



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

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“SISTEMA DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN N°1 EN LAS DIFERENTES JORNADAS ACADÉMICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS MATRIZ, PERIODO 2020”

AUTORES:

Lasluisa Canchignia Rodrigo Patricio

Romero Melgarejo Franklin Bryan

TUTOR:

Ing. Pacheco Mena Carlos Francisco M.Sc.

LATACUNGA - ECUADOR

2020



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Eléctrica

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Lasluisa Canchignia Rodrigo Patricio** y **Romero Melgarejo Franklin Bryan**, declaramos ser los autores del presente Proyecto de Investigación: **“SISTEMA DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN N°1 EN LAS DIFERENTES JORNADAS ACADÉMICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS MATRIZ, PERIODO 2020”**, siendo el **Ing. M.Sc. Pacheco Mena Carlos Francisco**, Tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente Propuesta tecnológica, es de nuestra exclusiva responsabilidad.

Lasluisa Canchignia Rodrigo Patricio
C.I.: 050277389-8

Romero Melgarejo Franklin Bryan
C.I.: 1600643470



AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Título

“SISTEMA DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS DE PARAMETROS ELÉCTRICOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN N°1 EN LAS DIFERENTES JORNADAS ACADÉMICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS MATRIZ, PERIODO 2020”, de los señores **Lasluisa Canchignia Rodrigo Patricio** y

Romero Melgarejo Franklin Bryan, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicotécnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de la Propuesta que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Septiembre, 2020



Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena M.Sc.
C.I.: 050307290-2



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: Lasluisa Canchignia Rodrigo Patricio y Romero Melgarejo Franklin Bryan, con el Título de Proyecto de Titulación: **“SISTEMA DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN N°1 EN LAS DIFERENTES JORNADAS ACADÉMICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS MATRIZ, PERIODO 2020”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, septiembre, 2020

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. León Segovia Marco Aníbal M.Sc.

C.I.: 0502305402

Lector 2

Ing. Guaypatin Pico Oscar Alejandro M.Sc.

C.I.: 1802829430

Lector 3



Ing. Barbosa Galarza José Efrén M.Sc.
C.I.: 0501420723
AVAL DE ENTREGA DE MATERIALES

Latacunga, 25 de septiembre del 2020

Ing. Eduardo Hinojosa MSc.
Responsable de laboratorios en la Universidad Técnica de Cotopaxi Presente.

Quien suscribe, en calidad de Responsable de laboratorios en la Universidad Técnica de Cotopaxi, CERTIFICO que los postulantes Romero Melgarejo Franklin Bryan con CC: 1600643470 y Lasluisa Canchignia Rodrigo Patricio con CC: 050277389-8, estudiantes de décimo ciclo de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia, entregaron los materiales necesarios para la implementación de la propuesta tecnológica titulada: "SISTEMA DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN N°1 EN LAS DIFERENTES JORNADAS ACADÉMICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS MATRIZ, PERIODO 2020".

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los interesados dar uso a este documento como estimen conveniente.

Atentamente;




| | |
|--|--|
|  Sr. Romero Melgarejo Franklin Bryan CC: 1600643470 |  |
|  Sr. Lasluisa Canchignia Rodrigo Patricio CC: 050277389-8 | Ing. Eduardo Hinojosa MSc. CC:0502365810 |



Tabla de Materiales

| Materiales | Unidades |
|---|-----------------|
| 7KM 3220-OBA 01-IDAD Medidor PAC 3220 | 1 |
| Breaker de riel ISH202L 2 polos 2AC2 | 1 |
| Contactador LS 110v (1/4hp) | 1 |
| URTKIS Borne carril para componente | 10 |
| Borner fusible UT4-HESI PHOENIX contact | 5 |
| Fusible cristal 20mm 0.5A | 5 |
| Gabinete Beauccup Pesado 30x30x20 | 1 |
| Transf. Corriente núcleo P.600A DIXEN | 3 |
| Enchufe Cooper (polarizado 4867) | 1 |
| Cable sucre 3x14 | 2m |
| Cable sucre 2x16 | 6m |
| Cable sucre 4x16 | 3m |
| Prensa estropa Pcable G-12Pg 135 1/2" | 1 |
| Riel Dim metálico perforada | 0.6m |
| Cable flexible N#18 | 10m |
| Pulsador On Off | 1 |
| Luz piloto LED roja | 1 |
| Luz piloto LED verde | 1 |
| Canaleta Dexson ranurada gris | 1 |
| Pulsador de emergencia | 1 |



| | |
|---|---|
| Manguera espiral para cable | 1 |
| CD con Programaciones en Node Red y Simatic WinCC | 1 |

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios que me ha guiado en todo este largo camino universitario y haberme dado la oportunidad de culminar mis estudios superiores, a mi padre, hermano (as) y el resto de mi familia quienes han sido el motor fundamental en todo este trajinar, se reconocer que no ha sido fácil, pero con el apoyo de mi familia he podido seguir adelante sin desmayar.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi le agradeceré infinitamente por brindarme la oportunidad de estudiar la carrera de Ingeniería Eléctrica, Finalmente a todas las personas que me faltan enunciar agradezco de todo corazón por haberme dejado varias enseñanzas para mi vida diaria.

Un agradecimiento especial al Ingeniero Carlos Pacheco tutor a cargo por guiarme en todo el desarrollo del proyecto.

LASLUISA CANCHIGNIA RODRIGO PATRICIO

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fuerza, paciencia y voluntad para cumplir esta meta.

A mi madre, Mirian, hermanas y familia por su apoyo incondicional en los momentos difíciles.

A mis compañeros de universidad que me acompañaron y motivaron a no rendirme a lo largo de mi trayectoria académica.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas.

A mis docentes que cada día me exigían y ayudaban a cumplir la meta requerida.

A mis amigos cercanos, por guiarme día a día para no abandonar la meta.

ROMERO MELGAREJO FRANKLIN BRYAN

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado especialmente a Dios quien me ha brindado la oportunidad y las fuerzas necesarias para culminar este peldaño más en mi vida profesional.

A mi padre Segundo y a mis queridas hermanas (o) María, Olga, Ana y Leonardo quienes han confiado en mí toda mi vida académica, y al resto de mi familia que han sido el apoyo incondicional para obtener mi título universitario

Así también a los docentes ente fundamental en mi formación quienes impartieron sus conocimientos día a día en las aulas y laboratorios de mi querida alma mater.

**LASLUISA CANCHIGNIA RODIGO PATRICIO
DEDICATORIA**

Dedico este logro a mi madre Mirian por hacerme un hombre de bien y por todos los años de sacrificio y esfuerzo que les dedicó a mis hermanas y a mí, porque de ella aprendí

valores tan importantes como: el respeto, la solidaridad y la honestidad, porque era la única persona que estaba a mi lado cuando pensaba que ya todo estaba perdido, porque por ella decidí llegar a ser un profesional para que se sienta orgullosa de mí.

A mi familia en general por su apoyo que nunca faltó de alguna u otra manera en el transcurso de mi vida

A todos quienes forman parte de esta meta.

| | | |
|---|---------------------------------|------|
| | ROMERO MELGAREJO FRANKLIN BRYAN | i |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA | | ii |
| AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA..... | | iii |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN | | iv |
| AVAL DE ENTREGA DE MATERIALES | | v |
| AGRADECIMIENTO | | viii |
| iii | | viii |
| AGRADECIMIENTO..... | | ix |
| DEDICATORIA..... | | x |
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | | xv |
| ÍNDICE DE FIGURAS | | xv |
| ÍNDICE DE TABLAS | | xvii |
| RESUMEN..... | | 2 |
| ABSTRACT | | 3 |

| | |
|--|----|
| AVAL DE TRADUCCIÓN | 4 |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL | 4 |
| 2. DESCRIPCIÓN DE LA PROYECTO | 6 |
| 3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROYECTO | 7 |
| 4. BENEFICIARIOS DE LA PROYECTO | 7 |
| Beneficiarios Directos: | 7 |
| Beneficiarios Indirectos: | 7 |
| 5. PROBLEMA DE PROYECTO | 8 |
| 6. OBJETIVOS | 9 |
| General | 9 |
| Específicos | 9 |
| 7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS..... | 9 |
| 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO | 11 |
| 8.1 Antecedentes Investigativos | 11 |
| 8.2 Sistemas de información..... | 12 |
| 8.2.1 Componentes de un sistema de información | 12 |
| 8.2.2 Datos, información y conocimiento..... | 12 |
| 8.2.3 Monitoreo | 13 |
| 8.3 Centro De Transformación | 15 |
| 8.3.1 Los tipos de centros de transformación | 15 |
| 8.3.2 Constitución básica de un centro de transformación | 16 |
| 8.3.3 Aparamenta de un Centro de Transformación..... | 16 |
| 8.3.4 Transformador de distribución | 17 |
| 8.3.5 Equipos de medición utilizados en Centros de Transformación | 17 |
| 8.4 Eficiencia energética y el uso racional de la energía..... | 18 |
| 8.4.1 Definiciones de Parámetros Eléctricos | 19 |
| 8.5 Automatización Industrial | 22 |
| 8.6 La Cuarta Revolución Industrial..... | 22 |
| 8.7 Internet de las Cosas (IOT)..... | 23 |
| 8.7.1 Arquitectura IoT | 24 |
| 8.8 Medidores Inteligentes de Energía | 24 |
| 8.8.1 Definición | 24 |
| 8.9 Protocolos De Comunicación Industrial..... | 25 |
| 8.9.1 Definición | 25 |
| 8.9.2 Protocolo de comunicación industrial Modbus | 27 |
| 8.10 Fundamentos de Node-Red | 29 |
| 8.10.1 Edición de flujo basada en navegador | 29 |
| 8.10.2 Dashboards | 30 |
| 8.10.3 Desarrollo Social | 30 |

| | |
|--|----|
| 8.11 Red Local (LOCALHOST) | 31 |
| 8.12 Equipos | 31 |
| 8.12.1 Simatic IoT2040 | 31 |
| 8.12.2 Sentron PAC3220 | 32 |
| 8.12.3 Transformador de corriente | 34 |
| 9. PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS | 34 |
| 10. METODOLOGIA..... | 35 |
| 10.1 Modalidad de la investigación | 35 |
| 10.1.1 Método bibliográfico | 35 |
| 10.1.1 Método de campo | 36 |
| 10.1.2 Método estadístico | 36 |
| 10.1.3 Método analítico | 36 |
| 10.2 Diseño De La Investigación..... | 36 |
| 10.3 Técnicas | 37 |
| 10.3.1 Observación directa | 37 |
| 10.4 Instrumentos de Investigación | 37 |
| 10.4.1 Recolección de Datos | 37 |
| 10.5 Instrumentos de Medición | 38 |
| 10.5.1 Determinación de los transformadores de corriente | 38 |
| 10.6 Diseño del sistema de control para la adquisición de datos | 38 |
| 10.6.1 Principio de operación | 39 |
| 10.6.2 Diseño del tablero de Control..... | 39 |
| 10.6.3 Aparamenta requerida en el tablero de control..... | 39 |
| 10.6.4 Gabinete Metálico..... | 40 |
| 10.7 Requerimientos del Sistema de Control para la adquisición de datos | 41 |
| 10.7.1 Requerimientos Generales | 41 |
| 10.8 Diseño y selección del medidor de energía eléctrica..... | 44 |
| 10.8.1 Parámetros técnicos de la red de Baja Tensión a monitorear | 44 |
| 10.8.2 Selección del Medidor de Energía Eléctrica Siemens Sentron PAC3220..... | 44 |
| 10.9 Función de transferencia de datos del sistema de adquisición | 46 |
| 10.10 Diagrama de flujo | 48 |
| 10.11 Configuración del Hardware (Aparamenta) | 49 |
| 10.11.1 Conexión de Hardware (Planos eléctricos)..... | 49 |
| 10.11.2 Armado del sistema de control y adquisición de datos | 50 |
| 10.11.3 Configuración del Hardware..... | 50 |
| 10.12 Configuración y diseño del software del sistema | 51 |
| 10.13 Puesta en marcha de pasarela inteligente IOT2040..... | 55 |
| 10.13.1 Registro en foro de Siemens y descarga de la imagen..... | 56 |

| | | |
|---------|---|----|
| 10.13.2 | Instalación de la imagen | 56 |
| 10.13.3 | Inicio de SIMATIC IoT2040 | 56 |
| 10.13.4 | Acceso remoto mediante conexión SSH | 57 |
| 10.13.5 | Herramienta Node-RED | 59 |
| 10.13.6 | Diseño del registro de datos usado para almacenamiento de los parámetros eléctricos | 60 |
| 10.14 | Visualización del HMI..... | 61 |
| 10.14.1 | Configuración de comunicación del sistema HMI y node-red | 62 |
| 10.15 | Plataformas de visualización remota | 63 |
| 10.15.1 | Plataforma UBIDOTS | 64 |
| 10.15.2 | Plataforma FRED | 65 |
| 10.15.3 | Ventajas y Desventajas de las plataformas | 66 |
| 10.16 | Descripción general del sistema eléctrico | 67 |
| 10.16.1 | Distribución de los tableros generales de bajo voltaje..... | 67 |
| 10.16.2 | Conexión a la red del Medidor de Energía | 68 |
| 10.17 | Implementación y montaje de los componentes del sistema de monitoreo y adquisición de datos..... | 69 |
| 10.17.1 | Tablero de medición (parámetros de construcción)..... | 70 |
| 11. | ANÁLISIS DE RESULTADOS | |
| 11.1 | Análisis del sistema eléctrico en la cámara de transformación n°1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi | 72 |
| 11.1.1 | Análisis del bloque A | 72 |
| 11.1.2 | Análisis del bloque B..... | 77 |
| 11.2 | Características del transformador | 81 |
| 11.2.1 | Curva de demanda diaria del transformador..... | 81 |
| 11.3 | Análisis del SENTRON PAC3220 residencial..... | 82 |
| 11.3.1 | Resultados experimentales del sistema de adquisición de datos | 83 |
| 11.4 | Potencias (activa, reactiva, aparente) factor de potencia y frecuencia | 90 |
| 12. | ANÁLISIS DE IMPACTOS | 93 |
| 12.1 | Impacto social..... | 93 |
| 12.2 | Impacto tecnológico | 94 |
| 12.3 | Impacto ambiental | 94 |
| 13. | PRESUPUESTO..... | 94 |
| 13.1 | Presupuesto..... | 94 |
| 13.1.1 | Tabla de amortización del proyecto..... | 95 |
| 13.1.2 | Tabla de materiales y suministros (Gastos Directos) | 95 |
| 13.1.3 | Tabla de compra y uso de equipos (Gastos Directos)..... | 96 |
| 14. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 96 |
| | Conclusiones | 96 |

| | |
|-----------------------|----|
| Recomendaciones | 97 |
| 15. REFERENCIAS | 97 |
| 16. ANEXOS..... | 99 |

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| ANEXO 1: DISEÑO TABLERO DE COTROL | 95 |
| ANEXO 2: CATALOGO SIEMENS: Equipos para el sistema de adquisición de datos ... | 99 |
| ANEXO 3: CONEXIÓN DE HARDWARE (PLANOS ELÉCTRICOS) | 103 |
| ANEXO 4: PRORAMACION DE NODE RED | 104 |
| ANEXO 5: PROGRAMACIÓN DE SIMATIC IoT2040 | 105 |
| ANEXO 6: INFORMACION DE SOBRE LEVANTAMIENTO DE CARGAS REALIZADO POR LOS TESISITAS DE DOCUEMNTO | 106 |
| ANEXO 7: DIAGRAMAS UNIFILARES BLOQUE A | 124 |
| ANEXO 9: IMPLEMENTACION DEL TABLERO EN LA INDUSTRIA | 135 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Componentes de un sistema de información..... | 12 |
| Figura 2. Proceso de transformación de datos en información. | 13 |
| Figura 3. Monitoreo de un programa a lo largo del tiempo..... | 14 |
| Figura 4. Impacto de la Evaluación en un programa. | 14 |
| Figura 5. Centro de transformación. | 15 |
| Figura 6. CT con equipo Transformador doble. | 16 |
| Figura 7. partes del transformador de distribución. | 18 |
| Figura 8. TC. | 18 |
| Figura 9. TT (o TP) dos conexiones diferentes. | 19 |
| Figura 10. Representación de las diferentes revoluciones industriales. | 23 |
| Figura 11. Esquema Representativo de Internet de las Cosas. | 24 |
| Figura 12. Arquitectura IoT, | 25 |
| Figura 13. Relación de Solicitud-Respuesta y maestro-esclavo de los dispositivos Modbus. | 29 |
| Figura 14. Editor basado en navegador. | 30 |
| Figura 15. Inserción de nodos mediante arrastre Node-RED. | 30 |
| Figura 16. Cuadros de Mando ('Dashboards'). | 31 |
| Figura 17. almacenamiento mediante extensión JSON. | 31 |
| Figura 18. Arquitectura de aplicación SIMATIC IoT2040. | 33 |
| Figura 19. transformador de corriente. | 35 |
| Figura 20. Esquema de conexión de los equipos industriales | 40 |
| Figura 21. Partes del Gabinete de Control..... | 41 |
| Figura 22. gabinete de control. | 42 |
| Figura 23. Transformador de Corriente de núcleo partido. | 43 |
| Figura 24. SIMATIC IoT2040 – La pasarela inteligente de Siemens. | 44 |
| Figura 25. Medidor SENTRON PAC3220. | 45 |

| | |
|--|----|
| Figura 26. Comunicación Modbus TCP/IP SENTRON PAC3220 | 48 |
| Figura 27. diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos. | 48 |
| Figura 28. Sistema de monitoreo y adquisición de datos. | 50 |
| Figura 29. Procedimiento del armado del sistema de monitoreo y adquisición de datos. | 51 |
| Figura 30. Pantalla de comunicación Sentron PAC3220. | 52 |
| Figura 31. Librería NI Modbus de Node-RED, | 53 |
| Figura 32. Visto general de los parámetros configurados por el SENTRON PAC3220. | 54 |
| Figura 33. Diagrama de bloques establecido para los parámetros de configuración del Sentron PAC3220. | 54 |
| Figura 34. Panel visual del sistema de monitoreo del consumo energético y parámetros eléctricos medidos. | 55 |
| Figura 35. diagrama de bloques de programación del HMI para el sistema de monitoreo. | 55 |
| Figura 36. Diagrama de flujo funcional del sistema de monitoreo. | 56 |
| Figura 37. Proceso de escritura de imagen con el software PUTTY..... | 57 |
| Figura 38. Colocación de SD en IoT2040. | 58 |
| Figura 39. Acceso por conexión SSH al IoT2040. | 58 |
| Figura 40. Diagrama de funcionamiento de la pasarela inteligente IoT2024. | 60 |
| Figura 41. Ubicación para el registro de datos | 61 |
| Figura 42. Registro de datos en Excel del consumo energético. | 62 |
| Figura 43. ventana principal del HMI. | 62 |
| Figura 44. ventana de los voltajes presentes en las líneas. | 63 |
| Figura 45. Ingreso de nueva IP en el medidor PAC3220. | 63 |
| Figura 46. Ingreso de la IP en Wincc y a Node-RED. | 64 |
| Figura 47. Ingreso de la IP en el HMI elaborado en Wincc | 64 |
| Figura 48. tablero principal Bloque B. | 69 |
| Figura 49. Conexión de entrada del medidor Sentron PAC3220. | 70 |
| Figura 50. Niveles de voltaje. | 74 |
| Figura 51. niveles de voltaje. | 75 |
| Figura 52. niveles de potencia. | 76 |
| Figura 53. nivel de voltaje Bloque B. | 77 |
| Figura 54. nivel de corriente. Bloque B. | 78 |
| Figura 55. nivel de potencia Bloque B. | 79 |
| Figura 56. Curva de demanda diaria del transformador. | 80 |
| Figura 57. Interface gráfica de visualización de datos HMI. | 81 |
| Figura 58. Datos en tiempo real de los niveles de tensión en Wincc. | 82 |
| Figura 59. Datos en tiempo real de los niveles de tensión en la plataforma virtual. | 82 |
| Figura 60. Registro de datos del voltaje en la línea 1. | 83 |
| Figura 61. Graficas de Voltajes Línea-Neutro. | 83 |
| Figura 62. Graficas del voltaje Línea-Línea. | 84 |
| Figura 63. Datos en tiempo real de las corrientes por línea en Wincc. | 84 |
| Figura 64. Datos en tiempo real de las corrientes en la plataforma virtual. | 85 |
| Figura 65. Registro de datos de las corrientes de Línea. | 85 |
| Figura 66. Graficas del consumo de corriente en la Línea. | 86 |
| Figura 67. Datos en tiempo real de las potencias en Wincc, | 86 |
| Figura 68. Datos en tiempo real de las corrientes en la plataforma virtual. | 87 |
| Figura 69. Registro de dato del consumo de potencia en la línea. | 87 |
| Figura 70. Graficas de potencias consumidas. | 88 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Actividades y Sistema de Tareas en relación a los objetivos Planteados | 10 |
| Tabla 2. Clasificación de los Centros de Transformación, [6]. | 16 |
| Tabla 3. Transformación de MT a BT, [6]. | 17 |
| Tabla 6. Bloques de Modelo de Datos de Modbus. | 29 |
| Tabla 7. tipos de conexiones previstas, [21] | 34 |
| Tabla 8. Variable dependiente y dependiente | 37 |
| Tabla 9. variables consideradas para el sistema de monitoreo y adquisición de datos | 39 |
| Tabla 10. Elementos que conforman el sistema de control | 42 |
| Tabla 11. Características técnicas de los TC's. | 44 |
| Tabla 12. Datos de la cámara de transformación. | 46 |
| Tabla 13. Parámetros Técnicos del Medidor Sentron PAC3220. | 47 |
| Tabla 14. Parámetros de configuración Modbus SENTRON PAC3220 para Node-RED, [21]. | 53 |
| Tabla 13. Componentes del tablero principal del bloque B. | 69 |
| Tabla 15. presupuesto global del proyecto | 89 |
| Tabla 16. Presupuesto: Amortización. | 90 |
| Tabla 17. Materiales y suministros | 90 |
| Tabla 18. dispositivos principales para el sistema de adquisición de datos. | 91 |

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “SISTEMA DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS DE PARAMETROS ELECTRICOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA ENERGETICA EN LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN N°1 EN LAS DIFERENTES JORNADAS ACADEMICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS MATRIZ, PERIODO 2020”.

Autores: Lasluisa Canchignia Rodrigo Patricio

Romero Melgarejo Franklin Bryan

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica trata sobre la implementación de un sistema de monitoreo y adquisición de datos en el tablero general del Bloque B y Bloque A instalado en la cámara de transformación N°1, en donde el propósito de su desarrollo está enfocado en el uso de protocolos de comunicación entre dispositivos de tal forma que se pueda registrar los datos que se están generando por medio de la automatización del sistema de monitoreo, el cual está conformado por un Medidor Pac3220, vinculado a la pasarela Simatic IoT2040 de Siemens, de tal forma que se genera un proceso, donde los datos se lean, procesen y envíen de forma automática a la nube, esta acción se basa en un proceso ordenador/servidor, considerando que los protocolos de comunicación y la conexión a internet son la base de la industria 4.0 o el Internet of Things (IoT).

Dentro de las principales características que ofrece este sistema se destaca la posibilidad de supervisar de manera remota las condiciones del consumo energético que se está dando en las diferentes jornadas académicas de la universidad Técnica de Cotopaxi, de igual modo se dispone de una conectividad a internet, la cual permite que se desarrolle de manera más eficiente la capacidad de la recopilación y registro de datos, sobre las mediciones tomadas por los equipos y sus respectivas fluctuaciones en base al funcionamiento de las instalaciones.

Palabras Clave: *Adquisición, parámetros eléctricos, cámara de transformación, internet de las cosas.*

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES SCHOOL THEME: "TITLE: "ELECTRICAL PARAMETER DATA MONITORING AND ACQUISITION SYSTEM TO DETERMINE ENERGY EFFICIENCY IN THE TRANSFORMATION CHAMBER No. 1 IN THE DIFFERENT ACADEMIC CONFERENCES OF THE COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY, MATRIZ CAMPUS, PERIOD 2020."

Author: Lasluisa Canchignia Rodrigo Patricio
Romero Melgarejo Franklin Bryan

ABSTRACT

This technological proposal refers to the implementation of a monitoring and data acquisition system in the general board of Block B and Block A installed in the transformation chamber No. 1, where the purpose of its development is focused on the use of communication protocols between devices, so that it could be possible to register the data that is being generated through the automation of the monitoring system which is made up of a Pac3220 Meter that is linked to the Siemens Simatic IoT2040 gateway, in such a way that a process is generated, where the data is read, processed and sent automatically to the cloud, this action is based on a process computer / server, considering that communication protocols and internet connection are the basis of Industry 4.0 or the Internet of Things (IoT).

Within the main characteristics offered by this system, the possibility to supervise through the remote monitoring the energy consumption conditions that is taking place in the different academic sessions of the Cotopaxi Technical University, in the same way there is internet connectivity, which allows the capacity to collect and record data to be developed more efficiently on the measurements taken by the equipment and their respective fluctuations based on the operation of the facilities.

Keywords: Acquisition, electrical parameters, transformation chamber, internet of things.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente de Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA y APLICADAS: LASLUIA CANCHIGNIA RODRIGO PATRICIO Y ROMERO MELGAREJO FRANKLIN BRYAN** cuyo título versa “**SISTEMA DE MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN N°1 EN LAS DIFERENTES JORNADAS ACADÉMICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, CAMPUS MATRIZ, PERIODO 2020.**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, septiembre del 2020

Atentamente



MCs. Emma Jackeline Herrera Lasluisa
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS CC. 0502277031



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

Sistema de monitoreo y adquisición de datos de parámetros eléctricos para determinar la eficiencia energética en la cámara de transformación n°1 en las diferentes jornadas académicas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus matriz, periodo 2020.

Fecha de inicio:

Mayo del 2020

Fecha de finalización:

Septiembre del 2020

Lugar de ejecución:

San Felipe, Eloy Alfaro, Latacunga, Cotopaxi, Universidad Técnica de Cotopaxi **Facultad**

que auspicia:

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas **Carrera**

que auspicia:

Ingeniería Eléctrica

Proyecto de investigación vinculado:

- Implementación de un sistema de monitoreo y adquisición de datos de parámetros eléctricos.
- Desarrollo de un HMI mediante el uso de Node-RED **Equipo**

de Trabajo:

- Ing. MSc. Carlos Francisco Pacheco Mena
- Lasluisa Canchignia Rodrigo Patricio
- Romero Melgarejo Franklin Bryan

Tutor de titulación:

Nombres y apellidos: Carlos Francisco Pacheco Mena

Fecha de Nacimiento: 2 de octubre 1986 **Estado Civil:** casado **Nacionalidad:** ecuatoriana

Cedula de ciudadanía: 050307290-2 **Dirección:** Latacunga

Teléfono: 0984293945

Email: carlos.pacheco2902@utc.edu.ec **Nivel**

superior: Universidad Técnica de Cotopaxi

Datos personales (Postulante 1):

Nombres y apellidos: Lasluisa Canchignia Rodrigo Patricio

Fecha de Nacimiento: 28 de agosto de 1982 **Estado Civil:** Soltero **Nacionalidad:** ecuatoriana

Cedula de ciudadanía: 050277389-8

Dirección: Latacunga, parroquia Juan Montalvo; Barrio La Cocha.

Teléfono: 0969005491

Email: rodrigo.lasluisa3898@utc.edu.ec

Nivel primario: Escuela Luis Fernando Vivero

Nivel secundario: Colegio Técnico Industria “Dr. Trajano Naranjo Iturralde” **Datos personales (Postulante 2):**

Nombres y apellidos: Romero Melgarejo Franklin Bryan

Fecha de Nacimiento: 22 de enero 1995 **Estado Civil:** Soltero **Nacionalidad:** ecuatoriana
Cedula de ciudadanía: 160064347-0

Dirección: Ambato-Huachi la victoria

Teléfono: 0995571973

Email: franklin.romero3470@utc.edu.ec

Nivel primario: Escuela “Teniente Hugo Ortiz”.

Nivel secundario: Instituto Superior Tecnológico Docente "Guayaquil" **Área de Conocimiento:**

Ingeniería, industria y construcción

Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de la Carrera: Control y sistemas inteligentes

2. DESCRIPCIÓN DE LA PROYECTO

El presente trabajo está orientado a la implementación de un sistema de monitoreo y adquisición de datos, sobre los parámetros eléctricos que se registran durante el consumo energético de las diferentes jornadas académicas realizadas en la institución, mediante la aplicación de un sistema en el cual es necesario tener la parte de Hardware que comprende todos los equipos electrónicos que se instalarán en el tablero de control, así mismo, se necesita de la parte de Software la misma que comprende el uso de herramientas virtuales como Node-RED, protocolos de comunicación y el diseño de una HMI, que tienen como finalidad el registro de datos y su posterior visualización en plataformas remotas.

En lo referente a los equipos a instalarse, se tiene como parte central el medidor PAC3220 el cual está en la capacidad de obtener los datos de la red mediante el uso de TC's, dichos datos deben ser transmitidos tanto a un ordenador para elaborar un registro local, además, los mismos datos son transmitidos hacia la Pasarela SIMATIC IoT2040 que será la encargada de subir esta información a la nube. El eje principal del proyecto se basa en la vinculación de software y hardware de tal manera que se pueda leer, registrar y transmitir los datos que se generan durante

el consumo energético en la cámara de transformación N°1, para que dicho registro de datos pueda ser utilizado tanto por docentes y estudiantes que requieran de esta información para el desarrollo de sus actividades académicas.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA PROYECTO

Los sistemas de medición y adquisición de datos han tenido una gran evolución a nivel mundial, con el objetivo de brindar a los usuarios una mayor confiabilidad y eficiencia a la hora de registrarse los datos. Dichos cambios están enfocados en esencia a obtener mayor exactitud en las medidas y transmitir dicha información de forma visual o mediante el uso de un registro de datos sobre el estado del sistema al operador.

El desarrollo del sistema, permite al usuario tener una mayor facilidad y confiabilidad a la hora de obtener los datos de la red eléctrica que se desea monitorear dado que se puede evidenciar las variaciones en las magnitudes eléctricas en tiempo real, además de que el sistema está en la capacidad de permanecer encendido de manera indefinida y mediante esta opción se puede llevar un registro permanente con el tiempo en que se realizó la medición.

Es por esta razón que se implementó un sistema de visión remota, el mismo que permitirá monitorear el consumo energético presente en la cámara de transformación N°1, sin la necesidad de estar en contacto con los equipos que conforman el sistema de medición. La implementación de la visualización remota (HMI) permitirá que tanto docentes como estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica estén en la capacidad de acceder a un registro de datos real, además de que dará a conocer el funcionamiento básico de las aplicaciones tecnológicas en el campo de la Industria Eléctrica.

En base a los estudios realizados, se puede comprobar que la presente propuesta tecnológica es factible en su aplicación tanto para el ambiente económico, como para el social, debido a que se trata de un tema que no requiere la adquisición de dispositivos con un elevado costo.

4. BENEFICIARIOS DE LA PROYECTO

Beneficiarios Directos:

- Estudiantes y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi serán los beneficiarios de la implementación de la propuesta tecnológica

Beneficiarios Indirectos:

- Estudiantes de carreras afines a la Facultad de CIYA
- Personal técnico y de mantenimiento perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi

5. PROBLEMA DE PROYECTO

El problema está asociado con la falta de información sobre el consumo de energía eléctrica en la red de suministro de la Universidad Técnica de Cotopaxi, considerando el crecimiento en la demanda energética, producto de ello se origina una necesidad de información con respecto a:

- Caídas de voltaje fuera de los límites admisibles.
- Posibles averías en equipos eléctricos.
- Las demandas del consumo energético en las jornadas matutina, vespertina y nocturna.
- Consumo excesivo de energía eléctrica en laboratorios, aulas, oficinas, espacios recreativos.

La falta de análisis sobre el consumo energético en las diferentes jornadas no ha permitido mantener un seguimiento sobre los datos de carga que están soportando los equipos de protección instalados en la cámara de transformación N°1, para ello se pretende realizar un levantamiento de cargas mediante equipos de medición, los cuales se podrá obtener un historial de los parámetros eléctricos, permitiendo el desarrollo de una plataforma virtual para el control y monitoreo de la carga en tiempo real. En cuestión los beneficiarios del proyecto son tanto autoridades, docentes y estudiantes debido a que están en la capacidad de acceder a la información de forma directa.

En la actualidad los equipos y sistemas comunicación avanzan rápidamente a la par con el internet de las cosas e industrias 5.0, por lo que se ve la necesidad de implementar un sistema de monitoreo para verificar la eficiencia energía y visualizar los parámetros eléctricos en tiempo real de la cámara de transformación N°1 en la Universidad Técnica de Cotopaxi campus la matriz.

La problemática está enfocada a los aspectos y parámetros eléctricos que se consideran dentro del desarrollo de una herramienta virtual que permite el acceso a los datos del consumo eléctrico presente en la CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN N°1, considerando las cargas instaladas del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi mediante la respectiva recopilación de información proporcionada por los equipos de medición instalados.

6. OBJETIVOS

General

Implementar un sistema de monitoreo en la cámara de transformación N°1 a través de la adquisición de datos, para evaluar los índices de consumo de energía eléctrica en la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Matriz, Periodo 2020-2021.

Específicos

- Determinar mediante una investigación en fuentes bibliográficas cuáles son las principales variables eléctricas que se deben considerar para la eficiencia energética.
- Realizar un levantamiento de cargas en la cámara de transformación N°1 utilizando dispositivos electrónicos especializados para la visualización del alcance que presentan las instalaciones y tableros eléctricos adyacentes.
- Realizar un análisis comparativo del consumo energético del Bloque A y Bloque B incorporados a la CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN N°1 para el estudio de eficiencia energética.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y Sistema de Tareas en relación a los objetivos Planteados

| Objetivos Específicos | Actividades (Tareas) | Resultado de la Actividad | Descripción de la actividad (Técnica e Instrumentos) |
|-----------------------|----------------------|---------------------------|--|
|-----------------------|----------------------|---------------------------|--|

| | | | |
|--|--|--|---------------------------------|
| <p>Determinar mediante una investigación en fuentes bibliográficas cuales son las principales variables eléctricas que se deben considerar para la eficiencia energética.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Recopilar de la información referente al sistema de monitoreo y adquisición de datos en la cámara de transformación. - Describir cada uno de los parámetros eléctricos que se consideran fundamentales en el sistema. - Conocer los distintos tipos de arquitecturas para la comunicación de los equipos eléctricos existentes en el proyecto. | <p>Diseño sobre la arquitectura de los dispositivos para la comunicación en la visualización de parámetros eléctricos.</p> | <p>Investigación Científica</p> |
| <p>Realizar un levantamiento de cargas en la cámara de transformación N°1 utilizando dispositivos electrónicos</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Contemplar la ubicación de los diferentes subtableros eléctricos considerados en la cámara de transformación. | <p>Implementación de los equipos de medición y monitoreo en el gabinete de control adyacente a</p> | <p>Investigación de Campo</p> |
| <p>especializados para la visualización del alcance que presentan las instalaciones y tableros eléctricos adyacentes.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - corroborar los diagramas unifilares referentes a los tableros de control y cargas instaladas. - Determinar las características de los dispositivos a utilizarse en el levantamiento de cargas. | <p>cámara de transformación N°1.</p> | |

| | | | |
|--|--|---|-----------------------------------|
| <p>Realizar un análisis comparativo del consumo energético del Bloque A y Bloque B incorporados a la Cámara de Transformación N°1 para el estudio de eficiencia energética.</p> | <p>- Comparar el sistema de monitoreo y adquisición de datos utilizando un analizador de redes.</p> <p>- Determinar la existencia de variaciones en los índices de consumo energético mediante curvas de tendencia en el Bloque B.</p> <p>- Elaborar un registro de datos sobre el consumo energético el cual será almacenado de forma constante las 24 horas del día.</p> | <p>Medición, visualización y almacenamiento de datos sobre los índices de consumo, para la determinación de la eficiencia energética de la CÁMARA DE TRANSFORMACIÓN N°1 en tiempo real.</p> | <p>Investigación Experimental</p> |
|--|--|---|-----------------------------------|

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO

8.1 Antecedentes Investigativos

A continuación, se muestra de forma cronológica el desarrollo de algunos trabajos realizados acerca de la adquisición de datos de medidas eléctricas de algunas entidades académicas.

Aner Torre, (2018), menciona en su trabajo con el título “puesta en Marcha de un sistema de automatización basado en Siemens SIMATIC IoT2040”, el cual se basa, como su nombre lo indica, en la puesta en marcha de un sistema de automatización mediante el dispositivo SIMATIC IOT2040 de SIEMENS, de forma que se obtenga un sistema que lea, procese y envíe automáticamente la información de los datos de un proceso a un ordenador/servidor remoto a través del uso de protocolos de comunicación y la conexión a Internet, para facilitar la actualización de cualquier planta a la Industria 4.0 mediante el Internet de las Cosas [1].

Según Sergio Ortega (2019), En, en su trabajo con el título “Adquisición de Datos desde la plataforma IoT2040” el mismo que realiza adquisiciones de datos desde un PLC utilizando el dispositivo Simatic IOT2040 de la marca Siemens. Este dispositivo permite la lectura y procesamiento de los datos generados por un sistema mediante diversos protocolos de

comunicación, permitiendo así una comunicación entre los distintos elementos de una planta, lo que también se conoce como Internet of Things (IoT) [2].

Según Alex Sarmiento (2020), en su trabajo con el título “Adquisición y Visualización de Parámetros Eléctricos de un Motor Trifásico Mediante el Uso de un Módulo de Internet Industrial de las Cosas” nos dice que. A nivel industrial uno de los grandes problemas es la falta de digitalización del sistema productivo, razón por lo cual es importante por medio de este proyecto dar a conocer las ventajas que presenta la cuarta revolución industrial en la adquisición y visualización de parámetros eléctricos de un motor trifásico, mediante el uso de equipos industriales tales como: PAC, PLC, HMI, IoT, etc., [3].

8.2 Sistemas de información

Un sistema de información (SI; IS, por sus siglas en inglés: *information system*) es un conjunto de componentes interrelacionados que recaban, procesan, almacenan y distribuyen datos e información y proporcionan un mecanismo de retroalimentación para cumplir su objetivo [4].



Figura 1. Componentes de un sistema de información.

Fuente: [5].

8.2.1 Componentes de un sistema de información.

- Entrada: actividad que consiste en la recopilación de información y captura datos.
- Procesamiento: conversión o transformación de los datos en salidas útiles.
- Salida: producción de información útil, por lo general en forma de documentos y reportes.
- Retroalimentación: es la información proveniente del sistema que se utiliza para realizar cambios en las actividades de entradas y de procesamiento.

8.2.2 Datos, información y conocimiento

- Un dato consiste en un hecho aislado representa cosas del mundo real, cuando estos se disponen de tal forma que adquieren un significado, se convierten en información.

- La información conjunto de hechos que organizados de tal forma que poseen un valor adicional más allá del que tiene cada uno por sí mismo.

La conversión de datos en información es un proceso, o un conjunto de tareas relacionadas de manera lógica que se llevan a cabo con el fin de obtener un resultado determinado.

- El conocimiento es la comprensión de un conjunto de información y de las formas en que esta puede convertirse en algo útil para realizar una tarea específica o tomar una decisión.

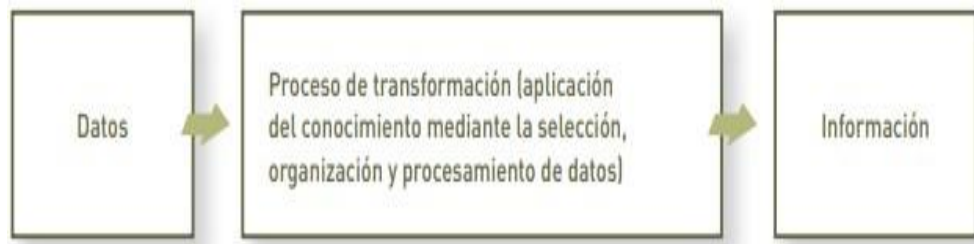


Figura 2. Proceso de transformación de datos en información.

Fuente: [5].

8.2.3 Monitoreo

Los elementos que pertenecen a un esquema arquitectónico de monitoreo tanto para la instalación, como para la interconexión de los equipos, permiten la comunicación y sincronización tanto de los elementos específicos, componentes genéricos y componentes pasivos. En [5] el monitoreo se utiliza para llevar un registro del desempeño de los programas a lo largo del tiempo, y su propósito es ayudar a los interesados a tomar decisiones informadas a la eficiencia de los programas u equipos y el uso eficiente de los recursos.

El monitoreo:

- Es un proceso continuo.
- Implica la recolección de datos en múltiples momentos a lo largo del ciclo ejecución y al principio para establecer una línea base.
- Se puede utilizar para determinar si es necesario realizar ajustes a las actividades durante la intervención para mejorar los resultados esperados.

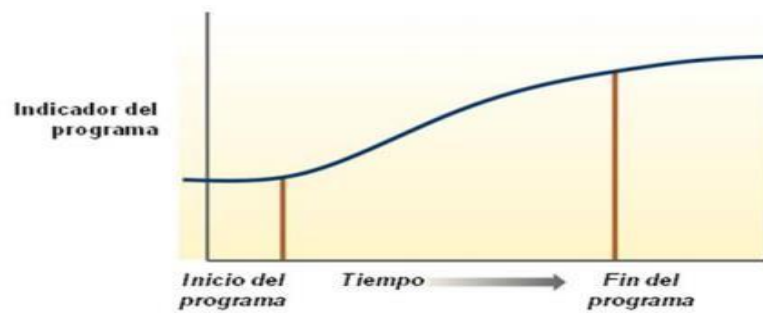


Figura 3. Monitoreo de un programa a lo largo del tiempo.

Fuente: [5].

8.2.3.1 Evaluación

Por otro lado, la evaluación mide el grado en que las actividades programadas cumplen con los objetivos esperados o la medida en que los cambios en los resultados pueden atribuirse a un programa o intervención dados [5]. La evaluación es básicamente una actividad la cual permite que se tomen decisiones que pueden afectar a los resultados obtenidos y medidos en el monitoreo.

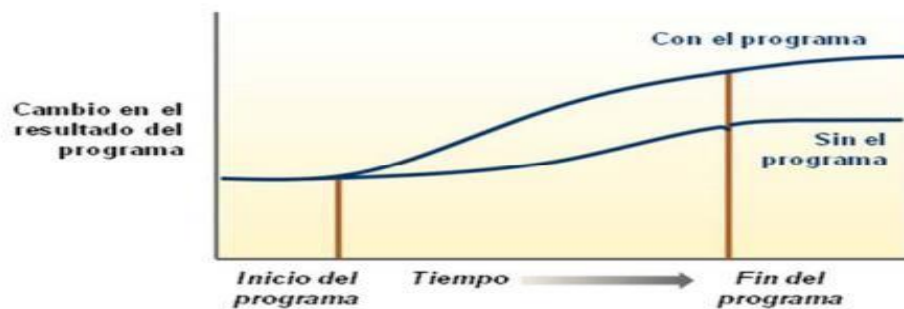


Figura 4. Impacto de la Evaluación en un programa.

Fuente: [5].

8.2.3.2 Indicadores

Los indicadores son variables cuyo valor cambia desde el nivel de la línea base al momento de iniciar del programa hasta adquirir un nuevo valor, cuándo el impacto del programa y sus actividades se hacen evidentes [5]. En consideración a este argumento un indicador se centra en medir un aspecto específico con la mayor precisión posible, estos proporcionan información del monitoreo.

8.2.3.3 Métrica

Una parte importante de lo que comprende un indicador es la métrica, que es el cálculo o fórmula exacta en que se basa el indicador, es de crucial utilidad en el plan de monitoreo porque aclara la dimensión única del resultado que se mide a través del indicador.

8.2.3.4 Características de los indicadores

Un indicador apropiado debe:

- Generar los mismos resultados al utilizarse repetidas veces para medir la misma condición o acontecimiento.
- Medir únicamente la condición o acontecimiento que se supone que debe medir.
- Reflejar los cambios en el estado o condición a lo largo del tiempo.
- Representar costos de medición razonables.
- Estar definido en términos claros que no sean ambiguos.

