



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“DESARROLLO DE UN MÉTODO PARA ESTIMAR LAS
CONDICIONES ACTUALES DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS EN LOS
BLOQUES BETA, GAMMA, DELTA DEL INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO MARÍA NATALIA VACA - SEDE SECAP ZONA 3
PARA EL REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en Electricidad
mención Sistemas Eléctricos de Potencia

Autor:

Ing. Mauricio Eduardo Mullo Pallo

Tutor:

Ing. Roberto Salazar, MSc.

**LATACUNGA –ECUADOR
2022**

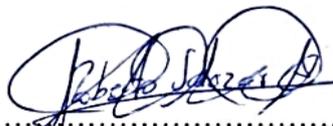
AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “**Desarrollo de un método para estimar las condiciones actuales de los sistemas eléctricos en los bloques BETA, GAMMA, DELTA del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca - sede SECAP zona 3 para el rediseño de las instalaciones eléctricas**”, presentado por Mauricio Eduardo Mullo Pallo, para optar por el título magíster en Electricidad mención sistemas eléctricos de potencia.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, octubre, 03, 2022

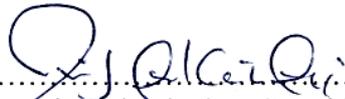


.....
Ing. Roberto Salazar, MSc.
CC.: 0502847619

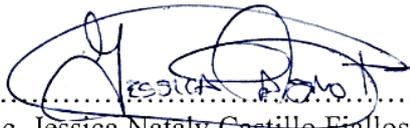
AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Desarrollo de un método para estimar las condiciones actuales de los sistemas eléctricos en los bloques BETA, GAMMA, DELTA del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca - sede SECAP zona 3 para el rediseño de las instalaciones eléctricas, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de magíster en Electricidad mención sistemas eléctricos de potencia; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

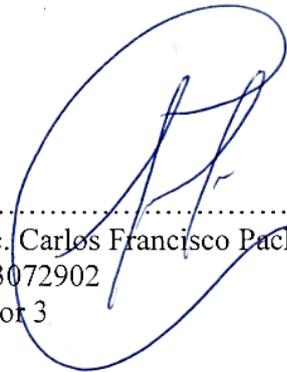
Latacunga, noviembre, 15, 2022



.....
MSc. Luis Rolando Cruz Panchi
0502595176
Presidente del tribunal



.....
MSc. Jessica Nataly Castillo Fiallos
0604590216
Lector 2



.....
MSc. Carlos Francisco Pacheco Mena
0503072902
Lector 3

DEDICATORIA

A mi padre Segundo Eduardo Mullo quien se ha convertido con el pasar del tiempo en mi amigo y apoyo incondicional, quien con su manera de ser un poco dura al inicio me inculco principios y valores que aprecio mucho, padre mío, que Dios me permita tenerle mucho tiempo más conmigo, nunca deje de creer en mí.

A mi madre Priscila Pallo quien ha sido mi sustento y mi apoyo en todo momento, quien me ha visto y escuchado en mis peores momentos, admiró mucho sus ganas de luchar en la vida mamita.

A mis hermanos Geomayra y Pablo quienes espero puedan seguir estudiando y progresando en la vida, estén seguros que a pesar de todo siempre estaré para ustedes.

A la vida, por darme la oportunidad de vivir esta experiencia, aunque queden muchas preguntas por resolver estoy seguro que con el pasar del tiempo toda ira tomando su lugar.

Mauricio Mullo

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a Dios quien con su bendición protege a toda mi familia. Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades, docentes y personal que hacen la Universidad Técnica de Cotopaxi la cual abre sus puertas a la comunidad educativa, quienes me han permitido realizar la presente investigación con la guía del Ing. Roberto Salazar en calidad de tutor.

Adicional, agradezco a las autoridades, docentes, estudiantes y personal que hace el Instituto Superior Tecnológico Tungurahua quienes abrieron sus puertas para la ejecución de este proyecto.

Mauricio Mullo

RESPONSABILIDAD DE AUDITORIA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, noviembre, 15, 2022



.....
Mauricio Eduardo Mullo Pallo
0503755183

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, noviembre, 15, 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Mullo', is written over a horizontal line. Below the line, there are two more horizontal lines, one solid and one dotted, which serve as a baseline for the printed name.

Mauricio Eduardo Mullo Pallo
0503755183

AVAL DE PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: **Desarrollo de un método para estimar las condiciones actuales de los sistemas eléctricos en los bloques BETA, GAMMA, DELTA del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca - sede SECAP zona 3 para el rediseño de las instalaciones eléctricas**, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, noviembre, 15, 2022



.....
MSc. Luis Rolando Cruz Panchi
0502595176

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCION SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

Título: “Desarrollo de un método para estimar las condiciones actuales de los sistemas eléctricos en los bloques BETA, GAMMA, DELTA del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca - sede SECAP zona 3 para el rediseño de las instalaciones eléctricas”

Autor:

Mullo Pallo Mauricio Eduardo

Tutor:

Ing. Roberto Salazar, MSc.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación busca determinar el estado actual de las instalaciones eléctricas del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca ahora llamado Instituto Superior Tecnológico Tungurahua debido a la reconversión de los Institutos de Educación Superior regulada por el Consejo de Educación Superior; la reducción de presupuesto en sectores estratégicos como educación, ha dificultado mantener en óptimas condiciones las instalaciones de escuelas, institutos y universidades, bajo este contexto, el desarrollar un método que aporte a la visión de reducir las pérdidas en los sistemas eléctricos se vuelve parte fundamental. Por lo expuesto, se procedió a realizar el diagnóstico del sistema eléctrico iniciando desde el centro de transformación de 500 [kVA] y terminando en los circuitos derivados de los tableros de distribución secundaria, identificando que el problema del sistema eléctrico del instituto no se encuentra en tableros de distribución, alimentadores y protecciones, si no en la falta de planificación y crecimiento de los ambientes con instalaciones eléctricas improvisadas y poco eficientes, además la falta de planos eléctricos dificultaban cualquier mantenimiento provisto en las instalaciones eléctricas. Finalmente, se plantean soluciones que ayuden a mejorar las condiciones del sistema eléctrico y ayuden a obtener una reducción del consumo con mayor grado de eficiencia.

PALABRAS CLAVE: carga instalada, planos eléctricos, alimentadores, tableros de distribución principal y secundarios.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

Topic: "A method development for estimating the electrical systems actual conditions in the BETA, GAMMA, DELTA blocks from María Natalia Vaca Higher Technological Institute-SECAP zone 3, headquarters for the electrical installations redesign".

Author:
Mullo Pallo Mauricio Eduardo

Tutor:
Ing. Roberto Salazar, MSc

ABSTRACT

The current research work seeks to determine the electrical installations actual state from María Natalia Vaca Higher Technological Institute, now, it is called Tungurahua Higher Technological Institute, due to the reconversion from Higher Education Institutes regulated by Higher Education Council; the budget reduction into strategic sectors, such as education, it has complicated to keep into optimal conditions the school facilities, under this context, developing a method, which contributes to the vision at reducing the losses in the electrical systems, it becomes a fundamental part. For these explanations, it was proposed the electrical system diagnosis, by starting since the 500 [KVA] transformation center and ending in the circuits derived from secondary distribution boards, by identifying that the institute's electrical system problem is not into distribution boards, feeders and protections, if it is not in the planning lack and environments growth with improvised and inefficient electrical installations, further to the electrical plans lack complicate any maintenance provided into electrical installations. Finally, it is proposed solutions, what help improve the electrical system conditions and help to get a consumption reduction with a higher efficiency degree.

KEYWORDS: Installed load, electrical plans, electrical feeders, main and secondary distribution boards

Yo, Beltrán Semblantes Marco Paúl con cédula de identidad número: -0502666514 Magister en Lingüística Aplicada a la Enseñanza del idioma Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT: 1020-2021-2354162; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **"Desarrollo de un método para estimar las condiciones actuales de los sistemas eléctricos de los bloques BETA, GAMMA, DELTA del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca-Sede SECAP zona 3 para el rediseño de las instalaciones eléctricas"** de: **Mullo Pallo Mauricio Eduardo**, aspirante a Magister en Maestría en Electricidad. Mención Sistemas eléctricos de Potencia.

Atentamente,

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes



CENTRO
DE IDIOMAS

Latacunga, Noviembre del 2022.

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CC: 0502666514

INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Planteamiento del problema:	1
Formulación del problema:	2
Objetivo General:	2
Objetivos Específicos:	2
Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos:	3
Justificación:	4
Hipótesis:	5
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLÓGICA	6
1.1 Antecedentes de la investigación	6
1.2 Fundamentación teórica	9
1.2.1 Procedimientos para la implementación de los diseños	9
1.2.2 Soluciones al problema de la calidad del servicio	9
1.2.3 Problemas que afectan la calidad de la potencia	11
1.2.4 Niveles de voltaje en Ecuador	11
1.2.5 Sistemas eléctricos de bajo voltaje	12
1.2.6 Normativa	13
1.2.7 Instrumentos y equipos utilizados	15
1.3 Fundamentación metodológica	17
1.3.1 Tipo de investigación	19
1.3.2 Métodos de Investigación	19
1.3.3 Técnicas a emplearse	20
1.4 Conclusiones Capítulo I	21
CAPÍTULO II. PROPUESTA	22
2.1 Título del proyecto	22
2.2 Objetivo del proyecto	22

2.3	Justificación de la propuesta.....	22
2.4	Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados	24
2.4.1	Descripción de los bloques BETA, DELTA y GAMMA.....	24
2.4.2	Inspección de las instalaciones eléctricas	25
2.4.3	Planos eléctricos de los bloques DELTA, BETA, GAMMA	33
2.4.4	Levantamiento de cargas	35
2.4.5	Medición de parámetros	37
2.4.6	Simulación del sistema eléctrico.....	42
2.4.7	Curva de demanda del sistema en condiciones normales de operación	45
2.4.8	Simulación del sistema eléctrico con mejoras	47
2.4.9	Consumo eléctrico	48
2.4.10	Costo de las planillas eléctricas	49
2.5	Conclusiones	49
CAPÍTULO III. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA		51
3.1	Análisis de Resultados.....	51
3.1.1	Mejoras al sistema de iluminación, análisis de luxes	52
3.1.2	Reemplazo del sistema de iluminación	59
3.1.3	Mejoras a los tableros de distribución secundarios (TDS)	60
3.1.4	Factor de potencia	61
3.2	Validación técnica – económica	62
3.3	Aval de experto	64
Conclusiones del III capítulo.....		65
CONCLUSIONES GENERALES		66
RECOMENDACIONES.....		68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Analizador de calidad de la energía FLUKE 1735 [22]	16
Figura 2. Pinza amperimétrica FLUKE 324 [23]	16
Figura 3. Luxómetro MAVIJU	17
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso metodológico para el desarrollo del proyecto ...	18
Figura 5. Distribución de espacios en la matriz institucional	25
Figura 6. Transformador 500kVA.....	25
Figura 7. Tableros de distribución principal 1 y 2	26
Figura 8. Partes del tablero de distribución principal 1 (TDP1)	27
Figura 9. Partes del tablero de distribución principal 2 (TDP2)	27
Figura 10. Tableros de distribución secundario DELTA, BETA y GAMMA	29
Figura 11. Subtableros de distribución	30
Figura 12. Tipos de iluminación en los bloques DELTA, BETA y GAMMA.....	30
Figura 13. Sistema de fuerza de los bloques DELTA, BETA y GAMMA	33
Figura 14. Plano eléctrico bloques DELTA – BETA - GAMMA	34
Figura 15. Carga instalada por TDS en bloque DELTA.....	35
Figura 16. Carga instalada por TDS en bloque BETA	36
Figura 17. Carga instalada por TDS en bloque GAMMA	36
Figura 18. Conexión trifásica del analizador de carga [25]	37
Figura 19. Tablero principal 1 conectado el analizador de carga FLUKE 1735	38
Figura 20. Niveles de voltaje L1- L2- L3 en TSDS1	39
Figura 21. Niveles de corriente L1- L2- L3 en TSDS1	39
Figura 22. Niveles de voltaje L1- L2- L3 en TDSB3	40
Figura 23. Niveles de corriente L1- L2- L3 en TDSB3	40
Figura 24. Niveles de voltaje L1- L2- L3 en TDSG1	41
Figura 25. Niveles de corriente L1- L2- L3 en TDSG1	41
Figura 26. Sistema eléctrico de los bloques DELTA – BETA – GAMMA	43
Figura 27. Flujo de carga de los bloques DELTA – BETA – GAMMA	45

Figura 28. Curva de demanda mínima, promedio y máxima en 24 horas	46
Figura 29. Curva típica de demanda promedio determinada en 24 horas	46
Figura 30. Curva de potencia activa–reactiva y aparente determinada en 24 h.	47
Figura 31. Demanda promedio determinada en 24 horas	47
Figura 32. Resumen del consumo energético	48
Figura 33. Tarifas eléctricas	49
Figura 34. Simulación DIALUX servicios higiénicos	52
Figura 35. Simulación DIALUX taller soldadura parte central	53
Figura 36. Simulación DIALUX módulos de taller soldadura	53
Figura 37. Simulación DIALUX aulas	54
Figura 38. Simulación DIALUX Laboratorio CNC	54
Figura 39. Simulación DIALUX Laboratorio neumática	55
Figura 40. Implementación de propuesta en el taller de Ajustaje	56
Figura 41 Taller de Ajustaje con y sin mejoras	56
Figura 42. Taller de máquinas y herramientas.....	57
Figura 43. Taller de mecánica de patio automotriz	58
Figura 44. Histórico de factor potencia	62
Figura 45. Valores facturados en el 2022	62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos	3
Tabla 2. Medidas a tomar en caso de problemas de calidad energética [14]	10
Tabla 3. Principales soluciones para mejora de la calidad de servicio [14]	10
Tabla 4. Niveles de voltaje [15]	12
Tabla 5. Voltajes Normalizados [16].....	12
Tabla 6. Iluminación de ambientes asistenciales y educacionales [18]	14
Tabla 7. Niveles de luxes en el bloque DELTA	31
Tabla 8. Niveles de luxes en el bloque BETA.....	32
Tabla 9. Niveles de luxes en el bloque GAMMA.....	32
Tabla 10. Factor de utilización [26]	42
Tabla 11. Factor de simultaneidad para cuadros de distribución [26].....	42
Tabla 12. Factor de simultaneidad según circuito [26].....	42
Tabla 13. Tablero de distribución principal 1.....	44
Tabla 14. Resultados las pérdidas totales, según la simulación de los centros de carga. ...	48
Tabla 15. Propuesta de mejora para el sistema de iluminación del bloque DELTA	56
Tabla 16. Propuesta de mejora para el sistema de iluminación del bloque BETA.....	58
Tabla 17. Propuesta de mejora para el sistema de iluminación del bloque GAMMA	59
Tabla 18. Propuesta de mejora para el sistema de iluminación Taller de confecciones ...	59
Tabla 19. Costo del cambio de luminarias bloque DELTA	60
Tabla 20. Costo del cambio de luminarias bloque BETA.....	60
Tabla 21. Costo del cambio de luminarias bloque GAMMA	60
Tabla 22. Costo de mantenimiento en tableros de distribución secundarios	61
Tabla 23. Ahorro proyectado con mejoras a implementarse.....	63
Tabla 24. Validación técnica – económica de resultados	63

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema:

El estado actual de las instalaciones eléctricas del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca ha generado problemas en el funcionamiento de los equipos y maquinaria, provocando malestar en estudiantes, profesores y público en general al momento de utilizar los laboratorios, talleres y aulas. Al ser una Institución de Educación Superior que oferta carreras de tercer nivel es necesario mantener las instalaciones eléctricas en óptimas condiciones; se debe considerar que el Instituto no es una Entidad Operativa Desconcentrada del Estado, es decir, no maneja su propio presupuesto, lo cual ha dificultado de gran manera su operatividad, provocando que las edificaciones se vayan deteriorando de manera rápida [1].

Según el Plan de Creación de Oportunidades 2021 -2025 del presente Gobierno establece como metas para el 2025 la reducción de pérdidas de energía eléctrica a nivel nacional del 10.50%, lo que indica que es necesario hacer un análisis específico en todo el sistema eléctrico del país, en consecuencia, elaborar un método que facilite estimar las condiciones actuales de los sistemas eléctricos, ayudará en gran medida a establecer procedimientos para disminuir las pérdidas en las instalaciones eléctricas y de esta manera evitar que los equipos conectados al sistema sufran daños irreversibles en su funcionamiento y disminuyan el tiempo de vida útil [2].

Las instalaciones eléctricas del Instituto han presentado varias interrupciones en su funcionamiento, razón por la cual, es necesario estimar las condiciones actuales, mediante normativas nacionales e internacionales para poder dar un criterio de funcionamiento. La propuesta de este documento permitirá conocer la relación causa efecto de las condiciones de las instalaciones eléctricas y la calidad de energía.

Esta investigación es de interés porque se estimará las condiciones actuales de las instalaciones eléctricas de los bloques BETA, GAMMA, DELTA, mediante el levantamiento de los planos, análisis del comportamiento de los parámetros eléctricos por medio de un analizador de calidad, con lo cual se planteará soluciones de mejora.

Formulación del problema:

La necesidad de estimar las condiciones actuales de los sistemas eléctricos de los bloques BETA, GAMMA, DELTA del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca permitirá determinar un método para el adecuado rediseño de las instalaciones eléctricas.

Objetivo General:

Realizar un método para estimar las condiciones actuales de los sistemas eléctricos en los bloques BETA, GAMMA, DELTA del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca a fin de proponer el rediseño en las instalaciones eléctricas.

Objetivos Específicos:

- Revisar el estado del arte referente a los sistemas eléctricos en Instituciones de Educación Superior.
- Identificar el sistema eléctrico actual que dispone el Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca para estimar las condiciones en las cuales se encuentran estas instalaciones.
- Desarrollar el procedimiento para estimar las condiciones actuales de las instalaciones eléctricas del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca.
- Plantear soluciones mediante un software para la optimización de los sistemas eléctricos de los bloques BETA, GAMMA, DELTA del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca.

Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos:

Tabla 1. Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
1	Clasificación de información técnica acerca de instalaciones eléctricas Análisis bibliográfico de sistemas eléctricos en el sector educativo	Colección de los métodos, técnicas y softwares empleados con mayor frecuencia en la estimación de las condiciones de instalaciones y rediseños de sistemas eléctricos	Buscar fuentes de consulta bibliográfica. Analizar la información de trabajos anteriores relacionados con el tema. Elaboración del primer capítulo de la tesis (marco teórico, estado de arte).
2	Redacción del estado del arte Determinación de las cargas existentes en los bloques Análisis de las variables eléctricas del sistema Identificación de los circuitos que contiene cada bloque	Diagnostico actual del sistema eléctrico de cada bloque y determinación de variables eléctricas en el sistema.	Levantamiento de carga del sistema eléctrico de los bloques. Conectar un analizador de carga al tablero principal de distribución. Etiquetado de cada circuito en los tableros de protección.
3	Diseño de planos eléctricos de cada bloque Medición de luxes de cada ambiente Estudio de datos obtenidos por el analizador de carga.	Desarrollo del método para estimar las condiciones actuales del sistema de cada bloque.	Mediante la ayuda del AUTOCAD se elaborará los planos de las instalaciones eléctricas de cada bloque. Con la ayuda de un luxómetro se medirá la cantidad de luxes existente en cada ambiente y se comparará si cumple con la normativa. Obtener los datos recopilados por el analizador de carga e identificar falencias del sistema eléctrico.
4	Simulación en DIALUX del sistema de iluminación de los bloques. Simulación del sistema eléctrico	Resultados de los datos obtenidos para propuesta de mejora en la optimización del sistema eléctrico del Instituto.	Análisis de datos obtenidos en DIALUX y recomendación del número de luminarias para cumplir con la normativa. Mediante la ayuda del ETAP se simulará el sistema

utilizando software	un	eléctrico de cada bloque para determinar las condiciones actuales e identificar falencias del sistema eléctrico.
---------------------	----	--

Justificación:

En la actualidad a nivel mundial, la educación técnica y tecnológica tiene un fuerte posicionamiento, ya que son carreras cortas, que otorgan título de tercer nivel e imparten una formación con calidad y pertinencia, favoreciendo el empleo y el emprendimiento [3]. En Ecuador existe 62 Institutos públicos y más de 150 técnicos privados [4], con un total de 54000 alumnos y más de 3000 docentes de los Institutos y Conservatorios Superiores públicos, adscritos a la SENESCYT, los cuales la mayoría de ellos funcionan en instalaciones compartidas entre el SECAP y el MINEDUC, por otro lado, la reducción de presupuesto en sectores estratégicos como educación [5], ha dificultado mantener en óptimas condiciones las instalaciones de Institutos y Universidades.

Considerando este particular la presente investigación se basa en el desarrollo de un método para mejorar las instalaciones eléctricas que posee el Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca, a fin que en un escenario a futuro cumpla con la normativa eléctrica vigente, mediante el desarrollo de un plan que permita mitigar las pérdidas existentes en el sistema. Por otro lado, es importante citar la Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible que establece el Ecuador y las Naciones Unidas (CEPAL) el cual establece en el objetivo 7 que de aquí a 2030, se deberá garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos; además, de aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos los países en desarrollo [6].

Bajo este contexto, el desarrollar un método que aporte a la visión de reducir las pérdidas en los sistemas eléctricos se vuelve parte fundamental, el mismo partirá desde el levantamiento de información de los sistemas eléctricos en aulas, talleres

y laboratorios del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca bloques BETA, GAMMA, DELTA.

Una vez determinada las cargas y elaborado los planos eléctricos, se buscará desarrollar procesos que ayude a determinar las principales variables del sistema, con la finalidad de optimizar y reducir las pérdidas en el sistema.

Finalmente, se establecerá una propuesta de rediseño eléctrico, basado en el monitoreo de variables eléctricas, para posteriormente con los resultados obtenidos en el software plantear soluciones a los problemas en estudio, a fin de generar estrategias y planes de gestión que permitan precautelar el buen funcionamiento de los equipos eléctricos conectados al sistema. Este método podrá ser utilizado como modelo réplica para los demás centros educativos que necesiten mejorar sus instalaciones eléctricas en base a un criterio técnico que ayude a optimizar las pérdidas en el sistema.

Hipótesis:

¿El desarrollo del método permitirá determinar las condiciones actuales de los sistemas eléctricos del Instituto y logrará ser una guía para realizar el rediseño de las instalaciones eléctricas?

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLÓGICA

En base a los datos que se indican en los apartados anteriores se ha visto la necesidad de proponer un proyecto que desarrolle un método para estimar las condiciones actuales de los sistemas eléctricos en los bloques BETA, GAMMA, DELTA del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca, a fin de proponer un posible rediseño de las instalaciones eléctricas.

1.1 Antecedentes de la investigación

Los siguientes artículos citados exponen su efecto, impacto y resultados alcanzados, los mismos que tienen relación con el problema planteado, el cual permite ver la factibilidad del análisis propuesto.

- **Método para estimar ahorro de iluminación LED en instalaciones de edificios públicos.**

Según la investigación realizada en las escuelas secundarias de Serbia sobre el desarrollo de un método para estimar el ahorro de la instalación de iluminación led en edificios públicos, se estableció que la sustitución de los sistemas de iluminación existentes por otros más adecuados que se basan en la tecnología de diodos emisores de luz, han dado como resultado ahorros potenciales entre el 53-62%, mientras que el período de recuperación para las escuelas analizadas es de aproximadamente cuatro años en promedio. Estos resultados no solo dependen de la sustitución de

sistemas de iluminación obsoletos, también considera el ahorro realizado a través de la reducción de costes de mantenimiento a estos sistemas [7].

