiente de la energía con los valores generados en aplicación de las medidas.

Tabla 96
Indicadores de Eficiencia Energética en el Hospital General de Macas

INDICADOR	DIMENSIÓN	SIN MEDIDAS	CON MEDIDAS
Índice de consumo total de energía por área	kJ/m ² -año	421920,00	363077,77
Índice de consumo total de energía por ocupante permanente	kJ/persona-año	28533,32	24553,98
Índice de costo total de energía por área	USD/m ² año	8,14	7,00
Índice de costo total de energía por ocupante permanente	USD /persona-año	0,55	0,47
Índice de consumo de electricidad por área	kWh/m ² año	117,20	100,85
Índice de consumo de electricidad por ocupante permanente	kWh/persona-año	7,93	6,82
Índice de emisiones por área	kg CO ₂ /m ² -año	242252,40	208467,15
Índice de costos (costos energéticos con respecto a costos totales)	%	0,397%	0,341%

Fuente: Realizado por el Autor.

Como se observa en la figura a continuación la aplicación de estas medidas genera una re distribución de consumo de energía por usos finales con relación al total.

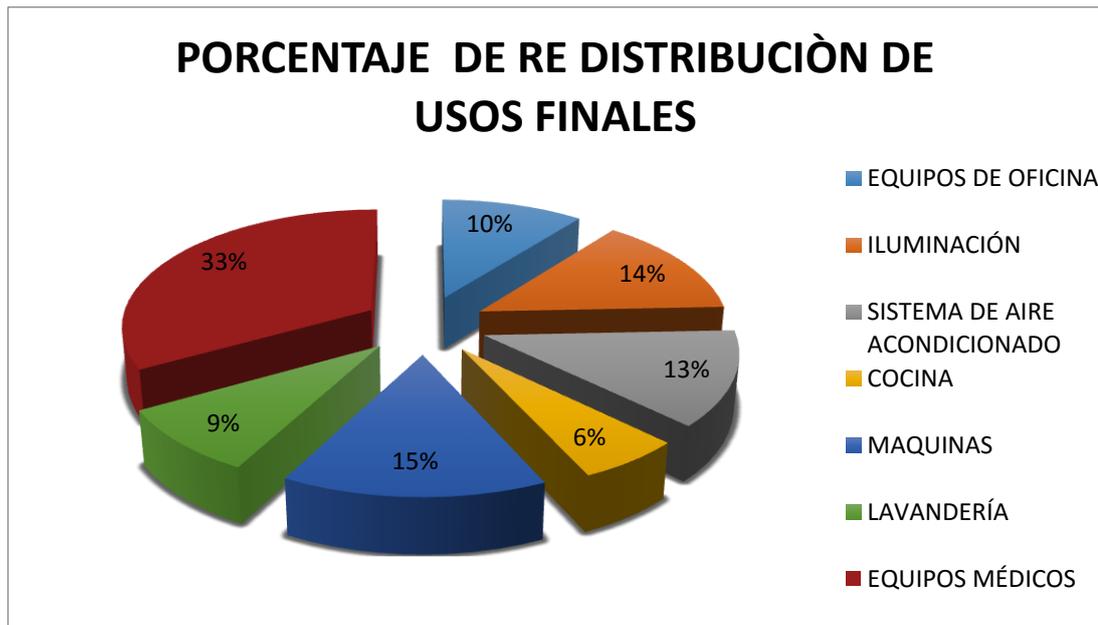


Figura 177 Porcentaje de re distribución de usos finales

En comparación con la Figura 154. Porcentaje de distribución de carga de usos finales en día promedio, los valores de la re distribución con planes y medidas de uso eficiente de energía; observa una disminución en el sistema de iluminación del 19% sin medida se pretende reducir al 14%.; en quipos médicos del 33% al 26% de la composición total

4.7. Gestión de uso eficiente de la energía eléctrica

La adopción de un sistema o planificación del uso eficiente de la energía eléctrica tiene que estar soportado por una determinada estructura organizativa, en la que queden claramente determinadas las funciones y responsabilidades de dicha estructura y sus componentes en la administración de la energía. Bajo la premisa que cualquier estructura organizacional, debe ser capaz de implementar la política energética.

Fomentar una conciencia cultural de buenos hábitos de uso de la energía y protección del medio ambiente con todo el personal que labora en el hospital es un enfoque primordial para la sustentación de estas buenas prácticas expuestas en este estudio, con el propósito que todos los ocupantes del edificio sean partícipes conscientes de las acciones de ahorro de energía, y así ser un reflejo en la gente que visita y hace uso de los servicios médicos en esta casa de salud.

La participación del personal debe ser abierta en todas las áreas para que sean entes que reporten oportunamente el gasto innecesario de energía, el deficiente funcionamiento de los sistemas y equipos, que generen y sugieran nuevas medidas o proyectos de ahorro de energía que puedan implementarse en su área o en el edificio en general.

Para ello se requiere canales de información internos, así como charlas y seminarios especializados, publicidad interna. Enfatizar en la responsabilidad que tiene el sector público de ser ejemplo de eficiencia económica y respeto ambiental. Destacar la importancia y beneficios que tiene la gestión energética para el confort, la salud y la seguridad de los ocupantes del hospital, así como para el cumplimiento de la política ambiental del país.

4.7.1. Comité de gestión de eficiencia energética (CGEE)

El comité tiene como objetivo principal establecer las políticas, controles, planificación, y coordinación con el personal para lograr un uso más racional y eficiente de la energía, reducir los consumos y costos energéticos, sin perjuicio del confort, productividad, calidad de los servicios hospitalarios.

El CGEE debe ser dirigido por un coordinador o administrador del área de manejo energético del hospital y apoyador representantes de todas las áreas, y debe ser socializado con el personal.

Este comité tiene que desarrollar dentro del proceso fusiones y actividades, que se exponen a continuación.

