



Implementación de un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) para la estabilidad energética en el laboratorio de máquinas eléctricas II de las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER

Proyecto de Investigación

Oscar Fabio Gómez Moreno
CC 1095930711
Herlin Alexander Mora Clavijo
CC 1098760358
John Fredy Rojas Martínez
CC 88239050

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería Electromecánica
Bucaramanga (13-06-2026)



Implementación de un sistema de alimentación ininterrumpida (S.A.I.) para la estabilidad energética en el laboratorio de máquinas eléctricas II de las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER

Proyecto de Investigación

Oscar Fabio Gómez Moreno
CC 1095930711
Herlin Alexander Mora Clavijo
CC 1098760358
John Fredy Rojas Martínez
CC 88239050

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniería Electromecánica**

DIRECTOR

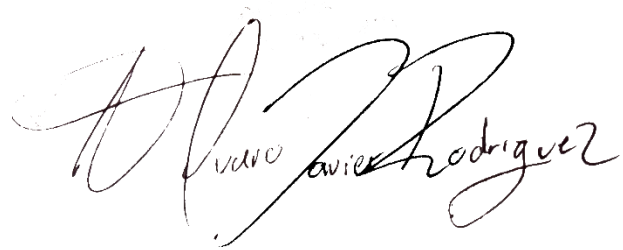
Daniel Alejandro Sánchez Botia

GINPEG

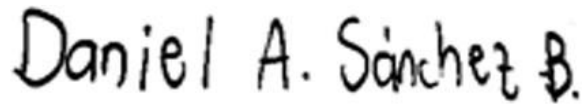
**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Ingeniería Electromecánica
Bucaramanga (13-06-2026)**

Nota de Aceptación

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por las Unidades Tecnológicas de Santander, para optar al título de Ingeniero Electromecánico, según el acta de comité de trabajo de grado No. 17 del día 30 de junio de 2026.



Firma del Evaluador



Firma del Director

DEDICATORIA

A mi madre Milena, a mi esposa Johanna y a mis hijas Valeria y Maily, por su amor, apoyo incondicional y acompañamiento constante a lo largo de todos estos años de esfuerzo, dedicación y sacrificio. Gracias por ser mi motivación diaria, por creer en mí en cada etapa del camino y por brindarme la fortaleza necesaria para alcanzar esta meta. Sin su respaldo, comprensión y cariño, este logro no habría sido posible.

Herlin Alexander Mora Clavijo

Dedico este proyecto con profundo amor y gratitud a mis padres, Oscar y Mónica, por su apoyo incondicional, sus enseñanzas y por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y perseverancia. A mis tíos Adriana y Eduardo, quienes me abrieron las puertas de su hogar y me brindaron su cariño durante mi etapa de formación académica. A mi esposa Natalia, por su comprensión, amor y fortaleza a pesar de la distancia, siendo siempre una fuente de inspiración. Y a mi hija Sara, cuya sonrisa y ternura me motivan cada día a ser mejor persona y profesional.

Oscar Fabio Gómez Moreno

Dedico este proyecto, en primer lugar, a Dios por permitirme llegar a esta etapa, a mi familia hermosa, mi esposa y mis hijos, quienes, con su apoyo incondicional, comprensión y palabras han sido un pilar fundamental durante todo mi proceso de formación académica. Su confianza y motivación constante me impulsaron a seguir adelante incluso en los momentos de mayor dificultad, a mis docentes, quienes con su orientación, paciencia y conocimientos contribuyeron a mi desarrollo profesional.

John Fredy Rojas Martínez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, expresamos nuestro más sincero agradecimiento al ingeniero Daniel Alejandro Sánchez Botia, director de este proyecto, por su valiosa orientación, compromiso y acompañamiento durante el desarrollo de nuestra investigación. Su guía técnica y académica fue fundamental para la culminación exitosa de este trabajo.

Extendemos también nuestro agradecimiento al ingeniero Javier Gonzalo Ascanio Villabona, coordinador del programa de Ingeniería Electromecánica, por su constante apoyo, gestión y motivación, que contribuyeron significativamente al avance de este proyecto y a nuestra formación profesional.

Agradecemos de manera especial a las empresas Metal y Eléctricos Josedol, por su colaboración en la fabricación del tablero eléctrico, y finalmente, queremos reconocer a Siete LTDA, por el apoyo técnico brindado durante la adquisición y puesta en marcha del sistema UPS, cuya asesoría fue clave para la implementación práctica del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

<u>RESUMEN EJECUTIVO</u>	17
<u>INTRODUCCIÓN</u>	18
1. <u>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</u>	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2. JUSTIFICACIÓN	20
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.4. ESTADO DEL ARTE	21
1.4.1. CASOS DE PROYECTOS EXITOSOS CON SAI A NIVEL NACIONAL... 21	
1.4.2. CASOS DE PROYECTOS EXITOSOS CON SAI A NIVEL INTERNACIONAL.....	23
2. <u>MARCO REFERENCIAL</u>	26
2.1. <u>MARCO TEÓRICO</u>	26
2.1.1. LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENERGÍA DE EMERGENCIA EN LA INFRAESTRUCTURA MODERNA.	26
2.1.2. RECTIFICACIÓN DE ONDA.	34
2.1.3. HISTORIA DE LOS INVERSORES.....	38
2.1.4. HISTORIA DEL CABLEADO ELÉCTRICO: DESDE EL DESCUBRIMIENTO HASTA LA INNOVACIÓN MODERNA.	42
2.1.5. INTRODUCCIÓN A LOS SAI	43
2.1.6. INTRODUCCIÓN A LAS TRANSFERENCIAS ELÉCTRICAS MANUALES 48	
2.1.7. FUNDAMENTOS DE LOS INTERRUPTORES DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA (ATS).....	49
2.1.8. HISTORIA DEL RIEL DIN.....	52
2.2. <u>MARCO CONCEPTUAL</u>	52
2.2.1. UPS / SAI (RESPALDO DE ENERGÍA).....	52

2.2.2.	¿QUÉ CAPACIDAD DE SAI NECESITO?	56
2.2.3.	¿CUÁNTO TIEMPO PUEDO MANTENER MIS EQUIPOS ENCENDIDOS CON UN SAI?.....	57
2.2.4.	¿PARA QUÉ SIRVE EL SOFTWARE DEL SAI?	58
2.2.5.	¿NECESITO REALIZAR ALGÚN TIPO DE MANTENIMIENTO A UN SAI? 58	
2.2.6.	¿QUÉ VIDA ÚTIL PUEDE TENER UN SAI?	58
2.2.7.	¿EXISTEN DIFERENTES FORMATOS DE SAI?	58
2.2.8.	COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE UN SAI.....	59
2.2.9.	TRANSFERENCIA ELÉCTRICA	62
2.2.10.	BREAKERS O INTERRUPTORES ELÉCTRICOS.....	69
2.2.11.	INTERRUPTORES SELECTORES.....	75
2.2.12.	RIEL DIN.....	82
2.2.13.	TIPOS DE RIELES DIN.....	84
2.2.14.	BANDEJA PORTACABLES	85
2.2.15.	TOMACORRIENTES.....	94
2.2.16.	CABLE VEHICULAR O AUTOMOTRIZ.....	97
2.2.17.	TIPOS DE TERMINALES DE CONEXIÓN: FUNCIONES Y APLICACIONES EN CONEXIONES ELÉCTRICAS	98
2.2.18.	BORNERA REPARTIDORA.....	102
2.2.19.	TABLEROS ELÉCTRICOS	103
2.2.20.	TIPOS DE CANALETAS PARA CABLES: LA GUÍA COMPLETA PARA TUS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	106
2.3.	MARCO AMBIENTAL	108
2.3.1.	SOSTENIBILIDAD DE BATERÍAS EN SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA.....	108
2.3.1.	TENDENCIAS Y AVANCES EN SAI: IMPULSANDO LA PROTECCIÓN ELÉCTRICA DEL FUTURO.....	109
2.3.2.	RESOLUCIÓN 0729 DE 2025.....	110
2.4.	MARCO LEGAL	111
2.4.1.	NORMAS NACIONALES.....	112

2.4.2.	NORMAS INTERNACIONALES	114
3.	<u>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</u>	<u>118</u>
3.1.	ETAPA 1 — DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	118
3.2.	ETAPA 2 — DISEÑO CONCEPTUAL Y LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS 2	119
3.3.	ETAPA 3 — DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA	119
3.4.	ETAPA 4 — DISEÑO MECÁNICO Y DE CONTROL DEL TABLERO DE PRACTICAS	120
3.5.	ETAPA 5 — ADECUACIONES DE INFRAESTRUCTURA EN EL LABORATORIO DE MAQUINAS ELÉCTRICAS 2	120
3.6.	ETAPA 6 — CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE	120
3.7.	ETAPA 7 — PRUEBAS INICIALES Y PUESTA EN MARCHA	121
4.	<u>DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO</u>	<u>122</u>
4.1.	ETAPA 1 — DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	122
4.1.1.	OBJETIVO TÉCNICO DEL PROYECTO.....	122
4.1.2.	REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS DEL SISTEMA.....	122
4.1.3.	NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE	127
4.2.	ETAPA 2 — DISEÑO CONCEPTUAL Y LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	128
4.2.1.	REVISIÓN DEL LABORATORIO.....	128
4.2.2.	DEFINICIÓN DEL ESPACIO FÍSICO INTERNO DEL MÓDULO.....	132
4.2.3.	DISEÑO PRELIMINAR EN SOFTWARE CAD (AUTOCAD) PARA VISUALIZAR DISPOSICIÓN Y UBICACIÓN DEL TABLERO DE UPS EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	134
4.3.	ETAPA 3 — DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA	136
4.3.1.	ELABORACIÓN DE DIAGRAMA UNIFILAR INCLUYENDO ALIMENTACIÓN PRINCIPAL BYPASS MANUAL, SALIDAS DE CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN Y PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITO Y CORTES DE ENERGÍA.	136

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO,
MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 2.0

4.3.2.	CÁLCULO DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS	137
4.3.3.	ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES	151
4.3.4.	CÁLCULO DE BANDEJA PORTACABLES PARA CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN REGULADOS	154
4.4.	ETAPA 4 — DISEÑO MECÁNICO Y DE CONTROL DEL TABLERO DE PRACTICAS.....	157
4.4.1.	PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE COMPONENTES (FRONTAL).	158
4.4.2.	INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL	159
4.5.	ETAPA 5 — ADECUACIONES DE INFRAESTRUCTURA EN EL LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS 2.....	163
4.5.1.	ADECUACIONES ELÉCTRICAS.....	163
4.6.	ETAPA 6 — CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE	169
4.6.1.	FABRICACIÓN DEL TABLERO	169
4.6.2.	INTEGRACIÓN CON LA INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO .	174
4.7.	ETAPA 7 — PRUEBAS INICIALES Y PUESTA EN MARCHA	177
4.7.1.	PRUEBAS ELÉCTRICAS	177
4.7.2.	PRUEBAS FUNCIONALES	183
5.	<u>RESULTADOS</u>	<u>188</u>
5.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS PRUEBAS REALIZADAS	188
5.1.1.	ANÁLISIS DE TENSIONES.....	188
5.1.2.	ANÁLISIS DETALLADO DE TENSIONES EN TOMACORRIENTES REGULADAS	190
5.2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA AUTONOMÍA DE LA UPS....	193
5.2.1.	UPS CON CARGA EN MODO BATERÍA	193
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>198</u>
7.	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>199</u>
8.	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</u>	<u>201</u>
9.	<u>ANEXOS</u>.....	<u>208</u>

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1 Módulo de diodo. (TechWeb, 2025) 36

Imagen 2. Funcionamiento del diodo. (TechWeb, 2025) 36

Imagen 3. Funcionamiento del diodo inverso. (TechWeb, 2025)..... 37

Imagen 4. Convertidor rotativo Westinghouse de 500 kW. (Kim Wainwright , 2022)
..... 38

Imagen 5. Evolución del inversor solar: El blueplanet 10.0 TL3 actual (izquierda) tiene cuatro veces más potencia que el PVI 2600 de hace 20 años, pero tiene el mismo tamaño. Imagen: Kaco. (Kim Wainwright , 2022) 40

Imagen 6. El primer micro inversor Enphase. (Kim Wainwright , 2022) 41

Imagen 7. UPS industrial. (Tronex Industrial, 2024) 44

Imagen 8. Boceto #1 Patente UPS J. J. Hanley. (USA Patente nº US1953602A, 1932) 46

Imagen 9. Boceto #2 Patente UPS J. J. Hanley. (USA Patente nº US1953602A, 1932) 47

Imagen 10. Boceto #3 Patente UPS J. J. Hanley. (USA Patente nº US1953602A, 1932) 48

Imagen 11. Diagrama de funcionamiento de un SAI Off-Line. (RackOnline, s.f.)
..... 54

Imagen 12. Diagrama de funcionamiento de un SAI Interactivo. (RackOnline, s.f.)
..... 55

Imagen 13. Diagrama de funcionamiento de un SAI Online. (RackOnline, s.f.) 56

Imagen 14. Consumos aproximados de equipamiento más frecuente. (RackOnline, s.f.) 57

Imagen 15. ATS (Automatic Transfer Switch)..... 63

Imagen 16. Transferencia servicio público - Generador. (Eaton, s.f.)..... 65

Imagen 17. Transferencia servicio público - Servicio público. (Eaton, s.f.) 65

Imagen 18. Transferencia generador - Generador. (Eaton, s.f.)..... 66

Imagen 19. Transferencia servicio público - Generador - Generador. (Eaton, s.f.)
..... 66

Imagen 20. Transferencia servicio público - Servicio público - Generador. (Eaton, s.f.) 67

Imagen 21. Transferencia de transición abierta. (Eaton, s.f.)	68
Imagen 22. Transferencia de transición cerrada. (Eaton, s.f.)	68
Imagen 23. Breakers variados caja moldeada y acción rápida. (ELÉCTRICOS, 2020)	69
Imagen 24. Diagrama corriente nominal - Tiempo, curvas de disparo. (Schneider Electric, 2025)	73
Imagen 25. Símbolo de interruptor. (ELPROCUS, s.f.)	76
Imagen 26. Construcción del interruptor selector. (ELPROCUS, s.f.)	76
Imagen 27. Interruptor selector de mango corto. (ELPROCUS, s.f.)	77
Imagen 28. Interruptor selector de mango largo. (ELPROCUS, s.f.)	78
Imagen 29. Interruptor selector operado con llave. (ELPROCUS, s.f.)	78
Imagen 30. Interruptor selector iluminado. (ELPROCUS, s.f.)	79
Imagen 31. Interruptor selector no iluminado. (ELPROCUS, s.f.)	79
Imagen 32. Interruptor selector de dos posiciones. (ELPROCUS, s.f.)	80
Imagen 33. Interruptor selector de tres posiciones. (ELPROCUS, s.f.)	80
Imagen 34. Circuito del interruptor selector. (ELPROCUS, s.f.)	81
Imagen 35. Forma tabular. (ELPROCUS, s.f.)	81
Imagen 36. Riel DIN Simétrico. (Arellano, 2021)	83
Imagen 37. Sistema de bandejas, soportes y accesorios. (PEMSA, 2005)	86
Imagen 38. Bandejas de Escalera. (Grupo Gerson, 2024)	87
Imagen 39. Bandejas Perforadas. (Grupo Gerson, 2024)	88
Imagen 40. Bandejas de Malla. (Grupo Gerson, 2024)	88
Imagen 41. Bandejas de Canal. (Grupo Gerson, 2024)	89
Imagen 42. Bandejas de Plástico (PVC). (Grupo Gerson, 2024)	90
Imagen 43. Platina para unir tramos rectos de bandeja malla. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)	92
Imagen 44. Platina unión reforzada. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)	92
Imagen 45. Salida de tubos. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)	93
Imagen 46. Soporte omega suspensión click. (INDUSTRIES, MECANO	

GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)	93
Imagen 47. Tornillo fijación. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)	94
Imagen 48. Colgante universal. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)	94
Imagen 49. Colores de tomacorrientes grado hospitalario. (Laumayer, 2025) .	96
Imagen 50. Cable vehicular. (DIELCO , 2025)	98
Imagen 51. Terminal a compresión con barril. (Promotores Eléctricos S.A., 2024)	99
Imagen 52. Terminal aislado sobre moldeado. (Promotores Eléctricos S.A., 2024)	100
Imagen 53. Bornera repartidora (Electricidad, 2025)	103
Imagen 54. Revisión de tensión a tablero eléctrico. (Suministro de Materiales Electricos JD LTDA, 2021).....	103
Imagen 55. Información de las baterías según el fabricante. (Manual del usuario, UPS 6kVA.)	124
Imagen 56. Tipo de batería de la UPS. (Autores, 2025).....	125
Imagen 57. Eficiencia de la UPS. (Manual del usuario, UPS 6kVA.)	125
Imagen 58. Ubicación espacial del laboratorio de máquinas eléctricas II (recuadro amarillo) de las Unidades Tecnológicas de Santander (Google Earth, 2026).....	129
Imagen 59. Espacio predeterminado para la ubicación del tablero UPS (Autores, 2025)	130
Imagen 60. Tablero de distribución general (tablero general motores). (Autores, 2025)	131
Imagen 61. Breaker de protección principal para el tablero UPS. (Autores, 2025)	131
Imagen 62. Selección del totalizador principal para protección del tablero UPS. (Autores, 2025)	132
Imagen 63. Disponibilidad de puesta a tierra en el tablero TDG principal. (Autores, 2025)	132
Imagen 64. Plano arquitectónico del laboratorio de máquinas eléctricas 2. (Autores, 2025).....	135
Imagen 65. Diagrama unifilar. (Autores, 2025)	136

Imagen 66. Perilla selectora/bypass UPS/red. (electric, CNC, 2026)	139
Imagen 67. Breaker termomagnético 30ª interruptor UPS, carga regulada y carga normal. (Schneider Electric, 2025).....	140
Imagen 68. Totalizador general del tablero UPS. (Schneider Electric, 2025) .	141
Imagen 69. Capacidad de corriente para conductores eléctricos. (ICONTEC NTC2050, 2020)	142
Imagen 70. Factores de ajuste por agrupamiento. (ICONTEC NTC2050, 2020)	143
Imagen 71. Factores de corrección por temperatura. (ICONTEC NTC2050, 2020)	143
Imagen 72. Capacidad de corriente. (Nexans, 2026)	145
Imagen 73. Selección conductor de puesta a tierra. (ICONTEC NTC2050, 2020)	151
Imagen 74. Factor de corrección por temperatura (ESSA, 2026)	156
Imagen 75. Factor de corrección por agrupamiento (ESSA, 2026)	156
Imagen 76. Vista frontal tablero regulado UPS.....	158
Imagen 77. Indicadores LED del panel frontal de la UPS (Autores, 2025)	159
Imagen 78. Señalización vista frontal tablero de UPS, diseño CAD. (Autores, 2025)	162
Imagen 79. Fotografía Señalización vista posterior de la puerta del tablero de UPS. (Autores, 2025).....	163
Imagen 80. Totalizador UPS TVS100B ubicado en “Tablero general motores” (Schneider Electric, 2025)	164
Imagen 81. Totalizador general del tablero UPS. (Autores, 2025).....	165
Imagen 82. Mini breakers circuito regulado. (Autores, 2025)	166
Imagen 83. Cortado de varilla roscada para soportes de la bandeja tipo malla. (Autores, 2025)	166
Imagen 84. Instalación de anclajes de expansión para varilla roscada. (Autores, 2025)	167
Imagen 85. Instalación de soportes peldaño dentado para bandeja porta cables tipo malla. (Autores, 2025).....	168
Imagen 86. Instalación de bandeja porta cables tipo malla. (Autores, 2025)...	168
Imagen 87. Presentación de disposición interna de envolvente en fabricación.	

(Autores, 2025).....	170
Imagen 88. Presentación de lámina doble fondo inicial para tablero UPS. (Autores, 2025).....	171
Imagen 89. Presentación de elementos y conexión de dispositivos eléctricos. (Autores, 2025).....	172
Imagen 90. Disposición final interna del tablero de UPS y previa instalación del UPS. (Autores, 2025).....	173
Imagen 91. Verificación de polaridad con secuencímetro de fases en tablero de motores. (Autores, 2025)	174
Imagen 92. Conexión acometida de alimentación a tablero UPS. (Autores, 2025)	175
Imagen 93. Conexión alimentación desde tablero de motores. (Autores, 2025)	175
Imagen 94. Ubicación del UPS y su banco de baterías interno. (Autores, 2025)	176
Imagen 95. Borneras de la UPS. (Autores, 2025).....	177
Imagen 96. Bornera de entrada. (Autores, 2025)	178
Imagen 97. Bornera de salida. (Autores, 2025)	178
Imagen 98. Tensiones de línea y de fase, bornera de entrada. (Autores, 2025)	179
Imagen 99. Tensiones de línea y de fase en la salida. (Autores, 2025)	180
Imagen 100. Ficha técnica de la UPS según fabricante. (Manual del usuario, UPS 6kVA.).....	180
Imagen 101. Cargas conectadas a la red regulada de laboratorio de máquinas eléctricas II. (Autores, 2025).....	181
Imagen 103. Tiempos de operación del equipo según el fabricante. (Manual del usuario, UPS 6kVA.).....	182
Imagen 103. Potencia real durante la prueba modo on-line. (Autores, 2025). 184	
Imagen 105. Estado inicial del equipo en modo batería. (Autores, 2025).....	185
Imagen 105. Potencia real en modo batería. (Autores, 2025)	186
Imagen 107. Batería resultante terminada la prueba. (Autores, 2025)	186
Imagen 107. Tiempo de la prueba de autonomía. (Autores, 2025)	186
Imagen 108. Tensión y frecuencia de salida. (Autores, 2025).....	187

Imagen 109. Identificación de circuitos regulados. (Autores, 2025).....	191
Imagen 110. Identificación tomacorriente regulada. (Autores, 2025).....	192
Imagen 111. Registro de corrientes en circuitos A1, A2 y A3 en modo batería. (Autores, 2025)	193
Imagen 112. Registro de corrientes en circuitos B1,B2 y B3 en modo batería. (Autores, 2025)	194
Imagen 113. Registro de corrientes en circuitos C1,C2 y C3. (Autores, 2025)	194
Imagen 114. Corriente total registrada en L1 y L2. (Autores, 2025)	196

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Identificación circuitos regulados. (Autores, 2025)	145
Tabla 2. Impedancia (resistencia) de los circuitos 12 AWG. (Autores, 2025) .	146
Tabla 3. Caída de tensión para 560W a 110V. (Autores, 2025)	146
Tabla 4. Resultados de cálculos realizados. (Autores, 2025)	150
Tabla 5. Tabla de coordinación de protecciones	154
Tabla 6. Lista de etiquetas tablero regulado UPS.....	159
Tabla 7. Cuadro de cargas conectadas a la UPS. (Autores, 2025)	183
Tabla 8. Nivel de utilización de la UPS. (Autores, 2025)	184
Tabla 9. Registro de tensiones durante práctica. (Autores, 2025)	189
Tabla 10. Tensiones en los modos de operación de la UPS. (Autores, 2025)	190
Tabla 11. Niveles de corrientes en modos de la UPS. (Autores, 2025)	195
Tabla 12. Comportamiento de variables eléctricas durante la prueba. (Autores, 2025)	196

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de grado tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) para el laboratorio de Máquinas Eléctricas II de la Universidad Industrial de Santander, con el fin de garantizar la continuidad del suministro eléctrico y proteger los equipos de cómputo utilizados durante las actividades académicas ante fallas o interrupciones de la red eléctrica.

La metodología empleada se desarrolló mediante etapas secuenciales de ingeniería que incluyeron la definición de requerimientos técnicos, el levantamiento de la infraestructura existente, el diseño eléctrico y mecánico del sistema, las adecuaciones físicas y eléctricas necesarias, la construcción y ensamblaje del tablero, la integración de la UPS con la infraestructura del laboratorio y la ejecución de pruebas operativas para validar el desempeño del sistema implementado. Durante el desarrollo se aplicaron los lineamientos establecidos por el RETIE, la NTC 2050 y demás normas técnicas aplicables.

Los resultados obtenidos evidenciaron la correcta operación del sistema de respaldo, verificándose la estabilidad de tensión y frecuencia suministrada por la UPS, el adecuado funcionamiento de las protecciones eléctricas y la correcta coordinación de los circuitos regulados instalados. Asimismo, las pruebas de transferencia y autonomía demostraron la capacidad del sistema para mantener energizadas las cargas críticas del laboratorio durante interrupciones del suministro eléctrico, garantizando condiciones seguras de operación.

Se concluye que la UPS on-line de doble conversión seleccionada proporciona una alimentación eléctrica estable y confiable para las cargas previstas, disponiendo además de capacidad suficiente para atender la demanda proyectada del laboratorio. Adicionalmente, la implementación de circuitos regulados y protecciones coordinadas permitió mejorar la seguridad, confiabilidad y continuidad operativa de la infraestructura eléctrica destinada a las actividades académicas y experimentales del laboratorio.

PALABRAS CLAVE

1. Gestión de cargas críticas
2. Autonomía
3. Regulación de tensión
4. Modelado CAD
5. Normatividad técnica

INTRODUCCIÓN

La continuidad y calidad del suministro eléctrico constituyen factores esenciales para el adecuado funcionamiento de los laboratorios de Ingeniería Electromecánica, en los cuales se emplean equipos eléctricos, electrónicos y electromecánicos sensibles a perturbaciones en la red de alimentación. Las interrupciones del servicio eléctrico, así como las variaciones de tensión y frecuencia, pueden ocasionar fallas operativas, daños en los equipos y pérdidas en los procesos desarrollados dentro del laboratorio, afectando tanto la seguridad como la confiabilidad del sistema eléctrico.

En la literatura técnica se documenta ampliamente el uso de sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) como una solución efectiva para garantizar la continuidad del suministro eléctrico y la protección de cargas críticas. Estos sistemas han sido aplicados principalmente en entornos industriales, centros de datos y hospitales, donde se analizan aspectos relacionados con su selección, dimensionamiento y desempeño. Sin embargo, existe una menor cantidad de estudios orientados a la implementación de sistemas UPS en laboratorios académicos, considerando las particularidades de las cargas electromecánicas y las condiciones reales de operación que puedan existir en los laboratorios.

El presente trabajo de grado tiene como objetivo la implementación de un sistema UPS de 6 KVA en el laboratorio de máquinas eléctricas II de las Unidades Tecnológicas de Santander, con el fin de mejorar la confiabilidad del suministro eléctrico y proteger los equipos instalados frente a fallas y perturbaciones de la red. El proyecto representa un aporte técnico aplicado, ya que integra el análisis de la demanda eléctrica que genera la conexión de computadores de los estudiantes y equipos electrónicos sensibles del laboratorio a cambios o ausencias de tensión, la selección del equipo adecuado y su implementación conforme a criterios propios de la Ingeniería Electromecánica.