- **Diseño de un plan de ahorro energético para reducir el consumo de energía**

J. Parreño, en su estudio de análisis de consumo de energía eléctrica para el diseño de un plan de ahorro energético para reducir el consumo de energía, concluye que de acuerdo al estudio de campo realizado a los tableros eléctricos para determinar la cargabilidad se aprecia que existe un desbalance en la corriente fuera de los rangos establecidos por el CONELEC que acepta un 5% estando el mismo con un desbalance de carga aproximado del 16%. Adicional, realizó la medición de variables eléctricas de corriente voltaje y potencia con el analizador de calidad de energía FLUKE 1735 durante 7 días como establece el procedimiento de análisis del CONELEC 004/01 hoy ARCONEL, en donde tiene como resultado una variación de voltaje del 10% lo cual no cumple con la calidad de suministro [8].

- **Uso racional de la energía en edificios públicos**

F. Acuña, G. Kazlauskas y C. Verucchi, en su revista sobre el uso racional de la energía en edificios públicos propone encontrar soluciones para el ahorro energético en organismos nacionales de la administración pública y de educación, potenciando el uso racional y eficiente de la energía, a través de incorporar nuevas tecnologías a fin de obtener una disminución del costo energético. Sin embargo, recalca que es fundamental realizar una campaña de concientización a todo el personal involucrado en actividades dentro de las instituciones públicas y de educación para lograr utilizar el recurso energético solo cuando es necesario [9].

- **Método de la segmentación ordenada de los sistemas eléctricos para el cálculo del flujo de potencia eléctrica**

A. Salas, en su investigación sobre método de la segmentación ordenada de los sistemas eléctricos para el cálculo del flujo de potencia eléctrica, busca métodos alternativos más eficientes y confiables para resolver el problema de flujo de carga, concluyendo con un nuevo método para el cálculo del estudio de flujo de potencia,

utilizando el concepto de la segmentación matricial de las ecuaciones no lineales que gobiernan los sistemas eléctricos de potencia [10].

- **Auditoría energética de edificios públicos de Paraguay**

C. Arévalos, A. Fleitas, L. Galeano y C. Cardozo en su revista sobre Auditoría energética de edificios públicos de Paraguay propone elaborar una guía con recomendaciones de fácil implementación para la aplicación de los principios de eficiencia energética en edificios públicos. Como principales resultados se propone mejoras en el sistema de iluminación y refrigeración, necesidad de adecuación de los tableros y cambio de hábitos de los funcionarios. Los análisis económico realizados reflejaron la viabilidad de las propuestas de mejoras; en el sistema de iluminación se puede lograr un ahorro económico mensual de 5.604 kWh/mes, lo que representa aproximadamente un 27,2 % de la energía mensual consumida en iluminación por todo el edificio y con las demás propuestas alcanzaría un ahorro total del orden de 40 % [11].

- **Modernización de las instalaciones eléctricas en edificios**

G. Ochoa en su investigación sobre la modernización de las instalaciones eléctricas en edificios establece una metodología para determinar alternativas de ahorro energético basado en un rediseño del sistema eléctrico que comprenda el análisis de la distribución de las cargas de una manera correcta, a fin de disminuir el consumo de energía reflejada en la facturación mensual por parte de la empresa distribuidora [12].

- **Gestión de la eficiencia energética en las edificaciones del Ecuador**

V. Espinosa, J. Hechavarría y J. Torres en su investigación sobre la gestión de la eficiencia energética en las edificaciones del Ecuador expone un análisis acerca de la eficiencia energética en las edificaciones del Ecuador, de tal manera que se pueda realizar una comparación a nivel regional. Entre los aspectos que se abordan están la optimización energética del diseño arquitectónico, la integración con las auditorías energéticas, la regulación implementada en favor de la mejora de la eficiencia energética y las instituciones que están estrechamente relacionadas con la investigación de la eficiencia energética en la edificación [13].

1.2 Fundamentación teórica

Para el presente documento se recolectó cuantiosa información acerca del tema, en donde se dará a conocer definiciones, normativa, programas y equipos utilizados para el desarrollo de la investigación, a continuación se detalla cada uno de ellos:

1.2.1 Procedimientos para la implementación de los diseños

Para la ejecución de cualquier tipo de proyecto se debe seguir índices de calidad, además de ir acompañados de un conjunto de procedimientos y planos de acuerdo al lugar en donde este ubicado para su correcta interpretación. Además los equipos y materiales utilizados deberán cumplir con especificaciones técnicas y mecánicas, Por otro lado, se deberá contar con un manual de procedimiento para instalaciones eléctricas futuras, el mismo que servirá para guía y asesoramiento por parte de la unidad o personal encargado del mantenimiento. Finalmente, todos los diseños se deberán basar en normas internacionales entre las más reconocidas se tiene [14]:

- NEC
- ANSI-IEEE-519-1992
- ANSI-IEEE-C57.110-1986
- ANSI-IEEE-1100-1992
- UL 1449
- UL 1283, 489,198,1363
- ANSI-IEEE C62,41-1991

1.2.2 Soluciones al problema de la calidad del servicio

Se establece dos posibles soluciones para los problemas de calidad de servicio:

1.2.2.1 Soluciones al lado de la empresa de electricidad

Es importante aclarar que en ocasiones el mejorar la calidad del servicio a un grupo de usuarios puede inequitativamente empeorar la de otros usuarios o aumentarles

los costos del servicio. En este caso, tomar soluciones al lado del usuario es preferible. A continuación, se describe los estudios de confiabilidad típicos realizados por las empresas eléctricas:

- Número de interrupciones al año.
- Causas.
- Número de usuarios afectados.
- Duración de las interrupciones.
- Carga interrumpida.
- Tasa de falla por equipo.

Por otro lado, a continuación se muestra una tabla con las medidas que la empresa eléctrica puede tomar para minimizar el número de interrupciones:

Tabla 2. Medidas a tomar en caso de problemas de calidad energética [14]

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> . Consideraciones sobre puestas a tierra . Aplicación de pararrayos . Uso de equipos y materiales adecuados . Prácticas de construcción . Compensación de Vars estática . Compensación serie . Adecuados diseños 	<ul style="list-style-type: none"> . Inspecciones y mantenimientos regulares a los equipos y líneas . Análisis de datos sobre interrupciones . Monitoreo de líneas . Prácticas de operación de equipos de maniobra

1.2.2.2 Soluciones al lado del usuario

Previa cualquier solución que se pretenda dar al usuario, siempre se debe revisar las instalaciones internas que mantiene, verificando que no existan sobrecargas, malas puesta a tierra, distribución de cargas desbalanceada, equipos en mal estado, etc. A continuación se describe principales soluciones que el usuario puede considerar (Ver Tabla 3):

Tabla 3. Principales soluciones para el usuario para mejora de la calidad de servicio [14]

<ul style="list-style-type: none"> • Software de auto chequeo. • Cambios en la operación de equipos. • Adecuadas puestas a tierra. • Diseño de circuitos de potencia. • Unidades de distribución portables (PDU). • Supresores de picos. • Filtros a la entrada de línea AC. • Transformadores de aislamiento. - Reactores en serie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reguladores de tensión. • Conjunto motor – generador. • Alimentadores duales con transferencia estática. • Fuentes de poder no interrumpibles (UPS). • Blindajes. • UPS con moto-generador. • Corrección del factor de potencia. • Conexiones delta en transformadores y multiplicación de fases.
---	--

Para el caso de estudio, se tomará en cuenta los aspectos relacionados al lado del usuario como por ejemplo, cambio en la operación de los circuitos, adecuadas puestas a tierra y diseños de circuitos.

1.2.3 Problemas que afectan la calidad de la potencia

Estudios recientes indican que el 80% al 90% de las fallas ocurridas en los equipos electrónicos son causa de una mala calidad de potencia que resulta producto de un cableado y puesta a tierra inadecuados en las instalaciones eléctricas de los usuarios finales [14].

1.2.3.1 Causas probables

En base a lo estipulado en el párrafo anterior, el cableado y los sistemas de puesta a tierra son el principal problema que se mantiene dentro de un sistema eléctrico, lo cual provoca la reducción de la vida útil de los equipos conectados al sistema. Adicional, se detalla algunos de los factores que conducen a tener problemas con las puestas a tierra:

- ✓ Movimiento de tierras, la erosión y la corrosión.
- ✓ En muchas ocasiones las tierras se instalan incorrectamente.
- ✓ Los sistemas interconectados con tierras aisladas y conectados con cables vía datos, pueden intensificar problemas de corrientes inducidas.
- ✓ Las conexiones de lazo pueden presentar y combinar problemas de seguridad y confiabilidad.
- ✓ El mal uso de los conceptos de tierra aislada, suplementaria y dedicada.
- ✓ La impedancia de los cables obstruye el ruido que viaja fuera del área pero puede elevar el nivel de tensión con respecto al neutro.

1.2.4 Niveles de voltaje en Ecuador

De acuerdo al Pliego Tarifario se define como el documento emitido por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, el cual contiene la estructura tarifaria a aplicarse a los consumidores o usuarios finales, y los valores que le corresponde a dicha estructura, para el servicio público de energía

eléctrica – SPEE y el servicio de alumbrado público general – SAPG, en el mismo documento se establece los niveles de voltaje establecidos en Ecuador [15]:

Tabla 4. Niveles de voltaje [15]

Nivel de voltaje	Voltaje de suministro en el punto de entrega
BAJO	$NV < 0,6 \text{ kV}$
MEDIO	$0,6 \text{ kV} \leq NV \leq 40 \text{ kV}$
ALTO	$NV > 40 \text{ kV}$

1.2.5 Sistemas eléctricos de bajo voltaje

Se ha establecido como parámetro de estudio de este sistema un voltaje nominal menos a 600 V para corriente alterna. Estos voltajes nominales normalizados son [16]:

Tabla 5. Voltajes Normalizados [16]

MONOFÁSICA	TRIFÁSICA
120 V	208/120 V
240/120 V	220/127 V
	210/121V

Para un sistema eléctrico de potencia de bajo voltaje se debe revisar variables importantes como:

- ✓ Voltaje.
- ✓ Número de fases.
- ✓ Tipo de acometida (Aérea, Subterránea).
- ✓ Situación geográfica.
- ✓ Tipo de carga, Número de usuarios.

Dentro de las fallas de los sistemas eléctricos de potencia se puede establecer cambios en las impedancias, actuadores posiblemente abiertos los mismos que pueden causar fallas asimétricas por el funcionamiento de fusibles u otros mecanismos que generen cambios en las tres fases de conexión.

1.2.6 Normativa

Por otro lado, es importante conocer la normativa vigente no solo nacional también internacional, antes de establecer o recomendar la aplicación de las mismas, tanto a las empresas distribuidoras de energía como a los fabricantes y usuarios. Aunque pueden existir normas nacionales en muchos países sobre el tema, lo cierto es que son las normas europeas y norteamericanas las más utilizadas [14].

Las normas norteamericanas sobre calidad de potencia son las recomendaciones de la IEEE, las cuales no tienen carácter de código o norma de obligatorio cumplimiento. A nivel europeo existen dos entidades de normalización: IEC y CENELEC, aunque IEC es un ente internacional que incluye a representantes de los Estados Unidos.

Referente a CENELEC por sus siglas Comité Europeo de Normalización Electrotécnica es la organización de normalización de la Comunidad Económica Europea y de la Asociación de Mercado Libre Europeo (EFTA).

La Comisión Internacional Electrotécnica (IEC), está relacionada principalmente con la normalización de CEM y dispone de diferentes campos de trabajo en esta área. La IEC no tiene aún un comité de calidad de potencia.

1.2.6.1 Norma Ecuatoriana de Construcción

La Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) tiene como objetivo principal regular los procesos que permitan cumplir con las exigencias básicas de seguridad y calidad en todo tipo de edificaciones, para su construcción, uso y mantenimiento [17].

1.2.6.1.1 Niveles de iluminación en ambientes asistenciales y educacionales

Los lugares destinados para actividades académicas, tales como laboratorios, salas de profesores, aulas, oficinas, requieren niveles de iluminación adecuado que permita realizar las actividades logrando un buen desempeño laboral y académico. Según la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) instalaciones electromecánicas. Capítulo 15, se presentan los niveles establecidos, referente a iluminación promedio en edificaciones destinadas a centros educativos [18].

Tabla 6. Iluminación de ambientes asistenciales y educacionales [18]

Tipo de Recinto	Iluminancia [Lux]
Bibliotecas	400
Cocinas	300
Gimnasios	200
Oficinas	300
Pasillos	100
Policlínicos	300
Salas de Cirugía	500
Salas de clase	300
Salas de Dibujo	600

1.2.6.1.2 Circuitos

Según la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), 2018 [19] , las instalaciones eléctricas deben disponer de circuitos independientes de iluminación, tomacorrientes y cargas especiales con las siguientes características:

- ✓ Los conductores de alimentadores y circuitos deben dimensionarse para soportar una corriente no menor a 125 % de la corriente de carga máxima a servir.
- ✓ Cada circuito debe disponer de su propio neutro o conductor conectado a tierra.
- ✓ Cada circuito debe disponer de su propia protección.
- ✓ Ningún circuito debe compartir servicios entre plantas o niveles diferentes de la instalación [19].

1.2.6.2 Norma ISO 50001

El propósito de esta Norma Internacional es facilitar a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y el uso y el consumo de la energía. La implementación de esta Norma Internacional está destinada a conducir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados, así como de los costos de la energía a través de una

gestión sistemática de la energía. Esta Norma Internacional es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño, independientemente de sus condiciones geográficas, culturales o sociales. Su implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y, especialmente, de la alta dirección [20].

Esta Norma Internacional especifica los requisitos de un sistema de gestión de la energía (SGEN) a partir del cual la organización puede desarrollar e implementar una política energética y establecer objetivos, metas, y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía. Un SGEN permite a la organización alcanzar los compromisos derivados de su política, tomar acciones, según sea necesario, para mejorar su desempeño energético y demostrar la conformidad del sistema con los requisitos de esta Norma Internacional. Esta Norma Internacional se aplica a las actividades bajo el control de la organización y la utilización de esta Norma Internacional puede adecuarse a los requisitos específicos de la organización, incluyendo la complejidad del sistema, el grado de documentación y los recursos [21].

1.2.7 Instrumentos y equipos utilizados

1.2.7.1 Analizador de calidad de la energía FLUKE 1735

Es la herramienta de análisis de energía y calidad eléctrica más versátil y polivalente del mercado por su precio y es ideal para realizar estudios de energía y registros básicos de la calidad de la energía, además es capaz de medir la inmensa mayoría de los parámetros de energía eléctrica y armónicos, y de capturar eventos de voltaje [22].



Figura 1. Analizador de calidad de la energía FLUKE 1735 [22]

1.2.7.2 Pinza amperimétrica FLUKE 324

Están diseñadas para verificar la presencia de corriente de carga, tensión de CA y la continuidad de circuitos, conmutadores, fusibles y contactos. Son ideales para adaptarse a medidas de corriente de hasta 400 A en espacios reducidos [23].



Figura 2. Pinza amperimétrica FLUKE 324 [23]

1.2.7.2 Luxómetro MAVIJU

Este instrumento puede realizar mediciones de hasta 200000 lux, con una precisión del 3% para valores menores a 10 klux y del 4% para valores superiores.



Figura 3. Luxómetro MAVIJU

1.3 Fundamentación metodológica

Para el presente documento, se utilizará la investigación descriptiva porque se busca especificar las características que podrían influir en los problemas que tiene el sistema eléctrico de bajo voltaje del Instituto, de igual manera, identificar la influencia de parámetros como; niveles de voltaje, corrientes por cada circuito, frecuencia, niveles de iluminación por cada ambiente, vida útil de los elementos, entre otros, ante posibles fallos ocasionados por el deterioro del sistema.

Adicional se utilizará el método comparativo, en base a los resultados obtenidos de diferentes casos de estudio se comparará entre ellos, para luego plantear alternativas de posibles soluciones que aporten al trabajo de investigación.

Por otro lado, según el tipo de datos empleados, pertenece a la investigación cuantitativa, la medición de las variables eléctricas del sistema entregará datos que permitan realizar análisis de eficiencia energética en el sistema. La cuantificación de las variables y su influencia facilitará la toma de decisiones. Finalmente, el método científico según [24] es una técnica que permite llegar a un conocimiento que pueda ser considerado válido desde el punto de vista de la ciencia, por lo tanto, a través de los resultados obtenidos mediante el desarrollado del método se establecerá posibles soluciones que ayuden a mitigar los problemas energéticos de las instalaciones eléctricas que existen en estas instalaciones.

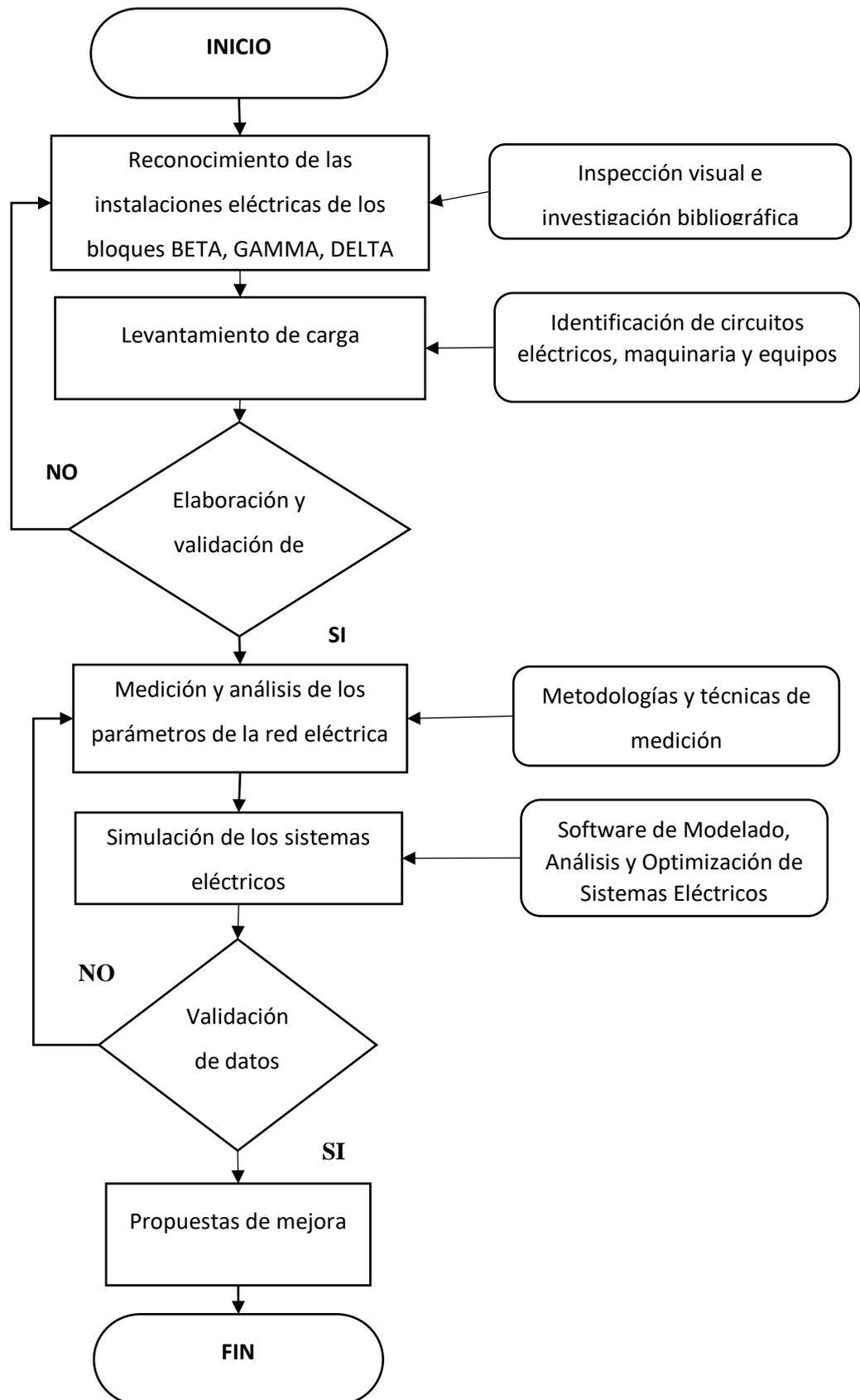


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso metodológico para el desarrollo del proyecto

1.3.1 Tipo de investigación

Investigación documental

Para desarrollar el presente proyecto se implementará la investigación documental, basado en la recolección de información a través de publicaciones e información técnica relacionada con sistemas eléctricos de bajo voltaje.

Investigación Descriptiva

Utilizada para describir los posibles problemas y fallos que podrían suscitarse en las instalaciones eléctricas, debido a sobrecargas, variaciones de niveles de voltaje, protecciones sobredimensionadas, entre otros, para posteriormente ser analizados y comparados con las simulaciones realizadas.

Investigación Aplicada

Empleada para optimizar el estado actual de las instalaciones eléctricas del Instituto, en base a la evaluación del estado actual de la misma. Es decir, la investigación tiene un objetivo concreto, un alcance delimitado y una aplicación práctica.

1.3.2 Métodos de Investigación

Método Inductivo

Utilizado para conocer el estado actual de las instalaciones eléctricas, a fin de determinar las condiciones actuales y valorar para una futura repotenciación de estas instalaciones.

Método Analítico

Empleado para analizar las condiciones de las instalaciones eléctricas, a fin de plantear alternativas de estudio y posibles mejorar en el sistema, con la ayuda de herramientas informáticas y de cálculo para comprobar la resolución a los inconvenientes detectados en el desarrollo de este proyecto.

Recopilación de información

La recopilación de información se basa en el registro de hechos que permitan desarrollar e implementar las diversas condiciones que requiere el proyecto de investigación. Para esto se procederá a la indagación, recopilación, síntesis,

organización y comprensión de los datos que se necesitan y sean válidos para ejecutar dicho estudio.

Método Sintético

Reconstruir de forma resumida el comportamiento del sistema eléctrico en los bloques Beta, Gamma y Delta del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca- sede SECAP Zona 3, a través del levantamiento de carga que existe en la actualidad en las instalaciones.

1.3.3 Técnicas a emplearse

Medición

Mediante esta técnica se determinará las variables del sistema eléctrico y se analizará si están dentro de los rangos de la REGULACION CONELEC 004-01 que trata sobre la calidad de energía, además se empleará la Norma Ecuatoriana de Construcción para comprobar los niveles de iluminación en los ambientes y de esta manera concluir en las mejoras del sistema.

Experimentación

Permitirá desarrollar un método para estimar las condiciones actuales de los sistemas eléctricos en los bloques BETA, GAMMA, DELTA del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca a fin de proponer el rediseño en las instalaciones eléctricas.

Modelación

Empleada para realizar los planos eléctricos de estas instalaciones, mediante la ayuda del software AUTOCAD a fin de establecer un punto de partida para el correcto control y mantenimiento de este sistema.

Simulación

A través de esta técnica se busca obtener una aproximación al comportamiento del sistema eléctrico en condiciones actuales; y de esta manera, determinar las posibles fallas y mejoras que se puedan dar a las instalaciones.

1.4 Conclusiones Capítulo I

- El desarrollo del presente capítulo, permite determinar el ordenamiento lógico y secuencial de los temas teóricos necesarios para la ejecución de la investigación, en consecuencia, se determinó el uso de la REGULACIÓN CONELEC 004-01 y la Norma Ecuatoriana de Construcción, a fin de tener una línea base de partida para establecer posibles soluciones al sistema, sin embargo, se debe mencionar que se detectó la falta de una normativa que regule con mayor detalle las instalaciones eléctricas en centro educativos, la mayoría de las normas vigentes tratan de instalaciones eléctricas de tipo residencial.
- En relación a la fundamentación teórica se detectó que la mayoría de los trabajos citados tratan de procedimientos que ayudan a racionalizar el uso de la energía eléctrica, utilizando como método principal el cambio de las luminarias tipo fluorescentes o incandescentes por iluminación tipo LED a fin de modernizar las instalaciones eléctricas.
- En la fundamentación metodología se plantea el punto de inicio y final para lograr el objetivo de la investigación, mediante la aplicación de diferentes tipos y métodos de investigación que van de la mano con las técnicas e instrumentos que se aplicará

CAPÍTULO II. PROPUESTA

2.1 Título del proyecto

Desarrollo de un método para estimar las condiciones actuales de los sistemas eléctricos en los bloques BETA, GAMMA, DELTA del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca - sede SECAP zona 3 para el rediseño de las instalaciones eléctricas

2.2 Objetivo del proyecto

- Determinar las condiciones actuales de las instalaciones eléctricas del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca, a fin de desarrollar un método que establezca procedimientos que ayuden a plantear propuesta para el rediseño de las instalaciones eléctricas.