- Estableces programas educativos y sensibilización a través de medios como: folletos, carteles, adhesivos, concursos, charlas, intranet, etc., con el propósito a promover una cultura energética y ambiental en la institución.
- Identificar el personal que decide en los consumos y la eficiencia energética del edificio y establecer un programa de atención, motivación y capacitación especializada para el mismo. A través de una matriz de clasificación de involucrados.

- Evaluar las actitudes del personal, hábitos y costumbres sobre el uso de la energía e con la finalidad de plantear soluciones para mejorarlos. Una evaluación de la cultura organizacional y sus reflejos ante las medidas.
- Mantener un conocimiento actualizado sobre la política energética y los programas nacionales de eficiencia energética, las tarifas eléctricas y de otros energéticos, y el marco legal y regulatorio para la eficiencia energética vigente en el país.
- Generar y establecer la idea de la gestión de energía dentro del hospital y servir como intermediario entre la dirección y las áreas operativas

4.7.2. Política Energética

La gestión del uso eficiente de la energía eléctrica apropiada, consecuente y objetiva constituye el punto de partida esencial en la aplicación de medidas para ahorro energético.

Estas medidas deben basarse en una política energética desarrollada a partir de las metas estratégicas del hospital, y en correspondencia con otras políticas (de calidad, ambiental, etc.), así como con la misión y visión institucional.

Una política energética debe incluir fundamentos básicos como por ejemplo:

- Definición de objetivos generales y alcance de la gestión energética.
- Establecimiento de metas.
- Definición de la estructura organizativa para la gestión energética, funciones y responsabilidades.
- Asignación de recursos humanos, responsabilidades y criterios para el uso de asesoría externa.
- Asignación de recursos financieros y provisión anual para la adopción de las medidas de ahorro energético y funcionamiento del Comité de Gestión Energética del edificio.

- Definición de criterios financieros para las inversiones.
- Definición de bases y estrategia para el monitoreo y control energético.
- Proyección de las campañas y acciones de divulgación, sensibilización y capacitación del personal.
- Establecimiento de un esquema de motivación e incentivos.

4.7.3. Proceso de gestión en el uso eficiente de la energía eléctrica

Para llevar a cabo y ejecución de dichas medidas de ahorro el Cuerpo de Conocimiento en Gestión de Cambios Humanos, establece directrices y herramientas de planificación alineadas con la gestión de proyectos. El objetivo principal es el identificar la cultura institucional, romper paradigmas e implantar buenas practicas con aceptación y apoyo de los participantes del proceso.

El proceso cuenta con 6 macro actividades flexibles con un conjunto de prácticas, metodologías y herramientas desde el punto de vista tales como la gestión de proyectos aplicativos en cualquier área de la ingeniería más aun en sistemas de control, donde los cambios tecnológicos generan un impacto y cambio en la adaptación de estos .



Figura 178 Macro actividades HCMBOK

Fuente: Información tomada de: (Concalves, 2014)

Para la implantación de las medidas del uso eficiente de energía eléctrica: 1) Uso adecuado de iluminación, 2) Apagado automático de pantallas y computadores en horas no laborables. 3) Uso adecuado del sistema de aire acondicionado en oficinas. Medidas en las cuales el aspecto participativo directo es el del personal que labora en el hospital. A partir de ello se ha tomado de la guía metodológica la propuesta de las

siguientes cinco macro actividades y actividades resumidas como directrices a desarrollar:

1) Iniciación y planificación

Esta es la etapa de evaluación y planificación de los componentes que influirán en el compromiso del personal en la adopción de las medidas.

La definición del proyecto bajo un lema de “*Salud Verde*” con el propósito y objetivo del ahorro de la energía en hospital.

1.1- Definición del patrocinador	1.2- Definición de propósito	1.3- Definición del patrocinador
Desde la gerencia ser partícipes líderes de las propuestas	Definir una identidad de servicios de salud con conciencia ambiental	Desde la gerencia ser partícipes líderes de las propuestas
1.4- Identificación de involucrados	1.5- Evaluar características culturales	1.6- Establecer los planes de acción
Jefes de áreas y departamentos Área de mantenimiento del hospital Posibles antagonistas a las medidas	Comportamiento del hospital y uso de la energía	Medidas de uso eficiente definidos en este estudio

Figura 179 Etapa de Iniciación y planificación

Fuente: realizado por el autor basado en HCMBOK

Ver detalle de herramienta en: ANEXO3 Evaluación de los Impactos Organizacionales. Evaluación de la cultura organizacional y sus reflejos en el cambio. Matriz de Clasificación de Stakeholders.

2) Adquisición

En esta etapa entran en escena los proveedores de servicios y/o materiales, los cuales a pesar de tener los mismos propósitos los objetivos de cada uno son diferentes, en el caso de una intervención profunda de los proveedores la interacción cultural con el personal puede causar incomodidades. Para ello es importante:

2.1 Evaluar los riesgos de choques culturales proveedores-equipo	2.2 Gestión del conocimiento
En caso de una intervención directa de un proveedor en trabajos dentro del hospital, se debe evaluar el impactos que tiene esta presencia tanto para los pacientes como para los trabajadores, y tomar acciones mitigantes al respecto.	Identificar al personal a fin al objetivo para su capacitación sobre el uso eficiente de la energía eléctrica, para que transmita a los demás su conocimiento.
2.3 validar papeles y responsabilidades	2.4 Integración cultural
Definir los responsables de ejecución de trabajos o compra de equipos energéticamente eficientes	Presentar la misión visión del hospital. Discutir sobre relaciones y forma de trabajo.

Figura 180 Etapa de adquisición

Fuente: realizado por el autor basado en HCMBOK

3) Ejecución

Empezar bien esta etapa a través de un evento de lanzamiento con dinámicas motivacionales de compromiso con el propósito planteado.