8.3 Centro De Transformación

En [6] se establece que un centro de transformación es una instalación provista de uno o varios transformadores reductores de alta a baja tensión con la apartamentada y obra complementaria precisas. En cualquier sistema eléctrico (generación, transporte y distribución de energía eléctrica), los CT tiene una función importante, que consiste en distribuir la energía eléctrica a diferentes tensiones, a la vez que permiten la conexión a las líneas y redes en cualquier punto que se estime conveniente. Normalmente se hallan ubicados entre la subestación y el abonado.

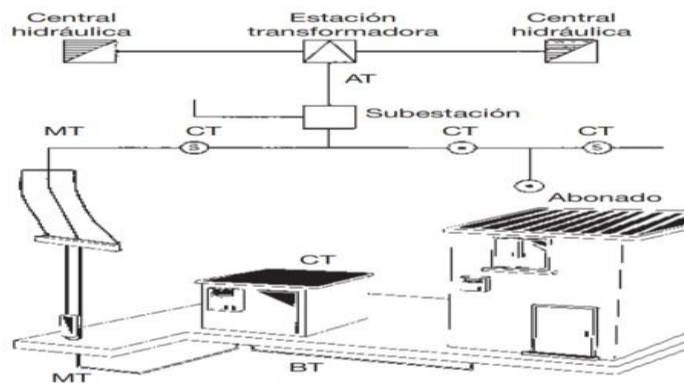


Figura 5. Centro de transformación.

Fuente: [6].

8.3.1 Los tipos de centros de transformación.

Dependiendo de su misión y su situación en la red eléctrica, los CT se clasifican según su alimentación, propiedad, emplazamiento y acometida.

Tabla 2. Clasificación de los Centros de Transformación, [6].

| | |
|----------------------|---|
| Alimentación | CT en punta y CT en paso. |
| Propiedad | CT de empresa y CT de abonado. |
| Emplazamiento | CT intemperie o aéreo y CT de interior |
| Acometida | CT con acometida aérea y CT con acometida subterránea |

| | |
|-------------------|--|
| Obra civil | CT convencional, CT compacto semienterrado, CT compacto de superficie, CT de maniobra y CT de prefabricado |
|-------------------|--|

8.3.2 Constitución básica de un centro de transformación

La norma tecnológica de edificación (NTE-IET) establece dos topologías de CT en función del número de Transformadores que se alojen en su interior.

- **CT con equipo transformador sencillo.** Se compone de celdas de línea, celdas de protección, transformador y cuadro de BT.
- **CT con equipo Transformador doble.** en la figura está representado en el esquema de un CT de este tipo. Como puede apreciarse en este caso, los elementos que lo componen son las celdas de línea, dos celdas de protección, dos transformadores y dos cuadros BT. cuando se duplica el número de transformadores, también deben de duplicarse las celdas de protección y cuadro de BT.

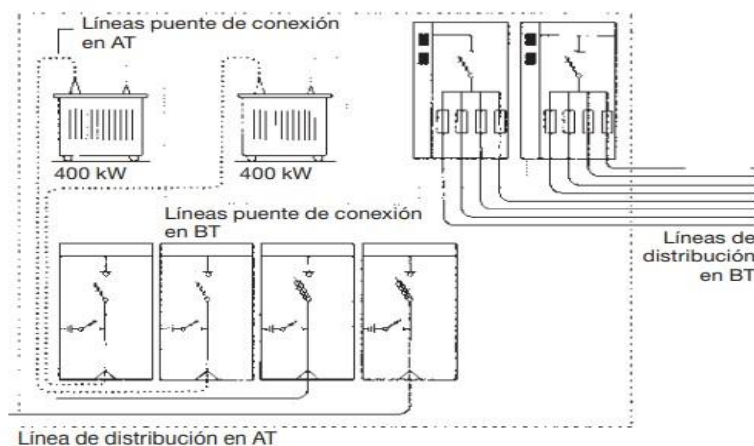


Figura 6. CT con equipo Transformador doble.

Fuente: [6].

8.3.3 Aparata de un Centro de Transformación

A grandes rasgos los elementos que forman un Centro de transformación son los siguientes: celdas de línea (entrada salida), celda de protección, celda de transformador, embarrados de MT y cuadro de BT [6].

Las celdas, a su vez dividen en dos tipos:

a) Convencionales

Se construyen de obra de obra civil dentro del local destinado al CT. En la actualidad ya no se realizan, excepto por cuestiones de diseño específico

b) Envoltentes metálicos o prefabricados

Están formados por una chapa de acero de 3mm de espesor en sus partes más resistentes y de 2mm en las partes de cierre; un acabado de pintura garantiza su resistencia a la corrosión.

8.3.4 Transformador de distribución

El transformador constituye el elemento principal del Centro de transformación. Donde su cometido es disminuir el nivel de tensión de la red de MT a los valores utilizados en la red de BT [6].

En la tabla se puede observar los valores de MT y BT normalizados y actualizados.

Tabla 3. Transformación de MT a BT, [6].

| MT | BT |
|---------|-----------------|
| 20 kV | B1 (220/110) |
| 15 kV | |
| 13,2 kV | B2 (420/242) |
| 11 kV | |

Constitución externa del transformador de distribución

En la siguiente figura se representa las diferentes partes de un transformador de distribución.

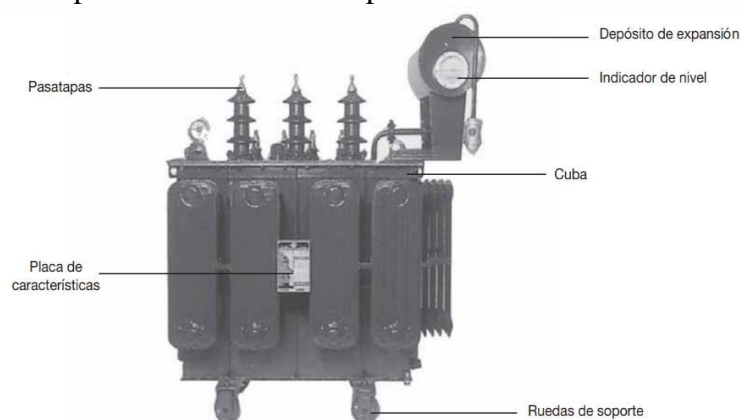


Figura 7. partes del transformador de distribución.

Fuente: [6].

8.3.5 Equipos de medición utilizados en Centros de Transformación.

En los sistemas eléctricos es necesario poder medir el valor de la corriente y la tensión, bien sea para tener control de las mismas (aparatos de medida), bien para vigilar que dichos valores están dentro de los límites admisibles (relés de protección) [7].

En MT y AT, para medida y control de tensiones, es siempre necesario instalar transformadores de tensión. Asimismo, por razones de aislamiento, se necesitan siempre transformadores de corriente, sea cual sea el valor de la intensidad.

a) Tipos y modelos constructivos

En su gran mayoría, estos transformadores son del tipo electromagnético, o sea, constituidos en su versión más simple, por un núcleo magnético con enrollamiento primario conectado a la línea, y un enrollamiento secundario al que se conectan los aparatos.

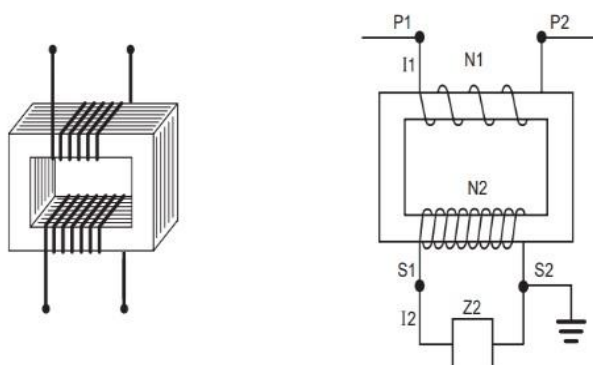


Figura 8. TC.

Fuente: [7].

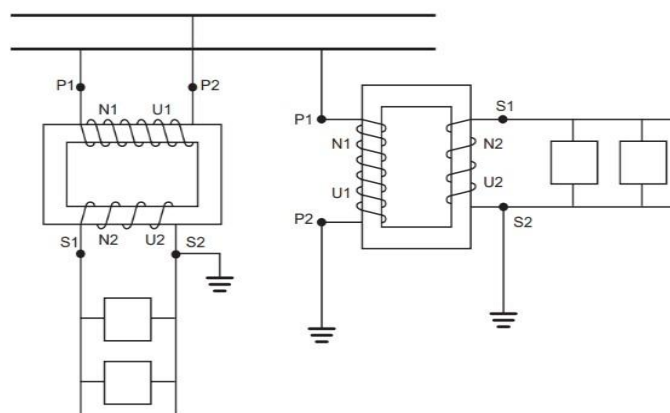


Figura 9. TT (o TP) dos conexiones diferentes.

Fuente:[7].

8.4 Eficiencia energética y el uso racional de la energía

La eficiencia energética es el hecho de minimizar la cantidad de energía necesaria para satisfacer la demanda sin afectar a su calidad; supone la sustitución de un equipo por otro que, con las mismas prestaciones, consuma menos electricidad [8]. Por lo tanto, este punto la eficiencia se logra cuando no afecta en cambios en los hábitos de consumo (el comportamiento

del usuario sigue siendo el mismo), pero se consume menos energía ya que el consumo energético para llevar a cabo el mismo servicio es menor.

Además [8] mencionan que la eficiencia energética depende de dos actores principales:

- a) El primer actor está compuesto por el grupo de usuarios o personas que consumen energía.

Las medidas de ahorro energético más comunes en este grupo son:

- Capacitaciones de ahorro energético.
- Campañas de concientización para minimizar el consumo energético.

- b) El segundo actor se compone de los dispositivos que consumen energía como resultado de las actividades del primer actor.

Las medidas de ahorro energético más comunes son:

- Integración de nueva tecnología en luminaria.
- Sustitución de equipos con menor demanda energética y prestaciones similares a los equipos sustituidos.
- Implementación de sistemas de monitoreo y control de consumo energía.

8.4.1 Definiciones de Parámetros Eléctricos

Cualquier circuito eléctrico está formado por algunos de los siguientes elementos; resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia. Con estos componentes se forman la totalidad de los sistemas eléctricos actuales [9], que van desde los más simples hasta lo más complejos sistemas de potencia.

Es posible realizar una clasificación de los elementos eléctricos, dependiendo de la forma en que estos influyen dentro de un sistema eléctrico.

Así se crean dos grupos diferenciados:

- Parámetros longitudinales.
 - $R \Leftrightarrow$ Resistencia \Rightarrow Ohmios - $L \Leftrightarrow$ Inductancia \Rightarrow Henrys
- Parámetros transversales.
 - $C \Leftrightarrow$ Capacitancia \Rightarrow faradios
 - $G \Leftrightarrow$ Conductancia \Rightarrow Siemens

Existen otras magnitudes que matemáticamente sirven de nexo de unión de los parámetros anteriores, algunas de las más importantes son:

$$Z = (R + jX) \Leftrightarrow \text{Impedancia} \Rightarrow \text{Ohmios}$$

$$Y = (G + jB) \Leftrightarrow \text{Admitancia} \Rightarrow \text{Siemens}$$

$$X_L = L * \omega = L * 2\pi f \Leftrightarrow \text{Reactancia Inductiva}$$

$$B = C * \omega = C * 2\pi f \Leftrightarrow \text{Susceptancia}$$

8.4.1.1 Voltaje o tensión

El voltaje se define como, la diferencia de potencial entre dos puntos. Esta diferencia de potencial provoca el desplazamiento de electrones desde el punto con mayor potencial hacia el punto con menor potencial eléctrico. La unidad de medida del voltaje, según [10], es el voltio y se le representa con la letra V. Según la ley de Ohm el voltaje se puede calcular mediante la Ecuación [11]:

$$V = R * I$$

Donde:

V: voltaje en voltios

R: resistencia en ohmios I:

corriente en amperios

8.4.1.2 Corriente

La intensidad de corriente, es el flujo de electrones a través de un material conductor en un tiempo determinado. La unidad de medida es el amperio representado por la letra A [10]. Según la ley de Ohm la corriente se puede calcular mediante la siguiente formula [11]:

$$I = \frac{V}{R} [A]$$

8.4.1.3 Resistencia

La Resistencia es la oposición que cualquier material ofrece al paso de la corriente eléctrica [9].

$$R = \frac{V}{I} [\Omega]$$

Conceptualmente la resistencia de cualquier elemento conductor depende de sus dimensiones físicas y de la resistividad, pudiéndose expresar como:

$$R = \rho \frac{L}{S} [\Omega]$$

Donde:

R: Resistencia eléctrica a 20°C (en Ω)

ρ : Resistividad (en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

L: longitud del cable (en m)

S: Sección del cable (en mm^2)

8.4.1.4 Potencia eléctrica

Indica de forma general el nivel de intensidad que consume un receptor o que suministra una fuente de energía eléctrica para un nivel de tensión determinado [12]. Su unidad de potencia es el vatio representado por la letra W.

$$P = \frac{E}{t} = U \cdot I [W]$$

En corriente alterna hay que tener en cuenta el ángulo de desfase φ existente entre la tensión y la corriente, por lo que existe tres tipos de potencia:

- $P = U * I * \cos\varphi [W]$ potencia Activa. Su unidad es el vatio
- $Q = U * I * \sen\varphi [VAr]$ Potencia Reactiva. Su unidad es el voltamperio reactivo. •
- $S = U * I [VA]$ Potencia Aparente. Su unidad es el voltamperio

8.4.1.5 Energía Eléctrica

Es una magnitud que expresa la cantidad de potencia que consume un receptor o suministra una fuente multiplicada por el tiempo de funcionamiento [12]. su unidad de medida es (kWh).

$$E = \frac{V * I}{1000} * t [kWh]$$

Donde:

t: Tiempo en horas E:

energía en kWh

8.4.1.6 Frecuencia

La frecuencia es el número de ciclos completos de una onda alterna durante un segundo. Su unidad es el Hertzio [10] que equivale a un ciclo por segundo. Su ecuación es:

$$f = \frac{1}{T} \text{ [Hz]}$$

8.4.1.7 Período

Es el tiempo en segundos que una onda tarda en completar un ciclo. Su fórmula es:

$$T = \frac{1}{f} \text{ [s]}$$

Donde:

T: período en segundos

f: frecuencia en Hertzios

8.5 Automatización Industrial

La automatización industrial hace uso de sistemas de hardware y software para dirigir maquinaria y procedimientos industriales, con el objetivo de aumentar el rendimiento, flexibilidad y la eficacia en cualquier fábrica.

En el mercado se tienen innumerables productos y soluciones sin importar las características del sistema, fundamentalmente en la digitalización de maquinaria o procesos de fabricación.

Con la digitalización, se contribuye soluciones únicas para mejorar y reducir costes [13].

8.6 La Cuarta Revolución Industrial

La digitalización es la nueva inclinación industrial correspondiente a la industria 4.0 (cuarta revolución industrial), y que en estos años se está incorporando en el mundo (Figura 11). Con la digitalización se puede aumentar los índices de flexibilidad, eficiencia, eficacia, productividad, calidad, rendimiento, etc. en la industria. De tal forma, quien no la incorpore perderá competitividad debido a que posiblemente otra industria si la haya implementado.

En la historia ha existido tres revoluciones: Los sistemas a vapor y mecánicos, la electricidad y la fabricación en serie, la automatización e informática, por otra parte, la cuarta revolución sería las fábricas inteligentes (ciber industrias), donde la digitalización es la base primordial [13].

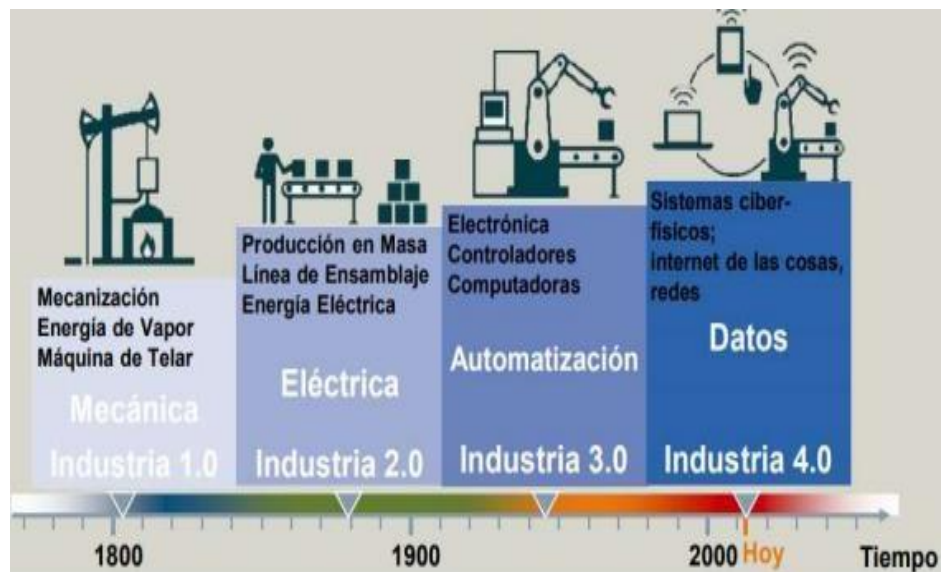


Figura 10. Representación de las diferentes revoluciones industriales.

Fuente: [13].

8.7 Internet de las Cosas (IOT)

El término IoT, hace referencia a todos aquellos dispositivos u objetos del ámbito cotidiano que se encuentran conectados a internet, y que se cuentan con algún tipo de inteligencia, esto permite que cualquier objeto pueda comunicarse con otro y llevar a cabo determinada función [14]. Es decir, los objetos que nos rodean de forma cotidiana mediante electrónica integrada recolectan información la cual es intercambiada entre dispositivos similares o mediante un servidor, el cual tiene la función de analizar datos para posteriormente optimizar los recursos y tomar decisiones.



Figura 11. Esquema Representativo de Internet de las Cosas.

Fuente: [14].

8.7.1 Arquitectura IoT

Existen tres elementos fundamentales que normalmente se indican en la arquitectura IoT, ver figura 12.

- **Dispositivo IoT:** los dispositivos IoT son aquellos que se pueden conectar mediante cable o a través de manera inalámbrica a una red, pequeña o amplia; estos dispositivos pueden ser motores, elementos actuadores o sensores.
- **Redes:** cumplen con la función de router, es decir se encargan de ser las puertas de enlace a la red, o la nube con otros dispositivos conectados a la red.
- **Nube:** son centros de datos que se alojan en servidores web remotos que almacenan y consolidan información con seguridad.

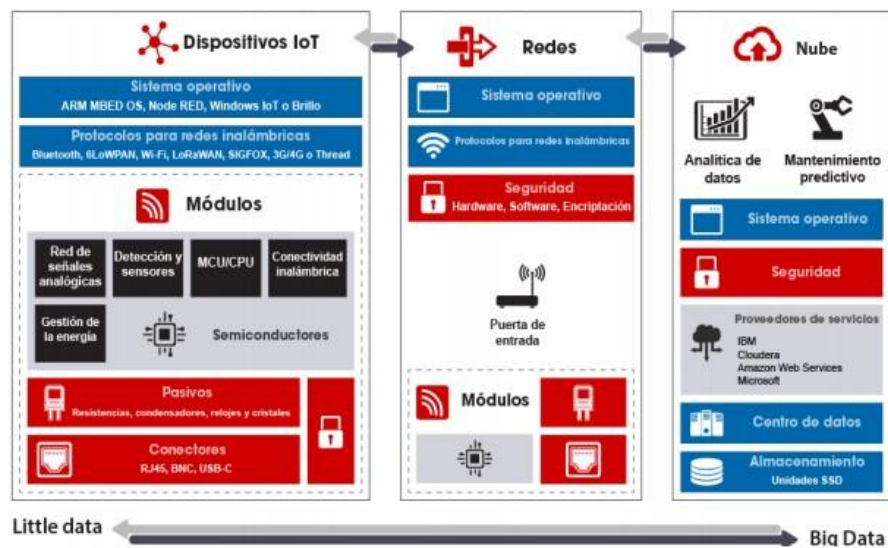


Figura 12. Arquitectura IoT,

Fuente: [14].

8.8 Medidores Inteligentes de Energía

8.8.1 Definición

El Smart Meter (Contador Inteligente) es básicamente un AMI (Infraestructura de Medición Avanzada), que puede definirse como la integración de varias tecnologías que crean una conexión inteligente entre los operadores del sistema y los consumidores, para brindar a estos

últimos la información que necesitan para tomar decisiones que redunden en mayores beneficios [15].

Estos dispositivos contienen tres elementos principales como es el sistema de medida, el de memoria, y el dispositivo de información principal. Para ampliar sus capacidades operativas es necesario añadir:

- Sistemas de alimentación.
- Procesador de cálculo.
- Procesador de comunicaciones.
- Dispositivos de accionamiento o control

8.9 Protocolos De Comunicación Industrial

8.9.1 Definición

Protocolo de comunicación es un sistema de reglas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellas para transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física [16]. Todos los procesos de comunicación tienen básicamente la misma estructura y el mismo objetivo “intercambiar datos o información entre dos entidades”.

8.9.1.1 Protocolos Industriales actuales

A medida que la tecnología va avanzando, las comunicaciones en dicho nivel deben responder a necesidades de intercomunicación en tiempo real, es decir que los protocolos industriales han evolucionado de sus predecesores que se basaban en comunicación serie, hacia los nuevos estándares de comunicación basados en nuevas tecnologías, entre los cuales podemos citar Modbus/TCP, DNP·, Profinet, etc.

Estos protocolos se aprovechan de las ventajas funcionales y de seguridad que brindan tanto Ethernet TCP/IP para ofrecer mejores capacidades de transferencia de información en los sistemas de control.

- **Ethernet/IP**

Una de las principales funciones del Ethernet/IP es que su utilizan todas sus herramientas y tecnologías tradicionales, como son los protocolos de Transporte TCP-IP y las tecnologías de acceso y señalización de medios de que se encuentran dentro de la interfaz Ethernet.

- **HART**

El protocolo Hart permite un soporte de hasta 256 variables, los transmisores pueden conectarse entre sí a través de un bus y comunicarse con 15 aparatos entre ellos los ordenadores, PLC's, entre otros.

- **DiviceNet**

Es un protocolo de comunicación usado en la industria de la automatización para interconectar dispositivos de control para intercambio de datos. Permite que los dispositivos individuales (arrancadores, etc.) se comuniquen con el controlador de la red.

- **Protocolo Modbus**

Es una estructura de mensajería creada por Módicon. Este protocolo se usa para establecer una comunicación entre cliente y servidor en los dispositivos. Permite que equipos industriales como PLC's, PC, entre otros dispositivos físicos de entrada/salida, se comuniquen sobre una red Ethernet.

- **PROFINET**

Está basado en Ethernet, TCP/IP y algunos estándares de comunicación pertenecientes al mundo TI. Entre sus características destaca que es Ethernet en tiempo real, donde los dispositivos que se comunican por el bus de campo acuerdan cooperar en el procesamiento de solicitudes que se realizan en el bus.

Entre ellos encontramos:

- PROFINET/CBA: Protocolo asociado a las aplicaciones de automatización distribuida en entornos industriales.
- PROFINET/DCP: Es un protocolo basado en la capa de enlace, utilizado para configurar nombre de dispositivos y direcciones IP.
- PROFINET/IO: A veces llamado PROFINET-RT (Real Time), es utilizado para comunicaciones con periféricas descentralizadas.

- PROFINET/MRP: Protocolo utilizado para redundancia de medios. Utiliza los principios básicos para reestructuración de las redes en caso de sufrir un fallo cuando la red posee topología en anillo.
- PROFINET/MRRT: Su objetivo es dar soluciones a la redundancia de medios para PROFINET/RT.
- PROFINET /PTCP: Protocolo de control de precisión de tiempo basado en la capa de enlace, para sincronizar señales de reloj/tiempo en varios PLC.
- PROFINET/RT: Transferencia de datos en tiempo real.
- PROFINET/IRT: Transferencia de datos isócrono en tiempo real.
- **PROFIBUS**

Es un estándar de red de campo abierto e independiente de proveedores, donde la interfaz de ellos permite amplia aplicación en procesos, fabricación y automatización predial.

Presenta tres diferentes versiones:

- Profibus-DP: Este protocolo esta optimizado para conseguir una alta velocidad de transmisión. Esta especialmente diseñado para establecerla comunicación entre el controlados programable y los dispositivos de entrada/salida a nivel de campo.
- Profibus-PA: Esta especialmente diseñado para conseguir una comunicación fiable a alta velocidad en ambientes expuestos a peligro de explosión.
- Profibus-FMS: S e utiliza para la comunicación a niel célula, donde lo principal es el volumen de información y no el tiempo de respuesta.

8.9.2 Protocolo de comunicación industrial Modbus

El protocoló de comunicación Modbus fue desarrollado en 1979 para permitir la comunicación entre dispositivos de automatización [17]. hoy en día es un protocolo común usado por innumerables dispositivos para comunicación simple, confiable y eficiente en una variedad de redes modernas.

8.9.2.1 Introducción a Modbus

Modbus es usado generalmente para comunicación en red tipo SCADA entre dispositivos.

- Por ejemplo: un servidor grande puede ser usado para manejar un controlador lógico programable (PLC) o un controlador de automatización programable (PAC), y el PLC

o PAC puede a su vez manejar un sensor, válvula, motor o cualquier otro dispositivo embebido.

8.9.2.2 Ciclo de Solicitud-Respuesta

Este protocolo sigue una arquitectura de maestro esclavo, donde el maestro transmite una solicitud a un esclavo y espera la respuesta. En redes TCP/IP modernas se le da al maestro un alto grado de control del comportamiento del esclavo.

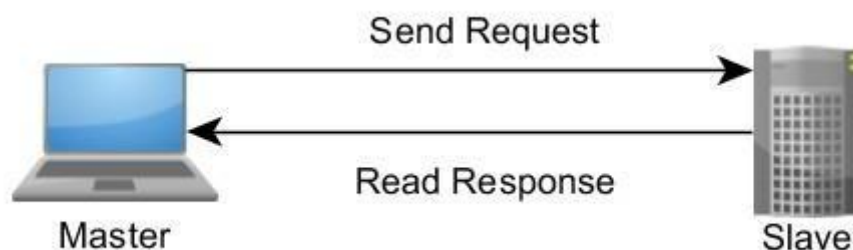


Figura 13. Relación de Solicitud-Respuesta y maestro-esclavo de los dispositivos Modbus.

Fuente: [17].

TCP es un formato moderno que permite el manejo eficiente de las solicitudes y respuestas Modbus en software, así como un sistema de red más eficiente a través del uso de conexiones diferentes e identificadores dedicados para cada solicitud.

8.9.2.3 Modelo de datos de Modbus

Modbus administra el acceso de los datos de manera simple y flexible. Originalmente, Modbus soporta dos tipos de datos; un valor booleano y un entero sin signo de 16 bits. Los valores de los datos Modbus son divididos en cuatro rangos como se muestra en la tabla 6.

Tabla 4. Bloques de Modelo de Datos de Modbus.

| Bloque de Memoria | Tipos de Datos | Acceso de Maestro | Acceso de Esclavo |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Bobinas | Booleano | Lectura/Escritura | Lectura/Escritura |
| Entradas Discretas | Booleano | Solo Lectura | Lectura/Escritura |
| Registros de Retención | Palabra Sin Signo | Lectura/Escritura | Lectura/Escritura |
| Registros de Entrada | Palabra Sin Signo | Solo Lectura | Lectura/Escritura |

8.10 Fundamentos de Node-Red

Node-RED es una herramienta de programación para conectar dispositivos de hardware, API y servicios en línea de formas nuevas e interesantes [18]. Proporciona un editor basado en navegador que facilita la conexión de flujos entre sí utilizando la amplia gama de nodos de la paleta que se pueden implementar en su tiempo de ejecución con un solo clic.

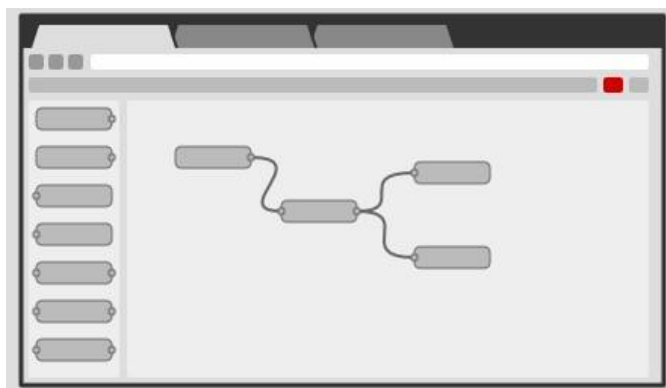


Figura 14. Editor basado en navegador.

Fuente: [18].

8.10.1 Edición de flujo basada en navegador

Node-RED proporciona un editor de flujo basado en navegador que facilita la conexión de flujos mediante la amplia gama de nodos de la paleta. Luego, los flujos se pueden implementar en el tiempo de ejecución con un solo clic.

- Las funciones de JavaScript se pueden crear dentro del editor usando un editor de texto enriquecido.
- Una biblioteca incorporada le permite guardar funciones, plantillas o flujos útiles para su reutilización.

Una vez dentro del navegador pueden crearse nuevos flujos arrastrando algunos de los tipos de nodo disponibles en una paleta lateral en el espacio de trabajo, conectándolos entre sí, estableciendo el flujo de proceso de datos y configurando los parámetros y atributos de dichos nodos [19].

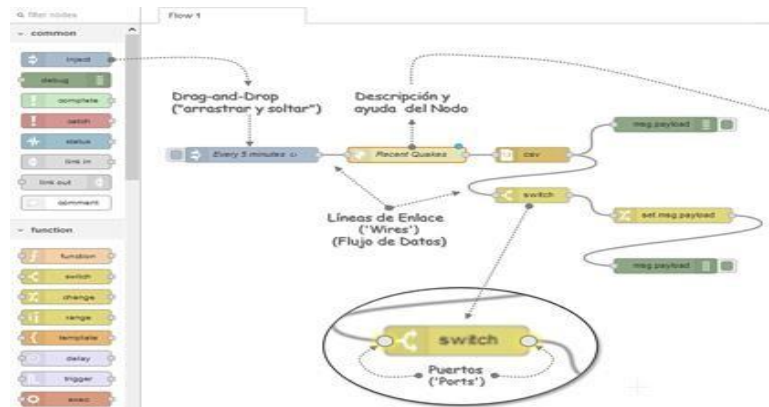


Figura 15. Inserción de nodos mediante arrastre Node-RED.

Fuente: [19].

8.10.2 Dashboards

Es importante destacar igualmente que una de sus capacidades menos conocida, pero no por ello de menor importancia y utilidad, es la capacidad de poder crear y desplegar 'Cuadros de Mando' ('Dashboards') a los que se puede acceder remotamente vía navegador y cuyo acceso puede ser, al igual que lo descrito para el editor, protegido con credenciales de acceso.

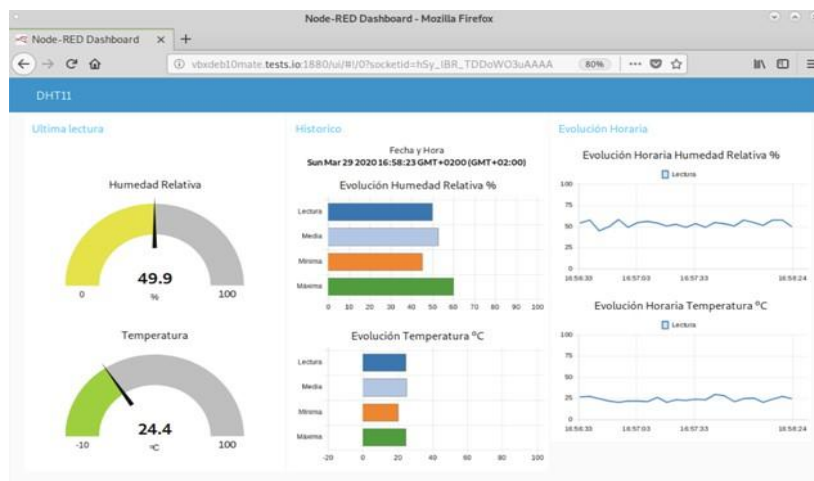


Figura 16. Cuadros de Mando ('Dashboards').

Fuente: [19].

8.10.3 Desarrollo Social

Los flujos creados en Node-RED se almacenan utilizando JSON, que se puede importar y exportar fácilmente para compartir con otros.

Una biblioteca de flujos en línea le permite compartir sus mejores flujos con el mundo.

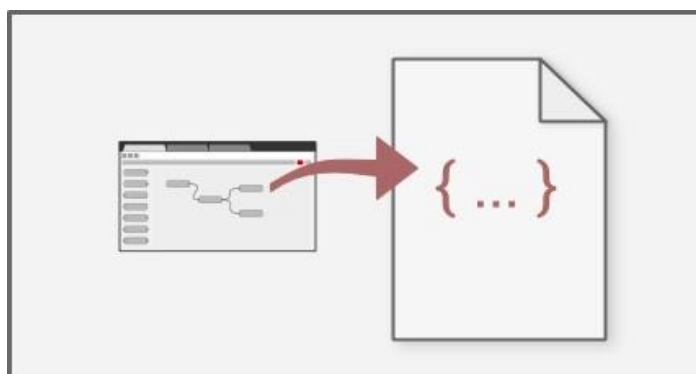


Figura 17. almacenamiento mediante extensión JSON.

Fuente: [18]

8.11 Red Local (LOCALHOST)

El servicio localhost tiene beneficios muy interesantes, especialmente si se va a crear una página web, o si se está a cargo de una red local. Localhost es el nombre que se emplea para designar el ordenador o dispositivo que se utilice en un momento determinado, denominándolo correctamente como dispositivo local o servidor local [20].

Todo localhost tiene asignada la dirección IP 127.0.0.1, también llamada dirección IP de loopback o bucle reverso. Se llama así porque permite utilizar ciertas herramientas TCP/IP (relacionadas con páginas web) apuntando a sí misma, es decir, en modo local, sin necesidad de conectarse a Internet y sin salir del ordenador.

Importancia del Localhost

Gracias a la ayuda del localhost el ordenador puede ser empleado como un servidor web, debido a que nos permite ingresar a la página web que esté almacenado localmente, como si la misma estuviese publicada a internet sin la necesidad de tener una conexión a internet y sin que ningún otro usuario pueda acceder a nuestra página, esto es de gran utilidad, ya que si se crea una página WEB se puede realizar modificaciones antes de subirla a la Red.

8.12 Equipos

8.12.1 Simatic IoT2040

Con el progreso de la era de la digitalización, la vinculación entre la línea de producción y los sistemas informáticos IT (Tecnologías de la Información) se convierten en algo de vital importancia. La información generada es recolectada y analizada en la nube o sistema de gestión local para optimizar la producción [3]. El SIMANTIC IOT2040 es un equipo industrial

diseñado para la adquisición de datos directamente del entorno de producción, generalmente es usado como puerta de enlace entre la nube y la producción de la empresa (ver figura 18).

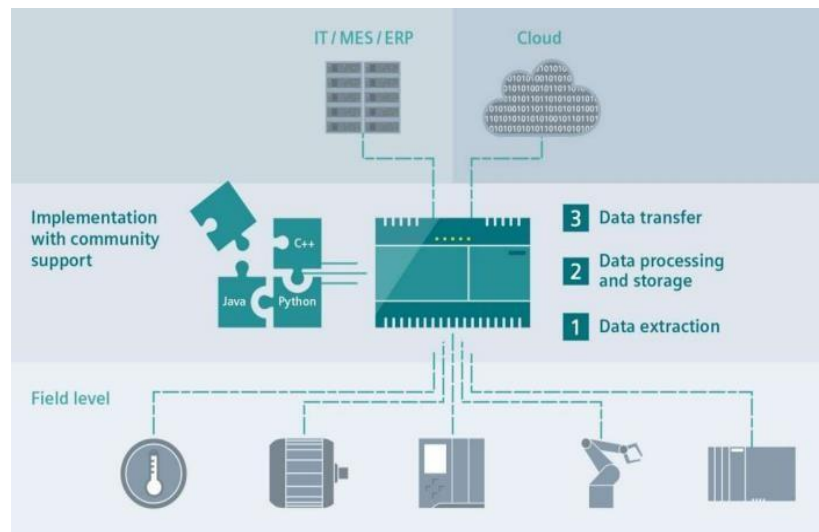


Figura 18. Arquitectura de aplicación SIMATIC IoT2040.

Fuente: [3].

Considerando que se trata de un equipo de tipo industrial el cual ofrece grandes ventajas en el manejo de datos, se lo utiliza como una puerta de enlace de datos dado que se busca monitorear y realizar mantenimientos preventivos.

8.12.2 Sentron PAC3220

En esencia se trata de un multímetro el cual permite medir las magnitudes eléctricas básicas en una distribución de energía eléctrica en baja tensión. Tiene la capacidad de realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, la medición de corriente es posible mediante un Transformador de corriente X/1A o X/5A. El equipo dispone de un amplio display gráfico en el que pueden leerse todas las variables.

8.12.2.1 Características

El PAC3220 dispone de dos interfaces Ethernet equivalentes con switch integrado [21]. Estas permiten conectar hasta dos módulos de ampliación disponibles de forma opcional.

El PAC3220 dispone de:

- Dos entradas digitales
- Dos salidas digitales

Este número puede ser incrementado mediante el uso de módulos de ampliación, la parametrización se realiza directamente o a través de una interfaz de comunicación.

Medición

- Medición de todas las magnitudes eléctricas relevantes de un sistema de corriente alterna.
- Adquisición de valores mínimos y máximos de todas las magnitudes.
- Promediado de todos los valores medidos directamente en el dispositivo en dos niveles libremente configurables e independientes entre sí (agregación).

Visualización y manejo

- Display LCD
- Cuatro teclas de manejo con asignación de funciones variables
- LED con asignación de funciones variables

Memoria

- Los parámetros de dispositivo ajustados de forma permanente a la memoria del dispositivo.
- Los valores extremos (máximo o mínimo) se guardan de forma permanente en la memoria interna del dispositivo

Tipos de conexión

Hay cinco tipos de conexiones previstas para la conexión a redes de dos, tres o cuatro conductores con carga balanceada (simétrica) o desbalanceada (asimétrica).

Tabla 5. tipos de conexiones previstas, [21]

| Abreviatura | Tipo de conexión |
|-------------|--|
| 3P4W | 3 fases, 4coanductores |
| 3P3W | 3fases, 3 conductores |
| 3P4WB | 3 fases, 4 conductores, carga balanceada |
| 3P3WB | 3 fases, 3conductores, carga balanceada |
| 1P2W | Corriente alterna monofásica |

Interfaz Ethernet

La interfaz Ethernet permite la comunicación a través de los siguientes protocolos:

- Modbus TCP

Se puede configurar el dispositivo vía Modbus TCP.

- Servidor web (HTTP)

El protocolo solo puede utilizarse para leer con un navegador web los valores los valores medidos.

- SNTP

El Protocolo SNTP (Simple Network Time Protocol) sirve para sincronizar automáticamente la hora del dispositivo con un servidor de tiempo en la red. Hay tres tipos de funciones disponibles:

- Sin sincronización
- Sincronización de fecha y hora por solicitud del dispositivo
- Sincronización de fecha y hora por servidor SNTP (BCST)

8.12.3 Transformador de corriente

Los transformadores de corriente se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos y dispositivos de medida y control.

Los valores nominales de los transformadores de corriente se definen como relaciones de corriente primaria a secundaria. Unas de las relaciones típicas de un TC podrían ser 600/5, 800/5, 1000/5 donde los valores nominales de corriente son 5A y 1A.

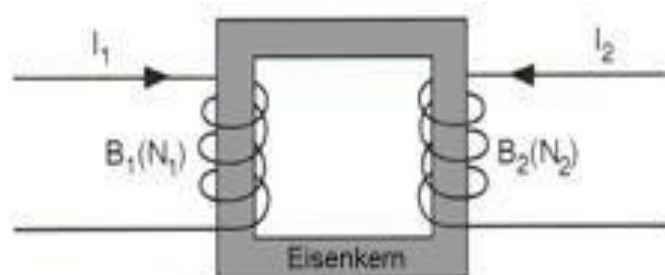


Figura 19. transformador de corriente.

Fuente: [22].

En [22] se establece que los transformadores de corriente de núcleo partido son aquellos que, sin desmontar la instalación, permiten al usuario realizar un cambio de transformador de manera más sencilla

9. PREGUNTAS CIENTIFICAS O HIPOTESIS

Mediante la implementación del sistema de monitoreo en la cámara de transformación N°1, se podrá realizar estudios de calidad de energía y varios análisis eléctricos con el registro de datos

almacenado en tiempo real de la cámara de transformación N°1 en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

En la actualidad es indispensable contar con sistemas de medición que permitan al usuario monitorear y verificar el funcionamiento de sus instalaciones para así evitar fallas e informar sobre voltaje, corriente, potencia, frecuencia, y demás parámetros eléctricos, estos aspectos tienen como prioridad el uso eficiente de la energía y mantener los recursos energéticos estables y acordes a las necesidades del mismo. En la Universidad Técnica de Cotopaxi se considera la existencia de diferentes áreas de consumo eléctrico tales como en el Bloque A, Bloque B. y el Bloque Antiguo lo que conlleva a una mayor demanda de energía eléctrica y la misma puede ser estudiada y analizada en base a aspectos económicos y técnicos del sistema, para ello se deberá identificar los equipos y dispositivos que tengan la capacidad de obtener un registro de datos de la red eléctrica.

La medición de los parámetros eléctricos permite establecer límites del consumo energético del sistema y el registro de datos estará acorde a las necesidades eléctricas en cada jornada académica. La implementación del sistema de visualización y monitoreo de datos, garantiza tener una herramienta que permita al encargado verificar en tiempo real que no existan fallas y obtener curvas de consumo diario, semanal, y anual para obtener un historial del comportamiento del sistema.

10. METODOLOGIA

10.1 Modalidad de la investigación

Para el desarrollo de la propuesta tecnológica se aplicó una serie de métodos de investigación donde se aplicó los siguientes métodos.

10.1.1 Método bibliográfico.

Este método es importante debido a que permite la obtención de información indispensable contenida en las investigaciones realizadas sobre este tema, ya que por medio de la bibliografía existente se establece de manera científica un marco teórico, donde se tiene que presentar la información sobre los antecedentes de investigación, bases teóricas, materiales y equipos.

10.1.1 Método de campo

La utilización de este método permite la recopilación de información de manera precisa en el sitio donde se está realizando las medición y almacenamiento de los parámetros eléctricos.

10.1.2 Método estadístico

E uso de este método se utiliza para la respectiva tabulación y grafica de los datos obtenidos dentro de un tiempo determinado

10.1.3 Método analítico

Mediante este método se realiza el análisis de los datos obtenidos y almacenados en una data la cual contiene los parámetros eléctricos correspondientes a la Cámara de Transformación N°1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, validadas con los principios teóricos relacionados a presenta propuesta tecnológica.

10.2 Diseño De La Investigación

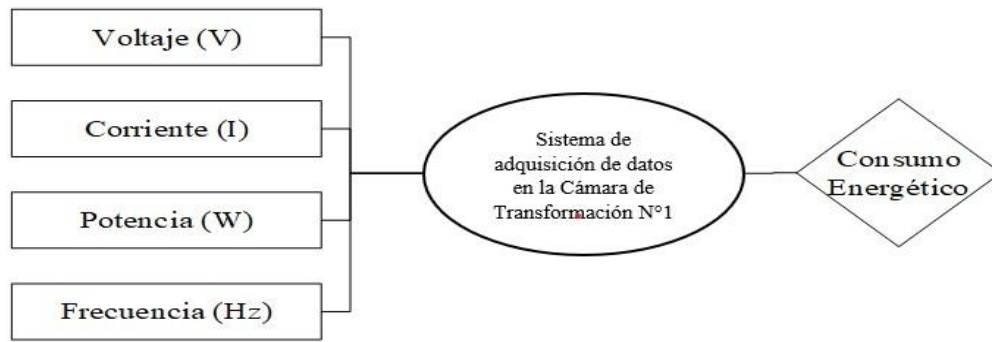
Para la presente propuesta tecnológica se utilizó un enfoque del tipo descriptivo donde se analizó una serie de métodos los cuales permiten el desarrollo y la posterior sustentación de la propuesta tecnológica tomando como base el uso de las diferentes variables eléctricas como son: voltaje corriente y potencia.