Para la solución del problema planteado se emplea un método de tipo técnico-aplicado, sustentado en el análisis teórico de las cargas, el cálculo de la potencia requerida y la selección del sistema UPS más adecuado. Posteriormente, se realiza la instalación y verificación del funcionamiento del equipo bajo condiciones normales de operación. El desarrollo detallado del método empleado se presenta en la sección de desarrollo del presente trabajo de grado.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Laboratorio de máquinas eléctricas II de las Unidades Tecnológicas de Santander es un espacio clave para la formación de los estudiantes de ingeniería electromecánica. En este lugar participan estudiantes, docentes y laboratoristas, quienes necesitan que el laboratorio funcione de manera continua para lograr un buen proceso de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, actualmente existe un problema relacionado con la inestabilidad del suministro eléctrico, que afecta directamente el desarrollo de las actividades del laboratorio.

La causa principal de esta dificultad es que el laboratorio no cuenta con un sistema que respalde el servicio eléctrico cuando ocurren cortes de energía o variaciones de voltaje, ya sean por fallas internas o externas.

Si este problema no se soluciona, se generan varios efectos negativos. Por un lado, los equipos de medición y cómputo pueden sufrir daños, reduciendo su vida útil y generando gastos por reparaciones o reemplazos. Por otro, las interrupciones eléctricas afectan las prácticas de los estudiantes, ya que se interrumpe el uso de los equipos, se pierden datos y se limita la posibilidad de trabajar con condiciones cercanas a la realidad. Esto disminuye la calidad de la enseñanza y afecta la preparación práctica de los futuros ingenieros.

Por lo anterior, se hace necesario buscar una solución que asegure un suministro eléctrico estable, capaz de proteger los equipos y garantizar la continuidad de las actividades académicas. ¿Cómo garantizar la estabilidad del suministro eléctrico en el Laboratorio de máquinas eléctricas II para evitar fluctuaciones y cortes que deterioren los equipos y perjudiquen la formación práctica de los estudiantes?

1.2. JUSTIFICACIÓN

La propuesta de implementar un sistema que garantice la estabilidad del suministro eléctrico en el Laboratorio de máquinas eléctricas II se justifica en la necesidad de resolver una situación que afecta de manera directa la calidad de la formación de los estudiantes de ingeniería electromecánica en las Unidades Tecnológicas de Santander. Al contar con un respaldo eléctrico confiable, se evitarían interrupciones en las prácticas, se protegerían los equipos de posibles daños y se asegurarían condiciones adecuadas para el aprendizaje.

Desde el punto de vista tecnológico, este proyecto aporta al mejoramiento de la infraestructura académica, permitiendo que los estudiantes trabajen con equipos en condiciones más cercanas a las que encontrarán en su vida profesional. En lo económico, reduce los gastos de la institución por reparaciones, reemplazos de equipos y pérdidas de información. En lo social, beneficia a la comunidad académica al garantizar un proceso de enseñanza más completo, fortaleciendo la preparación de futuros ingenieros con competencias prácticas más sólidas. En lo ambiental, un sistema de respaldo bien diseñado ayuda a optimizar el consumo energético y a prolongar la vida útil de los equipos, evitando desechos prematuros.

Este trabajo de grado también tiene un valor académico y práctico, ya que contribuye al conocimiento en el área de la gestión de la energía y la protección de equipos eléctricos, temas de interés para las líneas de investigación de la institución. Además, resulta aplicable a la vida diaria de los estudiantes, quienes podrán enfrentar entornos de práctica más confiables y representativos de la realidad industrial, fortaleciendo sus habilidades y competencias.

En conclusión, el proyecto no solo es viable, sino que también es necesario y relevante para las UTS, porque soluciona una problemática actual del laboratorio, optimiza los recursos institucionales, mejora la formación de los estudiantes y genera un impacto positivo en la comunidad académica y en el campo de la ingeniería electromecánica.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de alimentación ininterrumpida que regule el voltaje de los equipos electrónicos del Laboratorio de máquinas eléctricas II de las UTS, mediante la selección, suministro, e instalación de un S.A.I. incluyendo un tablero de transferencia con sus dispositivos de protección y el circuito regulado, para garantizar la continuidad operativa y proteger los equipos frente a fluctuaciones de voltaje.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las cargas eléctricas del Laboratorio de máquinas eléctricas II,

mediante la recopilación y evaluación de datos de consumo, con el fin de establecer los requerimientos técnicos del sistema de alimentación ininterrumpida.

- Diseñar el sistema eléctrico de respaldo, mediante la elaboración del plano unifilar y el desarrollo del tablero de transferencia en software CAD, para definir la arquitectura técnica que permita una correcta instalación y operación del sistema.
- Seleccionar, suministrar e instalar la unidad de alimentación ininterrumpida (UPS) y el circuito regulado, de acuerdo con los parámetros definidos en el diseño, con el propósito de garantizar la continuidad eléctrica ante posibles interrupciones o fluctuaciones de tensión.
- Elaborar un manual de prácticas de laboratorio, que incluya la descripción funcional del sistema, los procedimientos de uso, operación segura y mantenimiento básico, con el fin de orientar a los estudiantes y al personal del laboratorio en el manejo adecuado del sistema implementado.

1.4. ESTADO DEL ARTE

1.4.1. Casos De Proyectos Exitosos Con SAI A Nivel Nacional.

El mercado de UPS en Colombia ha mostrado un crecimiento significativo en la última década, impulsado por la necesidad de garantizar la continuidad operativa en sectores clave. El estudio de Vega y Ramírez (2021) aborda el impacto de la demanda de sistemas de respaldo energético en la economía nacional y cómo la evolución tecnológica está redefiniendo las tendencias de consumo en este campo.

En su investigación, los autores identifican que la creciente digitalización de las empresas, junto con la necesidad de soluciones energéticas más sostenibles y eficientes, ha generado un cambio en los criterios de selección de UPS. Se destaca la transición hacia modelos más compactos y de mayor eficiencia energética, así como el impacto de regulaciones gubernamentales sobre el mercado. Este estudio es relevante para comprender el panorama actual y futuro del sector UPS en Colombia. (Vega Zarco & Ramirez, 2024)

Se describe el diseño e implementación de un sistema de alimentación ininterrumpida (U.P.S.) en la planta de producción de la empresa COLANTA, con el objetivo de garantizar la continuidad del suministro eléctrico a cargas críticas durante eventos de fallas o interrupciones en la red.

La propuesta contempla la integración de una UPS dentro del sistema de distribución eléctrica, con el fin de respaldar equipos sensibles que son fundamentales para el proceso productivo. Esta solución busca prevenir pérdidas operativas, preservar la integridad de los sistemas de control y monitoreo, y

asegurar la estabilidad de los procesos automatizados ante variaciones o cortes de energía.

A través de este sistema, COLANTA pretende aumentar la confiabilidad de su infraestructura eléctrica, mejorar la disponibilidad de sus operaciones y fortalecer su capacidad de respuesta ante contingencias eléctricas, contribuyendo así a la eficiencia y continuidad de su producción industrial. (Chávez Marengo, 2022)

Los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) han evolucionado significativamente en las últimas décadas para responder a las crecientes demandas de eficiencia energética, confiabilidad y sostenibilidad. En este contexto, las soluciones desarrolladas por empresas como APC by Schneider Electric han introducido innovaciones clave, como el uso de baterías de iones de litio y capacidades de monitoreo remoto, que optimizan el desempeño y la gestión de estos sistemas.

Los sistemas UPS utilizaban baterías de plomo-ácido, las cuales ofrecen confiabilidad, pero presentan desventajas en cuanto a peso, durabilidad y mantenimiento. Con el avance de la tecnología, las baterías de iones de litio han emergido como una alternativa viable debido a su mayor densidad energética, menor peso y vida útil prolongada. Esta transición ha permitido una reducción en los costos operativos y una mejora en la eficiencia de almacenamiento energético.

- Innovaciones en los Sistemas UPS Modernos:

- Uso de Baterías de Iones de Litio

A diferencia de las tradicionales de plomo-ácido, las baterías de iones de litio presentan un ciclo de vida hasta tres veces más largo, reduciendo la frecuencia de reemplazo y mantenimiento. Además, permiten una mayor tolerancia a temperaturas extremas y una recarga más rápida.

- Monitoreo Remoto y Digitalización:

La integración de sistemas de gestión energética basados en Internet de las Cosas (IoT) ha revolucionado la administración de los UPS, tecnologías como EcoStruxure de Schneider Electric permiten un control centralizado y en tiempo real del estado de los sistemas UPS, facilitando la detección temprana de fallas y el mantenimiento predictivo.

- Optimización del Espacio y Peso:

Las baterías de iones de litio han reducido significativamente el tamaño y el peso de los sistemas UPS, permitiendo su implementación en espacios más reducidos y favoreciendo aplicaciones en centros de datos, hospitales y entornos

industriales sensibles.

- El impacto de estas innovaciones se refleja en:
 - Mayor eficiencia energética, reduciendo el consumo y los costos operativos.
 - Sostenibilidad mejorada, al disminuir la generación de residuos de baterías y optimizar el uso de energía.
 - Confiabilidad superior, gracias a la monitorización en tiempo real y al mantenimiento proactivo. (WIRED, 2024)

1.4.2. Casos de proyectos exitosos con SAI a nivel internacional.

El trabajo de Albarrán Núñez (2016) aborda el diseño y dimensionamiento de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) para un Centro de Procesamiento de Datos (CPD), con el propósito de garantizar la continuidad del suministro eléctrico y evitar interrupciones que puedan generar pérdidas de información y daños en los equipos. Se destaca la evolución de los SAI desde sus primeras versiones, basadas en componentes mecánicos y analógicos, hasta las soluciones actuales que emplean electrónica de potencia. Los sistemas modernos incluyen rectificadores, inversores, bypass estático y manual, baterías y elementos de protección y control, los cuales trabajan de manera sincronizada para proporcionar una alimentación estable y segura.

El documento clasifica los SAI según su tecnología en tres principales tipos: on-line, off-line e interactivos.

Para la selección de un SAI adecuado, el autor identifica varios factores clave:

- Autonomía, determinada por la capacidad de las baterías y la potencia de la carga conectada.
- Capacidad, definida por la potencia máxima que puede suministrar el sistema.
- Distorsión armónica y factor de potencia, aspectos fundamentales para garantizar una onda de salida de alta calidad.
- Esquemas de puesta a tierra, los cuales pueden variar entre configuraciones TT, TN-S, TN-C e IT, dependiendo de las necesidades de protección y seguridad eléctrica.

En términos de implementación, el estudio presenta una solución para un CPD con una doble acometida eléctrica proveniente de dos compañías distintas, complementada con un grupo electrógeno de respaldo. Esta configuración, junto con el SAI seleccionado, permite mitigar los efectos de huecos de tensión y garantizar la alimentación continua a las cargas críticas, reduciendo así los riesgos

de interrupciones en los sistemas informáticos y protegiendo la integridad de los datos.

El documento también incluye un análisis técnico y económico del sistema, abordando cálculos eléctricos justificativos, selección de componentes, esquemas de conexión, normativas aplicables y consideraciones de eficiencia energética. Finalmente, se presentan planos de la instalación y un presupuesto detallado para su ejecución, estableciendo una base técnica para futuras implementaciones de infraestructuras críticas con alta disponibilidad energética. (Núñez, 2016)

El trabajo de Quispe Alvarado de aplicación de un sistema de alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja potencia se divide en tres grandes etapas de desarrollo; la primera etapa consiste en buscar el mejor diseño que encaje en las necesidades de la aplicación, se traducirá el diseño a una primera placa de potencia PCB mediante un software de diseño electrónico llamado Wizard, una segunda etapa será el estudio del gestor de energía a través de una batería y su integración dentro del sistema completo y en la última etapa se desarrolla el ensamblaje de ambas placas, la de potencia y el gestor de energía, consiguiendo así el sistema de alimentación ininterrumpida para dispositivos de baja potencia. (ALVARADO, 2019)

Jiménez explica que su proyecto parte de la necesidad de garantizar la continuidad del suministro eléctrico en una planta procesadora de productos alimenticios en Chile, mediante un supervisor de fase y un PLC donde se identificaron frecuentes interrupciones del servicio eléctrico que afectan negativamente la operación de los equipos industriales. Estas fallas eléctricas no solo provocan paradas no programadas en la línea de producción, sino también el riesgo de daños a maquinaria costosa, pérdida de productos en proceso y afectación en la calidad del servicio.

Ante esta situación, se plantea como solución la implementación de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS), con el objetivo de brindar respaldo eléctrico a los equipos más sensibles y críticos, asegurando su funcionamiento ante cortes o variaciones en la red eléctrica. Esta problemática evidencia la importancia de contar con soluciones tecnológicas que garanticen la continuidad operativa y reduzcan los riesgos de pérdidas económicas significativas. (Jiménez Bañados, 2020).

Este proyecto se centra en el diseño de un SAI de potencia media-grande que suministra energía a equipos de telecomunicación con tensiones de 230Vca, -48Vcc y +24Vcc. El sistema es compacto, modular, ampliable y cuenta con telemando y tele supervisión para optimizar su operación tanto local como remotamente.

En este proyecto se logran cumplir los objetivos al subdividir el SAI en bloques, cada uno con su propósito. (Guzmán, 2020)

El trabajo de Macías Centeno (2021) presenta el diseño y la simulación de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS) para el Centro de Procesamiento de

Datos (CPD) de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). El objetivo del estudio es garantizar la continuidad del suministro eléctrico ante perturbaciones en la red, como variaciones de tensión, huecos de tensión, interrupciones y armónicos, que pueden afectar la operación de los equipos informáticos.

Para el desarrollo del proyecto, se emplearon herramientas de simulación como MATLAB/Simulink, Psim y Proteus, a fin de analizar el comportamiento del UPS bajo diferentes condiciones de carga. Se realizó la modelización de circuitos clave, incluyendo el rectificador trifásico PWM con corrección del factor de potencia, un convertidor DC/DC bidireccional tipo Buck-Boost, un inversor trifásico autónomo, y un banco de baterías con control de carga basado en un algoritmo PID de lazo cerrado.

El estudio detalla la selección de componentes electrónicos como transistores MOSFET e IGBT, estrategias de control para minimizar la distorsión armónica y mejorar la eficiencia del sistema. Además, se presentan pruebas de simulación para evaluar el desempeño del U.P.S. ante diferentes escenarios, como fallos en la red, cargas desbalanceadas y presencia de armónicos.

Los resultados muestran que el U.P.S. on-line diseñado permite mantener una tensión estable, corrige fluctuaciones de la red y reduce la inyección de armónicos, lo que contribuye a mejorar la calidad de la energía suministrada al CPD de la UTEQ. Finalmente, el documento incluye un análisis técnico y económico para la implementación del sistema en la institución (Centeno, 2021).

La Dirección Departamental de Educación de Chiquimula enfrenta interrupciones frecuentes del suministro eléctrico que comprometen la continuidad de sus actividades administrativas y operativas. Ante esta problemática, se plantea la necesidad de implementar una solución energética que garantice un respaldo confiable. El proyecto considera el diseño de un sistema de respaldo eléctrico híbrido, en el que el sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) juega un papel fundamental para asegurar que los equipos críticos no se vean afectados ante cortes de energía repentinos.

Además de su función técnica, la implementación del UPS se justifica por el beneficio económico a largo plazo y la reducción del impacto ambiental, al integrarse con fuentes renovables. De esta manera, el proyecto no solo responde a una necesidad operativa inmediata, sino que también se alinea con políticas de sostenibilidad y eficiencia energética impulsadas a nivel nacional e internacional. (Mazariegos López, 2021)

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. La Evolución De Los Sistemas De Energía De Emergencia En La Infraestructura Moderna.

2.1.1.1 *Definición de sistemas de energía de emergencia en el mundo actual.*

En el mundo actual, los sistemas de energía de emergencia son marcos esenciales diseñados para proporcionar electricidad durante fallas en la red eléctrica principal. Estos sistemas ya no se limitan a proporcionar energía de respaldo básica; han evolucionado hasta convertirse en configuraciones complejas que garantizan operaciones ininterrumpidas en instalaciones críticas como hospitales, centros de datos y plantas industriales.

Esta definición abarca una variedad de tecnologías, desde generadores tradicionales hasta fuentes de energía renovables innovadoras, destacando su papel fundamental en el mantenimiento de la continuidad y la seguridad en una variedad de sectores. Comprender estos sistemas en el contexto moderno es clave para apreciar su importancia en nuestra sociedad dependiente del poder. (mrezaei, 2024)

2.1.1.2 *La necesidad crítica de fuentes confiables de electricidad de emergencia*

No se puede subestimar la necesidad crítica de fuentes confiables de electricidad de emergencia en la sociedad moderna. En un mundo cada vez más dependiente de la energía eléctrica, la ausencia de un suministro de energía estable puede tener consecuencias nefastas. Desde hospitales que requieren energía ininterrumpida para equipos que salvan vidas hasta centros de datos que necesitan proteger datos cruciales, el papel de la energía de emergencia es fundamental.

Garantiza el funcionamiento de los servicios esenciales y los sistemas de seguridad durante los cortes de energía. Como tal, invertir en soluciones de energía de emergencia sólidas y confiables no es solo una cuestión de conveniencia sino un aspecto fundamental para garantizar la seguridad pública y la continuidad operativa en varios sectores. (mrezaei, 2024)

2.1.1.3 *Desarrollo histórico de los sistemas de energía de emergencia.*

El desarrollo histórico de los sistemas de energía de emergencia es un viaje marcado por importantes avances tecnológicos. Estos sistemas, que se originaron a partir de generadores básicos utilizados para proporcionar electricidad durante los cortes, han evolucionado hasta convertirse en configuraciones sofisticadas. Esta evolución ha sido impulsada por la creciente dependencia de la energía eléctrica en varios sectores y la necesidad de un suministro de energía ininterrumpida para operaciones críticas.

A lo largo de los años, las innovaciones tecnológicas han dado lugar a soluciones de energía de emergencia más eficientes, confiables y respetuosas con el medio ambiente, adaptándose a la creciente complejidad de las necesidades energéticas de la sociedad moderna. Este progreso histórico subraya la importancia de los sistemas de energía de emergencia en el mundo actual. (mrezaei, 2024)

2.1.1.4 Formas tempranas de fuentes de electricidad de emergencia.

Las primeras formas de fuentes de electricidad de emergencia eran relativamente básicas en comparación con los sistemas avanzados que tenemos hoy. Al principio eran principalmente generadores mecánicos que convertían la energía física en energía eléctrica. Estos generadores a menudo eran impulsados por motores de vapor o de combustión interna, lo que proporcionaba una fuente de energía rudimentaria pero vital durante los cortes. Su desarrollo fue crucial en los primeros días de la dependencia eléctrica, sentando las bases para tecnologías de energía de emergencia más sofisticadas. Esta fase marcó el comienzo de una era en la que el concepto de tener una fuente de energía de respaldo comenzó a ganar importancia en entornos industriales y urbanos. (mrezaei, 2024)

2.1.1.5 Hitos en la tecnología de generación de energía de emergencia.

Los hitos en la tecnología de generación de energía de emergencia han sido fundamentales para dar forma a la confiabilidad y eficiencia de los sistemas eléctricos modernos. Los desarrollos clave incluyen la transición de interruptores de transferencia manuales a automáticos, mejorando la velocidad y confiabilidad del cambio a energía de respaldo. La llegada de los generadores diésel trajo soluciones energéticas más robustas y duraderas. Además, la integración de fuentes de energía renovables, como la solar y la eólica, en los sistemas de energía de emergencia marcó un paso significativo hacia la sostenibilidad.

La digitalización de los sistemas de gestión de energía, que permite el monitoreo y control en tiempo real, representa un avance reciente, que garantiza aún más la confiabilidad y efectividad de las soluciones de energía de emergencia en una variedad de entornos. (mrezaei, 2024)

2.1.1.6 Fuentes de electricidad de emergencia tradicionales versus modernas.

Las fuentes tradicionales de electricidad de emergencia giraban principalmente en torno a generadores alimentados con diésel y gas, que eran valorados por su confiabilidad y capacidad para alimentar grandes instalaciones. Sin embargo, estos generadores a menudo requerían mucho espacio y emitían contaminantes.

Por el contrario, las fuentes modernas de energía de emergencia han adoptado tecnologías más eficientes y respetuosas con el medio ambiente. Innovaciones como las baterías de respaldo y los sistemas de energía solar han ganado importancia, ofreciendo energía más limpia y un funcionamiento más silencioso.

Además, los sistemas modernos suelen incorporar tecnología inteligente para una gestión y supervisión de la energía más eficiente, lo que representa un salto significativo en términos de impacto medioambiental y comodidad para el usuario en comparación con sus homólogos tradicionales. (mrezaei, 2024)

2.1.1.7 Innovaciones en generación de energía de emergencia.

Las innovaciones recientes en la generación de energía de emergencia se centran en la eficiencia, la sostenibilidad y la integración con la tecnología moderna. Los sistemas de energía solar y almacenamiento de baterías están a la vanguardia y ofrecen opciones de energía más limpias y renovables. Los avances en la tecnología de pilas de combustible presentan otra alternativa ecológica: producir electricidad mediante reacciones químicas en lugar de combustión.

Además, la tecnología de redes inteligentes permite una distribución y gestión de energía más eficiente durante emergencias, mejorando la confiabilidad general de los sistemas eléctricos. Estas innovaciones reflejan un cambio hacia soluciones de energía de emergencia más sostenibles y tecnológicamente avanzadas. (mrezaei, 2024)

2.1.1.8 Implementación de sistemas de energía de emergencia.

La implementación de sistemas de energía de emergencia implica una serie de pasos cruciales para garantizar que sean efectivos y confiables. Inicialmente, requiere una evaluación detallada de las necesidades de energía y los riesgos potenciales. Esto incluye identificar cargas críticas y determinar la capacidad requerida del sistema. El siguiente paso es seleccionar el tipo apropiado de sistema de energía de emergencia, ya sea un UPS, un generador o una combinación de diferentes tecnologías.

La instalación exige experiencia profesional, particularmente en la integración del sistema con la infraestructura eléctrica existente. Finalmente, el mantenimiento regular es clave para garantizar la confiabilidad a largo plazo del sistema y su preparación para activarse durante cortes de energía. (mrezaei, 2024)

2.1.1.9 Planificación e instalación de sistemas de energía de emergencia.

La planificación e instalación de sistemas de energía de emergencia es un proceso detallado y crítico. Comienza con una evaluación exhaustiva de las necesidades de energía y vulnerabilidades del sitio. Esta evaluación incluye la identificación de equipos y sistemas esenciales que requieren energía de respaldo. El siguiente paso implica seleccionar el tipo apropiado de sistema de energía de emergencia, que podría variar desde sistemas UPS hasta generadores de reserva, según los requisitos de la instalación.

La instalación es una tarea compleja que debe ser realizada por profesionales, asegurando que el sistema esté perfectamente integrado con la infraestructura

eléctrica existente. También es fundamental cumplir con las regulaciones locales y los estándares de seguridad durante la instalación. La planificación adecuada y la instalación profesional son clave para garantizar la confiabilidad y eficacia de los sistemas de energía de emergencia. (mrezaei, 2024)

2.1.1.10 Desafíos en el despliegue de fuentes confiables de electricidad de emergencia.

El despliegue de fuentes confiables de electricidad de emergencia enfrenta varios desafíos. Un obstáculo importante es el costo inicial y la inversión necesarios para la instalación e integración con los sistemas de energía existentes. También existen desafíos técnicos, incluido garantizar la compatibilidad con la infraestructura existente y gestionar los requisitos de carga. Las preocupaciones ambientales, particularmente para sistemas como generadores diésel, pueden plantear problemas relacionados con las emisiones y la contaminación acústica.

Además, mantener un equilibrio entre la confiabilidad del sistema y la rentabilidad es una consideración crítica. El mantenimiento regular y el cumplimiento de las normas y reglamentos de seguridad también presentan desafíos operativos continuos. Abordar estos desafíos es crucial para la implementación efectiva de soluciones de energía de emergencia. (mrezaei, 2024)

2.1.1.11 Sistemas de energía de emergencia en diversos sectores.

Los sistemas de energía de emergencia son fundamentales en varios sectores, cada uno con requisitos únicos. En el sector sanitario, garantizan que los equipos que salvan vidas sigan funcionando. Los centros de datos dependen de ellos para proteger la integridad de los datos y mantener las operaciones del servidor. Los entornos industriales utilizan estos sistemas para evitar pérdidas de producción y garantizar la seguridad de los trabajadores.

Los sectores minorista y hotelero dependen de ellos para la continuidad del servicio al cliente y la funcionalidad de los sistemas de seguridad. Cada sector exige soluciones específicas adaptadas a sus necesidades operativas y estándares regulatorios, destacando la versatilidad y necesidad de los sistemas de energía de emergencia en una amplia gama de industrias. (mrezaei, 2024)

2.1.1.12 Generación de energía de emergencia y atención médica.

En el sector de la salud, la generación de energía de emergencia es fundamental para mantener operaciones que salvan vidas durante los cortes de energía. Hospitales e instalaciones sanitarias Confíe en estos sistemas para garantizar que los equipos médicos esenciales, como ventiladores y dispositivos de monitoreo, sigan funcionando. También apoyan la iluminación, la calefacción y la refrigeración de los medicamentos.

La confiabilidad de la energía de emergencia es una cuestión de vida o muerte

en estos entornos, lo que requiere un estricto cumplimiento de los estándares regulatorios y pruebas periódicas para garantizar la preparación en caso de fallas de energía. El diseño y la implementación de estos sistemas en la atención médica están diseñados para respaldar las necesidades únicas y vitales de los servicios médicos. (mrezaei, 2024)

2.1.1.13 Aplicaciones industriales de fuentes de electricidad de emergencia.

En el sector industrial, las fuentes de electricidad de emergencia son vitales para mantener la continuidad operativa y garantizar la seguridad. Estos sistemas son fundamentales para minimizar el tiempo de inactividad y proteger el equipo durante cortes de energía. Las industrias dependen de estas fuentes de emergencia para mantener las líneas de producción en funcionamiento, salvaguardar los datos y garantizar la seguridad de los trabajadores, lo que destaca su carácter indispensable cuando breves interrupciones del suministro eléctrico pueden provocar importantes reveses financieros y operativos. Las soluciones de energía de emergencia eficientes y confiables son esenciales en estos entornos por razones tanto económicas como de seguridad. (mrezaei, 2024)

2.1.1.14 El futuro de la generación de energía de emergencia.

El futuro de la generación de energía de emergencia se verá influenciado por varias tendencias e innovaciones clave. A medida que crece el enfoque en la sostenibilidad, es probable que haya una mayor integración de fuentes de energía renovables como la solar y la eólica en los sistemas de energía de emergencia. Se espera que los avances en la tecnología de baterías, particularmente en términos de capacidad y eficiencia, mejoren la efectividad de las soluciones de energía de respaldo.