3.1 Evento de lanzamiento Kick-Off	3.2 Gestión de aprendizaje
Realizar actividades de motivación. Publicidad con el logotipo ecológico en los puntos de energía del hospital	Capacitar al personal sobre como acoger las medidas de ahorro energético. Comprometer a la gente responsable del mantenimiento continuo del hospital

Figura 181 Etapa de Ejecución

Fuente: realizado por el autor basado en HCMBOK

4) Implementación

En esta etapa las medidas de uso eficiente están socializadas con todo el personal, es importante la participación de ellos en dar propuestas de mejora, para crear confianza de compromiso con la causa.

4.1 Evaluar el grado de confianza ante las medidas	4.2 Asegurar el compromiso con los jefes de cada área/ departamento
Programar medidas para superar resistencias camufladas de inseguridad y rechazo	Identificar obstáculos Incentivar a las áreas con menores resultados de ahorro de energía

Figura 182 Etapa de Implementación

Fuente: Realizado por el autor basado en HCMBOK

Ver detalle de la herramienta en : ANEXO3_ Template-Evaluación-de-los-Impactos-Organizacionales

5) Finalización

Se consolida la formación y conocimiento de causa de las medidas de ahorro y uso eficiente de energía.

5.1 Reconocer el desempeño de los equipos y el individual de los trabajadores	5.2 Celebrar metas alcanzadas
Promover el reconocimiento del trabajo en equipo.	Promover momentos lúdicos y premiación a las áreas con mejor uso de la energía eléctrica ha desempeñado. Mantener el compromiso para una mejora continua

Figura 183 Etapa de Finalización

Fuente: Realizado por el autor basado en HCMBOK

6) Producción

Es importante consolidar el cambio en las raíces organizacionales, que sea parte del diario vivir totalmente integrado a la cultura de trabajo

6.1 Asegurar el sostenimiento del cambio
<ul style="list-style-type: none">-Definir los indicadores de eficiencia energética alcanzados.-Escuchar nuevas propuestas de mejora y eficiencia.-Realizar una exposición participativa.-Generar bitácoras de lecciones aprendidas como mejora continua

Figura 184 Etapa de producción

Fuente: Realizado por el autor basado en HCMBOK

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

En el presente capítulo se desarrolla el estudio de factibilidad de una red eléctrica alterna y un sistema de transferencia automática ya que el Hospital General de Macas cuenta actualmente con un solo alimentador principal en medio voltaje (Alim 2122) para el suministro de energía eléctrica. Por tal motivo se considera necesaria la conexión de un segundo alimentador principal en medio voltaje como sistema redundante de suministro de energía eléctrica, consideración importante dentro del Índice de Seguridad Hospitalaria.

De acuerdo con los planos GIS y trazados de la E.E Centro Sur, en el sector donde se encuentran las instalaciones del hospital y sus alrededores se tiene solamente dos redes en medio voltaje que son el alimentador N° 2122 que actualmente está conectado en servicio al hospital, y el alimentador N°2121 el cual tiene un seccionador manual para conexión con el alim.2122 en caso de falla, este está ubicado sobre la calle 13 de Abril en el poste N°156883. Es de este punto desde el cual se pretende hacer una derivación en medio voltaje hasta el hospital de acuerdo al recorrido detallado en arranque de la red y las consideraciones técnicas expuestas en los siguientes puntos.

5.1. Red de medio voltaje de alimentación alterna

Para la selección de la ruta y trazado de la extensión del alimentador N°2121 hasta el hospital se tienen dos consideraciones, la primera que corresponde a la de menor distancia, y la segunda, a la que menor costo puede tener de acuerdo al trazado, de acuerdo a ello se ha seleccionado la Ruta 1 (color Azul) con un trazado de 574m. (Trazados expuestos en este documento en el punto 3.4.1.Descripción de Rutas de alimentadores cercanos). Pese a ser la de mayor longitud, fue seleccionada ya que el recorrido en su mayoría es aéreo utilizando la infraestructura con los postes existentes ya que cumplen con las características técnicas para el recorrido de alimentador en MV, y solo son necrosarías hacer tramos cortos soterrados en las curvas del recorrido.

Ya en el hospital es necesaria la construcción de un espacio cubierto para la instalación de una nueva cámara de transformación y sistema de transferencia automática en medio voltaje entre estos alimentadores.

5.1.1. Arranque de la red

Para la implementación de la extensión de un segundo alimentador alternativo de energía eléctrica pública en medio voltaje hasta el Hospital General de Macas se debe hacer la derivación aérea del Alim. 2121 desde la calle 13 de Abril con intersección de la calle Miguel Noguera, el voltaje nominal en este punto es 22800 V entre fases.

El recorrido iniciara en el poste Pe0 (N°156883) haciendo una derivación del alimentador 2121 y desde este punto se avanza de forma soterrada (pozos Z0 y Z1) cruzando la calle Miguel Noguera hasta el poste Pe1 (N°219398), desde allí el seguirá la trayectoria de forma aérea hasta el poste Pe2 (N°219491) en la intersección con la calle Justa María Rivadeneira, en este punto se hará un soterramiento (pozos Z2,Z3,Z4) con dirección a la izquierda hasta el poste Pe3 (N°385301). Desde este poste nuevamente retoma el recorrido de forma área hasta el poste Pe10 (N°385288) sobre la misma calle hasta la intersección con la calle Ernesto Lara, allí nuevamente se hace un soterramiento (pozos Z5,Z6,Z7) con dirección hacia la izquierda hasta el poste Pn0 (N°373168) que será reemplazado por Po3 donde nuevamente retomará de forma aérea reemplazando en esta misma calle el poste Pn1 por Po2 y aumentando Po1 y Po0 hasta culminar dentro del hospital. Para la conexión y transferencia interna donde se establecerán y ubicarán todos los elementos requeridos para una segunda cámara de transformadores para independizar los dos servicios mediante un sistema de control automático que se establecerá con un tablero de transferencia en bajo voltaje.

Este recorrido tiene un trazado total del 574m, quince postes de 12m, con una resistencia constructiva de 400Kg/cm² cada uno. El trazado del recorrido de la propuesta planteada se puede observar en color azul en la figura a continuación.