- **Tabla de Variables**

Tabla 6. Variable dependiente y dependiente

| Variable Independiente | Variable dependiente |
|--|---|
| Sistema de monitoreo y adquisición de parámetros eléctricos en la cámara de Transformación N°1 | Índices de consumo energético en la Universidad Técnica de Cotopaxi |

- **Variables presentes en la adquisición de datos en la Cámara de Transformación**



10.3 Técnicas

La técnica empleada en este proyecto fue la observación y experimentación. A través de la técnica de observación se determinó una serie de puntos entre los cuales el principal fue la falta de una herramienta física y virtual que permita a los estudiantes apreciar cuales son los valores típicos que pueden alcanzar un consumo energético y sus respectivas magnitudes eléctricas en tiempo real, además de que dichos datos pueden ser almacenados en un registro que puede ser utilizado en diferentes análisis, comparaciones y estudios sobre eficiencia energética.

10.3.1 Observación directa

Esta técnica nos permitió un contacto visual tanto de los tableros eléctricos principales, como de los sub tableros, de forma que se identifique los puntos estratégicos para la ejecución la ejecución de las respectivas mediciones.

10.4 Instrumentos de Investigación

Los instrumentos o elementos utilizados para el desarrollo de la actual propuesta tecnológica están en base a la cámara de transformación N°1 entre los cuales se encuentran las barras de alimentación principal en la red de baja tensión la misma que se encarga de alimentar las diferentes áreas de consumo correspondiente al bloque A de la Universidad.

Este módulo donde se encuentra contenida toda la aparamenta principal será utilizada para realizar la comunicación entre los dispositivos de monitoreo y adquisición de datos mediante un Sentron PAC3220. Estos datos obtenidos se utilizaron para poder compáralos con datos reales adquiridos mediante un equipo especializado como es el caso de un analizador de redes y así demostrar la efectividad del proyecto de tesis.

10.4.1 Recolección de Datos

La recolección de datos se realizó en la Cámara de Transformación N°1 utilizando los equipos que pertenecen al laboratorio de la carrera de Ingeniería Eléctrica como es el analizador de

redes. Donde los datos obtenidos se utilizarán para poder compararlos con los obtenidos con los equipos instalados en el sistema de monitoreo y adquisición de datos propuestos en el presente proyecto de tesis.

10.5 Instrumentos de Medición

Los instrumentos utilizados tanto para la medición de las respectivas magnitudes eléctricas consideradas para el monitoreo y adquisición de datos en la Cámara de Transformación son los siguientes:

- Medidor PAC3220 -Siemens
- Transformador de corriente núcleo partido 600A DIXSEN

Tabla 7. variables consideradas para el sistema de monitoreo y adquisición de datos

| Variables | Dimensión | Instrumento |
|-------------------|------------------|--------------------|
| Voltaje | Voltaje (V) | Medidor PAC3220 |
| Corriente | Amperios (A) | Medidor PAC3220 |
| Potencia | Vatios (W) | Medidor PAC3220 |
| Frecuencia | Hertz (Hz) | Medidor PAC3220 |

10.5.1 Determinación de los transformadores de corriente

Para determinar el valor de los TC se tuvo que considerar el valor del interruptor termomagnético principal de la Cámara de Transformación N°1, por lo cual se determinó mediante catálogos el valor de los TC's y por ende su respectiva conexión al Medidor PAC3220.

10.6 Diseño del sistema de control para la adquisición de datos

El diseño y desarrollo del proyecto, está realizado en base a las consideraciones de que el sistema debe de monitorear y almacenar los datos, se dio en primera instancia una observación directa, la misma que permitió determinar los pasibles puntos de ubicación del tablero de control el cual será elaborado en la presente propuesta tecnológica, estableciéndose con esto las variables que se recopilaran a través del sistema para elaboración de una data, la cual será utilizada para el desarrollo de una HMI (interfaz hombre maquina) la cual permita el monitoreo de los índices de consumo energético presente en la Cámara de Transformación N°1.

Seguido a esta acción se procederá a la instalación del tablero de control el cual contendrá los equipos y materiales necesarios para que se realice la adquisición y monitoreo de los datos.

Como punto final se dio el desarrollo del HMI en cual se puede visualizar las diferentes magnitudes eléctricas medidas en un intervalo de tiempo para la determinación de los índices de consumo presentes.

10.6.1 Principio de operación.

La corriente consumida en las diferentes líneas de alimentación que pertenecen a la cámara de Transformación N°1 debe ser leída por el medidor SENTRON PAC3220 y mediante un IoT2040 el cual actuara como maestro dado que a través de este se da comunicación Modbus TCP, se recuperan los datos que serán representados mediante graficas e indicadores por el HMI y posteriormente enviados a la nube usando el IoT2040 como lo muestra la figura 20.

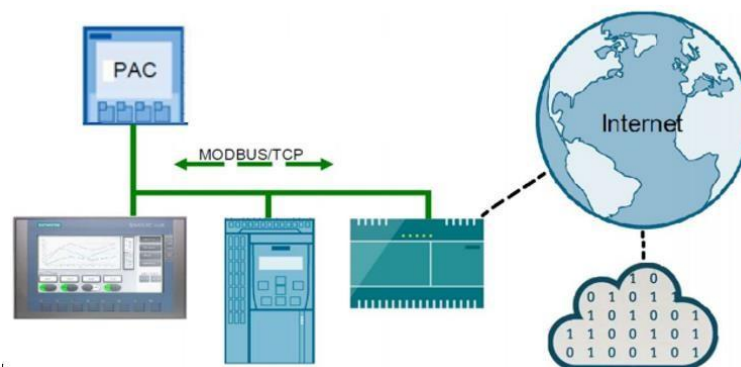


Figura 20. Esquema de conexión de los equipos industriales

Fuente: autoría Propia

10.6.2 Diseño del tablero de Control

Para el diseño del tablero de control este se lo realizara mediante el uso del Software de AutoCAD el cual es un sistema de dibujo asistido por computador, el mismo que permitirá el modelamiento de cada uno de los equipos y materiales que serán instalados en la construcción del tablero que será utilizado para la adquisición y recopilación de las variables eléctricas correspondientes.

10.6.3 Aparamenta requerida en el tablero de control

El módulo consta de tres partes principales, como son el medidor de energía PAC3220Siemens, la pasarela inteligente IoT2040 y los transformadores de corriente de núcleo abierto; los elementos y dispositivos secundarios instalados en el tablero están enfocados a la protección y alimentación de los dispositivos principales.

10.6.4 Gabinete Metálico

En lo referente al gabinete metálico, el cual tiene que contener todos los equipos, al igual que sus respectivas conexiones, dada esta observación este presenta una protección IP 64 y cuyas dimensiones son 300x300x200 mm, apropiado para instalar equipos eléctricos/electrónicos en instalaciones industriales, comerciales, edificios, etc.

En la figura se puede apreciar el diseño, contenido del tablero de control y sus respectivos elementos los cuales pueden ser apreciados en los planos elaborados en AutoCAD (**ver Anexo 1**).

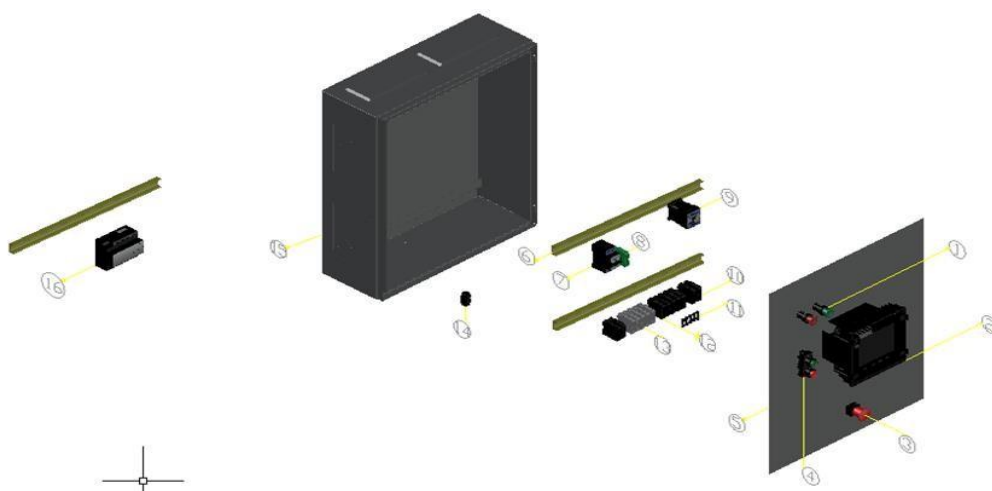


Figura 21. Partes del Gabinete de Control.

Fuente: Autoría propia

En la figura 22, se puede apreciar el tablero en el aspecto terminado, en el cual contendrá todos los elementos del sistema de monitoreo y adquisición de datos.

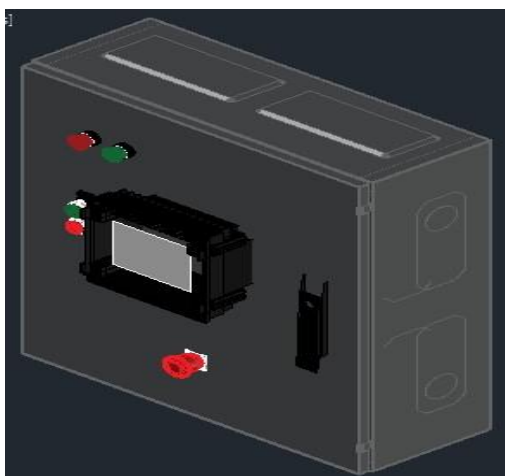


Figura 22. gabinete de control.

Fuente: Autoría propia.

En la tabla 10, se detalla los elementos que lo constituyen con su respectiva numeración.

Tabla 8. Elementos que conforman el sistema de control

| N°_ elemento | Denominación |
|-------------------------|-----------------------------------|
| 15 | Estructura Gabinete metálico |
| 4 | Pulsador de marcha y parada |
| 5 | Puerta Abatible Gabinete Metálico |
| 6 | Riel DIN 35x75mm |
| 2 | Medidor PAC3220- Siemens |
| 1 | Luces piloto Verde/Roja |
| 3 | Paro de Emergencia |
| 7 | Breaker de riel din 2A |
| 9 | Contactador de 10 ^a |
| 8 | Bornera de puesta a tierra |
| 10 | Borneras de riel din |
| 12 | Porta fusibles |
| 11 | Fusibles |
| 14 | Grapa de presión |
| 16 | Sistematic IoT 2040 |

10.7 Requerimientos del Sistema de Control para la adquisición de datos

10.7.1 Requerimientos Generales

El sistema requiere de un medidor PAC3220 el cual funciona con una alimentación de 110V AC, este tendrá como función principal la adquisición de datos mediante el uso de TC's que estarán conectados a las principales líneas de alimentación.

Por otro lado, se utilizará Transformadores de corriente a la salida de las líneas de tablero de distribución principal instalado en la cámara de transformación N°1, estos tienen como objetivo la reducción de la corriente hasta valores aceptables de forma que puedan ser procesados por el medidor de energía, el cual presenta una escala de 600/5 Amperios.

Finalmente, se utilizará el equipo SIMATIC IoT2040, cuya función será la de adquisición de los datos generados por el PAC3220 mediante diversos protocolos de comunicación, que serán utilizados para compartir la información del consumo energético mediante el uso de un HMI, el mismo que contendrá en su interfaz cada una de los parámetros eléctricos medidos en la Cámara de Transformación N°1.

10.7.1.1 Transformador de corriente

Los transformadores de corriente de núcleo abierto permiten la medida de la corriente sin necesidad de cortar el suministro, donde su función es la convertir la corriente nominal a una más reducida, de tal manera que los equipos de medición puedan realizar las lecturas correspondientes a las magnitudes eléctricas establecidas.

El valor nominal de la corriente puede ser definido mediante una relación de transformación en Avalores típicos de 600/5, 800/5, 1000/5, mientras que los valores de corriente son de 5A y 1A.

Para el diseño d los TC's que se conectaran al medidor Sentron PAC3220, toma en cuenta los parámetros técnicos descritos en la tabla 11.



Figura 23. Transformador de Corriente de núcleo partido.

Fuente: [22].

En tabla 11, se muestran las características de los transformadores de corriente que serán utilizados para la conexión del medidor.

Tabla 9. Características técnicas de los TC's.

| Detalles técnicos generales | |
|--|----------------------------|
| Designación del producto | Transformador de Corriente |
| Clase de precisión del transformador | Clase 1 |
| Valor nominal corriente de entrada | 600 A |
| Valor nominal corriente de salida | 5 A |
| Valor nominal potencia aparente de servicio | 10 – 15 VA |
| Frecuencia | 60 Hz |

Fuente: catalogo Circutor.pdf

10.7.1.2 Puerta de enlace inteligente IoT2040

Siemens presenta una propuesta de recolección de datos para ser subidos a la nube, este elemento es una herramienta la cual permite que los equipos de medición puedan almacenar su información mediante su interconexión a la nube.



Figura 24. SIMATIC IoT2040 – La pasarela inteligente de Siemens.

Fuente: [23].

Este dispositivo recolecta la información y transfiere los datos mediante protocolos estándares como Node-red, ModBus, TCP o MQTT, esta información es procesada hacia servidores mediante Ethernet o red Wi-Fi, para luego ser utilizada en el control y análisis.

La opción más viable para la programación es mediante Node-Red, debido a que permite realizar páginas web que utilicen el propio IoT para mostrar los valores que se están registrando

10.7.1.3 Medidor PAC3220

El medidor de energía de la línea Sentron PAC3220 es básicamente un contador que mantiene tres elementos principales como son el sistema de medida, la memoria y el dispositivo de información principal, que consiste de una pantalla que muestra los valores de medición, esta función lo vuelve un elemento adecuado para el uso de sistemas de gestión de energía.



Figura 25. Medidor SENTRON PAC3220.

Fuente: [24].

10.8 Diseño y selección del medidor de energía eléctrica

El diseño y selección del medidor del Consumo de Energía Eléctrica se lo puede realizar mediante los requerimientos técnicos considerados para las líneas de alimentación de salida en el lado de baja del Transformador ubicado en la Cámara de Transformación N°1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Matriz. A continuación, se muestra en la tabla 12, los parámetros técnicos que se utilizaron para la selección del Medidor, debido a que en dichas líneas es donde se realizara la instalación de la aparatamenta correspondiente para la adquisición de datos

10.8.1 Parámetros técnicos de la red de Baja Tensión a monitorear.

Transformador: 3Ø

S=300 KVA

V Primario=13800/7621V

V Secundario= 220/127 V

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{sec} \cdot I_{nom}$$

$$I_{nom} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{sec}}$$

$$I_{nom} = \frac{300000}{\sqrt{3} \cdot 220}$$

$$I_{nom} = 787.29 \text{ A}$$

Tabla 10. Datos de la cámara de transformación.

| REQUERIMIENTOS TECNICOS | |
|--------------------------------|--------------------|
| Tipo de Red | Trifásico |
| Potencia del Transformador (S) | 300 KVA |
| Tipo de Transformador | Padmounted |
| Primario del Transformador | 13,8 KV 12,55 A |
| Secundario del transformador | 220/127 V 788 A |
| Frecuencia | 60 Hz |

10.8.2 Selección del Medidor de Energía Eléctrica Siemens Sentron PAC3220

El medidor Siemens SENTRON PAC3220 cumple con los requerimientos técnicos establecidos por el sistema como se puede ver en la tabla 12, motivo por el cual se justifica su selección para la presente propuesta tecnológica.

El equipo PAC3220 dispone de una serie de funciones útiles para el monitoreo y diagnóstico de redes eléctricas, en cierta forma también puede ser visto como un multímetro del tipo central, que nos permite la visualización de los parámetros eléctricos relevantes, que serán utilizados para la recopilación de datos del consumo energético. Puede realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, además de que puede ser usado en redes o sistemas con dos, tres o cuatro conductores.

- Este equipo presenta una característica la cual le permite conectarse directamente a una red de baja tensión.
- Puede medir tensiones superiores si se usan transformadores de tensión.
- Para la medida de corrientes se puede usar TC's de x/1 A o x/5 A.

Su pantalla grafica de cristal líquido permite lecturas a grandes distancias, dispone de una retroiluminación regulable que garantiza una lectura optima en condiciones de lumínicas desfavorables [21].

10.8.2.1 Datos técnicos del medidor Sentron PAC3220

Los parámetros técnicos y de operación del medidor se muestran a la tabla ¿?, los cuales están acorde a los requerimientos técnicas del sistema o red a la cual será implementada.

Tabla 11. Parámetros Técnicos del Medidor Sentron PAC3220.

| Parámetros Técnicos del Medidor de Energía Eléctrica SENTRON PAC3220 | | |
|---|---------------------------|--|
| Alimentación | Rango nominal | - 100 ... 250V AC (50/60 Hz) - 24 ... 60V DC |
| | Área de trabajo | - ± 10% del rango nominal AC - ± 20% del rango nominal DC |
| | Consumo | • Típico 8 VA (con modulo) |
| | Categoría de sobretensión | • OVC III |

Fuente: Manual de Producto Sentron PAC 3220 – Siemens. Pdf

10.8.2.2 Funciones de registro del Medidor Sentron PAC3220

- Registro de curvas de carga.
- Valores promedio de potencia aparente, activa y reactiva.
- Valores mínimos/máximas por cada periodo de medición.
- Almacenamiento de registro. En periodos de medición de 15min hasta 40 días.
- Sincronización de: entrada digital, Comunicación, reloj interno.
- Método de registro Bloque fijo o deslizante.

- Registro de eventos.
- Cantidad máxima de eventos -> 4000.
- Niveles de aviso, elegibles
- Almacenamiento de eventos configurable.
- Interfaces
- Ethernet (Integrada) para cable de par cruzado 10 Mbit/s 10/100Mbits/s.
- Cantidad de conexiones Simultaneas 1 3.
- Protocolo Modbus TCP

10.8.2.3 Registro Modbus del Medidor Sentron PAC3220

El medidor de variables eléctricas se Siemens Sentron PAC3220 ofrece la posibilidad de poder conectarse a la red a una red industrial mediante un protocolo de comunicación Modbus TCP/IP, estos mencionados registros serán muy importantes para la comunicación con el sistema de adquisición de datos, estos registros Modbus se encuentran especificados en el **ANEXO 2**.

En la figura se muestra una comunicación Modbus TCP/IP entre los medidores PAC3220 y u IoT2040 los cuales conforman la red industrial utilizada en aplicación de automatización, dichos equipos son ofertados por la marca Siemens



Figura 26. Comunicación Modbus TCP/IP SENTRON PAC3220

10.9 Función de transferencia de datos del sistema de adquisición

En las últimas décadas han surgido una serie de estudio donde los sistemas de control, que requieren de la transferencia de datos esto puede ser realizado en base a una función de transferencia, la cual es un modelo matemático en la que se establece una función de salida en base a ciertos parámetros de entrada, que serán procesados.

Para su desarrollo se utilizó una herramienta digital la misma que permite su interpretación de datos en base a un lenguaje de programación propio, como lo demuestra la figura 27.

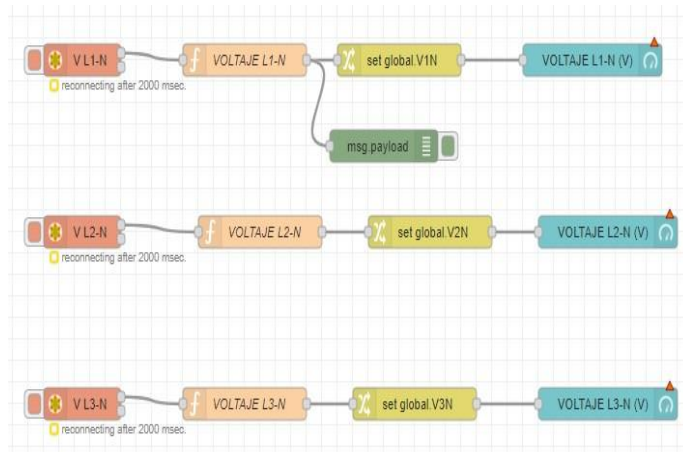
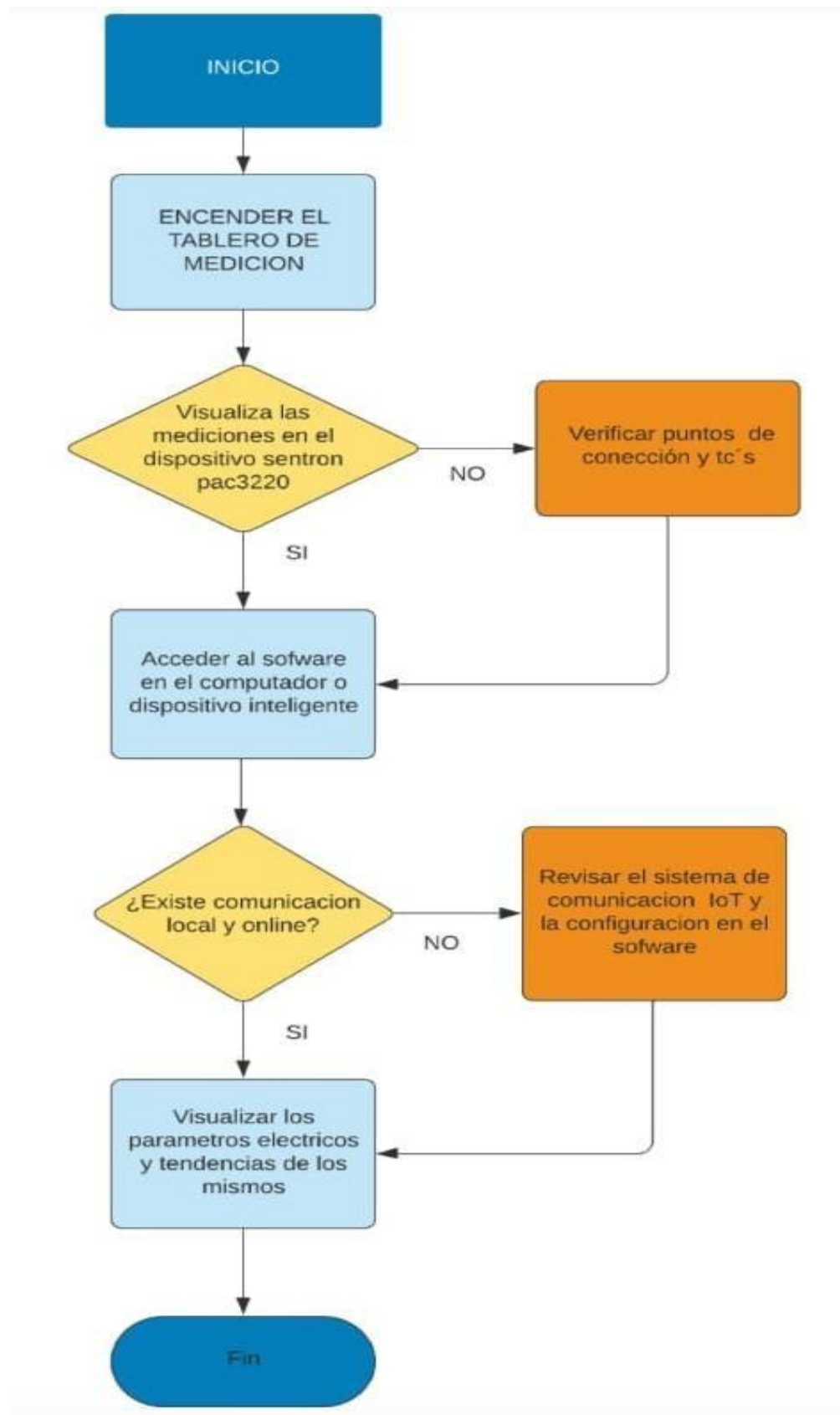


Figura 27. diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos.

10.10 Diagrama de flujo



10.11 Configuración del Hardware (Aparamenta)

Para el diseño del sistema de monitoreo energético de la Cámara de Transformación N°1 la adquisición de datos será establecida mediante Node-RED, este software es una herramienta muy utilizada en aplicaciones de ingeniería.

La principal ventaja principal de esta aplicación es establecer la comunicación entre los equipos eléctricos instalados de forma local, con los elementos del sistema de medición y adquisición de datos mediante protocolos de comunicación utilizados por los desarrolladores del medidor PAC3220.

En la figura 28, se muestra un bosquejo del sistema de monitoreo y adquisición de datos diseñado y que posteriormente será Implementado.

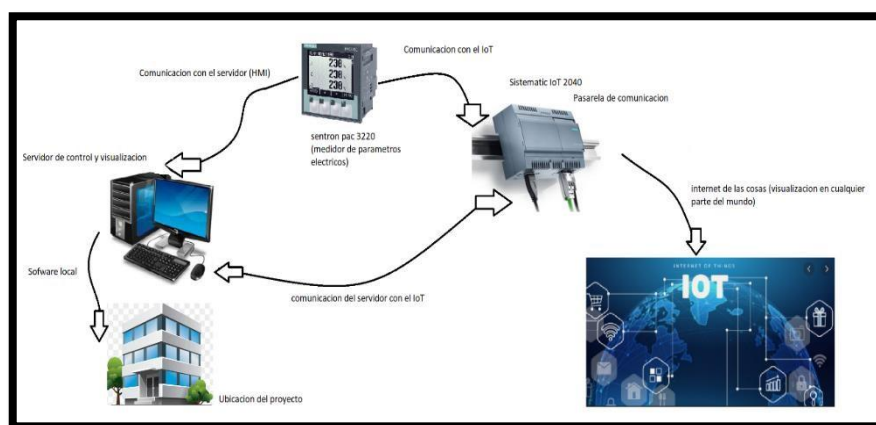


Figura 28. Sistema de monitoreo y adquisición de datos.
Fuente: Autoría Propia

10.11.1 Conexión de Hardware (Planos eléctricos)

Las conexiones eléctricas realizadas entre los equipos que hacen posible el funcionamiento del sistema de monitoreo, serán reflejadas en el **ANEXO 3**, en donde constan todos los bornes y puntos de conexión de cada uno de los elementos presentes.

A continuación, los dispositivos utilizados:

Sentron PAC3220

Pasarela Inteligente IoT2040

Transformador de corriente de núcleo partido 900/5A.

Breaker De Riel SH202L 2POLOS 2A ABB

Bornera Fusible UT 4

Fusible De Cristal 20mm 0.5A

10.11.2 Armado del sistema de control y adquisición de datos

Con el diseño de los planos eléctricos y de ubicación de los equipos como se muestra en el ANEXO 1, se procedió a armar el tablero de control como se muestra en la figura 29, donde se fija el riel din metálico para ubicar y asegurar cada uno de los dispositivos.

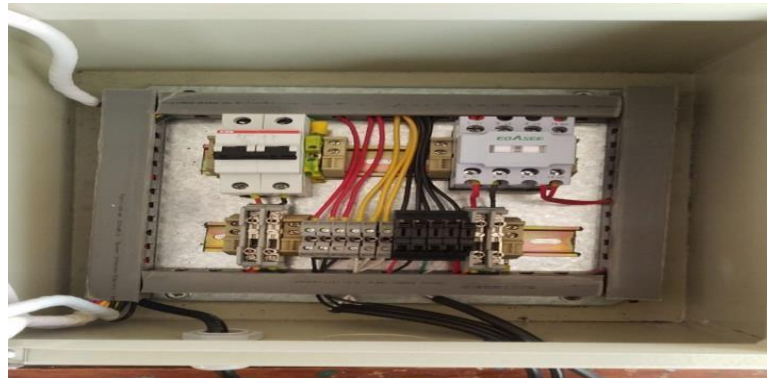


Figura 29. Procedimiento del armado del sistema de monitoreo y adquisición de datos.

Fuente: Autoría propia.

Después se procede con el respectivo cableado de los equipos en base a los planos eléctricos elaborados en AutoCAD, una vez terminado el conexionado es recomendable comprobar las conexiones y los diferentes niveles de voltaje o corriente en cada equipo.

10.11.3 Configuración del Hardware

A cada dispositivo se le asigna una IP y una Gateway, de tal manera que los dispositivos se encuentren en una misma red local y se carga su respectiva configuración. Debe de tomarse en consideración que el dispositivo SENTRON PAC el cual está conectado a esta red necesita configurarse de forma manual [3], dado esta observación el ingreso de la IP no es realizable mediante Software.

Para ello, se debe de alimentar el dispositivo y seguir las siguientes instrucciones:

- 1) Abrir el menú principal mediante el botón F4.
- 2) Navegar a “Configuración”, utilizando los botones F2 o F3 y abrirlo con F4.
- 3) Acceder al menú “comunicación”, usando los botones F2 o F3 y abrirlo con F4.
- 4) Definir las configuraciones en la pantalla mostrada en la figura 30:
 - Dirección IP: 192.168.0113

- Mascara de subred: 255.255.255.0
- Puerta de enlace: 192.168.0.1
- Protocolo: MODBUS TCP

5) Después de completarlas, hacer clic en el botón F1 y confirmar la nueva solicitud de inicio con el botón F4.

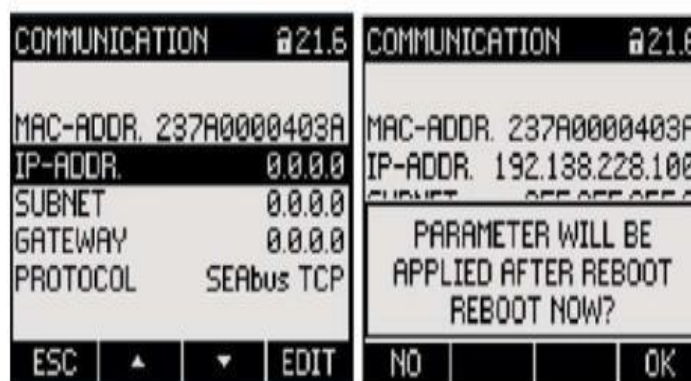


Figura 30. Pantalla de comunicación Sentron PAC3220.

Fuente: [24].

10.12 Configuración y diseño del software del sistema

Para el diseño del sistema de monitoreo de energía eléctrica se utilizó el software Node-RED, el cual posee la característica de comunicación vía Modbus TCP-IP, las mismas que mediante las librerías descargables, permiten la comunicación con dispositivos o equipos que utilicen este tipo de protocolo para comunicarse con otros.

En la figura 31, se puede apreciar la librería Modbus, que presentan dos opciones de comunicación, ya sea mediante Modbus serial o Modbus TCP usando una red Ethernet, donde la última opción será utilizada para el medidor SENTRON PAC3220-Siemens, el cual posee la característica de comunicarse vía Modbus TCP-IP.

Para la comunicación del medidor de energía PAC3220 con la aplicación de Node-RED se usan los registros Modbus especificados por el fabricante del equipo siendo este el punto de acceso a las librerías Modbus, para medir las variables eléctricas de la red.

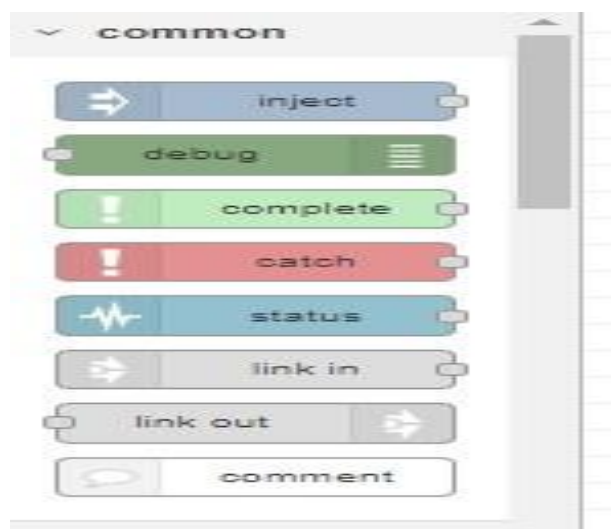


Figura 31. Librería NI Modbus de Node-RED, Fuente: captura de librería Node-RED.

A continuación, la tabla 14, se indican los registros Modbus utilizables en la programación de la HMI, la dirección de estos registros y otros más se pueden encontrar en el **ANEXO B**.

Tabla 12. Parámetros de configuración Modbus SENTRON PAC3220 para Node-RED, [21].

| Variables eléctricas | Registro Modbus SENTRON PAC 3220 | Numero de registros | Tipo de Dato | Unidad |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------|--------------|
| Tensión L1-N | 1 | 2 | Flotante | Voltios (V) |
| Tensión L2-N | 3 | 2 | Flotante | Voltios (V) |
| Tensión L3-N | 5 | 2 | Flotante | Voltios (V) |
| Tensión L1-L2 | 7 | 2 | Flotante | Voltios (V) |
| Tensión L2-L3 | 9 | 2 | Flotante | Voltios (V) |
| Tensión L3-L1 | 11 | 2 | Flotante | Voltios (V) |
| Corriente L1 | 13 | 2 | Flotante | Amperios (A) |
| Corriente L2 | 15 | 2 | Flotante | Amperios (A) |
| Corriente L3 | 17 | 2 | Flotante | Amperios (A) |
| Frecuencia | 55 | 2 | Flotante | Hertz (Hz) |
| Potencia Aparente total | 63 | 2 | Flotante | (VA) |
| Potencia Activa total | 65 | 2 | Flotante | (W) |
| Potencia Reactiva total | 67 | 2 | Flotante | (VAR) |

El sistema de monitoreo y adquisición de datos del consumo energético contenido en la Cámara de Transformación N°1 entre los cuales se encuentran los parámetros de comunicación antes mencionadas, las cuales serán utilizadas para establecer la comunicación entre el medidor SENTRON PAC3220 con Node-RED y el HMI, elementos los cuales conforman el sistema de monitoreo y adquisición de datos. En la figura 32, se muestra la vista general establecida por el HMI donde si visualizaran los datos obtenidos por el Medidor de energía, dichos registros se encuentran almacenados en un data la cual está establecida por el registro Modbus en la tabla 14, estos deberán ser ubicados junto con la dirección IP de la red y el puerto a que se ha conectado el medidor.

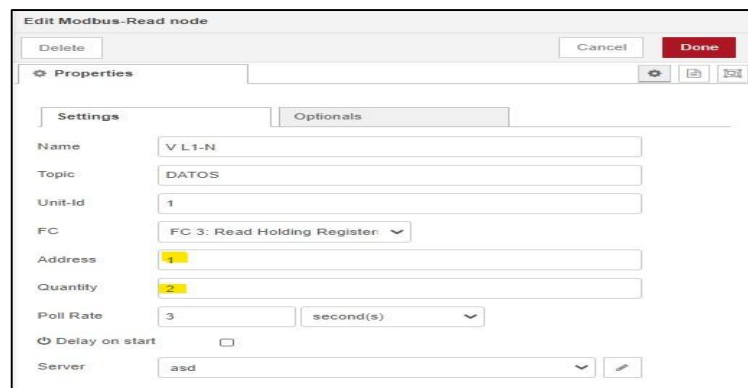


Figura 32. Visto general de los parámetros configurados por el SENTRON PAC3220. Fuente: Autoría Propia

En lo referente a la parte de la programación contenida en el diagrama de bloques establecido para el funcionamiento de la pantalla del HMI, la cual está configurada en base a los registros Modbus del PAC3220, se puede observar en la figura 33. La programación completa del HMI al igual que el resto de los parámetros programados y su respectivo registro se los puede encontrar en el **ANEXO 4**.

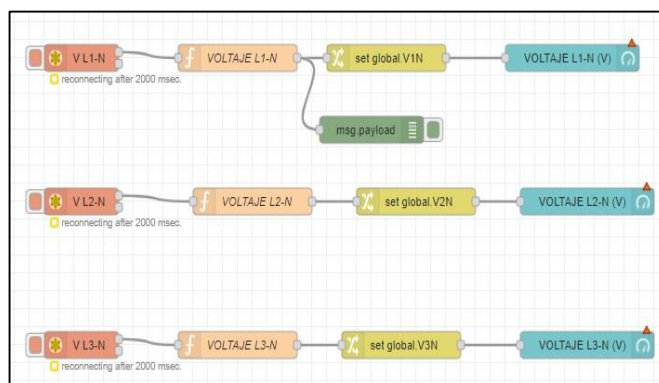


Figura 33. Diagrama de bloques establecido para los parámetros de configuración del Sentron PAC3220. Fuente: Autoría Propia

El diseño de la HMI que será utilizado para establecer un monitoreo del consumo energético y sus respectivos parámetros eléctricos como es el caso de los voltajes Línea-Neutro, voltajes de

línea, potencias (P, Q, S), frecuencia, etc., se los puede apreciar en la figura 34, la cual muestra el contenido visualizado y monitoreado por el personal técnico capacitado. Además, se nos muestra los diferentes datos que son obtenidos por el medidor de energía en tiempo real, para ser visualizados a través de la HMI diseñada en Node-RED.

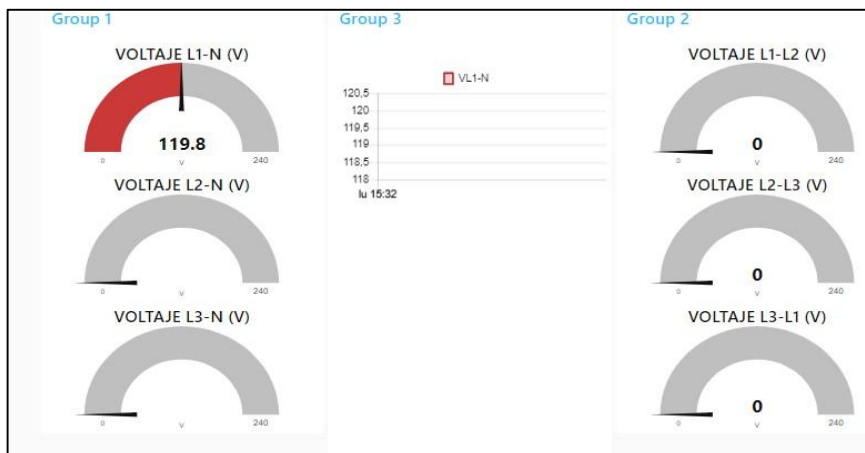


Figura 34. Panel visual del sistema de monitoreo del consumo energético y parámetros eléctricos medidos.

Fuente Autoría Propia

La programación establecida para dicho sistema de monitoreo será establecida en el diagrama de bloques puede ser establecido en los bloques de la opción “Function” mediante el uso de Node-RED se muestra en la figura 35.

```

Name: VOLTAJE L1-N
Function:
1 var rawData = new ArrayBuffer(4);
2 var intview = new Uint16Array(rawData);
3 var fltview = new Float32Array(rawData);
4
5 intview[0] = msg.payload[1]; //low
6 intview[1] = msg.payload[0]; //high
7
8 msg.payload = parseFloat(fltview[0].toFixed(1));
9 msg.topic = "voltage1n";
10
11 node.status({fill:"blue",shape:"ring",text:msg.topic + ":" + msg.payload});
12
13 return msg;

```

Figura 35. diagrama de bloques de programación del HMI para el sistema de monitoreo.

Fuente: Autoría Propia

El funcionamiento del sistema será representado por el diagrama de bloques establecido en la figura 36, es cual describe las etapas de funcionamiento y las acciones a desarrollarse.

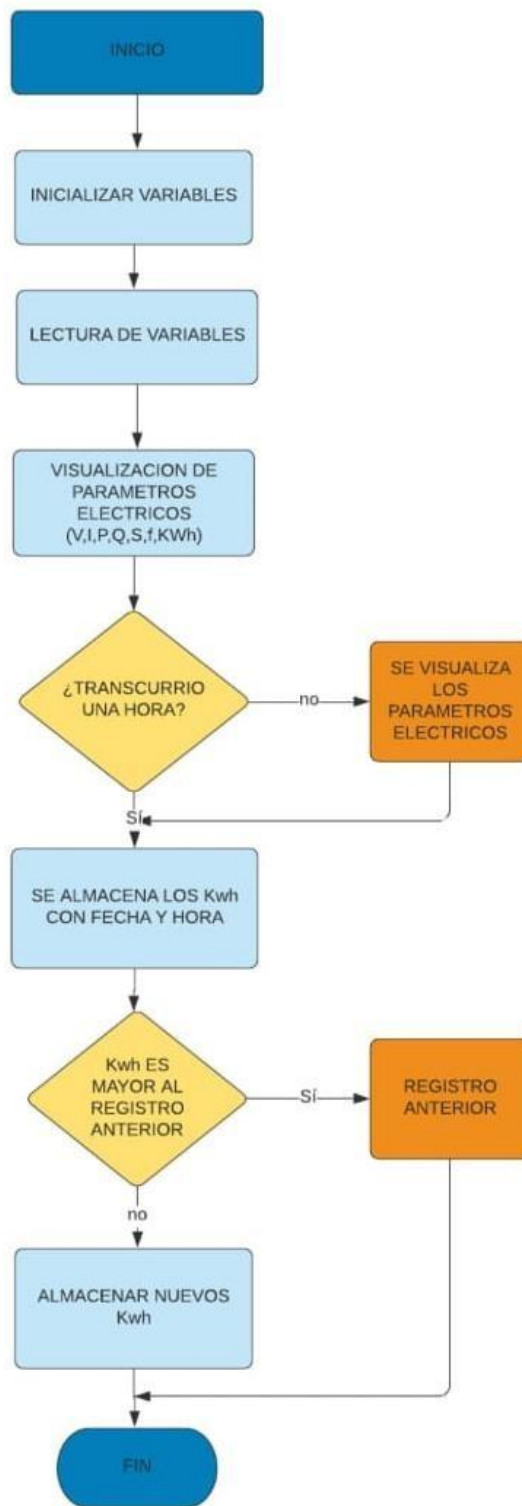


Figura 36. Diagrama de flujo funcional del sistema de monitoreo. Fuente: Autoría Propia

10.13 Puesta en marcha de pasarela inteligente IOT2040

Para puesta en marcha de SIMATIC IoT2040 se requiere de una serie de pasos donde se tiene que considerar desde un registro en la página de Siemens, hasta la configuración de la conexión

usando el software PUTTY. Esta información puede ser revisada de manera detallada en el **Anexo 5**. A continuación, se procederá a realizar una explicación de manera resumida.

10.13.1 Registro en foro de Siemens y descarga de la imagen.

Para la puesta en marcha de la pasarela es necesario estar registrado en el foro de Siemens, en cual se encarga de proporcionarnos una imagen de “firmware”, en la que estará contenido el sistema operativo “Yocto Linux” perfecto para proyectos con el SIMATIC IoT2040, el archivo a utilizarse tiene como nombre “Example_image” (Industry Online Support: Product Suport, 2019). De manera adicional se debe de contar con una tarjeta SD e instalado en la Pc, el software PUTTY, se trata de un software libre el cual permite las conexiones a diferentes dispositivos a través de Serial o Telnet y del software Win32DiskImger para montar la imagen en la tarjeta SD.

10.13.2 Instalación de la imagen

Una vez instalado el Win32DiskImger, se procede a abrir el programa, se selecciona el archivo con la extensión “.wic”, correspondiente a la imagen anteriormente descargada, es necesario:

- La unidad donde se encuentra la Micro SD debe estar formateada.
- Se procede a cargar la imagen descargada como lo muestra la figura 37.

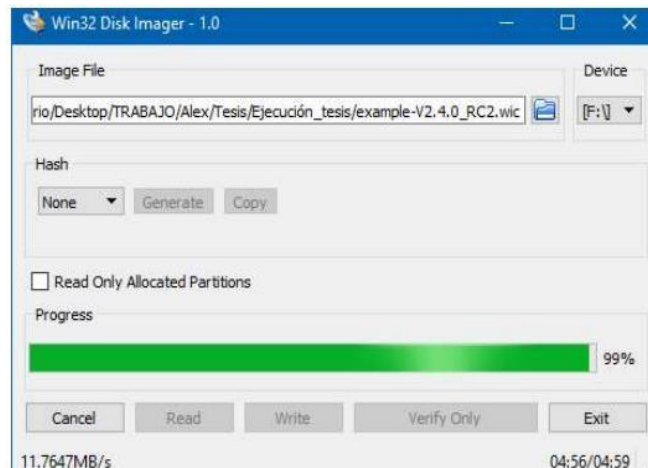


Figura 37. Proceso de escritura de imagen con el software PUTTY.