Además, la incorporación de tecnología de redes inteligentes y dispositivos IoT permitirá una gestión de la energía más eficiente y receptiva. Estos desarrollos tienen como objetivo no sólo hacer que los sistemas de energía de emergencia sean más respetuosos con el medio ambiente, sino también más confiables, adaptables y eficientes para satisfacer las demandas cambiantes de diversos sectores. (mrezaei, 2024)

2.1.1.15 Tendencias emergentes en sistemas de energía de emergencia.

Las tendencias emergentes en los sistemas de energía de emergencia se centran en la integración de fuentes de energía renovables y avances tecnológicos. El uso cada vez mayor de energía solar y eólica en sistemas de respaldo representa un cambio hacia soluciones más sostenibles. Además, los avances en la tecnología de baterías, en particular las de iones de litio, están mejorando la eficiencia y la capacidad de estos sistemas.

La tecnología inteligente es otra tendencia clave, ya que los dispositivos IoT y las redes inteligentes permiten una gestión de la energía más receptiva y eficiente. Estas tendencias reflejan un movimiento hacia soluciones de energía de emergencia más respetuosas con el medio ambiente, confiables y adaptables. (mrezaei, 2024)

2.1.1.16 Sostenibilidad y soluciones verdes en fuentes eléctricas de emergencia.

El impulso hacia la sostenibilidad y las soluciones verdes en las fuentes de electricidad de emergencia es cada vez más importante. Hay un énfasis creciente en la integración de tecnologías de energía renovable, como la energía solar y eólica, en los sistemas de energía de emergencia. Este cambio no sólo reduce el impacto ambiental de los generadores tradicionales de diésel o gas, sino que también mejora la resiliencia y la eficiencia del suministro de energía durante las emergencias.

Las innovaciones en la tecnología de almacenamiento en baterías, particularmente con materiales ecológicos y mayores capacidades de almacenamiento, desempeñan un papel crucial en esta transición. Estos enfoques sostenibles están remodelando el panorama de las soluciones de energía de emergencia, alineándolos más estrechamente con la conservación del medio ambiente y los objetivos de energía sostenible. (mrezaei, 2024)

2.1.1.17 Estudios de casos y aplicaciones del mundo real.

Los estudios de casos y las aplicaciones del mundo real de los sistemas de energía de emergencia brindan información valiosa sobre su implementación práctica y efectividad. Estos ejemplos suelen demostrar cómo diferentes industrias, desde la atención sanitaria hasta los centros de datos, utilizan eficazmente fuentes de energía de emergencia como generadores de reserva y sistemas UPS. Destacan los desafíos enfrentados, las soluciones implementadas y los resultados de la integración de estos sistemas. Por ejemplo, un hospital podría utilizar una combinación de generadores diésel y baterías de respaldo para garantizar una energía ininterrumpida, lo que ilustra la confiabilidad del sistema durante situaciones críticas. De manera similar, los centros de datos emplean sistemas UPS para protegerse contra la pérdida de datos durante cortes de energía. Estos ejemplos del mundo real ofrecen lecciones prácticas y mejores prácticas, mostrando la adaptabilidad y necesidad de soluciones de energía de emergencia en diversos entornos. (mrezaei, 2024)

2.1.1.18 Historias de éxito en generación de energía de emergencia.

Las historias de éxito en la generación de energía de emergencia a menudo resaltan la resiliencia y confiabilidad de estos sistemas en situaciones críticas. Por ejemplo, un hospital podría contar la historia de cómo los sistemas de energía de

reserva garantizaron el funcionamiento ininterrumpido de equipos que salvan vidas durante un corte de energía importante, salvaguardando así la salud y la seguridad del paciente.

En el sector industrial, un despliegue exitoso de generadores de emergencia podría demostrar cómo una instalación de fabricación mantuvo la producción y evitó pérdidas financieras significativas durante un corte de energía. Estas historias de éxito no solo subrayan la importancia de contar con soluciones sólidas de energía de emergencia, sino que también ilustran los beneficios tangibles que aportan a diversas organizaciones y sectores. (mrezaei, 2024)

2.1.1.19 Aprender de las fallas en los sistemas de energía de emergencia.

Aprender de las fallas en los sistemas de energía de emergencia es tan crucial como celebrar los éxitos. Estos casos brindan lecciones valiosas para identificar y rectificar posibles debilidades. Por ejemplo, un caso en el que un sistema de energía de emergencia no se activó durante un corte de energía podría resaltar problemas como mantenimiento inadecuado o fallas en el diseño del sistema.

El análisis de tales fallas conduce a mejoras en la confiabilidad del sistema, mejores protocolos de mantenimiento y una planificación de contingencias más efectiva. Estas lecciones son esenciales para mejorar la resiliencia de los sistemas de energía de emergencia, garantizando que funcionen de manera confiable cuando más se necesitan. (mrezaei, 2024)

2.1.1.20 Preguntas Frecuentes.

- ¿Cuáles son las principales diferencias entre los sistemas de suministro de energía de emergencia tradicionales y modernos?

Las principales diferencias entre los sistemas de suministro de energía de emergencia tradicionales y modernos radican en su tecnología, eficiencia e impacto ambiental. Los sistemas tradicionales, normalmente generadores diésel, son conocidos por su fiabilidad, pero pueden ser menos eficientes y respetuosos con el medio ambiente. Los sistemas modernos utilizan cada vez más fuentes de energía renovables como paneles solares y tecnologías avanzadas de baterías.

Son más sostenibles y a menudo integran tecnologías inteligentes para una gestión eficiente de la energía. Además, los sistemas modernos tienden a ser más compactos y menos ruidosos, lo que los hace adecuados para una gama más amplia de aplicaciones, incluidos entornos urbanos y sensibles.

- ¿Con qué frecuencia se debe realizar un mantenimiento regular a los generadores de reserva para garantizar la confiabilidad?

Por lo general, el mantenimiento regular de los generadores de reserva debe realizarse al menos una vez al año, aunque la frecuencia exacta puede variar según las recomendaciones del fabricante y los patrones de uso específicos del generador. Para los generadores que se utilizan con más frecuencia o en aplicaciones críticas, puede ser necesario un mantenimiento más frecuente para garantizar la confiabilidad.

Este mantenimiento generalmente incluye revisar y reemplazar piezas como filtros y bujías, probar la batería y asegurarse de que el generador funcione correctamente bajo carga. Las revisiones y el mantenimiento periódicos ayudan a identificar problemas potenciales antes de que provoquen fallas, lo que garantiza que el generador esté listo cuando sea necesario.

- ¿Qué papel juegan los sistemas UPS en los centros de datos durante una falla de energía eléctrica?

Los sistemas UPS (fuente de alimentación ininterrumpida) desempeñan un papel crucial en los centros de datos durante los cortes de energía de los servicios públicos. Proporcionan energía de respaldo inmediata y a corto plazo, lo que garantiza que los servidores y equipos de TI críticos continúen funcionando sin interrupciones.

Esto es vital para prevenir la pérdida de datos, mantener la conectividad de la red y garantizar operaciones comerciales continuas. Los sistemas UPS también protegen contra sobretensiones y fluctuaciones que pueden ocurrir cuando se restablece la energía eléctrica, protegiendo aún más los equipos electrónicos sensibles en los centros de datos.

- ¿Se puede utilizar eficazmente la energía solar como fuente de energía de emergencia en entornos comerciales?

Sí, la energía solar se puede utilizar eficazmente como fuente de energía de emergencia en entornos comerciales. Los paneles solares pueden capturar y convertir la luz solar en electricidad, que puede almacenarse en sistemas de baterías para su uso durante cortes de energía. Esta configuración proporciona una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente a los generadores tradicionales.

Es particularmente útil en áreas con mucha luz solar. Sin embargo, la eficacia de la energía solar depende de factores como la ubicación geográfica, la capacidad de los paneles solares y el tamaño del sistema de almacenamiento de baterías. Cuando se diseña e implementa adecuadamente, la energía solar puede proporcionar una fuente confiable de electricidad de emergencia para edificios comerciales.

- ¿Qué factores se deben considerar al instalar un sistema de energía de reserva en un centro de atención médica?

Al instalar un sistema de energía de reserva en un centro de atención médica, se deben considerar varios factores críticos:

- Capacidad y Escalabilidad: El sistema debe ser capaz de soportar todas las operaciones y equipos médicos esenciales. Además, la escalabilidad es importante para futuras expansiones o una mayor demanda.
- Confiabilidad y tiempo de respuesta: El sistema debe tener un historial comprobado de confiabilidad y tiempo de respuesta rápido para garantizar energía ininterrumpida durante los cortes.
- Cumplimiento de las normas: Cumplimiento de las normas de salud y seguridad, incluidas las establecidas por las autoridades sanitarias locales y la Asociación Nacional de Protección contra Incendios.
- Mantenimiento y pruebas: El mantenimiento y las pruebas regulares son cruciales para garantizar que el sistema esté siempre operativo.
- Fuente de combustible y eficiencia: Consideración del tipo de combustible (como gas natural o diésel) y la eficiencia del sistema en términos de uso de energía e impacto ambiental.

Estas consideraciones garantizan que el centro de atención médica siga siendo funcional y seguro durante los cortes de energía, salvaguardando la atención al paciente y los servicios médicos críticos. (mrezaei, 2024)

2.1.2. Rectificación de onda.

2.1.2.1 Historia de un diodo.

A continuación, hemos recopilado parte de la historia y los principios de los diodos. Si lo considera necesario, échele un vistazo para refrescar la memoria. "¡Pues eso ya lo sabía!", es lo que algunos estarán pensando, y si es así, no dude en saltarse esta sección. Antes de profundizar en algunas de las propiedades y fundamentos de los diodos, hablemos del efecto Edison.

El efecto Edison se produce cuando los electrones fluyen de un elemento calentado a una placa metálica más fría, en el vacío. Cuando Edison lo descubrió, no le vio ninguna utilidad, pero aun así lo patentó. Edison patentó todo lo que se le ocurrió. Hoy en día, se utiliza el término más descriptivo «emisión termoiónica» para

describir este efecto.

El efecto Edison tiene una característica interesante: los electrones solo pueden fluir en una dirección: del elemento caliente a la placa fría, nunca en sentido contrario. Una buena comparación sería el agua fluyendo a través de una válvula de retención. Los dispositivos que permiten el flujo de electricidad en una sola dirección se denominan diodos. (TechWeb, 2025)

2.1.2.2 Antes del tubo de vacío.

Las propiedades rectificadoras y el efecto Edison se descubrieron en el tubo de vacío bipolar en 1884. Ocho años antes, se descubrió el efecto rectificador del selenio en 1876. La historia del uso de las propiedades de los semiconductores para crear diodos con efectos rectificadores es muy antigua. Aunque cueste creerlo, la historia de los semiconductores se remonta a antes de la del tubo de vacío. (TechWeb, 2025)

2.1.2.3 Del germanio al silicio.

Los primeros diodos primitivos, como el rectificador de selenio o los detectores de cristal, utilizaban piritas de hierro y galena, así como otros óxidos de cobre naturales (semiconductores policristalinos). Con el avance de las técnicas de refinación, entramos en la era en la que se podían producir semiconductores monocristalinos de alta sensibilidad y fiabilidad: la era de los diodos de germanio y silicio. Durante esta época, descubrimos que el germanio tiene baja resistencia al calor, por lo que hoy en día la mayoría de los semiconductores se fabrican con silicio. Los diodos semiconductores desempeñan un papel crucial en la electrónica moderna, con aplicaciones que abarcan desde su uso en equipos automotrices e industriales hasta dispositivos como teléfonos inteligentes y computadoras. (TechWeb, 2025)

2.1.2.4 Rectificación desde la unión PN.

El elemento del diodo consta de una estructura llamada unión PN. El terminal conectado al semiconductor tipo P se llama ánodo, y el terminal conectado al semiconductor tipo n se llama cátodo. Los diodos rectificadores permiten el flujo de corriente del ánodo al cátodo, pero impiden casi por completo su flujo en sentido inverso. Este fenómeno se denomina rectificación y, en pocas palabras, convierte la corriente alterna en corriente unidireccional. El flujo de corriente en este proceso es crucial, ya que garantiza que el diodo conduzca en una dirección y la bloquee en la otra. (TechWeb, 2025)

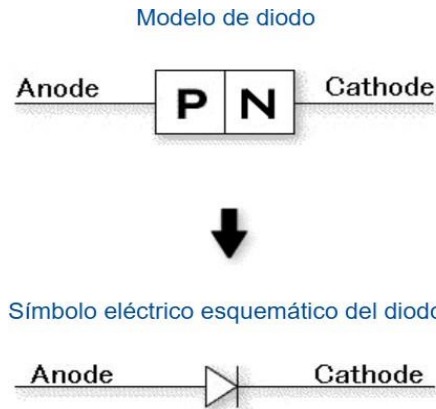


Imagen 1 Módulo de diodo. (TechWeb, 2025)

2.1.2.5 En otras palabras ¡un diodo es una válvula!

Como se mencionó anteriormente, si se piensa en una imagen que ejemplifique los efectos de un diodo, se podría pensar en él como una "válvula" para la corriente eléctrica. Si se piensa en la corriente eléctrica como agua fluyendo, el ánodo podría considerarse el lado aguas arriba y el cátodo el lado aguas abajo. El agua fluye de aguas arriba a aguas abajo (mejor dicho, la corriente eléctrica fluye), pero la "válvula" impide que fluya de aguas abajo a aguas arriba. Este es el principio de funcionamiento de un diodo.

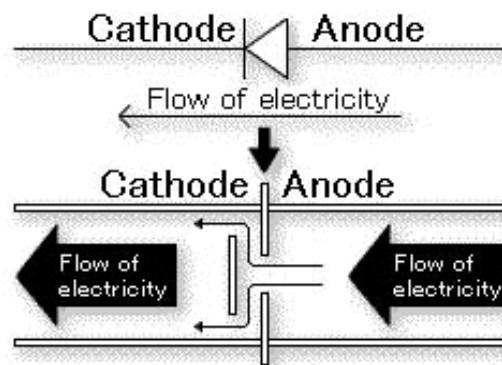


Imagen 2. Funcionamiento del diodo. (TechWeb, 2025)

La válvula está abierta y fluye electricidad (dirección hacia adelante).

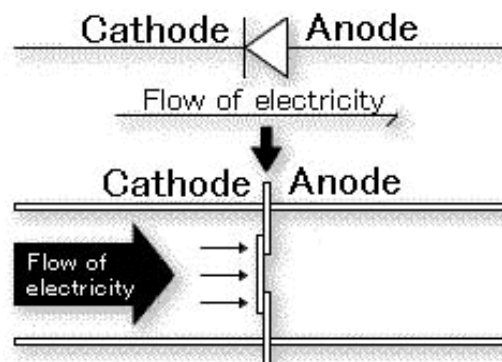


Imagen 3. Funcionamiento del diodo inverso. (TechWeb, 2025)

La válvula está cerrada y no fluye electricidad (dirección inversa). (TechWeb, 2025)

2.1.2.6 Los muchos tipos de uniones, incluidos los diodos Zener.

Los diodos actuales se pueden dividir en dos clasificaciones principales según su unión: la unión PN y la unión de barrera Schottky. La primera es una unión semiconductor-semiconductor, que a su vez se puede clasificar en uniones de difusión y uniones de mesa. La segunda utiliza los efectos generados entre un semiconductor y un metal, y no es una unión propiamente dicha en términos de diodos.

Sin embargo, para facilitar su comprensión, se considerará una unión. Actualmente, el diodo de barrera Schottky es conocido por sus bajos requisitos de potencia y altas velocidades, y ROHM está logrando grandes avances con su serie de diodos de barrera Schottky, que incluye el diodo Schottky diseñado para regiones de bajo voltaje. Los diodos Schottky son diodos de unión PN especiales que funcionan a bajos voltajes, tienen un voltaje directo menor que otros diodos de unión PN de silicio y son ampliamente utilizados en aplicaciones de rectificadores. (TechWeb, 2025)

2.1.2.7 Características de polarización directa y características de polarización inversa.

Un diodo tiene dos electrodos: el ánodo y el cátodo. El ánodo es el terminal (+) y el cátodo es el terminal (-). Las características del diodo cuando la corriente fluye del ánodo al cátodo se denominan características de polarización directa, y V_F e I_F son ejemplos de estas características.

La caída de tensión se mantiene aproximadamente constante para un amplio rango de corrientes del diodo en polarización directa. En condiciones de polarización inversa, la tensión de ruptura es el punto en el que la resistencia del diodo cae

repentinamente, permitiendo que la corriente fluya en sentido inverso.

Por el contrario, si se aplica una tensión (-) al ánodo y una tensión (+) al cátodo, se impide el flujo de corriente a través del diodo con polarización inversa. Estas características se denominan características de polarización inversa, y VR e IR son ejemplos de ellas.

Sin embargo, un diodo Zener puede conducir en polarización inversa y se utiliza para la regulación de tensión. Los diodos Zener proporcionan una tensión de referencia estable y se utilizan ampliamente en fuentes de alimentación para proteger los circuitos de sobretensiones. (TechWeb, 2025)

2.1.3. Historia de los inversores.

2.1.3.1 Los inversores son PCE: Equipos de conversión de energía.

El inversor solar moderno, en su forma más simple, es un convertidor de potencia. Convierte la corriente continua (CC) producida por los paneles solares en corriente alterna (CA) para los electrodomésticos que usamos en nuestros hogares. Pero los primeros convertidores de potencia hacían lo contrario: convertían la CA en CC.

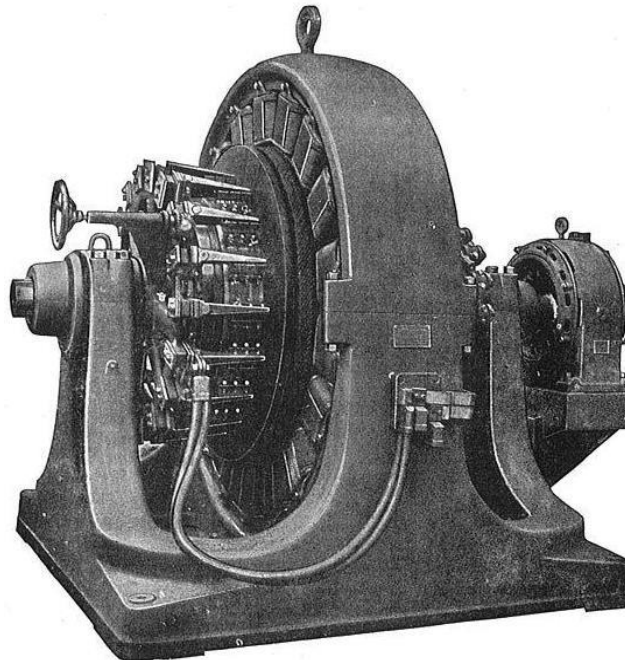


Imagen 4. Convertidor rotativo Westinghouse de 500 kW. (Kim Wainwright , 2022)

Charles S. Bradley inventó el convertidor rotatorio en 1888. En aquel entonces, la mayoría de los electrodomésticos y la maquinaria funcionaban con corriente continua (CC), pero la transmisión de CA se estaba imponiendo rápidamente. Existía una necesidad apremiante de convertir la corriente alterna transmitida en CC

que los electrodomésticos pudieran utilizar.

Los convertidores rotativos y también los grupos electrógenos realizaron esta función desde finales del siglo XIX hasta mediados del siglo XX. Ahora bien, cuando hablamos de convertidores de potencia como este, que convierten CA en CC, solemos llamarlos simplemente «rectificadores». (Kim Wainwright , 2022)

2.1.3.2 ¿De dónde viene el nombre “inversor”?

El primer uso conocido del término «inversor» fue en 1925 por el ingeniero David Prince. Publicó un artículo en GE Review en el que escribió:

“El autor tomó el circuito rectificador y lo invirtió, haciendo pasar corriente continua por un extremo y extrayendo corriente alterna por el otro”

Entonces, un inversor solar se llama inversor porque invierte o "invierte" el funcionamiento de un rectificador. (Kim Wainwright , 2022)

2.1.3.3 De lo mecánico a lo electrónico.

En la década de 1950, los inversores dejaron de ser dispositivos mecánicos para convertirse en dispositivos con circuitos de estado sólido. Esto fue posible gracias al surgimiento de una nueva rama de la ingeniería llamada «electrónica de potencia».

La electrónica convencional estaba dominada por el humilde transistor, cuyas tensiones y corrientes nominales eran insuficientes para la mayoría de las aplicaciones de inversores. La electrónica de potencia utilizaba un tipo de transistor de alta potencia llamado tiristor o SCR (rectificador controlado por silicio).

En 1953, la empresa alemana Kaco fabricó el primer inversor de tiristores del mundo. Años más tarde, Kaco produciría el primer inversor sin transformador. (Kim Wainwright , 2022)

2.1.3.4 Inversores sin transformador.

En 1999, un grupo de "idealistas" se subió a los tejados de las casas de Baden-Württemberg para instalar sistemas solares fotovoltaicos. Los acompañaba el primer inversor solar de cadena sin transformador del mundo: el Kaco Blue Planet PVI 2600.



Imagen 5. Evolución del inversor solar: El blueplanet 10.0 TL3 actual (izquierda) tiene cuatro veces más potencia que el PVI 2600 de hace 20 años, pero tiene el mismo tamaño. Imagen: Kaco. (Kim Wainwright , 2022)

La introducción de inversores sin transformador en 1999 trajo consigo numerosas ventajas: mayor eficiencia, ligereza y menor coste de fabricación. Sin embargo, el principal inconveniente era la falta de aislamiento galvánico entre los circuitos de CC y CA, lo que podía permitir la transmisión de peligrosas fallas de CC al lado de CA.

El aislamiento galvánico (proporcionado por un transformador) separa las fuentes de entrada y salida de un dispositivo, de modo que la energía fluye a través de un campo en lugar de a través de conexiones eléctricas. Permite la transferencia de energía entre dos circuitos sin necesidad de conexión eléctrica.

Los inversores solares sin transformador han generado más de unos pocos dolores de cabeza para los proveedores de redes eléctricas y dieron lugar a otra reescritura para las asociaciones de normas industriales de todo el mundo. (Kim Wainwright , 2022)

2.1.3.5 Micro inversores.

En junio de 2008, la empresa californiana Enphase presentó su primer micro inversor. Tenía el tamaño aproximado de un libro de bolsillo y estaba destinado a revolucionar la industria solar. Hasta ahora, eso no ha sucedido.

El concepto es una gran idea, ya que se ubica debajo de cada panel solar y permite que cada panel de un conjunto funcione de forma independiente. En caso de que uno o varios paneles reduzcan su producción debido a sombras o fallos, el resto del conjunto seguirá funcionando correctamente. Esto no ocurre con una sola cadena de paneles solares que alimenta un inversor de cadena.



Imagen 6. El primer micro inversor Enphase. (Kim Wainwright , 2022)

Otras ventajas son numerosas. Entre ellas se incluyen la optimización y monitorización a nivel de panel, mayor seguridad gracias a una menor tensión de CC y la ausencia de cableado de CC en el tejado, la posibilidad de orientar los paneles en diferentes direcciones, un diseño más sencillo, compatibilidad con cualquier modelo de panel, una expansión más sencilla del sistema fotovoltaico y garantías mucho más extensas para los inversores.

La razón por la que esta tecnología no se ha extendido a nivel mundial es su costo. Son caras, complejas de instalar y pueden tener costos de mantenimiento más altos debido a la cantidad de hardware en el techo.

Entonces, microinversores vs. inversores de cadena, ¿cuál es mejor? No hay una respuesta definitiva. (Kim Wainwright , 2022)

2.1.3.6 El nuevo modelo: inversores híbridos

Los inversores híbridos existen desde hace algún tiempo, pero están comenzando a ganar cierta atención debido a la creciente adopción de sistemas de baterías domésticas.

Estos inversores son bestias inteligentes y sofisticadas que pueden gestionar simultáneamente las entradas de paneles solares, un banco de baterías y la red eléctrica utilizando una técnica llamada acoplamiento de CC (junto con algunas otras funciones adicionales).

El cerebro del inversor híbrido puede decidir de dónde extraer energía, cuándo y

cómo hacerlo. Puede tomar decisiones en función del precio de la electricidad en un momento dado e incluso extraer energía de la red para almacenarla en la batería si resulta económico.

Es probable que veamos más inversores de este tipo a partir de ahora debido a la creciente conciencia mundial sobre la importancia de adoptar tecnologías que permitan alcanzar cero emisiones netas de carbono. Actualmente, esto significa tres cosas: baterías, baterías y más baterías. (Kim Wainwright , 2022)

2.1.4. Historia del Cableado Eléctrico: Desde el Descubrimiento hasta la Innovación Moderna.

2.1.4.1 Descubrimiento de la Electricidad y los Primeros Cables Conductores.

Hace más de 2.000 años, el filósofo griego Tales de Mileto descubrió que la electricidad se generaba mediante la fricción. Sin embargo, fue en el siglo XVIII cuando se realizaron avances significativos en el campo del cableado eléctrico.

En 1729, el inglés Gray descubrió que la electricidad podía transmitirse a lo largo de cables metálicos, lo que llevó al concepto de «conductor». En 1740, el francés Dezaguillier definió los conceptos de conductor y aislante. Posteriormente, en 1744, el alemán Winkler utilizó alambres eléctricos para transmitir chispas a largas distancias, marcando el nacimiento del cable eléctrico.

En 1752, el estadounidense Franklin inventó el pararrayos y lo conectó a tierra mediante un cable, lo que supuso la primera aplicación práctica del cable de electricidad. Finalmente, en 1799, el italiano Volta inventó la batería y logró obtener corriente continua, sentando las bases para futuros avances en la transmisión de electricidad. (ZMS Cable Cía. Ltda., 2023)

2.1.4.2 El surgimiento del telégrafo y la expansión de los cables telegráficos.

A principios del siglo XIX, varios físicos europeos y americanos como Oersted en Dinamarca, Faraday en Gran Bretaña, Ohm en Alemania y Henry en Estados Unidos, descubrieron y crearon teorías fundamentales sobre la electricidad y el electromagnetismo. Estos descubrimientos sentaron las bases para la futura transmisión de electricidad e información.

En 1833, Gauss y Weber crearon el primer telégrafo electromagnético con puntero, que se utilizó en una línea de 1 km durante 6 años. En 1835, Morse inventó el telégrafo de cable en Estados Unidos, lo que impulsó el desarrollo de los cables de comunicación.