2.3 Justificación de la propuesta

El Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca al ser una institución que brinda educación de tercer nivel, se encuentra equipado con talleres y laboratorios que demanda gran consumo de energía, motivo por el cual, es de vital importancia que las instalaciones eléctricas se encuentren en condiciones óptimas para su desempeño cotidiano.

Actualmente las instalaciones eléctricas que posee el Instituto se ven afectadas por la falta de procedimientos que ayuden a realizar mantenimientos continuos, lo cual

afecta a las condiciones de operación, además se suma la escasez de información y datos de diseño, provocando que disminuya la eficiencia y operatividad de las instalaciones, generando molestias dentro de la comunidad académica que ocupa estos ambientes.

Con los antecedentes citados, se procederá a revisar las instalaciones eléctricas, posterior el levantamiento de cargas eléctricas que mantiene la Institución en los bloques BETA, GAMMA, DELTA a continuación se elaborará los planos eléctricos, medición de voltaje, corriente y frecuencia, posterior se utilizará ETAP para la simulación del sistema.

Finalmente se establecerá una propuesta de rediseño eléctrico, basado en el monitoreo de variables eléctricas, para posteriormente con los resultados obtenidos en el software plantear soluciones a los problemas en estudio, a fin de generar estrategias y planes de gestión que permitan precautelar el buen funcionamiento de los equipos eléctricos, logrando tener seguridad en los ambientes educativos y prácticos, esto forma parte de la excelencia académica en cualquier entidad de Educación Superior.

Adicionalmente, es importante mencionar que el Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca mediante resolución RPC-SO-33-No.745-2021 emitido por el CONSEJO DE EDUCACIÓN SUPERIOR de fecha 01 de diciembre de 2021, en su artículo único indica: ***"autorizar el cambio de nombre del Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca con código institucional 2229, por el de Instituto Superior Tecnológico Tungurahua"***, bajo este contexto y debido a la reconversión de los Institutos de Educación Superior, se notifica que a partir del 01 de diciembre de 2021 el cambio de nombre de la Institución sin afectar a sus instalaciones e infraestructuras que mantiene.

2.4 Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados

En primera instancia se procedió a revisar el estado del arte referente a las repotenciaciones realizadas a los sistemas eléctricos en Instituciones de Educación Superior, encontrando investigaciones que hablan sobre el mal estado que la mayoría de instituciones cuentan en sus sistemas eléctricos, esto debido a la falta de un plan de mantenimiento en las instalaciones.

2.4.1 Descripción de los bloques BETA, DELTA y GAMMA

Antecedente

El Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca actualmente llamado Instituto Superior Tecnológico Tungurahua cuenta con una matriz institucional y 4 campus distribuido a lo largo de la provincia de Tungurahua, para la presente investigación trataremos una parte de la matriz institucional subrayada con rojo en la Figura 5.

La matriz institucional está constituida por 6 bloques entre aulas, laboratorios y talleres, distribuidos de la siguiente manera (véase Figura 5):

- ✓ **Bloque GAMMA:** Talleres de la carrera de automotriz, más un taller de confecciones textiles (actualmente no está en uso este último).
- ✓ **Bloque DELTA:** Talleres de la carrera de mecánica industrial, aulas y baterías sanitarias.
- ✓ **Bloque BETA:** Talleres de la carrera de mecánica industrial
- ✓ **Edificio ALPHA:** aulas, baterías sanitarias y oficinas administrativas del Instituto y SECAP.
- ✓ **Bloque KAPPA:** Aulas, biblioteca y baterías sanitarias.
- ✓ **Bloque LAMBDA:** Talleres y sala de docentes de las carreras de electricidad, electrónica y fabricación de calzado.

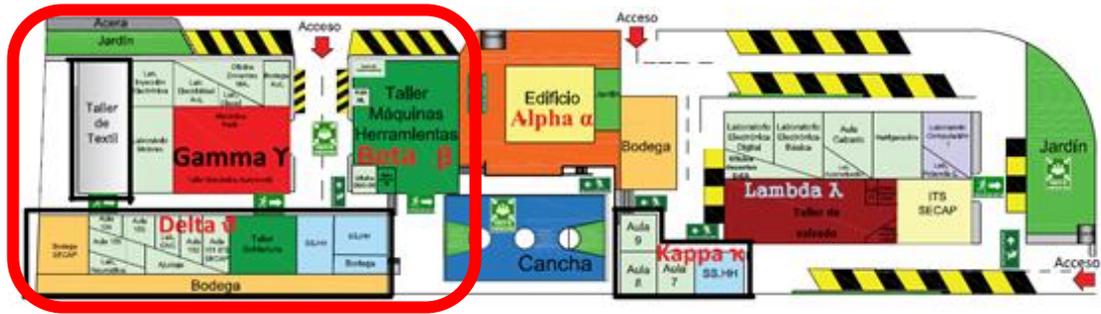


Figura 5. Distribución de espacios en la matriz institucional

2.4.2 Inspección de las instalaciones eléctricas

A continuación, se detalla los aspectos más importantes que se encuentra luego de realizar el reconocimiento del sistema eléctrico, partiendo desde el centro de transformación hasta los circuitos derivados de cada bloque.

2.4.2.1 Centro de Transformación (CT)

Cuenta con un transformador de 500 [kVA], trifásico, con relación de transformación 13.8[kV]/127[V], una acometida en medio y bajo voltaje de tipo soterrada (véase Figura 6-a). Adicional es su parte exterior existe un acumulador de aceite quemado, el cual significa un peligro constante ante cualquier tipo de incidente que podría provocar un incendio (véase Figura 6-b).



a) Parte interior del CT

b) Parte exterior del CT

Figura 6. Transformador 500 [kVA]

2.4.2.2 Tableros de Distribución Principal (TDP)

La Institución cuenta con dos tableros de distribución principal (TDP), los mismos que se encontraban en total descuido (véase Figura 7), sin ningún tipo de seguridad que evite su mala manipulación. Cada tablero contiene interruptores generales de protección que se derivan a cada una de las cajas térmicas de cada bloque.



Figura 7. Tableros de distribución principal 1 y 2

El tablero de distribución 1 contiene los 9 interruptores termomagnéticos principales de cada bloque (véase Figura 8-a), sin embargo, como se puede observar en la Figura 8-b, no se puede identificar cada uno de ellos debido que se encuentran con denominaciones de ambientes que ya no están vigentes.



a) Parte frontal del tablero de distribución 1

"INVENTARIO"	
Lugar	Características (breakers)
1: TALLER DE MEC. AUTOMOTRIZ	"General Electric" 240V, 150A
2: TALLER DE MEC. INDUSTRIAL	"Square" 240V, 250A
3: TALLER DE MAC. AUTOMOTRIZ	"Square" 240V, 250A
4: T.F.M.I	"Square" 240V, 250A
5: T.F.M.I TALLER DE CALZADO	"Siemens" 240V, 150A
6: TALLER DE CARPINTERIA	"General Electric" 240V, 150A
7: AJUSTAJE	"Square" 240V, 250A
8: T.F.M.I	"Square" 240V, 250A
9: T.M.F.3	"Square" 240V, 250A

b) Nomenclatura de los interruptores termomagnéticos TDP1

Figura 8. Partes del tablero de distribución principal 1 (TDP1)

Por otro lado, el tablero de distribución 2 contiene 7 interruptores termomagnéticos, (véase Figura 9-a) al igual que el caso anterior no se puede identificar que circuito controla cada uno debido que se encuentra con denominaciones de ambientes que ya no están vigentes (véase Figura 9-b).



a) Parte frontal del tablero de distribución 2

"INVENTARIO"	
Lugar	CARACTERISTICAS (breakers)
1: BOMBA	"Mette Electric Corp" 470V, 7.5KA
2: TALLER DE AUTOMOTRIZ	"Modelo Case" Bifásico 120/240V, 500A
3: TALLER DE CARPINTERIA	"Modelo Case" Bifásico 120/240V, 500A
4: AREA EXTERIOR	"Modelo Case" Bifásico 120/240V, 500A
5: AREA EXTERIOR	"Modelo Case" Bifásico 120/240V, 500A
6: AREA EXTERIOR	"Modelo Case" Bifásico 120/240V, 500A
7: AJUSTAJE	"Modelo Case" Bifásico 120/240V, 500A
8: SALIDA MONOFASICA AUXILIAR	

b) Nomenclatura de los interruptores termomagnéticos TDP2

Figura 9. Partes del tablero de distribución principal 2 (TDP2)

2.4.2.3 Tableros de Distribución Secundario (TDS)

Los tableros no cuentan con señales o marquillas que ayuden a identificar los diferentes circuitos de cada bloque, lo cual dificulta determinar que ambientes controlan cada tablero, además se visualizó cables sin protección, excesivo polvo dentro de los tableros, interruptores termomagnéticos sin conexión o en cortocircuito, añadiendo la mala distribución de las redes eléctricas.

BLOQUE DELTA



Tableros de Distribución Secundario (TSDS1)



Tableros de Distribución Secundario (TSDS2)



Tableros de Distribución Secundario (TSDS3)

BLOQUE BETA



Tableros de Distribución Secundario (TDSB1)



Tableros de Distribución Secundario (TDSB2)



Tableros de Distribución Secundario (TDSB3)



Tableros de Distribución
Secundario (TDSB4)

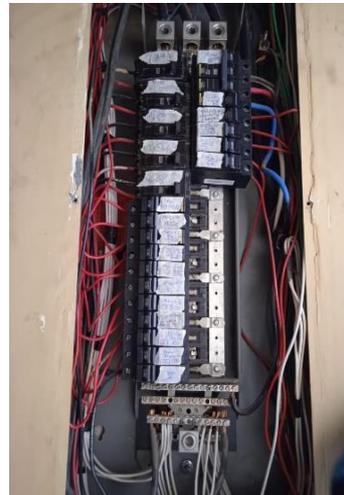
BLOQUE GAMMA



Tableros de Distribución
Secundario (TDSG1)



Tableros de Distribución
Secundario (TDSG2)



Tableros de Distribución
Secundario (TDSG3)

Figura 10. Tableros de distribución secundario de los bloques DELTA, BETA y GAMMA

Adicional, en el recorrido realizado se encontró en cada bloque subtableros de distribución (STD) de igual manera en mal estado. (véase figura 11)

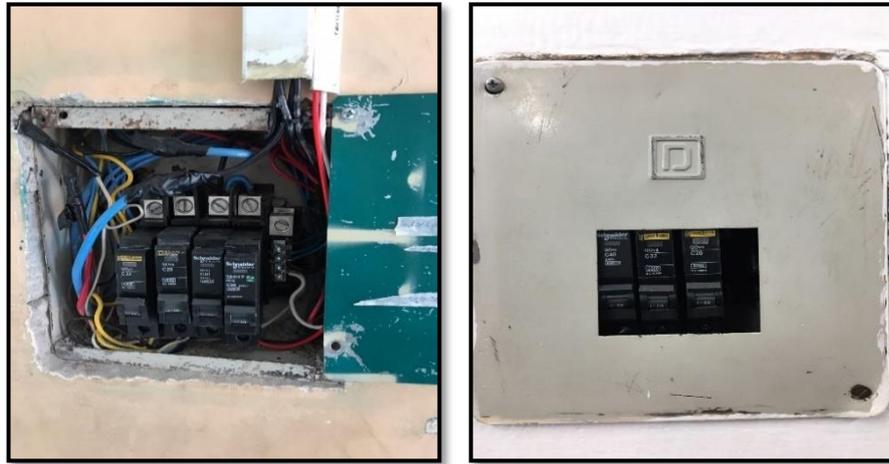


Figura 11. Subtableros de distribución

Como se puede observar en las figuras antes citadas tanto el centro de transformación como los tableros eléctricos se encuentran en total descuido, sin seguridades y señalética que ayude a prevenir cualquier tipo de inconveniente, convirtiéndose así en un peligro constante para estudiantes y docentes que circulan a sus alrededores.

2.4.2.4 Sistema de Iluminación

En lo referente al sistema de iluminación, se ha encontrado en su mayoría luminarias en mal estado fluorescentes tipo T8 de 40[W], lámparas tipo campana 250[W] (halógena), lámpara LED T8 2*18 [W], plafón industrial, focos LED tipo A60 de 15[W]. Además, los diferentes alimentadores que conectan a cada circuito se encuentran sin canalizaciones en su mayoría, pasando sobre la estructura metálica del ambiente o el cielo raso.

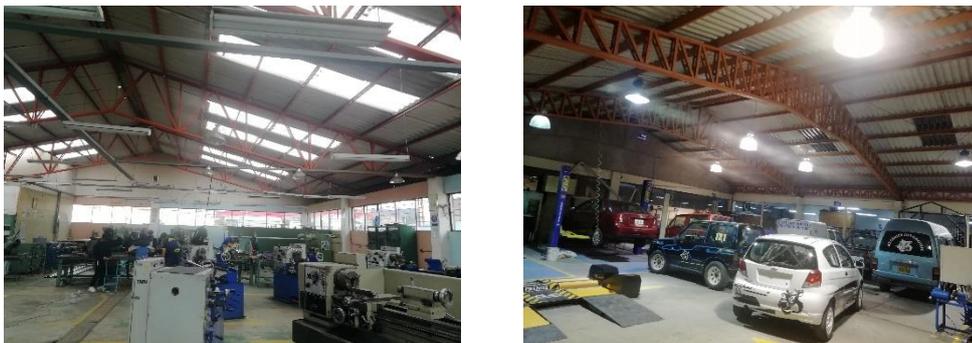


Figura 12. Tipos de iluminación en los bloques DELTA, BETA y GAMMA

2.4.2.5 Análisis de Iluminación

Para este análisis, se toma como base la NEC-11 (Norma Ecuatoriana de la Construcción), Decreto Ejecutivo N° 705 del 06 de abril de 2011, **Capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas**; en la Tabla 6 perteneciente al capítulo 1 se indicó los niveles mínimos de iluminación requeridos en centros educativos a utilizarse.

Por otro lado, al no tener un valor referencial para talleres y laboratorios establecidos en la NEC, se toma como referencia la Guía de diseño Nro. II de la EEASA en donde se considera el valor de 500 luxes, criterio tomado en base a las necesidades y actividades que se realiza en este tipo de ambientes que requieren de mayor iluminación.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en cada ambiente con la ayuda de un luxómetro (véase tablas 7,8,9):

BLOQUE DELTA

Tabla 7. Niveles de luxes en el bloque DELTA

Ambiente	BLOQUE DELTA		Observaciones
	Medición Promedio de Iluminación (lux)	Nivel Mínimo por NEC (lux)	
Bodega	147,7	100	Si cumple con la norma
Baños Mujeres	27,7	200	No cumple con las normas
Baños Hombres	58,4	200	No cumple con las normas
Taller Soldadura (General)	126,7	500	No cumple con las normas
Módulo 1 -10	110	300	No cumple con las normas
Aula 101	250,4	300	No cumple con las normas
Aula 102	323,1	300	Si cumple con las normas
Laboratorio CNC	321,4	500	No cumple con las normas
Aula 103	329,8	300	Si cumple con las normas
Aula 104	334,4	300	Si cumple con las normas
Aula 105	224,9	300	No cumple con las normas
Laboratorio Neumática	220,2	500	No cumple con las normas

Taller Ajustaje	109,5	500	No cumple con las normas
Pasillo	235,6	100	Si cumple con las normas

De la tabla 7 se observa que principalmente los talleres y laboratorios no cumplen con los niveles de iluminación mínimos señalados en la normativa.

BLOQUE BETA

Tabla 8. Niveles de luxes en el bloque BETA

BLOQUE BETA			
Ambiente	Medición Promedio de Iluminación (lux)	Nivel Mínimo por NEC (lux)	Observaciones
Taller de Máquinas y Herramientas	62	500	No cumple con las normas
Laboratorio de Motores	40	300	No cumple con las normas
Aula	40	300	No cumple con las normas
Laboratorio Ensayo de Materiales	153	500	No cumple con las normas
Bodega Planta alta	12	100	No cumple con las normas

De la tabla 8 se observa que ningún ambiente cumple con los niveles de iluminación mínimos señalados en la normativa. Además se debe considerar que la mayoría de luminarias en este bloque se encuentran obsoletas.

BLOQUE GAMMA

Tabla 9. Niveles de luxes en el bloque GAMMA

BLOQUE GAMMA			
Ambiente	Medición Promedio de Iluminación (lux)	Nivel Mínimo por NEC (lux)	Observaciones
Mecánica de patio automotriz	483	500	No cumple con las normas, cambiar luces halógenas
Laboratorio de Motores automotriz	21	500	No cumple con las normas
Laboratorio Inyección Electrónica Automotriz	112	300	Se utiliza como aula sin embargo, no cumple con las normas
Laboratorio de Electricidad Automotriz	125	300	Se utiliza como aula sin embargo, no cumple con las normas
Laboratorio Inyección a Diesel	113	500	No cumple con las normas

Laboratorio Prototipado	280	500	No cumple con las normas
Sala de Docentes	125	300	No cumple con las normas

De la tabla 9 se observa que ningún ambiente cumple con los niveles de iluminación mínimos señalados en la normativa. En el ambiente de patio automotriz se mantiene lámparas tipo campana de foco halógeno, se debe cambiar algunos focos quemados para que pueda cumplir con el nivel mínimo de iluminación sin ningún problema.

2.4.2.6 Sistema de Fuerza

Por otro lado, en relación a los sistemas de fuerza se observó especialmente en los talleres de cada bloque que los tomacorrientes se encuentran sobrecargados y en mal estado, en algunos de los casos la maquinaria se encuentra conectada directamente a los cables sin ningún dispositivo, enchufe o tomacorriente, sin embargo, en las aulas no se presenta mayor novedad en relación al estado de este sistema, aclarando que existe una mala distribución de los circuitos, debido que un breaker controla varios ambientes desde un mismo sitio (véase Figura 13).



Figura 13. Sistema de fuerza de los bloques DELTA, BETA y GAMMA

2.4.3 Planos eléctricos de los bloques DELTA, BETA, GAMMA

El Instituto no contaba con planos arquitectónicos ni eléctricos que ayuden a identificar los problemas existentes en las áreas. Por tal razón, se realizó el levantamiento de los planos de cada bloque; para la parte eléctrica se identificó los circuitos derivados de cada TDS, a fin de diseñar e interpretar la instalación eléctrica actual, a continuación, en la Figura 14 se observa el plano eléctrico de los 3 bloques, adicional los planos unifilares se presentan en los ANEXOS del 2 al 9.

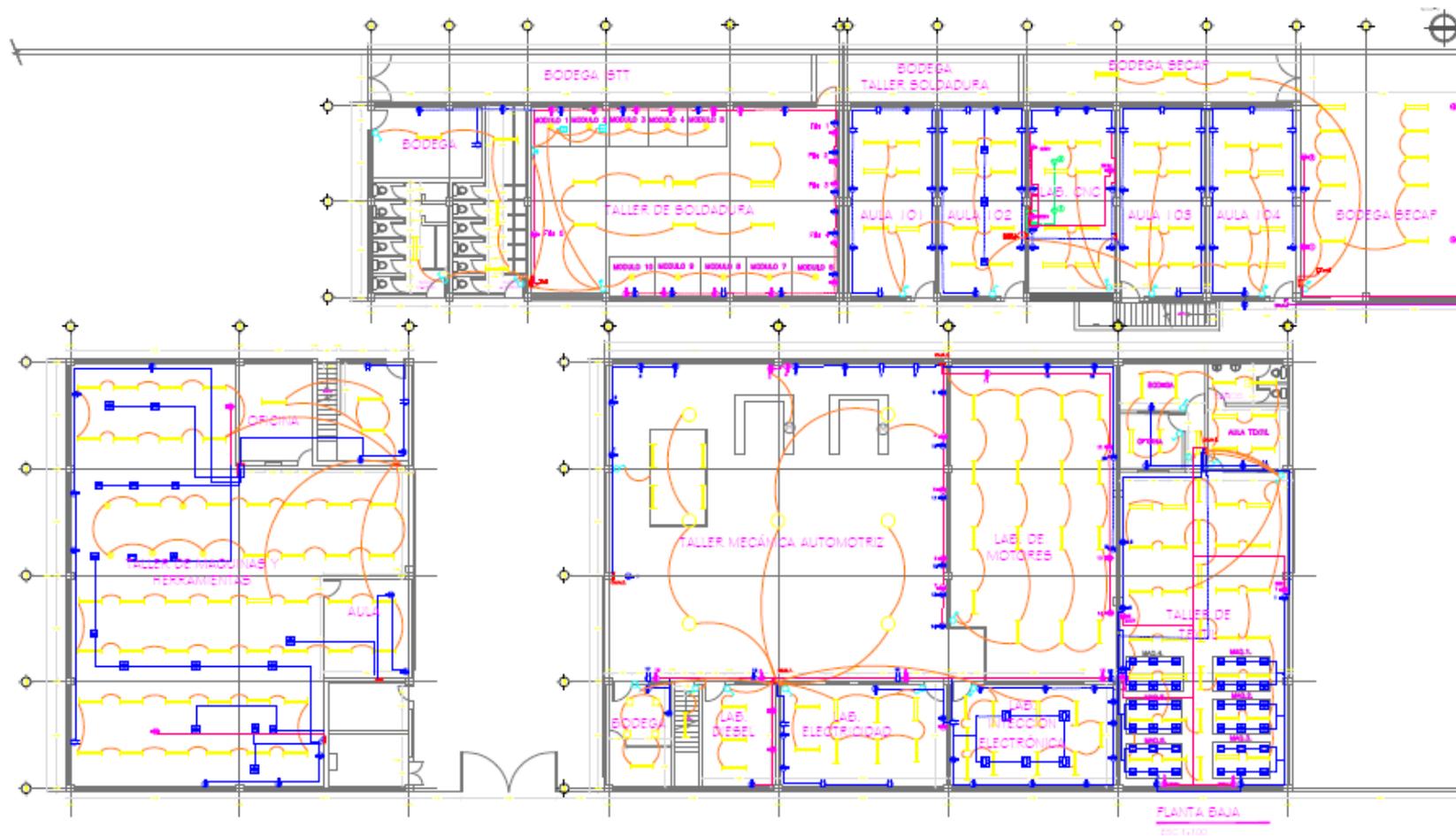


Figura 14. Plano eléctrico bloques DELTA – BETA - GAMMA

2.4.4 Levantamiento de cargas

Una vez identificado los circuitos derivados de cada TDS, se procedió a realizar el levantamiento de cargas de cada uno de los bloques, sin embargo, se debe considerar lo establecido en el apartado “**2.4.2.3 Tableros de Distribución Secundario (TDS)**”, en donde se identificó que existe varios TDS que tienen conexión directa con el tablero de distribución principal 1, razón por la cual, se consideró determinar que tablero tiene más carga instalada en cada bloque.