Fuente: [3].

10.13.3 Inicio de SIMATIC IoT2040

Una vez se introduce la tarjeta SD cargada con la imagen en la pasarela IoT2040 como se muestra en la figura38, se coloca el puerto X80 que alimenta el dispositivo. Posteriormente el

led PWR se ilumina indicando que se está alimentando el dispositivo, mientras que el led USB indica que el IOT2040 ha iniciado su operación.



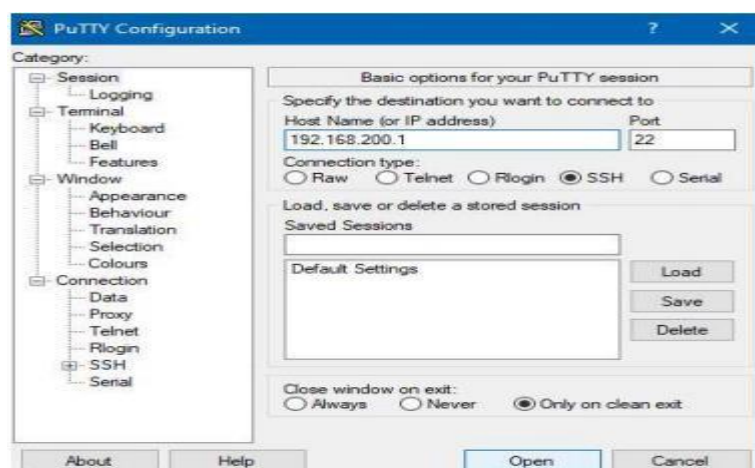
Figura 38. Colocación de SD en IoT2040.

10.13.4 Acceso remoto mediante conexión SSH.

El SIMATIC IoT2040 viene por defecto con una IP 192.168.200.1, la cual debe de ser modificada para establecer una conexión al dispositivo, por otro lado, este deberá de estar conectado a la PC de forma física utilizando un cable Ethernet para posteriormente asignar una IP desde la red a la PC que se utilizará para acceder a la información.

Posteriormente, se procede a abrir el programa PUTTY donde:

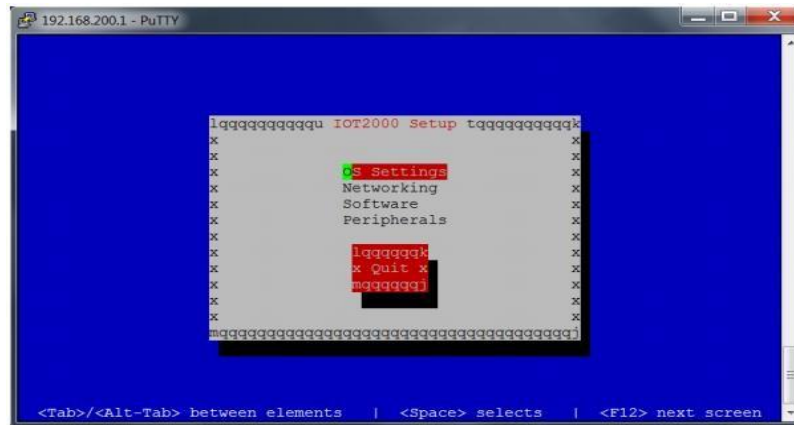
- Se selecciona la conexión SSH
- Y se escribe la dirección del IoT2040 (ver figura 39)



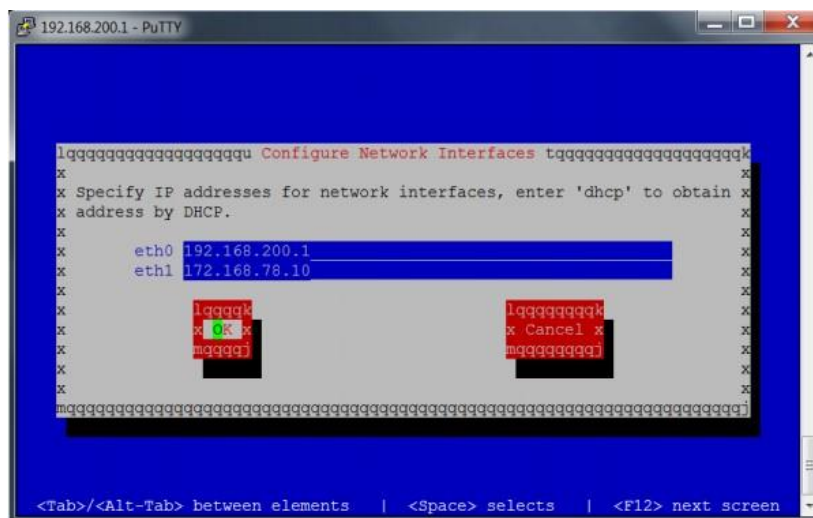
Figura

39. Acceso por conexión SSH al IoT2040.

- Para realizar la configuración mediante el menú “iot2000setup”, se deben de seguir los siguientes pasos:
- Comando iot2000setup en el terminal para entrar en el menú.
- Se navega hasta la opción networking y se pulsa Enter.



- Se ingresa a la opción Configure Interfaces.
- Se dirige a la interfaz eth1 y la modificamos introduciendo la IP que vamos a asignar al puerto, es decir, 172.168.10



- Se pulsa el tabulador para ir a OK, y Enter.

10.13.4.1 Comunicación con el Sentron PAC3220

La pasarela Inteligente está conectada de manera física al medidor PAC3220 mediante un cable de red y protocolo Modbus.

10.13.4.2 Diagrama de funcionamiento de la pasarela

En este apartado se va a describir de manera genérica el funcionamiento de la configuración cargada sobre la pasarela.

En primer lugar, una vez se alimenta la pasarela inteligente se da inicio a la configuración de autoarranque en Node-RED. Una vez inicio Node-RED se ejecuta toda la configuración cargada en la pasarela.

Los nodos automáticamente tratan de establecer la comunicación con el SENTRON PAC3220 para dar inicio con el intercambio de los datos obtenidos por el equipo.

Posteriormente, los flujos de información empiezan a ejecutarse con los datos obtenidos, respondiendo a la configuración realizada por la pasarela.

Por último, en función a los datos, se actualiza el dashboard visualizado por los usuarios.

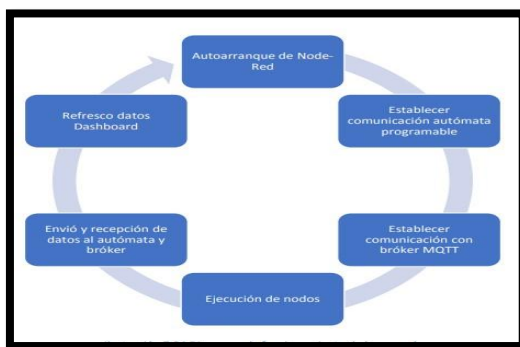


Figura 40. Diagrama de funcionamiento de la pasarela inteligente IoT2024. Fuente: autoría propia

Una vez se ha puesto en marcha tanto el IoT2040 y como la configuración de Node-RED establecida en el equipo se procede a la programación de la Red para la adquisición de datos del Sentron PAC3220 instalado en la cámara de Transformación N°1.

10.13.5 Herramienta Node-RED

10.13.5.1 Inicio de Node-red

Para dar inicio a la herramienta Node-RED se debe seguir los siguientes pasos una vez se ha instalado el software Node-RED:

1. Abrir la opción Node.js command prompt desde el ordenador.
2. Ingresar el comando “node-red”

```
Node.js command prompt
Your environment has been set up for using Node.js 12.18.3 (x64) and npm.
C:\Users\%USUARIO>node-red
```

3. Esperar a que se ejecute la orden

4. Luego en cualquier navegador se procede a ingresar la dirección IP asignada al dispositivo como: 127.0.0.1:1880

```
Node.js command prompt
Your environment has been set up for using Node.js 12.18.3 (x64) and npm.
C:\Users\%USUARIO>node-red
```

5. Se espera unos segundos a que se conecte el servicio y se procede a realizar las acciones que se requieran en la plataforma Node-red.

10.13.6 Diseño del registro de datos usado para almacenamiento de los parámetros eléctricos

Para el desarrollo del registro de la información sobre los parámetros eléctricos es necesario de un archivo en Excel, en la cual se pueda mantener la información almacenada en un registro elaborado con fecha y hora de las variables consumidas, es por este motivo que se desarrolló una vinculación con la librería “STORAGE” utilizando la opción de “file” que permite establecer la dirección donde se guardara el registro de datos, se muestra en la figura 41.

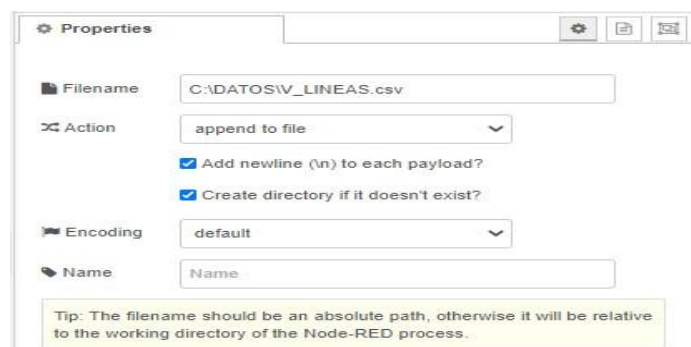


Figura 41. Ubicación para el registro de datos

Fuente: captura Node-RED

10.13.6.1 Diseño del registro de datos en Excel

La base de datos para el almacenamiento de la información del consumo energético contenido en la Cámara de Transformación N°1 perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Matriz, es diseñada en Excel ya que permite almacenar un registro de datos y a la vez ser utilizados para un contrastar dichos datos con los obtenidos con un equipo de tipo industrial como lo es el analizador de redes, por otro lado, el SIMATIC IoT2040 transferirá el mismo registro de datos a la nube.

En la figura 42, se muestra el diseño de la base de datos al igual que la distribución de dicha información, para con esto justificar el consumo de energía eléctrica establecido con fecha y hora.

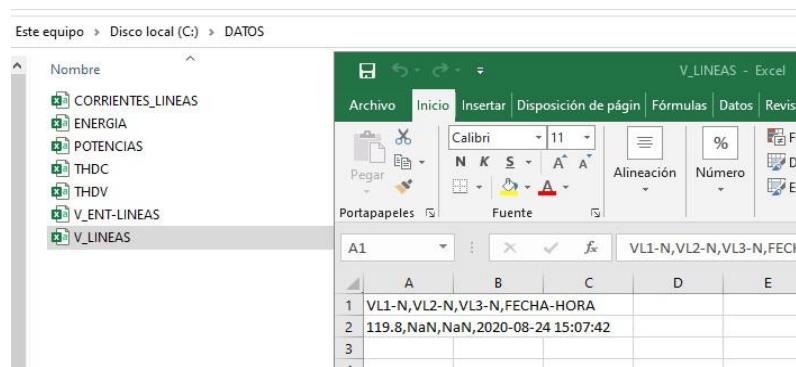


Figura 42. Registro de datos en Excel del consumo energético. Fuente: Autoría Propia

10.14 Visualización del HMI

Una vez que se comprobado que tanto el Hardware y el Software empleado en Node-RED están operando de forma correcta se puede acceder a la opción del HMI elaborado en el software WinCC flexible ver figura 43.



Figura 43. ventana principal del HMI.

Fuente: Autoría propia

Posteriormente, se puede ingresar a las diferentes opciones creadas para visualizar los respectivos parámetros eléctricos configurados en la opción de Node-RED , la misma que esta vinculada al IoT2040, que a su vez está conectado de forma física al SENTRON PAC3220.

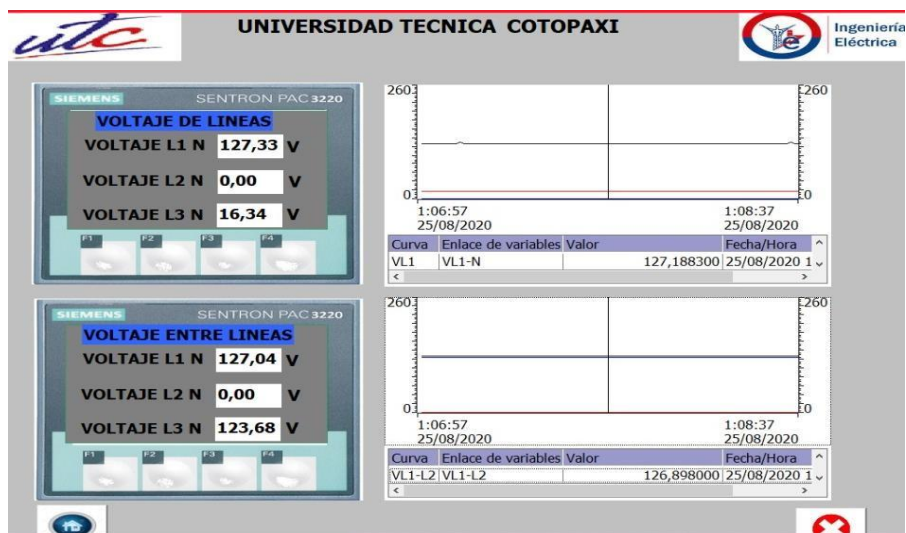


Figura 44. ventana de los voltajes presentes en las líneas.

Fuente: Autoría Propia

10.14.1 Configuración de comunicación del sistema HMI y node-red.

Mediante la programación ya realizada con el programa wincc con la interface gráfica amigable con el usuario y lectura o visualización de los parámetros eléctricos medidos por el SENTRON PAC3220 se procede a la configuración de puerta de enlace y protocolos modbus Ip.

- 1) En el servidor se busca la puerta de enlace del internet de lugar a analizar.
- 2) Se procede a modificar en el SENTRON PAC3220 la dirección IP, y el Gateway propio del internet utilizado.

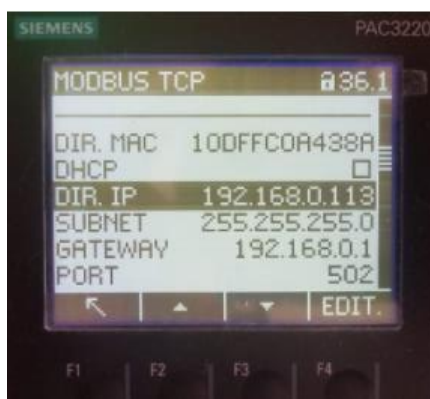


Figura 45. Ingreso de nueva IP en el medidor PAC3220.

- 3) En el Wincc y Node-RED se configura modificado el IP y para la libre vinculación y comunicación entre los mismos, permitiendo la visualización de los datos en el servidor utilizado.

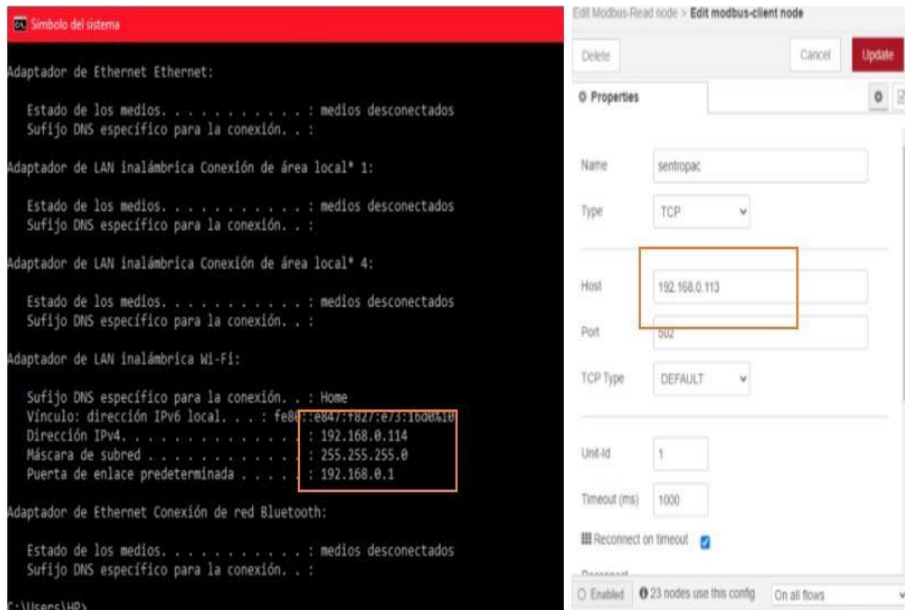


Figura 46. Ingreso de la IP en Wincc y a Node-RED.

4) en cuanto para la vinculación del HMI desarrollado en Wincc Flexible se deberá configurar la misma IP que tiene Node-RED y el Sentron PAC3220




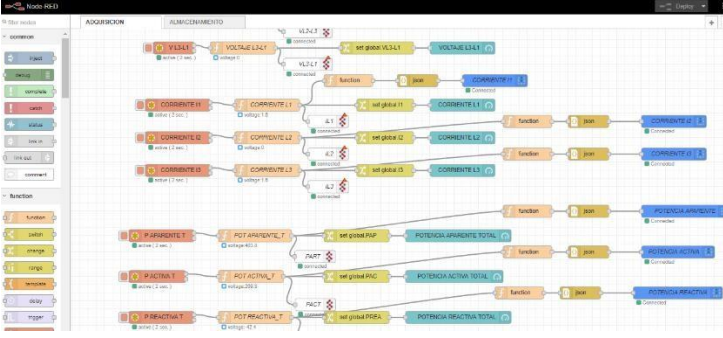
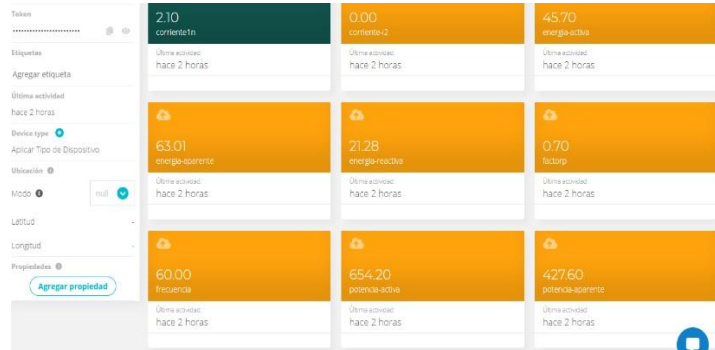
Figura 47. Ingreso de la IP en el HMI elaborado en Wincc

10.15 Plataformas de visualización remota.

En la presente tesis se exportan los datos para su visualización remota en dos plataformas que son compatibles entre el programa base y ventajas y desventajas de las mismas.

10.15.1 Plataforma UBIDOTS

La plataforma Ubitods es una herramienta virtual diseñada explícitamente para la visualización, almacenamiento e interacción con el usuario (internet de las cosas) sobre los datos adquiridos por los sistemas de medición, para su apertura se realiza lo siguiente:

| | |
|----|---|
| 1. | Entrar a la página web UBIDOTS |
| 2. | Crear un usuario vinculado aun un correo activo. |
| 3. | <p>Seleccionar tipo de suscripción (por el momento esta seleccionada forma gratuita)</p>  |
| 4. | <p>Vincular el programa a la plataforma node-red por diagramas de bloques y programación de los mismos</p>  |
| 5. | <p>Para compartir la información se debe ingresar con la cuenta creada a los demás usuarios.</p> |
| |  |

Nota. La versión gratuita solo cuenta con los siguientes estándares de funcionamiento.

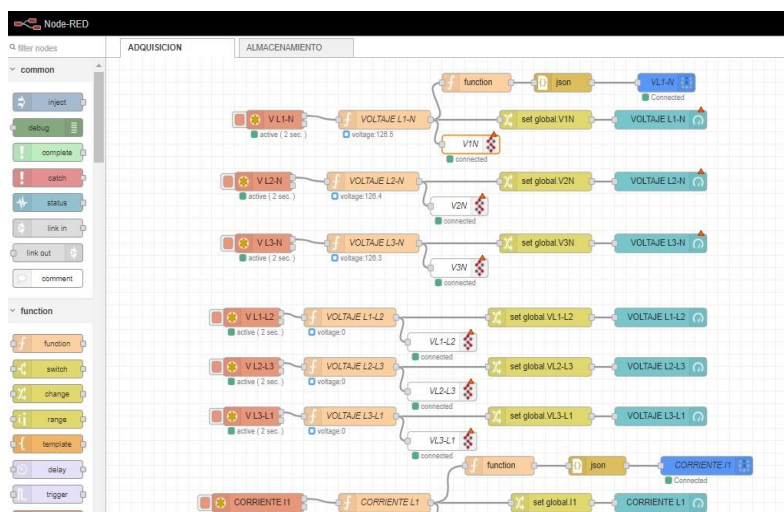
- Dispositivos: hasta 10 dispositivos. Los primeros 3 dispositivos son gratis, luego \$ 4.5 / dispositivo / mes
- Variables: hasta 10 variables por dispositivo.
- Ingestión de datos: 4000 puntos por día en todos sus dispositivos
- Extracción de datos: 50.000 puntos por día en toda su cuenta
- Velocidad de datos: 1 solicitud por segundo, en todos sus dispositivos
- Retención de datos: 1 mes
- Correos electrónicos: 100 correos electrónicos gratis por mes, luego se aplican tarifas estándar

10.15.2 Plataforma FRED

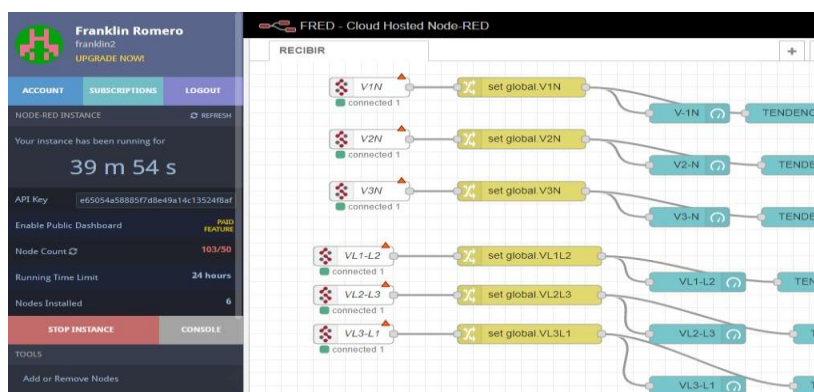
La plataforma FRED es una herramienta virtual acoplada directamente al node-red la cual posee el mismo diseño y ambiente de trabajo, pero con la diferencia que esta plataforma si permite que otros usuarios visualicen datos y almacenar datos a la nube para llevar un registro de los mismos. para su apertura se realiza lo siguiente:

| | |
|----|--|
| 1. | Entrar a la página web FRED. |
| 2. | Crear un usuario vinculado aun un correo activo. |
| 3. | Seleccionar tipo de suscripción (por el momento esta seleccionada FRED Tall |
| |  |

- Vincular el programa a la plataforma node-red por diagramas de bloques y programación de los mismos.



- Para compartir la información se debe copiar el link generado y enviarlo a los usuarios que deseen visualizar los datos.



Nota. La versión FRED Tall solo cuenta con los siguientes estándares de funcionamiento.

- Límite de 150 nodos (memoria limitada)
- Tiempo de ejecución 24x7, siempre encendido
- Servidor compartido
- Soporte de panel público
- 5 solicitudes de soporte por correo electrónico

10.15.3 Ventajas y Desventajas de las plataformas

Las dos plataformas presentan facilidad de comunicación y visualización de datos.

La plataforma UBITODS permite almacenar una pequeña cantidad de datos de manera gratuita a la suscripción de prueba.

La plataforma FRED no permite ni visualizar sino se paga el sistema básico.

Según su paquete de contratación de cada plataforma presenta un límite de datos y variables a analizar, así como los usuarios que puedan acceder a ellas.

La plataforma UBITODS permite descargar los datos almacenados a través de un correo habilitado inicialmente.

10.16 Descripción general del sistema eléctrico

El sistema eléctrico de la Universidad Técnica de Cotopaxi, es alimentado por ELEPCO. S.A a un nivel de tensión de 13,8kV con una acometida de conductor unipolar de Cu. XLPE 3 No. 2 AWG aislado para 15 kV + 1 No.2 Cu desnudo, con una distancia de 80m con cable subterráneo entre el poste el cual llega a la Cámara de transformación No.1 ubicado en la planta baja del edificio de educación continua [25].

10.16.1 Distribución de los tableros generales de bajo voltaje

Desde los bornes del transformador se alimenta 2 sistemas de bajo voltaje a 220V ff, denominados:

- Tablero general del bloque académico A con conductor 4/0 XLPE con una longitud de 40 m tipo subterráneo.
- Tablero general del bloque académico B con conductor 4/0 XLPE con una longitud de 50m tipo subterráneo.

| |
|---|
| <p>Observación: la presenta propuesta tecnológica será realizada en el Bloque B, en el cual se obtendrán el registro de datos de los parámetros eléctricos generados en por el consumo energético.</p> |
|---|

Tablero principal del bloque B.

En la figura 48, se observa la distribución del tablero principal del bloque A compuesto por:



Figura 48. tablero principal Bloque B.

Fuente: [25] La Tabla 13, presenta

los componentes del tablero principal del bloque B.

Tabla 13. Componentes del tablero principal del bloque B.

| Elemento | Detalle |
|------------------------------|---------------------|
| Breaker principal | 350 A. |
| 2 conductores para cada fase | Nº 4/0 AWG TTU. |
| 1 conductor de neutro | Nº 4/0 AWG desnudo. |
| 1 conductor de tierra | Nº 2/0 AWG. |

10.16.2 Conexión a la red del Medidor de Energía

El SENTRON PAC3220 se conecte a la red utilizando transformadores de corriente a las líneas principales de voltaje. La conexión del medidor PAC3220 se puede observar en la figura 49.

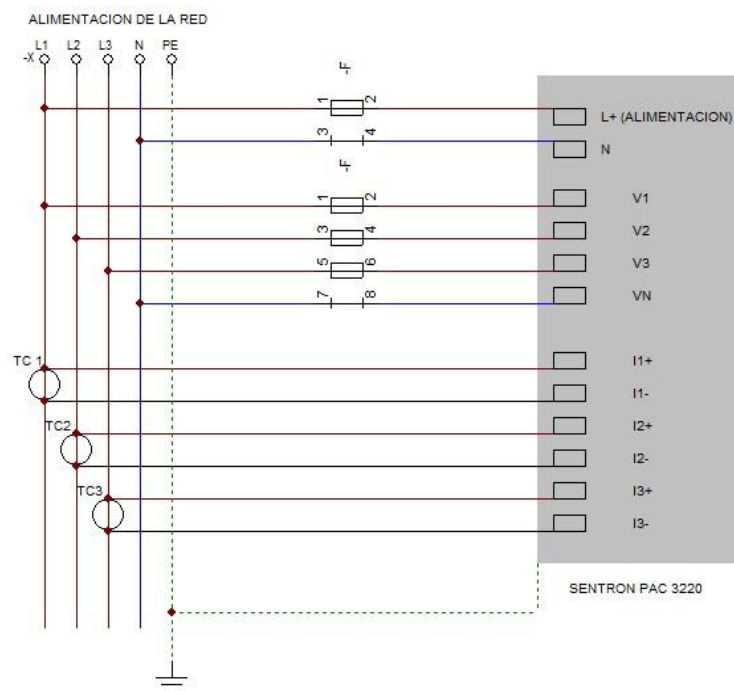


Figura 49. Conexión de entrada del medidor Sentron PAC3220. Fuente:
Autoría propia

10.17 Implementación y montaje de los componentes del sistema de monitoreo y adquisición de datos

El sistema de almacenamiento y monitoreo de datos abarcado por la propuesta tecnológica en la Universidad Técnica de Cotopaxi se empleó la técnica de observación de tipo experimental, la cual se emplea para la recolección de datos de parámetros eléctricos utilizados en el área determinada y mediante un software se desarrolló una interfaz para el monitoreo de los índices de eficiencia energética.

Tanto el diseño, selección y elaboración de planos permitirán realizar la instalación de diferentes dispositivos de medición, protección, conexión y control en el gabinete metálico.

Para ello se procedió con el estudio de materiales para su adquisición y puesta en funcionamiento. Con los siguientes pasos:

1. Análisis de dispositivos capaces de medir, accionar y comunicarse en el internet de las cosas, con sus beneficios, comunicación y compatibilidad de los mismos.
2. Compra y adquisición de los diferentes equipos (sentron pac 3220, gabinete eléctrico doble fondo (30*30*20), breaker riel din de 2A, portafusiles para riel din, fusibles, borneras para riel din, contactor, luces piloto, botonera on off, parada de emergencia, conectores tipo spiga,




conectores rj45, cable utp cat6, cable sucre 2*16, enchufe cooper, tc's de 600A/5A, IoT o pasarela de comunicación, etc.)

3. Instalación de equipos y puesta en marcha de los dispositivos de medición de parámetros eléctricos.
4. Implementación del software (hmi) capas de visualizar e interactuar con el operario.
5. Almacenamiento de datos en un ordenador local para su análisis.
6. Comunicación de la plataforma con el dispositivo IoT para el envío de datos y almacenamiento a través de la nube.
7. Finalmente se desarrolló una interfaz donde se describe cada uno de los consumos de las variables a medir, como voltaje, corriente y las distintas potencias para la eficiencia energética en la cámara de transformación N°1.

10.17.1 Tablero de medición (parámetros de construcción)

| | |
|----|---|
| 1. | Determinar ubicación de dispositivos  |
| 2. | Perforar, cortar y sujetar todos los dispositivos implementados. |



| | |
|-----------|--|
| <p>3.</p> | <p>Cablear según el diagrama establecido y apretar firmemente todos los puntos de conexión.</p>  |
| <p>4.</p> | <p>Ubicar los tc's y sistemas de obtención de parámetros eléctricos.</p>  |
| <p>5.</p> | <p>Comprobar la correcta instalación y puesta en funcionamiento de los mismos.</p> |
| <p>6.</p> | <p>Implementar el software de comunicación y verificar puertos de enlace y demás parámetros propios del sistema.</p> |
| |  |

| | |
|----|--|
| 7. | Sujetar el tablero en un lugar firme y seguro con un nivel de contaminación bajo para la durabilidad del equipo. |
|----|--|

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS 11.1 Análisis del sistema eléctrico en la cámara de transformación n°1 de la Universidad

Técnica de Cotopaxi

El presente análisis tiene como finalidad demostrar los parámetros eléctricos existente en la Universidad Técnica de Cotopaxi para saber la tendencia de consumo en las diferentes jornadas académicas.

Las mediciones se realizaron con el analizador de redes Fluke 435 series II y se dividieron en 2 etapas, la primera etapa comprendió las mediciones del bloque B desde el 7/11/2016 hasta el 14/11/2016 y la segunda etapa comprendió las mediciones del bloque A desde el 14/11/2016 hasta el 21/11/2016

La cámara de transformación N°1 alimenta al bloque A y al bloque B por lo cual el análisis se divide en dos sectores.

11.1.1 Análisis del bloque A

11.1.1.1 Niveles de voltaje.

Para determinar la caída de voltaje existente por hora, se realizó un promedio de todos los valores medidos en los mismos. Y mediante la tendencia de demandas se puso a determinar las horas de demanda mínima, incremento de demanda, demanda media, demanda máxima y decremento de demanda en el bloque A.

VOLTAJES LINEAS-NEUTRO BLOQUE A

| VL1-N | VL2-N | VL3-N | Desbalance | HORA |
|-------|-------|-------|------------|----------|
| 126 | 125 | 125 | 0,53% | 0:00:00 |
| 125 | 125 | 125 | 0,00% | 1:00:00 |
| 125 | 125 | 125 | 0,00% | 2:00:00 |
| 125 | 125 | 125 | 0,00% | 3:00:00 |
| 124 | 124 | 124 | 0,00% | 4:00:00 |
| 121 | 122 | 122 | 0,27% | 5:00:00 |
| 122 | 122 | 122 | 0,00% | 6:00:00 |
| 122 | 121 | 121 | 0,55% | 7:00:00 |
| 120 | 119 | 119 | 0,56% | 8:00:00 |
| 120 | 119 | 118 | 0,84% | 9:00:00 |
| 119 | 118 | 118 | 0,56% | 10:00:00 |
| 120 | 119 | 120 | 0,28% | 11:00:00 |
| 121 | 121 | 121 | 0,00% | 12:00:00 |
| 122 | 121 | 121 | 0,55% | 13:00:00 |
| 120 | 120 | 120 | 0,00% | 14:00:00 |
| 121 | 120 | 120 | 0,55% | 15:00:00 |
| 121 | 122 | 121 | 0,55% | 16:00:00 |
| 122 | 121 | 121 | 0,55% | 17:00:00 |
| 122 | 121 | 121 | 0,55% | 18:00:00 |
| 121 | 118 | 118 | 1,68% | 19:00:00 |
| 122 | 122 | 121 | 0,27% | 20:00:00 |
| 124 | 124 | 124 | 0,00% | 21:00:00 |
| 124 | 124 | 124 | 0,00% | 22:00:00 |
| 124 | 125 | 125 | 0,27% | 23:00:00 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

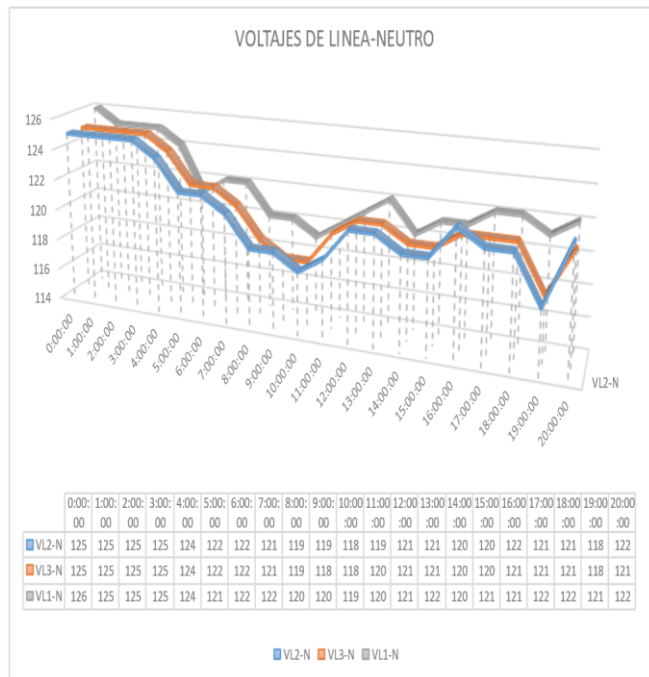


Figura 50. Niveles de voltaje.

Fuente: Autoría propia

En la presente figura se puede observar la tendencia de voltajes existentes en el sistema con una caída de tensión representativa de 8am a 11 am por el ingreso de docentes y estudiantes en la universidad. Además de ello un incremento de voltaje de 21pm a 4 am por la finalización de jornadas laborales.

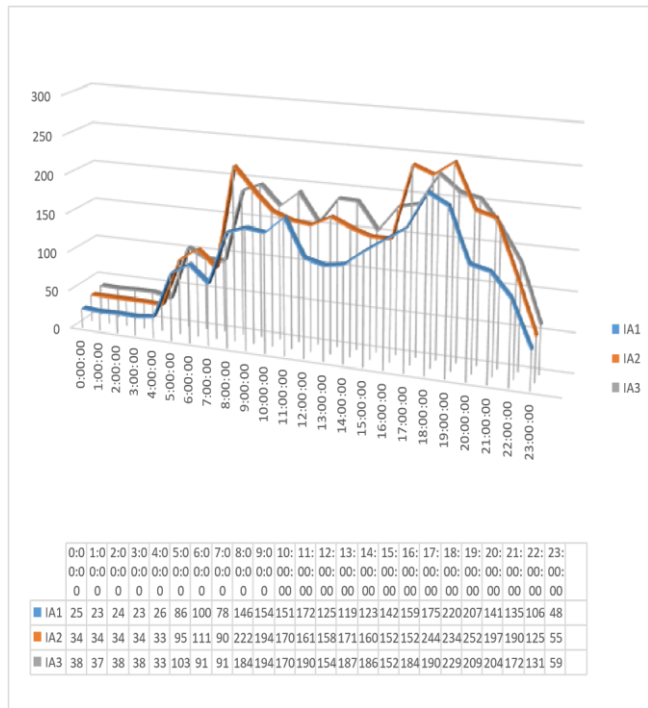
También de poder distinguir el mayor porcentaje de desbalance entre líneas registrado a las 19pm con un promedio del 1.6% entre las mismas

11.1.1.2 Niveles de corriente.

En las tendencias de niveles de corriente se puede apreciar igual que el caso anterior como influye la incremento y decremento de demanda en las diferentes jornadas estudiantiles.

CORRIENTES POR LINEA BLOQUE A

| IA1 | IA2 | IA3 | Desbalance | HORA |
|-----|-----|-----|------------|----------|
| 25 | 34 | 38 | 17,53% | 0:00:00 |
| 23 | 34 | 37 | 18,09% | 1:00:00 |
| 24 | 34 | 38 | 18,75% | 2:00:00 |
| 23 | 34 | 38 | 20,00% | 3:00:00 |
| 26 | 33 | 33 | 7,61% | 4:00:00 |
| 86 | 95 | 103 | 8,80% | 5:00:00 |
| 100 | 111 | 91 | 10,26% | 6:00:00 |
| 78 | 90 | 91 | 5,41% | 7:00:00 |
| 146 | 222 | 184 | 20,65% | 8:00:00 |
| 154 | 194 | 194 | 7,38% | 9:00:00 |
| 151 | 170 | 170 | 3,87% | 10:00:00 |
| 172 | 161 | 190 | 8,99% | 11:00:00 |
| 125 | 158 | 154 | 8,47% | 12:00:00 |
| 119 | 171 | 187 | 17,61% | 13:00:00 |
| 123 | 160 | 186 | 18,98% | 14:00:00 |
| 142 | 152 | 152 | 2,24% | 15:00:00 |
| 159 | 152 | 184 | 11,52% | 16:00:00 |
| 175 | 244 | 190 | 20,20% | 17:00:00 |
| 220 | 234 | 229 | 2,78% | 18:00:00 |
| 207 | 252 | 209 | 13,17% | 19:00:00 |
| 141 | 197 | 204 | 12,92% | 20:00:00 |
| 135 | 190 | 172 | 14,69% | 21:00:00 |
| 106 | 125 | 131 | 8,56% | 22:00:00 |
| 48 | 55 | 59 | 9,26% | 23:00:00 |
| | | | | |
| | | | | |



| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
|--|--|--|--|--|

Figura 51. niveles de voltaje.

Fuente: autoría propia

En la presente figura se puede observar los niveles de corriente existentes en el sistema con un incremento de corriente representativo de 17pm a 21pm por la iluminación activa en toda la universidad por la jornada nocturna.

Además de ello un decremento de corriente de 23pm a 4am por la finalización de jornadas laborales.

También de poder distinguir el mayor porcentaje de desbalance entre líneas registrado a las 8am con un promedio del 20.69% entre las mismas.

11.1.1.3 Niveles de potencia.

Con el análisis de los niveles de potencia se puede apreciar la demanda requerida por el bloque A en las diferentes jornadas estudiantiles de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

POTENCIAS (POR LINEA) BLOQUE A

| P. L1 | P. L2 | P. L3 | HORA |
|--------|--------|--------|----------|
| 2.858 | 3.308 | 3.721 | 0:00:00 |
| 2.828 | 3.290 | 4.224 | 1:00:00 |
| 2.806 | 3.282 | 4.256 | 2:00:00 |
| 2.818 | 3.282 | 4.244 | 3:00:00 |
| 4.110 | 3.736 | 3.608 | 4:00:00 |
| 9.793 | 10.673 | 11.508 | 5:00:00 |
| 11.073 | 12.566 | 10.377 | 6:00:00 |
| 8.926 | 10.226 | 10.370 | 7:00:00 |
| 16.374 | 24.594 | 24.594 | 8:00:00 |
| 17.038 | 21.595 | 21.595 | 9:00:00 |
| 15.681 | 20.603 | 18.186 | 10:00:00 |
| 13.440 | 18.865 | 19.117 | 11:00:00 |
| 14.117 | 17.239 | 17.129 | 12:00:00 |
| 13.531 | 18.975 | 19.184 | 13:00:00 |
| 13.891 | 16.748 | 17.861 | 14:00:00 |
| 15.930 | 16.984 | 16.984 | 15:00:00 |
| 17.887 | 16.980 | 20.502 | 16:00:00 |
| 20.169 | 27.136 | 20.526 | 17:00:00 |
| 24.783 | 26.428 | 25.779 | 18:00:00 |
| 17.294 | 30.027 | 29.344 | 19:00:00 |
| 16.102 | 24.102 | 23.404 | 20:00:00 |
| 15.401 | 22.254 | 21.934 | 21:00:00 |
| 11.182 | 14.689 | 15.226 | 22:00:00 |
| 5.610 | 6.422 | 6.941 | 23:00:00 |
| | | | |

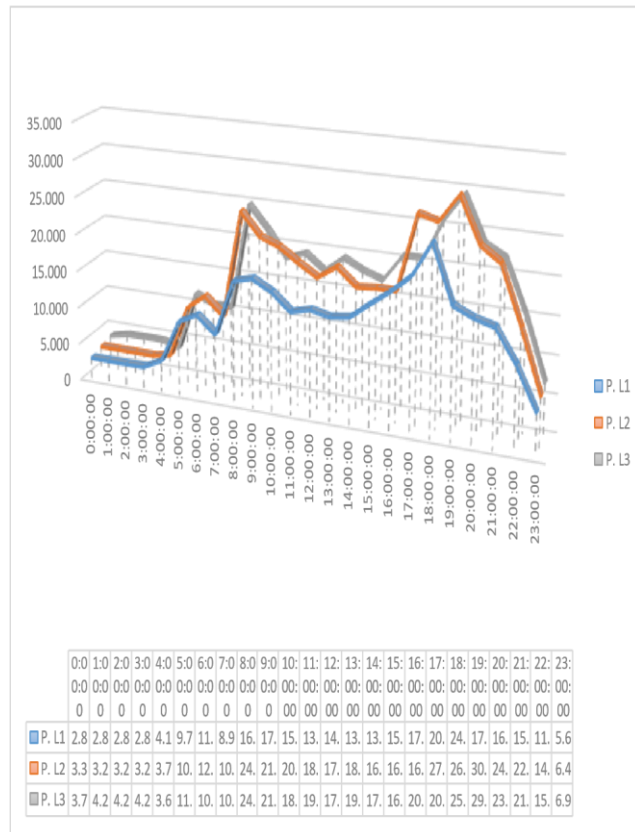


Figura 52. niveles de potencia.

Fuente: Autoría propia

En la presente figura se puede observar los niveles de potencia existentes en el sistema con un incremento de demanda representativo de 17pm a 21 pm por la iluminación activa en toda la universidad por la jornada nocturna.

Además de ello un decremento de potencia de 23pm a 4am por la finalización de jornadas laborales.

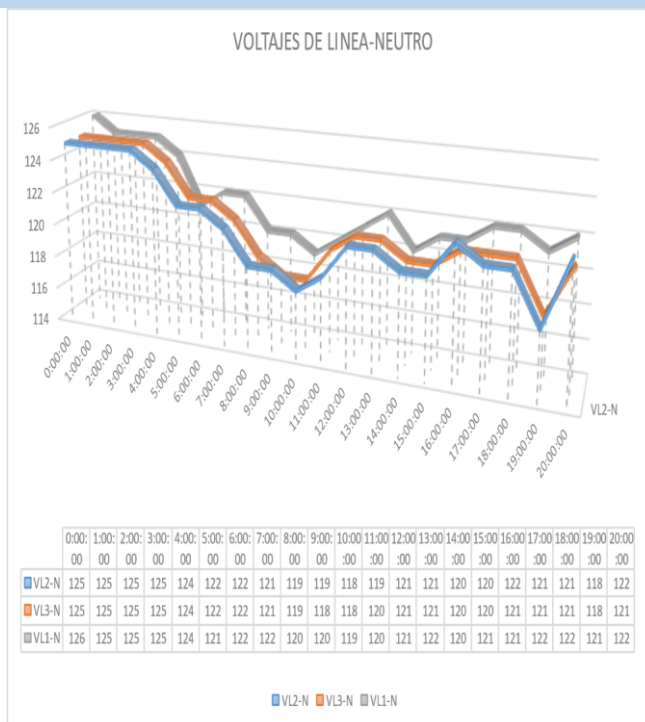
11.1.2 Análisis del bloque B

11.1.2.1 Niveles de voltaje.

Para determinar la caída de voltaje existente por hora, se realizó un promedio de todos los valores medidos en los mismos. Y mediante la tendencia de demandas se puso determinar las horas de demanda mínima, incremento de demanda, demanda media, demanda máxima y decremento de demanda en el bloque B.