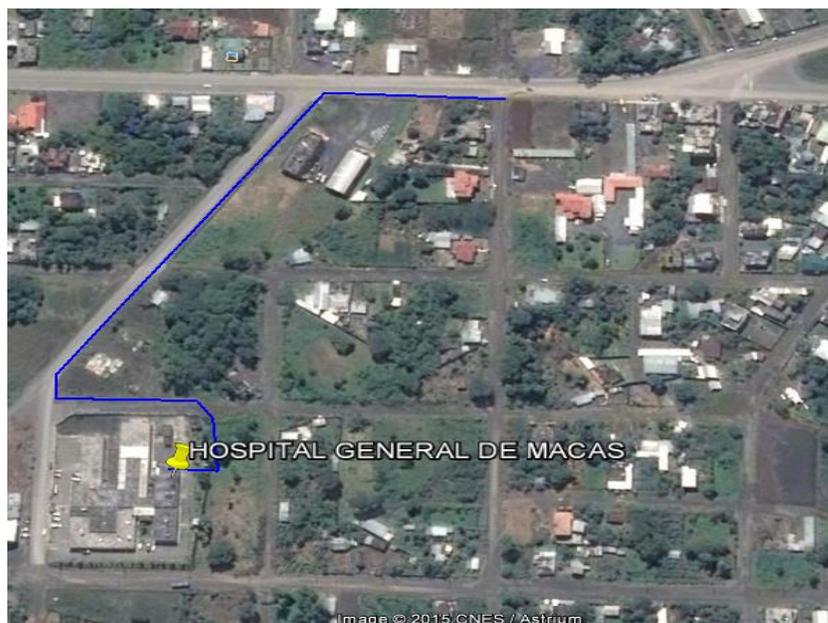


Figura 185 Recorrido de extensión de red alterna MV del HGM

Fuente: Realizado por el autor – imagen de Google Maps vista satelital

Recorrido de 574 m

- 15 postes
- PHC12_400
- Altura: 12m
- Resistencia: 400kg/cm²

Ver detalle en : ANEXO4. Diagrama unifilar detallado H.G.M.



Figura 186 Postes actuales Calle Justa María Rivadeneira

Fuente: Realizado por el autor- vista de oeste a este de la calle Justa María Rivadeneira.

5.1.2. Estudio de la demanda

El presente estudio de factibilidad se lo ha realizado de conformidad con lo establecido por el ARCONEL y la E.E Centro Sur habiéndose tomado como base el estudio de la demanda y calidad energética expuestas en este proyecto así también las normas de diseño vigentes.

El estudio de acuerdo a las mediciones entregadas por la E.E. Centro Sur, se ha determinado:

Demanda máxima: 272 kW.

Factor de potencia: 0.96499

De acuerdo a ello el alimentador N° 2121 cuenta con la capacidad suficiente para el suministro de energía eléctrica en este punto.

5.1.3. Equipos de protección

En cumplimiento a las normas internacionales y en especial a las de la E.E. Centro Sur, establecidas para la protección de líneas de transporte de energía eléctrica y transformadores, para el presente proyecto se instalarán los siguientes equipos:

1. Un seccionador - fusible rompe arco de medio voltaje tipo abierto en la derivación de la red aérea instalados en el poste (poste Pe0) ubicado en la Av. 13 de Abril de igual forma en el interior del hospital en el poste Po0 , las especificaciones de los mismos es de 27 KV - 100 A y tira fusibles de 12 A tipo "K".
2. Un pararrayos tipo distribución, clase 18 KV.
3. Un seccionador 27 KV - 100 A y tira fusibles de 100 A tipo "H".
- 2) Breaker trifásico tipo sobrepuesto en el lado de bajo voltaje en el transformador tipo pedestal, para la protección en bajo voltaje de las barras de cobre de distribución del tablero de distribución principal, como se describe en la lista

de materiales Anexos 6 referente a los planos del proyecto con el diagrama unifilar

ANEXO 4. Diagrama unifilar simplificado H.G.M.

ANEXO 4. Detalle de bajante de medio voltaje y Pozo de revisión

ANEXO 4. Detalle de puesta a tierra menor a 25 Ohmios

ANEXO 4. Estructura del H.G.M. y nueva cámara de transformación

ANEXO 4. Pozo de revisión tipo B EU0-0pb 1/2

ANEXO 4. Pozo de revisión tipo B EU0-0pb 2/2

ANEXO 4. Recorrido de red alterna en medio voltaje para el Hospital General De Macas.

ANEXO 4. Transformador para red alterna de medio voltaje y sistema de transferencia automático

5.2. Equipos y materiales

Las especificaciones técnicas y lista de materiales que se requieren para la iluminación de Parque, se describen en el Anexo adjunto a esta memoria.

5.3. Sistema de transferencia automática

El sistema de transferencia automática, entre la red eléctrica pública actual Alim 2122 y la proyectada Alim N°2122, debe hacerse en bajo voltaje, esta conexión es después de los transformadores de cada una de estos alimentadores.

El sistema quedaría definido como muestra la figura a continuación con el diagrama unifilar simplificado.