Bloque DELTA

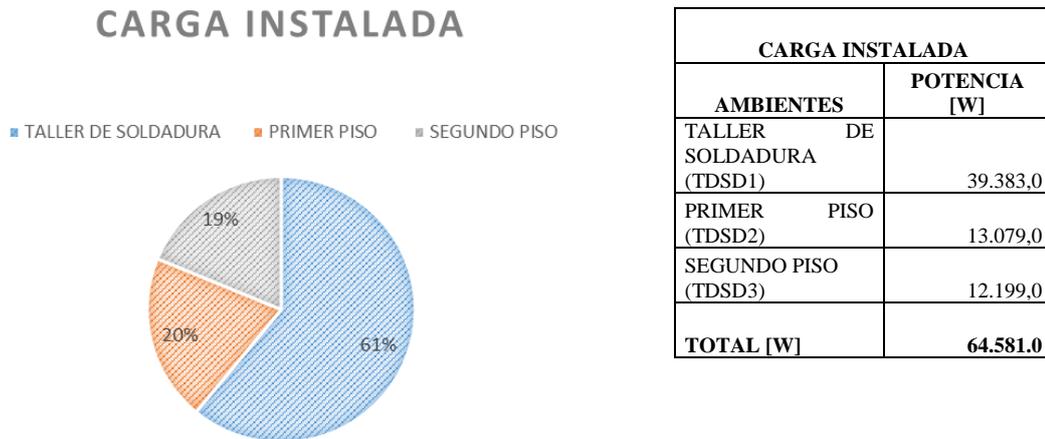


Figura 15. Carga instalada por TDS en bloque DELTA

De la Figura 15 se determinó que el taller de soldadura (TDS1) tiene un 61% del total de la carga instalada a este bloque, razón por la cual, se tomará como el TDS de referencia para realizar el análisis de cargabilidad del sistema.

Bloque BETA

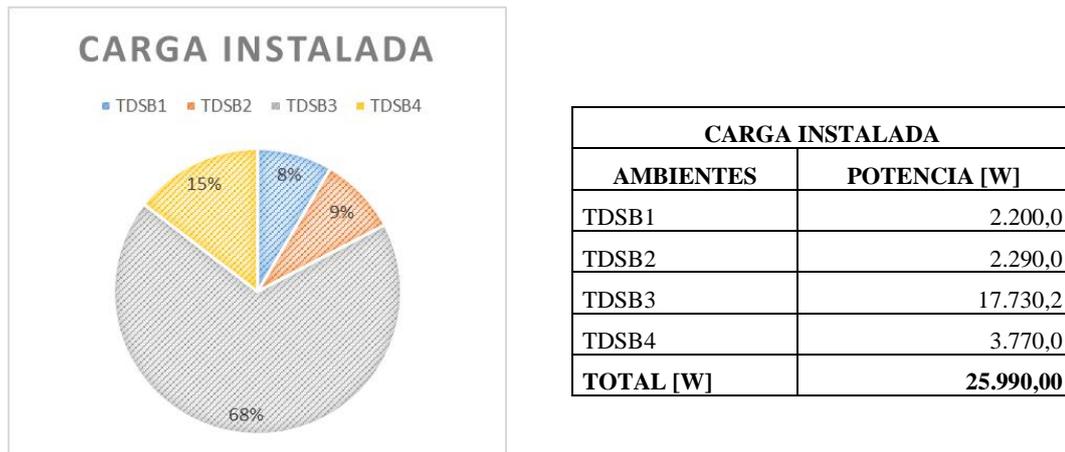


Figura 16. Carga instalada por TDS en bloque BETA

De la Figura 16 se determina que el tablero denominado TDSB3 tiene un 68% del total de la carga instalada a este bloque, razón por la cual, se tomará como el TDS de referencia para realizar el análisis de cargabilidad del sistema.

Bloque GAMMA

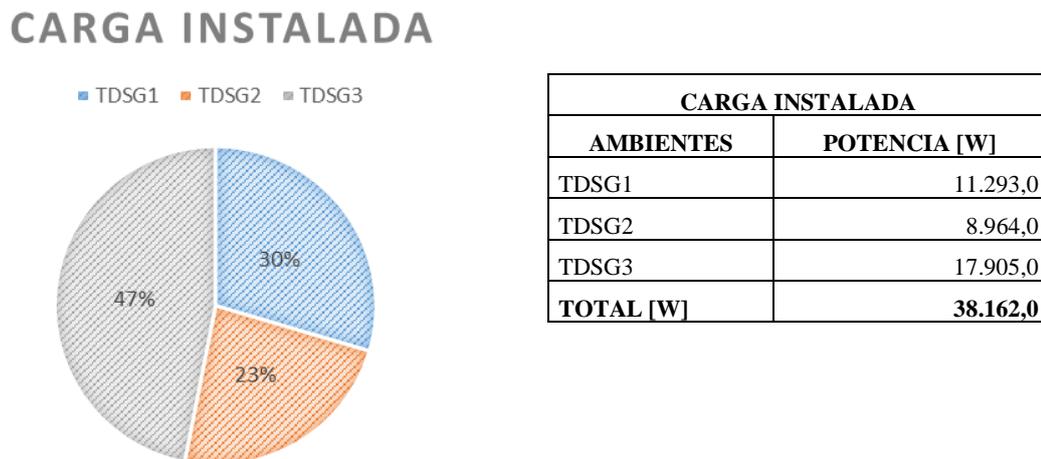


Figura 17. Carga instalada por TDS en bloque GAMMA

De la Figura 17 se determina que el tablero denominado TDSG3 tiene un 47% del total de la carga instalada, sin embargo, no es el TDS de referencia debido que actualmente el ambiente denominado taller de confección textil no es ocupado,

razón por la cual, se realizará el estudio en el TDSG1 con el 30% de la carga instalada para el análisis de cargabilidad del sistema.

2.4.5 Medición de parámetros

Condiciones para analizar la carga

De acuerdo a la normativa internacional IEEE 519 el tiempo de evaluación no deberá ser inferior a (7) siete días continuos, en consecuencia, el analizador se lo ubicará por una semana para el registro de las variables eléctricas.

Selección del analizador de redes

Para la determinación de los parámetros eléctricos se utilizó el analizador de carga marca FLUKE 1735 (véase Figura 1), obteniendo datos de voltaje, corriente y frecuencia del interruptor secundario de cada TDS con mayor carga dentro de cada bloque, la medición se realizó directamente en el tablero principal 1.

Forma de conexión del equipo para una red trifásica

El analizador de redes posee 2 entradas, una para las pinzas amperimétricas y otro para voltajes. Para una conexión al sistema trifásico, se realiza como se muestra en la Figura 18:

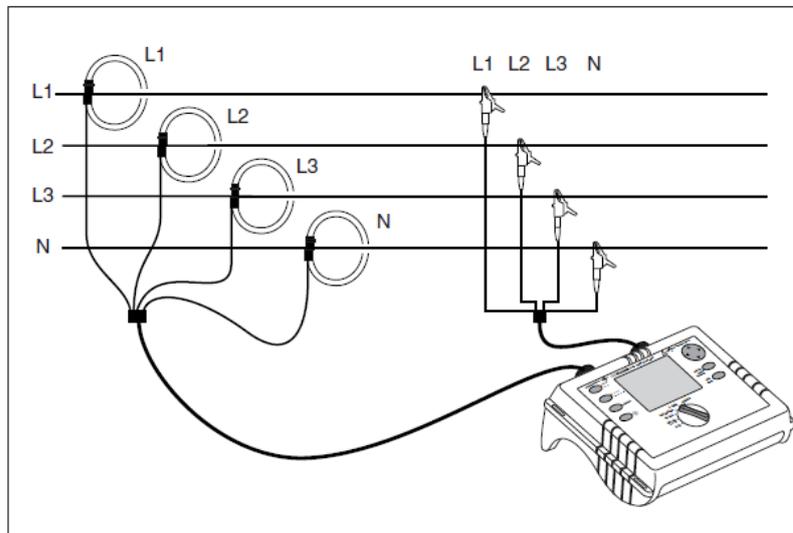


Figura 18. Conexión trifásica del analizador de carga [25]

Las pinzas amperimétricas se deben colocar alrededor de los conductores de cada fase A (Línea 1), B (Línea 2), C (Línea 3) y N (El neutro), cada pinza tiene flechas que indican la correcta polaridad para su conexión, se debe comprobar que estén cerradas por completo y fijadas de una manera firme alrededor de las fases para evitar datos erróneos en su medición.

Por otro lado, para la conexión de los voltajes se recomienda iniciar por el neutro y posterior por las fases.

Lugar de instalación del analizador de redes

Se recomienda instalar el analizador de redes en el secundario del transformador de entrada de servicio principal, como se establece en la normativa IEEE 1159, sin embargo, como el objetivo de la presente investigación es analizar el estado actual de las instalaciones eléctricas de 3 bloques, se procedió a instalar el analizador de redes en el interruptor secundario de cada Tablero de Distribución Secundario (TDS) el cual tenga la mayor carga dentro de cada bloque, estos se encuentran ubicados dentro del tablero principal 1 (véase Figura 19).

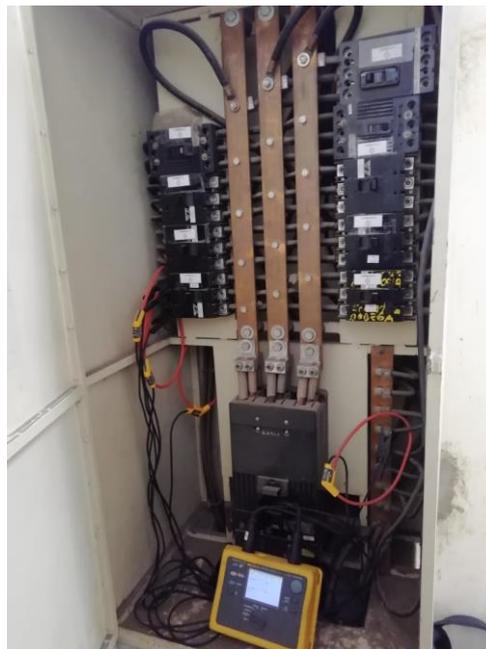


Figura 19. Tablero principal 1 conectado el analizador de carga FLUKE 1735

2.4.1.1 Bloque DELTA

Niveles de voltaje: en la figura 20 se observa que el pico máximo de voltaje alcanzado por el sistema en la LINEA 1 fue de 129,6 [V], LINEA 2 fue de 129,1 [V] y LINEA 3 fue de 129,8 [V], valor que no excede los límites estipulados en la regulación No. ARCONEL 005/18.

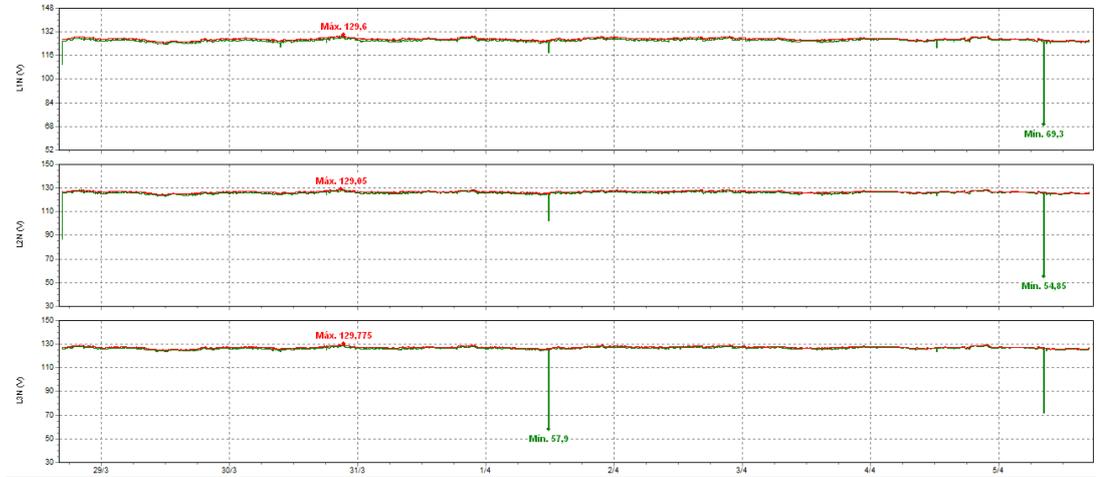


Figura 20. Niveles de voltaje L1- L2- L3 en TDSD1

Niveles de corriente: en la figura 21 se observa que el pico máximo de corriente alcanzado por el sistema en la LINEA 1 fue de 133,8 [A], LINEA 2 fue de 107,4 [A] y LINEA 3 fue de 66,6 [A], valor que no supera las características del interruptor termomagnético principal de 225 [A].

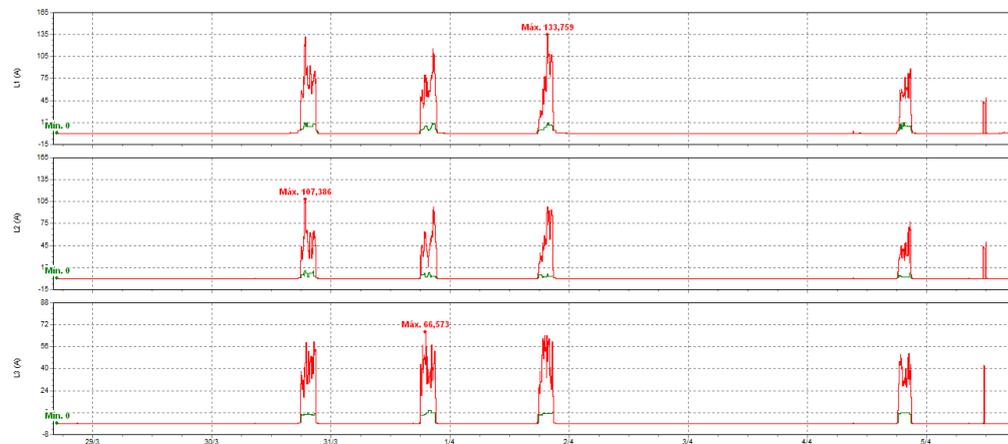


Figura 21. Niveles de corriente L1- L2- L3 en TDSD1

2.4.1.2 Bloque BETA

Niveles de voltaje: en la figura 22 se observa que el pico máximo de voltaje alcanzado por el sistema en la LINEA 1 fue de 129,4 [V], LINEA 2 fue de 129,2 [V] y LINEA 3 fue de 130 [V], valor que no excede los límites estipulados en la regulación No. ARCONEL 005/18.

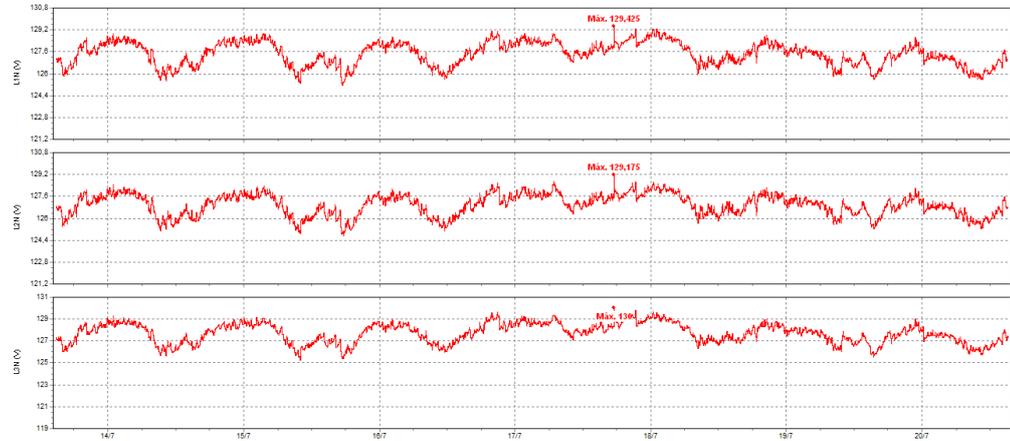


Figura 22. Niveles de voltaje L1- L2- L3 en TDSB3

Niveles de corriente: en la figura 23 se observa que el pico máximo de corriente alcanzado por el sistema en la LINEA 1 fue de 103,6 [A], LINEA 2 fue de 103,6 [A] y LINEA 3 fue de 103,1 [A], valor que no supera las características del interruptor termomagnético principal de 200 [A].

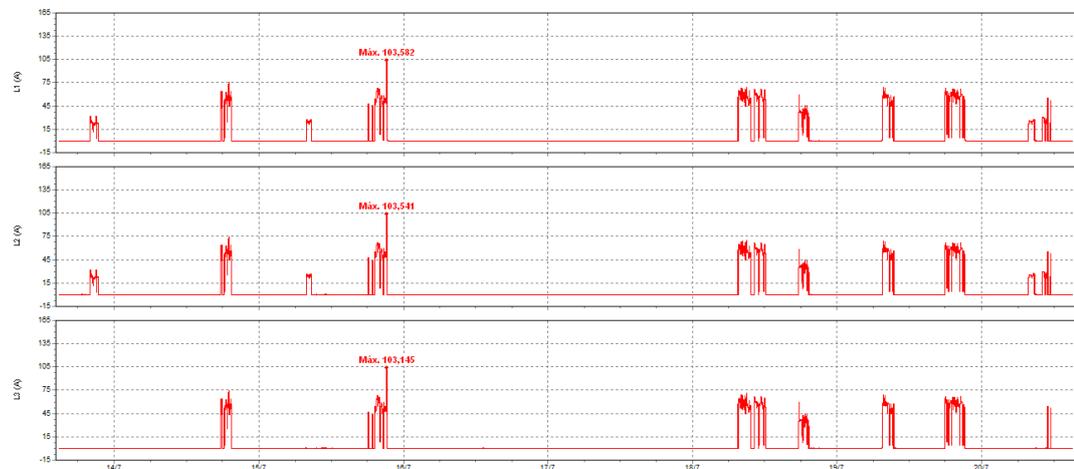


Figura 23. Niveles de corriente L1- L2- L3 en TDSB3

2.4.1.3 Bloque GAMMA

Niveles de voltaje: en la figura 24 se observa que el pico máximo de voltaje alcanzado por el sistema en la LINEA 1 fue de 129,5 [V], LINEA 2 fue de 129 [V] y LINEA 3 fue de 129,8 [V], valor que no excede los límites estipulados en la regulación No. ARCONEL 005/18.

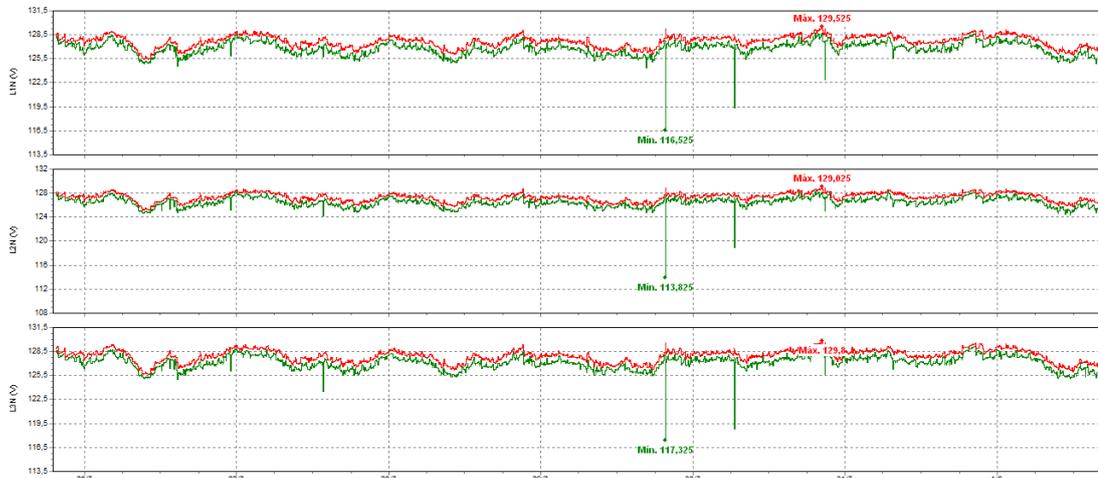


Figura 24. Niveles de voltaje L1- L2- L3 en TDSG1

Niveles de corriente: en la figura 25 se observa que el pico máximo de corriente alcanzado por el sistema en la LINEA 1 fue de 28,9 [A], LINEA 2 fue de 151,9 [A] y LINEA 3 fue de 27,92 [A], valor que no supera las características del interruptor termomagnético principal de 175 [A], sin embargo, se determina que la L2 en encuentra sobrecargada en relación a las dos líneas restantes.



Figura 25. Niveles de corriente L1- L2- L3 en TDSG1

2.4.6 Simulación del sistema eléctrico

Una vez identificado los circuitos derivados y realizado el análisis de carga en los tableros de distribución secundarios, con la ayuda del programa ETAP se procedió a simular las condiciones actuales del sistema eléctrico de los bloques DELTA, BETA y GAMMA. No sin antes considerar la guía de diseño de instalaciones eléctricas de Schneider Electric [26], la cual ofrece una explicación clara y práctica del análisis completo de una instalación eléctrica, rigiéndose a normas como la IEC 60364 y otras relevantes de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

Mediante esta guía se estableció por circuito factores de utilización (k_u) (Tabla 10) y simultaneidad (k_s) (Tabla 11 y 12) que ayudan a disminuir el porcentaje de error al momento de simular el sistema eléctrico, considerando que no sería correcto realizar el análisis de flujo con la carga instalada, debido que el funcionamiento de los equipos en las instalaciones eléctricas presenta variabilidad con respecto al tiempo. Por lo expuesto se consideró los siguientes factores.

Tabla 10. Factor de utilización [26]

Factor de utilización (k_u)	
k_u para motores	0,75
k_u para luminarias y tomacorrientes	1

Tabla 11. Factor de simultaneidad para cuadros de distribución [26]

Factor de simultaneidad (k_s) para cuadros de distribución	
Números de circuitos	k_s
Montajes comprobados completamente	0,9
2 y 3	
4 y 5	0,8
De 6 a 9	0,7
10 y mas	0,6
Montajes probados parcialmente; seleccione en cada caso	1.0

Tabla 12. Factor de simultaneidad según circuito [26]

Factor de simultaneidad (k_s) según la función del circuito	
Función de circuitos	k_s
Alumbrado	1
Calefacción y aire acondicionado	1
Tomas de corriente	De 0,1 a 0,2
Ascensores y montacargas	0,6

Montajes probados parcialmente;
seleccione en cada caso

Para el motor más potente	1
	0,75
Para el segundo motor más potente	0,60
Para todos los motores	

Una vez considerado estos valores, se procedió a simular las condiciones actuales del sistema eléctrico de los bloques DELTA, BETA y GAMMA (véase Figura 26).