VOLTAJES LINEAS-NEUTRO BLOQUE B

| VL1-N | VL2-N | VL3-N | Desbalance | HORA |
|-------|-------|-------|------------|----------|
| 126 | 126 | 124 | 0,53% | 0:00:00 |
| 124 | 124 | 124 | 0,00% | 1:00:00 |
| 124 | 125 | 124 | 0,54% | 2:00:00 |
| 124 | 124 | 124 | 0,00% | 3:00:00 |
| 124 | 124 | 124 | 0,00% | 4:00:00 |
| 122 | 123 | 122 | 0,54% | 5:00:00 |
| 123 | 123 | 123 | 0,00% | 6:00:00 |
| 122 | 122 | 122 | 0,00% | 7:00:00 |
| 120 | 121 | 121 | 0,28% | 8:00:00 |
| 120 | 121 | 121 | 0,28% | 9:00:00 |
| 120 | 120 | 119 | 0,28% | 10:00:00 |
| 119 | 122 | 121 | 1,10% | 11:00:00 |
| 121 | 121 | 123 | 1,10% | 12:00:00 |



| | | | | |
|-----|-----|-----|-------|----------|
| 122 | 123 | 123 | 0,27% | 13:00:00 |
| 121 | 122 | 122 | 0,27% | 14:00:00 |
| 121 | 122 | 121 | 0,55% | 15:00:00 |
| 120 | 121 | 121 | 0,28% | 16:00:00 |
| 122 | 123 | 122 | 0,54% | 17:00:00 |
| 121 | 121 | 121 | 0,00% | 18:00:00 |
| 121 | 122 | 122 | 0,27% | 19:00:00 |
| 122 | 123 | 123 | 0,27% | 20:00:00 |
| 124 | 124 | 123 | 0,27% | 21:00:00 |
| 125 | 124 | 124 | 0,54% | 22:00:00 |
| 125 | 125 | 125 | 0,00% | 23:00:00 |
| | | | | |

Figura 53. nivel de voltaje Bloque B.

Fuente: Autoría propia

En la presente figura se puede observar la tendencia de voltajes existentes en el sistema con una caída de tensión representativa de 8am a 11am por el ingreso de docentes y estudiantes en la universidad.

Además de ello un incremento de voltaje de 21pm a 4 am por la finalización de jornadas laborales.

También de poder distinguir el mayor porcentaje de desbalance entre líneas registrado a las 11pm y 12pm con un promedio del 1.1% entre las mismas.

11.1.2.2 Niveles de corriente.

En las tendencias de niveles de corriente se puede apreciar igual que el caso anterior como influye la incremento y decremento de demanda en las diferentes jornadas estudiantiles.

CORRIENTES POR LINEA BLOQUE B

| IA1 | IA2 | IA3 | Desbalance | HORA |
|-----|-----|-----|------------|----------|
| 20 | 11 | 11 | 42,86% | 0:00:00 |
| 20 | 11 | 11 | 42,86% | 1:00:00 |
| 20 | 11 | 11 | 42,86% | 2:00:00 |
| 20 | 12 | 12 | 36,36% | 3:00:00 |
| 20 | 12 | 12 | 36,36% | 4:00:00 |
| 20 | 12 | 12 | 36,36% | 5:00:00 |
| 22 | 16 | 20 | 13,79% | 6:00:00 |
| 51 | 40 | 39 | 17,69% | 7:00:00 |
| 91 | 61 | 65 | 25,81% | 8:00:00 |
| 101 | 79 | 72 | 20,24% | 9:00:00 |
| 101 | 76 | 76 | 19,76% | 10:00:00 |
| 103 | 60 | 62 | 37,33% | 11:00:00 |
| 91 | 56 | 70 | 25,81% | 12:00:00 |
| 99 | 60 | 63 | 33,78% | 13:00:00 |
| 108 | 75 | 77 | 24,62% | 14:00:00 |
| 110 | 88 | 88 | 15,38% | 15:00:00 |
| 112 | 81 | 82 | 22,18% | 16:00:00 |
| 94 | 75 | 90 | 8,88% | 17:00:00 |
| 131 | 115 | 118 | 7,97% | 18:00:00 |
| 118 | 119 | 123 | 2,50% | 19:00:00 |
| 112 | 106 | 102 | 5,00% | 20:00:00 |
| 102 | 90 | 86 | 10,07% | 21:00:00 |
| 43 | 66 | 64 | 14,45% | 22:00:00 |
| 19 | 15 | 15 | 16,33% | 23:00:00 |
| | | | | |

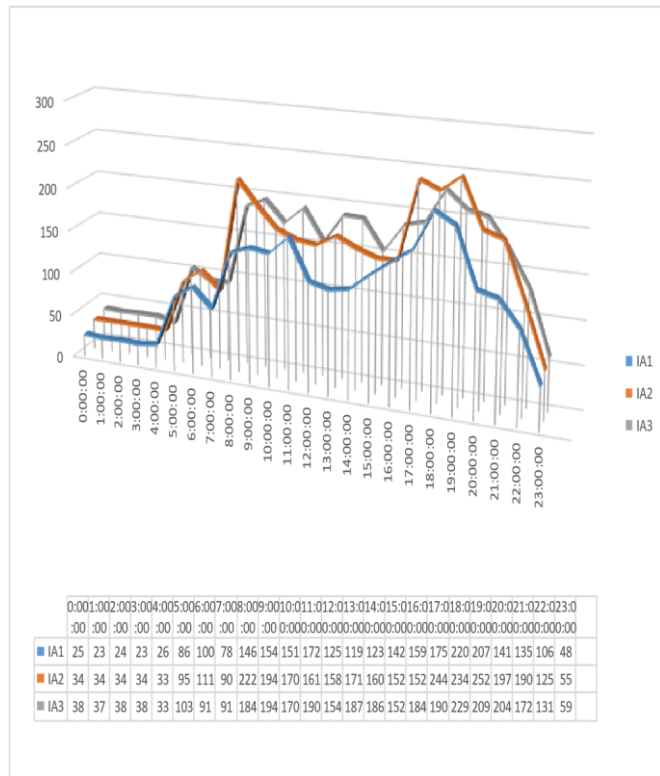


Figura 54. nivel de corriente. Bloque B.

Fuente: Autoría propia.

En la presente figura se puede observar los niveles de corriente existentes en el sistema con un incremento de corriente representativo de 18pm a 21pm por la iluminación activa en toda la universidad por la jornada nocturna.

Además de ello un decremento de corriente de 23pm a 4am por la finalización de jornadas laborales.

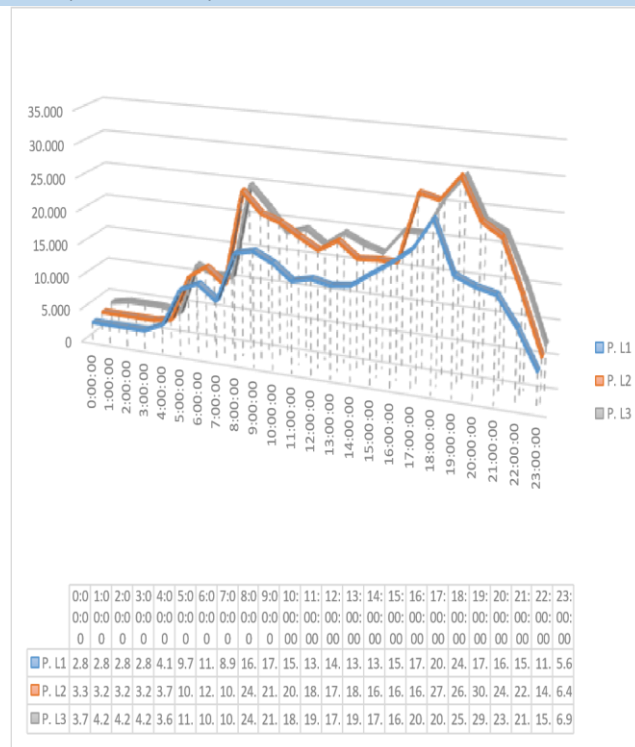
También de poder distinguir el mayor porcentaje de desbalance entre líneas registrado a las 12am con un promedio del 42.86% entre las mismas.

11.1.2.3 Niveles de potencia.

Con el análisis de los niveles de potencia se puede apreciar la demanda requerida por el bloque B en las diferentes jornadas estudiantiles de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

POTENCIAS (POR LINEA) BLOQUE B

| P. L1 | P. L2 | P. L3 | HORA |
|--------|-------|-------|----------|
| 2.191 | 1.214 | 1.222 | 0:00:00 |
| 2.254 | 1.228 | 1.226 | 1:00:00 |
| 2.167 | 1.218 | 1.218 | 2:00:00 |
| 2.170 | 1.332 | 1.342 | 3:00:00 |
| 2.254 | 1.304 | 1.306 | 4:00:00 |
| 2.251 | 1.308 | 1.308 | 5:00:00 |
| 2.818 | 1.366 | 2.193 | 6:00:00 |
| 5.815 | 4.634 | 4.506 | 7:00:00 |
| 11.534 | 7.078 | 7.613 | 8:00:00 |
| 11.794 | 9.034 | 8.147 | 9:00:00 |
| 12.034 | 8.865 | 8.865 | 10:00:00 |
| 12.018 | 7.051 | 9.904 | 11:00:00 |
| 10.486 | 8.954 | 7.109 | 12:00:00 |



| | | | |
|--------|--------|--------|----------|
| 10.992 | 7.661 | 7.374 | 13:00:00 |
| 12.984 | 9.614 | 9.028 | 14:00:00 |
| 12.807 | 10.352 | 10.360 | 15:00:00 |
| 13.264 | 9.450 | 9.771 | 16:00:00 |
| 15.331 | 8.913 | 10.587 | 17:00:00 |
| 15.069 | 13.085 | 13.964 | 18:00:00 |
| 13.531 | 13.644 | 13.712 | 19:00:00 |
| 12.435 | 11.684 | 11.539 | 20:00:00 |
| 11.275 | 9.778 | 9.527 | 21:00:00 |
| 3.444 | 5.962 | 5.977 | 22:00:00 |
| 2.048 | 1.762 | 1.674 | 23:00:00 |
| | | | |
| | | | |

Figura 55. nivel de potencia Bloque B.

Fuente: Autoría propia.

En la presente figura se puede observar los niveles de potencia existentes en el sistema con un incremento de demanda representativo de 18pm a 22pm por la iluminación activa en toda la universidad por la jornada nocturna.

Además de ello un decremento de potencia de 23pm a 5am por la finalización de jornadas laborales.

11.2 Características del transformador.

En la cámara se dispone de un transformador marca INATRA, número 7046 de 300 kVA de potencia, el cual proporciona una relación de transformación de 13.800 Vff en el primario a 220 Vff en el secundario, el Tap se encuentra en la 2da posición o nominal, y opera actualmente en conexión Dy5. Referencia tesis

11.2.1 Curva de demanda diaria del transformador.

En la figura 56, se puede apreciar la curva de demanda diaria del transformador

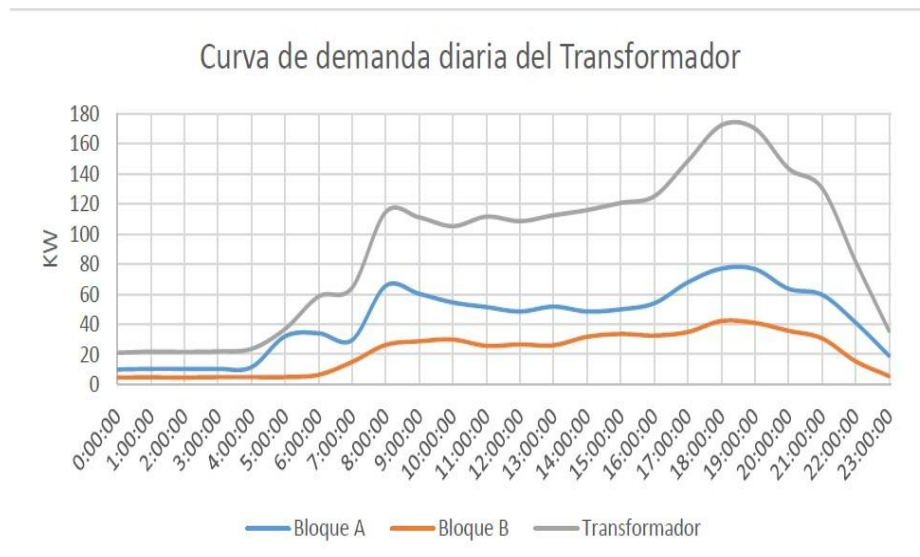


Figura 56. Curva de demanda diaria del transformador.

Fuente: Autoría Propia

En la figura se muestra que la curva de demanda diaria del transformador llega a su punto máximo a las 18:00h con un valor de 172,35 kW, de los cuales 119,11 kW corresponde al Bloque A y B, representando así entre estos edificios el 69% de la demanda máxima.

11.3 Análisis del SENTRON PAC3220 residencial

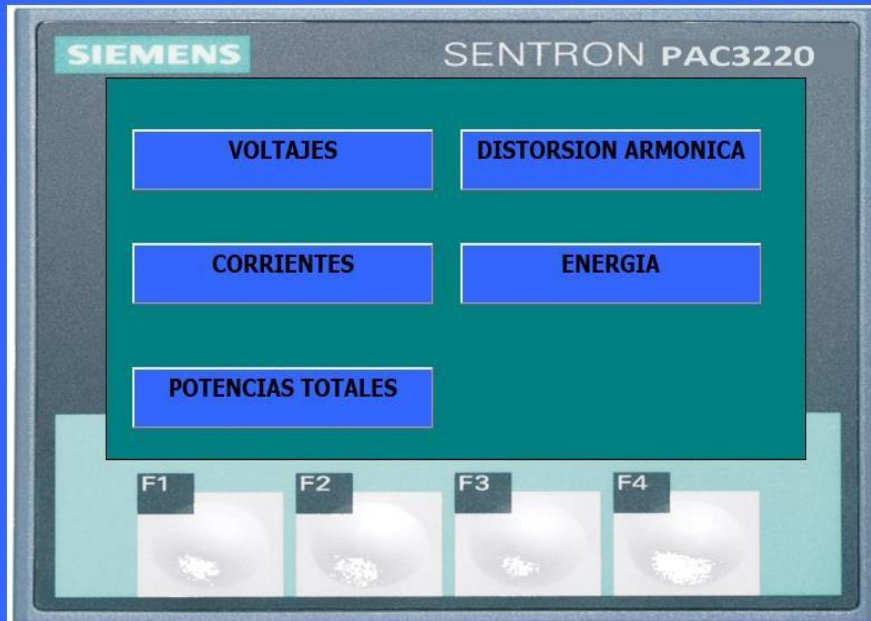
Para el análisis de los resultados se lo realiza mediante la obtención de valores medidos del SENTRON PAC3220 vinculados al sistema de almacenamiento y adquisición de datos, el cual mide valores de voltaje, corriente, potencia y frecuencia por fase conectada.

En la cámara de transformación N°1 por su gran capacidad de distribución de energía se colocaron Tucas de 600 a 5A de núcleo partido para su fácil instalación y margen tolerable de magnitudes eléctricas.

Los datos ya obtenidos por el SENTRON PAC3220 se transmiten tanto en la pantalla del dispositivo, el HMI y en la plataforma virtual por lo que se puede obtener tres visualizaciones de los datos en tiempo real.

Los datos se transmiten a unas tablas de Excel que almacenan los datos cada 5min de los parámetros ya mencionados permitiendo posteriormente comparar los valores para determinar sus tendencias de consumos máximos y mínimos en una hornada determinada.

SISTEMA DE MONITOREO Y ADQUISICION DE DATOS DE DATOS DE PARAMETROS ELECTRICOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA ENERGETICA Y LOS CONSUMOS EN LA CAMRA DE TRANSFORMACION N° 1 DE LAS DIFERENTES JORNADAS ACADEMICAS DE LA UTC, CAMPUS MATRIZ , PERIODO 2020



RODRIGO PATRICIO LASLUIA CANCHIGNIA ING. MSc. PACHECO MENA CARLOS FRANCISCO
FRANKLIN BRYAN ROMERO MELGAREJO



Figura 57. Interface gráfica de visualización de datos HMI.

Fuente: Autoría propia

11.3.1 Resultados experimentales del sistema de adquisición de datos.

A continuación, se mostrará los resultados medidos por cada una de las magnitudes eléctricas.

11.3.1.1 Niveles de voltaje

Para la siguiente tendencia se mostrará los valores en tiempo real y los almacenados para el análisis de los mismos.

- Los datos visualizados tomados por el HMI.



Figura 58. Datos en tiempo real de los niveles de tensión en Wincc.

Fuente: Autoría Propia •

Datos visualizados por la plataforma virtual.



Figura 59. Datos en tiempo real de los niveles de tensión en la plataforma virtual. Fuente: Autoría propia

- Almacenamiento de datos de manera local.

Datos almacenados.

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|-----|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 217 | 124.6,0,16.1,2020-08-25 16:07:25 | | | | | | | | | |
| 218 | 124.3,0,16.1,2020-08-25 16:12:25 | | | | | | | | | |
| 219 | 124.9,0,16.2,2020-08-25 16:17:25 | | | | | | | | | |
| 220 | 124.6,0,16.2,2020-08-25 16:22:25 | | | | | | | | | |
| 221 | 123.8,0,16,2020-08-25 16:27:25 | | | | | | | | | |
| 222 | 125,0,16.2,2020-08-25 16:32:25 | | | | | | | | | |
| 223 | 124.6,0,16.1,2020-08-25 16:37:25 | | | | | | | | | |
| 224 | 124.9,0,16.1,2020-08-25 16:42:25 | | | | | | | | | |
| 225 | 124.1,0,16,2020-08-25 16:47:25 | | | | | | | | | |
| 226 | 125.1,0,16.1,2020-08-25 16:52:25 | | | | | | | | | |
| 227 | 125.7,0,16.2,2020-08-25 16:57:25 | | | | | | | | | |
| 228 | 125.2,0,16.2,2020-08-25 17:02:25 | | | | | | | | | |
| 229 | 124.5,0,16.1,2020-08-25 17:07:25 | | | | | | | | | |
| 230 | 124.6,0,16.1,2020-08-25 17:12:25 | | | | | | | | | |
| 231 | 124,0,16,2020-08-25 17:17:25 | | | | | | | | | |
| 232 | 123.9,0,16,2020-08-25 17:22:25 | | | | | | | | | |
| 233 | 124.2,0,16,2020-08-25 17:27:25 | | | | | | | | | |
| 234 | 125.7,0,16.2,2020-08-25 17:32:25 | | | | | | | | | |
| 235 | 124.3,0,16.1,2020-08-25 17:37:25 | | | | | | | | | |
| 236 | 123.9,0,0,2020-08-25 17:42:25 | | | | | | | | | |
| 237 | 122.9,0,0,2020-08-25 17:47:25 | | | | | | | | | |

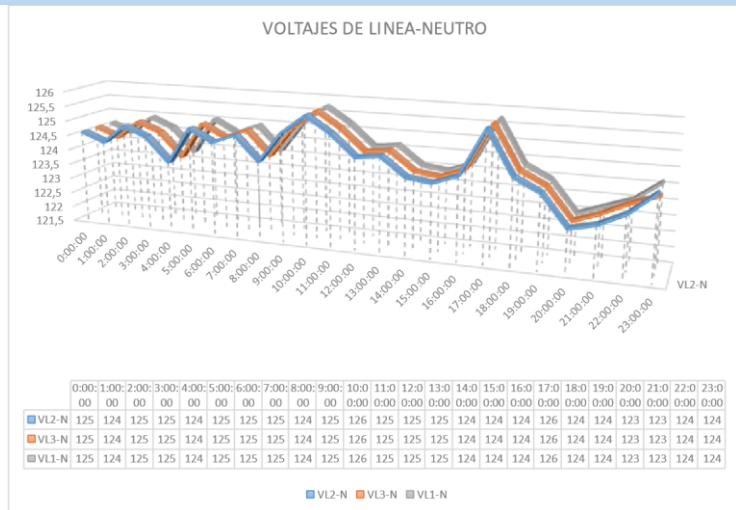
Figura 60. Registro de datos del voltaje en la línea 1.

Fuente: Autoría propia

- Visualización de tendencia del nivel voltaje línea-neutro.

VOLTAJES LINEAS-NEUTRO

| VL1-N | VL2-N | VL3-N | HORA |
|-------|-------|-------|----------|
| 124,6 | 124,6 | 124,6 | 0:00:00 |
| 124,3 | 124,3 | 124,3 | 1:00:00 |
| 124,9 | 124,9 | 124,9 | 2:00:00 |
| 124,6 | 124,6 | 124,6 | 3:00:00 |
| 123,8 | 123,8 | 123,8 | 4:00:00 |
| 125 | 125 | 125 | 5:00:00 |
| 124,6 | 124,6 | 124,6 | 6:00:00 |
| 124,9 | 124,9 | 124,9 | 7:00:00 |
| 124,1 | 124,1 | 124,1 | 8:00:00 |
| 125,1 | 125,1 | 125,1 | 9:00:00 |
| 125,7 | 125,7 | 125,7 | 10:00:00 |



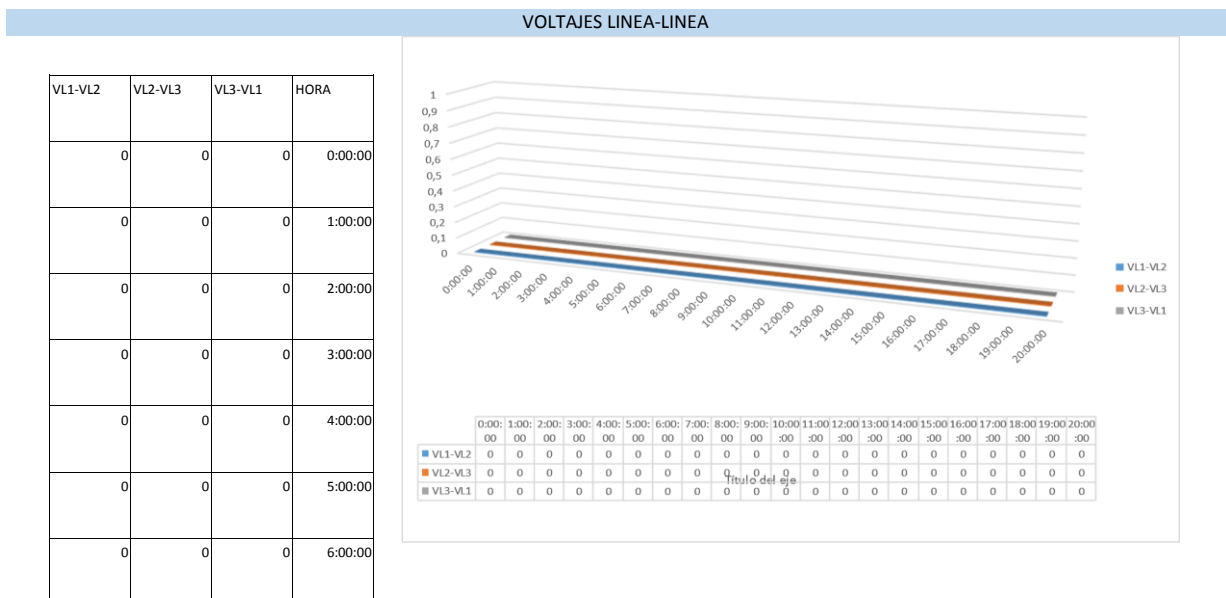
| | | | |
|-------|-------|-------|----------|
| 125,2 | 125,2 | 125,2 | 11:00:00 |
| 124,5 | 124,5 | 124,5 | 12:00:00 |
| 124,6 | 124,6 | 124,6 | 13:00:00 |
| 124 | 124 | 124 | 14:00:00 |
| 123,9 | 123,9 | 123,9 | 15:00:00 |
| 124,2 | 124,2 | 124,2 | 16:00:00 |
| 125,7 | 125,7 | 125,7 | 17:00:00 |
| 124,3 | 124,3 | 124,3 | 18:00:00 |
| 123,9 | 123,9 | 123,9 | 19:00:00 |
| 122,9 | 122,9 | 122,9 | 20:00:00 |
| 123,2 | 123,1 | 123,2 | 21:00:00 |
| 123,5 | 123,5 | 123,6 | 22:00:00 |
| 124,1 | 124,2 | 123,9 | 23:00:00 |
| | | | |
| | | | |

Figura 61. Graficas de Voltajes Línea-Neutro.

Fuente: Autoría propia

Nota. Como es un sistema monofásico se procedió a cortocircuitar las puntas de medición de voltaje a una sola línea para verificar su funcionamiento.

- Visualización de tendencia del nivel voltaje línea-línea.



| | | | |
|---|---|---|----------|
| 0 | 0 | 0 | 7:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 8:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 9:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 10:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 11:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 12:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 13:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 14:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 15:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 16:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 17:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 18:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 19:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 20:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 21:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 22:00:00 |
| 0 | 0 | 0 | 23:00:00 |
| | | | |
| | | | |

Figura 62. Graficas del voltaje Línea-Línea.

Fuente: Autoría propia

Nota. En la residencia de estudio no cuenta con sistema bifásico ni trifásico por lo que las mediciones entre líneas no marcan datos.

- Como se puede observar en la figura 56 existe un decremento de voltaje a las 8pm por el incremento de demanda en la vivienda.

11.3.1.2 Niveles de Corriente

Para la siguiente tendencia se mostrará los valores en tiempo real y los almacenados para el análisis de los mismos.

- Los datos visualizados tomados por el HMI.

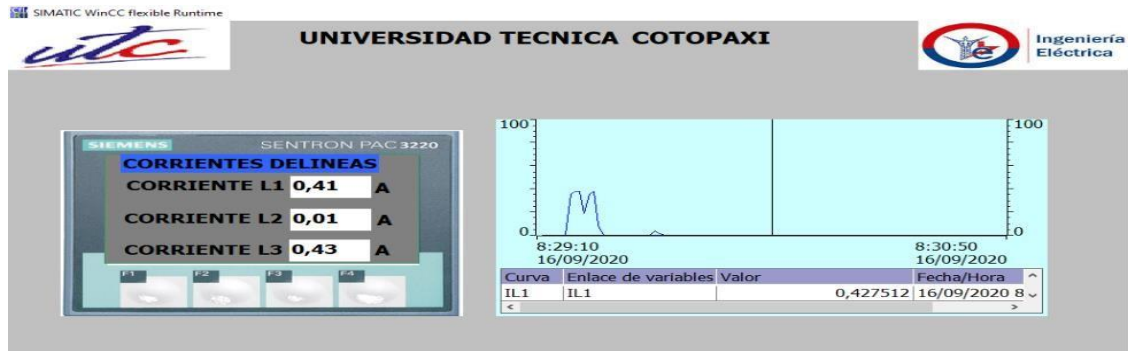


Figura 63. Datos en tiempo real de las corrientes por línea en Wincc.

Fuente: Autoría propia

- Datos visualizados por la plataforma virtual.



Figura 64. Datos en tiempo real de las corrientes en la plataforma virtual. Fuente: Autoría Propia

- Almacenamiento de datos de manera local.

Datos almacenados.

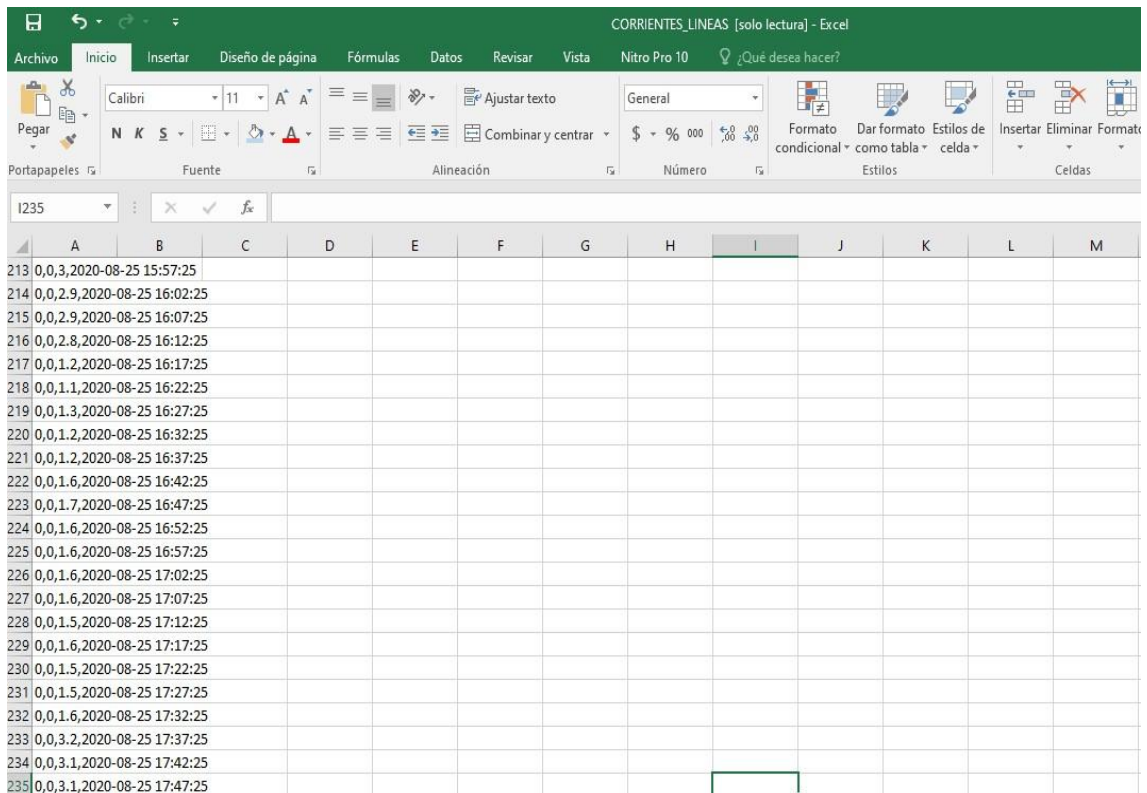
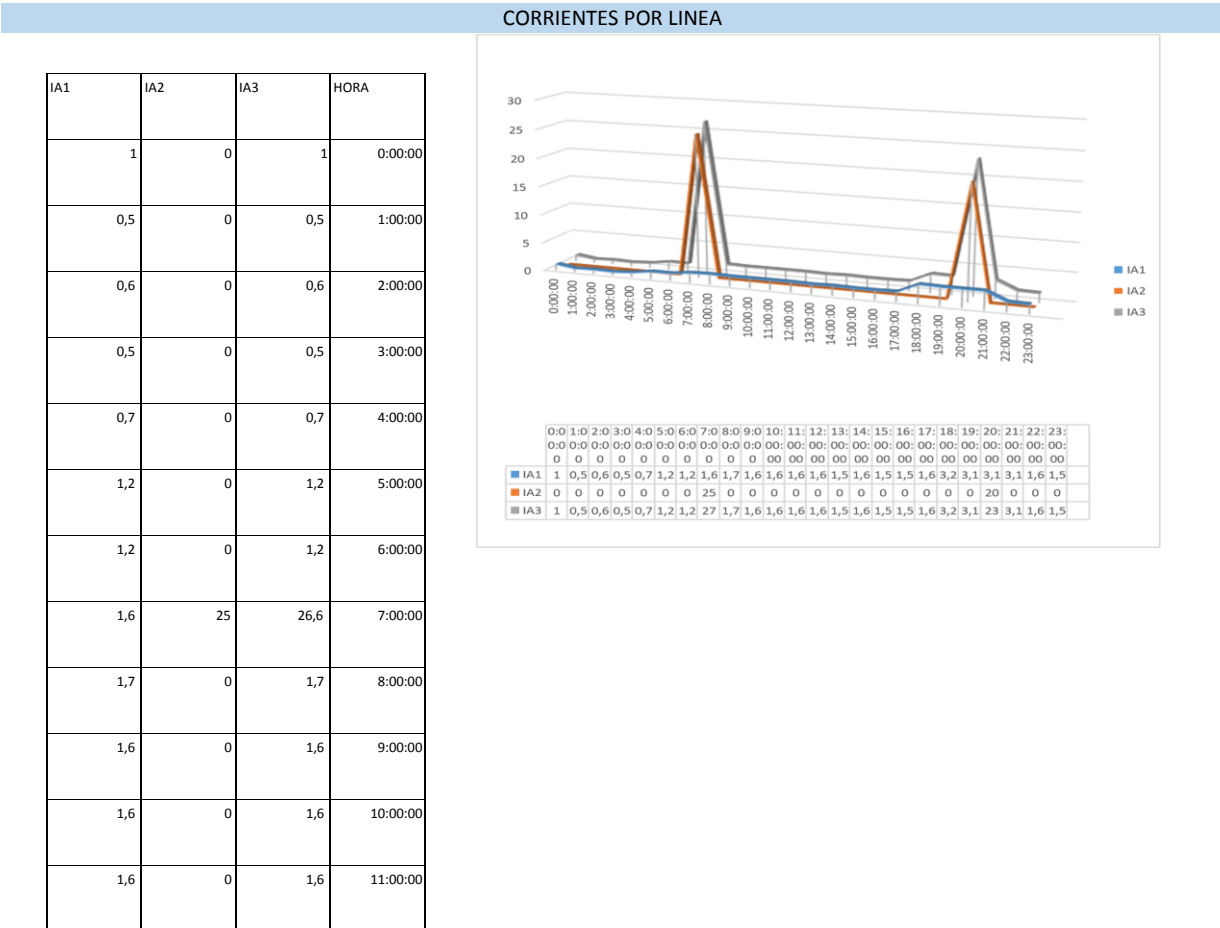


Figura 65. Registro de datos de las corrientes de Línea.

Fuente: Autoría Propia

- Visualización de tendencia de corrientes por línea.



| | | | |
|-----|----|------|----------|
| 1,6 | 0 | 1,6 | 12:00:00 |
| 1,5 | 0 | 1,5 | 13:00:00 |
| 1,6 | 0 | 1,6 | 14:00:00 |
| 1,5 | 0 | 1,5 | 15:00:00 |
| 1,5 | 0 | 1,5 | 16:00:00 |
| 1,6 | 0 | 1,6 | 17:00:00 |
| 3,2 | 0 | 3,2 | 18:00:00 |
| 3,1 | 0 | 3,1 | 19:00:00 |
| 3,1 | 20 | 23,1 | 20:00:00 |
| 3,1 | 0 | 3,1 | 21:00:00 |
| 1,6 | 0 | 1,6 | 22:00:00 |
| 1,5 | 0 | 1,5 | 23:00:00 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Figura 66. Graficas del consumo de corriente en la Línea.

Fuente: Autoría propia

Como se puede observar en la figura 66 existen picos de corriente muy elevados a la tendencia nominal del sistema eso se debe a la conexión de la ducha eléctrica por día.

11.4 Potencias (activa, reactiva, aparente) factor de potencia y frecuencia

Para la siguiente tendencia se mostrará los valores en tiempo real y los almacenados para el análisis de los mismos.

- Los datos visualizados tomados por el HMI.

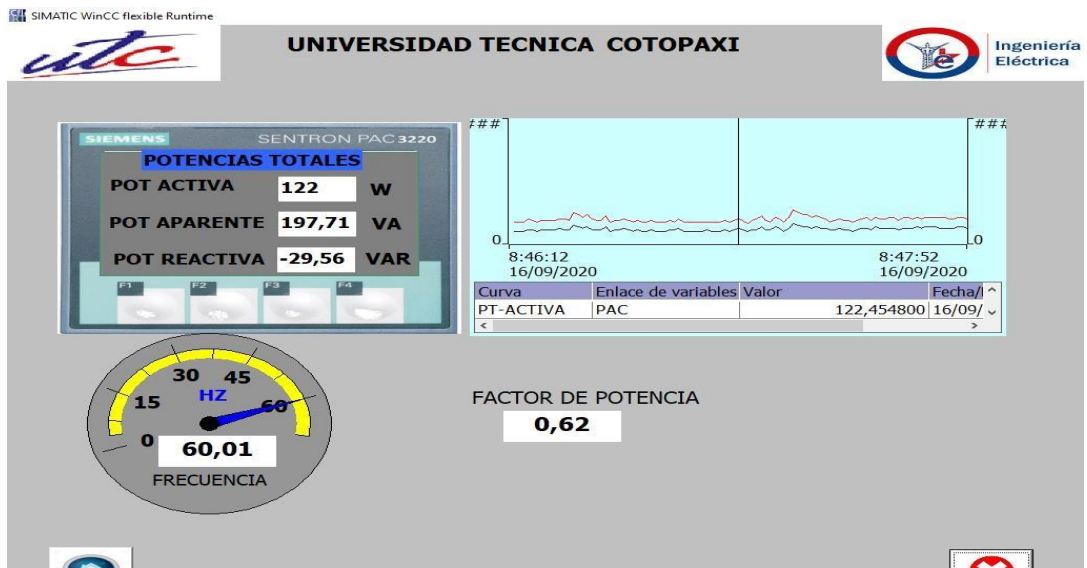


Figura 67. Datos en tiempo real de las potencias en Wincc,

Fuente: Autoría propia

- Datos visualizados por la plataforma virtual.



Figura 68. Datos en tiempo real de las corrientes en la plataforma virtual.

Fuente: Autoría propia

- Almacenamiento de datos de manera local.

Datos almacenados

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 211 | 47.4,14,-41.9,1,60.03,2020-08-25 15:52:25 | | | | | | | | | | |
| 212 | 47.6,14.4,-41.9,1,60.04,2020-08-25 15:57:25 | | | | | | | | | | |
| 213 | 47.1,15,-41.2,1,60.07,2020-08-25 16:02:25 | | | | | | | | | | |
| 214 | 47.1,15.1,-41.3,1,59.96,2020-08-25 16:07:25 | | | | | | | | | | |
| 215 | 45.8,15.4,-40.1,1,60.01,2020-08-25 16:12:25 | | | | | | | | | | |
| 216 | 20,-5,-11.6,1,60,2020-08-25 16:17:25 | | | | | | | | | | |
| 217 | 18.3,-4.6,-10.6,1,60.02,2020-08-25 16:22:25 | | | | | | | | | | |
| 218 | 20.2,-5.2,-11.8,1,59.99,2020-08-25 16:27:25 | | | | | | | | | | |
| 219 | 20.2,-4.7,-11.4,1,60.06,2020-08-25 16:32:25 | | | | | | | | | | |
| 220 | 19.5,-4.6,-11.2,1,60.03,2020-08-25 16:37:25 | | | | | | | | | | |
| 221 | 25.9,-5.8,-15,1,60.02,2020-08-25 16:42:25 | | | | | | | | | | |
| 222 | 26.7,-5.9,-15.4,1,60.04,2020-08-25 16:47:25 | | | | | | | | | | |
| 223 | 25.9,-5.6,-14.8,1,59.96,2020-08-25 16:52:25 | | | | | | | | | | |
| 224 | 25.7,-5.6,-14.5,1,60.07,2020-08-25 16:57:25 | | | | | | | | | | |
| 225 | 25.7,-5.6,-14.7,1,60.03,2020-08-25 17:02:25 | | | | | | | | | | |
| 226 | 25.7,-5.6,-14.8,1,60.07,2020-08-25 17:07:25 | | | | | | | | | | |
| 227 | 23.6,-4.9,-13.2,1,59.96,2020-08-25 17:12:25 | | | | | | | | | | |
| 228 | 25.6,-5.6,-14.6,1,60,2020-08-25 17:17:25 | | | | | | | | | | |
| 229 | 23.8,-5.1,-13.7,1,60.01,2020-08-25 17:22:25 | | | | | | | | | | |
| 230 | 24.3,-5.3,-13.8,1,60.02,2020-08-25 17:27:25 | | | | | | | | | | |
| 231 | 25.4,-5.5,-14.5,1,59.95,2020-08-25 17:32:25 | | | | | | | | | | |
| 232 | 51.1,14.5,-44.5,1,60.01,2020-08-25 17:37:25 | | | | | | | | | | |

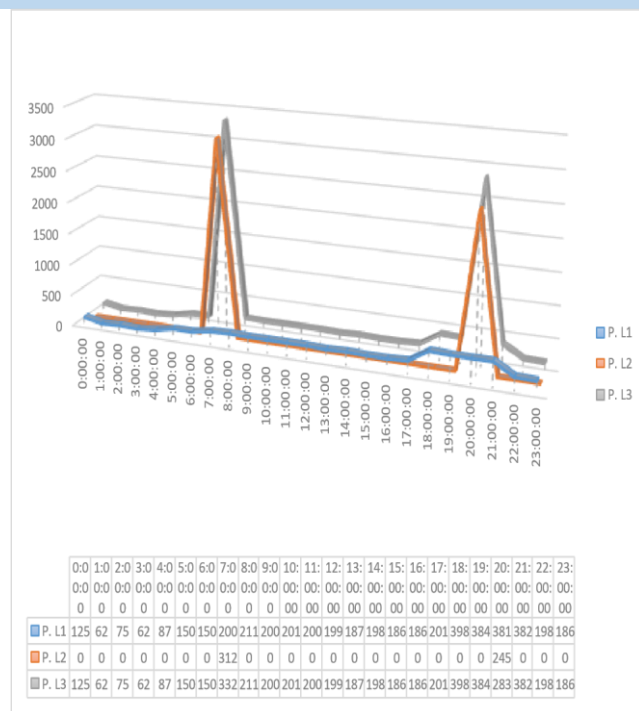
Figura 69. Registro de dato del consumo de potencia en la línea.

Fuente: Autoría propia

- Visualización de tendencia de potencias.

POTENCIAS POR LINEA

| P. L1 | P. L2 | P. L3 | HORA |
|--------|--------|---------|----------|
| 124,6 | 0 | 124,6 | 0:00:00 |
| 62,15 | 0 | 62,15 | 1:00:00 |
| 74,94 | 0 | 74,94 | 2:00:00 |
| 62,3 | 0 | 62,3 | 3:00:00 |
| 86,66 | 0 | 86,66 | 4:00:00 |
| 150 | 0 | 150 | 5:00:00 |
| 149,52 | 0 | 149,52 | 6:00:00 |
| 199,84 | 3122,5 | 3322,34 | 7:00:00 |
| 210,97 | 0 | 210,97 | 8:00:00 |
| 200,16 | 0 | 200,16 | 9:00:00 |
| 201,12 | 0 | 201,12 | 10:00:00 |
| 200,32 | 0 | 200,32 | 11:00:00 |



| | | | |
|--------|------|---------|----------|
| 199,2 | 0 | 199,2 | 12:00:00 |
| 186,9 | 0 | 186,9 | 13:00:00 |
| 198,4 | 0 | 198,4 | 14:00:00 |
| 185,85 | 0 | 185,85 | 15:00:00 |
| 186,3 | 0 | 186,3 | 16:00:00 |
| 201,12 | 0 | 201,12 | 17:00:00 |
| 397,76 | 0 | 397,76 | 18:00:00 |
| 384,09 | 0 | 384,09 | 19:00:00 |
| 380,99 | 2458 | 2838,99 | 20:00:00 |
| 381,92 | 0 | 381,92 | 21:00:00 |
| 197,6 | 0 | 197,76 | 22:00:00 |
| 186,15 | 0 | 185,85 | 23:00:00 |
| | | | |
| | | | |

Figura 70. Graficas de potencias consumidas.

Fuente: Autoría propia

Para el análisis de la figura 70 se procedió a conectar los TC´s en la línea de acometida principal L3, la derivación que va a la ducha L2 y la línea de consumo interno del hogar L1. Por lo que se visualiza la potencia total en cada caso.

***Nota:** Como aporte final se procedió a instalar el tablero de medición en una industria (cartonera yaron) donde cuenta con sistema trifásico por el cual se pudo evidenciar la que el dispositivo toma mide valores reales, y en cual se verifico con un multímetro fluke true RMS.