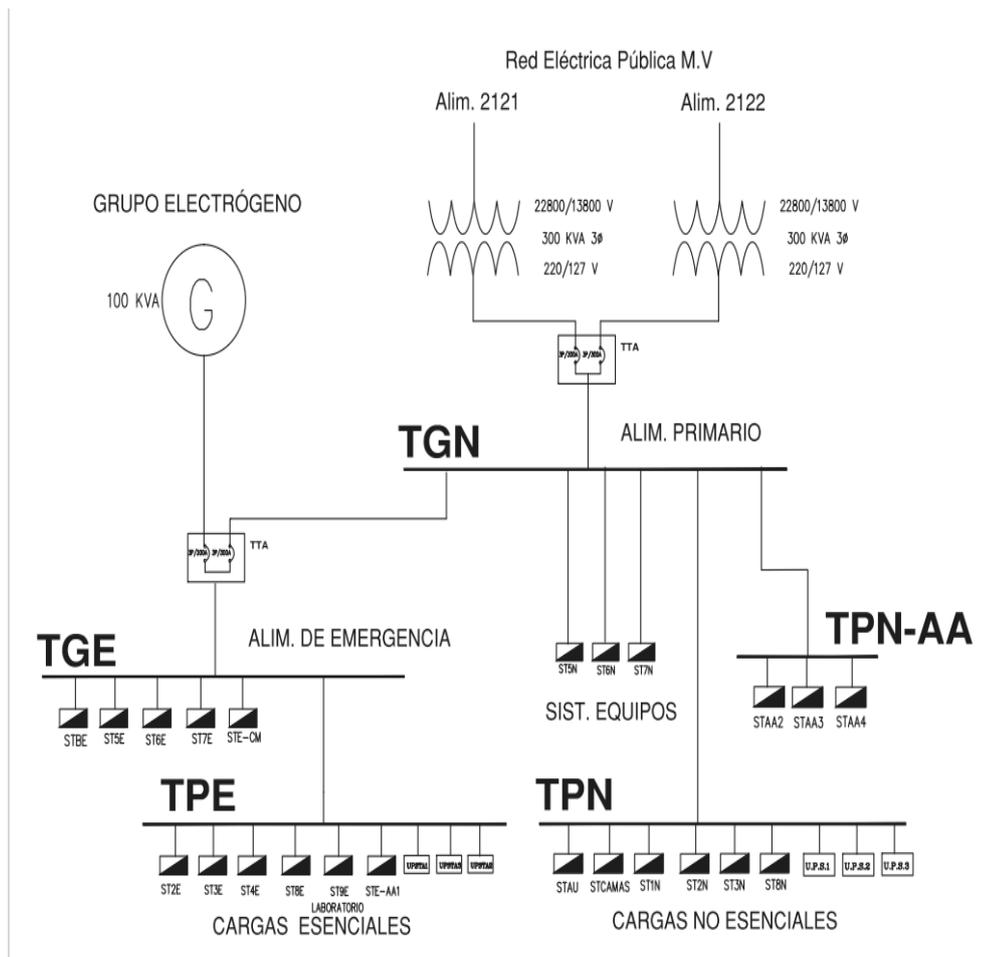


Figura 187 Diagrama unifilar simplificado proyectado

Fuente: Realizado por el autor

Ver detalle en: ANEXO 4. Diagrama unifilar simplificado

Como se observa se establece un sistema de transferencia en cascada, entre los dos alimentadores con el actual que corresponde al grupo electrógeno.

También de esta forma el sistema de alimentación alterna y principal Alim 2121 y Alim. 2122 respectivamente, tienen la capacidad de abastecimiento al 100% de los servicios esenciales hospitalarios.

5.3.1. Sistema automático T-A

Basado en el diagrama unifilar simplificado se puede establecer la prioridad de accionamiento de acuerdo a su funcionalidad y operatividad de los sistemas alternos establecidos de alimentación de energía eléctrica.

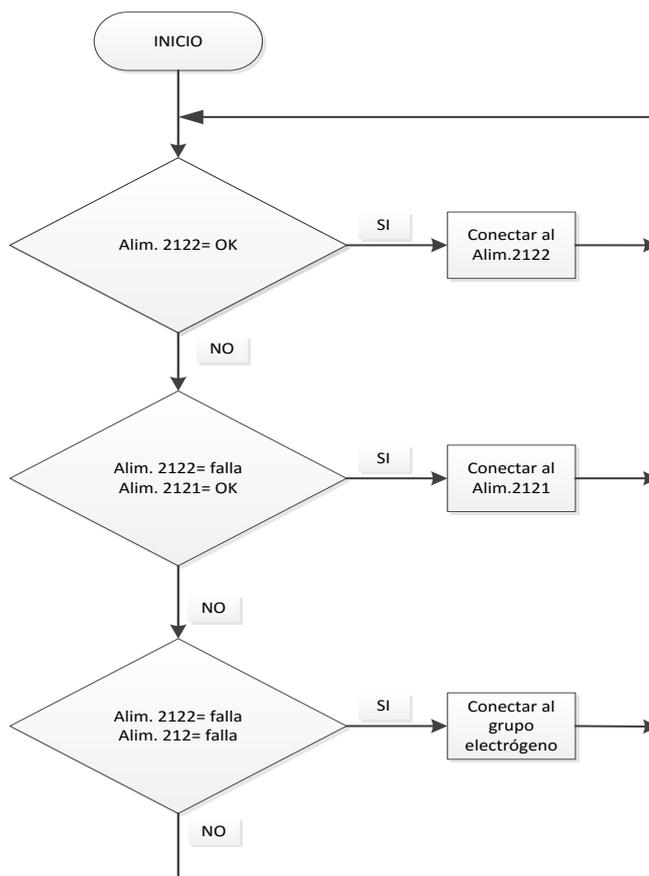


Figura 188 Diagrama de flujo Sist. Transferencia

Fuente: Realizado por el Autor.

5.3.2. Funcionamiento

El sistema de transferencia debe ser implementado aguas abajo de los transformadores de medio voltaje a bajo voltaje, correspondientes a cada alimentador. Para su efecto se tiene un disyuntor de accionamiento manual y en serie un disyuntor de accionamiento motorizado automático por cada línea de alimentación proveniente de cada transformador como indica la figura 190 a continuación., estos últimos están controlados por un controlador lógico programable DSE 7420, dispositivo que cuenta con un sistema diseñado específicamente para accionamientos automatizados de transferencia eléctrica.

En la figura a continuación se observa el esquema del sistema y sus elementos de control, adicionalmente en los anexos se puede observar a detalle las conexiones de los elementos que lo componen.