Después, en 1839, Cook y Wheatstone construyeron la primera línea telegráfica de 21 km en Londres, y en 1841 se tendieron cables telegráficos submarinos aislados con caucho en el puerto de Nueva York. En 1851, Gran Bretaña tendió el primer cable submarino telegráfico a través del Canal de la Mancha. A partir de ese momento, Europa y Estados Unidos experimentaron un desarrollo acelerado, y en

pocas décadas casi todas las principales ciudades de cada país contaban con cables telegráficos. En 1920, Reino Unido completó una red telegráfica de cables submarinos de comunicaciones que conectaba a todo el imperio británico. (ZMS Cable Cía. Ltda., 2023)

2.1.4.3 El Surgimiento de la Electricidad en la Industria y el Hogar.

A medida que avanzaba el siglo XIX, la electricidad comenzó a desempeñar un papel crucial en la industria y en los hogares. La invención del motor eléctrico por parte de Michael Faraday en 1821 permitió la utilización de la electricidad como fuente de energía para la maquinaria industrial.

En la década de 1880, Thomas Edison y Nikola Tesla llevaron a cabo investigaciones clave sobre la corriente continua y la corriente alterna, respectivamente. Edison fundó la primera compañía eléctrica de servicios públicos en Nueva York y desarrolló el sistema de distribución de corriente continua, mientras que Tesla propuso el uso de corriente alterna y desarrolló el sistema polifásico que permitía la transmisión de electricidad a largas distancias. (ZMS Cable Cía. Ltda., 2023)

2.1.5. Introducción a los SAI

En el panorama tecnológico actual, la dependencia de los dispositivos electrónicos es cada vez más pronunciada en diversos ámbitos, desde entornos domésticos y oficinas hasta instalaciones industriales y médicas. Esta creciente digitalización conlleva una necesidad crítica de asegurar un suministro de energía eléctrica ininterrumpido. Las interrupciones del suministro eléctrico, las fluctuaciones de voltaje y otras perturbaciones eléctricas son fenómenos comunes que pueden acarrear consecuencias significativas, como la pérdida de datos importantes, daños en los equipos electrónicos y la interrupción de operaciones esenciales. Para mitigar estos riesgos, se han desarrollado soluciones tecnológicas como los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida SAI. La comprensión de estos sistemas es fundamental en un mundo donde la continuidad operativa y la protección de la información son de suma importancia. La capacidad de mantener el funcionamiento de equipos críticos durante fallos eléctricos, así como la protección contra irregularidades en el suministro, son aspectos clave que justifican el estudio y la correcta aplicación de estas tecnologías. (Shops, 2023)



Imagen 7. UPS industrial. (Tronex Industrial, 2024)

2.1.5.1 Breve historia del Sistema de Alimentación Ininterrumpida SAI.

La evolución de los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI) se remonta a principios del siglo XX, cuando surgió la necesidad de mantener la continuidad del suministro eléctrico en equipos de comunicación. Durante la década de 1920, se utilizaron sistemas rudimentarios compuestos por baterías y generadores. En 1934, el científico John Hanley patentó un dispositivo con regulador de voltaje, considerado el precursor del SAI moderno.

A lo largo de los años, los SAI se han desarrollado de manera progresiva. En los años cuarenta, se incorporaron baterías más avanzadas y reguladores de voltaje, y en los sesenta surgieron los primeros modelos comerciales, basados en baterías de plomo-ácido. Durante la década de 1970, la tecnología permitió el desarrollo del SAI de topología interactiva, que ofrecían una mejor protección mediante reguladores automáticos de voltaje (AVR).

En la década de 1980 se introdujo el SAI de topología online con doble conversión, capaz de ofrecer una alimentación constante, limpia y confiable, ideal para proteger equipos en entornos críticos. Posteriormente, en los años noventa, estos sistemas se hicieron más accesibles, compactos y eficientes, ampliando su uso tanto a nivel doméstico como industrial.

Actualmente, los SAI forman parte integral de la infraestructura tecnológica. Incorporan tecnologías avanzadas como la gestión remota, el monitoreo en tiempo real y la integración con energías renovables. Se prevé que su evolución continúe con la inclusión de tecnologías emergentes como el internet de las cosas (I.o.T.) y la Inteligencia Artificial (I.A.), mejorando su funcionalidad y eficiencia. (Shops, 2023)

2.1.5.2 Patente del primer sistema de alimentación ininterrumpida (UPS).

Un día como hoy, allá por el año 1934, el primer sistema de alimentación

ininterrumpida fue patentado por un científico llamado John Hanley.

El uso de estos equipos se ha extendido paralelamente al desarrollo tecnológico y todos nos referimos a ellos como SAI (o UPS, siglas de Uninterruptible Power Supply), pero aquel 3 de abril hace 87 años Hanley le dio el nombre de Aparato para Mantener un Suministro Constante e Ininterrumpido de Energía Eléctrica.

La patente de dicho dispositivo se inició un 7 de noviembre de 1932 ([US641582A](#)), pero hasta un año y medio más tarde no consiguió la aceptación de la misma, con el número de serie: [US195602A](#). (USA Patente nº US1953602A, 1932)

El acrónimo que se hubiera utilizado en inglés sería AMUUSEE (Apparatus for Maintaining an Unfailing and Uninterrupted Supply of Electrical Energy) y algo más compleja si se hubiera dado a conocer en nuestro país por entonces: AMSCIEE.

En el siguiente boceto podemos ver cómo este científico visionario nos explica su funcionamiento, así como describe los diferentes elementos que lo componían. (BATERIAWINNERADM, 2020)

April 3, 1934.

J. J. HANLEY
APPARATUS FOR MAINTAINING AN UNFAILING AND
UNINTERRUPTED SUPPLY OF ELECTRICAL ENERGY
Filed Nov. 7, 1932

1,953,602

3 Sheets-Sheet 1

Fig. 1.

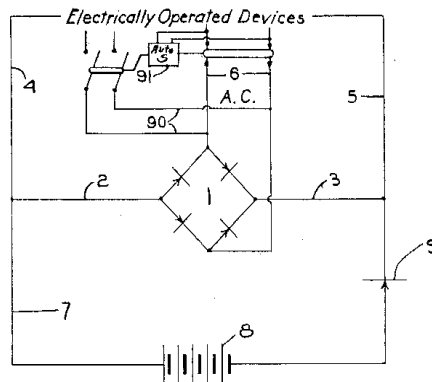


Fig. 2.

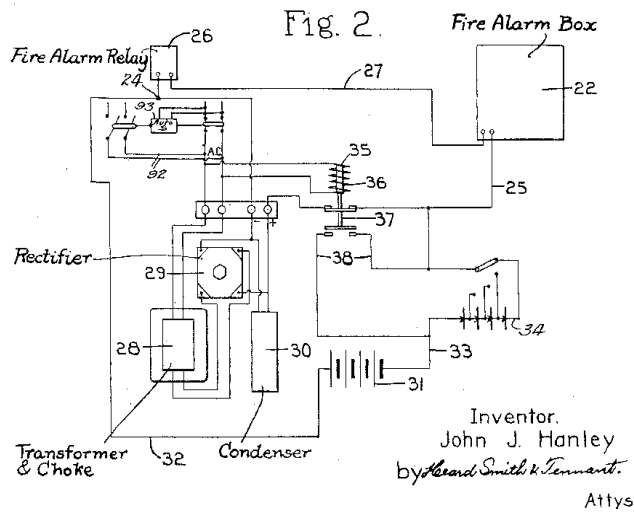


Imagen 8. Boceto #1 Patente UPS J. J. Hanley. (USA Patente nº US1953602A, 1932)

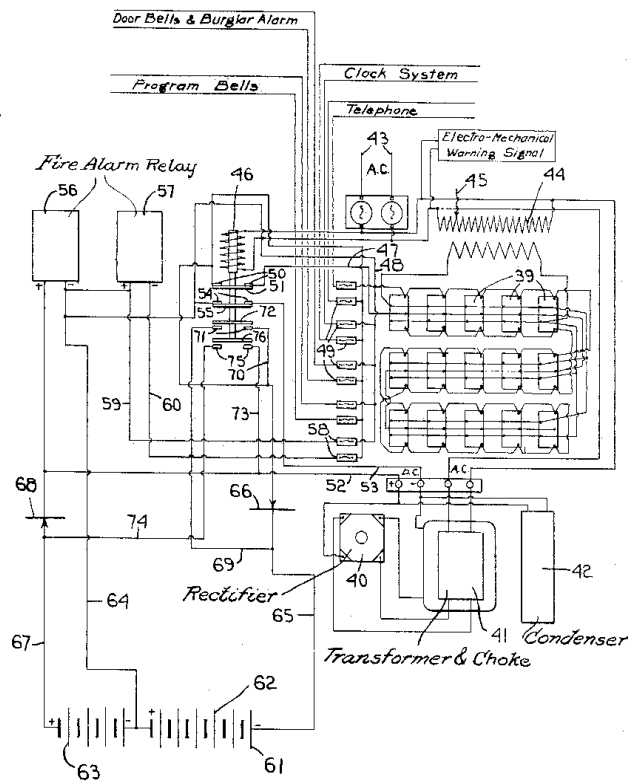
April 3, 1934.

J. J. HANLEY
APPARATUS FOR MAINTAINING AN UNFAILING AND
UNINTERRUPTED SUPPLY OF ELECTRICAL ENERGY
Filed Nov. 7, 1932

1,953,602

3 Sheets-Sheet 2

Fig. 3.

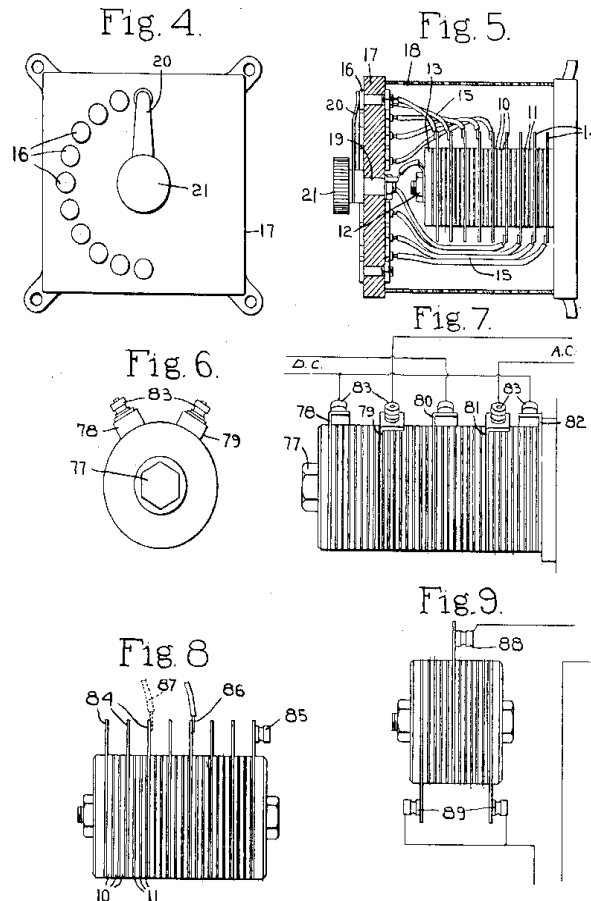


Inventor,
John J. Hanley
by *Harold Smith & Tennant*
Attys.

Imagen 9. Boceto #2 Patente UPS J. J. Hanley. (USA Patente nº US1953602A, 1932)

April 3, 1934.

J. J. HANLEY 1,953,602
APPARATUS FOR MAINTAINING AN UNFAILING AND
UNINTERRUPTED SUPPLY OF ELECTRICAL ENERGY
Filed Nov. 7, 1932 3 Sheets-Sheet 3



Inventor.
John J. Hanley
by *Harold Smith & Tennant*
Attys

Imagen 10. Boceto #3 Patente UPS J. J. Hanley. (USA Patente nº US1953602A, 1932)

2.1.6. Introducción a las Transferencias Eléctricas Manuales

La transferencia eléctrica manual se refiere al proceso de conmutación manual entre diferentes fuentes de energía para mantener el suministro eléctrico, especialmente en sistemas de respaldo. Este procedimiento es fundamental para asegurar la continuidad de las operaciones y la protección de equipos sensibles ante interrupciones en el suministro principal de energía. La importancia de la transferencia eléctrica manual radica en su capacidad para proporcionar una fuente de energía alternativa confiable cuando la principal falla, evitando tiempos de inactividad y posibles daños a los equipos. El presente informe tiene como propósito

ofrecer una visión general exhaustiva de la transferencia eléctrica manual, abarcando su definición, los distintos tipos de sistemas existentes, las protecciones eléctricas esenciales para su funcionamiento seguro, el tipo de cableado recomendado y un listado detallado de los materiales típicamente necesarios para su instalación. El alcance de este documento incluye un análisis en profundidad de cada uno de estos aspectos, basándose en la investigación disponible y en los principios establecidos de la ingeniería eléctrica. (Planelect, 2025)

2.1.7. Fundamentos de los interruptores de transferencia automática (ATS)

2.1.7.1 Historia de los interruptores de transferencia automática

Antes de la llegada de los interruptores de transferencia automática, los interruptores de transferencia manuales se usaban comúnmente. Estos interruptores requerían que una persona cambiara físicamente la fuente de alimentación del suministro principal a un generador de respaldo durante un corte de energía. Si bien fueron efectivos para brindar una solución temporal, los interruptores de transferencia manual tenían limitaciones y desafíos que se hicieron evidentes a medida que los sistemas eléctricos se volvieron más complejos y aumentó la necesidad de energía de respaldo confiable.

Los interruptores de transferencia manual dependían en gran medida de la intervención humana y eran propensos a errores humanos, incluidos retrasos en el cambio de las fuentes de alimentación o el olvido de cambiarlas por completo. Esto podría resultar en períodos prolongados de tiempo de inactividad y la posible pérdida de sistemas o equipos críticos. Además, los interruptores de transferencia manual también podrían presentar riesgos de seguridad, especialmente si no son operados correctamente por personas capacitadas.

Con la creciente demanda de suministro de energía ininterrumpido, se hizo evidente la necesidad de una solución más eficiente y confiable. Esto condujo al desarrollo de interruptores de transferencia automática, cuyo objetivo era automatizar el proceso de cambio entre fuentes de energía sin problemas. El objetivo era eliminar el error humano, reducir el tiempo de inactividad y garantizar una transición de energía sin interrupciones.

Los interruptores de transferencia automática de primera generación surgieron a mediados del siglo XX en respuesta a la necesidad de una solución más avanzada para la transferencia de energía. Estos primeros modelos fueron diseñados para transferir automáticamente la carga de la fuente de energía principal a un generador de respaldo en caso de un apagón. Ellos sobre el proceso de cambio. Los microprocesadores permitieron algoritmos y programación más complejos, lo que llevó a una mayor confiabilidad y tiempos de respuesta más rápidos.

Con controles basados en microprocesadores, los interruptores de transferencia

automática se volvieron más versátiles y adaptables a las necesidades de diferentes sistemas eléctricos. Estos modelos avanzados ofrecían una mayor funcionalidad, como la capacidad de priorizar cargas específicas, ajustar la configuración de transferencia y proporcionar información de diagnóstico detallada. La integración de sensores avanzados y sistemas de retroalimentación también mejoró la confiabilidad de los interruptores de transferencia automática al monitorear continuamente la calidad de la energía y detectar cualquier anomalía.

Las últimas innovaciones en tecnología ATS han permitido transferencias de energía más suaves y rápidas, maximizando la eficiencia y la confiabilidad. Los interruptores de transferencia automáticos modernos incorporan sensores avanzados y sistemas de monitoreo para proporcionar datos en tiempo real sobre disponibilidad de energía, capacidades de carga y otros parámetros críticos. Estos sensores pueden detectar anomalías en el voltaje, la frecuencia y la fase, lo que permite tomar medidas proactivas antes de que ocurra una falla potencial. Los sistemas de monitoreo brindan información valiosa sobre los patrones de uso de energía, lo que permite una administración de carga optimizada y una utilización eficiente de los recursos de energía.

Los interruptores de transferencia automática han evolucionado para integrarse a la perfección con los sistemas de automatización inteligentes. Esta integración permite a los propietarios monitorear y controlar de forma remota sus sistemas de energía de respaldo, asegurando un suministro de energía ininterrumpido a los electrodomésticos y dispositivos esenciales durante una interrupción. Con la capacidad de programar prioridades de energía específicas y personalizar la configuración, los propietarios pueden tener la tranquilidad de saber que los sistemas críticos, como los sistemas de seguridad y las unidades y motores de refrigeración, reciben energía primero.

Uno de los avances significativos en los interruptores de transferencia automática es la capacidad de monitorear y controlar el sistema de manera remota. Mediante el uso de aplicaciones móviles o interfaces web, los usuarios pueden acceder a datos en tiempo real sobre el estado del interruptor de transferencia, incluida la disponibilidad de la fuente de alimentación, la información de carga y cualquier alerta o notificación. Esta accesibilidad remota permite una resolución rápida de problemas, un mantenimiento proactivo y la capacidad de cambiar de forma remota las fuentes de alimentación si es necesario.

Los interruptores de transferencia automática modernos ofrecen características avanzadas de administración de carga, lo que permite una distribución optimizada de energía durante un corte de energía. Estos interruptores pueden dar prioridad a las cargas críticas, como equipos médicos o iluminación de emergencia, al tiempo que eliminan temporalmente las cargas no esenciales para garantizar un funcionamiento sin problemas. Las capacidades de administración de carga

también brindan información sobre las demandas de carga y los patrones de consumo de energía, lo que permite a los usuarios tomar decisiones informadas con respecto a la eficiencia energética y el equilibrio de carga. (BRAGS+HAYES, 2024)

2.1.7.2 Breve historia del interruptor moderno

Repasar la historia del interruptor es sinónimo de comprobar cómo ha evolucionado tan importante dispositivo para activar o desactivar una conexión eléctrica. Se comentan sus características más importantes. (TECHNOLOGIES, 2025)

2.1.7.3 ¿Cuándo comienza la historia del interruptor?

A la hora de concretar quién inventó el interruptor es necesario recordar a John Henry Holmes. Fue en 1884 cuando decidió crear lo que se conoce hoy en día como interruptor moderno. Este producto funcionaba con una tecnología que permitiría interrumpir la corriente de forma inmediata. Además, fue una reacción a los interruptores con arco eléctrico.

Estos provocaban la corrosión de un contacto y la suciedad en su contrario. A lo largo del tiempo, el interruptor dejaba de funcionar y había que sustituirlo. La llegada de los de interrupción rápida supuso el empleo de un artículo de larga vida útil y la creación de la base de los que se utilizan en la actualidad. (TECHNOLOGIES, 2025)

2.1.7.4 Evolución e historia del interruptor

La evolución de los interruptores se divide en varias etapas esenciales. En los primeros años del siglo XX, solo las familias adineradas disponían de luz eléctrica en su casa. Los interruptores estaban fabricados con porcelana y solían estar fuera de la pared. Fue en torno a 1920 cuando la luz eléctrica se generalizó en los hogares. En los inmuebles se utilizaba el interruptor de cable que provocaba que hubiera que tirar de una cuerda para que subiera una leva que interrumpía la corriente.

Posteriormente, se pasó del empleo de la porcelana al del latón y también a que los dispositivos se empotraran en la pared. Se creó entonces el interruptor de botón que hay que pulsar tanto para contar con el suministro como para cortarlo. Sigue estando de plena vigencia en la industria.

No fue hasta la década de los 60 del pasado siglo cuando comenzaron a fabricarse en baquelita. A partir de la década de los 80 ganó protagonismo el plástico, especialmente el PVC, gracias a su adaptabilidad y a su precio competitivo. Es entonces cuando se vende el llamado interruptor de barco. Consta de una pieza oscilante que se pulsa para encender o apagar la luz. Es el más extendido hasta la primera década del siglo XXI y se continúa utilizando. (TECHNOLOGIES, 2025)

2.1.7.5 Evolución de las unidades de disparo de interruptores automáticos de caja moldeada

Aunque una patente presentada por Thomas Edison en 1879 brindó un atisbo de la definición de lo que se convertiría en interruptores automáticos, los fusibles (de un solo uso y desechables) fueron el estándar durante los primeros 30 a 40 años en los sistemas de distribución eléctrica. En 1924, el inventor alemán Hugo Stotz creó y patentó lo que se comercializó como un fusible reajutable. Fue una adaptación directa a los paneles de fusibles comunes de la época. El fusible Stotz incorporaba un elemento térmico para detectar y abrir contactos para despejar circuitos sobrecargados o en cortocircuito. Este fue un precursor del interruptor termomagnético, ampliamente utilizado en los sistemas de distribución eléctrica actuales. (Contractors, 2020)

2.1.8. Historia del riel DIN

DIN significa *Deutsche Institut für Normung*, que del alemán se traduce como Instituto Alemán de Normalización. El sistema de montaje en rack que ahora vemos tan comúnmente en diversas industrias surgió en Alemania a finales de la década de 1920. Sin embargo, no fue hasta principios de la década de 1950 que se generalizó y se generalizó, tanto a nivel nacional como internacional.

Las normas DIN originales surgieron en 1928 de la mano de la empresa *Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk* (Central Eléctrica Renana-Westfaliana), que aún existe. En la década de 1900, no existía ninguna norma para el desarrollo de cuadros eléctricos. Se construían utilizando cualquier componente disponible y de la forma que se considerara más adecuada.

RWE detectó este problema y lo convirtió en una oportunidad, ideando lo que hoy conocemos como el riel G. Inicialmente contruidos de porcelana, estos rieles se sujetaban a una barra colectora metálica que recorría su centro. Con el tiempo, los fabricantes se dieron cuenta de que la porcelana era demasiado frágil para cumplir su función, y los rieles metálicos se convirtieron en la nueva tendencia.

En la década de 1950, DIN adquirió los diseños originales de RWE y perfeccionó el proceso de estandarización de estos rieles. En EE. UU., NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) también adoptó las normas y, desde entonces, prácticamente todos los componentes de hardware de control eléctrico cumplen con las normas DIN. (CHINT, 2022)

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. UPS / SAI (Respaldo de energía)

2.2.1.1 Definición de UPS / SAI

El término UPS es un acrónimo inglés que significa Uninterruptible Power Supply. En español, se utiliza ampliamente como un sinónimo de SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida). La equivalencia entre ambos términos es un hecho reconocido en el ámbito técnico, y a menudo se utilizan indistintamente para

referirse al mismo tipo de dispositivo.

Estos dispositivos electrónicos están diseñados principalmente para proporcionar una fuente de energía de respaldo durante un período limitado cuando se produce una interrupción en el suministro eléctrico principal. Esta función se logra mediante el uso de baterías u otros elementos de almacenamiento de energía que permiten que los equipos conectados sigan operando hasta que se restablezca la energía principal o se puedan apagar de forma segura.

Además de su capacidad para suministrar energía de reserva, los SAI desempeñan un papel crucial en la mejora de la calidad de la energía eléctrica que llega a los dispositivos conectados. Actúan como filtros que protegen contra fluctuaciones de voltaje, como sobretensiones y caídas de tensión, y también pueden eliminar armónicos de la red eléctrica. Esta doble funcionalidad es esencial para proteger los equipos electrónicos sensibles, no solo de la pérdida repentina de energía, sino también de las irregularidades que pueden afectar su rendimiento y reducir su vida útil. La protección contra estas anomalías eléctricas contribuye significativamente a la estabilidad y longevidad de los dispositivos conectados. (Infobae Tecno, 2024)

2.2.1.2 Tipos de SAI

Existen tres tipos de tecnologías distintas asociadas a un SAI / UPS:

- SAI Off-Line:

Un SAI dotado con tecnología Off-Line suministra la corriente eléctrica sin ningún filtro a los dispositivos conectados, este tipo de tecnología carece de AVR (Regulador de voltaje).

El SAI Off-Line solamente empezará a funcionar cuando detecte un fallo de corriente eléctrica, es en este momento preciso cuando el SAI conmuta a modo baterías, es decir se comenzará a suministrar la energía que ha ido almacenando en sus baterías a los dispositivos conectados.

Estos SAI necesitan un tiempo de conmutación (normalmente 2-10 ms) para pasar a modo baterías, es preciso tener este dato en cuenta a la hora de conectar dispositivos sensibles que pudieran verse afectados en el proceso de conmutación, es impórtate indicar que este tipo de SAI son solo recomendables para las zonas que disponen de una red estable ya que, al no realizar ningún filtrado de la corriente, solo protegen ante un corte de suministro eléctrico. (RackOnline, s.f.)

➤ Aplicaciones SAI Off-Line:

➤ Dispositivos poco sensibles como ordenadores

personales de gama baja, televisores, monitores, router, etc. Es recomendable utilizar este tipo de SAI en zonas con pocas anomalías eléctricas y buena calidad de red.

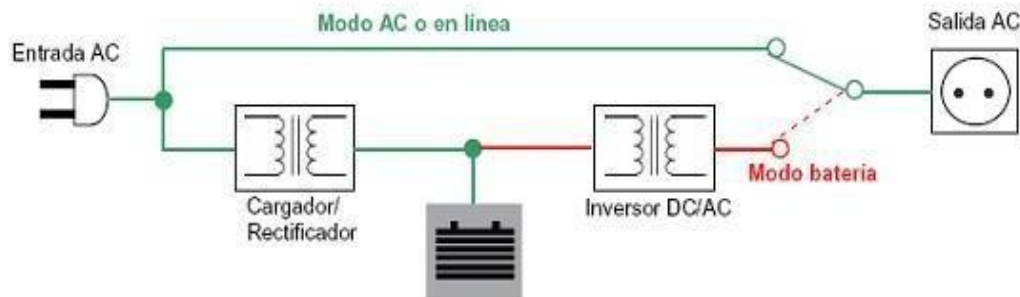


Imagen 11. Diagrama de funcionamiento de un SAI Off-Line. (RackOnline, s.f.)

- SAI Interactivos In-Line

Un SAI Interactivo o In-Line ofrece una protección eléctrica intermedia, su tecnología es similar a la de los SAI Off-Line pero incorpora una serie de filtros activos como microprocesador que controla las fluctuaciones de la red eléctrica en $\pm 15\%$, regulando la tensión de salida (efecto Buck/Boos AVR Integrado) habitualmente este tipo de SAI devuelven una onda pseudo-sinusoidal o sinusoidal pura dependiendo del modelo, este proceso de filtrado y mejora de la corriente que llega a los dispositivos conectados al SAI se realiza sin que entren a funcionar las baterías, por lo que la protección con un SAI interactivo es superior aún sin sufrir apagones. Al igual que los SAI Off-line tienen un pequeño tiempo de conmutación en el que no hay suministro eléctrico, normalmente de 2-10 ms, es por este motivo por el que se debe tener especial cuidado a la hora de conectar dispositivos sensibles que pudieran verse afectados en el tiempo de conmutación a modo baterías.