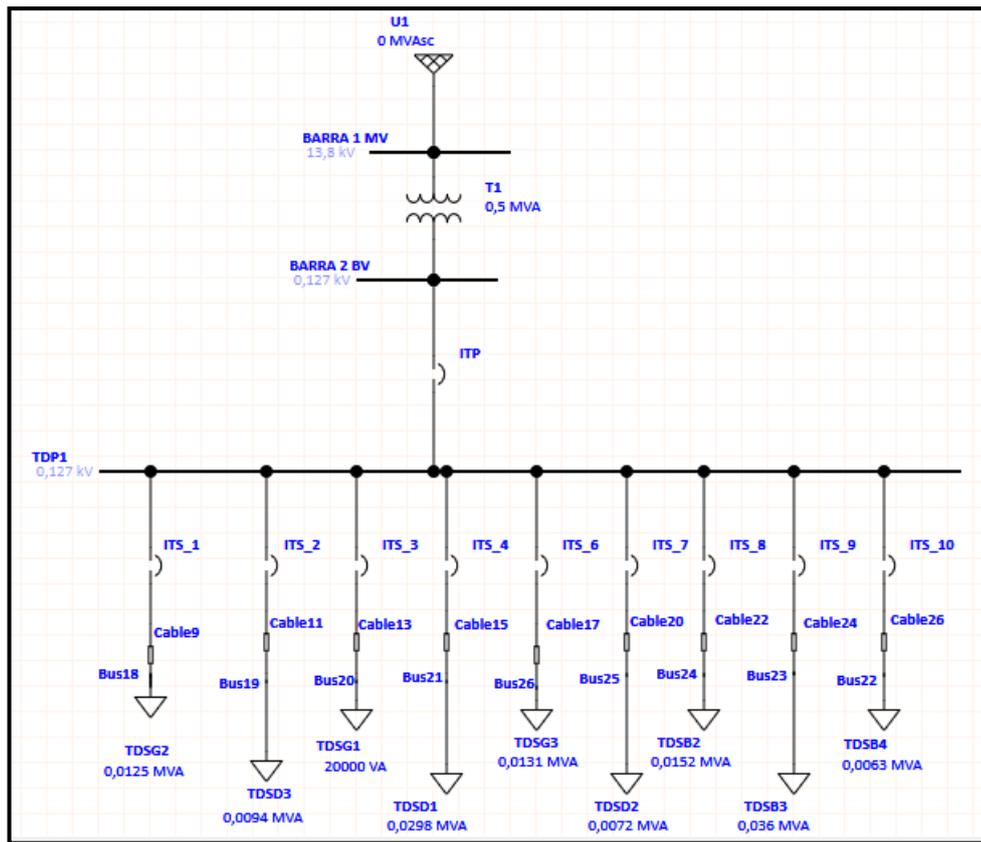


Figura 26. Sistema eléctrico de los bloques DELTA – BETA – GAMMA

La simulación muestra el sistema eléctrico del Instituto (Figura 26), donde se observa 9 tableros de distribución secundarios representado con sus siglas (TDS); los (TDS) se conectan mediante cables tipo TW de cobre a los interruptores termomagnéticos secundarios (ITS), adicional, a través de barras colectoras todos los circuitos se conectan al interruptor termomagnético principal (ITP) de 1.200 [A] alojado dentro del tablero de distribución principal 1 (TDP1), para finalmente llegar

al cuarto de transformación. Los componentes utilizados para realizar la Figura 26 y 27 se encuentran detallado en la tabla 13:

Tabla 13. Tablero de distribución principal 1

ITS	BLOQUE	TDS	MARCA TDS	MODELO TDS	CAPACIDAD AD [A] TDS	ALIMENTADOR (CABLE TW)	DISTANCIA DEL TDS AL IST [m]
1	GAMMA	TDSG2	GENERAL ELECTRIC	TQD	150	2/0	50
2	DELTA	TDSD3	SQUARE D	Q2L	100	1/0	70
3	GAMMA	TDSG1	SQUARE D	Q2L	175	2/0	35
4	DELTA	TDSD1	SQUARE D	Q2L	225	2/0	35
5	LAMBDA	N/A	SIEMENS	N/A	150	2/0	N/A
6	GAMMA	TDSG3	GENERAL ELECTRIC	TQD	150	2/0	60
7	DELTA	TDSD2	SQUARE D	Q2L	100	2/0	55
8	BETA	TDSB2	SQUARE D	Q2L	200	1/0	10
9	BETA	TDSB3	SQUARE D	Q2L	200	2/0	25
10	BETA	TDSB4	SQUARE D	BD	40	6	20

En la tabla 13, se visualiza datos de los componentes que conforman el tablero de distribución 1, por ejemplo, el ítem 1 (resaltado con negrilla) señala que el interruptor termomagnético pertenece al bloque GAMMA con nomenclatura TDSG2, de marca GENERAL ELECTRIC, modelo TQD, de capacidad de 150 [A], el cable que conecta este interruptor con el tablero de distribución secundaria es 2/0 y recorre una distancia de 50 m. Una vez ingresado cada uno de estos valores al programa ETAP, se procedió al análisis de flujo de carga (véase figura 27).

De la Figura 27 se representa el flujo de carga del sistema eléctrico de los bloques DELTA – BETA – GAMMA, por tanto, se concluye que tableros de distribución, alimentadores e interruptores no presenta problemas, demostrando la veracidad de los datos reflejados a través del análisis de carga realizado con el analizador de redes a cada interruptor termomagnético secundario de cada bloque (véase apartado 2.4.5 Medición de parámetros), finalmente se identificó que el problema del sistema eléctrico del instituto se encuentra aguas abajo de los TDS, debido al crecimiento

de los ambientes sin ninguna planificación y análisis, provocando instalaciones eléctricas improvisadas que con el pasar del tiempo representas fallas al sistema eléctrico de la Institución.

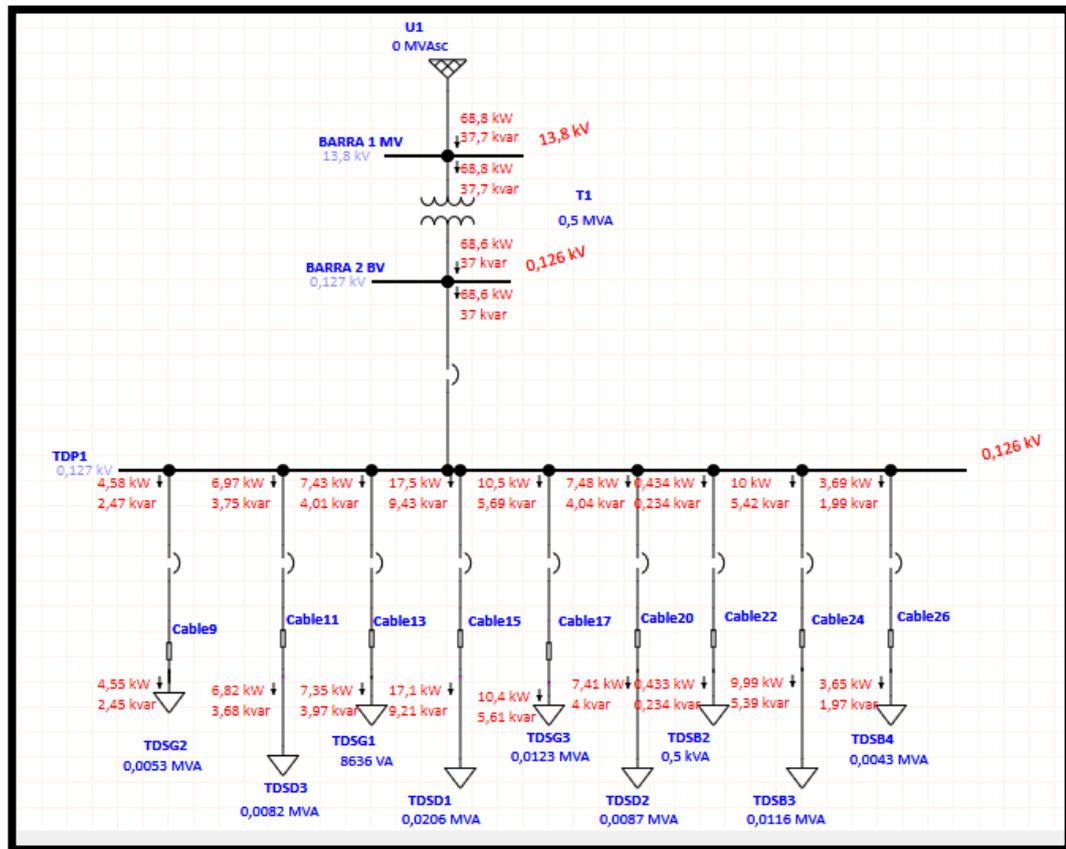


Figura 27. Flujo de carga de los bloques DELTA – BETA – GAMMA

2.4.7 Curva de demanda del sistema en condiciones normales de operación

Las curvas de carga fueron obtenidas con el analizador de carga FLUJE 1735. Se realizó el análisis para las 24 horas del día a fin de obtener un modelo que ayude a estimar los cambios que el sistema sufre en un día, los datos obtenidos se visualizan en la Figura 28.

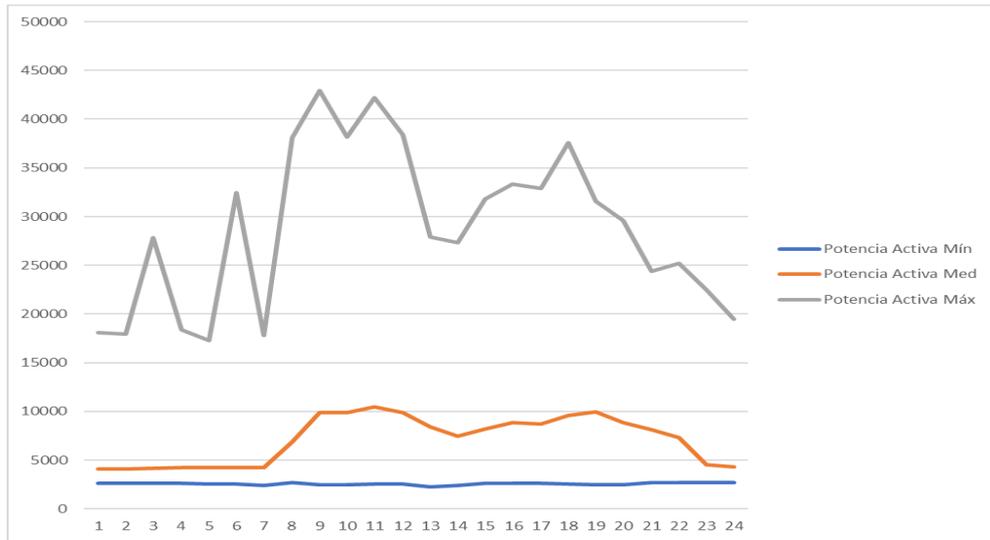


Figura 28. Curva de demanda mínima, promedio y máxima en 24 horas

En la figura 28 se observa que el valor máximo de la demanda es de 42,9 [kW]. Por otro lado en la Figura 29 se visualiza la demanda promedio que tiene el sistema eléctrico es de 10,8 [kW], el cual ayuda a tener una idea de las características de la carga que tiene el sistema de acuerdo a un día de trabajo.

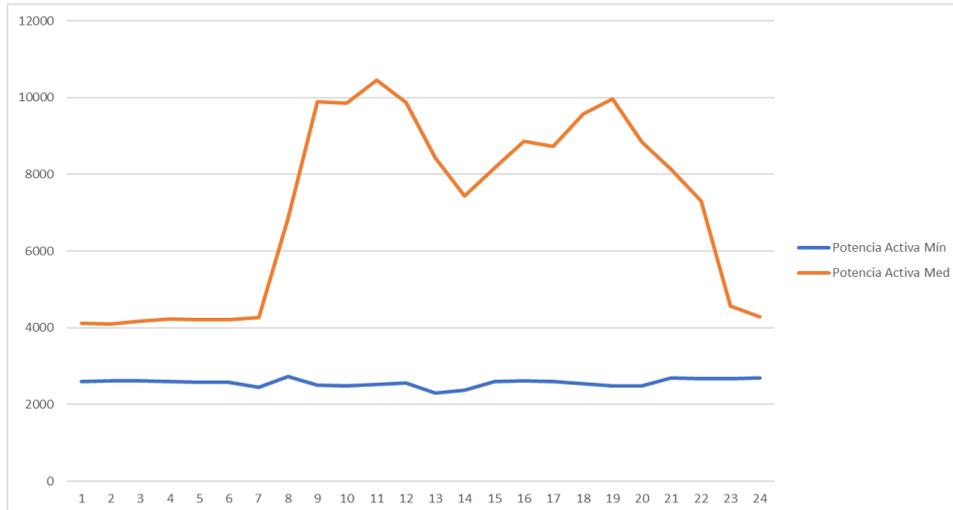


Figura 29. Curva típica de demanda promedio determinada en 24 horas

Adicional en la figura 30 se observa el comportamiento de la potencia activa, reactiva y aparente, en referencia a la demanda determinada en 24 horas. La potencia aparente máxima de la figura 30 es de 52,3 [kVA], lo que representa que el transformador cuenta solo con el 10% de cargabilidad, lo que representa que el transformador no es eficiente ya que el sobredimensionamiento crea pérdidas

económicas y se ven reflejadas en el costo de facturación. Las mayores pérdidas en un sobredimensionamiento son las pérdidas en el núcleo del transformador. [27]

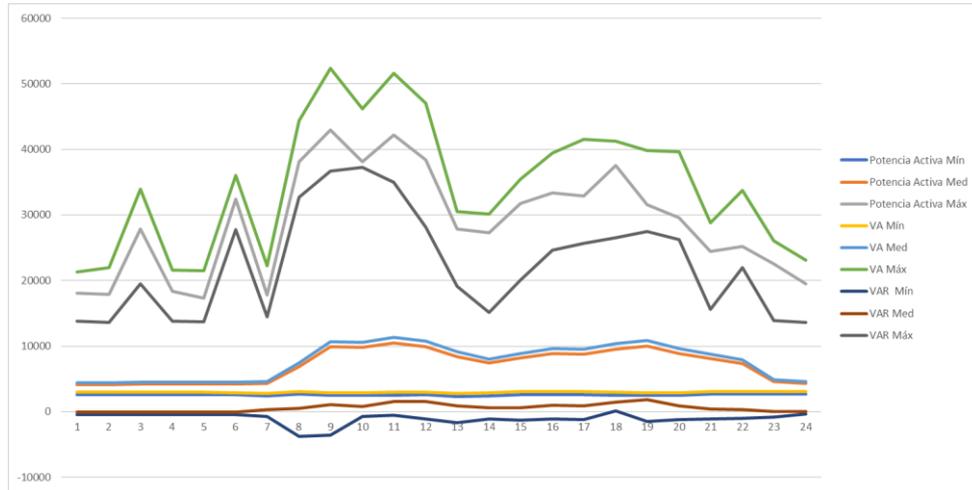


Figura 30. Curva de potencia activa – reactiva y aparente determinada en 24 horas.

2.4.8 Simulación del sistema eléctrico con mejoras

Una vez determinado los problemas y soluciones que se pueden dar al sistema eléctrico, a continuación se presenta los principales resultados en la figura 31.

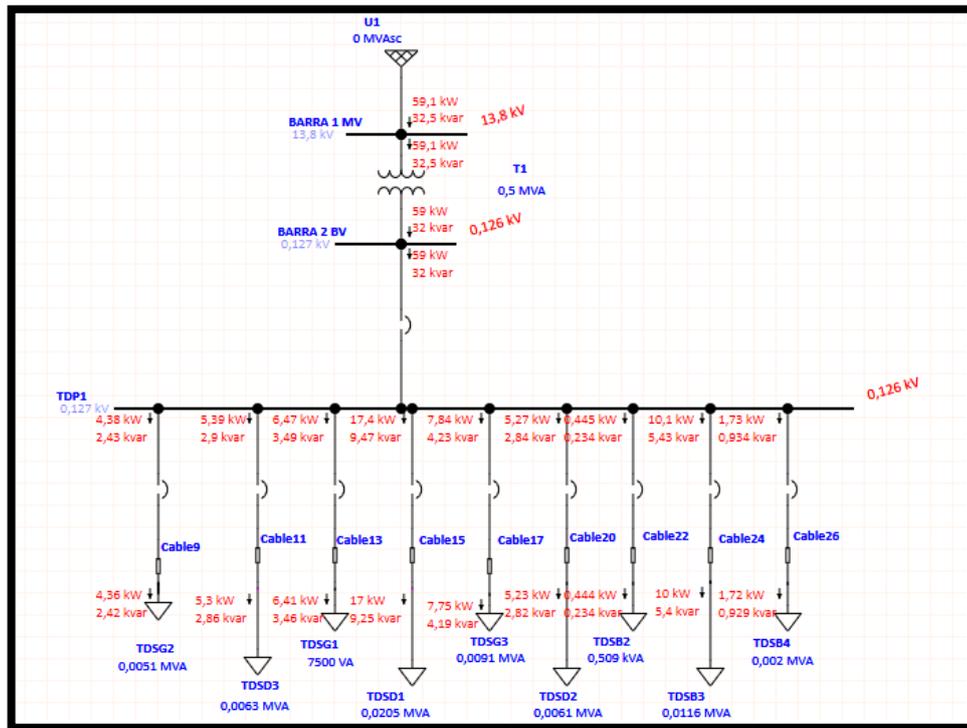


Figura 31. Demanda promedio determinada en 24 horas

Con el sistema modelado (véase Figura 31) se determinó la reducción de pérdidas totales que se lograría al aplicar las soluciones planteadas como el cambio de lámparas fluorescentes y halógenas por LED en cada uno de los bloques. La tabla 14 muestra los resultados obtenidos una vez comparado las simulaciones de las Figuras 27 y 31.

Tabla 14. Resultados las pérdidas totales, según la simulación de los centros de carga.

UBICACIÓN	CONDICIONES INICIALES		CONDICIONES FINALES		PÉRDIDAS	
	P [kW]	Q [kVAR]	P [kW]	Q [kVAR]	P [kW]	Q [kVAR]
GAMMA (TDSG1)	7,35	3,97	6,41	3,46	0,94	0,51
GAMMA (TDSG2)	4,55	2,45	4,36	2,42	0,19	0,03
GAMMA (TDSG3)	10,4	5,61	7,75	4,19	2,65	1,42
DELTA (TSD1)	17,1	9,21	17	9,25	0,1	-0,04
DELTA (TSD2)	7,41	4	5,23	2,82	2,18	1,18
DELTA (TSD3)	6,82	3,68	5,3	2,86	1,52	0,82
BETA (TDSB2)	0,4333	0,234	0,44	0,23	-0,007	0,004
BETA (TDSB3)	9,99	5,39	10	5,4	-0,01	-0,01
BETA (TDSB4)	3,65	4,77	1,72	0,93	1,93	3,84
PÉRDIDAS TOTAL					9,4933	7,754

2.4.9 Consumo eléctrico

Se realiza un detalle de los valores registrados por la empresa eléctrica en consumo del 2019 al 2022 figura 32, lo cual sirve como referencia para entender el comportamiento que tiene el sistema con el paso del tiempo.

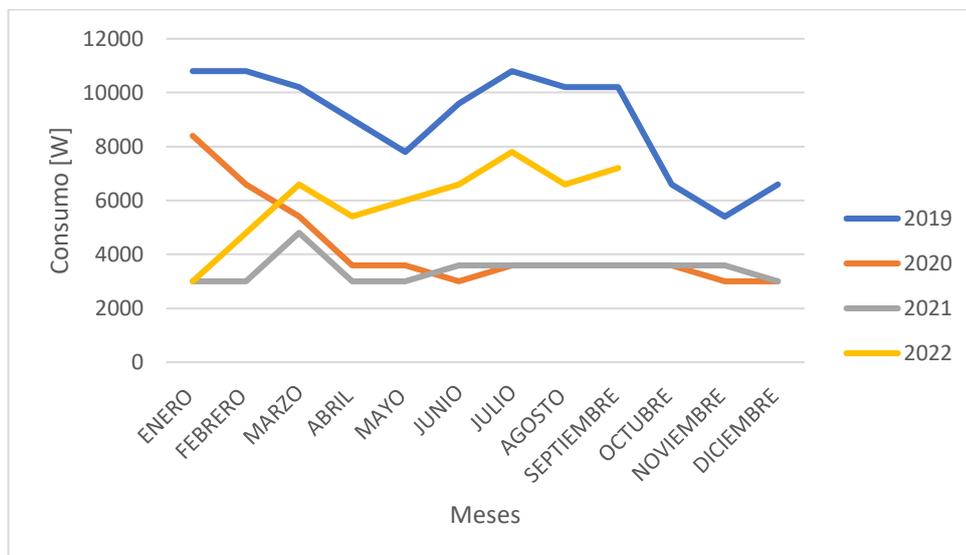


Figura 32. Resumen del consumo energético

2.4.10 Costo de las planillas eléctricas

Al igual que en la figura anterior, a continuación se presenta el detalle de los valores cancelados a la empresa eléctrica por consumo del 2019 al 2022 figura 33.

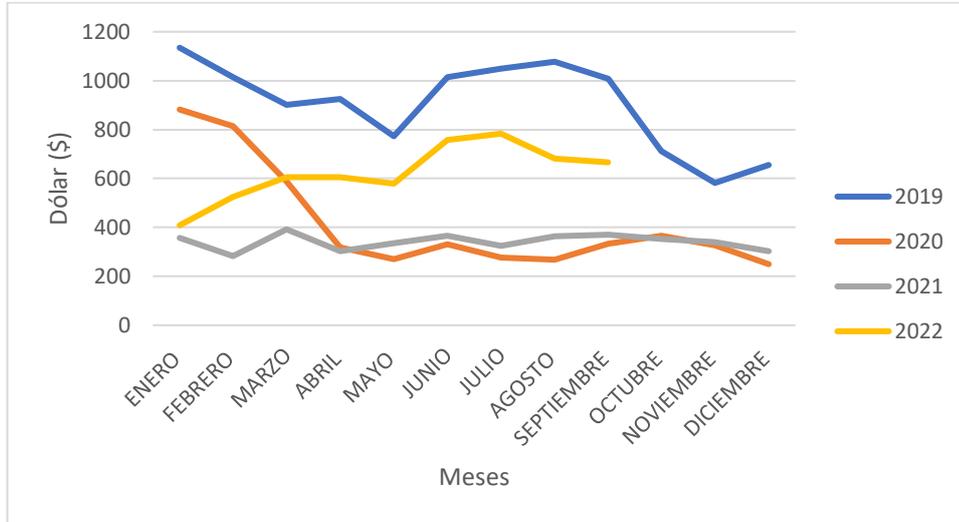


Figura 33. Tarifas eléctricas

2.5 Conclusiones

El levantamiento de información durante las visitas in situ al centro de transformación, acometidas, tableros de distribución, entre otras instalaciones de los bloques, evidenció de manera efectiva un deterioro en las mismas, permitiendo dar una evaluación clara del estado para obtener los parámetros de mejora continua a largo plazo.

El levantamiento de datos determinó que el sistema eléctrico del Instituto este compuesto por un centro de transformación de 500 [kVA], dos tableros de distribución principales denominados TDP, el TDP 1 contiene un interruptor general de 1200 [A] conectado a través de barras de distribución a 9 interruptores termomagnéticos trifásicos los cuales se derivan a los bloques DELTA, BETA y GAMMA; el TDP2 contiene un interruptor general de 200 [A], de igual manera, conectado a través de barras de distribución a 7 interruptores termomagnéticos trifásicos y bifásicos, este tablero en cambio controla el resto de los bloques que contiene el Instituto.

Los sistemas de iluminación una vez realizado el análisis de luxes por cada bloque se determinó que el nivel de iluminación en la mayoría de los casos no es suficiente

para el desarrollo de actividades académicas, según la Norma Ecuatoriana de Construcción para aulas, salón de profesores, sala de reuniones el nivel mínimo es 300 luxes, para talleres laboratorios en cambio es 500 luxes. Además, se determinó que cerca del 80% de luminarias son de tipo fluorescentes de 40 [W], teniendo como consecuencia mayor consumo a menor iluminación si se considera luminarias tipo LED.

El instituto no contaba con planos arquitectónicos ni eléctricos, lo cual dificulta cualquier mantenimiento o proyección para implementar nuevos ambientes con maquinarias y equipos, mediante una inspección visual y el reconocimiento de circuitos derivados, se logró representar el sistema a través de planos eléctricos esto con la ayuda del software AUTOCAD, adicional, se identificó que existen ambientes que comparten alimentadores, como por ejemplo, el aula 101, 102 y Laboratorio de CNC comparten el mismo circuito para luminarias y tomacorrientes, lo cual representa un desgaste continuo en la vida útil de las luminarias si se toma en cuenta que en el laboratorio de CNC se mantiene equipos de gran demanda.

Al momento de realizar el levantamiento de cargas se determinó los TDS que tenga la mayor cargabilidad en cada bloque, es así, que el tablero del taller de soldadura (TDSD1) tiene el 61% del total de la carga instalada del bloque DELTA. Para el bloque BETA el TDSB3 mantiene el 68% de la carga instalada y finalmente el TDSG1 del bloque GAMMA alberga el 30% de la carga. Estos datos se utilizaron para seleccionar los interruptores generales con mayor cargabilidad para efectuar el análisis de voltajes y corrientes, considerando un criterio de selectividad de carga a fin de optimizar el manejo de datos.

Adicional, se determinó mediante la ayuda del software ETAP el impacto de las mejoras que se tiene al aplicar los cambios propuestos dentro del sistema eléctrico, evidenciando los consumos registrados por la empresa eléctrica.

Finalmente, se debe tomar en cuenta que el tiempo de emergencia sanitaria parte de marzo de 2020 y terminó a inicios del 2022, en consecuencia, las gráficas presentan valores bajos dentro de este tiempo.