12. ANÁLISIS DE IMPACTOS

A continuación, se procederá al detalle de los impactos en la presente propuesta tecnológica:

12.1 Impacto social

Cuando habla del impacto social se lo hace en base a los individuos que resultan beneficiados de manera directa con la implementación del sistema de monitoreo y adquisición de datos, la cual tiene un potencial enorme para fortalecer el conocimiento teórico, es decir que al

implementarse una automatización en el campo eléctrico, permite que los estudiantes y docentes fomenten una mejor comprensión en el ámbito de eficiencia energética por medio de la visualización de un HMI y su respectivo registro de datos en tiempo real, el cual se desarrolla en base a los consumos energéticos registrados en las diferentes jornadas académicas.

12.2 Impacto tecnológico

La presente propuesta tecnológica busca aprovechar al máximo el avance tecnológico en equipos eléctricos los cuales se desarrollan en base a un IoT (Internet de las Cosas), este tiene como finalidad la automatización del monitoreo y adquisición de datos mediante dispositivos electrónicos instalados a la red energética, esto ayudaría de forma eficiente y eficaz a mantener un control constante de los consumos de energía en la cámara de transformación N°1

12.3 Impacto ambiental

En este aspecto se engloba todo lo que se refiere a la contaminación ambiental, por un lado, se tiene que el sistema de monitoreo y adquisición de datos utiliza dispositivos electrónicos que no emiten ningún tipo de contaminación al medio ambiente, por otro lado, tenemos la cámara de transformación la consta de una aparamenta eléctrica diseñada específicamente para mitigar cualquier tipo de contaminación al ambiente mediante un control de operación y mantenimiento regulado.

13. PRESUPUESTO

13.1 Presupuesto

A continuación, se presenta el presupuesto necesario para desarrollar la propuesta tecnológica, se han clasificado en tres partidas: amortizaciones, gastos directos y gastos indirectos

Tabla 14. presupuesto global del proyecto

| RUBROS | TIPO DE RECURSO | | TOTAL |
|---|-----------------|------------|----------------|
| | Efectivo | En especie | |
| MATERIALES Y SUMINISTROS (Gastos Directos) | 178,47 | - | 178,47 |
| COMPRA DE EQUIPOS PARA USO DIRECTO DEL PROYECTO (Gastos Directos) | 704,465 | - | 704,465 |
| IMPREVISTOS (Gastos Indirectos) | 100,00 | - | 100,00 |
| TOTAL: | | | 982,935 |

Observación: Los tesistas aportaron con el gasto total del proyecto.

13.1.1 Tabla de amortización del proyecto

Tabla 15. Presupuesto: Amortización.

| AMORTIZACION | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| Concepto | Precio de adquisición (\$) | Vida útil (h) | Utilización (h) | Coste (\$) |
| Ordenador | 800 | 5(8760 h/año) | 180 | 15.78 \$ |
| TOTAL | | | | 15.78 \$ |
| Observación: el proyecto requiere de un computador el cual será proporcionado por la Institución, pero debido a la pandemia los tesisistas utilizaran un ordenador adquirido de forma económica. | | | | |

13.1.2 Tabla de materiales y suministros (Gastos Directos)

Tabla 16. Materiales y suministros

| Materiales | Justificación | Valor Unitario | Valor |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------|
| Riel DIN | Conexiones | 1,60 | 1,60 |
| Gabinete metálico | Estructura | 37,89 | 37,89 |
| 2 Luces piloto 24V (Roja - Verde) | Sistema de control | 1,50 | 3,00 |
| 1 Breaker de Riel 2 polos 2A | protecciones | 14,75 | 14,75 |
| 4 Borne Carril para Componente | Conexiones | 9,58 | 38,82 |
| 4 conector Transversal/Puente | Conexiones | 4,78 | 19,12 |
| 5 Bornera Fusible UT | protecciones | 6,98 | 34,90 |
| 5 Fusible de cristal 20mm 0.5A | Protecciones | 0,06 | 0,30 |
| 1 Enchufe "COOPER" Polarizado | Conexiones | 1,83 | 1,83 |
| 2 m. CABLE SUCRE 3X14 | Conexiones | 1,57 | 3,50 |
| 1 Prensa Estopa P/CABLE | Conexiones | 0,99 | 0,99 |
| 3 m. Cable concéntrico 2x18 | Conexión TC's | 0,36 | 1,07 |
| 1 Borne para Riel 6mm | Conexiones | 0,49 | 0,49 |
| 1 Borne para Riel 2,5 mm, 12AWG | Conexiones | 0,29 | 0,29 |
| 12 Borne para Riel 4mm, 10AWG | Conexiones | 0,40 | 4,82 |
| 15 m. Cable concéntrico 2x18 | Conexiones | 0,36 | 5,36 |
| 1 cinta 3M 10YDSx3/4 Verde | Protección | 0,67 | 0,67 |
| 100 terminal puntera 18 Amarillo | conexiones | 0,04 | 4,46 |

| | | | |
|--------------------|------------|------|---------------|
| 12 Tope para borne | Conexiones | 0,38 | 4,61 |
| TOTAL: | | | 178,47 |

13.1.3 Tabla de compra y uso de equipos (Gastos Directos)

Tabla 17. dispositivos principales para el sistema de adquisición de datos.

| Equipo | Justificación | Tipo de Recurso | | TOTAL |
|--|--------------------|-----------------|------------|----------------|
| | | En Efectivo | En Especie | |
| SIMATIC IoT2040 | Sistema de Control | 367,50 | - | 92,00 |
| SETRON PAC3220 | Sistema de Control | 455,00 | - | 455,00 |
| 3TC's de núcleo partido | Sistema de Control | 58,37 | - | 157,59 |
| TOTAL= | | | | 704,465 |
| Observación: debido a que la pasarela IoT será utilizada por los 4 equipos que están formando parte del macro proyecto del sistema de monitoreo el costo total del equipo ser dividido en partes iguales. | | | | |

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Una de las conclusiones de esta propuesta tecnológica es la implementación de diversos protocolos de comunicación como Modbus TCP/IP entre otros, los cuales constan con diferentes registros de conexión para la lectura y escritura de datos siendo estos los más utilizados en las industrias por su confiabilidad a lo hora de obtener resultados.
- La herramienta informática Node-RED ayudo a la realización de la interfaz gráfica por las facilidades que esta brinda, y su vez la configuración de cada uno de los nodos nos permitió realizar una correcta comunicación con un servidor web conocida como plataformas de visualización remota, las cuales están en un constante desarrollo que brinda un mejor servicio al público.
- Para la determinación de la eficiencia energética se determinó que se necesitan de los parámetros eléctricos primordiales como son: voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, frecuencia. Los cuales ayudan a determinar las características del sistema si se encuentra en funcionamiento óptimo presenta fallos.
- En el proceso de mediciones se evidencio que no existe una nomenclatura definida en los tableros, por lo que se los nombro de manera sugerente para identificar cada circuito.

- La demanda máxima en el bloque A de la UTC, en un día típico se produce a las 19:00 horas y registra un valor de 76.665 KVA, lo que representa el 25,55% de la potencia disponible del sistema, encontrando que la fase L2 cubre una mayor demanda con respecto a las otras fases.
- La demanda máxima en el bloque B de la UTC, en un día típico se produce a las 18:00 horas y registro un valor de 42.118 KVA, lo que representa el 14,039% de la potencia disponible del sistema, encontrando que la fase L1 cubre una mayor demanda con respecto a las otras fases.

Recomendaciones

- Siempre se debe de tomar en cuenta que es necesario una lectura comprensiva del manual de comunicación el medidor Pac3220 y la pasarela IoT2040, dado que los mismos presentan un registro Modbus TCP/IP lo cual ayudara a evitar que no existan inconvenientes con el sistema de datos.
- Revisar minuciosamente el estado del módulo de adquisición de datos y el tablero de distribución principal, verificando que no exista elementos ajenos y que afecten al desarrollo de las actividades de medición.
- La programación utilizada en Node-RED para la elaboración del HMI está enfocada para el uso exclusivo de adquisición de determinadas variables eléctricas, por lo que, no debe ser modificada bajo ningún concepto dado que puede provocar un mal funcionamiento del sistema.
- La interfaz hombre maquina (HMI), debe tener un panel visual de fácil entendimiento y manipulación, de tal forma que el operador u otros usuarios puedan tener el acceso al sistema sin complicaciones.
- Realizar un estudio de cargabilidad en el lado de bajo voltaje del transformador de 300KVA para evitar la saturación de este, considerando que la Universidad se encuentra en constante crecimiento y en el futuro se proyecta incorporar al sistema cargas.

15. REFERENCIAS

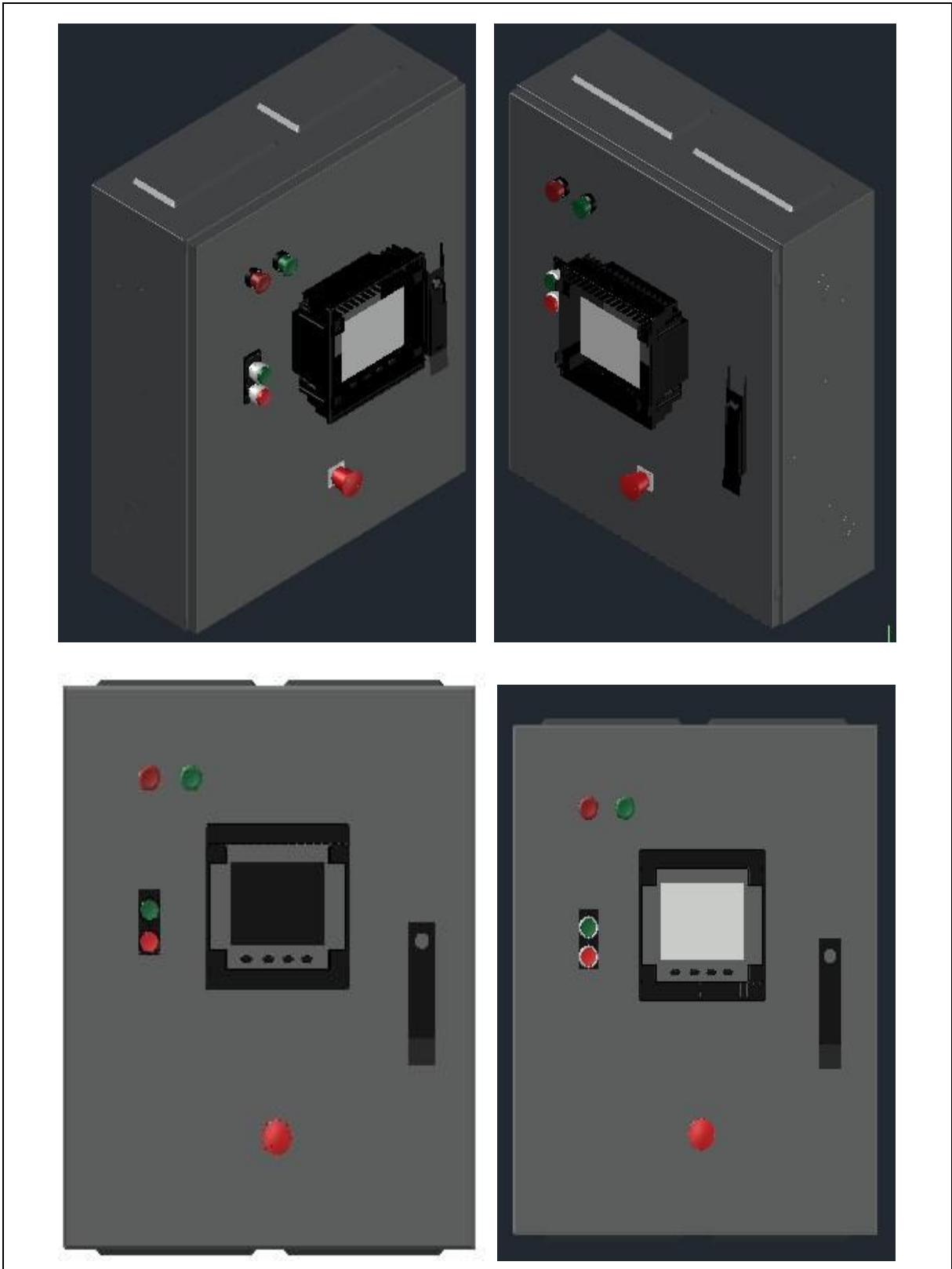
- [1] A. Torre Escudero, «Universidad del Pais Vasco,» 12 febrero 2018. [En línea]. Available: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/26011/TRABAJO%20DE%20FIN%20DE%20GRADO3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 14 agosto 2020].
- [2] S. ORTEGA FERNÁNDEZ, «Universidad del Pais Vasco,» 24 junio 2019. [En línea]. Available:

- [https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/36490/TFG_Sergio_Ortega_Fen% c3% a1ndez.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/36490/TFG_Sergio_Ortega_Fen%c3%a1ndez.pdf?sequence=2&isAllowed=y). [Último acceso: 14 agosto 2020].
- [3] A. F. SARMIENTO PAUTE, «<http://dspace.uazuay.edu.ec>,» 2020. [En línea]. Available: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9778/1/15409.pdf>. [Último acceso: 10 agosto 2020].
- [4] R. Stair y G. Reynolds, «Sistemas de Informacion,» de *Principios de sistemas de información*, Santa Fe, Cengage Learning Editores, SA , 2010, p. 708.
- [5] N. Frankel y A. Gage, «<https://www.measureevaluation.org>,» Diciembre 2015. [En línea]. Available: https://www.measureevaluation.org/resources/publications/ms-0720-es/at_download/document. [Último acceso: 9 Junio 2020].
- [6] A. Guerrero, «Configuración de Centros de Transformación,» de *INSTALACIONES DE DISTRIBUCION. Grado Medio*, MCGRAW-HILL, 2010, pp. 7- 40.
- [7] R. Capella, «Centros de Transformación MT/BT,» de *Centro de Formación Schneider*, Barcelona, Grupo Schneider, 2000, pp. 118-133.
- [8] J. C. Schallenberg Rodríguez, G. Piernavieja Izquierdo, C. Hernández Rodríguez y C. Unamunzaga Falcon, «El ahorro y la Eficiencia energética,» de *Energías renovables y eficiencia energética*, S.N., Instituto Tecnológico de Canarias, S.A, 2008, pp. 121-124.
- [9] R. M. Mujal Rosas, «Introducción a los sistemas eléctricos,» de *Calculo de líneas y redes eléctricas*, Barcelona, Edicions UPC, 2002, pp. 11-20.
- [10] Sistema Internacional de Unidades SI, «Centro Español de Metrología,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.cem.es/sites/default/files/siu8edes.pdf>. [Último acceso: 15 junio 2020].
- [11] G. Enriquez Harper, «El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales,» de *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales*, Mexico, LIMUSA, S.A., 1999, pp. 11-34.
- [12] R. Saavedra Silveir, «Instalaciones Eléctricas,» de *Instalaciones Eléctricas*, Barcelona, Ediciones CEAC, 2009, pp. 17-26.
- [13] SIEMENS, «<https://assets.new.siemens.com>,» 1 enero 2019. [En línea]. Available: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:3424fd64-1a13-4d4f-b05b5da93a1919ce/version:1566593499/lista-de-preciosindustriaecuador.pdf>. [Último acceso: 10 agosto 2020].
- [14] A. R. MOREANO ABATA, «<repositorio.espe.edu.ec>,» 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15631/1/T-ESPEL-EMI-0361.pdf>. [Último acceso: 15 septiembre 2020].
- [15] S. M. Téllez Gutiérrez, J. Rosero García y R. Céspedes Gandarillas, «<https://www.redalyc.org>,» Julio-Diciembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85259689012>. [Último acceso: 28 Julio 2020].
- [16] LOGICBUS, «<https://www.logicbus.com.mx>,» 17 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.logicbus.com.mx/blog/protocolos-de-comunicacion-industriales/>. [Último acceso: 26 Julio 2020].
- [17] NI.com, «Ingeniería Extraordinaria.com,» 05 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.ni.com/es-cr/innovations/white-papers/12/introduction-to-modbus-usinglabview.html>. [Último acceso: 24 julio 2020].
- [18] Node-RED, «Node-RED.org,» Cloudflare,Inc [US], 13 septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://nodered.org/>. [Último acceso: 19 agosto 2020].

- [19] P. Sancho, «Techege.com,» 20 abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.techedgegroup.com/es/blog/fundamentos-node-red>. [Último acceso: 2 agosto 2020].
- [20] A. R. MOREANO ABATA, «Universidad de las Fuerzas Armadas,» abril 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15631/TESPEL-EMI-0361.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 16 agosto 2020].
- [21] SIEMENS, «[https://cache.industry.siemens.com,](https://cache.industry.siemens.com)» diciembre 2019. [En línea]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/307/109767307/att_1003966/v1/MAN_L1_V30519172D-01_es_es-MX.pdf. [Último acceso: 1 agosto 2020].
- [22] J. Lopez de Benito, «[https://www.energynews.es,](https://www.energynews.es)» 19 julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.energynews.es/transformadores-de-corriente-de-nucleo-partido/>. [Último acceso: 2 agosto 2020].
- [23] SIEMENS, «[programacionsiemens.com,](http://programacionsiemens.com)» 18 octubre 2018. [En línea]. Available: <https://programacionsiemens.com/simatic-iot2040-la-pasarela-inteligente-de-siemens/>. [Último acceso: 22 julio 2020].
- [24] SIEMENS, «Industry Siemens.com,» diciembre 2019. [En línea]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/307/109767307/att_1003966/v1/MAN_L1_V30519172D-01_es_es-MX.pdf. [Último acceso: 1 agosto 2020].
- [25] A. S. Ibujés Zambonino y W. P. Rueda Flores, «[repositorio.utc.edu.ec,](http://repositorio.utc.edu.ec)» 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4036>. [Último acceso: 15 septiembre 2020].
- [26] SIEMENS, «[https://programacionsiemens.com,](https://programacionsiemens.com)» 18 octubre 2018. [En línea]. Available: <https://programacionsiemens.com/simatic-iot2040-la-pasarela-inteligentede-siemens/>. [Último acceso: 22 julio 2020].

16. ANEXOS

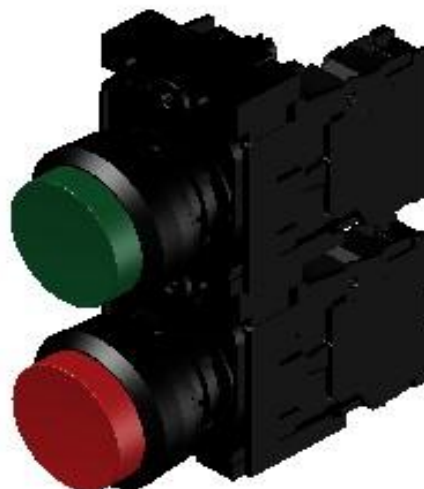
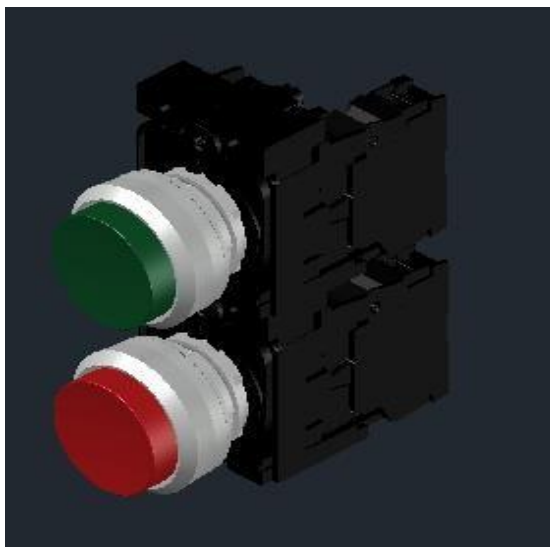
| | |
|--|------------|
| ANEXO 1: DISEÑO TABLERO DE COTROL | 1-4 |
|--|------------|



| | | |
|----------------|---------------------------------|------------|
| ANEXO 1 | DISEÑO TABLERO DE COTROL | 2-4 |
|----------------|---------------------------------|------------|

Elementos del tablero de control

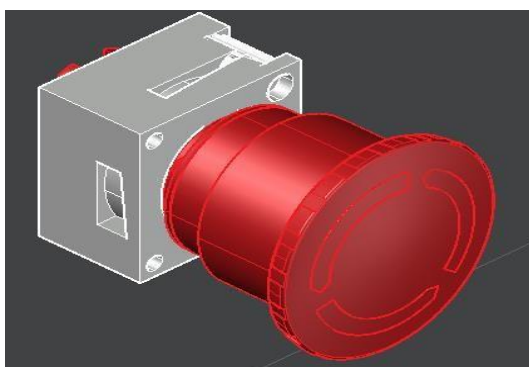
Botonera



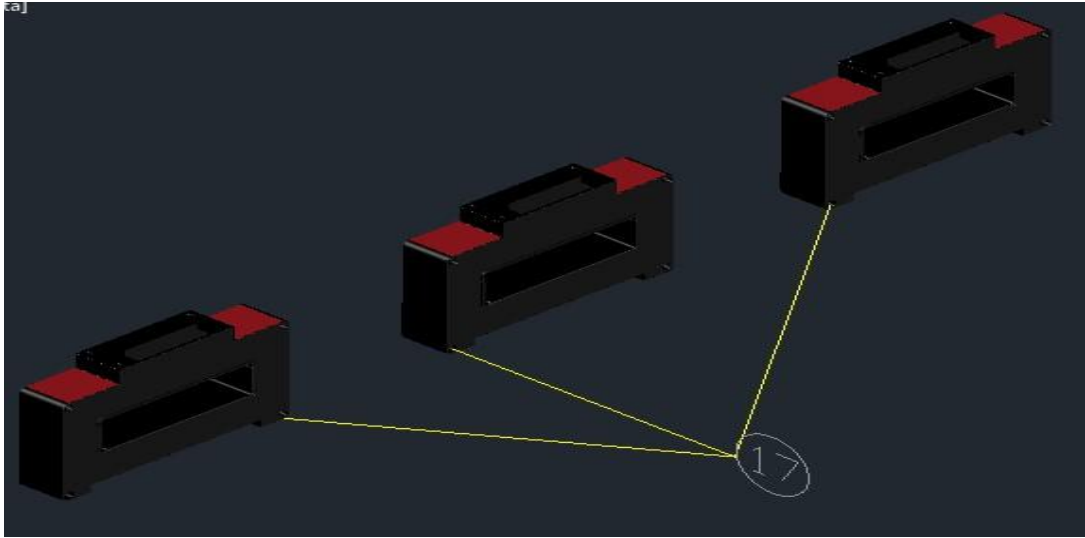
Luces Piloto



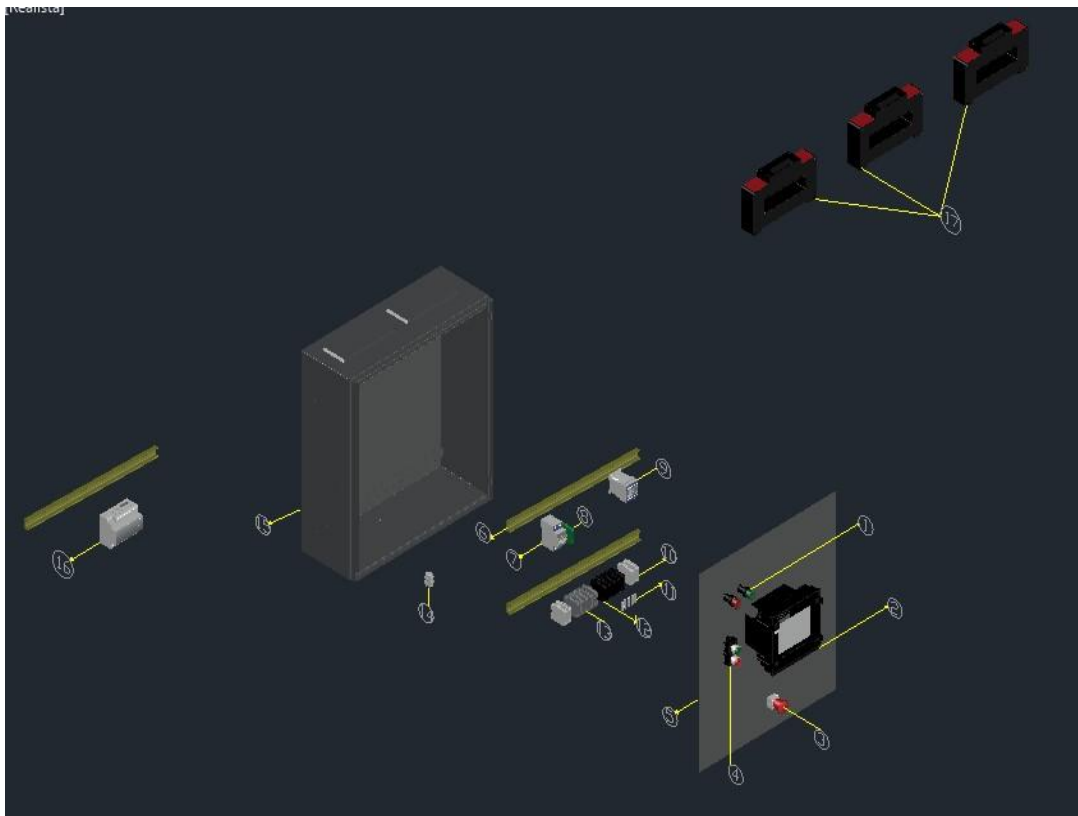
Paro de emergencia



TC's

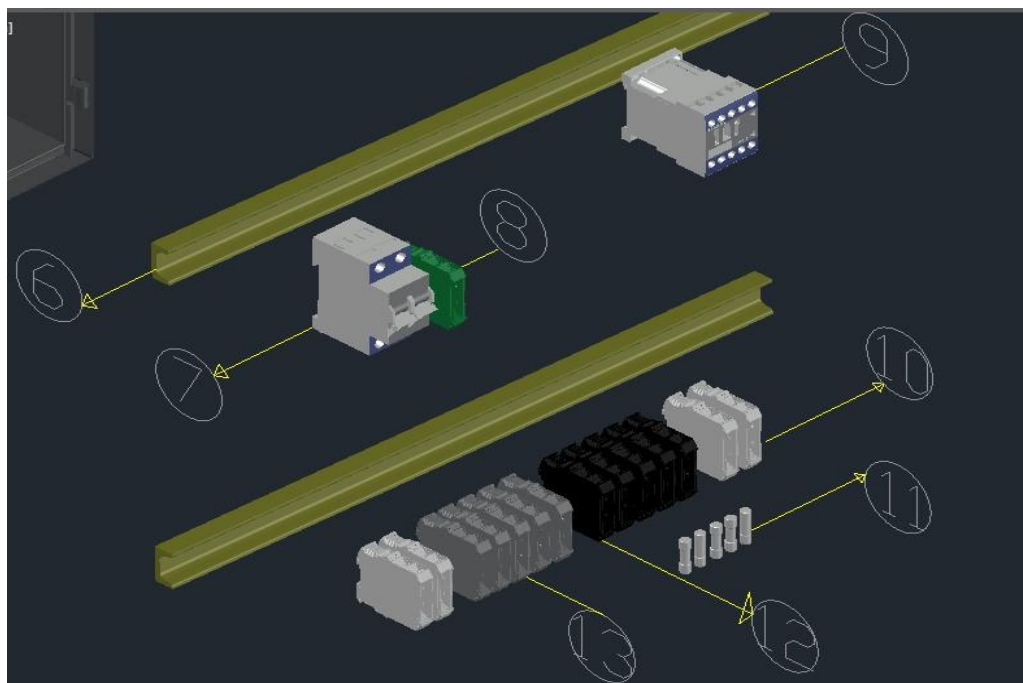


Vista general

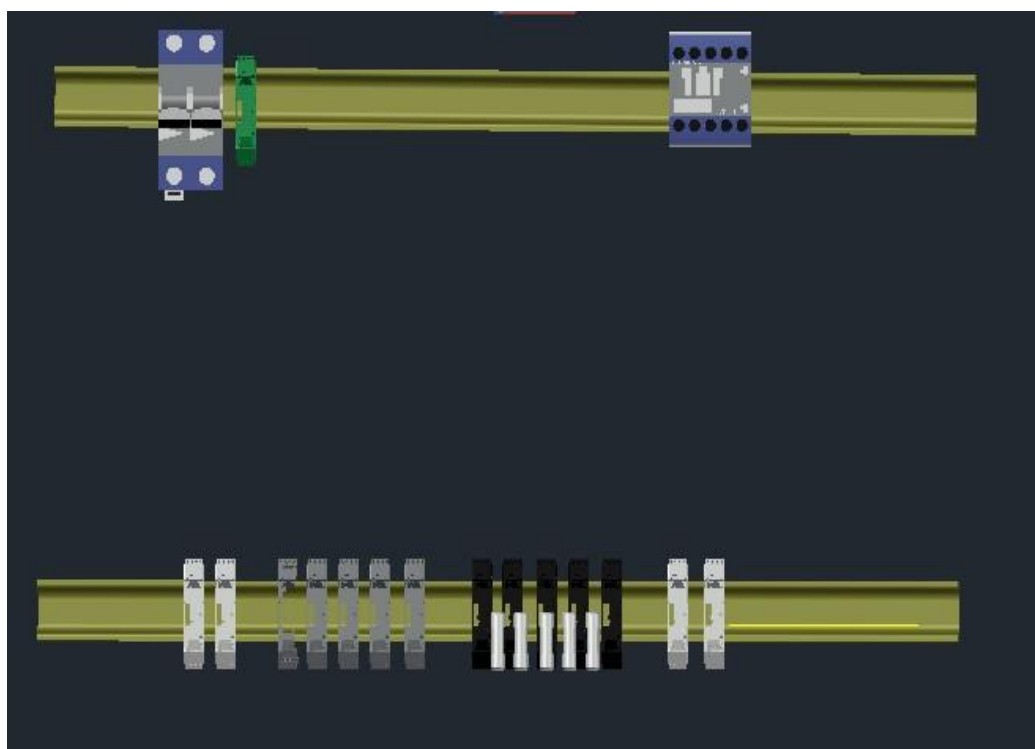


| | | |
|----------------|---------------------------------|------------|
| ANEXO 1 | DISEÑO TABLERO DE COTROL | 4-5 |
|----------------|---------------------------------|------------|

Elementos de mando



Elementos de protección





*Descripción**2.1 Características***PAC3220**

El PAC3220 dispone de dos interfaces Ethernet equivalentes con switch integrado. De esta forma es posible conectar más estaciones Ethernet a la red.

Dos interfaces de módulo de ampliación equivalentes permiten conectar hasta dos módulos de ampliación disponibles de forma opcional. Los módulos de ampliación permiten conectar el multímetro a otro sistema de bus o ampliar su funcionalidad.

El PAC3220 dispone de:

- Dos entradas digitales
- Dos salidas digitales

El número de entradas o salidas puede aumentarse mediante el uso de un módulo de ampliación disponible de forma opcional.

La parametrización puede realizarse directamente en el multímetro o a través de la interfaz de comunicación.

Medición

- Medición de todas las magnitudes eléctricas relevantes de un sistema de corriente alterna
- Adquisición de valores mínimos y máximos de todas las magnitudes
- Promediado de todos los valores medidos directamente en el dispositivo en dos niveles libremente configurables e independientes entre sí (agregación)

Contadores y valores medios (demanda) de potencia

- Varios contadores de energía totalizan la energía activa, reactiva y aparente para tarifas bajas y altas, energía importada y exportada
- Determinación y memorización del último valor medio del periodo de demanda de la potencia activa y reactiva, para la generación sencilla de perfiles de carga mediante software Periodo de demanda programable de 1 a 60 minutos
- Contador de energía diaria para la energía activa de cada día de los últimos 2 meses
- Contador de energía mensual para la energía activa de cada mes de los últimos 2 años
- Contador universal configurable para el recuento de infracciones de límites, modificaciones de estado en la entrada o salida digital, o para la indicación de la energía activa o reactiva de un generador de impulsos conectado
- Contador de horas de funcionamiento para el monitoreo del tiempo de servicio de un consumidor conectado

Visualización y manejo

- Display LCD
- Cuatro teclas de manejo con asignación de funciones variable
- LED con asignación de funciones variable

Visualización de magnitudes medidas en función del tipo de conexión

En la siguiente tabla se muestra qué magnitudes pueden indicarse en función del tipo de conexión.

Tabla 2- 2 Visualización de magnitudes medidas en función del tipo de conexión

| Magnitud | Tipo de conexión | | | | |
|------------------------------|------------------|------|-------|-------|------|
| | 3P4W | 3P3W | 3P4WB | 3P3WB | 1P2W |
| Tensión L1 | ✓ | - | ✓ | - | ✓ |
| Tensión L2 | ✓ | - | - | - | - |
| Tensión L3 | ✓ | - | - | - | - |
| Tensión L1-L2 | ✓ | ✓ | - | ✓ | - |
| Tensión L2-L3 | ✓ | ✓ | - | ✓ | - |
| Tensión L3-L1 | ✓ | ✓ | - | ✓ | - |
| Corriente L1 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Corriente L2 | ✓ | ✓ | - | ✓ | - |
| Corriente L3 | ✓ | ✓ | - | ✓ | - |
| Potencia aparente L1 | ✓ | - | ✓ | - | ✓ |
| Potencia aparente L2 | ✓ | - | - | - | - |
| Potencia aparente L3 | ✓ | - | - | - | - |
| Potencia aparente total | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Potencia activa L1 | ✓ | - | ✓ | - | ✓ |
| Potencia activa L2 | ✓ | - | - | - | - |
| Potencia activa L3 | ✓ | - | - | - | - |
| Potencia activa total | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Potencia reactiva L1 (Q1) | ✓ | - | ✓ | - | ✓ |
| Potencia reactiva L2 (Q1) | ✓ | - | - | - | - |
| Potencia reactiva L3 (Q1) | ✓ | - | - | - | - |
| Potencia reactiva total (Q1) | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Factor de potencia FP L1 | ✓ | - | ✓ | - | ✓ |
| Factor de potencia FP L2 | ✓ | - | - | - | - |
| Factor de potencia FP L3 | ✓ | - | - | - | - |

A.1.3 Magnitudes medidas Modbus con los códigos de función 0x03 y 0x04

Direccionamiento de las magnitudes medidas

Puede aplicar los códigos de función Modbus 0x03 y 0x04 a todas las magnitudes medidas listadas a continuación.

Nota

Error en caso de acceso incoherente a valores medidos

En los **accesos de lectura**, asegúrese de que concuerde el offset de inicio del registro.

En los **accesos de escritura**, asegúrese de que coincidan el offset de inicio y el número de registros.

Si un valor está formado por dos registros, un comando de lectura incluido en el segundo registro, p. ej., provoca un código de error. Cuando, p. ej., una operación de escritura termina en medio de un valor registro múltiple, el dispositivo también emite un código de error.

Tabla A-3 Significado de las abreviaturas de la columna "Acceso" en la siguiente tabla "Magnitudes medidas disponibles"

| Abreviatura | Significado |
|-------------|---|
| R | (Read), acceso de lectura |
| W | (Write), acceso de escritura |
| RW | (Read Write), acceso de lectura y escritura |

Tabla A-4 Magnitudes medidas disponibles

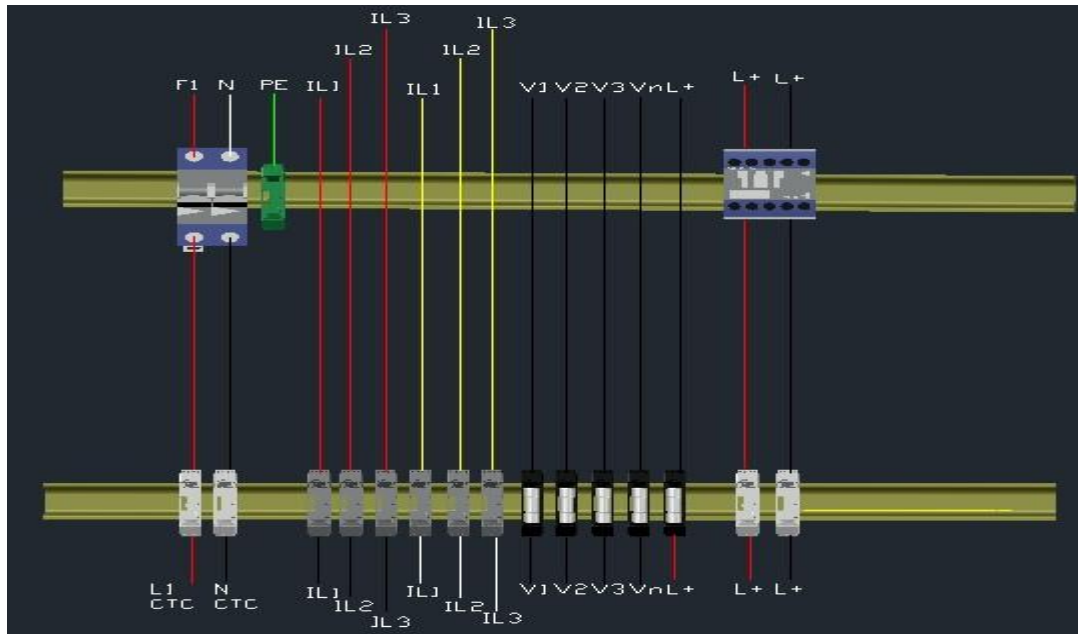
| Offset | Número de registros | Nombre | Formato | Unidad | Rango admisible | Acceso |
|--------|---------------------|----------------------|---------|--------|-----------------|--------|
| 1 | 2 | Tensión L1-N | Float | V | - | R |
| 3 | 2 | Tensión L2-N | Float | V | - | R |
| 5 | 2 | Tensión L3-N | Float | V | - | R |
| 7 | 2 | Tensión L1-L2 | Float | V | - | R |
| 9 | 2 | Tensión L2-L3 | Float | V | - | R |
| 11 | 2 | Tensión L3-L1 | Float | V | - | R |
| 13 | 2 | Corriente L1 | Float | A | - | R |
| 15 | 2 | Corriente L2 | Float | A | - | R |
| 17 | 2 | Corriente L3 | Float | A | - | R |
| 19 | 2 | Potencia aparente L1 | Float | VA | - | R |
| 21 | 2 | Potencia aparente L2 | Float | VA | - | R |
| 23 | 2 | Potencia aparente L3 | Float | VA | - | R |
| 25 | 2 | Potencia activa L1 | Float | W | - | R |

PAC3120 y PAC3220

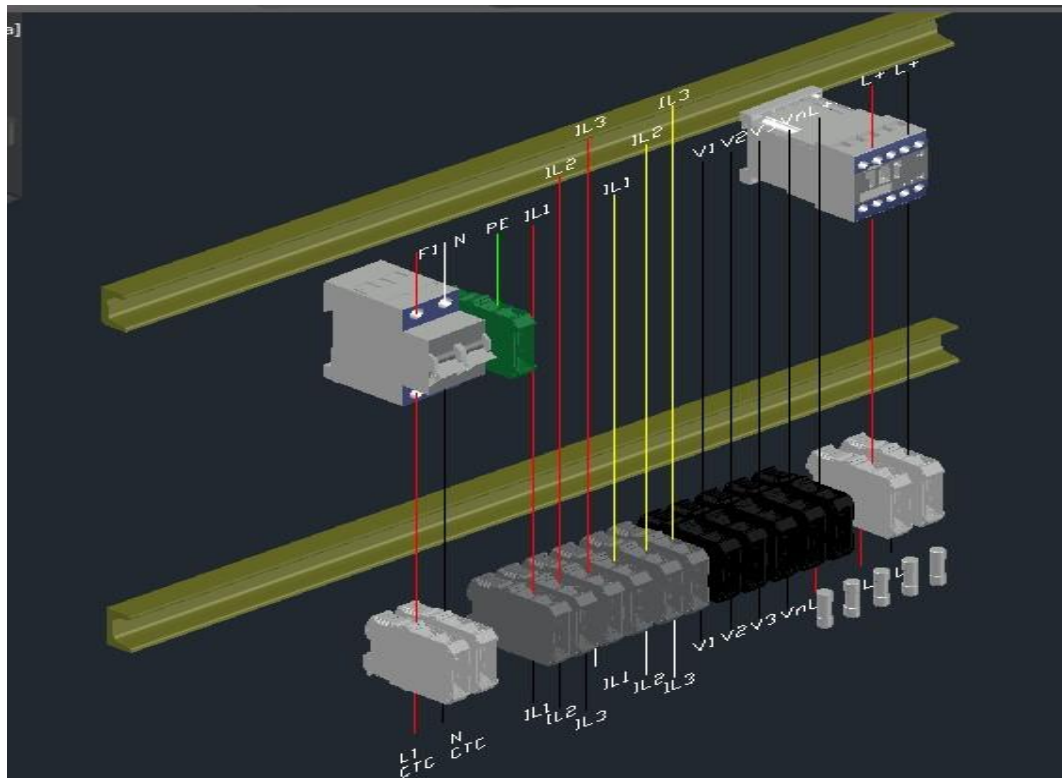
Manual de producto, 10/2019, LW305191720-01

113

Diagrama Eléctrico Sistema Cruzado



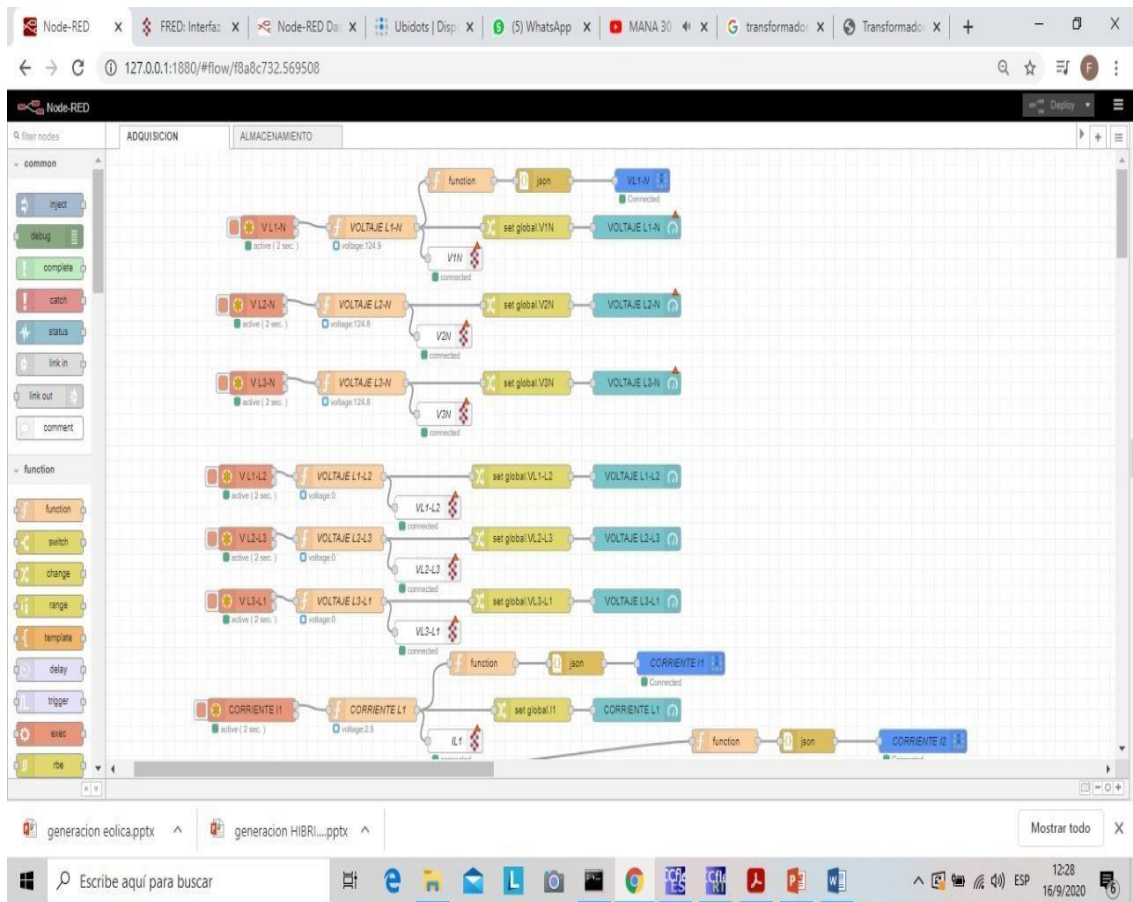
Vista lateral



| |
|---|
| ANEXO 4: PRORAMACION DE NODE RED |
|---|

| |
|------------|
| 1-1 |
|------------|

Se presenta una captura de la programación existente



El documento con el procedimiento de la programación de SIMATIC IoT2040 está disponible en el siguiente enlace

<https://www.infoplcn.net/descargas/109-siemens/comunicaciones/2847-manual-simaticiot2040-node-red>



ANEXO 6: INFORMACION DE SOBRE LEVANTAMIENTO DE CARGAS REALIZADO POR LOS TESISISTAS DE DOCUEMNTO

1-6

El sistema eléctrico de la cámara de transformación N°1 en la Universidad Técnica de Cotopaxi alimenta y provee de energía a los bloques A y B [25].