- Aplicaciones SAI Interactivo In-Line

- Ordenadores de gama media y baja, consolas de juegos, pequeños servidores de redes, equipos de oficina, router, cámaras de seguridad, videograbadores, etc. Para proteger de forma adecuada equipos específicos como bombas de calor, calderas, motores eléctricos o general equipos con fuentes de alimentación con PFC activo (Corrección del factor de potencia) es necesario la utilización de SAI con de salida sinusoidal pura. Los SAI de línea interactiva con onda sinusoidal pura son especialmente silenciosos por lo que pueden estar indicados para entornos de trabajo que requieran una protección eléctrica

de calidad con mínimo ruido. (RackOnline, s.f.)

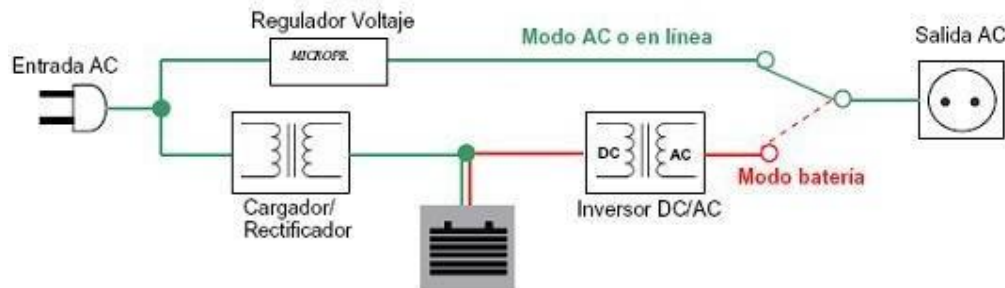


Imagen 12. Diagrama de funcionamiento de un SAI Interactivo. (RackOnline, s.f.)

- SAI Online

Por último, está el SAI On-Line, que realiza una doble conversión de la energía eléctrica que recibe, transformándola en continua y después a alterna de nuevo, eliminando de esta manera todos los problemas que pueda tener. Un SAI On-Line siempre proporciona energía eléctrica directamente desde sus baterías mientras estas se van cargando de la red, y esto es lo que garantiza que la protección contra cualquier problema de la red eléctrica sea total. Debido a su alta fiabilidad, la tecnología On-Line ocupa el sector profesional en el mercado del SAI y está generalmente destinada a proteger servidores, equipos industriales o cualquier instalación informática que por su importancia o coste necesite la seguridad de no verse afectados por problemas derivados de la red eléctrica.

- Aplicaciones SAI Online

- Servidores, clúster de equipos, instalaciones médicas, entornos domésticos (sistemas de entretenimiento y computadoras), y en general instalaciones informáticas críticas o imprescindible (redes de datos, servidores, telecomunicaciones, industria).

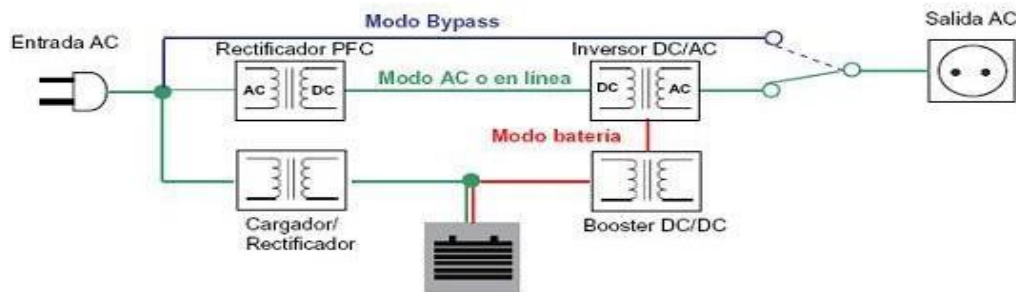


Imagen 13. Diagrama de funcionamiento de un SAI Online. (RackOnline, s.f.)

2.2.1.3 ¿Qué tipo de SAI debo elegir?

Una vez vistas las características generales de cada una de las tecnologías existentes, serán las particularidades de nuestra red eléctrica y la importancia o coste de los equipos que queramos proteger lo que nos debe indicar que tipo de SAI es el más adecuado para nosotros.

- SAI Off-Line
Zonas estables, con pocas perturbaciones y red eléctrica de buena calidad. Orientado a pequeñas instalaciones.
- SAI Interactivos
Ordenadores gama media y baja, consolas de juegos, pequeños servidores de redes, equipos de oficina. Recomendado para la mayoría de los dispositivos.
- SAI On-Line
Servidores, clústeres de equipos y en general instalaciones informáticas críticas o imprescindible (redes de datos, servidores, telecomunicaciones, industria...).

2.2.2. ¿Qué capacidad de SAI necesito?

La unidad de "potencia aparente" que encontramos en los SAI es el Voltiamperio (Va) ya sea expresado en unidades (1000 Va) o en unidades de millar, el Kilo Voltioampério (KVA), también llamado Kavea (1KVA = 1000 Va) que es usado para SAI de potencia/capacidad medio-altos. Sin embargo, la mayoría de los aparatos que conectemos al SAI tendrán expresado su consumo en vatios (w), por lo que para poder realizar una estimación correcta del equipo que se necesita, se incluye en las fichas de cada SAI una equivalencia de los Voltiamperios (Va) en vatios (W).

- Ejemplo: Capacidad: 3000Va / 2400W

Debido a posibles picos de consumo de los aparatos conectados al SAI, se recomienda siempre elegir un SAI con una capacidad de suministro un 20% mayor que el consumo que vamos a proteger. Tan solo necesitamos conocer la suma de los consumos en vatios de cada uno de los aparatos que necesitemos proteger y sumar a ese total un 20%, esa cantidad serán los vatios que nuestro SAI deberá ser capaz de suministrar. Por ejemplo, supongamos que necesitamos conectar al SAI un solo ordenador con un consumo máximo de 400W:

- Total, consumos de los aparatos a proteger por el SAI: 400W
- Total, consumos + 20%: 480W, el SAI adecuado debería tener una capacidad de suministro de al menos 480W

En el siguiente cuadro se indican los consumos medios estimados de los dispositivos más frecuentemente conectados a un SAI, aunque existen demasiadas variables para poder indicirlas todas, puede ser una guía efectiva de consumos aproximados.

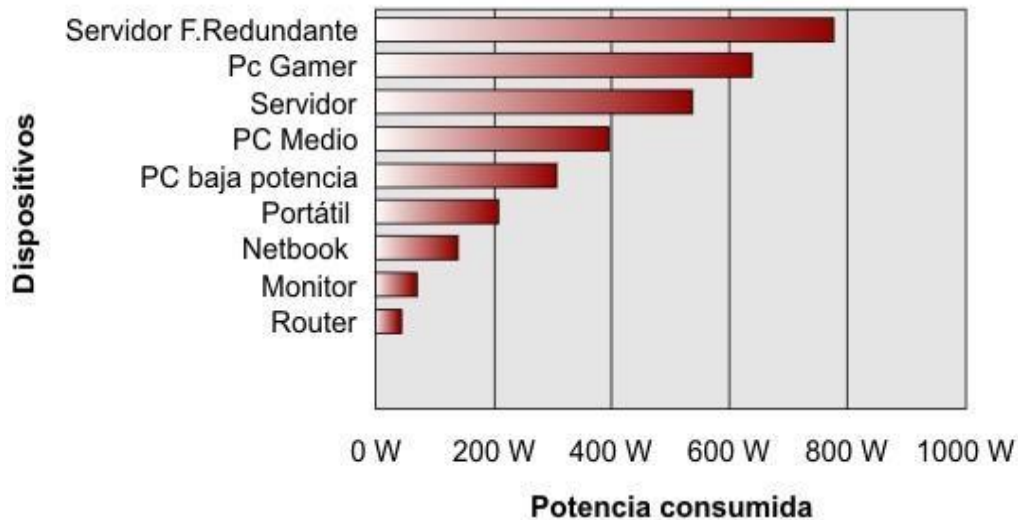


Imagen 14. Consumos aproximados de equipamiento más frecuente. (RackOnline, s.f.)

2.2.3. ¿Cuánto tiempo puedo mantener mis equipos encendidos con un SAI?

A este periodo de tiempo es lo que denominamos "Tiempo de autonomía de un SAI" y es variable dependiendo del modelo, capacidad de suministro, carga conectada, etc. Encontrarás una estimación de la autonomía de cada modelo en su ficha de producto. En este punto queremos indicarte que una buena práctica cuando existe un apagón eléctrico es aprovechar el tiempo que nos brindan los SAI para grabar, ordenar y apagar adecuadamente los dispositivos conectados, intenta no "exprimir" al máximo el tiempo de autonomía de tu SAI, ya que si terminas por agotar la energía de las baterías podrías acabar sufriendo también un apagón del SAI.

2.2.4. ¿Para qué sirve el software del SAI?

Gracias al software podremos realizar por ejemplo programaciones de apagado del sistema, controlar los parámetros del SAI como la batería, frecuencias de entrada y salida, voltajes, etc.

2.2.5. ¿Necesito realizar algún tipo de mantenimiento a un SAI?

No, no lo necesita, aunque como con todo dispositivo hay que observar unas cuantas normas que ayudarán a preservar la vida útil del SAI:

- No sobrecargue el equipo. Se aconseja un máximo de un 80% de carga sobre la capacidad del SAI.
- No conectar dispositivos electrónicos domésticos como ventiladores, impresoras o Faxes. Podrían causar daños al equipo.
- Situar el SAI en un lugar protegido de la humedad, polvo y cambios extremos de temperatura.
- Descargar la batería una o dos veces al mes. Es un procedimiento tremendamente sencillo, ya que simplemente tiene que encenderlo sin que esté conectado a la red eléctrica, de esta manera el equipo entenderá que debe suministrar la energía de sus baterías por un apagón eléctrico y se descargará.

2.2.6. ¿Qué vida útil puede tener un SAI?

Depende de varios factores, aunque se podría estimar en unos 5 años. Es aconsejable cambiar las baterías a los 3 años. Si el equipo no está en funcionamiento, la vida útil de las baterías disminuye más rápidamente, por lo que es aconsejable si se tiene un equipo almacenado o sin usar, descargar y cargar las baterías de vez en cuando. En los SAI mayores la vida útil se incrementa y pueden alcanzar 10 o 20 años.

2.2.7. ¿Existen diferentes formatos de SAI?

Actualmente podemos encontrar SAI en formato torre y en formato Rack 19 pulgadas. No olvides que como métodos de protección también existen los AVR y las regletas Protectoras de picos. Puedes ver todos los modelos disponibles pinchando en las siguientes categorías de SAI, AVR y regletas protectoras.

- SAI Online Rack
- SAI Online Torre
- SAI Interactivo Rack

- SAI Interactivo Torre
- SAI Offline
- AVR
- Regleta protectora

(RackOnline, s.f.)

2.2.8. Componentes y funcionamiento de un SAI

Un UPS típicamente consta de varios componentes clave que le permiten cumplir su función principal. La batería es un elemento fundamental, ya que es la encargada de almacenar la energía eléctrica que se utilizará durante un corte de suministro. El rectificador tiene la función de convertir la corriente alterna (AC) de la red eléctrica en corriente continua (DC) para cargar la batería y, en algunos diseños, para alimentar el inversor.

El inversor, por su parte, realiza la conversión inversa, transformando la corriente continua (DC) de la batería de nuevo en corriente alterna (AC) para suministrar energía a los equipos conectados.

Un aspecto crucial del funcionamiento de un UPS es su mecanismo de conmutación automática. Cuando se detecta un fallo en el suministro eléctrico principal, el UPS conmuta de manera casi instantánea a la energía almacenada en la batería, lo que permite que los equipos sigan funcionando sin interrupción. Esta transición rápida es esencial para evitar la pérdida de datos y el apagado abrupto de dispositivos sensibles. (Infobae Tecno, 2024)

- ¿Cuáles son los componentes principales de un SAI?

Como dispositivos complejos encargados de garantizar energía limpia y un funcionamiento continuo para su carga crítica, los sistemas de alimentación ininterrumpida constan de diversos componentes críticos que se desgastan durante el funcionamiento normal. Si no se modifican, estas piezas pueden fallar. Comprender el funcionamiento de los elementos clave de su SAI, así como la importancia de realizar un mantenimiento preventivo rutinario, le ayudará a identificar con mayor facilidad posibles problemas y a minimizar el riesgo de fallos del sistema. (POWER, UNIFIED POWER, 2022)

- Por qué necesita conocer los componentes de sus SAI

Los sistemas UPS vienen en todas las formas y tamaños desde grandes modelos en línea que mantienen centros de datos y hospitales en funcionamiento hasta soluciones UPS monofásicas que protegen empresas, escuelas y otras aplicaciones.

Independientemente del tamaño o la topología, todos los sistemas UPS incluyen cuatro componentes principales: las baterías del sistema, el interruptor de transferencia automática (ATS), el rectificador y el inversor. Si bien este cuarteto representa los componentes principales, existen piezas adicionales del equipo que también requieren atención y mantenimiento rutinario .

Programar visitas de servicio regulares es fundamental para preservar la funcionalidad de todo el sistema UPS y comprender los fundamentos del funcionamiento de estos componentes, es el primer paso para garantizar un rendimiento óptimo y continuo. (POWER, UNIFIED POWER, 2022)

2.2.8.1 Baterías

Como elemento fundamental de cualquier sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), las baterías proporcionan energía de emergencia a la carga conectada durante un corte del suministro eléctrico o cuando anomalías en el suministro eléctrico causan fluctuaciones en la alimentación de entrada.

Cada sistema de baterías contiene al menos una cadena y según la configuración del equipo, se pueden añadir varias cadenas para aumentar la autonomía o la redundancia. Dado que las cadenas de baterías están conectadas en serie, si una sola batería falla, puede provocar el fallo de toda la cadena.

En diseños de UPS más pequeños, las baterías generalmente están alojadas dentro de la unidad, mientras que los UPS más grandes a menudo incluyen gabinetes independientes para las baterías del sistema. (POWER, UNIFIED POWER, 2022)

2.2.8.2 ATS

Un ATS es un dispositivo que transfiere automáticamente la energía de la fuente principal a una fuente de respaldo durante un corte de suministro eléctrico. Se utiliza generalmente para proporcionar resiliencia a sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) más pequeños, de menos de 10 KVA, que no pueden operar en paralelo. Un ATS incluye dos fuentes de alimentación de entrada de CA (A y B), de modo que, si una falla, la carga se transfiere automática e instantáneamente a la otra. (POWER, UNIFIED POWER, 2022)

2.2.8.3 Rectificadores de onda

La función principal del rectificador en un SAI es convertir la energía de CA a CC. Los rectificadores son capaces de aceptar un amplio rango de fluctuaciones de voltaje de entrada, lo que permite que el sistema gestione sobrecargas o sobretensiones sin necesidad de activar las baterías.

Los rectificadores del SAI también se encargan de recargar las baterías del sistema mientras la corriente continua se dirige al inversor. Dependiendo del tamaño del equipo, el rectificador puede incorporar el cargador de batería. Sin embargo, en SAI más pequeños (menos de 3KVA), es habitual que el rectificador y el cargador de batería sean componentes separados. (POWER, UNIFIED POWER, 2022)

2.2.8.4 Inversores de señal

En un SAI en línea, el inversor es un elemento clave del proceso de doble conversión, que funciona como filtro ante anomalías de la alimentación, como sobretensiones, picos de tensión y ruido eléctrico. Después de que el rectificador convierte la entrada de CA a CC, y esta se dirige al inversor, este convierte la tensión de CC de nuevo en salida de CA, necesaria para alimentar la carga crítica.

En un SAI interactivo, el inversor forma parte de la salida. Si la entrada de CA es la habitual, el inversor funciona en sentido inverso para cargar la batería y utilizarla cuando falla la entrada. (POWER, UNIFIED POWER, 2022)

2.2.8.5 Otros componentes del SAI

Además de los cuatro componentes principales de un SAI, existen otras piezas esenciales para su funcionamiento. Estas incluyen:

- Interruptor de derivación estática

Al proporcionar una importante línea de defensa en caso de fallo, el interruptor de bypass estático interno de un SAI cierra automáticamente el circuito y permite que la energía entrante se desvíe alrededor del rectificador, las baterías y el inversor. Aunque la fuente de alimentación resultante no se filtra ni se acondiciona como lo haría normalmente un SAI de doble conversión en línea, el interruptor de bypass permite que los sistemas críticos sigan funcionando incluso si fallan los componentes del SAI (POWER, UNIFIED POWER, 2022)

- Bypass de mantenimiento externo

Un interruptor de bypass de mantenimiento externo permite aislar eléctricamente un SAI, desconectándolo del circuito de alimentación crítico. Este interruptor permite realizar tareas de mantenimiento, reparación o sustitución del equipo de forma segura, sin interrumpir la carga conectada. (POWER, UNIFIED POWER, 2022)

- Ventilador

Los ventiladores, uno de los pocos componentes mecánicos del SAI, también se desgastan con el tiempo y suelen necesitar ser reemplazados, generalmente después de seis o siete años. Sin embargo, su vida útil puede variar en función de factores como la temperatura ambiente, la

humedad, las partículas, la obstrucción de los filtros de aire y la capacidad de funcionamiento del sistema. (POWER, UNIFIED POWER, 2022)

- Condensadores de un UPS

Son dispositivos diseñados para almacenar y liberar energía eléctrica, se encargan de suavizar y filtrar las fluctuaciones de tensión. Su tamaño y tipo varían, y la cantidad de condensadores depende de la potencia nominal en KVA del SAI. Incluso los SAI de reserva pequeños tienen docenas de condensadores, mientras que los modelos trifásicos grandes pueden tener cientos. Al igual que los sistemas de baterías, los condensadores se degradan con el tiempo y por razones similares, como el exceso de corriente, el sobreesfuerzo y el calor. A medida que sus materiales envejecen y se degradan, los condensadores pierden su capacidad de rendimiento eficaz. En promedio, la mayoría de los condensadores deben reemplazarse cada cinco a ocho años. (POWER, UNIFIED POWER, 2022)

2.2.9. Transferencia eléctrica

2.2.9.1 Definición de Transferencia Eléctrica Manual

Como su nombre lo indica, las transferencias manuales permiten al usuario efectuar manualmente el proceso de arrancar el generador local, desconectar la carga del servicio normal y conectarla al servicio de este generador, cuando se estime conveniente y luego, cuando el servicio regular se ha restablecido, hacer la transferencia de la carga nuevamente a la comercializadora.

Todo lo anterior también se puede hacer automáticamente al solicitar que la transferencia traiga su automatismo incorporado. Además de todo lo anterior, una importante ventaja de las transferencias automáticas es que permiten ejecutar automáticamente la ejercitación semanal o quincenal que una planta generadora necesita para poder estar disponible cuando sea requerida (CEICA, S.A, 2020).

2.2.9.2 ¿Qué es un Tablero de Transferencia Automática?



Imagen 15. ATS (Automatic Transfer Switch)

Un Tablero de Transferencia Automática (TTA) o ATS (Automatic Transfer Switch) es un dispositivo que se utiliza como respaldo energético en caso de que exista inestabilidad o cortes inesperados de electricidad.

El TTA funciona como un interruptor automático que puede alternar entre dos fuentes de energía para estabilizar el suministro de electricidad. Cuando este detecta un fallo o fluctuaciones en la fuente principal, el TTA envía una señal para desconectarla y conmutarla con la fuente secundaria, lo que asegura el flujo de la energía sin interrupciones. Una vez que se estabiliza la red principal, el dispositivo establece la reconexión.

2.2.9.3 Beneficios de un tablero de transferencia automática

- Funciona de forma autónoma

Como su nombre lo indica, el TTA no requiere la intervención de especialistas para su funcionamiento, ya que se encarga de monitorear, detectar y reaccionar de forma inteligente ante los cambios en la red principal. Esto le permite alternar de manera independiente entre las dos fuentes de energía, reducir la posibilidad de errores humanos y garantizar la eficiencia de los generadores de respaldo.

- Respuesta inmediata ante fallas

Una de las ventajas más importantes de los TTA es la reacción instantánea. Aunque depende del tipo de tablero, en una transferencia estándar el tiempo de conmutación puede ser de entre 10 y 30 segundos,

mientras que en un dispositivo ultra rápido el cambio se hace en menos de 1 segundo. Esta respuesta automática ayuda a mitigar los tiempos muertos y a mantener el ritmo de las operaciones.

- Ofrece mayor seguridad

Diversos sectores, como el hospitalario, las telecomunicaciones y los centros de datos, utilizan equipos que pueden ser vulnerables durante los cortes de energía, ya sea por la falta de suministro o por fluctuaciones en el voltaje. Por ello, el Tablero de Transferencia Automática no solo asegura la continuidad eléctrica, sino que también protege los dispositivos de posibles daños provocados por estas fallas.

2.2.9.4 Consideraciones antes de comprar un TTA

Antes de instalar un tablero, es importante conocer el consumo eléctrico del lugar donde se va a conectar y asegurarse de que el TTA tenga una capacidad de soporte superior a la requerida. Asimismo, debe existir compatibilidad entre el dispositivo y el generador de respaldo, ya que esto garantiza la transmisión correcta y oportuna de las señales de conmutación.

En conclusión, los Tableros de Transferencia Automática son soluciones que ofrecen un respaldo seguro para garantizar el flujo de energía sin dañar los dispositivos conectados ni afectar la productividad de la empresa.

2.2.9.5 ¿Qué disposiciones de ATS están disponibles?

Hay una variedad de disposiciones disponibles que utilizan dos fuentes de energía y tres fuentes de energía.

- Dos fuentes de energía

- Servicio público-Generador

La configuración del interruptor de transferencia estándar incluye un servicio eléctrico y un generador para fuentes de energía normales y de emergencia. Esta disposición del sistema generalmente se conoce como un sistema de generador de reserva de emergencia. El único generador que se muestra puede ser varios grupos electrógenos que funcionan en paralelo. (Eaton, s.f.)

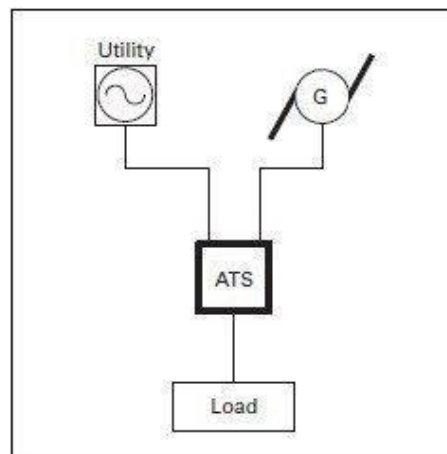


Imagen 16. Transferencia servicio público - Generador. (Eaton, s.f.)

➤ Servicio público - Servicio público

Este caso de uso emplea dos fuentes de servicios públicos que proporcionan redundancia en el sistema de distribución y permite la restauración rápida del servicio a la carga si se produce una falla del equipo ascendente. Las dos fuentes pueden ser independientes entre sí, lo que requiere que la compañía de servicios públicos proporcione servicios eléctricos dobles, o pueden originarse a partir de un único servicio eléctrico que se distribuye a través de rutas redundantes dentro de la instalación. (Eaton, s.f.)

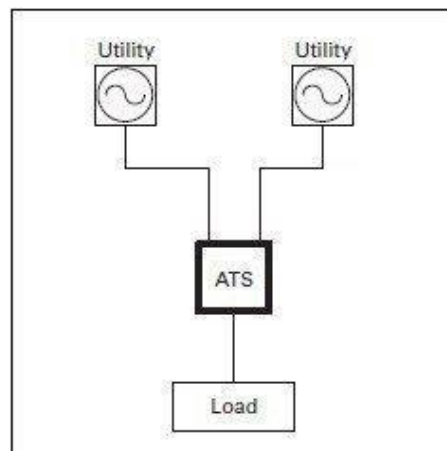


Imagen 17. Transferencia servicio público - Servicio público. (Eaton, s.f.)

➤ Generador - Generador

Los interruptores de transferencia, a veces, se aplican entre dos grupos electrógenos para el uso de energía principal, a menudo

en instalaciones remotas. En tales casos, es posible que se requiera que el generador proporcione energía continua las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Para compartir igualmente el tiempo de funcionamiento, la energía de la fuente se alterna periódicamente entre los grupos electrógenos. (Eaton, s.f.)

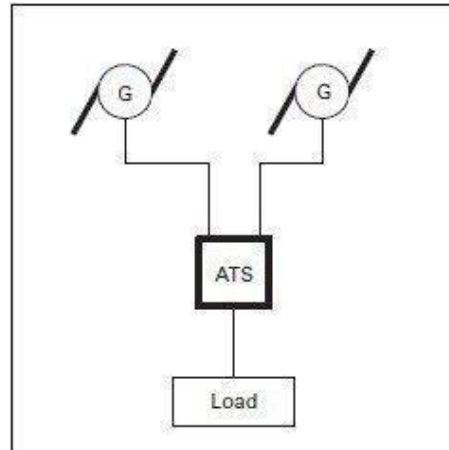


Imagen 18. Transferencia generador - Generador. (Eaton, s.f.)

- Tres fuentes de energía
- Servicio público - Generador - Generador

Las instalaciones críticas con un sistema de generador de reserva de emergencia a menudo incluirán disposiciones para una segunda conexión de generador que sirva como respaldo de emergencia redundante que se pueda utilizar durante períodos de inclemencias climáticas o cuando se realice el mantenimiento programado en el primer generador. (Eaton, s.f.)

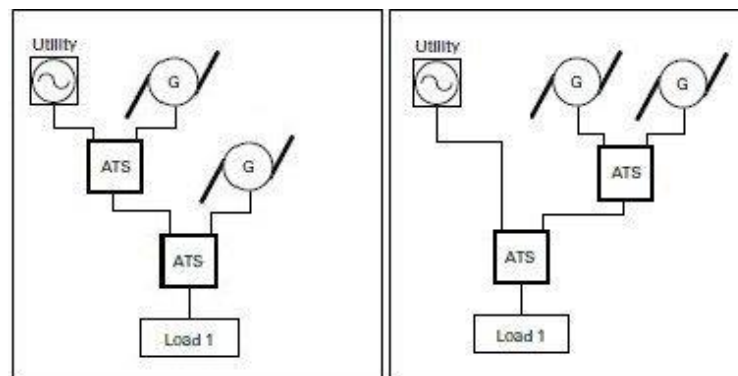


Imagen 19. Transferencia servicio público - Generador - Generador. (Eaton, s.f.)

Como se muestra, en algunos casos, el primer generador se instala permanentemente en el sitio, mientras que el segundo generador será de tipo portátil que se implementa cuando es necesario.