CAPÍTULO III. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

3.1 Análisis de Resultados

En el capítulo anterior se analizó el estado del sistema eléctrico de los bloques DELTA, BETA y GAMMA, obteniendo resultados relevantes por medición y simulación de las instalaciones eléctricas, los mismos que permitirán generar un plan de gestión y ahorro energético enfocado áreas importantes como son la iluminación y el rediseño de las instalaciones eléctricas, a fin que se cumpla con lo que establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción en base a establecimientos educativos.

Infraestructura e Iluminación: Los elementos instalados son obsoletos y de tecnología tradicional, que no cumplen con estándares de ahorro en la actualidad. Las cargas de iluminación y equipos electrónicos se encuentran conectados a una red de cableado eléctrico disfuncional. No existen tableros de distribución que organicen las cargas de forma nivelada. Las conexiones de los laboratorios han sido realizadas de manera improvisada. Adicionalmente el tipo de luminarias que aún se utilizan provocan cierto grado de contaminación por el tipo de estructura interna, como es el caso de las luminarias fluorescentes, que tienen como componente principal el mercurio.

Centros de carga: Existe un gran deterioro en los tableros eléctricos, se ha observado una gran cantidad de polvo e incluso el crecimiento de maleza que podrían causar un desperfecto total del suministro, sino se toman las acciones

correctivas necesarias. Los circuitos derivados cuentan con conectores y borneras en mal estado y otras requieren un reajuste y mantenimiento.

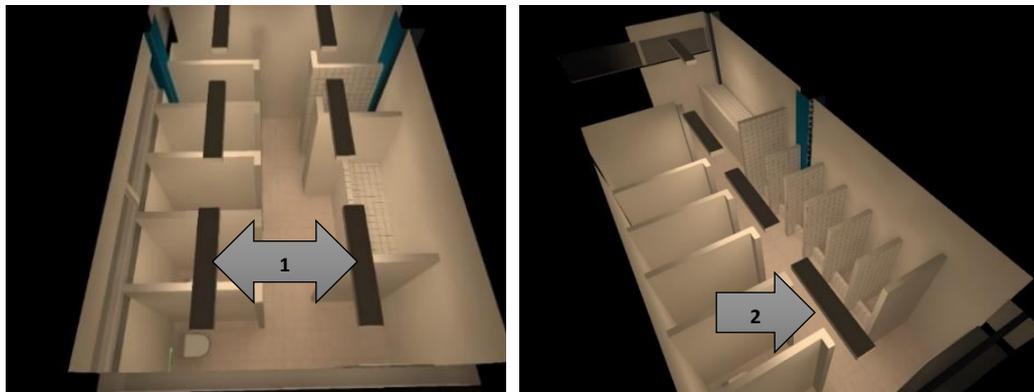
Mediciones de los parámetros eléctricos en tiempo real: Se ha determinado que el transformador tiene una cargabilidad de apenas el 10% de su capacidad total, adicional se identificó que el problema del sistema eléctrico del instituto se encuentra aguas abajo de los TDS, debido al crecimiento de los ambientes sin ninguna planificación y análisis.

3.1.1 Mejoras al sistema de iluminación, análisis de luxes

En el apartado **2.4.2.4.1 Análisis de Iluminación**, se detalló por ambiente la cantidad de luxes medidos, posterior dichos valores se compararon con la Norma Ecuatoriana de la Construcción, en donde, se determinó que 81% de los ambientes no cumplen con la cantidad mínima de luxes requeridos, en tal virtud, mediante la ayuda del programa DIALUX se plantea las posibles mejoras.

BLOQUE DELTA

Baño mujeres: se recomienda la ubicación de 6 lámparas con tubos LED T8 de 2x18[W] (1), por otro lado, para el baño hombres se recomienda la ubicación de 4 lámparas con tubos LED T8 de 2x18[W] (2), ver figura 34.



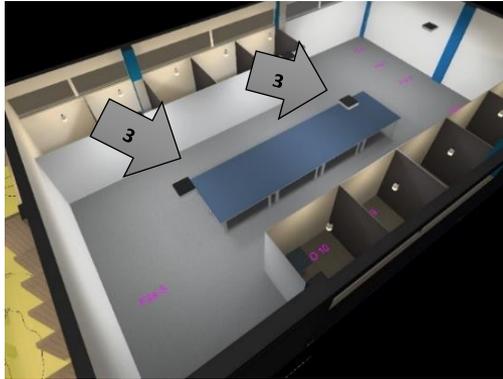
a) Baño de mujeres- Dialux

b) Baño de hombres- Dialux

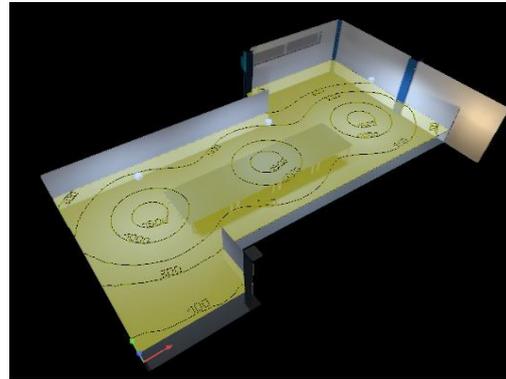
Figura 34. Simulación DIALUX servicios higiénicos

En el caso de las baterías sanitarias la iluminación cubrirá duchas, inodoros, pasillo y lavamanos cumpliendo con la normativa.

Taller soldadura: se recomienda la ubicación de 3 lámparas Industriales UFO de 200[W] (3) (véase figura 35) para la parte central del ambiente, con este cambio se logrará una iluminación promedio de 629 [lux].



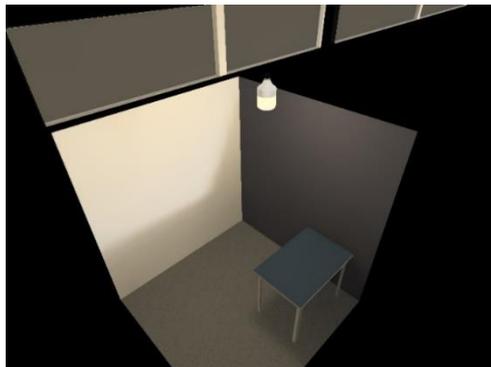
a) Taller de Soldadura- Dialux



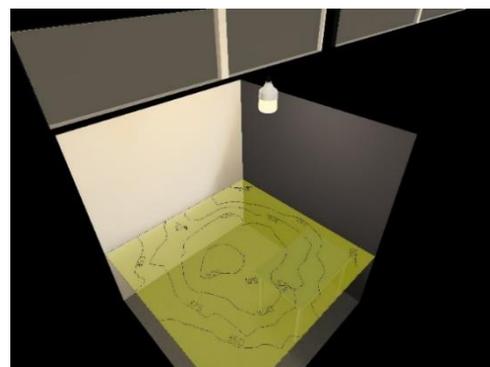
b) Taller de soldadura- Luxes

Figura 35. Simulación DIALUX taller soldadura parte central

Por otro lado, en la Figura 36 para los 10 módulos de cada soldadora se recomienda un foco LED de 60[W] (véase anexo 11), con este cambio se logrará una iluminación promedio de 306 [lux].



a) Módulos- Dialux

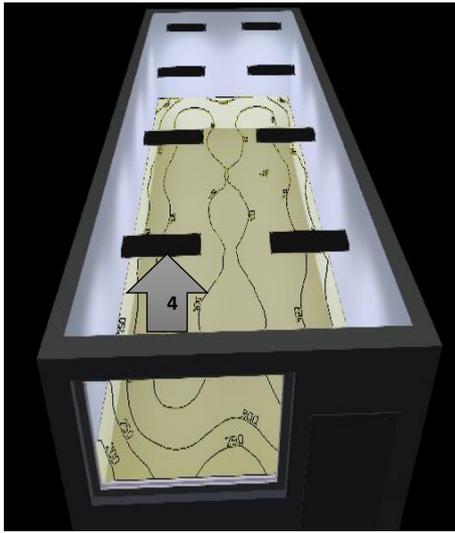


b) Módulos- Luxes

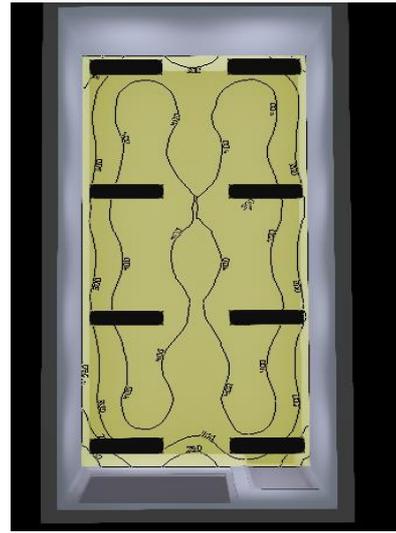
Figura 36. Simulación DIALUX módulos de taller soldadura

Aula 101, 102, 103, 104, 105

En el tema de aulas las dimensiones de cada una son las mismas, las aulas que no cumplen con la normativa son la 101 y 105, estas aulas se mantienen con tubos fluorescentes de 40[W], en consecuencia, se recomienda la ubicación de 8 lámparas LED de 2*18[W] (4) en cada aula, con este cambio se logrará una iluminación promedio de 444 y 315 [lux] respectivamente.



a) Aula (101)- DIALUX

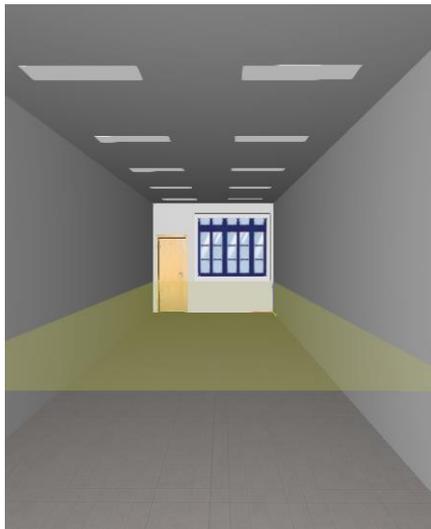


b) Aulas (105) - Luxes

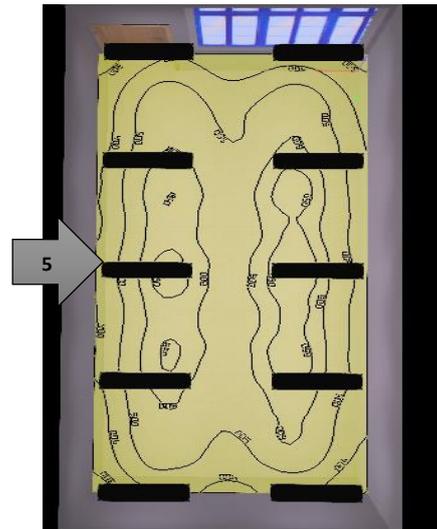
Figura 37. Simulación DIALUX aulas

Laboratorio CNC

El laboratorio de CNC posee las mismas dimensiones de aulas, en consecuencia, se recomienda la ubicación de 2 lámparas adicional LED T8 de 2*18[W](5) a las 8 ya existentes, con este cambio se logrará una iluminación promedio de 534 [lux], ver figura 38.



a) Laboratorio CNC- DIALUX

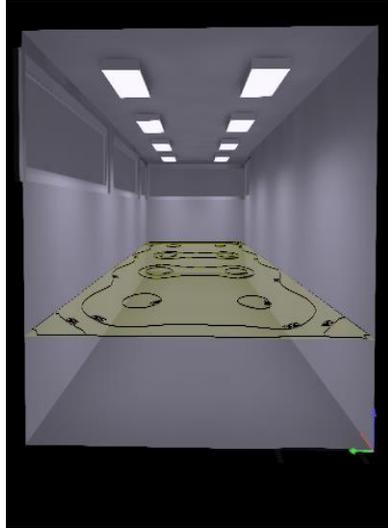


b) Laboratorio CNC- Luxes

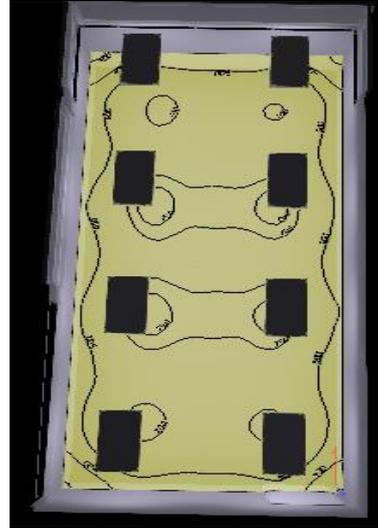
Figura 38. Simulación DIALUX Laboratorio CNC

Laboratorio Neumática

Se tomará como referencia la posición actual de las lámparas y se recomienda ubicar 8 lámparas de 3 tubos LED T8 de 18[W], con este cambio se logrará una iluminación promedio de 603 [lux], ver figura 39.



a) Laboratorio Neumática- DIALUX



b) Laboratorio Neumática- Luxes

Figura 39. Simulación DIALUX Laboratorio neumática

Taller de Ajustaje

A fin de demostrar la veracidad de los datos simulados en el programa DIALUX se coordinó con la carrera de Mecánica Industrial y Electricidad la repotenciación del sistema de iluminación en este ambiente, ante lo cual, los docentes de la carrera de industrial manifestaron su deseo de implementar un taller de soldadura dentro del ambiente, razón por la cual, en el sistema de iluminación se ubicó 6 lámparas industriales UFO de 200[W] como se muestra la figura 40, cumpliendo con la normativa de la NEC de un mínimo de 500 [lux], las lámparas están ubicadas a una altura de 3,20 metros (véase Figura 41).



a) Taller de Ajustaje- DIALUX



b) Taller de Ajustaje- Luxes

Figura 40. Implementación de propuesta en el taller de Ajustaje



a) Ambiente sin mejoras



b) Ambientes con mejoras

Figura 41 Taller de Ajustaje con y sin mejoras

A continuación, en la tabla 15 se detalla mediante la siguiente tabla los cambios sugeridos en los ambientes que no cumplen con la normativa en referencia al nivel de iluminación:

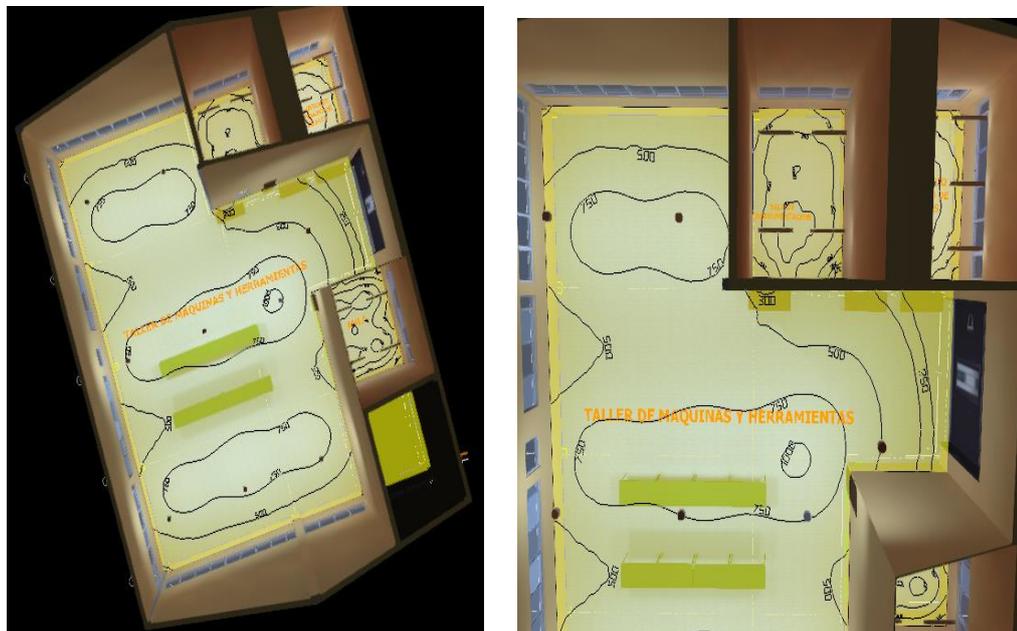
Tabla 15. Propuesta de mejora para el sistema de iluminación del bloque DELTA

Ambiente	N. lámparas	Tipo de luminarias	Altura [m]	Luxes [lux]	Observación
Baños Mujeres	6	LED T8 2*18	3,00	334	Cumple con la NEC
Baños Hombres	4	LED T8 2*18	3,00	229	Cumple con la NEC
Taller Soldadura (General)	3	LED HIGH BAY UFO de 200[W]	3,30	1120	Cumple con la NEC
Módulo 1 -10	10	LED 60[W]	2,50	306	Cumple con la NEC

Aula 101	8	LED T8 2*18	2,80	444	Cumple con la NEC
Laboratorio CNC	10	LED T8 2*18	3,00	534	Cumple con la NEC
Aula 105	8	LED T8 2*18	3,00	315	Cumple con la NEC
Laboratorio Neumática	8	LED T8 3*18	3,00	603	Cumple con la NEC
Taller Ajustaje	6	LED HIGH BAY UFO de 200[W]	3,20	1336	Cumple con la NEC

BLOQUE BETA

En el taller de máquinas y herramientas se recomienda la ubicación de 9 luminarias industriales UFO de 200[W] como se muestra la figura 42, cumpliendo con la NEC de un mínimo de 500 [lux]. Las lámparas están ubicadas a una altura de 4,50 metros, dando como resultado promedio 625 [lux].



a) Taller de máquinas y herramientas - DIALUX

b) Taller de máquinas y herramientas - Luxes

Figura 42. Taller de máquinas y herramientas

Además, este bloque cuenta con 3 áreas adicionales, a continuación se detalla los parámetros utilizados en DIALUX para la simulación de cada ambiente:

Tabla 16. Propuesta de mejora para el sistema de iluminación del bloque BETA

Ambiente	N. lámparas	Tipo de luminarias	Altura [m]	Luxes [lux]	Observación
Aula	4	LED T8 2*18	2,50	347	Cumple con la NEC
Laboratorio de materiales	6	LED T8 2*18	3,00	514	Cumple con la NEC
Sala de instrumentación	4	LED T8 2*18	3,00	352	Cumple con la NEC
Taller de Máquinas y Herramientas	9	LED HIGH BAY UFO de 200[W]	4,50	625	Cumple con la NEC

BLOQUE GAMMA

Finalmente, se realizó la simulación de los ambientes del bloque GAMMA, en esta área se desarrollan las actividades de la carrera de automotriz, más un taller de confecciones textiles que actualmente no está en uso, a continuación en la figura 43 se demuestra la simulación realizada.

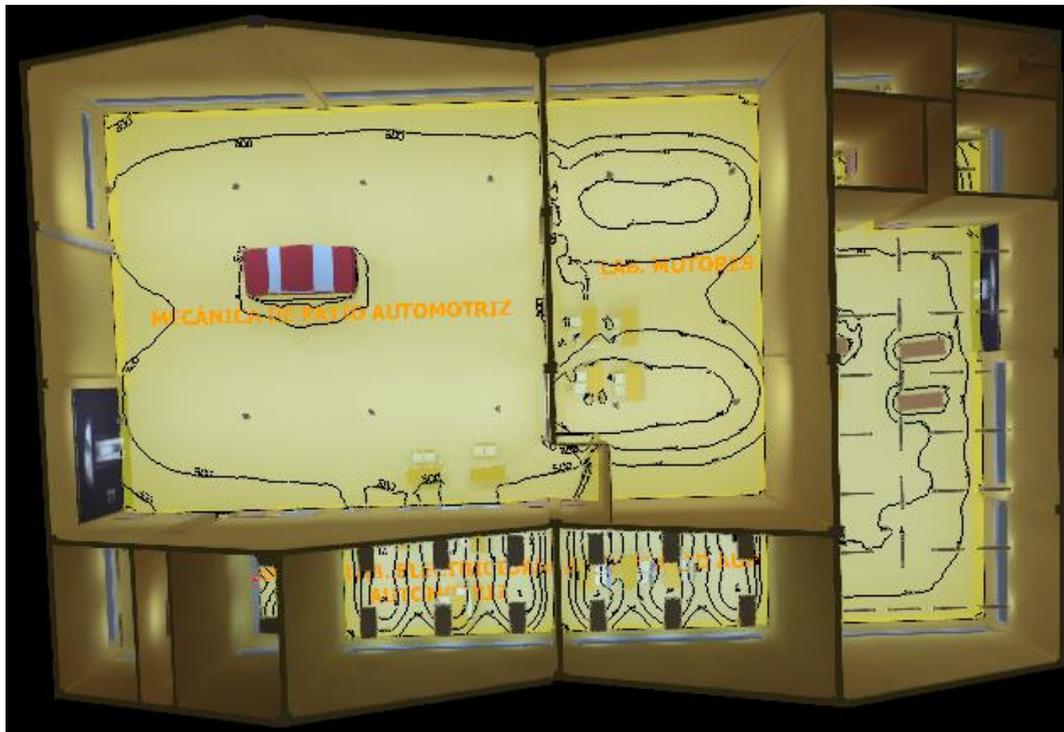


Figura 43. Taller de mecánica de patio automotriz

Este bloque cuenta con 7 áreas adicionales, en la tabla 17 se detalla los parámetros utilizados en DIALUX para la simulación de cada ambiente:

Tabla 17. Propuesta de mejora para el sistema de iluminación del bloque GAMMA

Ambiente	N. lámparas	Tipo de luminarias	Altura [m]	Luxes [lux]	Observación
Mecánica de patio automotriz	8	LED HIGH BAY UFO de 200[W]	5,00	619	Cumple con la NEC
Laboratorio de Motores automotriz	4	LED HIGH BAY UFO de 200[W]	5,00	608	Cumple con la NEC
Laboratorio Inyección Electrónica Automotriz (Laboratorio realidad aumentada) *	6	LED T8 4*18	3,00	640	Cumple con la NEC
Laboratorio de Electricidad Automotriz	6	LED T8 4*18	3,00	654	Cumple con la NEC
Laboratorio Inyección a Diesel	2	LED T8 4*18	3,00	598	Cumple con la NEC
Laboratorio Prototipado	4	LED T8 2*18	3,00	514	Cumple con la NEC
Sala de Docentes	4	LED T8 2*18	6,00	450	Cumple con la NEC

Por otro lado, si bien el taller de confecciones no es utilizado por el Instituto se realizó la simulación correspondiente para conocer cuál sería el estado óptimo en estas áreas en el caso que se las necesite a futuro (ver Tabla 18).

Tabla 18. Propuesta de mejora para el sistema de iluminación del Taller de confecciones

Ambiente	N. lámparas	Tipo de luminarias	Altura [m]	Luxes [lux]	Observación
Taller de Confecciones	36	LED T8 2*18	3,00	518	Cumple con la NEC
Oficina 1	3	LED T8 2*18	3,00	442	Cumple con la NEC
Oficina 2	3	LED T8 2*18	3,00	317	Cumple con la NEC
Bodega	3	LED T8 2*18	3,00	288	Cumple con la NEC
Baños	2	LED T8 2*18	3,00	246	Cumple con la NEC

3.1.2 Reemplazo del sistema de iluminación

Una vez determinado el número de luminarias que se deberán cambiar o implementar en cada bloque de la institución, es necesario determinar el costo que implicaría realizar esta mejora, con el objetivo de reducir el consumo de energía eléctrica en los bloques de la

institución, se propone reemplazar las luminarias tradicionales por dispositivos de mayor rendimiento tipo LED. A continuación en las tablas 19, 20 y 21 se detalla estos valores.

Tabla 19. Costo del cambio de luminarias bloque DELTA

DELTA			
CANTIDAD	TIPO	VALOR \$	VALOR T. [\$]
36	LED T8 2*18[W]	19,5	702
9	LED HIGH BAY UFO de 200[W]	145	1.305
8	LED T8 3*18[W]	24,5	196
10	LED 60[W]	8,5	85
			\$ 2.288

Tabla 20. Costo del cambio de luminarias bloque BETA

BETA			
CANTIDAD	TIPO	VALOR \$	VALOR T. [\$]
14	LED T8 2*18 [W]	19,5	273
9	LED HIGH BAY UFO de 200[W]	145	1.305
			\$ 1.578

Tabla 21. Costo del cambio de luminarias bloque GAMMA

GAMMA			
CANTIDAD	TIPO	VALOR \$	VALOR T. [\$]
8	LED T8 2*18[W]	19,5	156
12	LED HIGH BAY UFO de 200[W]	145	1.740
14	LED T8 4*18[W]	35	490
			\$ 2.386

El costo total de inversión para el reemplazo de luminarias tipo LED incluido mano de obra, materiales y equipos es de **\$ 6.252,00**.