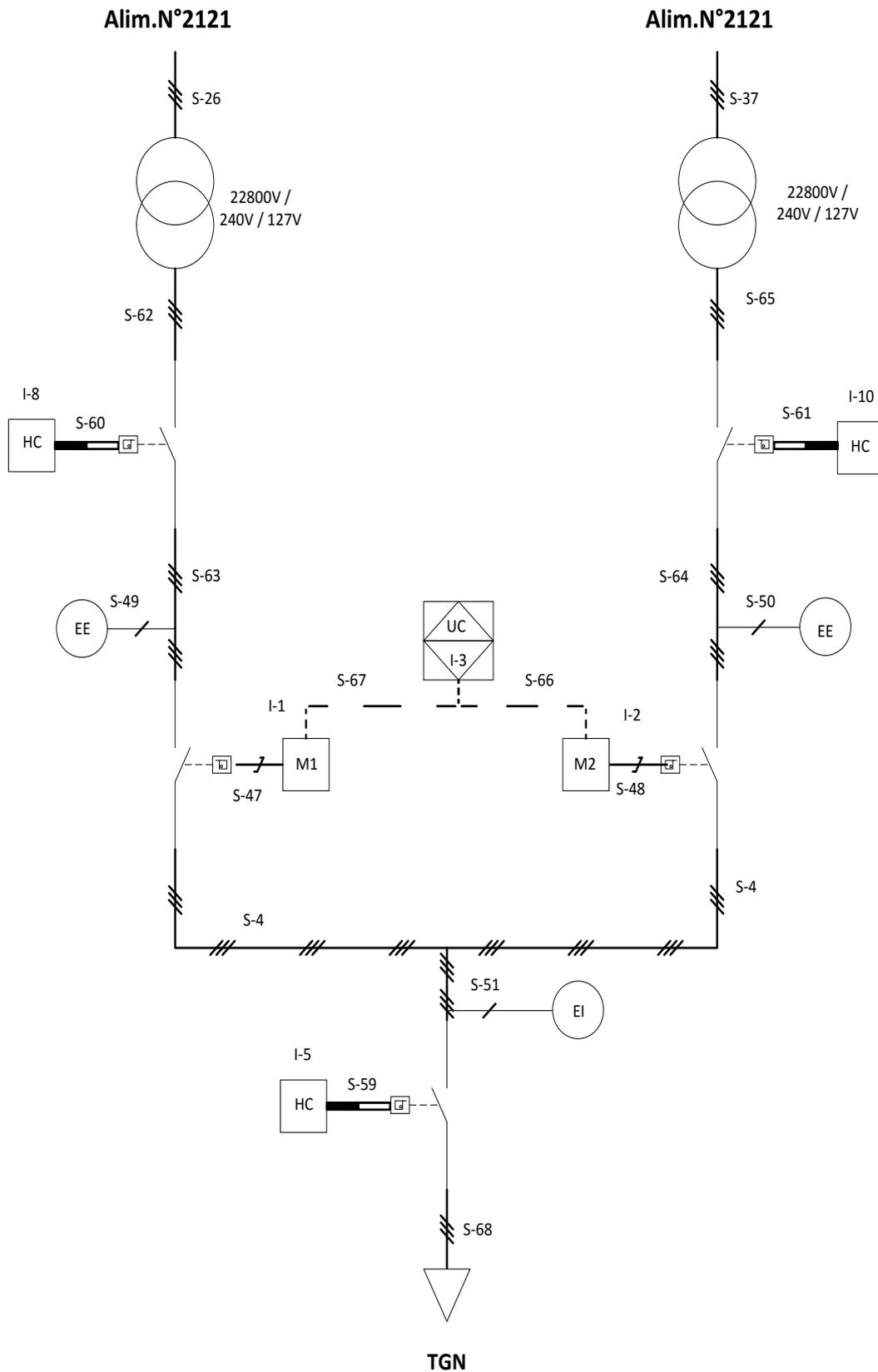


Figura 189 P&ID Sist. Transferencia Automático

Fuente: Realizado por el Autor.

Ver detalle en :

ANEXO 5 Bloque de control eléctrico manual_automático

ANEXO 5 Conexiones al controlador DSE 7420 del sistema de transferencia automática

ANEXO5 Diagrama de control Contactores y S_T_A

El sistema cuenta con elementos de medición de voltaje por cada fase de cada alimentador, los cuales indican si alguno de estos está con falla. Las señales de medición tomadas por estos elementos son procesadas por la unidad de control en donde se compara con los valores nominales de voltaje por fase, en caso de existir falla en alguno de estos automáticamente procede con la desconexión de la red del alimentador con falla y posteriormente a la conexión a la red alterna solo si esta cuenta con los valores nominales de voltaje por fase. En caso de falla de los dos alimentadores se procede a conectar de forma automática el grupo electrógeno.

Se tiene como prioridad de alimentación a la red eléctrica pública del alimentador N°2122 actualmente funcionando, y como segunda prioridad el alimentador N°2121 como red eléctrica pública alterna y en por último el grupo electrógeno, esta prioridad se debe considerar tanto para la desconexión como para la reconexión.

Es importante recalcar que a pesar que el sistema es automático también cuenta con un accionamiento manual en coordinación de protecciones que impiden la conexión simultánea de los sistemas de alimentación.

5.4. Presupuesto

Lo valores de la extensión de la red de energía eléctrica alterna del alimentador N°2121 y el sistema de transferencia automática en baja tensión están estipulados en base a los materiales detallados en el ANEXO 6 Materiales y especificaciones, en adición a este el valor correspondiente a mano de obra e ingeniería, lo cual nos da un valor estimado de \$ 70.000,00 dólares. Es importante recalcar la magnitud del proyecto que si bien no se tiene una tasa interna de retorno positiva la verdadera importancia radica en la necesidad de seguridad y calidad del suministro eléctrico en pro de la calidad de los servicios hospitalarios.