Para ello se procedió al levantamiento de cargas y planos unifilares de cada bloque para observar la tendencia de consumo y parámetros eléctricos en el sistema.

Con la ayuda de Ijujes Andrés, Rueda Walter, (2017) los cuales realizaron un levantamiento de cargas de cada bloque en la Universidad Técnica de Cotopaxi, se utilizó sus valores analizados realizados mediante un analizador de redes FLUKE 435

Distribución de los tableros del bloque A y bloque B

Desde bornes de la cámara de transformación N°1 se derivan 2 sistemas de bajo voltaje a 220Vff, denominados:

- Tablero general del bloque académico A con conductor 4/0 XLPE con una longitud de 40m tipo subterráneo
- Tablero general del bloque académico B con conductor 4/0 XLPE con una longitud de 50m tipo subterráneo

Tablero principal del bloque A.

En la **figura 8**, se observa la distribución del tablero principal del bloque A compuesto por:



La **tabla 4**, presenta los componentes del tablero principal del bloque A.

Tabla 4. Componentes del tablero principal del bloque A.

| Elemento | Detalle |
|------------------------------|---------------------|
| Breaker principal | 350 A. |
| 2 conductores para cada fase | Nº 4/0 AWG TTU. |
| 1 conductor de neutro | Nº 4/0 AWG desnudo. |
| 1 conductor de tierra | Nº 2/0 AWG. |

Distribución de cargas del bloque A.

En la **tabla 10**, se muestra la carga instalada del bloque A perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi cámara de transformación N°1, donde en cada fase se tomaron los valores de carga exigida por el sistema.

| Distribución de cargas bloque "A" | Fase | Potencia [W] | Porcentaje de carga conectado a cada fase |
|--|-------------|---------------------|--|
| Actual | A | 50.980 | 31,77% |
| | B | 58.680 | 36,57% |
| | C | 50.800 | 31,66% |

Demanda diaria requerida por el sistema del bloque A.

Para la obtención de valores se lo realizo con un analizador de redes en los días laborables de la Universidad Técnica de Cotopaxi y promediando dichos valores.

Datos de la curva de demanda diaria del bloque A:

| Hora | A [W] | B [W] | C [W] | T [W] |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0:00:00 | 2.858 | 3.308 | 3.721 | 9.887 |
| 1:00:00 | 2.828 | 3.290 | 4.224 | 10.342 |
| 2:00:00 | 2.806 | 3.282 | 4.256 | 10.344 |

| | | |
|----------------|---------------------------------|------------|
| ANEXO 6 | DISEÑO TABLERO DE COTROL | 3-6 |
|----------------|---------------------------------|------------|

| | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| 3:00:00 | 2.818 | 3.282 | 4.244 | 10.344 |
| 4:00:00 | 4.110 | 3.736 | 3.608 | 11.454 |
| 5:00:00 | 9.793 | 10.673 | 11.508 | 31.974 |
| 6:00:00 | 11.073 | 12.566 | 10.377 | 34.016 |
| 7:00:00 | 8.926 | 10.226 | 10.370 | 29.522 |
| 8:00:00 | 16.374 | 24.594 | 24.594 | 65.562 |
| 9:00:00 | 17.038 | 21.595 | 21.595 | 60.228 |
| 10:00:00 | 15.681 | 20.603 | 18.186 | 54.470 |
| 11:00:00 | 13.440 | 18.865 | 19.117 | 51.422 |
| 12:00:00 | 14.117 | 17.239 | 17.129 | 48.485 |
| 13:00:00 | 13.531 | 18.975 | 19.184 | 51.690 |
| 14:00:00 | 13.891 | 16.748 | 17.861 | 48.500 |
| 15:00:00 | 15.930 | 16.984 | 16.984 | 49.898 |
| 16:00:00 | 17.887 | 16.980 | 20.502 | 55.369 |
| 17:00:00 | 20.169 | 27.136 | 20.526 | 67.831 |
| 18:00:00 | 24.783 | 26.428 | 25.779 | 76.990 |
| 19:00:00 | 17.294 | 30.027 | 29.344 | 76.665 |
| 20:00:00 | 16.102 | 24.102 | 23.404 | 63.608 |
| 21:00:00 | 15.401 | 22.254 | 21.934 | 59.589 |
| 22:00:00 | 11.182 | 14.689 | 15.226 | 41.097 |
| 23:00:00 | 5.610 | 6.422 | 6.941 | 18.973 |

Desbalance de voltaje y corriente del bloque A

En las siguientes tablas se analiza la variación de voltaje e intensidad existentes en el momento de la demanda incrementa o disminuye en las diferentes jornadas académicas.

Datos de perfiles y desbalance de voltaje en el bloque Anexo4.

| Estado | Hora | A [V] | B [V] | C [V] | Desbalance [%] |
|----------------|---------|-------|-------|-------|----------------|
| Demanda mínima | 0:00:00 | 126 | 125 | 125 | 0,53% |

| ANEXO 6 | DISEÑO TABLERO DE COTROL | | | | 4-6 |
|------------------------------|--------------------------|-----|-----|-----|-------|
| Demanda mínima | 0:00:00 | 126 | 125 | 125 | 0,53% |
| | 1:00:00 | 125 | 125 | 125 | 0,00% |
| | 2:00:00 | 125 | 125 | 125 | 0,00% |
| | 3:00:00 | 125 | 125 | 125 | 0,00% |
| | 4:00:00 | 124 | 124 | 124 | 0,00% |
| Incremento de demanda | 5:00:00 | 121 | 122 | 122 | 0,27% |
| | 6:00:00 | 122 | 122 | 122 | 0,00% |
| | 7:00:00 | 122 | 121 | 121 | 0,55% |
| | 8:00:00 | 120 | 119 | 119 | 0,56% |
| | 9:00:00 | 120 | 119 | 118 | 0,84% |
| | 10:00:00 | 119 | 118 | 118 | 0,56% |
| Demanda media | 11:00:00 | 120 | 119 | 120 | 0,28% |
| | 12:00:00 | 121 | 121 | 121 | 0,00% |
| | 13:00:00 | 122 | 121 | 121 | 0,55% |
| | 14:00:00 | 120 | 120 | 120 | 0,00% |
| Demanda máxima | 15:00:00 | 121 | 120 | 120 | 0,55% |
| | 16:00:00 | 121 | 122 | 121 | 0,55% |
| | 17:00:00 | 122 | 121 | 121 | 0,55% |
| | 18:00:00 | 122 | 121 | 121 | 0,55% |
| | 19:00:00 | 121 | 118 | 118 | 1,68% |
| | 20:00:00 | 122 | 122 | 121 | 0,27% |

| | | | | | |
|------------------------------|----------|-----|-----|-----|-------|
| Decremento de demanda | 21:00:00 | 124 | 124 | 124 | 0,00% |
| | 22:00:00 | 124 | 124 | 124 | 0,00% |
| | 23:00:00 | 124 | 125 | 125 | 0,27% |

| | | |
|----------------|---------------------------------|------------|
| ANEXO 6 | DISEÑO TABLERO DE COTROL | 5-6 |
|----------------|---------------------------------|------------|

Datos de perfiles y desbalance de corriente en el bloque A; Anexo 5.

| Estado | Hora | A [A] | B [A] | C [A] | T [A] | Desbalance [%] |
|------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| Demanda mínima | 0:00:00 | 25 | 34 | 38 | 97 | 17,53% |
| | 1:00:00 | 23 | 34 | 37 | 94 | 18,09% |
| | 2:00:00 | 24 | 34 | 38 | 96 | 18,75% |
| | 3:00:00 | 23 | 34 | 38 | 95 | 20,00% |
| | 4:00:00 | 26 | 33 | 33 | 92 | 7,61% |
| Incremento de demanda | 5:00:00 | 86 | 95 | 103 | 284 | 8,80% |
| | 6:00:00 | 100 | 111 | 91 | 302 | 10,26% |
| | 7:00:00 | 78 | 90 | 91 | 259 | 5,41% |
| | 8:00:00 | 146 | 222 | 184 | 552 | 20,65% |
| | 9:00:00 | 154 | 194 | 194 | 542 | 7,38% |
| | 10:00:00 | 151 | 170 | 170 | 491 | 3,87% |
| Demanda media | 11:00:00 | 172 | 161 | 190 | 523 | 8,99% |
| | 12:00:00 | 125 | 158 | 154 | 437 | 8,47% |
| | 13:00:00 | 119 | 171 | 187 | 477 | 17,61% |
| | 14:00:00 | 123 | 160 | 186 | 469 | 18,98% |
| Demanda máxima | 15:00:00 | 142 | 152 | 152 | 446 | 2,24% |
| | 16:00:00 | 159 | 152 | 184 | 495 | 11,52% |
| | 17:00:00 | 175 | 244 | 190 | 609 | 20,20% |
| | 18:00:00 | 220 | 234 | 229 | 683 | 2,78% |
| | 19:00:00 | 207 | 252 | 209 | 668 | 13,17% |
| | 20:00:00 | 141 | 197 | 204 | 542 | 12,92% |
| Decremento de demanda | 21:00:00 | 135 | 190 | 172 | 497 | 14,69% |
| | 22:00:00 | 106 | 125 | 131 | 362 | 8,56% |
| | 23:00:00 | 48 | 55 | 59 | 162 | 9,26% |

ANEXO 6

DATOS DEL TABLERO PRINCIPAL BLOQUE A

6-6

Protecciones de los tableros y subtableros del bloque A

El presente análisis tiene como información los diagramas unifilares realizados por cada tablero de protección para verificar su adecuado dimensionamiento y calibre de conductor.

| Tablero / Carga | Protección | Calibre | de [A] | Potencia [W] | Corriente [A] |
|-----------------|--------------|----------|-----------|-----------------|------------------|
| SLPB | 3X100 | 6 | 75 | 18700 | 64,57 |
| I DEP L | 1X20 | 12 | 30 | 1700 | 17,61 |
| I BIBLIO 1 | 1X20 | 12 | 30 | 1300 | 13,47 |
| I BIBLIO 2 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| I BIBLIO 3 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| I BIBLIO 4 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| I BIBLIO 5 | 1X20 | 12 | 30 | 1000 | 10,36 |
| I BIBLIO 6 | 1X20 | 12 | 30 | 600 | 6,22 |
| T BIBLIO 1 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| T BIBLIO 2 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| T DEP LIB | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| T BIBLIO 1 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| T BIBLIO 2 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| T BIBLIO 3 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| T BIBLIO 4 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| ALPB | 3X75 | 6 | 75 | 5800 | 20,03 |
| I General | 1X20 | 12 | 30 | 1100 | 11,4 |
| I RECT | 1X20 | 12 | 30 | 1100 | 11,4 |
| I EXTERIOR | 1X20 | 12 | 30 | 800 | 8,29 |
| T ATEN P | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| T RECT | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |

| | | | | | |
|-------------|-------------|----------|-----------|--------------|--------------|
| OIPB | 3X75 | 6 | 75 | 15200 | 52,49 |
| I SEC VR | 1X20 | 12 | 30 | 800 | 8,29 |
| I VICER | 1X20 | 12 | 30 | 800 | 8,29 |
| T SEC VR | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |

| | | | | | | |
|----------|------|----|----|------|-------|--|
| T VICE R | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 | |
|----------|------|----|----|------|-------|--|

| | | | | | |
|-------------|--------------|----------|-----------|--------------|--------------|
| I DIR CCHH | 1X20 | 12 | 30 | 1600 | 16,58 |
| I SEC CCHH | 1X20 | 12 | 30 | 1600 | 16,58 |
| T DIR CCHH | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| T SEC CCHH | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| BVPB | 3X100 | 6 | 75 | 12300 | 42,47 |
| I LAB SIS 1 | 1X20 | 12 | 30 | 800 | 8,29 |
| I LAB SIS 2 | 1X20 | 12 | 30 | 800 | 8,29 |
| T LAB SIS 1 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| T LAB SIS 2 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| T LAB SIS 3 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| T LAB SIS 4 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| I H0 | 1X20 | 12 | 30 | 1300 | 13,47 |
| I P01 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| I P02 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I P03 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| IMPB | 3X75 | 6 | 75 | 7900 | 27,28 |
| I CENTRO CF | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| I PROCUR. | 1X20 | 12 | 30 | 1000 | 10,36 |
| I SECRE. G | 1X20 | 12 | 30 | 1000 | 10,36 |
| T CENTRO | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T SECRE. G. | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T PROCUR. | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| APA1 | 3X125 | 6 | 75 | 21440 | 74,03 |
| I A1 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A2 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A3 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |

| | | | | | |
|-------------|--------------|----------|-----------|--------------|--------------|
| I A4 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A5 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A6 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A7 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A8 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A9 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A10 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I H1 | 1X20 | 12 | 30 | 1300 | 13,47 |
| I P11 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| I P12 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I P13 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| I P14 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| T A 1-2 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T A 3-5 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T A 6-8 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T A 9-10 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| SC1 1P | 1X32 | 8 | 55 | 1000 | 10,36 |
| SC2 1P | 1X32 | 8 | 55 | 1200 | 12,43 |
| APA2 | 3X125 | 6 | 75 | 21440 | 74,03 |
| I A11 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A12 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A13 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A14 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A15 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A16 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A17 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A18 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A19 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A20 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I H2 | 1X20 | 12 | 30 | 1300 | 13,47 |
| I P21 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| I P22 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I P23 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| I P24 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| T A 11-12 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T A 13-15 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T A 16-18 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T A 19-20 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| SC1 2P | 1X32 | 8 | 55 | 1000 | 10,36 |

| | | | | | |
|-----------------|--------------|----------|-----------|--------------|--------------|
| SC2 2P | 1X32 | 8 | 55 | 1200 | 12,43 |
| APA3 | 3X125 | 6 | 75 | 22740 | 78,52 |
| I A21 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A22 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A23 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A24 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A25 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A26 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A27 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A28 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A29 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I A30 | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I H3 | 1X20 | 12 | 30 | 1200 | 12,43 |
| I P31 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| I P32 | 1X20 | 12 | 30 | 700 | 7,25 |
| I P33 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| I P34 | 1X20 | 12 | 30 | 1200 | 12,43 |
| I FOYER | 1X20 | 12 | 30 | 1200 | 12,43 |
| T A 21-22 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T A 23-25 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T A 26-28 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T A 29-30 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| SC1 3P | 1X32 | 8 | 55 | 1000 | 10,36 |
| SC2 3P | 1X32 | 8 | 55 | 1200 | 12,43 |
| M1PA | 3X40 | 6 | 75 | 8500 | 29,35 |
| I HALL INF. | 1X20 | 12 | 30 | 2000 | 20,72 |
| T GEN M | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| I MULTIPLE | 1X20 | 12 | 30 | 1200 | 12,43 |
| I MULTIPLE 2 | 1X20 | 12 | 30 | 1200 | 12,43 |
| I HALL SUP 1 | 1X20 | 12 | 30 | 1200 | 12,43 |
| I HALL SUP 2 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |

| | | | | | |
|-------------|--------------|----------|-----------|--------------|--------------|
| APA4 | 3X125 | 6 | 75 | 25440 | 87,85 |
| I S MULT | 1X20 | 12 | 30 | 2000 | 20,72 |
| I S CINE | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |

| | | | | | |
|----------------|-------------|----------|-----------|-------------|--------------|
| I S DEF | 1X20 | 12 | 30 | 900 | 9,32 |
| I LAB CS | 1X20 | 12 | 30 | 1600 | 16,58 |
| I LAB PARV | 1X20 | 12 | 30 | 1600 | 16,58 |
| I LAB EB | 1X20 | 12 | 30 | 1600 | 16,58 |
| I LAB SECRE | 1X20 | 12 | 30 | 1600 | 16,58 |
| I H4 | 1X20 | 12 | 30 | 1200 | 12,43 |
| I P41 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| I P42 | 1X20 | 12 | 30 | 700 | 7,25 |
| I P43 | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| I P44 | 1X20 | 12 | 30 | 1200 | 12,43 |
| I FOYER | 1X20 | 12 | 30 | 1200 | 12,43 |
| APASM | 1X40 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T LAB CS | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T LAB PAR | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T LAB EB | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| T LAB SECRE | 1X20 | 12 | 30 | 1500 | 15,54 |
| SC1 4P | 1X32 | 8 | 55 | 1000 | 10,36 |
| SC2 4P | 1X32 | 8 | 55 | 1200 | 12,43 |
| APASM | 3X40 | 8 | 55 | 5600 | 19,34 |
| T A MULT 1 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| T A MULT 2 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| T A MULT 3 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |

| | | | | | |
|------------|------|----|----|------|------|
| T A MULT 4 | 1X20 | 12 | 30 | 1400 | 14,5 |
| | | | | | |

| | | |
|----------------|--|------------|
| ANEXO 6 | DATOS DEL TABLERO PRINCIPAL BLOQUE B. | 1-4 |
|----------------|--|------------|

En la **figura 7**, se observa la distribución del tablero principal del bloque B compuesto por:

Figura 7. Tablero principal del bloque B.



Tabla 3. Componentes del tablero principal del bloque B.

| Elemento | Detalle |
|------------------------------|---------------------|
| Breaker principal | 350 A. |
| 2 conductores para cada fase | Nº 4/0 AWG TTU. |
| 1 conductor de neutro | Nº 4/0 AWG desnudo. |
| 1 conductor de tierra | Nº 2/0 AWG. |

Distribución de cargas del bloque B.

En la tabla se muestra la carga instalada del bloque B perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi cámara de transformación N°1, donde en cada fase se tomaron los valores de carga exigida por el sistema.

| | | |
|----------------|--|------------|
| ANEXO 6 | Datos del tablero principal del bloque B. | 2-4 |
|----------------|--|------------|

| Distribución de cargas bloque "B" | Fase | Potencia [W] | Porcentaje de carga conectado a cada fase |
|-----------------------------------|------|--------------|---|
| Actual | A | 46.700 | 41,08% |
| | B | 32.899 | 28,94% |
| | C | 34.070 | 29,97% |

Desbalance de voltaje y corriente del bloque B

En las siguientes tablas se analiza la variación de voltaje e intensidad existentes en el momento de la demanda incrementa o disminuye en las diferentes jornadas académicas.

Resumen de las mediciones de voltaje del tablero principal del bloque B.

| Escenario | HORAS | | FASE | VOLTAJE (V) | | |
|-----------------------|----------|----------|------|-------------|----------|--------|
| | INICIO | FIN | | Máximo | Promedio | Mínimo |
| Demanda mínima | 0:00:00 | 6:00:00 | A | 127,00 | 123,86 | 120,00 |
| | | | B | 126,00 | 124,14 | 120,00 |
| | | | C | 126,00 | 123,57 | 120,00 |
| Incremento de demanda | 6:00:00 | 9:00:00 | A | 123,00 | 120,67 | 118,00 |
| | | | B | 124,00 | 121,33 | 118,00 |
| | | | C | 124,00 | 121,33 | 118,00 |
| Demanda media | 9:00:00 | 14:00:00 | A | 123,00 | 120,60 | 118,00 |
| | | | B | 124,00 | 121,60 | 117,00 |
| | | | C | 124,00 | 121,60 | 117,00 |
| Demanda máxima | 14:00:00 | 20:00:00 | A | 124,00 | 121,17 | 119,00 |
| | | | B | 124,00 | 122,00 | 119,00 |
| | | | C | 125,00 | 121,67 | 119,00 |
| Decremento de demanda | 20:00:00 | 0:00:00 | A | 126,00 | 124,67 | 123,00 |
| | | | B | 126,00 | 124,33 | 123,00 |
| | | | C | 126,00 | 124,00 | 122,00 |

| | | |
|----------------|--|------------|
| ANEXO 6 | Datos del tablero principal del bloque B. | 3-4 |
|----------------|--|------------|

Datos de perfiles y desbalance de voltaje en el bloque B

| Estado | Hora | A [V] | B [V] | C [V] | Desbalance [%] |
|------------------------------|----------|-------|-------|-------|----------------|
| Demanda mínima | 0:00:00 | 126 | 126 | 124 | 0,53% |
| | 1:00:00 | 124 | 124 | 124 | 0,00% |
| | 2:00:00 | 124 | 125 | 124 | 0,54% |
| | 3:00:00 | 124 | 124 | 124 | 0,00% |
| | 4:00:00 | 124 | 124 | 124 | 0,00% |
| | 5:00:00 | 122 | 123 | 122 | 0,54% |
| | 6:00:00 | 123 | 123 | 123 | 0,00% |
| Incremento de demanda | 7:00:00 | 122 | 122 | 122 | 0,00% |
| | 8:00:00 | 120 | 121 | 121 | 0,28% |
| | 9:00:00 | 120 | 121 | 121 | 0,28% |
| Demanda media | 10:00:00 | 120 | 120 | 119 | 0,28% |
| | 11:00:00 | 119 | 122 | 121 | 1,10% |
| | 12:00:00 | 121 | 121 | 123 | 1,10% |
| | 13:00:00 | 122 | 123 | 123 | 0,27% |
| | 14:00:00 | 121 | 122 | 122 | 0,27% |
| Demanda máxima | 15:00:00 | 121 | 122 | 121 | 0,55% |
| | 16:00:00 | 120 | 121 | 121 | 0,28% |
| | 17:00:00 | 122 | 123 | 122 | 0,54% |
| | 18:00:00 | 121 | 121 | 121 | 0,00% |
| | 19:00:00 | 121 | 122 | 122 | 0,27% |
| | 20:00:00 | 122 | 123 | 123 | 0,27% |
| Decremento de demanda | 21:00:00 | 124 | 124 | 123 | 0,27% |
| | 22:00:00 | 125 | 124 | 124 | 0,54% |
| | 23:00:00 | 125 | 125 | 125 | 0,00% |

Datos de perfiles y desbalance de corriente en el bloque B

| Estado | Hora | A | B | C | T | Desbalance |
|------------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|------------|
| Demanda mínima | 0:00:00 | 20 | 11 | 11 | 42 | 42,86% |
| | 1:00:00 | 20 | 11 | 11 | 42 | 42,86% |
| | 2:00:00 | 20 | 11 | 11 | 42 | 42,86% |
| | 3:00:00 | 20 | 12 | 12 | 44 | 36,36% |
| | 4:00:00 | 20 | 12 | 12 | 44 | 36,36% |
| | 5:00:00 | 20 | 12 | 12 | 44 | 36,36% |
| Incremento de demanda | 6:00:00 | 22 | 16 | 20 | 58 | 13,79% |
| | 7:00:00 | 51 | 40 | 39 | 130 | 17,69% |
| | 8:00:00 | 91 | 61 | 65 | 217 | 25,81% |
| Demanda media | 9:00:00 | 101 | 79 | 72 | 252 | 20,24% |
| | 10:00:00 | 101 | 76 | 76 | 253 | 19,76% |
| | 11:00:00 | 103 | 60 | 62 | 225 | 37,33% |
| | 12:00:00 | 91 | 56 | 70 | 217 | 25,81% |
| | 13:00:00 | 99 | 60 | 63 | 222 | 33,78% |
| Demanda máxima | 14:00:00 | 108 | 75 | 77 | 260 | 24,62% |
| | 15:00:00 | 110 | 88 | 88 | 286 | 15,38% |
| | 16:00:00 | 112 | 81 | 82 | 275 | 22,18% |
| | 17:00:00 | 94 | 75 | 90 | 259 | 8,88% |
| | 18:00:00 | 131 | 115 | 118 | 364 | 7,97% |
| | 19:00:00 | 118 | 119 | 123 | 360 | 2,50% |
| Decremento de demanda | 20:00:00 | 112 | 106 | 102 | 320 | 5,00% |
| | 21:00:00 | 102 | 90 | 86 | 278 | 10,07% |
| | 22:00:00 | 43 | 66 | 64 | 173 | 14,45% |
| | 23:00:00 | 19 | 15 | 15 | 49 | 16,33% |

| Protecciones de los tableros y subtableros del bloque B | | | | | |
|---|-------------------|----------------|-------------------------------|---------------------|----------------------|
| El presente análisis tiene como información los diagramas unifilares realizados por cada tablero de protección para verificar su adecuado dimensionamiento y calibre de conductor | | | | | |
| Tablero / Carga | Protección | Calibre | Capacidad de cable [A] | Potencia [W] | Corriente [A] |
| BAPA | 1X100 | 6 | 75.00 | 15000 | 51.80 |
| BPBP | 3X60 | 6 | 75.00 | 11629 | 40.16 |
| H0 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 1023 | 10.60 |
| P0-1 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 867 | 8.98 |
| P0-2 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 1071 | 11.10 |
| As I | 1X20 | 14 | 25.00 | 960 | 9.95 |
| FEUE - FI | 1X20 | 14 | 25.00 | 408 | 4.23 |
| FEUE - FT | 1X20 | 12 | 30.00 | 1200 | 12.43 |
| As T | 1X20 | 12 | 30.00 | 1100 | 11.40 |
| Lab 1 V | 2X20 | 12 | 30.00 | 1000 | 10.36 |
| Lab 2 V | 2X20 | 12 | 30.00 | 1000 | 10.36 |
| Lav 3 V | 2X20 | 12 | 30.00 | 1000 | 10.36 |
| Lab 4 V | 2X20 | 12 | 30.00 | 1000 | 10.36 |
| Lav 5 V | 2X20 | 12 | 30.00 | 1000 | 10.36 |
| BIPB | 3X60 | 6 | 75.00 | 12534 | 43.28 |
| Lab 5 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 1017 | 10.54 |
| Lab 4 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 1017 | 10.54 |
| Lab 5 T1 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| Lab 5 T2 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| Lab 5 T3 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| Lab 5 T4 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| Lab 5 T5 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| Lab 4 T1 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| Lab 4 T2 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| Lab 4 T3 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| Lab 4 T4 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| Lab 4 T5 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| BCPB | 3X60 | 6 | 75.00 | 11334 | 39.14 |
| Lab 1 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 1017 | 10.54 |
| Lab 2 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 1017 | 10.54 |
| Lab 1 T1 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1200 | 12.43 |
| Lab 1 T2 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1200 | 12.43 |

| |
|--|
| |
|--|

| | | | | | |
|-------------|-------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| Lab 1 T3 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1200 | 12.43 |
| Lab 1 T4 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1200 | 12.43 |
| Lab 2 T1 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1200 | 12.43 |
| Lab 2 T2 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1200 | 12.43 |
| Lab 2 T3 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| Lab 2 T4 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| BLPB | 3X60 | 6 | 75.00 | 7152 | 24.70 |
| Lab 3 I2 | 1X20 | 12 | 30.00 | 1152 | 11.94 |
| Lab 3 T1 | 1X20 | 12 | 30.00 | 900 | 9.32 |
| Lab 3 T2 | 1X20 | 12 | 30.00 | 900 | 9.32 |
| Lab 3 T3 | 1X20 | 12 | 30.00 | 900 | 9.32 |
| Lab 3 T4 | 1X20 | 12 | 30.00 | 900 | 9.32 |
| Lab 3 T5 | 1X32 | 12 | 30.00 | 1500 | 15.54 |
| Lab 3 T6 | 1X20 | 12 | 30.00 | 900 | 9.32 |
| BPA1 | 3X75 | 6 | 75.00 | 17183 | 59.33 |
| H1 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 921 | 9.54 |
| P1-1 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 969 | 10.04 |
| P1-2 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 1122 | 11.62 |
| A1 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A2 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A3 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A4 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A5 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A6 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A7 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A8 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| Sec C I | 1X20 | 14 | 25.00 | 459 | 4.76 |
| A1-2 T | 1X20 | 12 | 30.00 | 1100 | 11.40 |
| A3-4 T | 1X20 | 12 | 30.00 | 800 | 8.29 |
| Sec C T | 1X20 | 12 | 30.00 | 1500 | 15.54 |
| A5-6 T | 1X20 | 12 | 30.00 | 900 | 9.32 |
| A7-8 T | 1X20 | 12 | 30.00 | 700 | 7.25 |

| | | | | | |
|-------------|-------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| SC1 1P | 1X32 | 8 | 55.00 | 800 | 8.29 |
| SC2 1P | 1X32 | 8 | 55.00 | 1000 | 10.36 |
| BPA2 | 3X75 | 6 | 75.00 | 19330 | 66.75 |
| H2 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 937 | 9.71 |
| P2-1 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 1020 | 10.57 |
| P2-2 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 1020 | 10.57 |
| A9 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |

| | | | | | |
|-------------|--------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| A10 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A11 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A12 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A13 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 960 | 9.95 |
| A14 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A15 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A16 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A17 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A18 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A19 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A9-10 T | 1X20 | 12 | 30.00 | 1000 | 10.36 |
| A11-14 T | 1X20 | 12 | 30.00 | 1200 | 12.43 |
| A15-17 T | 1X20 | 12 | 30.00 | 1353 | 14.02 |
| A18-19 T | 1X20 | 12 | 30.00 | 1000 | 10.36 |
| SC1 2P | 1X32 | 8 | 55.00 | 1000 | 10.36 |
| SC2 2P | 1X32 | 8 | 55.00 | 1200 | 12.43 |
| BPA3 | 3X100 | 6 | 75.00 | 28907 | 99.82 |
| COOR I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| H3 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 837 | 8.67 |
| P3-1 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 969 | 10.04 |
| P3-2 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 816 | 8.45 |
| A20 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A21 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| SD TC1 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A22 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A23 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A24 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |

| | | | | | |
|-----------|------|----|-------|------|-------|
| SD TC2 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A25 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| A26 I | 1X20 | 14 | 25.00 | 645 | 6.68 |
| CHG I | 1X20 | 14 | 25.00 | 864 | 8.95 |
| SD3 20 CR | 1X20 | 12 | 30.00 | 1250 | 12.95 |
| A21-22 T | 1X20 | 12 | 30.00 | 1500 | 15.54 |
| A23-25 T | 1X20 | 12 | 30.00 | 1850 | 19.17 |
| CH-A26 T | 1X20 | 12 | 30.00 | 800 | 8.29 |
| SC1 3P | 1X32 | 8 | 55.00 | 1000 | 10.36 |
| SC2 3P | 1X32 | 8 | 55.00 | 1200 | 12.43 |
| BSD1 | 2X50 | 6 | 75.00 | 4900 | 50.77 |
| BSD2 | 2X50 | 6 | 75.00 | 4500 | 46.62 |

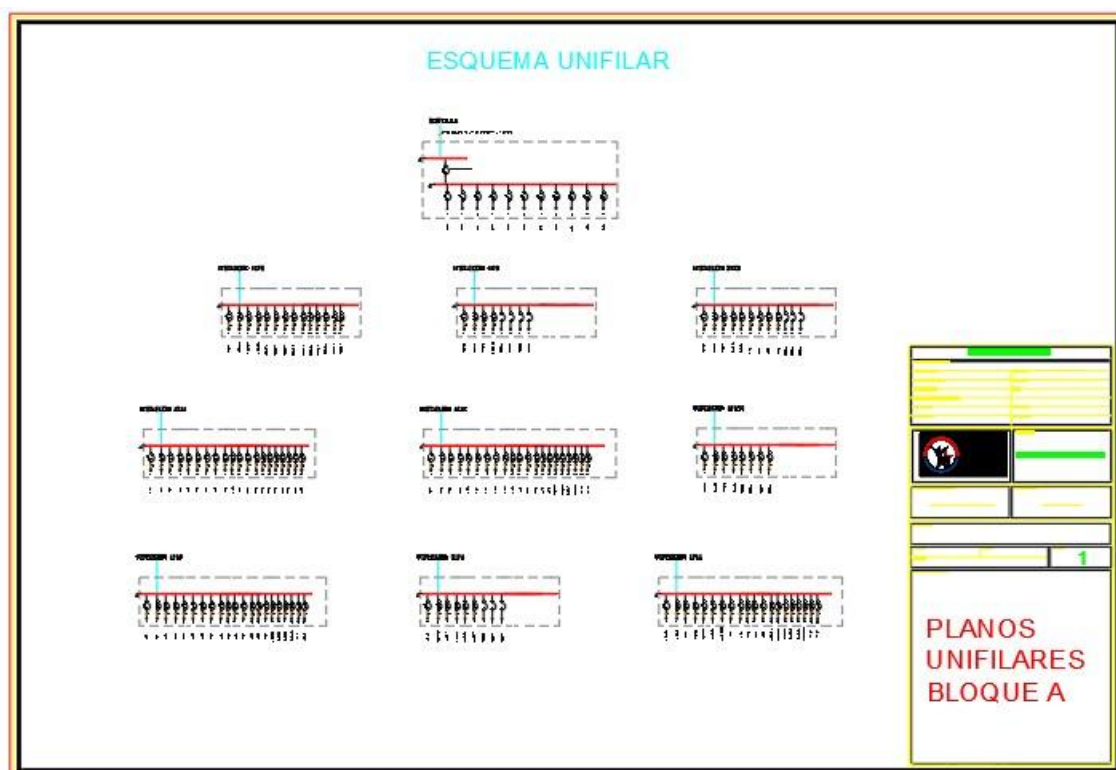
| | | | | | |
|-------------|-------------|----------|--------------|-------------|--------------|
| BSD1 | 2X50 | 6 | 75.00 | 4900 | 16.92 |
| SD1 T1 | 1X32 | 12 | 30.00 | 900 | 9.32 |
| SD1 T2 | 1X32 | 12 | 30.00 | 1000 | 10.36 |
| SD1 T3 | 1X32 | 12 | 30.00 | 1000 | 10.36 |
| SD1 T4 | 1X32 | 12 | 30.00 | 900 | 9.32 |
| SD1 T5 | 1X32 | 12 | 30.00 | 1100 | 11.40 |
| BSD2 | 2X50 | 6 | 75.00 | 4500 | 15.54 |
| SD2 T1 | 1X32 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| SD2 T2 | 1X32 | 12 | 30.00 | 1250 | 12.95 |
| SD2 T3 | 1X32 | 12 | 30.00 | 1050 | 10.88 |
| SD2 T4 | 1X32 | 12 | 30.00 | 1150 | 11.91 |