- Servicio público - Servicio público - Generador

Esta configuración amplía la redundancia proporcionada por una disposición de servicio público doble e incluye una fuente de generador de reserva de emergencia. Como se muestra, el generador puede dedicarse para su uso por un único interruptor de transferencia o compartirse entre múltiples interruptores de transferencia que emplean un esquema de control de prioridad. (Eaton, s.f.)

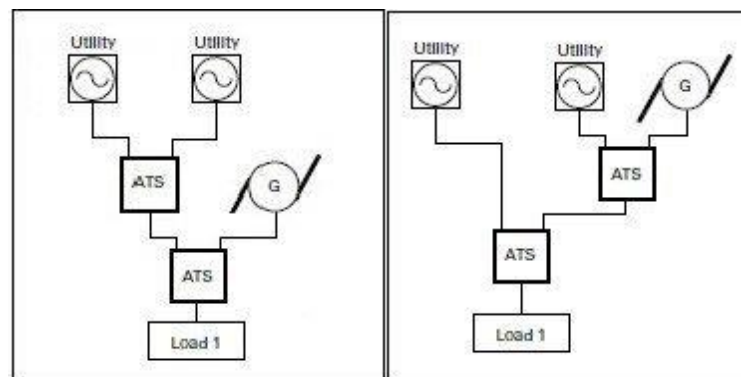


Imagen 20. Transferencia servicio público - Servicio público - Generador. (Eaton, s.f.)

2.2.9.6 Diferentes tipos de transición de ATS

Cargas de transición de los interruptores de transferencia entre fuentes de energía eléctrica normal y de emergencia con opciones abiertas o cerradas. Las funciones específicas realizadas por una carga determinada y la importancia de esas funciones para la seguridad juegan un papel importante en la determinación de qué tipo de transición se requiere. (Eaton, s.f.)

- Transición abierta

Una transición abierta es una transferencia de interrupción previa. El interruptor de transferencia interrumpe su conexión a una fuente de energía antes de realizar una conexión a la otra. Las transiciones abiertas incluyen retardo abierto y apertura en fase. (Eaton, s.f.)

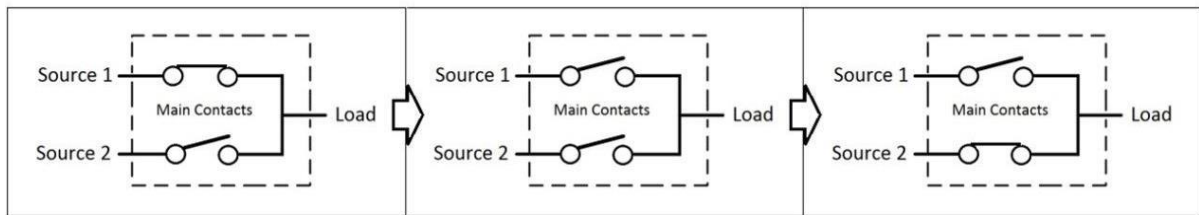


Imagen 21. Transferencia de transición abierta. (Eaton, s.f.)

- Transición cerrada

Una transición cerrada es una transferencia de cerrar antes de interrumpir. El interruptor de transferencia realiza una conexión a una segunda fuente de energía antes de interrumpir su conexión con la primera fuente de energía. Como no hay espacio entre la desconexión y la conexión, las cargas descendentes reciben energía continua durante todo el proceso de transferencia. (Eaton, s.f.)

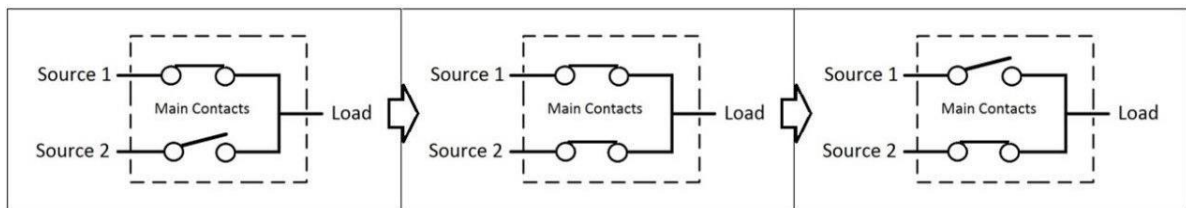


Imagen 22. Transferencia de transición cerrada. (Eaton, s.f.)

2.2.9.7 Modos de operación de ATS

- Manual

El inicio y el funcionamiento de la transferencia se realizan de forma manual, generalmente presionando un botón o moviendo una manija; el inicio se produce localmente.

- No automático

Inicie manualmente una transferencia presionando un botón o girando un interruptor para hacer que un dispositivo electromecánico interno opere eléctricamente el mecanismo de conmutación; el inicio puede ocurrir de forma local o remota.

- Automático

El controlador del interruptor de transferencia actúa de forma automática y administra completamente tanto el inicio como el funcionamiento; el inicio se activa cuando el controlador automático detecta una falta de disponibilidad o pérdida de energía de la fuente seguida del funcionamiento del mecanismo de conmutación.

2.2.10. Breakers o interruptores eléctricos

2.2.10.1 ¿Qué es y cómo funciona un breaker eléctrico o disyuntor?

El breaker eléctrico son un dispositivo esencial en el mundo moderno, y uno de los mecanismos de seguridad más importantes en cualquier casa, edificio o industria. ¿Quieres saber cómo funciona un breaker eléctrico? Cuando un cableado eléctrico en un edificio tiene demasiada corriente, estos simples elementos la cortan hasta que alguien solucione el problema.

También llamado disyuntor, es un interruptor automático que corta el paso de la corriente eléctrica si se cumplen determinadas condiciones, tales como altibajos de tensión.

Al contrario de los fusibles, que son de un solo uso, un disyuntor o breaker eléctrico se puede reconectar siempre que las causas que lo activaron se hayan resuelto.

A la hora de adquirir estos componentes se debe tener en cuenta ciertas características, como, por ejemplo: la tensión del trabajo, la intensidad nominal, el poder de corte, el poder de cierre, el número de polos.



Imagen 23. Breakers variados caja moldeada y acción rápida. (ELÉCTRICOS, 2020)

2.2.10.2 Características de los breakers eléctricos

A la hora de adquirir uno de estos hemos de tener en cuenta algunas

características:

- **Tensión de trabajo:** Voltaje para el que están diseñado. Pueden ser monofásicos o trifásicos
- **Intensidad nominal:** Al igual que con la tensión, es el valor de la corriente de trabajo
- **Poder de corte:** La intensidad máxima que puede interrumpir
- **Poder de cierre:** Intensidad máxima que puede soportar sin sufrir daños
- **Número de polos:** La cantidad de conectores que podemos conectar al dispositivo

Los principales tipos de breaker eléctrico son el térmico, el magnético, el termomagnético y el diferencial.

2.2.10.3 Tipos de breaker eléctricos

Los breakers que ofrecen solo protección térmica o solo protección magnética han sido prácticamente desplazados del uso común por varios motivos. Primero, la protección térmica pura responde solamente ante sobrecargas prolongadas, pero no ante los cortocircuitos, dejando la instalación expuesta a fallas graves.

Por otro lado, los dispositivos magnéticos puros reaccionan solo ante corrientes muy altas instantáneas, sin cuidar el efecto acumulado de una sobrecarga que puede dañar conductores con el tiempo.

Además, las normativas modernas, como el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) en Colombia, exigen protecciones combinadas que cubran sobrecarga y cortocircuito, así como protecciones diferenciales para fuga a tierra, con el fin de salvaguardar la integridad de las personas, las instalaciones y evitar riesgos eléctricos.

Por estas razones de seguridad integral, eficiencia normativa y cumplimiento de estándares técnicos, ya no es habitual fabricar breakers térmicos o magnéticos para instalaciones generales; en cambio prevalecen los termomagnéticos y los diferenciales, que proporcionan una protección más completa. (Ministerio de Minas y Energía, 2008)

- Breakers termomagnéticos

Este dispositivo es el encargado de cortar el paso de la corriente, cuando supera un determinado umbral.

Los interruptores termomagnéticos (térmicas) se utilizan, en primer término, para proteger contra sobrecargas y cortocircuitos a los cables y conductores

eléctricos. De esa manera asumen la protección de medios electrónicos contra calentamientos excesivos.

Cada uno de los circuitos que se instalan, tiene su propio disyuntor termomagnético. Están diseñados para soportar los picos de corriente que se generan durante el encendido de los motores eléctricos. Los interruptores termomagnéticos (térmicas) se utilizan, en primer término, para proteger contra sobrecargas y cortocircuitos a los cables y conductores eléctricos. De esa manera asumen la protección de medios eléctricos contra calentamientos excesivos.

Este dispositivo, también conocido como interruptor magnetotérmico, es el encargado de cortar el paso de la corriente cuando supera un determinado umbral. Protegen al resto de la instalación y los equipos que tenemos conectados de posible sobrecargas y cortocircuitos.

Cada uno de los circuitos que se instalan tiene su propio disyuntor termomagnético. Un tipo especial es el guardamotor, muy común en entornos industriales. El funcionamiento es exactamente el mismo, pero está diseñado para soportar los picos de corriente que se generan durante el encendido de los motores eléctricos.

Están compuestos por dos partes fundamentales, como lo indica la palabra: una parte magnética y otra parte térmica. El relé magnético es la parte encargada de la protección contra cortocircuitos y el relé térmico es la parte del interruptor automático encargada de la protección contra sobrecargas. Las Térmicas se abren y cortan el circuito cuando por ellas pasa una intensidad superior a la nominal.

- Breakers diferenciales

El disyuntor o interruptor diferencial es el encargado de proteger a las personas de las descargas eléctricas. Funciona en conjunto con las tomas de tierra de todos los elementos de la instalación.

Este dispositivo es el encargado de proteger a las personas de las descargas eléctricas. Funciona en conjunto con las tomas de tierra de todos los elementos de instalación. Compara la intensidad que entra en los circuitos, con la que sale. Si todo está correcto, estas deberían ser iguales y el interruptor permanece cerrado, permitiendo el paso de la electricidad. Si, por ejemplo, entráramos en contacto con alguna parte de la instalación y sufriéramos una descarga, la intensidad de salida sería menor, activando el interruptor que cortaría la corriente.

Este dispositivo compara la intensidad que ingresa en el circuito con la que sale. Si todo es correcto éstas deben ser iguales y el interruptor permanece

cerrado permitiendo el paso de la electricidad. Si, por ejemplo, entráramos en contacto con alguna parte de la instalación y sufriéramos una descarga, la intensidad de salida sería menor, activando el interruptor que cortaría la corriente.

Es importante destacar que los diferenciales incluyen un botón de test que permite comprobar que funcionan correctamente. Siendo su principal objetivo proteger la vida de las personas, es muy importante que comprobemos que el disyuntor continúa en perfectas condiciones (pulsando este botón) cada cierto tiempo.

Este dispositivo, nos protege de las consecuencias que se pueden derivar de una fuga de corriente en nuestra instalación. Se llama diferencial porque es capaz de medir la posible diferencia entre la corriente de entrada y la de retorno en un sistema eléctrico.

Aunque existen interruptores para distintas intensidades de actuación, en las instalaciones domésticas se instalan interruptores diferenciales de alta sensibilidad, lo cual garantiza una protección adecuada para las personas.

Sin los disyuntores (o como alternativa, los fusibles), la electricidad en la mayoría de los sitios sería impracticable por el potencial de fuegos y otros peligros resultantes de problemas en los cables y fallos de equipamiento. (ELÉCTRICOS, 2020)

2.2.10.4 ¿Qué son las curvas de disparo en interruptores Riel Din?

Las curvas de disparo muestran el tiempo de disparo en función de la intensidad de defecto en amperios. Las curvas de disparo de los interruptores automáticos constan de dos partes:

- Disparo de protección contra sobrecarga (dispositivo de disparo térmico), cuanto más alta sea la corriente, más corto será el tiempo de disparo.
- Disparo de protección contra cortocircuitos (dispositivo de disparo magnético): si la corriente supera el umbral de su dispositivo de protección, el tiempo de corte será inferior a 10 milisegundos.

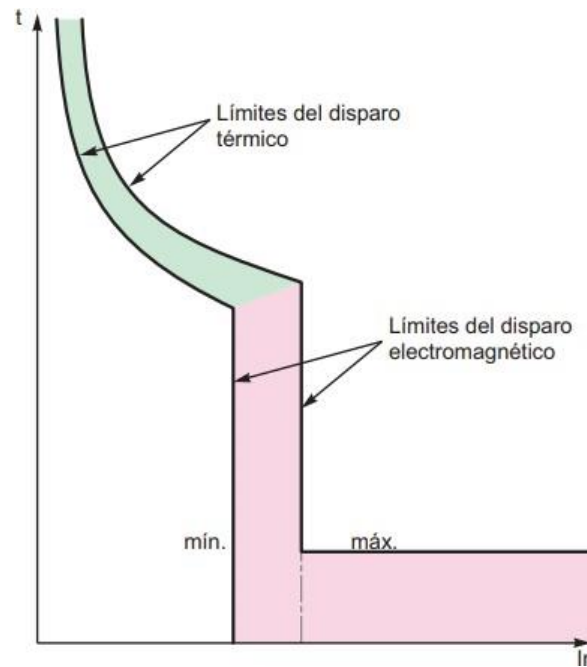


Imagen 24. Diagrama corriente nominal - Tiempo, curvas de disparo. (Schneider Electric, 2025)

En el caso de las corrientes de cortocircuito que superan 20 veces la corriente nominal, la representación de las curvas tiempo-corriente no tiene suficiente precisión. El corte de corrientes de cortocircuito altas se caracteriza por las curvas de limitación de corriente, en corriente de pico y en energía. El tiempo de corte total puede estimarse en 5 veces el valor de la relación $\frac{(I)^{(2t)}}{(I)}$.

2.2.10.4.1 Curvas de disparo

- Curva B
- Equivalente a la antigua curva L: disparo entre 2,6 y 3,85 In
- Protección de generadores, de personas y grandes longitudes de cable (en régimen TN e IT).
- Sobrecarga: térmico estándar.
- Cortocircuito: umbrales magnéticos fijados por curva B (Im entre 3 y 5 In o 3,2 y 4,8 In)
- Se utilizan para protección de generadores y grandes longitudes de cable.
- Curva C
- Equivalente a la antigua curva U: disparo entre 3,85 y 8,8 In

- Protección de cables alimentando receptores clásicos.
- Sobrecarga: térmico estándar.
- Cortocircuito: umbrales magnéticos fijados por curva C (I_m entre 5 y 10 I_n o 7 y 10 según los equipos)
- Estos son los más utilizados. Son los utilizados en las instalaciones domésticas, alumbrado, tomas de corriente y usos generales.
- Curva D
- Protección de cables alimentando receptores con fuertes puntas de arranque.
- Sobrecarga: térmico estándar.
- Cortocircuito: umbrales magnéticos fijados por curva D (I_m entre 10 y 14 I_n)
- Receptores con fuertes puntas de arranque como motores o transformadores.
- Curva MA
- Protección arranque de motores.
- Sobrecarga: no hay protección.
- Cortocircuito: umbrales magnéticos fijados por curva MA (I_m fijado a 12 I_n)
- protección de arranque de motores, pero estos no tienen protección contra sobrecargas.
- Curva Z
- Protección de circuitos electrónicos.
- Sobrecarga: térmico estándar.
- Cortocircuito: magnéticos fijados por curva Z (I_m entre 2,4 y 3,6 I_n)
- Para protección de circuitos electrónicos

Las curvas de disparo muestran el tiempo de disparo en función de la intensidad de defecto en amperios. Las curvas de disparo de los interruptores automáticos constan de dos partes:

- Disparo de protección contra sobrecarga (dispositivo de disparo térmico), cuanto más alta sea la corriente, más corto será el tiempo de disparo.

- Disparo de protección contra cortocircuitos (dispositivo de disparo magnético): si la corriente supera el umbral de su dispositivo de protección, el tiempo de corte será inferior a 10 milisegundos. En el caso de las corrientes de cortocircuito que superan 20 veces la corriente nominal, la representación de las curvas tiempo-corriente no tiene suficiente precisión. El corte de corrientes de cortocircuito altas se caracteriza por las curvas de limitación de corriente, en corriente de pico y en energía. El tiempo de corte total puede estimarse en 5 veces el valor de la relación $\frac{(I^{(2t)})}{(\hat{I})^2}$.

- Verificación de la selectividad entre dos interruptores automáticos

Al superponer la curva de un interruptor automático sobre la del interruptor automático instalado aguas arriba, podemos comprobar si esta combinación será selectiva en los casos de sobrecarga (selectividad para todos los valores de corriente, hasta el umbral magnético del interruptor automático aguas arriba).

Esta verificación es útil cuando uno de los dos interruptores automáticos tiene umbrales ajustables; en el caso de los dispositivos con umbrales fijos, esta información se proporciona directamente por medio de tablas de selectividad. Para comprobar la selectividad en cortocircuito, deben compararse las características de energía de los dos dispositivos.

2.2.11. Interruptores selectores.

2.2.11.1 ¿Qué es un interruptor selector?

Un interruptor mecánico que puede girarse a la derecha, a la izquierda o al centro para abrir o cerrar los contactos eléctricos se conoce como interruptor selector. Su función principal es controlar dispositivos y conmutar entre al menos dos circuitos eléctricos.

Este interruptor es aplicable cuando se requiere más de una opción de control; por ejemplo, debe activarse durante un tiempo determinado o, una vez activado, debe configurarse en una opción específica. Estos interruptores ofrecen opciones de control flexibles en un espacio reducido para realizar diversas funciones. El símbolo del interruptor selector se muestra a continuación.

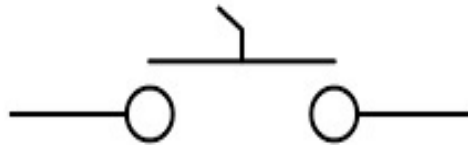


Imagen 25. Símbolo de interruptor. (ELPROCUS, s.f.)

El principio de funcionamiento de un interruptor selector consiste en controlar diferentes circuitos de corriente girando la perilla. Estos interruptores incluyen un selector simple en la parte frontal del panel y combinaciones de contactos de potencial dentro del interruptor.

2.2.11.2 Construcción de un interruptor selector

La construcción de un interruptor selector se puede realizar utilizando diferentes piezas, como un bloque de contactos, un soporte, un operador y un bloque de lámpara. Cada pieza de este interruptor se describe a continuación.

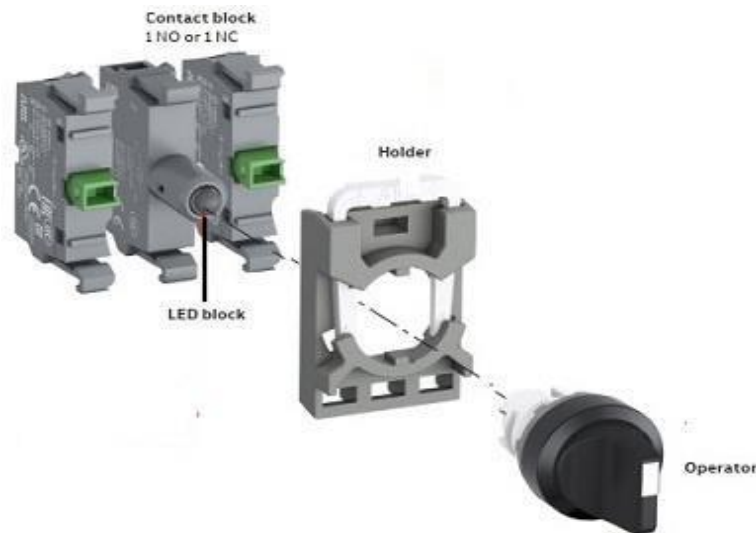


Imagen 26. Construcción del interruptor selector. (ELPROCUS, s.f.)

- Bloque de contacto
El bloque de contactos de este interruptor encapsula el contacto.
- Titular
El soporte del bloque de contactos se utiliza para conectar los bloques de contactos a la parte trasera de un dispositivo.

- Operador
Aquí el operador es la perilla de un interruptor, que se utiliza para operar el circuito o cualquier dispositivo girando la perilla.
- Bloque de LED
- El bloque LED es la parte del dispositivo que se activa una vez que recibe una señal adecuada.

Estos interruptores se utilizan principalmente para seleccionar entre diferentes posibilidades de circuito, como baja o alta velocidad, funcionamiento manual o automático, parada o marcha, derecha o izquierda, arriba o abajo. Deben pedirse por partes y conectarse en una caja.

2.2.11.3 Tipos de interruptores selectores

Existen diferentes tipos de interruptores selectores disponibles en el mercado, con una amplia variedad de formas, colores y materiales que se utilizan según las necesidades. Estos interruptores pueden ser de metal o plástico, pero su diámetro de montaje puede variar entre 16 mm y 30 mm. A continuación, se describe cada tipo de interruptor.

- Mango corto
Este selector tiene una manija corta, por lo que su manejo es algo difícil. Estos interruptores están disponibles a un precio razonable.



Imagen 27. Interruptor selector de mango corto. (ELPROCUS, s.f.)

- Mango largo
Este interruptor tiene un mango largo que facilita su manejo. Comparados con los de mango corto, estos interruptores son muy costosos.



Imagen 28. Interruptor selector de mango largo. (ELPROCUS, s.f.)

- Operado con llave

Este tipo de interruptor selector se utiliza principalmente para cuestiones de seguridad. En este interruptor, la perilla puede retirarse de diferentes posiciones. Por lo tanto, una vez retirada, no se puede realizar ninguna acción. Estos interruptores incorporan un bloqueo para mayor seguridad operativa. La operación de conmutación solo se puede activar con la llave correspondiente.



Imagen 29. Interruptor selector operado con llave. (ELPROCUS, s.f.)

- Iluminado

Como su nombre indica, este interruptor incluye una lámpara para iluminación. Son económicos y ahorran espacio al integrar dos funciones en un solo operador. Se utilizan para controlar equipos en diversas configuraciones. Por lo tanto, son ideales en condiciones de poca luz para ayudar a los trabajadores a identificar si el equipo está encendido o apagado.



Imagen 30. Interruptor selector iluminado. (ELPROCUS, s.f.)

- No iluminado

Estos interruptores no incluyen lámpara. A diferencia de los interruptores iluminados, su accionamiento es más robusto. Estos interruptores se utilizan principalmente para controlar maquinaria con diversas configuraciones y enfoques mediante un bloque de contactos, por lo que están listos para instalar. Son ideales cuando se prefieren múltiples opciones de configuración.



Imagen 31. Interruptor selector no iluminado. (ELPROCUS, s.f.)

- Dos posiciones

Este tipo de interruptor alterna entre dos circuitos eléctricos. Puede ser momentáneo o mantenido.

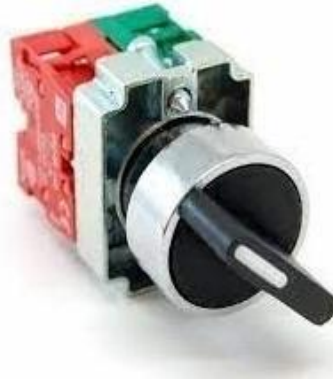


Imagen 32. Interruptor selector de dos posiciones. (ELPROCUS, s.f.)

- Tres posiciones

Este tipo de interruptor conmuta entre tres circuitos eléctricos. Por lo tanto, se puede utilizar principalmente para seleccionar cualquiera de dos conjuntos de contactos o para separarlos. Puede ser momentáneo o mantenido.



Imagen 33. Interruptor selector de tres posiciones. (ELPROCUS, s.f.)

2.2.11.4 Diagrama del circuito del interruptor selector

La principal diferencia entre un interruptor selector y un pulsador reside en el mecanismo de accionamiento. El accionamiento de un interruptor se puede girar en lugar de empujar para abrir y cerrar los contactos del bloque de contactos conectado. El diagrama del circuito del interruptor selector de tres posiciones se muestra a continuación.

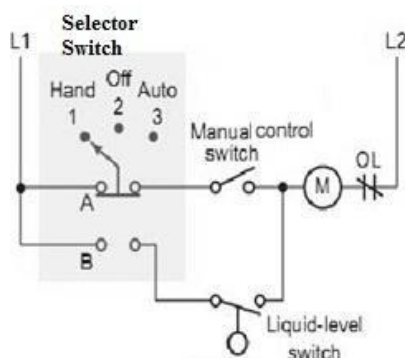


Imagen 34. Circuito del interruptor selector. (ELPROCUS, s.f.)

Las posiciones del interruptor se pueden establecer girando la perilla del operador hacia la derecha o hacia la izquierda. Estos interruptores suelen tener al menos dos o más posiciones de selección. El contacto momentáneo se puede activar manteniendo la posición de contacto o mediante retorno por resorte.

El circuito selector de tres posiciones mencionado anteriormente se utiliza principalmente para seleccionar tres modos de funcionamiento especiales para controlar el motor de una bomba. Por lo tanto, el funcionamiento del circuito se puede realizar de la siguiente manera.

Cuando el interruptor está en la posición manual, el motor de la bomba se puede arrancar cerrando el interruptor de control manual. El motor de la bomba se puede detener de dos maneras: abriendo el interruptor de control manual o apagándolo.

En este caso, el interruptor de nivel de líquido del circuito no tiene efecto en las posiciones OFF (Apagado) ni HAND (Manual).

Al seleccionar la opción AUTO (Automático), el interruptor de nivel de líquido controla el motor de la bomba. A un nivel fijo, el interruptor se cierra y la bomba arranca. De igual forma, a otro nivel fijo, el interruptor se abre y la bomba se detiene.

Position	Contacts	
	A	B
1	X	
2		
3		X

Imagen 35. Forma tabular. (ELPROCUS, s.f.)

Aquí, la posición del contacto del interruptor y la condición resultante se identifican en la tabla anterior. Los contactos del circuito se representan con A y B, mientras que las posiciones se marcan con 1, 2 y 3. Una "X" en la tabla anterior indica que el contacto está cerrado en esa posición específica.

2.2.11.5 Aplicaciones de un interruptor selector

Las aplicaciones de un interruptor selector incluyen las siguientes:

- Estos interruptores son aplicables en el manejo de materiales como mudanzas, embalajes, almacenamiento, distribución, etc.
- Se utiliza en dispositivos médicos.
- Enormes electrodomésticos de cocina comerciales.
- Estos se utilizan en UPS y grupos electrógenos.
- Controles de iluminación en espacios públicos.
- Minería o refinación de gas y petróleo, extracción y procesamiento de metales.
- Diseños de paneles de sistemas de control.
- Se utiliza en HVAC y también en alimentos y bebidas.
- Controles industriales.
- Se utiliza en la fabricación de equipos pesados, automotrices, marinos, mecanizado, plásticos y vidrio.
- Electrodomésticos como calentadores, aparatos de cocina, juguetes, hornos y aparatos de belleza.
- Dispositivos de automatización del hogar
- Controles interiores en obras públicas y de edificación.