Tabla 97
Presupuesto económico para segunda red eléctrica y Sist. de T.A

DESCRIPCIÓN	VALOR
Transformadores 2x75 kVA, 250kVA	20.000,00
Línea de transmisión 15 postes de hormigón con accesorios	8.000,00
Malla puesta a tierra Sistema de puesta a tierra de la Red	3.000,00
Sistema de transferencia automática	10.000,00
Obra civil nuevo cuarto de transformación y trincheras de soterramiento.	5.500,00
Mano de obra	9.500,00
Derechos E.E. Centro Sur	7.000,00
Utilidad	7.500,00
TOTAL	70.500,00

Fuente: Realizado por el Autor.

CONCLUSIONES

- El fundamento de todos los usos finales de energía eléctrica en las instalaciones hospitalarias, es proporcionar servicios para el cuidado de la vida humana, evitando cualquier tipo de riesgo eléctrico, y los cuales deben mantener una característica principal que es la confiabilidad del suministro eléctrico del hospital.
- La implementación de medidas de uso eficiente de la energía eléctrica debe ser ejecutada desde una perspectiva de eficacia y eficiencia, mejora de los procesos involucrados, reducción de costos energéticos, y minimización del impacto ambiental. Para lo cual se deberá tener un sistema de información supervisado por el personal que conforme el comité de gestión de eficiencia energética, para llevar un control de todos los factores que influyen en los consumos de energía.
- La aplicación de las medidas propuestas para el uso eficiente de la energía eléctrica, tienen un costo de \$ 4.883,07 USD. Con un retorno de inversión de aproximadamente un año. Estas medidas representan una reducción de emisiones de 33.066,52 de kg de CO₂ al ambiente.
- Se evaluaron todos los tableros, generales, principales y sub tableros de distribución eléctrica con un total de 1'830.412 datos de mediciones registrados y procesados de las variables expuestas en este estudio.
- Se determinó de acuerdo a este estudio que no solo se debe enfocar en ahorrar energía, y disminuir costos, se debe considerar siempre el confort de los servicios, seguridad de los sistemas, y que las medidas adoptadas no deben alterar estos fundamentos.
- La no linealidad de los equipos de RX y su principio de funcionamiento, presentan dificultad en registro de consumo energético para la facturación, ante lo cual es necesario realizar un análisis exhaustivo del funcionamiento de cada uno de los equipos, para determinar el comportamiento, potencia, y energía real consumida.

- El sistema eléctrico de emergencia esencial del hospital correspondiente al sistema alimentado por el grupo electrógeno, se encuentra actualmente en el límite de su capacidad en los puntos picos de demanda. Pero con aplicación de las medidas de ahorro energético en especial en el cambio de lámparas a tecnología LED, el sistema estaría dentro de los rangos normales de funcionamiento, por tanto se considera no necesario el redimensionamiento de un nuevo grupo electrógeno, ya que se encuentra dentro del rango aceptable de funcionamiento, siempre y cuando no se agregue carga adicional al sistema actual.
- En cuanto a la proyección de carga futura del hospital, dado el diseño actual; tanto en espacio físico de circuitos en los tableros de distribución y la ubicación de más tableros de distribución no se podría realizar por necesidad de más espacio, se concluye que en caso de proyecciones futuras de carga o infraestructura, se debe instalar otro sistema independiente al actual, con espacio y características propias que cumplan las normas respectivas.
- La extensión de la red alterna en medio voltaje, se derivará del alimentador N°2121 desde la calle 13 de Abril de acuerdo a lo trazados expuestos anteriormente, este proyecto cuenta con un sistema de transferencia automático, el cual permite la conmutación de acuerdo a la necesidad entre el Alim.N°212 y N°2122. Esto está basado sobre las normas y reglamentos que estipula la E.E. Centro Sur y ARCONEL, para la ejecución de este tipo de obras.

RECOMENDACIONES

- La recomendación más importante es la implantación de las medidas para uso eficiente de la energía eléctrica 1) Uso adecuado de iluminación, 2) Apagado automático de pantallas y computadores en horas no laborables. 3) Uso adecuado del sistema de aire acondicionado en oficinas, y evaluarlas periódicamente cada 3 meses y realizar la depuración en un proceso de mejora continua.

- Generar una conciencia ecológica y de eficiencia energética en el personal que labora en el hospital, para que hagan uso racional de la energía eléctrica, mediante charlas, capacitaciones, motivación, como se expone en este estudio.
- El personal encargado de la revisión de la facturación debe registrar el consumo generado en energía eléctrica y combustibles mensualmente para una evaluación de impacto y sostenibilidad de las medidas tomadas.
- Es necesaria la creación del Comité de Gestión de Eficiencia Energética en el hospital, en coordinación con las áreas de mantenimiento con el apoyo de las áreas administrativas de dirección y recurso humanos.
- La investigación realizada debería extenderse hacia los diversos tipos de energía que se encuentran dentro de los procesos y servicios hospitalarios, en especial en los usos finales de climatización, vapor, y sistemas de gases médicos.
- Se sugiere actualizar los planos eléctricos y diagramas unifilares el hospital cada vez que se hagan modificaciones o instalaciones de cargas especiales directas a los tableros.
- Se sugiere hacer el levantamiento de los diagramas unifilares de los tableros de distribución secundarios y luego imprimirlos, plastificarlos y colocarlos en el tablero correspondiente.
- Se recomienda la no conexión de carga adicional en el sistema de emergencia ya que se encuentra en el punto de saturación con un +2% pico del valor máximo aceptable en base los valores del grupo electrógeno.
- Se recomienda hacer un balance de las cargas esenciales y no esenciales del sistema de distribución eléctrica, ya que existe un desbalance de hasta el 20%, en los periodos picos de uso de estas cargas, y entre 7% y 10% en los valores mínimos de corriente registrada corresponde a los equipos de uso constante. Estos fenómenos pueden incrementar las pérdidas en los sistemas de distribución, así como la merma en la calidad del sistema eléctrico, además de afectar la confiabilidad del mismo.