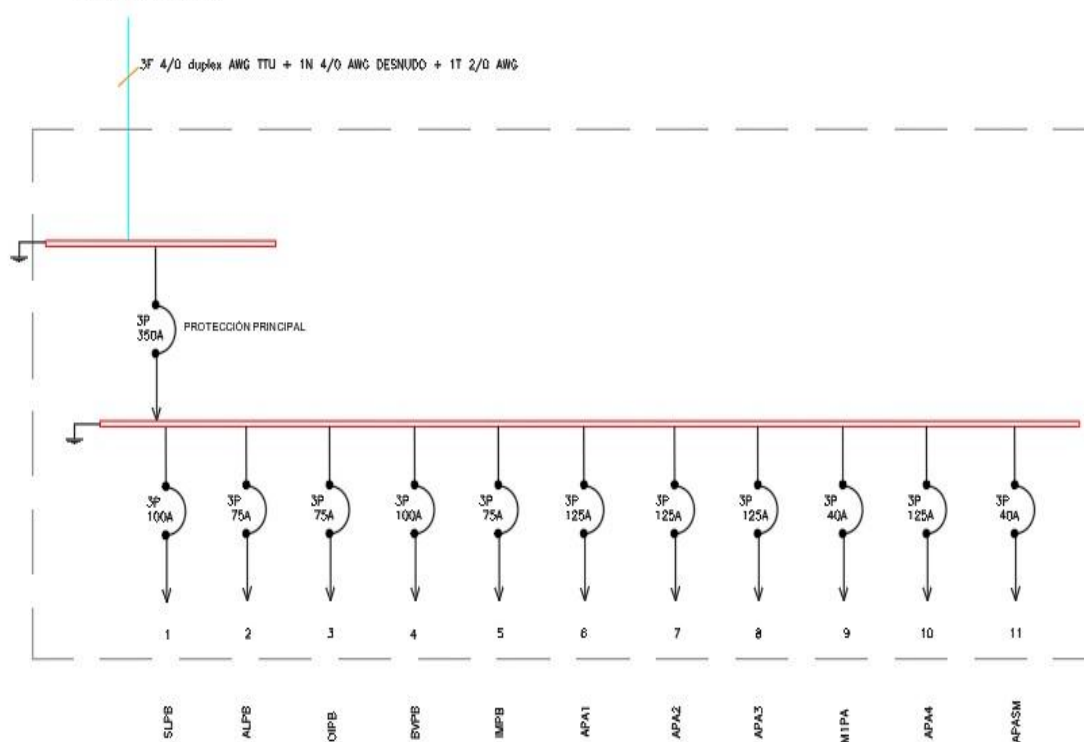
ANEXO 7: DIAGRAMAS UNIFILARES BLOQUE A

1-1

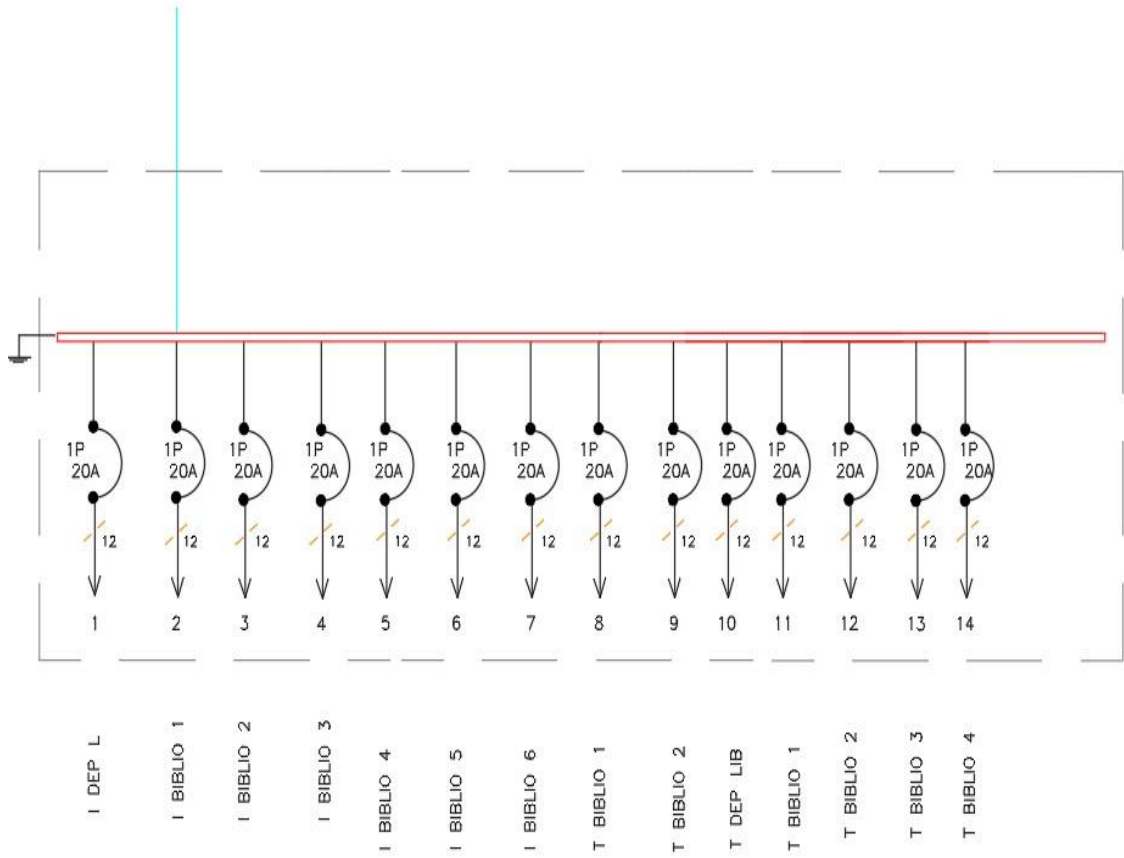
Diagramas unifilares bloque A



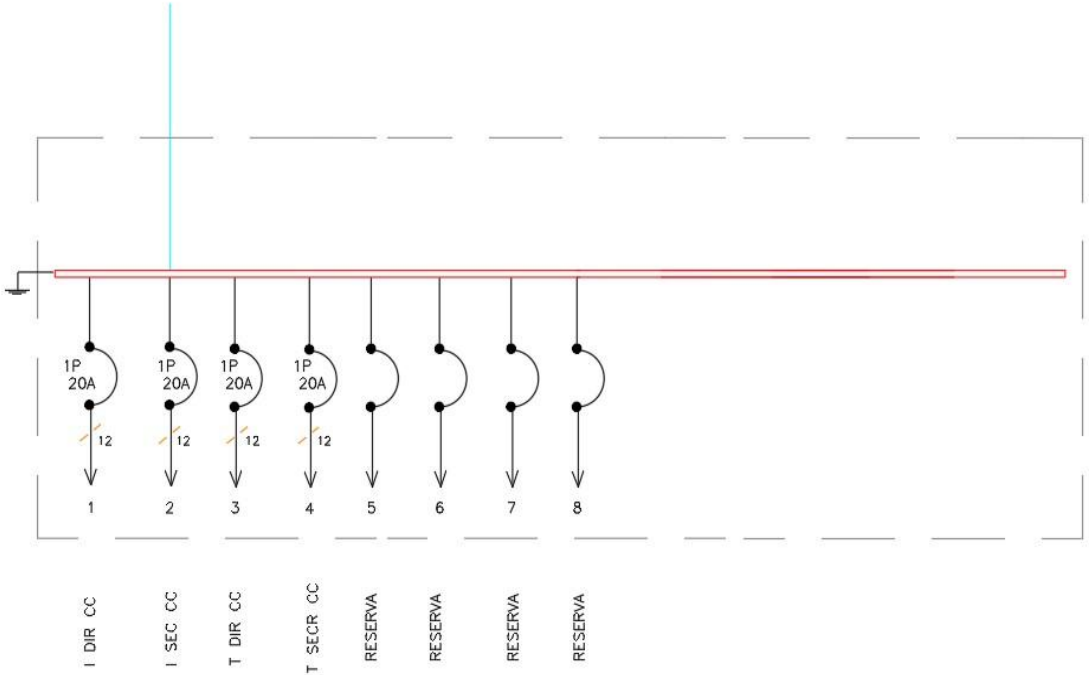
ELEPCO.S.A



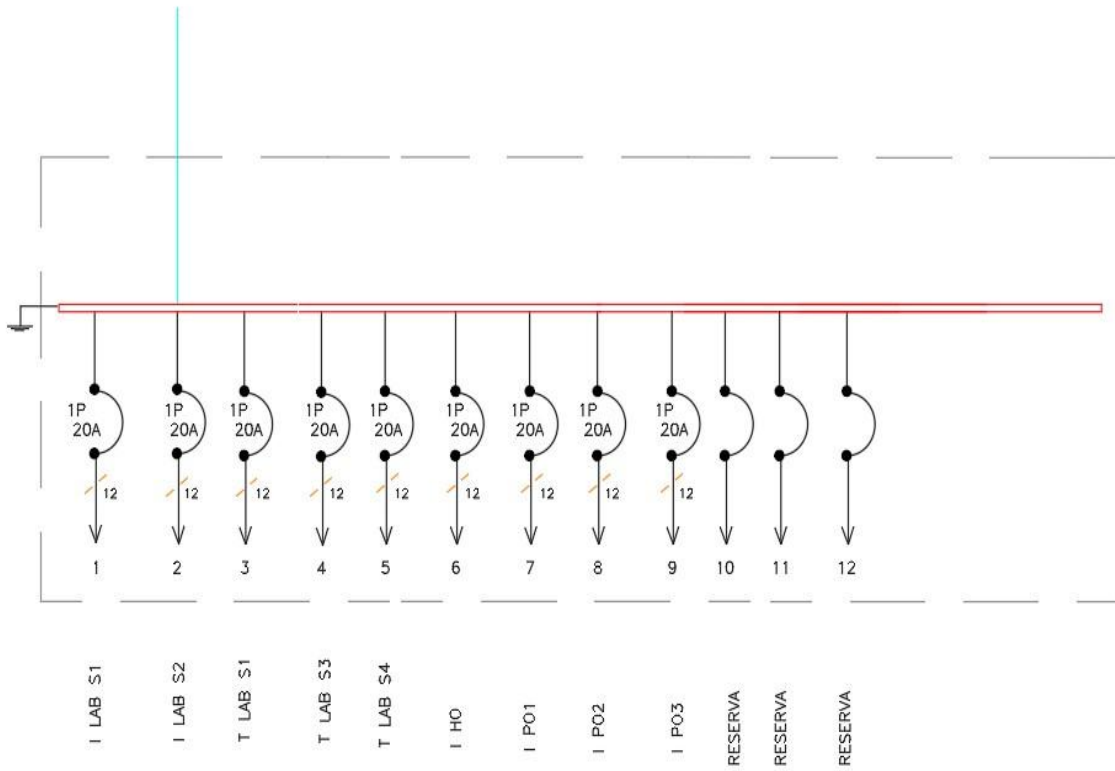
SUBTABLERO SLPB



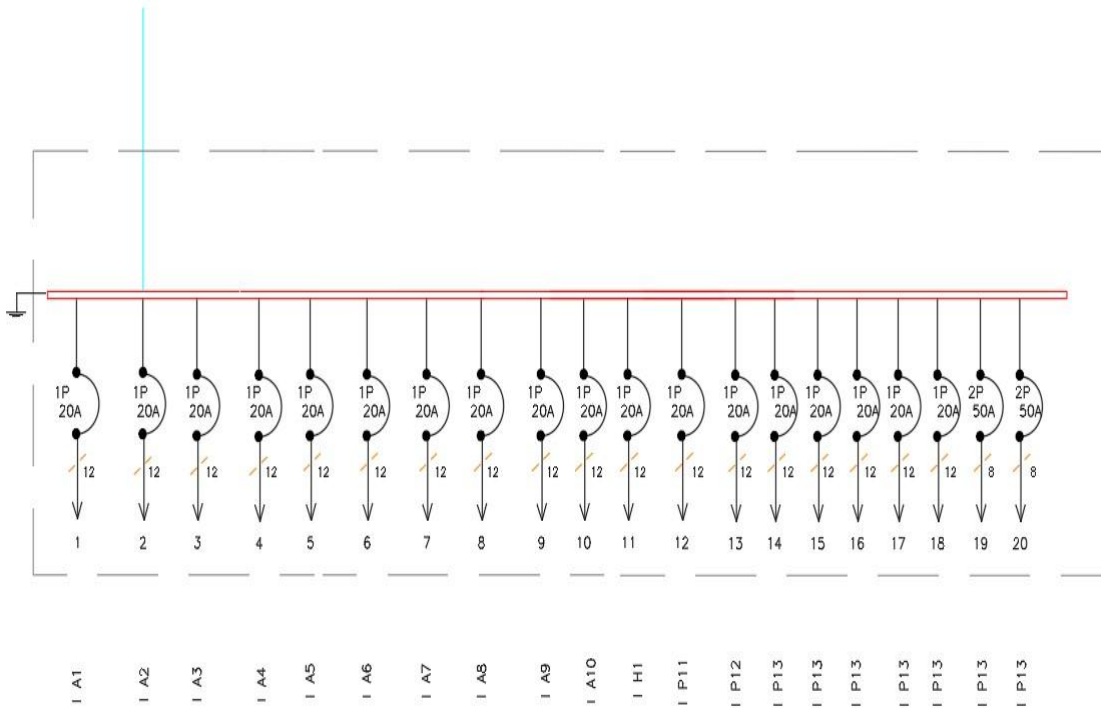
SUBTABLERO OIPB



SUBTABLERO BVPB

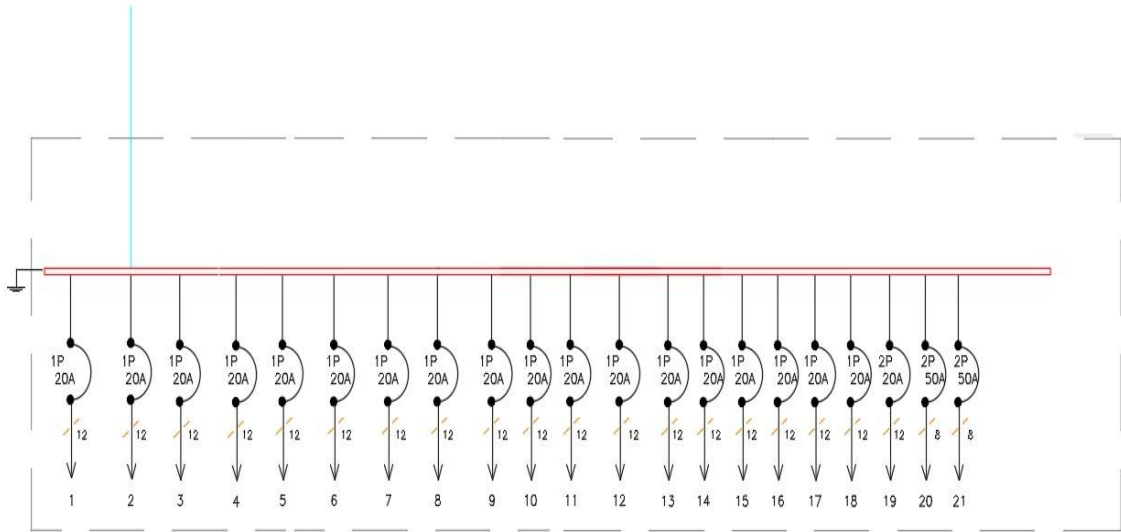


SUBTABLERO APA1



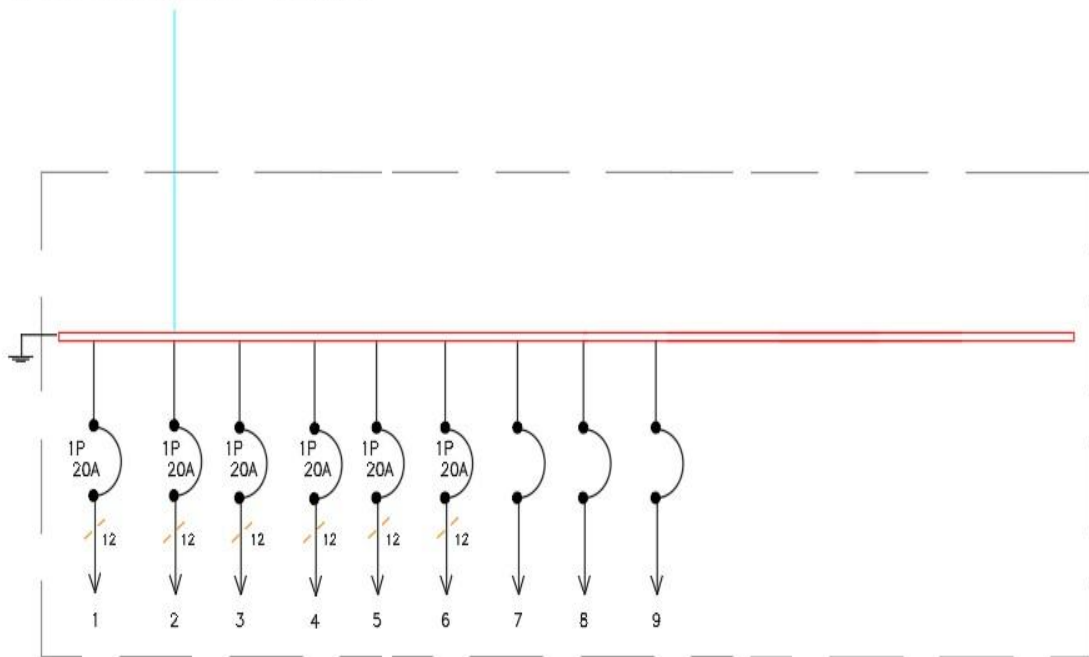
X

SUBTABLERO APA2



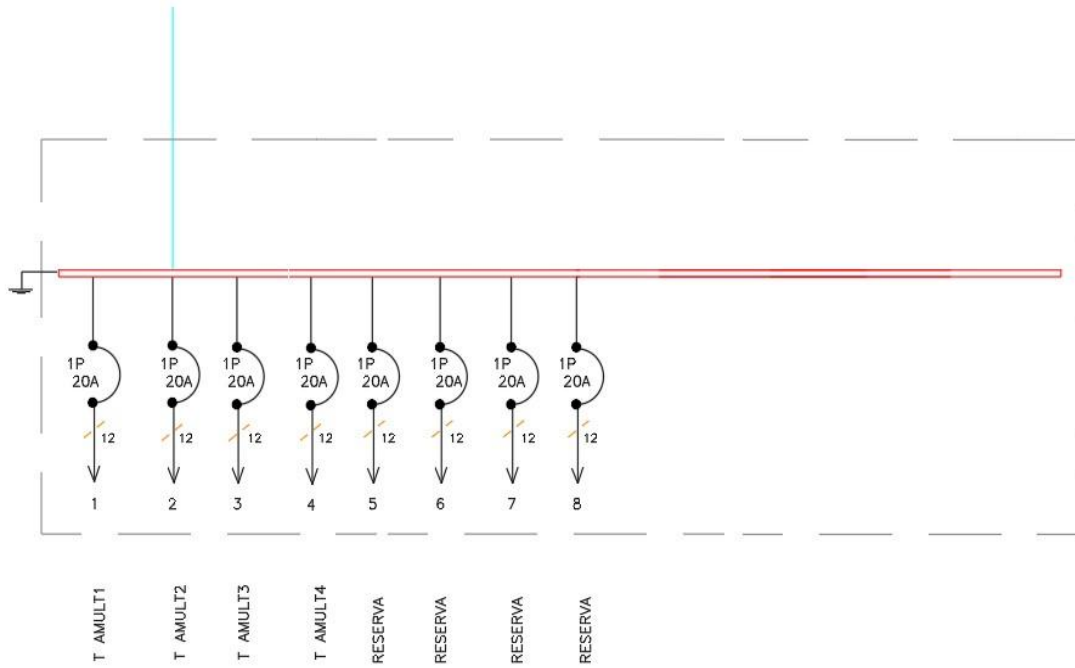
- X
- I A11
 - I A12
 - I A13
 - I A14
 - I A15
 - I A16
 - I A17
 - I A18
 - I A19
 - I A20
 - I H2
 - I P21
 - I P22
 - I P23
 - I P24
 - T A11-12
 - T A13-15
 - T A16-18
 - T A19-20
 - SC1 2P
 - SC2 2P

SUBTABLERO M1PA

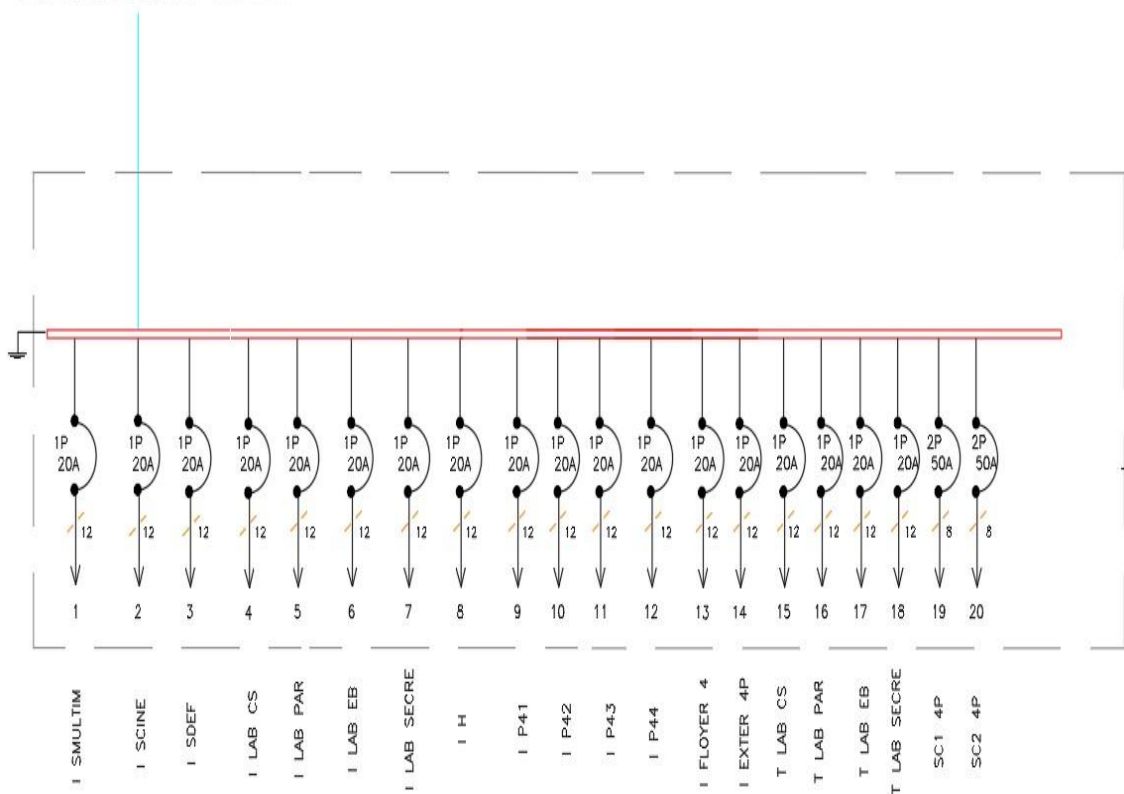


- I H INF
- T GEN MULTI
- I MULT 1
- I MULT 2
- I H SUP 1
- I H SUP 2
- RESERVA
- RESERVA
- RESERVA

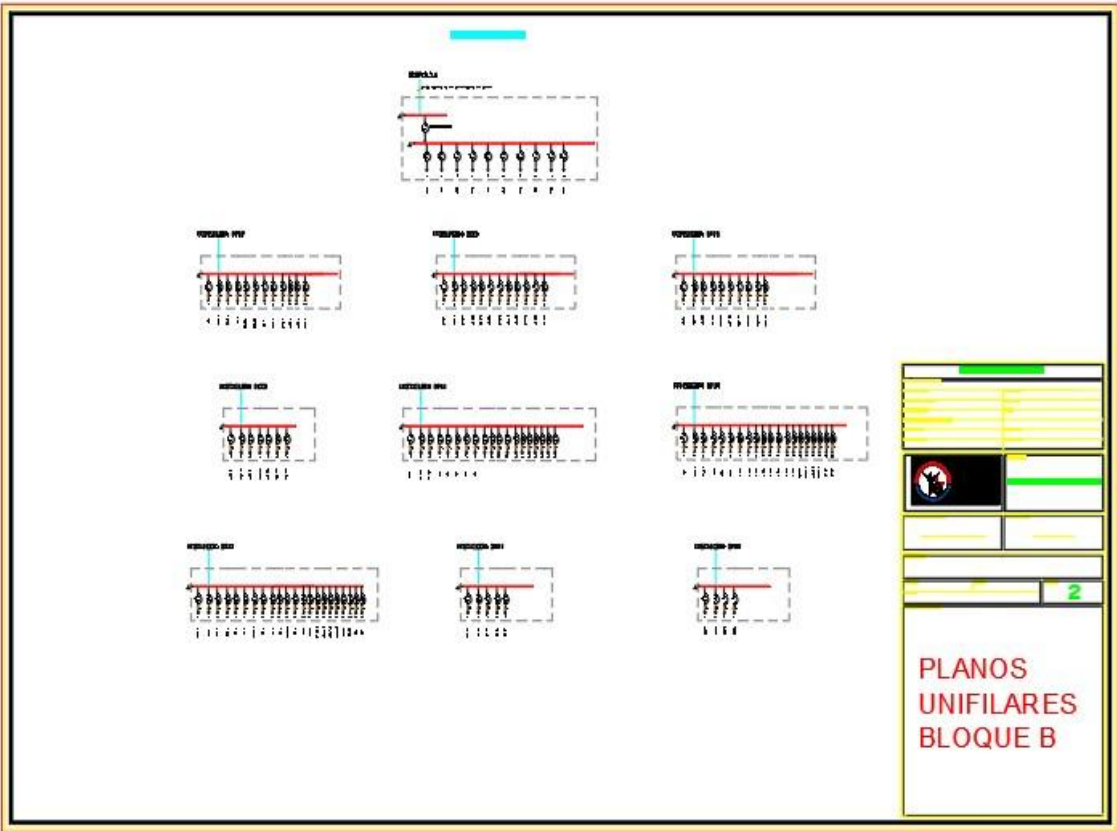
SUBTABLERO APASM



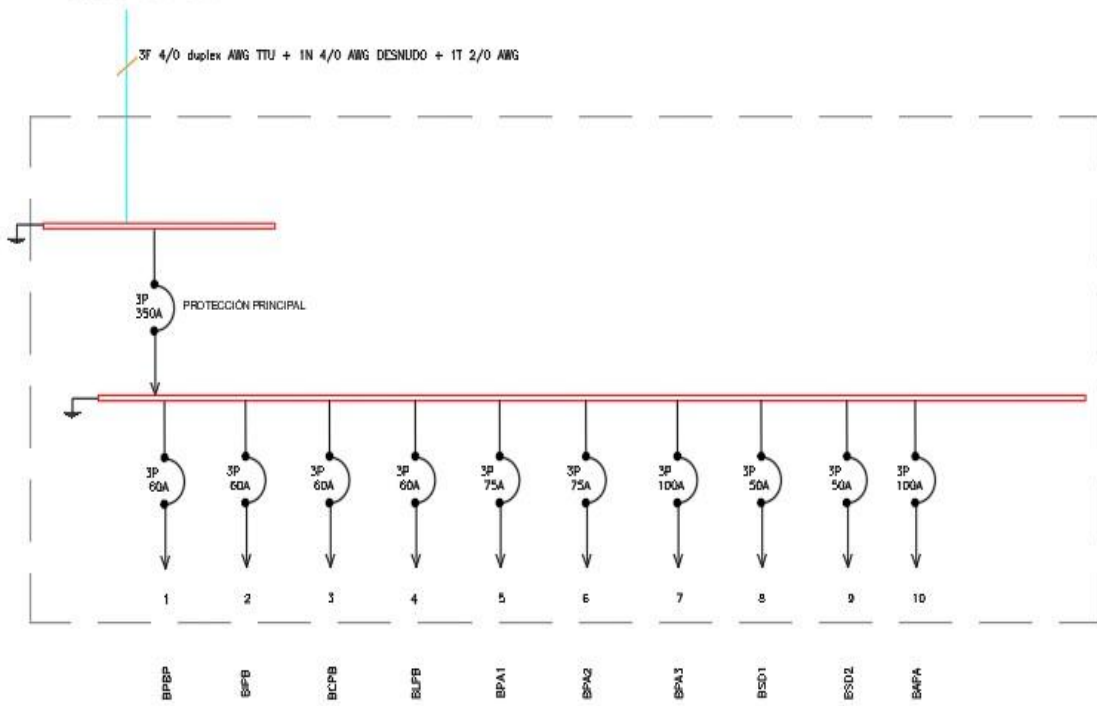
SUBTABLERO APA4



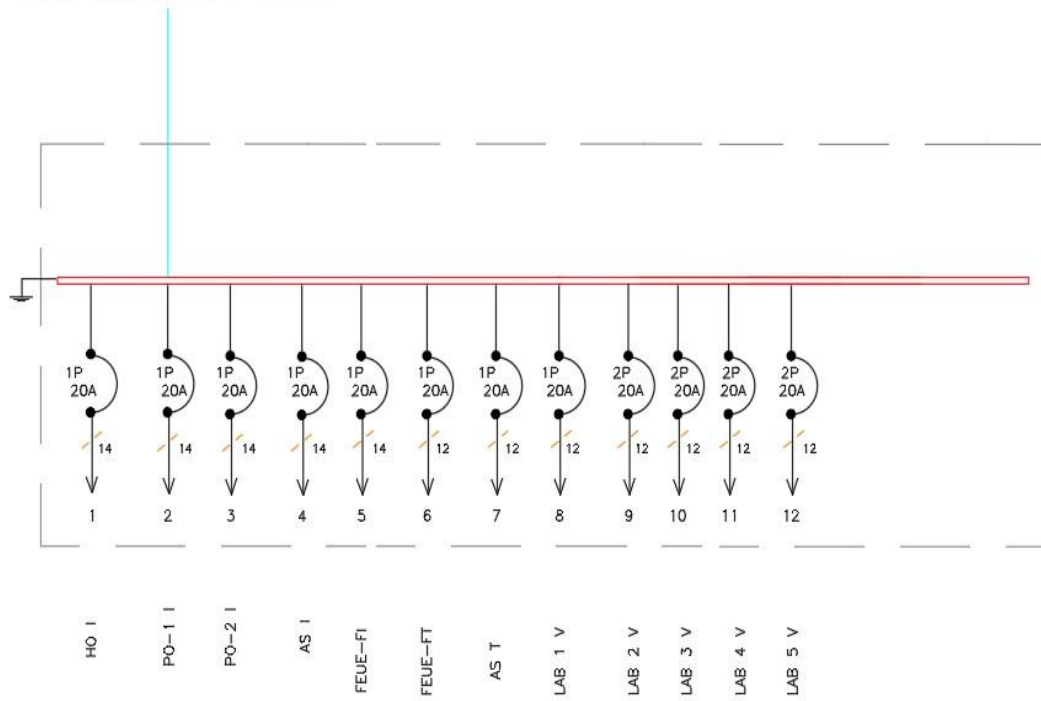
| | | |
|----------------|--|------------|
| ANEXO 8 | Datos del tablero principal del bloque B. | 1-1 |
|----------------|--|------------|



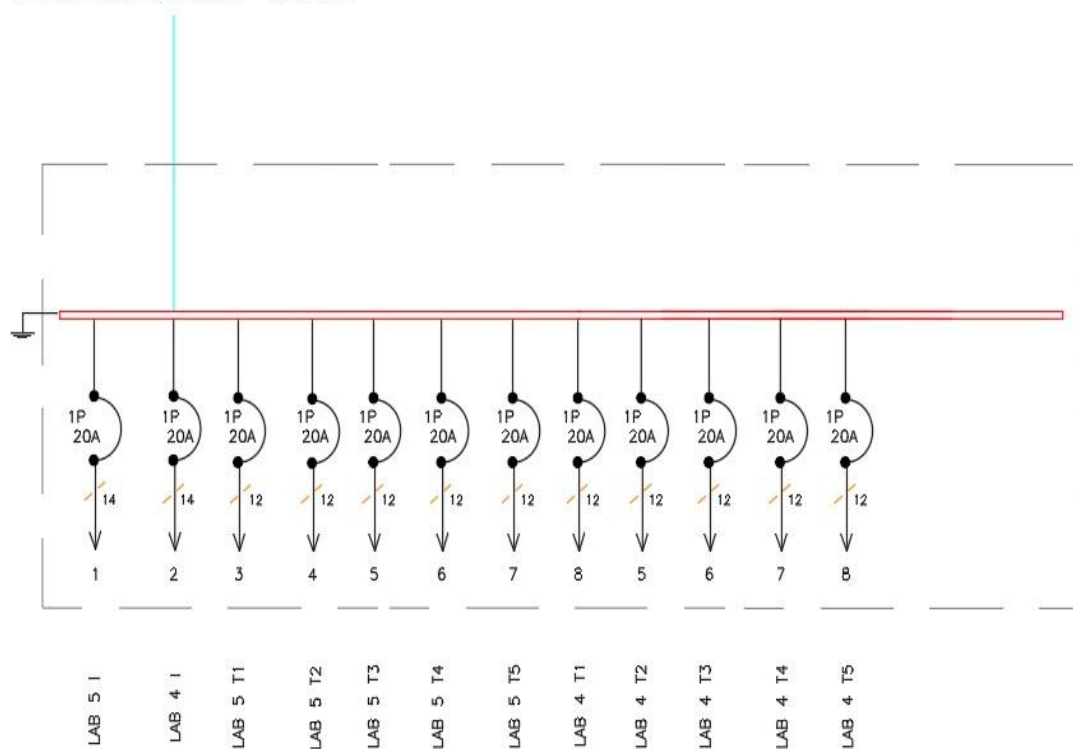
ELEPCO.S.A



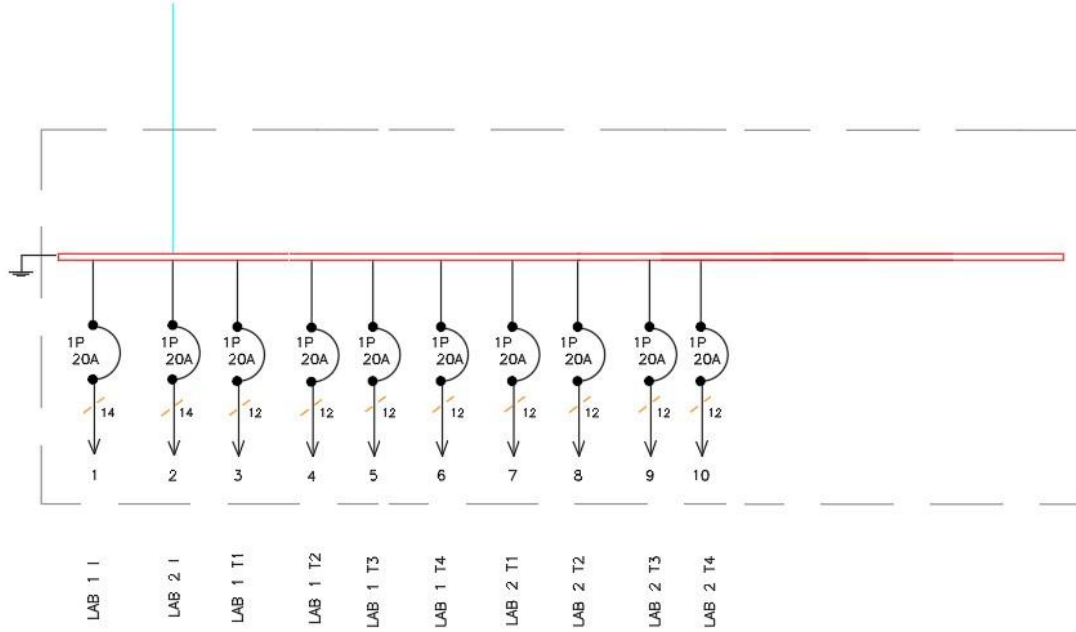
SUBTABLERO BPBP



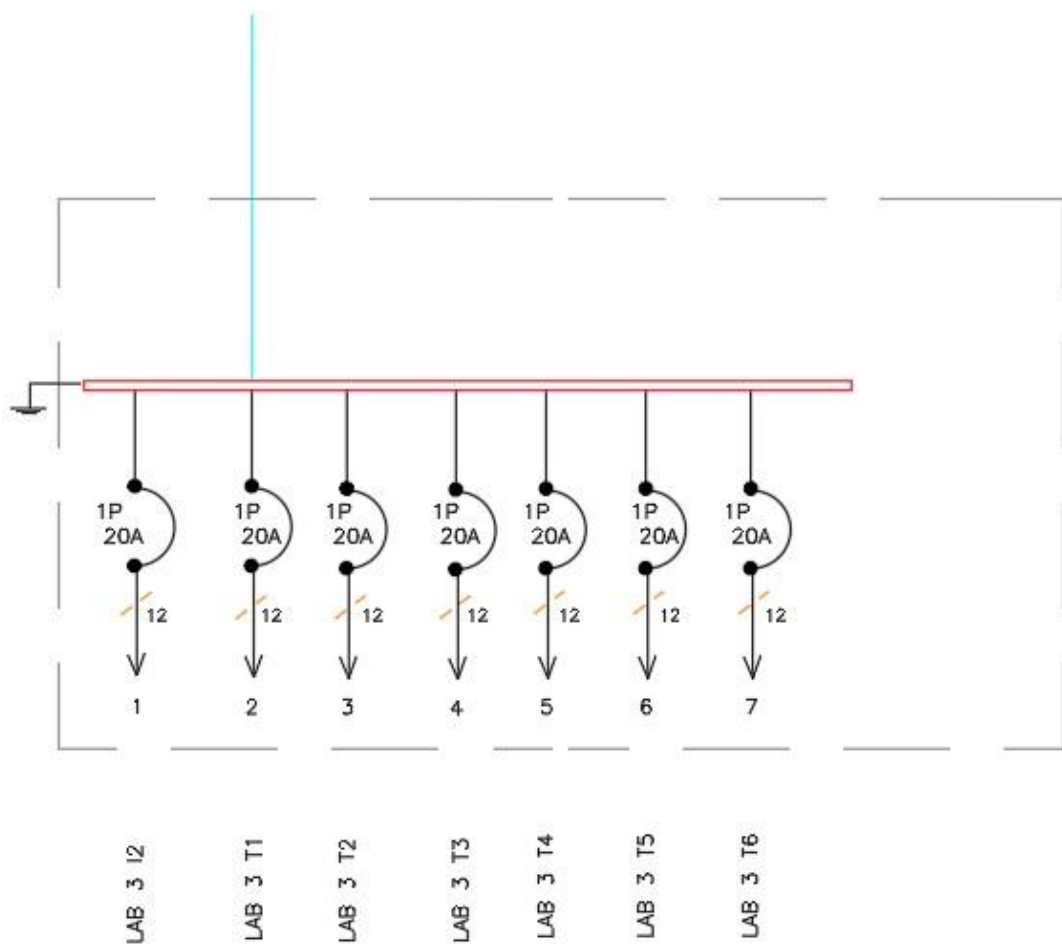
SUBTABLERO BIPB



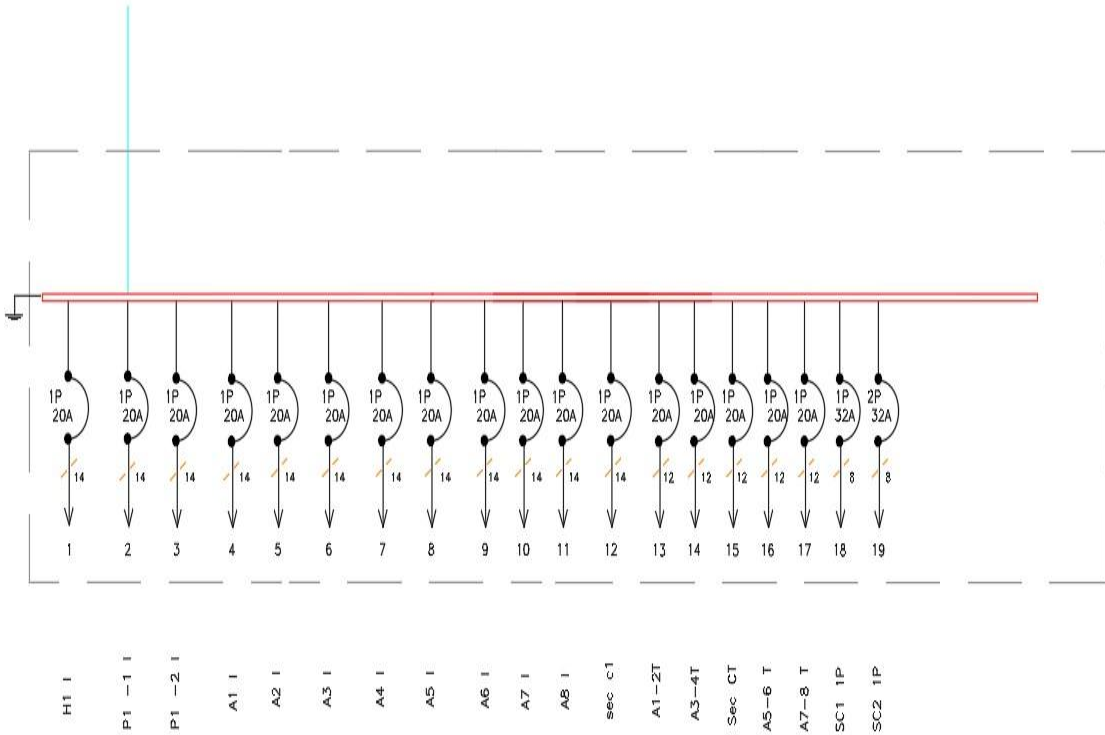
SUBTABLERO BCPB



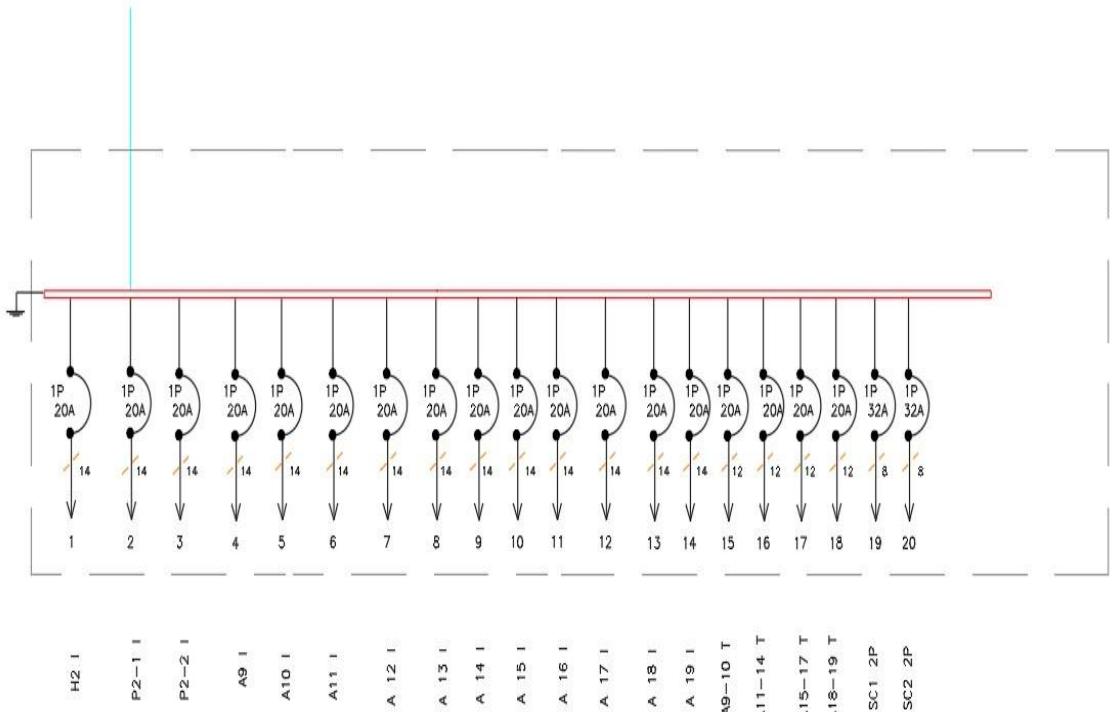
SUBTABLERO BLPB



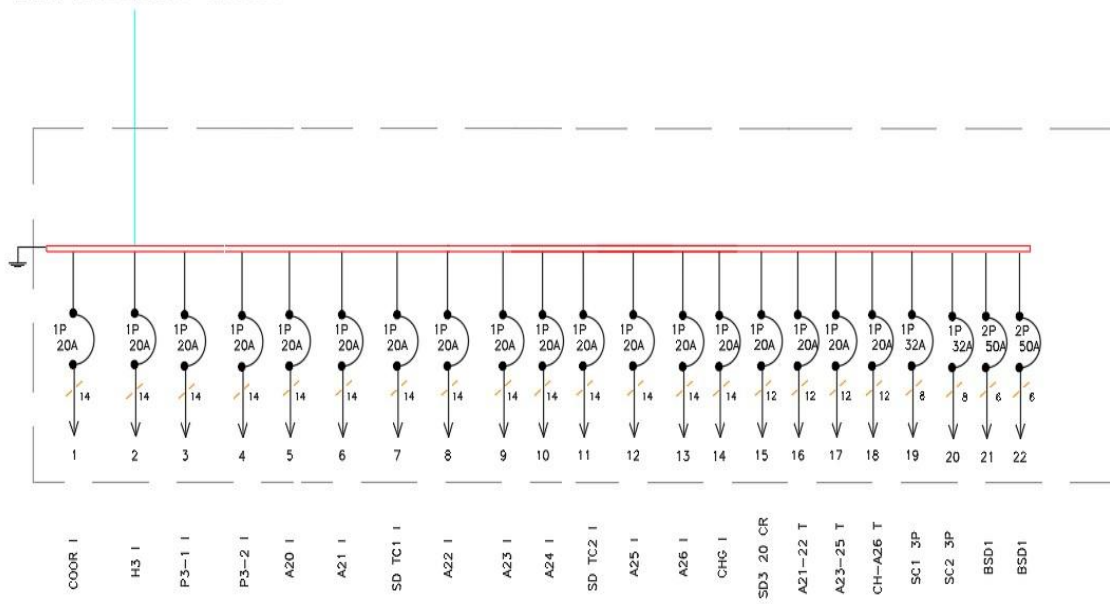
SUBTABLERO BPA1



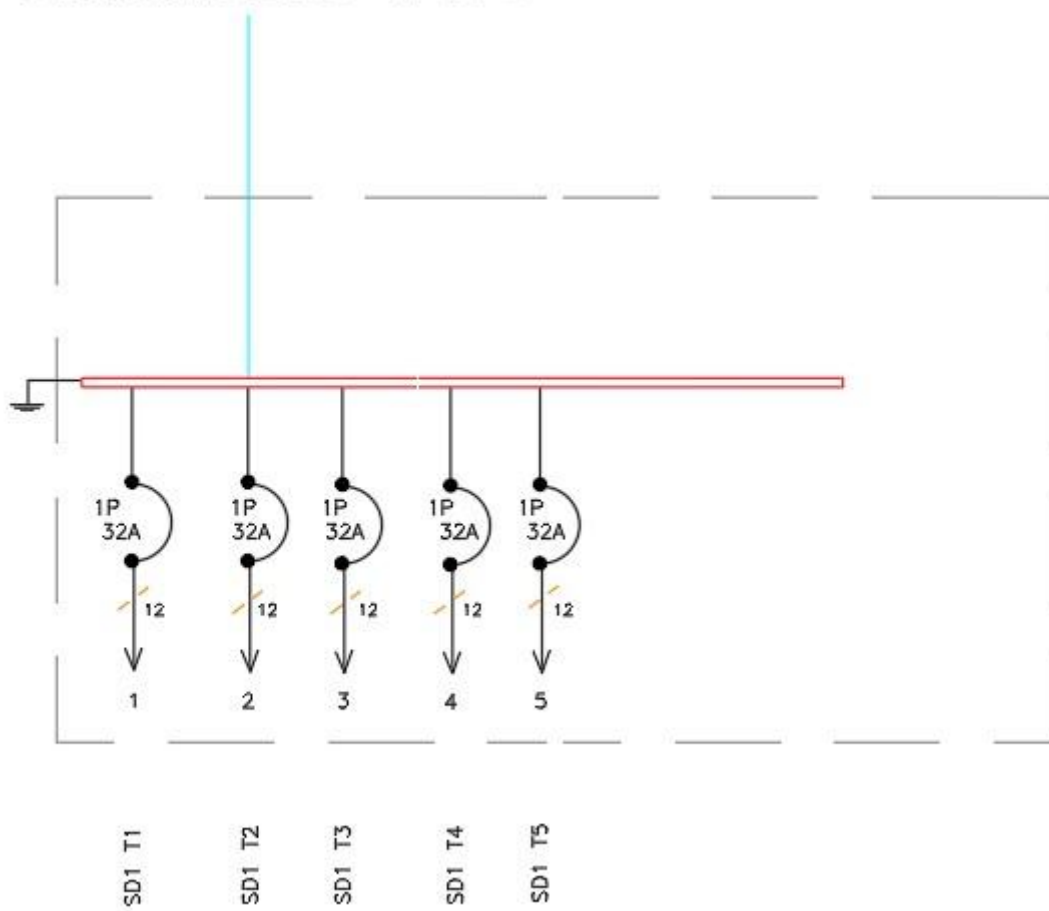
SUBTABLERO BPA2



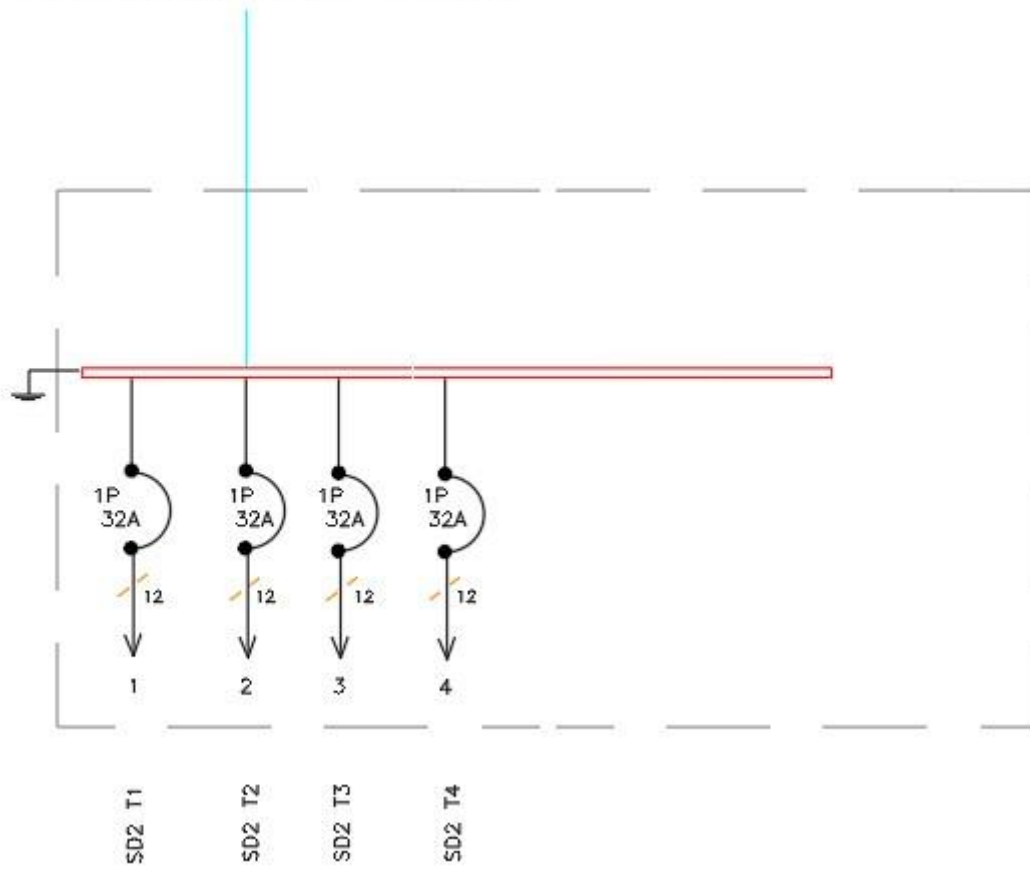
SUBTABLERO BPA3



SUBTABLERO BSD1



SUBTABLERO BSD2



Verificación de valores medidos en la industria (Cartonera Yarón) •
Conexión de tc's y salidas de voltaje.



• Mediciones de voltaje L-N

Comprobación realizada con multímetro FLUKE TRUE RMS 324



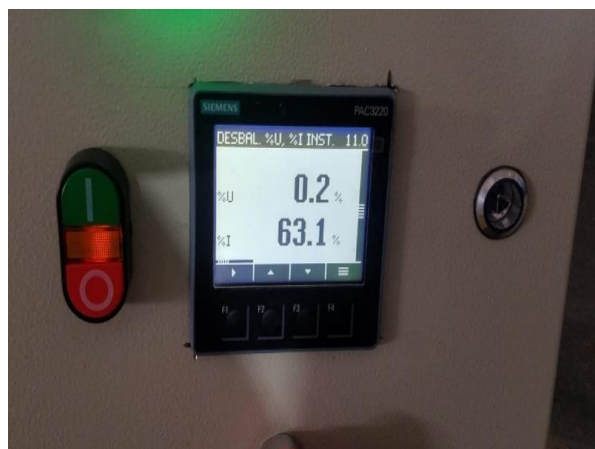
- Medición de corrientes por línea.



- Medición de voltajes línea-línea.



- Medición de desbalance entre voltajes y corrientes.



- Medición de frecuencia.