Por lo tanto, este artículo presenta una descripción general de un interruptor selector en sus aplicaciones. Estos interruptores están disponibles en diferentes estilos, como iluminados, no iluminados y no iluminados con llave.

Estos tipos de interruptores están disponibles en diferentes posiciones, como 2, 3 o 4, y se utilizan frecuentemente cuando se requiere la opción de control mencionada anteriormente. Aquí tiene una pregunta: ¿qué es un interruptor giratorio? (ELPROCUS, s.f.)

2.2.12. Riel DIN

2.2.12.1 ¿Qué es un riel DIN?



Imagen 36. Riel DIN Simétrico. (Arellano, 2021)

Los rieles DIN son relativamente fáciles de sujetar; son largas tiras metálicas que permiten fijar diferentes componentes eléctricos a los racks de los gabinetes. De los muchos tipos de equipos eléctricos, la mayoría pertenecen a la categoría de control, como medidores, interruptores automáticos, bloques de terminales, solenoides, actuadores, fuentes de alimentación, relés eléctricos, controladores de motores y controladores lógicos programables.

Los rieles DIN pueden instalarse directamente en la pared o dentro del panel interior de los armarios eléctricos. En el primer caso, se pueden fijar todos los componentes eléctricos directamente al riel o usar otra partición eléctrica.

En el segundo caso, todos los equipos se instalan directamente en el riel.

- ¿Por qué son importantes los rieles DIN?

Los rieles DIN ofrecen varias ventajas a una instalación eléctrica. En primer lugar, debemos hablar de la estandarización. Los rieles DIN permiten elegir entre una amplia selección de componentes y fabricantes para instalar fácilmente estos componentes en los paneles, independientemente del tamaño del proyecto o la ubicación geográfica.

Esta característica de disponibilidad de sección transversal le brinda la flexibilidad y creatividad para diseñar sus soluciones eléctricas personalizadas sin comprometer la integridad ni la funcionalidad del proyecto. Otras ventajas destacadas del uso de rieles DIN en sus instalaciones incluyen:

- Instalación sencilla

- Al trabajar con paneles que no son DIN, a veces es necesario desmontar toda la estructura para instalar herrajes adicionales. Los rieles DIN garantizan que todos los

componentes nuevos se deslicen o encajen perfectamente en su posición.

- Optimización del espacio
 - Como parte de los estándares mencionados, los rieles DIN proporcionan una fácil instalación incluso en los espacios más reducidos, proporcionando una forma conveniente de conectar cableados internos y externos.
 - Rentabilidad
 - Menos esfuerzo y menos espacio utilizado se traducen en un proyecto que ahorra dinero, reduce los tiempos de inactividad y le deja tiempo adicional para realizar otras tareas.
 - Disposición organizada
 - Los rieles DIN proporcionan una disposición estética y agradable que permite un mapa bien estructurado para facilitar el acceso de mantenimiento y la seguridad general. (CHINT, 2022)

2.2.13. Tipos de rieles DIN

- Rieles de sombrero de copa

También conocidos como TS35, los rieles DIN de perfil superior son los más comunes, fáciles de conseguir y versátiles según los estándares de la industria DIN. Su nombre se debe a que su sección transversal se asemeja a un perfil de perfil profundo (básicamente, un cuenco rectangular), y el número indica que estos rieles tienen 35 mm de ancho. La profundidad estándar del canal es de 7,5 mm, pero también está disponible con una profundidad de canal de 15 mm (perfil profundo).
- Mini rieles para sombreros de copa

El TS15 es, sin duda, una versión en miniatura del TS35. Las dos diferencias son la medida de borde a borde de tan solo 15 mm y la profundidad de canal estándar de 5,5 mm. Estos rieles son ideales si dispone de poco espacio o si solo necesita conectar componentes compactos, como relés o cajas de conexiones pequeñas.
- Rieles en C

Considerados en su día el estándar de la industria (antes de la llegada del TS35), estos rieles tienen una medida de borde a borde de 32 mm y una sección transversal en forma de C. Gracias a su excelente soporte de pared, este riel DIN sigue siendo ampliamente utilizado para el montaje

de componentes más pesados, como transformadores y fuentes de alimentación.

- **Rieles G**

También conocidos como TS32, estos rieles presentan una cavidad más profunda en uno de sus extremos, similar a la letra G, de 32 mm de borde a borde. Este canal más profundo suele ubicarse en el borde inferior del panel, ofreciendo un soporte más robusto para los componentes de alto rendimiento. Además, evita la instalación invertida accidental.

2.2.14. Bandeja portacables

2.2.14.1 ¿Qué son las bandejas portacables y para qué se utilizan?

Las bandejas portacable son estructuras metálicas o plásticas diseñadas para soportar, guiar y proteger cables eléctricos, de datos o de telecomunicaciones. Se utilizan en instalaciones industriales, comerciales e institucionales. Su principal función es facilitar el tendido ordenado de cableado y garantizar el acceso fácil para mantenimiento.

2.2.14.2 ¿Por qué son importantes las bandejas portacable en los sistemas eléctricos?

Las bandejas portacable cumplen un papel clave en la organización y seguridad de las instalaciones eléctricas. Su diseño y función permiten resolver varios problemas que afectan el rendimiento y la vida útil del cableado en industrias, oficinas o centros de datos. Estas son algunas razones por las que su uso es indispensable:

- **Previenen daños por aplastamiento o exposición**

Al mantener los cables elevados y protegidos, se evitan contactos accidentales, pisadas o presión de otros elementos, lo que prolonga su vida útil y reduce fallas.

- **Facilitan la ventilación y disipación de calor**

Gracias a su estructura abierta (como en las bandejas tipo rejilla o escalera), permiten que el calor generado por los cables se disipe, evitando sobrecalentamientos y riesgos eléctricos.

- **Permiten ampliaciones o intervenciones sin desorden**

Al tener un sistema modular y accesible, las bandejas portacables permiten reorganizar o ampliar el cableado sin necesidad de desarmar instalaciones existentes.

- **Contribuyen al cumplimiento normativo**

En Colombia, el RETIE exige instalaciones seguras, organizadas y con trazabilidad. Las bandejas ayudan a cumplir estos requisitos técnicos de manera eficiente.

Incluir una bandeja de cableado estructurado adecuada es una decisión estratégica que mejora la seguridad, facilita el mantenimiento y garantiza un funcionamiento continuo de los sistemas eléctricos.

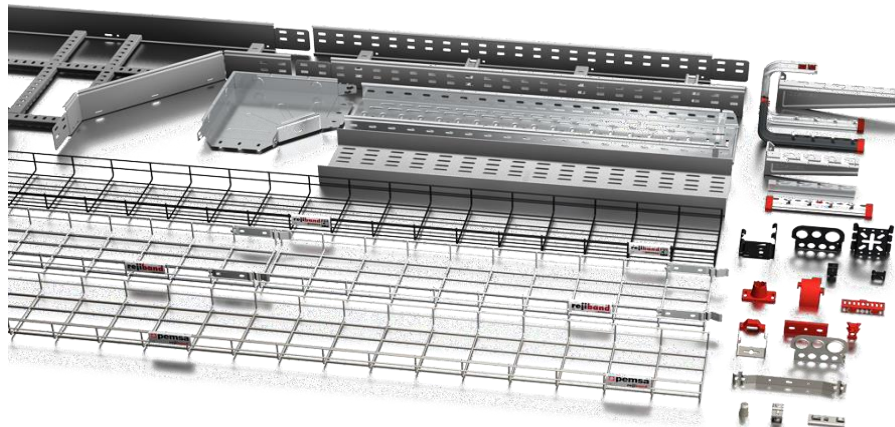


Imagen 37. Sistema de bandejas, soportes y accesorios. (PEMSA, 2005)

2.2.14.3 Tipos de bandejas y mallas portacables

2.2.14.3.1 Bandejas de Escalera.

Las bandejas de escalera son una de las opciones más robustas y duraderas. Están diseñadas con dos rieles laterales conectados por travesaños, lo que le confiere una estructura similar a una escalera.

- Características

- Resistencia

Soportan grandes cargas, por lo que son ideales para instalaciones industriales.

- Ventilación

Permiten una excelente circulación de aire, lo que ayuda a disipar el calor generado por los cables.

- Aplicaciones

Son perfectas para largas distancias y se utilizan en industrias donde se

maneja una gran cantidad de cables pesados.



Imagen 38. Bandejas de Escalera. (Grupo Gerson, 2024)

2.2.14.3.2 *Bandejas Perforadas*

Las bandejas perforadas son populares por su versatilidad y facilidad de uso. Tienen una superficie con orificios que facilitan la ventilación y el manejo de cables.

Características

- Versatilidad
Adecuadas para una amplia gama de aplicaciones, desde residenciales hasta comerciales.
- Facilidad de Instalación
Los orificios permiten un anclaje rápido de los cables, lo que simplifica la instalación.
- Aplicaciones
Son ideales para sistemas de cableado que requieren soporte y protección moderada.



Imagen 39. Bandejas Perforadas. (Grupo Gerson, 2024)

2.2.14.3.3 Bandejas de Malla

Las bandejas de malla se caracterizan por su ligereza y flexibilidad, lo que las hace perfectas para instalaciones donde el espacio es limitado.

Características

- **Ligereza:** Fabricadas en acero o aluminio, son fáciles de manejar e instalar.
- **Adaptabilidad:** Pueden adaptarse a cualquier forma o dirección, lo que es útil en espacios confinados.
- Aplicaciones

Usadas comúnmente en telecomunicaciones y en instalaciones donde se requiere flexibilidad en el manejo de cables.

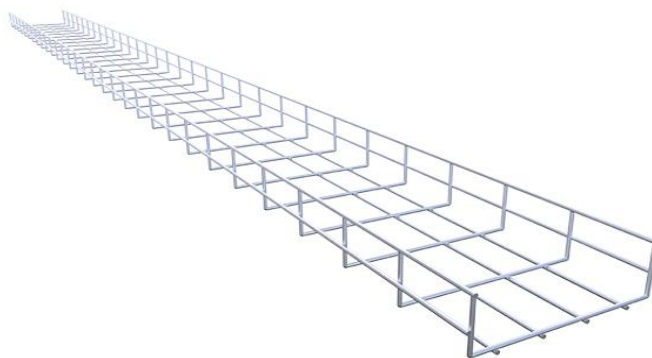


Imagen 40. Bandejas de Malla. (Grupo Gerson, 2024)

2.2.14.3.4 *Bandejas de canal / escalera*

Las bandejas de canal ofrecen una solución cerrada, proporcionando mayor protección a los cables contra elementos externos.

- Características
- **Protección:** Ofrecen protección completa contra polvo, suciedad y humedad.
- **Estética:** Al estar cerradas, proporcionan un acabado limpio y ordenado en las instalaciones.
- Aplicaciones

Son ideales para entornos donde la protección del cableado es crucial, como en laboratorios o instalaciones médicas.



Imagen 41. Bandejas de Canal. (Grupo Gerson, 2024)

2.2.14.3.5 *Bandejas de Plástico (PVC)*

Las bandejas de PVC son una opción económica y resistente a la corrosión, comúnmente utilizadas en aplicaciones donde los cables no están expuestos a cargas mecánicas pesadas.

- Características
- **Resistencia a la Corrosión:** El PVC es resistente a la humedad y a la mayoría de los productos químicos.
- **Facilidad de Instalación:** Son ligeras y fáciles de cortar, lo que simplifica la instalación.

- Aplicaciones

Adecuadas para instalaciones residenciales y comerciales donde el presupuesto es una consideración importante.



Imagen 42. Bandejas de Plástico (PVC). (Grupo Gerson, 2024)

2.2.14.4 Beneficios de usar bandejas y mallas portacables

Las bandejas y mallas portacables ofrecen múltiples beneficios que las hacen indispensables en muchas instalaciones eléctricas:

- Organización:
Mantienen los cables organizados y accesibles para inspecciones y mantenimiento.
- Protección:
Protegen los cables de daños mecánicos y facilitan la ventilación.
- Facilidad de Instalación:
Permiten una instalación rápida y flexible, adaptable a diversas configuraciones.

2.2.14.5 Aplicaciones comunes de las bandejas y mallas portacables

Las bandejas y mallas portacables se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde instalaciones residenciales hasta industriales. A continuación, detallamos algunas de sus aplicaciones más comunes:

2.2.14.5.1 Instalaciones Residenciales

En entornos residenciales, las bandejas y mallas portacables ayudan a organizar y proteger el cableado dentro de las paredes y techos. Son especialmente útiles en

sistemas de entretenimiento en casa y redes domésticas.

- Ejemplos
 - Cableado de sistemas de audio y video.
 - Redes de datos y comunicaciones.

2.2.14.5.2 *Proyectos Comerciales.*

En instalaciones comerciales, las bandejas y mallas portacables se utilizan para gestionar el cableado en oficinas, tiendas y otros establecimientos, asegurando que el sistema eléctrico y de datos sea seguro y accesible.

- Ejemplos
 - Sistemas de cableado para iluminación y energía.
 - Redes de comunicación y seguridad

2.2.14.5.3 *Instalaciones Industriales*

En entornos industriales, donde las condiciones pueden ser más severas, las bandejas y mallas portacables ofrecen protección adicional contra elementos como polvo, humedad y vibraciones. Son esenciales para mantener el cableado organizado y protegido en fábricas y plantas de producción.

- Ejemplos
 - Cableado de maquinaria industrial.
 - Sistemas de control y automatización.

2.2.14.5.4 *Centros de Datos*

En centros de datos, las bandejas y mallas portacables son cruciales para gestionar grandes volúmenes de cables de red y energía, garantizando un flujo de aire adecuado y un fácil acceso para el mantenimiento.

- Ejemplos
 - Gestión de cables de red y energía.
 - Soporte de equipos de TI y servidores.

2.2.14.6 *Cómo seleccionar la bandeja o malla portacables adecuada*

Elegir la bandeja o malla portacables adecuada para tu proyecto depende de varios factores:

- Tipo de Instalación:
 - Considera si la instalación es residencial, comercial, industrial o en un

centro de datos.

- Capacidad de Carga:

Selecciona un tipo que soporte el peso y cantidad de cables que planeas instalar.

- Material:

Elige el material adecuado en función del entorno de la instalación y los requisitos de protección. (GERSON, 2024)

2.2.14.7 Accesorios para bandejas y mallas portacables.

2.2.14.7.1 Platina unión presión (PUMMPR)



Imagen 43. Platina para unir tramos rectos de bandeja malla. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)

Funciona a presión permitiendo una rápida instalación y garantizando una buena resistencia a la flexión en el punto de unión. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)

2.2.14.7.2 Platina Unión Reforzada (PUMMR)



Imagen 44. Platina unión reforzada. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)

Utilizada para la unión entre tramos rectos y la elaboración de curvas. La cantidad a utilizar depende del ancho de la bandeja. * para anchos de 10 usar 2 unidades * para anchos de 20 y 30 usar 3 unidades. * para anchos de 40, 50 y 60 usar 4 unidades. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)

2.2.14.7.3 Salida de tubos

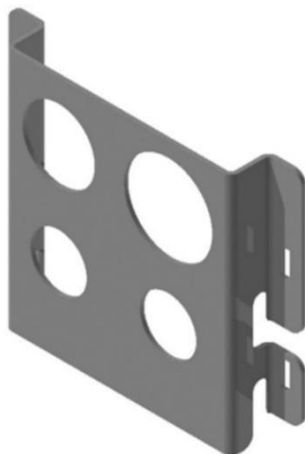


Imagen 45. Salida de tubos. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)

Sirve para sujetar tubos desde la Bandeja Malla. Se fijan a ésta a presión usando las pestañas inferiores. Acabado pregalvanizado o galvanizado en Caliente. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)

2.2.14.7.1 Soporte omega suspensión click (SSMC)



Imagen 46. Soporte omega suspensión click. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)

Soporte para instalación de bandeja malla descolgada de techo. Acabado pregalvanizado. No requiere tornillos para unir con la bandeja malla. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)

2.2.14.7.2 Tornillo de fijación (TFMM)



Imagen 47. Tornillo fijación. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)

Utilizada para la fijación de la bandeja malla al soporte repisa, soporte Omega universal, soporte peldaño y perfil ranurado. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)

2.2.14.7.3 Cuelga (CWM)

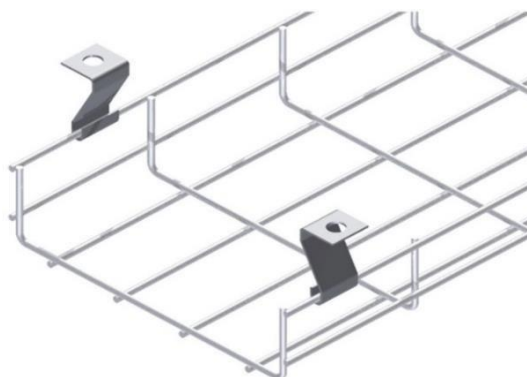


Imagen 48. Colgante universal. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)

Cuelga universal, para soportar las bandejas malla en suspensión. No incluye espárragos ni tuercas. (INDUSTRIES, MECANO GONVARRI INDUSTRIES, s.f.)

2.2.15. Tomacorrientes

2.2.15.1 ¿Qué es un tomacorriente?

Un tomacorriente es un dispositivo eléctrico diseñado para conectar aparatos y equipos al suministro de energía eléctrica mediante una clavija, aunque parece un componente simple, cumple un papel esencial en la seguridad y funcionalidad de cualquier instalación. Además de suministrar corriente, algunos modelos modernos

incluyen funciones adicionales como puertos USB o protección contra sobretensiones.

Conoce nuestra línea de tomacorrientes con conexión para TV y teléfono, ideales para entornos comerciales y residenciales.

2.2.15.2 Tipos de tomacorrientes más comunes en Colombia

La variedad de tomacorrientes disponibles en el mercado colombiano responde a la diversidad de entornos y necesidades de uso. A continuación, te presentamos los tipos más relevantes:

2.2.15.2.1 Tomacorrientes residenciales o comerciales

Son los más comunes en hogares, oficinas, locales y tiendas. Vienen en diferentes presentaciones según el diseño de la pared, el tipo de enchufe y la cantidad de salidas.

2.2.15.2.2 Tomacorrientes industriales

Diseñados para soportar condiciones exigentes como humedad, polvo, temperaturas extremas o cargas eléctricas elevadas. Son ideales para plantas de producción, fábricas o espacios exteriores.

2.2.15.2.3 Tomacorrientes grado hospitalario

Este tipo de tomacorrientes cumple con normativas de seguridad y confiabilidad estrictas, ya que están diseñados para entornos médicos donde cualquier falla puede comprometer vidas.

2.2.15.2.4 Tomacorrientes antimicrobianos

Las tomas antimicrobianas son ideales para hospitales, clínicas y espacios donde se requiere un control de bacterias. Estos tomacorrientes están fabricados con materiales especiales que reducen la proliferación de microorganismos.

2.2.15.2.5 Tomacorrientes con carga USB

Perfectos para oficinas, habitaciones y zonas comunes donde se cargan constantemente dispositivos móviles. Son eficientes y eliminan la necesidad de adaptadores adicionales. (Laumayer, 2025)

2.2.15.3 Los tomacorrientes grado hospitalario: resistencia y seguridad en cualquier entorno

Los tomacorrientes grado hospitalario son esenciales en instalaciones médicas, pero su aplicabilidad se extiende mucho más allá de hospitales y clínicas, gracias a su diseño robusto, estos enchufes son ideales para oficinas, industrias y otros lugares con alta demanda eléctrica.



Imagen 49. Colores de tomacorrientes grado hospitalario. (Laumayer, 2025)

- Propiedades clave de los tomacorrientes grado hospitalario

Estos tomacorrientes hospitalarios destacan por características que garantizan su durabilidad y seguridad:

 - Alta resistencia al uso intensivo
 - Gracias a sus propiedades de diseño industrial, resisten múltiples conexiones y desconexiones diarias.
 - Conexión firme y segura
 - Una prueba clave en los tomacorrientes hospitalarios es la de tracción del cordón, lo que garantiza que estos dispositivos no se suelten accidentalmente.
 - Pruebas rigurosas de calidad
 - Incluyen pruebas de impacto, choque, retención de hoja, extracción abrupta y caída mecánica.
 -
- ¿Dónde se pueden instalar los tomacorrientes hospitalarios?

Aunque su uso está regulado por el RETIE, que exige su instalación en áreas de pacientes generales y críticos, estos dispositivos pueden ser utilizados también en otros entornos con alta exigencia eléctrica, las áreas recomendadas incluyen:

 - Hospitales y clínicas
 - Consultorios médicos
 - Centros comerciales

- Oficinas e instalaciones industriales
- Espacios donde los tomacorrientes estándar se deterioren rápidamente



- ¿Qué pruebas garantizan la calidad de los tomacorrientes grado hospitalario?

Estos enchufes pasan por pruebas como impacto, caída mecánica, retención de hoja y extracción abrupta, asegurando su óptimo desempeño en entornos exigentes.

- ¿Se pueden instalar tomacorrientes hospitalarios fuera de un hospital?

Sí, pueden instalarse en oficinas, centros comerciales, instalaciones industriales y cualquier espacio donde se requiera un tomacorriente con mayor resistencia y seguridad. (Laumayer, 2025)

2.2.16. Cable vehicular o Automotriz

El cable de baja es un cable automotriz También llamados TFF O TWK que se utiliza para el sistema eléctrico de los vehículos automotores, es de alambre de cobre trenzado recubierto de film plástico, es fácilmente maniobrable.

Es un cable automotriz, también llamados TFF O TWK que se utiliza para el sistema eléctrico de los vehículos automotores, es de alambre de cobre trenzado recubierto de film plástico, es fácilmente maniobrable durante la instalación además el cable conserva todas las propiedades eléctricas y mecánicas de esa forma la conducción de energía se realiza de manera segura y eficaz.

Además, son cableados y están contruidos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad. Pueden ser suministrados en colores variados según su calibre y con distintas formas de embalaje.

2.2.16.1 ¿Cuáles son las características de un cable de baja o vehicular?

- Conductor de cobre suave cableado flexible
- Aislamiento en PVC retardante a la llama, resistente a la abrasión, al calor y la humedad
- Resistente a la gasolina, aceites, disolventes y agentes químicos
- Usados en cableado de baja tensión en vehículos para el alambrado del sistema de arranque de motores de combustión interna, sistemas de carga de baterías, fuentes de energía ininterrumpida (U.P.S.) y en la fabricación de arneses para vehículos automotrices en general.



Imagen 50. Cable vehicular. (DIELCO , 2025)

2.2.16.2 ¿En dónde se utiliza un cable de baja o vehicular?

Los conductores flexibles de cobre TFF o TWK son utilizados para alambrado de aparatos, cableado de tableros eléctricos de control, baterías de vehículos, instalaciones generales industriales y comerciales donde se requiera de gran flexibilidad. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación puede ser 60 °C, 75 °C o 90 °C y su tensión de servicio para todas las aplicaciones es 0.6 kV. (DIELCO , 2025)

2.2.17. Tipos de terminales de conexión: Funciones y aplicaciones en conexiones eléctricas

¿Alguna vez has oído hablar de los terminales de conexión? Estos dispositivos son fundamentales en la industria eléctrica para la conexión confiable de cables y conductores. Si quieres saber más sobre ellos, ¡estás en el lugar correcto! A continuación, te mostramos qué son los terminales de conexión y cuáles son sus tipos y aplicaciones.

2.2.17.1 ¿Qué son los terminales de conexión?

Un terminal de conexión es un accesorio que se instala en el extremo de un cable o conductor para garantizar que esté conectado correctamente a un dispositivo, sistema o equipo. Además, ayuda con el paso de la corriente y está diseñado para adaptarse a una amplia variedad de tamaños de cables.

Estos dispositivos también son altamente duraderos, ya que pueden soportar el peso del conductor y transportar grandes corrientes de los cables para los que están diseñados.

2.2.17.2 Tipos de terminales de conexión.

Estos son los principales tipos de terminales de conexión y sus aplicaciones:

2.2.17.2.1 Terminal a compresión con barril



Imagen 51. Terminal a compresión con barril. (Promotores Eléctricos S.A., 2024)

El terminal a compresión con barril tiene un diseño que permite establecer una conexión segura y confiable entre conductores, y generalmente está hecho de cobre. Cuenta con una sección de cilindro alargado que proporciona una mayor superficie para una mejor conductividad y una mayor resistencia mecánica.

Se suele usar en:

- Distribución de energía eléctrica (transformadores y tableros de distribución eléctrica)
- Conexión a tierra y unión
- Instalaciones de telecomunicaciones
- Sistemas de energía renovable
- Maquinaria y equipo industrial (centros de control de motores y paneles de control).

2.2.17.2.2 *Terminal de anillo aislado*

Los terminales de anillo aislados unen cables a una conexión de tuerca o tornillo y tienen un cilindro de engarce cerrado o abierto que facilita esta tarea. Dado que están fabricados con cobre de alta calidad, tienen gran conductividad y pureza. Por lo general, se utilizan cuando hay menos posibilidades de quitar los terminales de un bloque debido a su forma de anillo.

Estos dispositivos son ideales para aplicaciones donde se requiere una conexión eléctrica con poco espacio, permanente y resistente a las vibraciones. También podemos encontrarlos en los tableros de distribución eléctrica en casas y edificios.

2.2.17.2.3 *Terminal de horquilla aislado*

Con un diseño en forma de "U", los terminales de horquilla aislados sirven para una conexión y desconexión rápida y sencilla. Estos modelos se instalan sin necesidad de quitar la tuerca del perno por completo, por lo que son ventajosos especialmente cuando un montante de barra colectora ya tiene varios cables conectados.

Asimismo, se utilizan para la conexión en:

- Dispositivos como MCB
- Interruptores
- Relés
- Otros instrumentos eléctricos

2.2.17.2.4 Terminal aislado sobre moldeado



Imagen 52. Terminal aislado sobre moldeado. (Promotores Eléctricos S.A., 2024)

Los terminales aislados sobre moldeados aseguran conexiones eléctricas confiables y previenen la rotura de los hilos del cable. En su mayoría, están hechos de cobre estañado y pueden tener aislamiento de PVC o PP.

Al igual que los de anillo, se usan en aplicaciones donde el espacio para la conexión eléctrica es limitado. Podemos encontrar modelos para uno o dos conductores, así como hay versiones en bloques.

2.2.17.2.5 Terminal de tipo enchufe macho aislado

Un terminal de tipo enchufe macho aislado está fabricado con cobre estañado y cuenta con aislamiento de PVC. Entre sus principales características destaca su clasificación por color, que simplifica su uso en cables de distintos tamaños y calibres.