3.1.3 Mejoras a los tableros de distribución secundarios (TDS)

Los tableros de distribución secundarios en los tres bloques se encontraban totalmente en descuido, con polvo en sus contactos, desordenados, sin identificación de los circuitos derivados, breakers que controlaban el sistema de iluminación y tomacorrientes de varias aulas e incluso laboratorios, entre otros, en consecuencia, se recomienda ejecutar un mantenimiento correctivo dentro de los TDS en base a la siguiente metodología:

- ✓ Inspección visual de cada tablero eléctrico.
- ✓ Revisión del estado en el cual se encuentra el tablero.

- ✓ Aspiración de polvo y otros signos de suciedad que se encuentren.
- ✓ Identificar el rotulado de cada tablero eléctrico en caso de existir.
- ✓ Revisión de leyendas y diagramas unifilares.
- ✓ Identificar circuitos derivados de cada interruptor termomagnético
- ✓ Verificar código de colores en los conductores eléctricos.
- ✓ Verificar la capacidad de los interruptores termomagnéticos y cables correspondientes.
- ✓ Realizar los diagramas unifilares de cada tablero en caso de no existir.
- ✓ Verificar la accesibilidad que cada tablero eléctrico.
- ✓ Limpieza de barras de alimentación con solvente dieléctrico de preferencia.
- ✓ Análisis termográfico de los tableros (opcional)
- ✓ Ajuste de contactos eléctricos.
- ✓ Mediciones de parámetros eléctricos en cada tablero eléctrico.
- ✓ Colocar leyendas y diagramas unifilares en caso de no existir.
- ✓ Colocación de seguridades de cada tablero.

La ejecución de esta metodología se realizó en el bloque DELTA como proyecto a replicar en los demás bloques, a continuación en la tabla 22, se detalla los valores que implicaría realizar este mantenimiento.

Tabla 22. Costo de mantenimiento en tableros de distribución secundarios

Equipos	Actividad	Costos
Aspiradora	Limpieza de polvo	\$10,00
Conectores	Ajuste de conectores	\$25,00
Puntos Calientes	Reajuste de puntos calientes	\$50,00
Etiquetadora	Identificación de circuitos	\$30,00
Solvente dieléctrico	Limpieza de barras de alimentación	\$ 20,00
TOTAL		\$135,00

El costo total de inversión para el mantenimiento de los 9 tableros de distribución secundarios sería de **\$ 1.215,00**.

3.1.4 Factor de potencia

Con la ayuda de las planillas eléctricas se analizó el valor proyectado del factor de potencia en el instituto desde el 2019 al 2022, en donde se visualiza que en los años del 2020 y 2021 se contaba con un factor de potencia menor a 0,92 incumpliendo lo establecido en la regulación del CONELEC 004/01, sin embargo, se debe tomar en cuenta la tendencia de la curva en los años 2019 y 2022 en donde el instituto

trabaja de manera normal sin las restricciones de la emergencia sanitaria (véase Figura 44).

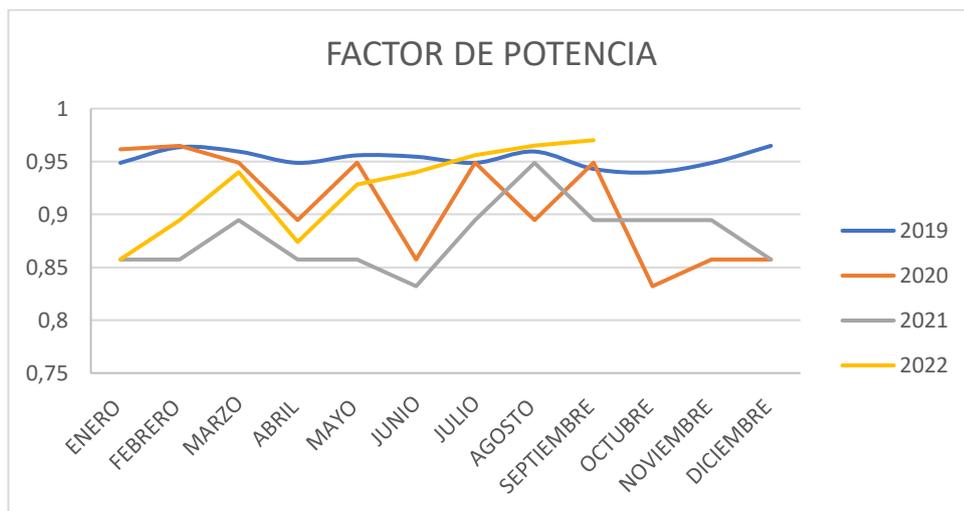


Figura 44. Histórico de factor potencia

Por lo expuesto, se puede concluir que el sistema eléctrico de la institución no tiene penalizaciones por bajo factor de potencia en condiciones normales de trabajo.

3.2 Validación técnica – económica

Para verificar la rentabilidad de las mejoras propuestas se realizó un análisis económico, en base al ahorro traducido en pagos de planillas eléctricas y en consecuencia la disminución en la tarifa eléctrica facturada, se debe considerar que las mejoras planteadas han sido ejecutadas en un 40% a lo largo del 2022, mediante la ayuda de proyectos de titulación de estudiantes del Instituto (véase Figura 45).

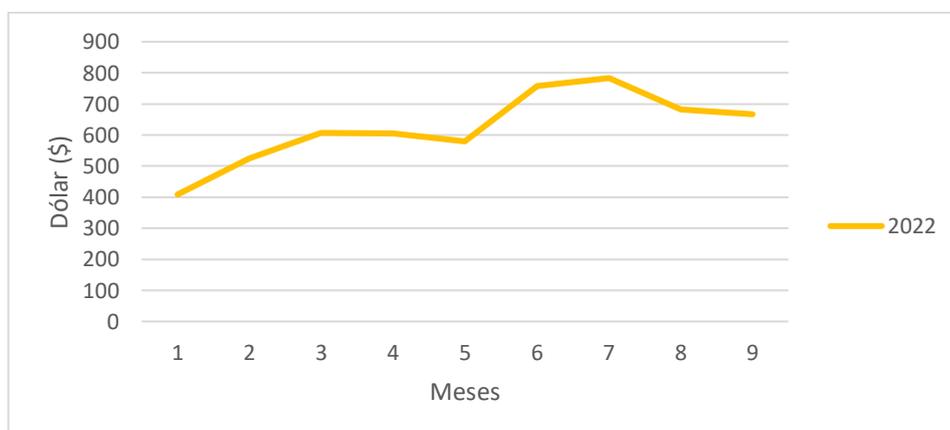


Figura 45. Valores facturados en el 2022

Por lo tanto, si consideramos las simulaciones realizadas en ETAP y la reducción del consumo energético, se tiene como resultado del cambio de luminarias los siguientes resultados.

Tabla 23. Ahorro proyectado con mejoras a implementarse

Propuesta de ahorro proyectado	Ahorro mensual [\$]	Ahorro anual [\$]
Reemplazo de sistema de luminarias, mantenimiento de tableros eléctricos.	USD 60,76	USD 729,09

Finalmente, para determinar la valoración económica financiera se utilizó como tasa de actualización de proyectos (Tasa de descuento), el valor establecido por el Banco Central del Ecuador para las tasas de interés efectivas pasivas referenciales correspondiente al 8.5%. Los costos de inversión del proyecto, consideran materiales y mano de obra. La vida útil de la inversión es de 20 años considerando lámparas LED.

Tabla 24. Validación técnica – económica de resultados

Propuesta de ahorro	VAN (i=8,5%)	TIR
Reemplazo de sistema de luminarias, mantenimiento de tableros eléctricos	USD 454,35	9 %

La tabla 24 permite validar la propuesta de las mejoras al sistema eléctrico de los bloques del Instituto, tomando en consideración una inversión de USD 7.467,00. La misma que será recuperable en un lapso de 20 años proyectada bajo este cálculo. Con una tasa interna de retorno del 9%.

3.3 Aval de expertos

CERTIFICADO DE VALIDACION DEL VERIFICADOR

En mi calidad de verificador del tema del proyecto de investigación y desarrollo titulado **“DESARROLLO DE UN MÉTODO PARA ESTIMAR LAS CONDICIONES ACTUALES DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS EN LOS BLOQUES BETA, GAMMA, DELTA DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO MARÍA NATALIA VACA - SEDE SECAP ZONA 3 PARA EL REDISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS”** Del posgraduado:

Apellidos y Nombres: **Mullo Pallo Mauricio Eduardo**

PROGRAMA: **MAESTRIA EN ELECTRICIDAD MENCIÓN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA.**

CERTIFICO:

Que: he analizado el tema del proyecto de investigación y desarrollo, presentado como requisito previo a aprobación y desarrollo del trabajo de titulación para optar por el grado de Magister en Electricidad Mención en Sistemas Eléctricos de Potencia.

Revisado por: **Galo Marcelo Tapia Estrella**

Cedula de ciudadanía No. **0503249153**

Profesión: **Ingeniero Mecatrónico**

Posgrado: **Magister en Electricidad, mención en sistemas eléctricos de potencia**

Sugiero su aprobación y permita continuar con el diseño del proyecto de investigación y desarrollo.

Latacunga, 05 de septiembre de 2022.

Firma



Mgs. Ing. Galo Marcelo Tapia Estrella

Conclusiones del III capítulo

Para la repotenciación del sistema de iluminación en talleres y laboratorios se consideró la utilización de lámparas LED HIGH BAY UFO de 200[W] (véase anexo 12) a fin de obtener una iluminación promedio de 500 [lux] en el área, según lo establecido en la Norma Ecuatoriana de Construcción, el costo de inversión para el reemplazo de las luminarias tradicionales por LED es de \$ 6.252,00.

Por otro lado, para la repotenciación del sistema de iluminación en aulas, pasillos, baterías sanitarias entre otros, se consideró la utilización de luminarias LED T8*18[W] (véase anexo 10), con la finalidad de cumplir con lo estipulado en la Norma Ecuatoriana de Construcción, capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas.

Además, para los tableros de distribución se estableció una metodología que se deberá seguir para el mantenimiento preventivo o correctivo, según sea el caso, además de obtener una mejor distribución eléctrica dentro y fuera del tablero a fin de mejorar el aspecto visual y técnico de los elementos, el costo total de inversión para el mantenimiento de los 9 tableros de distribución secundarios sería de \$ 1,215,00.

Finalmente, se determinó en base a planillas eléctricas facturadas de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S. A. (EEASA) que el instituto en la actualidad no cuenta con bajo factor de potencia y que con el pasar del tiempo el consumo eléctrico a disminuido, si consideramos la demanda proyectada con las mejoras propuestas se podrá reducir hasta \$ 729,09 anuales.

CONCLUSIONES GENERALES

Mediante el desarrollo del estado del arte referente a los sistemas eléctricos en Instituciones de Educación Superior se idéntico que el método más utilizado para repotenciar las instalaciones eléctricas es el cambio de luminarias tipo fluorescentes por iluminación LED, reduciendo considerablemente el uso de le energía eléctrica, sin embargo, también es importe considerar el estado que se encuentren los diferentes elementos de las instalaciones como alimentadores, protecciones, tomacorrientes y tableros de distribución a fin de evitar fugas de corriente.

El sistema eléctrico del Instituto en estudio, está compuesto por un centro de transformación de 500 [kVA], dos tableros de distribución principales (TDP), el TDP 1 contiene un interruptor general de 1200 [A] conectado a través de barras de distribución a 9 interruptores termomagnéticos trifásicos los cuales se derivan a los bloques DELTA, BETA y GAMMA; por otro lado, el TDP2 contiene un interruptor general de 200 [A], de igual manera, conectado a través de barras de distribución a 7 interruptores termomagnéticos trifásicos y bifásicos, este tablero en cambio controla el resto de los bloques que contiene el Instituto; se consideró como referencia los bloques DELTA, BETA y GAMMA debido que concentra la mayor carga del sistema 64,5 [kW], 25,9 [kW] y 38,2 [kW] respectivamente.

Para estimar las condiciones actuales del sistema eléctrico del Instituto se procedió mediante visitas in situ con el reconocimiento y usos de los ambientes, continuando con la inspección de las instalaciones eléctricas abarcando desde el centro de transformación (CT), tableros de distribución principal (TDP) hasta llegar a los tableros de distribución secundarios (TDS) y sus diferentes derivaciones, una vez identificado los circuitos derivados de cada TDS se registró los sistemas de iluminación utilizados y se realizó el análisis de luxes de cada área, a fin de comprobar que cumpla con lo establecido en la NEC, de igual manera se determinó el estado de los sistema de fuerza en cada ambiente.

Una vez identificado el sistema se procedió a realizar los planos eléctricos de los bloques DELTA, BETA, GAMMA, el levantamiento de carga, la medición de parámetros y finalmente la simulación del sistema eléctrico con la ayuda del programa ETAP.

Por último, una vez determinado los parámetros eléctricos se identificó que el problema del sistema eléctrico del instituto se encuentra aguas abajo de los TDS, debido al crecimiento de talles, laboratorios y aulas sin ninguna planificación y análisis, en consecuencia dentro del capítulo 3 se plantea soluciones mediante DIALUX para mejorar los niveles de iluminación en cada ambiente cumpliendo con lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción, además se establece una metodología para ejecutar mejoras en los tableros de distribución y finalmente se realizó el análisis técnico económico de la propuesta.

RECOMENDACIONES

Se hace urgente un mejoramiento de las instalaciones internas de toda la institución, sin embargo, se consideró los bloques BETA, GAMMA, DELTA porque se encuentran los talleres de las carreras de industrial, automotriz, electricidad y aulas en general, en donde se concentra la mayor parte de cargabilidad del sistema eléctrico.

Para realizar simulaciones del sistema eléctrico de cada bloque se recomienda utilizar factores de utilización k_u y simultaneidad k_s por circuito los cuales ayudan a que el análisis ejecutado sea lo más cercano posible a la realidad y evitar errores innecesarios en la obtención de nuestros resultados, estos factores se los puede encontrar en la guía de diseño de instalaciones eléctricas de Schneider Electric.

La veracidad de los datos obtenidos en esta investigación se comprobó a través de la implementación y las mejoras aplicadas al bloque DELTA, sin embargo, es necesario aclarar que la ejecución de las mejoras planteadas dependerá del presupuesto que se pueda establecer a través de las diferentes gestiones que realicen las autoridades con los organismos competentes.

Las mejoras ejecutadas en el bloque DELTA se realizaron a través de varias gestiones con estudiantes de la carrera de electricidad en un tiempo de duración de un año aproximadamente, se recomienda seguir trabajando en base a un convenio marco que ayude a los estudiantes a solventar la parte económica.

Se tiene planificado aplicar las mejoras establecidas en los bloques BETA y GAMMA con estudiantes de titulación, sin embargo, el presupuesto es limitado para la repotenciación total de los bloques.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

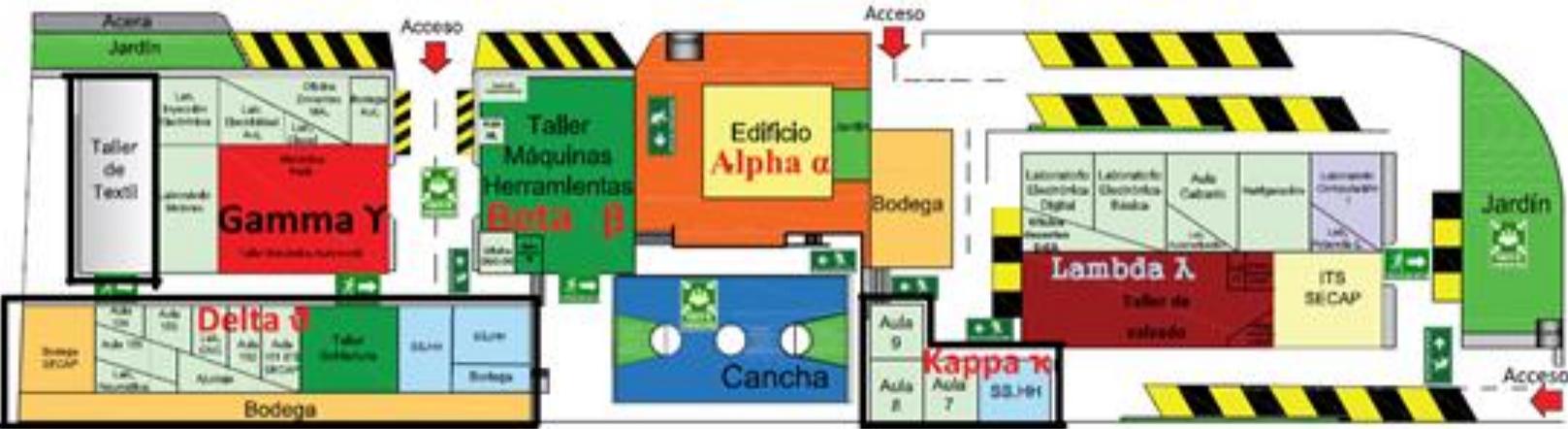
- [1] MINISTERIO DE FINANZAS , «MINISTERIO DE FINANZAS,» 05 05 2010. [En línea]. Available: <https://n9.cl/vrm9z>. [Último acceso: 05 06 2022].
- [2] Secretaría Nacional de Planificación, «Plan de creación de oportunidades 2021-2025,» vol. 1, p. 122, 2021.
- [3] SENESCYT, «Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación,» 20 12 2021. [En línea]. Available: <https://www.educacionsuperior.gob.ec/senescyt-lanza-plataforma-siga-para-optimizar-procesos-internos-de-institutos-tecnicos-y-tecnologicos-publicos/>. [Último acceso: 28 07 2022].
- [4] A. Ribadeneira, Interviewee, *Se vincula al alumno con la empresa*. [Entrevista]. 20 02 2022.
- [5] PRIMICIAS , «Gobierno defiende el presupuesto de 2022,» REVISTA OPCION S, 22 11 2021. [En línea]. Available: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/gobierno-salud-educacion-presupuesto-asamblea-ecuador/>. [Último acceso: 29 07 2022].
- [6] Naciones Unidas, *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible* , vol. 1, p. 93, 2018.
- [7] M. Josijević Mladen, R. Gordić Dušan, M. Milovanović Dobrica, M. Jurišević Nebojša y Z. Rakić Nikola, «University of Kragujevac, Kragujevac, Serbia,» 2017. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.2298/TSCI161209118J>. [Último acceso: 02 Febrero 2022].
- [8] J. A. Parreño Olmos, «UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI,» 24 julio 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6284>. [Último acceso: 24 Febreo 2022].
- [9] F. Acuña, G. Kazlauskas y C. Verucchi, «REVISTA UNICEN,» 2020. [En línea]. Available: https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie338_revista_aea_unicen.pdf. [Último acceso: 02 Febrero 2022].

- [10] A. Basilo Salas, «UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4009>. [Último acceso: Febrero 2022].
- [11] C. Arévalos, A. Fleitas, F. Galeano y C. Cardozo, «FPUNE Scientific,» 19 07 2020. [En línea]. Available: <http://201.217.55.113:83/fpunescientific/index.php/fpunescientific/article/view/200>. [Último acceso: 04 02 2022].
- [12] G. Ochoa, «MODERNIZACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS,» Quito.
- [13] V. Macas Espinosa, J. R. Hechavarría Hernández y J. C. Torres Espinoza, «Opuntia Brava,» 17 10 2018. [En línea]. Available: <http://200.14.53.83/index.php/opuntiabrava/article/view/640>. [Último acceso: 05 02 2022].
- [14] S. Ramírez Castaño y E. A. Cano Plata, Calidad del servicio de energia electrica, 2006.
- [15] ARCONEL, «La Agencia de Regulación y Control de Electricidad,» 23 12 2019. [En línea]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/resoluciones-plegos-tarifarios/>. [Último acceso: 02 07 2021].
- [16] C. F. L. C. WALTER DANIEL CAISABANDA MEZA, «“ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN, REDISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA DE LA ESPE-L,» 01 10 2009. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/4004>. [Último acceso: 24 06 2021].
- [17] «Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda,» [En línea]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/presentacion-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>. [Último acceso: 16 06 2022].
- [18] NEC, «Norma Ecuatoriana de Construcción.NEC.CAPÍTULO 15: INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS,» 6 Abril 2013. [En línea]. Available: <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>.
- [19] NEC-SB-IE, «NEC - Normativa Ecuatoriana de la Construcción. Ministerio de desarrollo urbano y vivienda,» 5 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp->

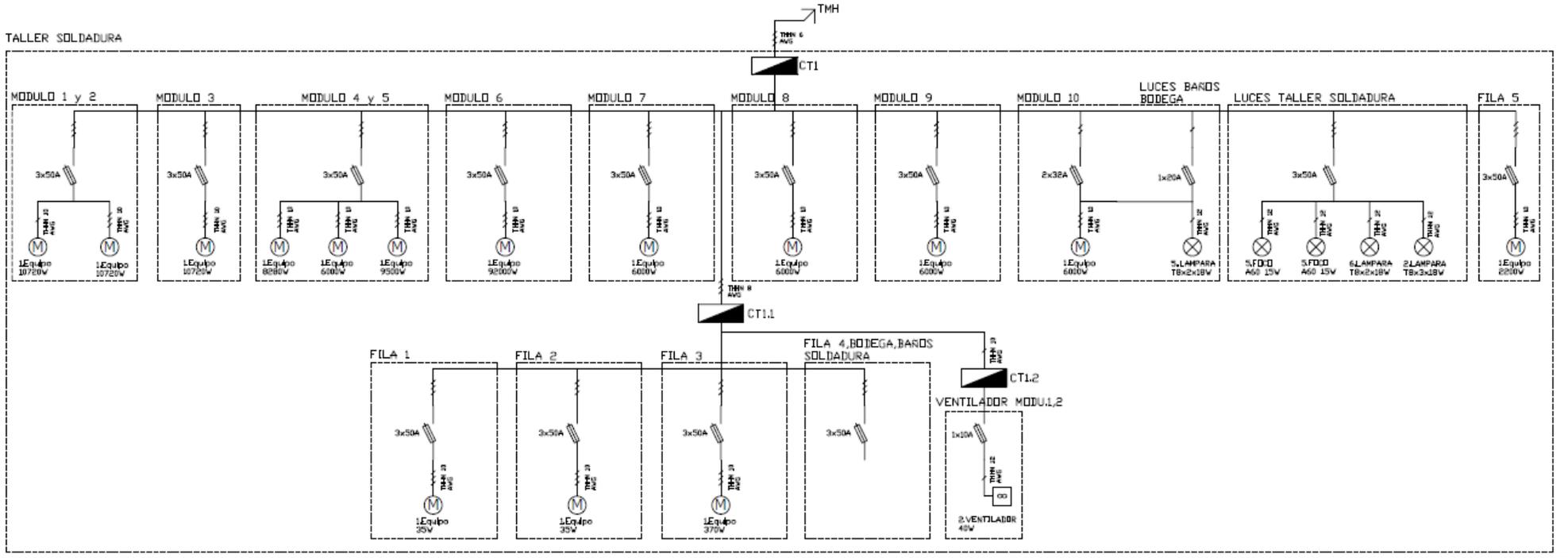
- content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-TE-Final.pdf. [Último acceso: 5 Marzo 2022].
- [20] «Online Browsing Platform (OBP),» [En línea]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es>. [Último acceso: 24 06 2021].
- [21] J. Correa, . A. Borroto, A. Mamadou, R. González, M. Curbelo y A. Díaz, *Mi SciELO*, 01 04 2014. [En línea]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012014000100005&script=sci_arttext&tlng=en. [Último acceso: 24 06 2021].
- [22] FLUKE, «FLUKE,» 2022. [En línea]. Available: <https://n9.cl/6jbst>. [Último acceso: 28 07 2022].
- [23] FLUKE, FLUKE, 28 06 2022. [En línea]. Available: <https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/pinzas-amperimetricas/fluke-324-plus>.
- [24] G. Westreicher, «ECONOMIPEDIA,» 22 09 2020. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/metodo-cientifico.html>. [Último acceso: 25 06 2022].
- [25] FLUKE, *MANUAL FLUKE 1735*, 2006.
- [26] Schneider Electric , *Guía de diseño de instalaciones eléctricas*, Barcelona : TECFOTO, 2008.
- [27] L. M. López Londoño y S. D. Palau Calvo, *DIMENSIONAMIENTO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN CON BASE AL EFECTO DE LOS ARMÓNICOS*, Pereira , 2017.
- [28] NEC, «EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CONSTRUCCION EN ECUADOR,» de *EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CONSTRUCCION EN ECUADOR*, 2011, pp. 1-51.