- Durante el periodo de mediciones no se registró eventos de corte de energía de la red pública, pero de acuerdo a registros anteriores y comentarios del personal, el hospital sufre constantes cortes de energía eléctrica pública, ante ello y al evidenciar la falta de protecciones del sistema actual; se recomienda la instalación de un equipo Supresor de Transitorios de Voltaje o Dispositivos de Protección contra Sobretensiones. Ya que estos dispositivos nos ayudan a desviar la energía de un transitorio hacia el sistema de puesta a tierra, protegiendo a todos los componentes que contengan circuitos integrados (microprocesadores, memorias, sistemas de aires acondicionados etc.), y en general a toda la red eléctrica - electrónica sensible.
- Incentivar al sector de la salud pública y privada en aplicar medidas de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, lo que tendría importantes impactos en lo económico en ahorro por facturaciones de energía y demanda, y sobre todo en lo ambiental al reducir la emisión de gases contaminantes en especial CO₂.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Secretaria de Gobernación. (1999). *NOM-001-SEDE-1999*. Mexico.
- AChEE. (2012). *Manual de Gestor en Eficiencia Energetica*. Santiago de Chile: AChEE.
- Acosta, J. A. (2007). *Estudio de diseño de las instalaciones eléctricas del hospital San Rafael de Leticia mediante la aplicación del retie*. Bogotá DC: Universidad de la Salle.
- Amprobe. (12 de 08 de 2015). *Amprobe*. Obtenido de www.amprobe.com/amprobe/usen/home/
- Aníbal Borroto Nordelo, I. S. (2008). *Manual De Eficiencia Energética En Edificios Públicos*. Quito: MEER.
- ARCONEL. (2015). *Pliego tarifario para empresas electricas*. Quito: Coordiancion Nacional de Regulacion .
- Comité Español de Iluminación CEI. (2001). *Hospitales y Centros de Atención Primaria- Guia tecnica E.E iluminacion* . Madrid: IDAE.
- Concalves, J. (2014). *HCMBOK- Human Change Management Institute*. Rio de Janeiro: Brasport.
- CONELEC. (2001). *Regulación No. CONELEC – 004/01*. Quito.
- Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid . (2010). *Guía de ahorro y eficiencia energética en hospitales*. Madrid.
- E.E. Centro Sur. (2007). *Instructivo propuesto para diseños*.
- E.E. Centro Sur. (2015). *Carga y consumos H.G.M*. Macas.
- E.E. Centro Sur. (2015). *Pliego tarifario* . Cuenca: CONELEC.
- ECAMEC. (2010). *Corriente de Neutro en Sistemas No Lineales* .
- EEQ. (2009). *Normas para sistemas de distribución Parte A- Guias para diseño*. Quito: EEG.
- EEQ. (2009). *Normas para sistemas de distribución Parte B- Estructuras Tipo*. Quito: EEQ.
- EEQ. (2009). *Normas para sistemas de distribución Parte C- Especificaciones técnicas de equipos y materiales*. Quito: EEQ.

- El Instalador Electricista*. (07 de 07 de 2015). Obtenido de <http://www.elinstaladorelectricista.es/default/protecciones-electricas/programadores-horarios/interruptor-crepuscular-ajuste-sensibilidad-2-500-lux.html>
- Federal Emergency Management Agency . (1992). *Disaster Mitigation Guidelines for Hospitals and other Health Care facilities in the Caribbean*. USA: FEMA.
- Finder. (10 de 10 de 2015). *Serie 18 - Detector de movimiento*. Obtenido de <http://www.findernet.com/en/node/43022>
- Fluke. (06 de 08 de 2015). *Fluke*. Obtenido de <http://www.fluke.com/fluke/mxes/products/>
- G., I. L. (2012). *7 ensayos sobre Sistemas Instrumentados de Seguridad* . Houston: Siemens Industry Inc.
- INEN. (2014). *Compatibilidad Electromagnética* . Quito: INEN.
- Jim Iverson, C. (2007). Cómo dimensionar un grupo electrógeno. *Power Generation*. USA: Cummins .
- Jimenez, J. G. (2010). Guía para el diseño de instalaciones eléctricas hospitalarias. *Universidad Pontificia Bolivariana*, 1-2.
- Jimenez, J. G. (s.f.). Guía para el diseño de instalaciones eléctricas hospitalarias. *Universidad Pontificia Bolivariana*, 4.
- Lavia. (05 de 08 de 2015). *Materials electricis la via*. Obtenido de <http://www.electricoslavia.com/es/43-accesorios-para-lumbrado>
- Löhr, W. (2009). *Eficiencia Energetica en Hospitales Públicos* . Chile.
- Ministerio de Ambiente. (2013). *Factor de Emisión de CO2*. Quito: Ministerio de Ambiente.
- Ministerio de Salud Pública -HGM. (2014). *Plan Estratégico Hospital General De Macas*. Macas: MSP.
- NFPA. (2005). *National Electrical Code*. U.S.A: National Electrical Code.
- Noro&Raffelli. (2012). *Pautas para elegir un grupo electrógeno*. Noro&Raffelli: Italia.
- OIN. (2011). *Gana el desafío de la energía con ISO 50001*. Suiza: ISO.

- ORBIS. (2014). *Memoria Descriptiva* . Orbis Tecnología Eléctrica, S.A.
- Pérez, D. (2007). *Diseño del sistema de puesta a tierra del centro medico Docente de la Trinidad*.
- Pérez, D. A. (2007). *Diseño del sistema de puesta a tierra del Centro Médico Docente la Trinidad*. Sartenejas: Universidad Simón Bolívar.
- Philips. (2015). *Sistemas de control de alumbrado*. Philips.
- Philips-LED. (2015). *Diseño de hospitales centrados en las personas utilizando soluciones de iluminación de Philips*. Philips.
- Sacyl Infraestructuras. (2010). *Guía de esquemas de suministro y sistemas de distribución en centros hospitalarios*. Castilla.
- Sara, C. S. (Junio 2009). *Instalación eléctrica de quirófanos y paritorios de un hospital de 182 camas*. Madrid: UPC-ICAI.