ANEXOS

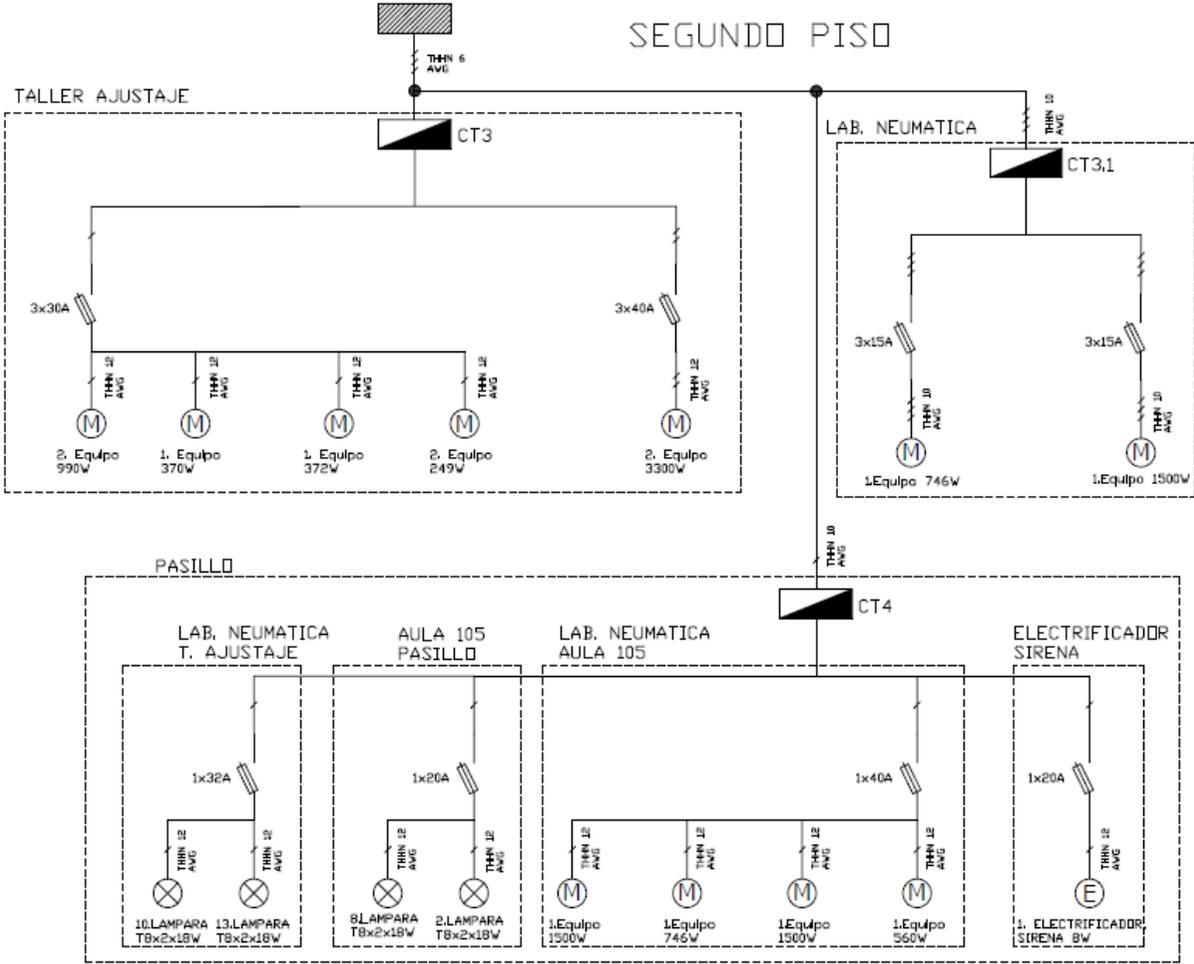
ANEXO 1. CROQUIS DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLOGICO MARIA NATALIA VACA



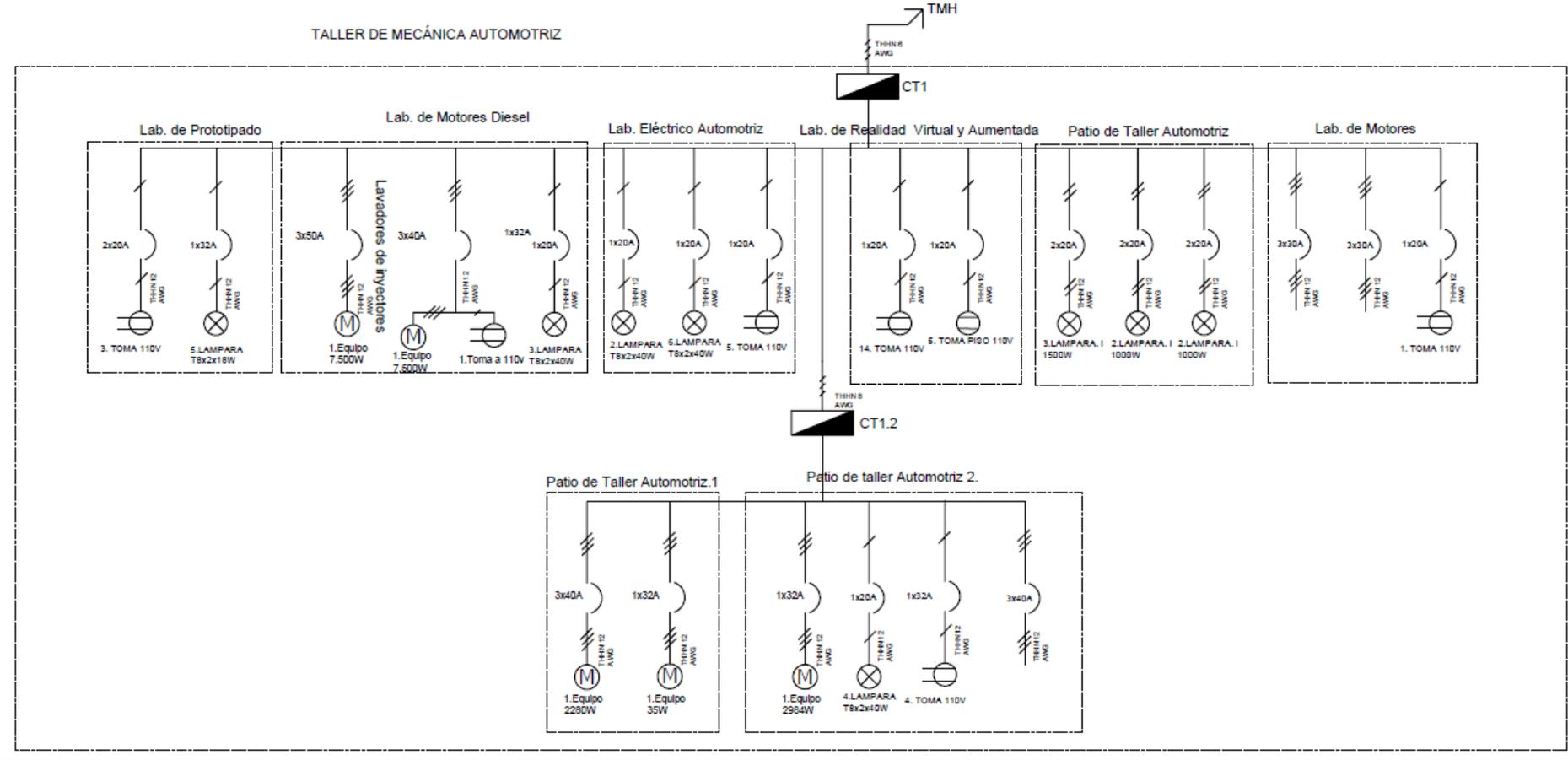
ANEXO 2. PLANO UNIFILAR BLOQUE DELTA - PRIMER PISO -Taller de Soldadura



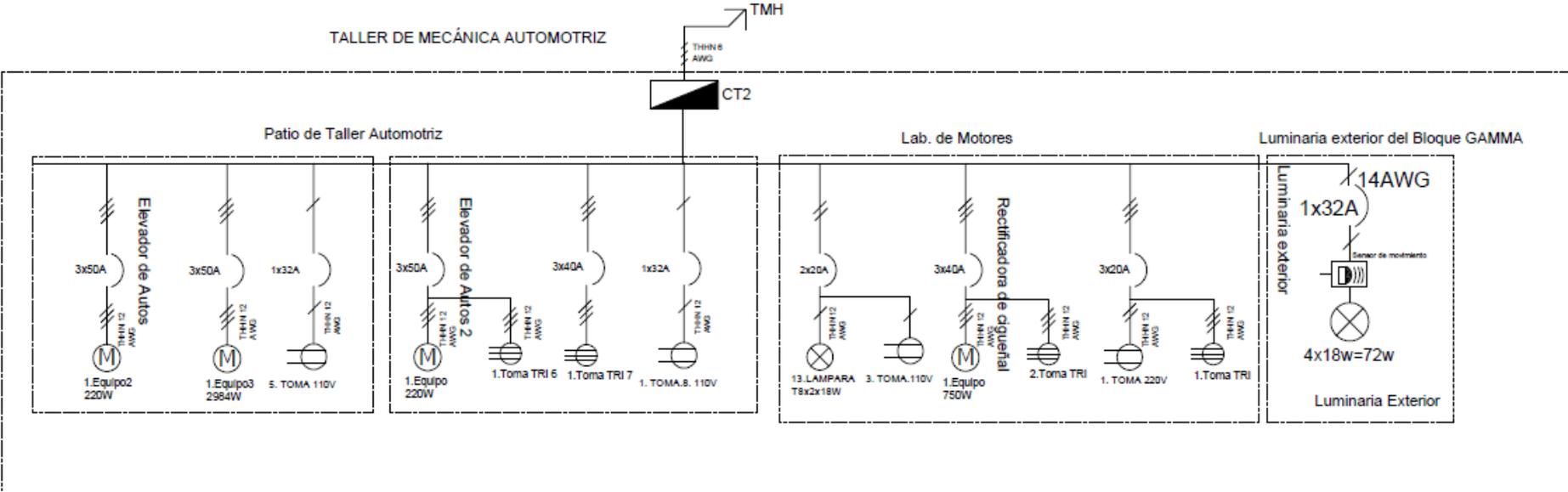
ANEXO 4. PLANO UNIFILAR BLOQUE DELTA – SEGUNDO PISO



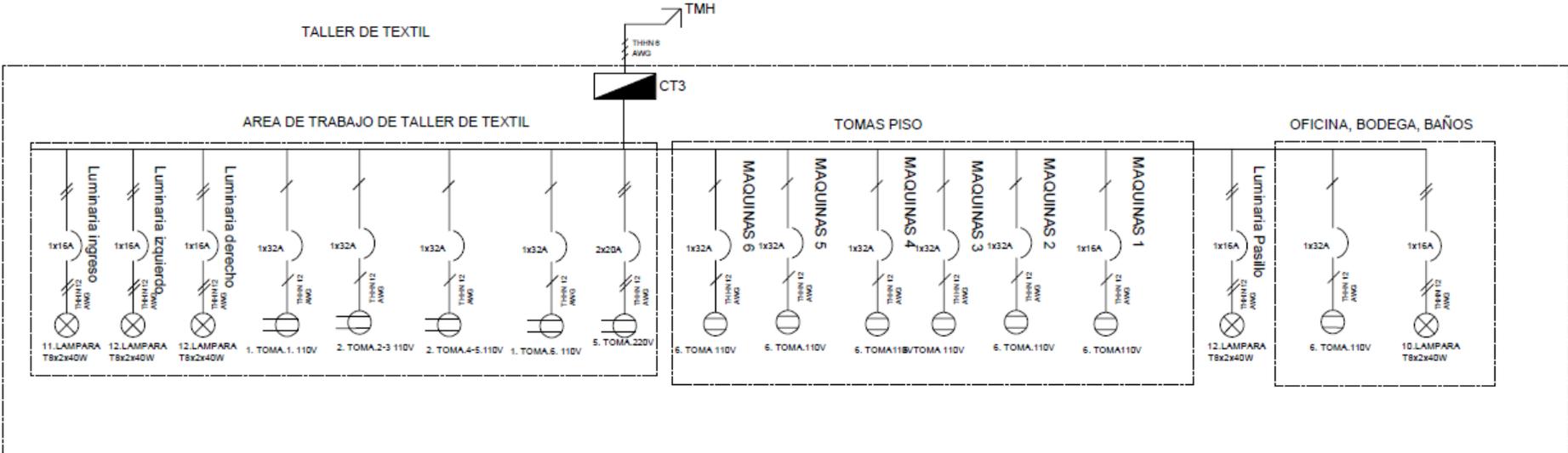
ANEXO 5. PLANO UNIFILAR BLOQUE GAMMA – TABLERO 1



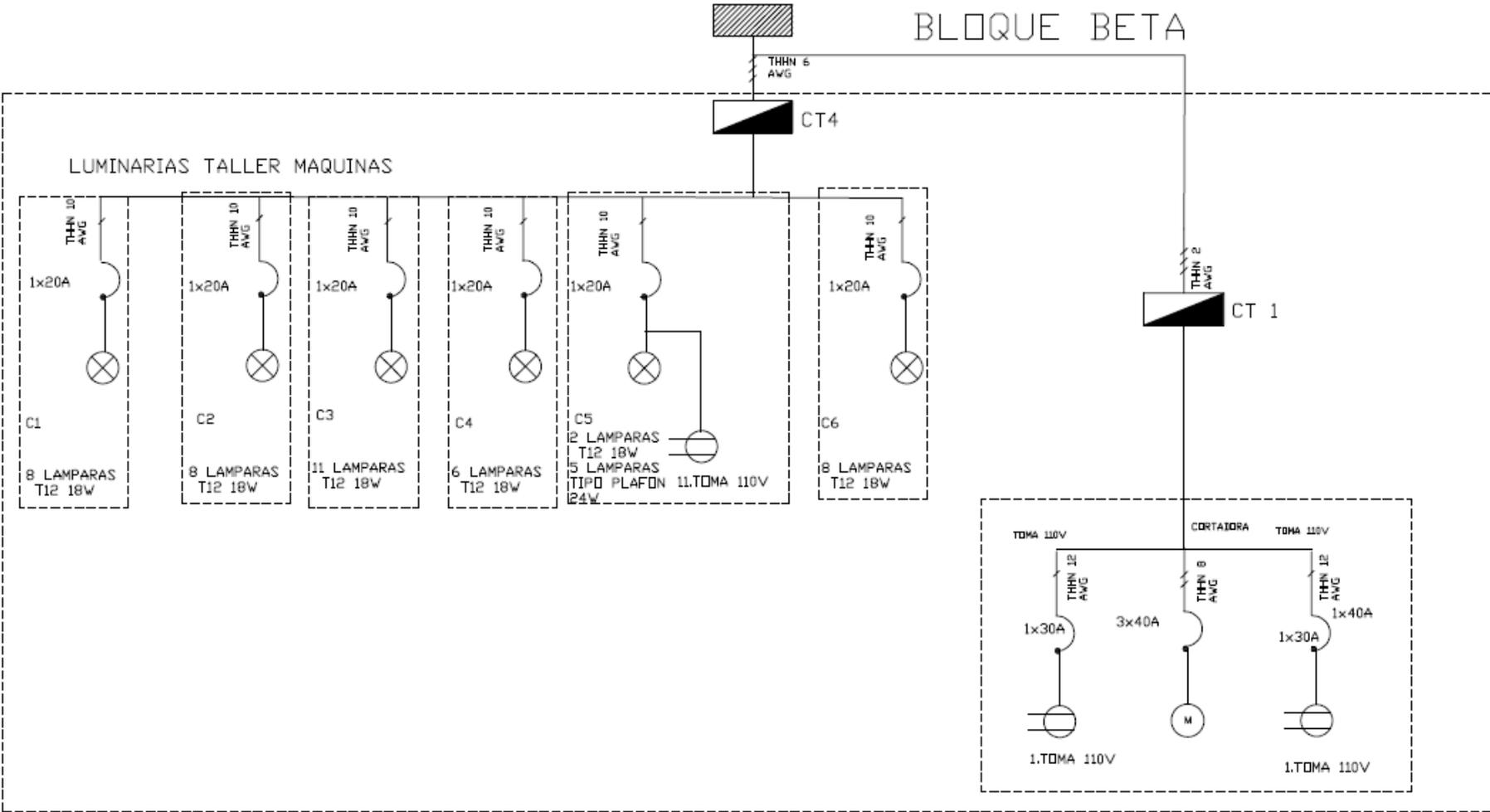
ANEXO 6. PLANO UNIFILAR BLOQUE GAMMA – TABLERO 2



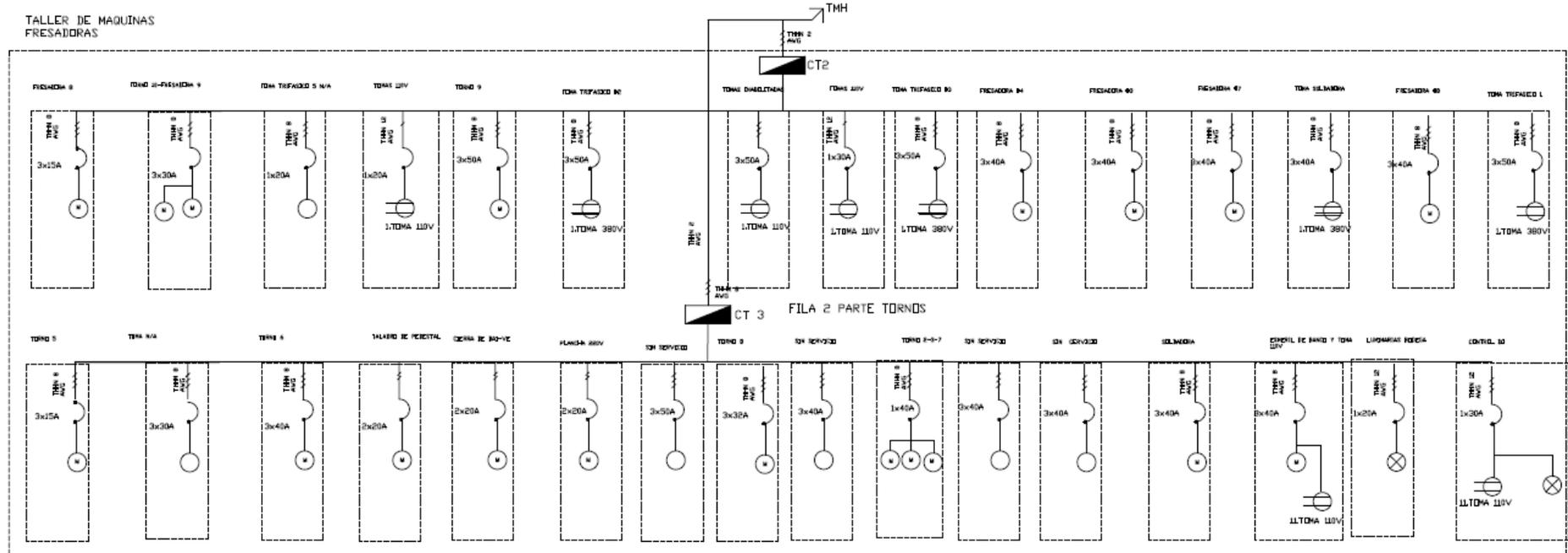
ANEXO 7. PLANO UNIFILAR BLOQUE GAMMA – TABLERO 3



ANEXO 8. PLANO UNIFILAR BLOQUE BETA – TABLERO 4-1



ANEXO 9. PLANO UNIFILAR BLOQUE BETA – TABLERO 2-3



ANEXO 10. LAMPARA LED T8 2*18[W]

Hoja de dato de productos

RECESSED MIRROR LOUVER0.4 MM T8 2X36W 30X120 CM.+LED T8 ECO 18W COOLWHITE

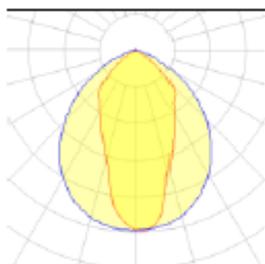
557864

EVE LIGHTING



557864 Recessed TM Mirror louver0.4 mm T8 2x36w 30x120 cm.+558861 LED T8 ECO 18w coolwhite

Emisión de luz 1



2 x LED

Potencia nominal de lámpara	18 W	Enchufe	G13
Flujo de lámpara	1750 lm	LOR	71 %
Eficiencia luminosa	97 lm/W	Flujo total	2487 lm
CCT	4000 K	Potencia total	36,02 W
CRI	80		

Tipo de Montaje

Empotrado en techo

Forma y medidas

Longitud: 1170 mm

Anchura: 270 mm

Altura ajustable: 80 mm

Ajustabilidad

Fijo

Eléctrico

Potencia: 36,02 W

Clases de aislamiento: I

Protección

IP: 20

IK: 05

ANEXO 11. LAMPARA LED 60[W]

Hoja de dato de productos

LED BULB 60W 3000K

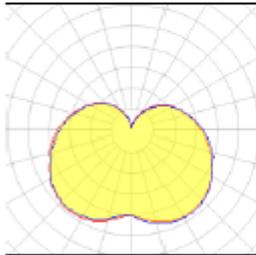
LBD-60V

MPE



- Bulb Led - Size: Ø138 x 272 mm - Base type: E27. - Outer body is PA plastic, inside is aluminum, PC plastic cover - Voltage: 100-265VAC - Power: 60W - Power Factor (PF): >0.5 - Luminance: 6000 lm - Color Temperature (CCT): 2800-3200K - RA >80 High Color Rendering Index - Beam angle: 230° - Chip LED: SMD 2835 - Life Time: 30,000 hours - Instant Light: 0s - European Standard CE - RoHS

Emisión de luz 1 (integrada)



Tipo de lámpara	LED	CCT	3000 K
Potencia nominal de lámpara	56,29 W	CRI	82
Flujo total	6000 lm	LOR	100 %
Eficiencia luminosa	107 lm/W	ULOR	33 %
		Potencia total	56,29 W

Tipo de Montaje

Montaje en techo

Forma y medidas

Longitud: 138 mm

Anchura: 138 mm

Altura ajustable: 272 mm

Ajustabilidad

Fijo

Eléctrico

Potencia: 56,29 W

Protección

IP: 20

Certificados: CE

ANEXO 12. LAMPARA LED UFO 200[W]

**LED HIGH BAY UFO IP65 200W 5000K /26000LM
130LM/W 120-240VAC UL LISTED NO DIM**

LEDIX



Categoría: Luminarias LED High Bay

Código: B4872

Tipo: HIGH BAY

Color: NEGRO

Potencia: 200W

Temperatura de color: 5000K

Lúmenes: 26000LM

CRI: >80

Voltaje: 120-240VAC

Frecuencia: 60Hz

Factor de protección: FP>0.9

Ángulo: 120°

Horas de vida: 100000H

IP: IP65

Medidas: ø290x160mm

Empaque: 1

Dimerizable: NO

Segmento: Industrial

Profesional: NO