Estas son sus aplicaciones:

- Maquinaria
- Equipos eléctricos
- Electrodomésticos

- Computadoras
- Talleres de automóviles

2.2.17.2.6 *Terminal universal*

Dependiendo del modelo, pueden contar con uno o dos orificios para acomodar conductores de aluminio y cobre. Su aleación de aluminio y estaño garantiza una baja resistencia de contacto y ofrece protección contra la corrosión, asegurando un rendimiento óptimo.

Debido a su versatilidad, podemos encontrar terminales universales en una gran variedad de aplicaciones eléctricas industriales, comerciales y residenciales.

2.2.17.2.7 *Terminal de lengüeta de cobre electrolítico*

Los terminales de lengüeta de cobre electrolítico se utilizan para empalmes rectos en la unión de conductores. Su diseño facilita la instalación de distintos cables, y la lengüeta garantiza la conexión del conductor mediante su compresión.

Por su forma, estos materiales para instalaciones eléctricas se pueden emplear en aplicaciones en espacios reducidos o de difícil acceso, sin comprometer la seguridad o eficiencia energética del circuito.

2.2.17.2.8 *Terminal tubular de cobre electrolítico*

Estos modelos están fabricados con tubo de cobre electrolítico refinado. Tienen un diámetro interior que se adecúa a los calibres de los conductores y un biselado interno que facilita la introducción del cable.

Se utilizan para conectar conductores sólidos o cableados a equipos, y para su instalación se debe aplicar soldadura de estaño entre el conductor y el terminal.

2.2.17.2.9 *Terminal de cobre de tipo presión*

Los terminales de cobre de tipo presión se diseñaron para adaptarse al área del cable, de modo que ofrecen una conductividad eléctrica completa. Esto también se debe a que están hechos de una potente aleación de manganeso, acero y cobre.

Gracias a este último aspecto, tienen una buena resistencia mecánica para soportar desmontajes y vibraciones. Por eso, se tienden a usar en la conexión del cableado de equipos o con conductores sólidos.

2.2.17.2.10 *Terminal PIN sin aislamiento*

Un terminal de tipo PIN es resistente, fiable, fácil de conectar y está diseñado para terminar cables en bloques de terminales. A menudo, se puede utilizar en niveles de baja tensión y para cables de control e indicación.

Sus aplicaciones son tanto industriales como comerciales, y se emplean en los relés y otros instrumentos eléctricos.

2.2.17.2.11 *Terminal de unión de manguito aislado*

Los terminales de unión de manguito aislado están hechos de tubo de cobre y su diámetro se adecúa a los calibres comerciales de los conductores. Gracias a su acabado de estaño electrolítico, permiten evitar la corrosión.

Estos modelos vienen en varios colores, así que también cumplen el papel de identificadores de calibres. (Promotores Eléctricos S.A., 2024)

2.2.18. **Bornera repartidora**

- ¿Qué es una bornera? Imagina que la electricidad es como un intrincado sistema de carreteras en una ciudad. Las borneras son como los intercambiadores que te permiten conectar diferentes cables, alambres y dispositivos de manera ordenada y segura. Son esenciales para llevar la electricidad de un lugar a otro sin enredos ni peligro.
- ¿Para qué sirven? La principal función de una bornera es hacer que las conexiones eléctricas sean más sencillas y seguras. Piensa en una bornera como un punto de reunión para los cables e imagina que necesitas conectar varios cables juntos, como cuando instalas una lámpara nueva. En lugar de unirlos con cinta pegante (lo cual es peligroso), puedes usar una bornera. Esta pequeña caja tiene agujeros o ranuras donde puedes insertar los cables y apretarlos para que queden bien sujetos.
- ¿Dónde las puedes encontrar? Las borneras se encuentran en más lugares de los que te imaginas. Aquí te traemos algunos ejemplos:
 - **Hogar:** Si alguna vez has cambiado un interruptor de luz o instalado un enchufe, es posible que hayas visto una bornera. Son comunes en lugares donde necesitas conectar cables eléctricos, como en cajas de conexiones.
 - **Industria:** En fábricas y plantas de producción las borneras son fundamentales. Ayudan a conectar dispositivos y maquinaria de manera segura, lo que facilita el mantenimiento y la expansión de sistemas eléctricos complejos.
 - **Automatización:** En sistemas automatizados, como los que controlan las luces de un edificio o el funcionamiento de una máquina, las borneras son esenciales para mantener todo en orden y garantizar que los cables estén en su lugar.
 - **Electrónica:** Incluso en dispositivos más pequeños, como

un control remoto o un juguete electrónico, es probable que encuentres una versión pequeña de una bornera. Estas conexiones garantizan que los componentes funcionen juntos sin problemas.

➤ (Weidmueller, 2025)



Imagen 53. Bornera repartidora (Electricidad, 2025)

2.2.19. Tableros eléctricos



Imagen 54. Revisión de tensión a tablero eléctrico. (Suministro de Materiales Electricos JD LTDA, 2021)

Un tablero eléctrico es uno de los componentes principales de una instalación eléctrica, en él se protegen cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación eléctrica a través de fusibles, protecciones magnetotérmicas y diferenciales. Al menos un cuadro o tablero eléctrico existe por instalación, como ocurre en la mayoría de las viviendas, y desde este pueden alimentarse uno o más cuadros secundarios, como ocurre normalmente en instalaciones industriales y grandes comercios.

En otras palabras, el tablero eléctrico es el encargado de proteger los componentes de mando y de control de cualquier sistema eléctrico desde un circuito básico en un hogar hasta el de una máquina industrial. En estos se puede concentrar los dispositivos de conexión, maniobra, protección, etc. que permitan que una instalación eléctrica funcione en óptimas condiciones.

Los tableros eléctricos deben estar sujetos a la normativa de los cuadros eléctricos de vivienda y no pueden estar distribuidos como el usuario prefiera. Por tanto, son bastante homogéneos y no tendrás dificultades a la hora de conocer en profundidad sus partes. Así, con un flujo correcto de distribución de energía se puede asegurar la seguridad de las instalaciones que presenten un tablero industrial.

El tablero general es el equipo hasta dónde llega la acometida (conjunto de tuberías y conductos eléctricos que parten desde el medidor), que lo alimenta de energía eléctrica y desde el cual se distribuyen los diferentes circuitos que mantendrán con electricidad a toda la casa: puntos de luz, tomacorrientes, timbre.

2.2.19.1 ¿Cuáles son las funciones de un tablero eléctrico?

Fundamentalmente el tablero eléctrico de una vivienda tiene las siguientes funciones:

- Protege a los electrodomésticos de cualquier subida de tensión.
- Garantiza la seguridad de las personas.
- Permite detectar problemas y fijar soluciones fijándose en qué interruptor ha saltado.
- Sirve para cortar el suministro cuando te excedes en el consumo.

Los cuadros que mayormente vamos a encontrar son de dos tipos. Por un lado, el tradicional con tres grupos de interruptores o el actual con cinco grupos de interruptores.

2.2.19.2 ¿Cómo se compone un tablero eléctrico?

El cuadro estándar (o instalaciones antiguas) dispone de un ICP (Interruptor de Control de Potencia), ID (Interruptor diferencial) y PIA (Pequeños interruptores

automáticos).

Por el contrario, los más recientes y de nueva instalación incorporan cinco grupos: un ICP (Interruptor de Control de Potencia), ID (Interruptor diferencial), PIA (Pequeños interruptores automáticos), IGA (Interruptor General Automático) y PCS (Protector contra sobretensiones).

2.2.19.3 Componentes de los cuadros o tableros eléctricos

- ICP (Interruptor de control de potencia).

Se coloca en la primera posición dentro del cuadro eléctrico, antes del Interruptor General de Automático (IGA), y es el encargado de cortar el suministro eléctrico cuando se demanda más potencia de la que se tiene contratada, o en casos de sobrecarga o cortocircuito, para evitar daños en la instalación.

- IGA (Interruptor General Automático).

Es un elemento presente solamente en los cuadros de nueva instalación. Si tu cuadro eléctrico es antiguo, no lo verás allí. Su función es cortar la electricidad de todo el inmueble en caso de un cortocircuito o un exceso de potencia, ya sea porque hay muchos electrodomésticos encendidos o por culpa de un cortocircuito. El IGA es quien supervisa que no superes el máximo que soporta la instalación.

- PCS (Protector contra sobretensiones).

Es otro elemento cuya presencia es obligatoria en los cuadros eléctricos de nueva instalación para aumentar la seguridad. El protector contra sobretensiones, como su propio nombre indica, protege a los aparatos eléctricos de la casa se dañen por sobretensiones independientemente de su naturaleza. En caso de sobretensión, el PCS actúa como un escudo desviando la corriente a la toma de tierra evitando así daños en los aparatos eléctricos.

- ID (Interruptor Diferencial).

Se le reconoce fácilmente porque lleva consigo una palanca giratoria o, más usualmente, un pulsador. Este elemento protege a la instalación contra las fugas de corriente evitando que nos llevemos un “chispazo” (o algo peor) si tocamos un electrodoméstico con algún cable suelto.

Por eso, si en algún momento el ID salta es porque se ha producido una fuga de corriente a tierra debido a alguna anomalía en la instalación o algún electrodoméstico defectuoso.

- PIA (Pequeños interruptores automáticos).

Estos interruptores controlan por separado la llegada de electricidad a los diferentes electrodomésticos y circuitos de la casa: lavadora, alumbrado, frigorífico, enchufes, etc. Están siempre juntos, y si detectan un exceso de consumo en una parte de la vivienda, el interruptor determinado se desconecta automáticamente. Así se deja sin electricidad a esa zona, pero no el resto del inmueble.

Los PIA también son útiles en caso de obras o tareas de mantenimiento, dando la opción de privar de electricidad a una cierta parte de la instalación sin tener que desconectar todo el suministro. (Suministro de Materiales Electricos JD LTDA, 2021)

2.2.20. Tipos de canaletas para cables: la guía completa para tus instalaciones eléctricas

Cuando se trata de instalaciones eléctricas, la organización y protección de los cables son fundamentales para garantizar la seguridad y la eficiencia. Las canaletas para cables son soluciones prácticas que no solo ocultan los conductores, sino que también los protegen del desgaste, la humedad y otros factores externos. En este artículo, descubrirás todo lo que necesitas saber sobre los tipos de canaletas para cables, sus usos, y cómo elegir la mejor para tu proyecto eléctrico.

2.2.20.1 ¿Qué son las canaletas para cables y para qué sirven?

Las canaletas para cables son conductos diseñados para organizar, proteger y ocultar cables eléctricos en instalaciones residenciales, comerciales e industriales. Están fabricadas en diversos materiales y tamaños, adaptándose a las necesidades específicas de cada entorno.

2.2.20.2 Principales funciones de las canaletas

- Organización: mantienen los cables en su lugar, evitando enredos o confusiones.
- Protección: previenen daños por humedad, abrasión, impactos o exposición al sol.
- Estética: mejoran la apariencia de los espacios, ocultando los cables a simple vista.
- Seguridad: reducen riesgos de cortocircuitos y otros accidentes eléctricos.

2.2.20.3 Tipos de canaletas para cables y sus características

El mercado ofrece una amplia variedad de canaletas diseñadas para diferentes aplicaciones. A continuación, exploramos los tipos más comunes y sus particularidades.

- **Canaletas de PVC.**
 - **Características:** son ligeras, económicas y fáciles de instalar. Resistentes a la corrosión y al agua, lo que las hace ideales para entornos interiores y algunos exteriores.
 - **Usos comunes:** oficinas, viviendas y espacios comerciales pequeños.
 - **Ventaja clave:** su precio competitivo y versatilidad.
- **Canaletas metálicas.**
 - **Características:** fabricadas en acero galvanizado o aluminio, ofrecen alta resistencia mecánica y durabilidad.
 - **Usos comunes:** aplicaciones industriales y comerciales donde se requiere mayor protección mecánica.
 - **Ventaja clave:** soportan condiciones extremas, como altas temperaturas o ambientes corrosivos.
- **Canaletas tipo bandeja (cable tray).**
 - **Características:** son estructuras abiertas que permiten alojar cables en grandes volúmenes. Pueden ser metálicas o de materiales compuestos.
 - **Usos comunes:** instalaciones industriales o comerciales a gran escala, como en plantas de producción.
 - **Ventaja clave:** facilitan el mantenimiento y la ampliación de la instalación eléctrica.
- **Canaletas de resina reforzada (FRP)**
 - **Características:** están hechas de fibra de vidrio reforzada con resina. Son altamente resistentes a la corrosión y a productos químicos agresivos.
 - **Usos comunes:** industrias químicas, plantas de tratamiento de agua y ambientes corrosivos.
 - **Ventaja clave:** su durabilidad en condiciones extremas.

(OHM Solution SAS, 2025)

2.3. MARCO AMBIENTAL

2.3.1. Sostenibilidad de baterías en Sistemas de Alimentación Ininterrumpida

Desde los inicios los sistemas de alimentación ininterrumpida se han venido utilizando sistemas de acumulación de energía en base a baterías acumuladoras secundarias, principalmente del tipo de válvula regulada de plomo.

Estas baterías también conocidas como VRLA presentaban una serie de ventajas contra otros tipos, como las baterías de plomo abierto o las de Níquel Cadmio, como por ejemplo un coste contenido, una respuesta de vida aceptablemente correcta, y una sencillez de funcionamiento y configuración.

En los SAI nos encontramos actualmente con una rápida aceptación a este tipo de batería, si bien, está alcanzando por parte de los clientes, (dadas las ventajas tecnológicas que aporta y que compensan habitualmente la diferencia de precio con respecto a las baterías de plomo), la rápida implementación e industrialización, lo cual, ha desencadenado un nuevo aspecto a considerar: La sostenibilidad.

La sostenibilidad ambiental propia de las baterías ha sido un tema adecuadamente tratado en el ámbito de las baterías de plomo, en el cual se ha conseguido llevar hasta unos niveles de reciclabilidad superiores al 95%, pero sin embargo con respecto a la batería de Ion litio, son muchas las voces críticas a con respecto a su seguridad en el transporte y uso, y las dudas acerca de sus métodos de explotación, fabricación y posterior reciclaje al final de su vida útil.

2.3.1.1 Toxicidad

En general es conocido que el plomo es un producto altamente tóxico para la salud humana y es por ello precisamente que el concepto de reciclaje en este tipo de baterías ha estado extensamente regulado y se consigue reciclar prácticamente en su totalidad.

2.3.1.2 Prácticas mineras

En este punto sí que tenemos unos consumos parecidos de recursos energéticos necesarios para la extracción, ya que tanto el litio, como el plomo, o el cobalto o manganeso, o el resto de los productos que se utilizan en las baterías son de difícil acceso y normalmente son extraídos en lugares y condiciones con poca rigidez ética en cuanto a los derechos humanos y las condiciones de trabajo, especialmente en el caso del cobalto.

2.3.1.3 Regulaciones

En el ámbito de la Unión Europea, nuevas regulaciones al respecto del diseño, producción y tratamiento de residuos en baterías están llegando ya, y su implementación va a ser rápida y contundente:

Las baterías van a requerir una declaración formal de su huella de carbono total a partir de 2024.

- Las baterías de los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida entran en la denominación de baterías industriales.
- Los fabricantes y vendedores deberán intervenir en la recuperación de las baterías al final de su vida útil.
- Las baterías deberán usar un porcentaje de materiales recuperados.
- Todo el residuo deberá ser recogido y tratado, aunque no se define fecha, si bien entra en la frontera de los objetivos 2035.

2.3.1.4 Reciclabilidad

Finalmente, en cuanto a la reciclabilidad de todas estas infraestructuras, y como continuación a los conceptos de regulación y a la creciente demanda, el natural desarrollo producido por el uso intensivo de este tipo de baterías en la industria del automóvil y en la industria fotovoltaica van a implicar en los próximos años un desarrollo exponencial en las capacidades y las infraestructuras de reciclaje, no solo por su impacto medioambiental, sino por la posibilidad de conseguir de nuevo materiales con más facilidad que en la extracción minera. (Angel Argente del Castillo. Schneider Electric, 2023)

2.3.1. Tendencias y Avances en SAI: Impulsando la Protección Eléctrica del Futuro

En un mundo cada vez más conectado y dependiente de la energía eléctrica, los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI) desempeñan un papel crucial en la protección de todo tipo de equipos susceptibles a sufrir cortes energéticos o anomalías eléctricas que puedan afectar a su correcto funcionamiento. A medida que avanzamos hacia un futuro tecnológico, es interesante explorar las últimas tendencias y avances en SAI que están revolucionando la protección eléctrica. En este artículo, examinaremos algunas de las innovaciones más destacadas que están remodelando la industria de los SAI.

2.3.1.1 Mayor eficiencia energética

La eficiencia energética ha sido un enfoque clave en la evolución de los SAI. Los fabricantes están desarrollando soluciones que minimizan las pérdidas de energía y maximizan el rendimiento. La tecnología de conversión de energía mejorada y el uso de componentes de alta calidad han permitido que los SAI alcancen niveles de eficiencia más altos, reduciendo tanto los costos de operación como el impacto ambiental.

2.3.1.2 Integración con energías renovables

En consonancia con la creciente adopción de fuentes de energía renovable, los SAI están evolucionando para integrarse con sistemas de generación de energía sostenible. Estos avances permiten a los SAI funcionar con energía solar, eólica u otras fuentes limpias, lo que no solo reduce la dependencia de la red eléctrica, sino que también ayuda a reducir las emisiones de carbono y promueve la sostenibilidad.

2.3.1.3 SAI inteligentes

La inteligencia artificial y el aprendizaje automático están transformando los SAI en soluciones más inteligentes y autónomas. Los SAI inteligentes pueden monitorear y analizar en tiempo real los patrones de consumo de energía, predecir fallas potenciales y adaptarse automáticamente para proporcionar una protección óptima. Además, estos sistemas pueden integrarse con soluciones de gestión de energía y aplicaciones de IoT (Internet de las Cosas), lo que permite una supervisión y control remotos más eficientes.

2.3.1.4 Baterías de última generación

Las baterías son componentes fundamentales de los SAI, y las últimas innovaciones en este campo están mejorando la autonomía, la vida útil y la densidad de energía de las baterías utilizadas en los sistemas de respaldo. Las tecnologías como las baterías de ion-litio están ganando popularidad debido a su mayor densidad de energía, menor peso y mantenimiento en comparación con las baterías de plomo-ácido tradicionales. Estos avances mejoran la capacidad de respuesta de los SAI y reducen su huella física. (Hiper Shops Hogar Digital e Inmótica Ingenieros, S.L., 2023)

2.3.2. Resolución 0729 de 2025

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expidió la Resolución No. 0799 del 2025, mediante la cual se reglamenta los Sistemas de Recolección y gestión de las Baterías Usadas Plomo Ácido – BUPA (anteriormente denominados Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de BUPA), dirigida a establecer las obligaciones, lineamientos y requisitos de estos sistemas y dictar las medidas relacionadas con la generación y el manejo ambiental de las BUPA, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.

Para ello, la resolución contempla su aplicación en el territorio nacional a los productores, comercializadores, usuarios o consumidores de BUPA para vehículos automotores propulsados con motores de arranque de émbolo (pistón), a los establecimientos de comercio donde se presten servicios de cambio de baterías y a los gestores de BUPA.

Considerando lo anterior, la resolución prevé obligaciones específicas, señalando como principales las siguientes:

Productores: Deben establecer, administrar y financiar sistemas de recolección

y gestión de BUPA, garantizando la logística inversa (devolución eficiente desde el usuario hasta el productor) y asegurando que la gestión se realice en instalaciones autorizadas. Además, deben implementar campañas de información y mantener canales de comunicación efectivos sobre los mecanismos de devolución y ubicación de centros de acopio.

Comercializadores: Deben participar en la logística inversa, aceptar la devolución de BUPA sin costo para el usuario, entregar las baterías recolectadas a sistemas autorizados y difundir información sobre los mecanismos de recolección y restricciones legales.

Usuarios o consumidores: Están obligados a devolver las BUPA a través de los mecanismos establecidos, no mezclarlas con otros residuos ni entregarlas a personas no autorizadas, y no manipularlas antes de su entrega. Si no existen mecanismos accesibles, pueden entregarlas directamente a gestores autorizados.

Gestores: Deben contar con licencia ambiental para el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento o recuperación de BUPA y generar certificados de gestión que garanticen la trazabilidad y cumplimiento ambiental

Asimismo, la resolución establece los lineamientos para los sistemas de recolección y gestión de Baterías Usadas Plomo-Ácido (BUPA), incluyendo tipos (individual o colectivo), requisitos de presentación, contenido, plazos, y la obligación de presentar un informe anual. También exige el cumplimiento del Indicador de Recolección y Gestión (IRG) de forma anual.

Además, la resolución indica que los sistemas pueden operar mediante; centros de acopio, campañas u otros mecanismos, siempre que se garantice seguridad y trazabilidad.

Los centros deben cumplir requisitos técnicos como impermeabilización y control de derrames. Por su parte, respecto al control de estos sistemas, la competencia estará a cargo de la ANLA, con apoyo de las autoridades ambientales regionales y urbanas en actividades educativas y diagnósticos.

Finalmente, se determina que la resolución entra en vigor el 1 de enero de 2026 y deroga las resoluciones anteriores sobre la materia, consolidando así un marco normativo actualizado y robusto para la gestión ambientalmente adecuada de las BUPA en Colombia. (CMS, 2025)

2.4. MARCO LEGAL

El marco legal para el uso de los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI) se basa principalmente en normas técnicas de seguridad y compatibilidad electromagnética. No existe una ley específica que regule su uso general, pero sí hay normativas que establecen requisitos para su fabricación, instalación y operación, especialmente en entornos donde la continuidad del suministro eléctrico

es crítica.

En Colombia, la implementación de Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (UPS) está regida principalmente por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y la Norma Técnica Colombiana 2050 (NTC 2050), también conocida como el Código Eléctrico Colombiano. El RETIE establece los requisitos técnicos para todas las instalaciones eléctricas, incluyendo la protección contra riesgos eléctricos, y la NTC 2050 proporciona lineamientos detallados sobre diseño, construcción y mantenimiento de instalaciones eléctricas.

2.4.1. Normas nacionales

2.4.1.1 RETIE (Resolución 40117 del 02 de abril 2024)

Este reglamento, expedido por el Ministerio de Minas y Energía, establece las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones eléctricas en Colombia, incluyendo sistemas UPS, para garantizar la seguridad de las personas y la protección de los bienes.

- Artículo 3.17.29. Unidades de potencia ininterrumpida UPS

Para los efectos del presente Reglamento, la instalación de las UPS debe dar cumplimiento a los siguientes requisitos:

- Se debe cumplir cada una de las recomendaciones dadas por el fabricante para su correcta instalación.
- El montaje del UPS debe tener en cuenta los espacios de trabajos establecidos por el presente Reglamento.
- Los circuitos de alimentación y de salida de la UPS, deben estar identificados con el código de colores.
- No se deben unir los terminales de tierra y neutro en el barraje de conexión del UPS.
- El medio de desconexión instalado para alimentar el UPS debe desconectar también las baterías de su carga.
- Los conductores de puesta a tierra tanto de entrada como de salida deben ser aislados.
- Cuando se instalen unidades en paralelo, debe tenerse especial atención con la sincronización de ellas, así como el retorno de tensión desde la carga y la sobrecarga permitida.
- Cuando un UPS se utilice para alimentar un sistema de emergencia se deben cumplir los criterios de instalación que le apliquen de la sección 700.12 (A) y (B) de la NTC

2050 segunda actualización o la parte que le aplique de la IEC 60364, de acuerdo con el tipo de instalación y uso para el cual se instala el equipo.

- De manera permanente se debe tener a la mano las instrucciones de operación del UPS. (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2024)

2.4.1.1 Comunicación Norma NTC 2050 2-2020

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE tiene como objeto fundamental establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Sin perjuicio del cumplimiento de las reglamentaciones civiles, mecánicas y fabricación de equipos.

Adicionalmente, señala las exigencias y especificaciones que garanticen la seguridad de las instalaciones eléctricas con base en su buen funcionamiento; la confiabilidad, calidad y adecuada utilización de productos y equipos, es decir, fija los parámetros mínimos de seguridad para las instalaciones eléctricas, y una de las formas de hacerlo es estableciendo claramente las responsabilidades que deben cumplir los diseñadores, constructores, interventores, operadores, inspectores, propietarios y usuarios de las instalaciones eléctricas, además de los fabricantes, importadores, distribuidores de materiales o equipos y las personas jurídicas relacionadas con la generación, transformación, transporte, distribución y comercialización de electricidad, organismos de inspección, organismos de certificación, laboratorios de pruebas y ensayos.

En este orden de ideas, es de aclarar que en el proceso de actualización reglamentario se ha avanzado en la construcción de un nuevo modelo que enfatice el rol del reglamento. En tal sentido, los códigos y normas técnicas, no incorporadas directamente como parte del reglamento, siendo construcciones técnicas de aplicación voluntaria, entrarían a ser opciones para que los profesionales de la electrotecnia, verificada su coherencia con los requisitos generales del reglamento, seleccionen la mejor solución a una determinada problemática. (energía, 2020).

2.4.1.2 NTC 2050 Artículo 645-10. Medios de desconexión

Se debe instalar un medio que desconecte todos los equipos electrónicos que haya en una sala de computadores. También debe instalarse otro medio similar que desconecte todos los sistemas de CVAA de las salas de computadores y haga que se cierren todos los cortafuegos o corta humos (dámper). El cuadro de control de estos medios de desconexión debe ser único, estar bien identificado y ser fácilmente accesible desde las puertas principales de salida. Se permite que un solo medio de

desconexión controle los equipos electrónicos y los sistemas CVAA.

Excepción, las instalaciones que cumplan las disposiciones de la Sección 685. (ICONTEC NTC2050, 2020)

2.4.1.3 NTC 2050 art 645-11. Sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS)

Los UPS instalados en las salas de computadores, así como sus circuitos de suministro y salida, deben cumplir lo establecido en el Artículo 645-10. El medio de desconexión instalado debe desconectar también las baterías de los equipos conectados a ellas.

Excepciones:

- Las instalaciones que cumplan las disposiciones de la Sección 685.
- No es necesario que exista un medio de desconexión que cumpla lo establecido en el Artículo 645-10 para fuentes de alimentación capaces de suministrar 750 VA o menos a partir de un UPS o de un sistema de baterías integrado con los equipos electrónicos, siempre que se cumplan las demás disposiciones del Artículo 645-11. (ICONTEC NTC2050, 2020)

2.4.2. Normas internacionales

2.4.2.1 IEC/EN 62040-1

Esta norma europea define los requisitos generales y de seguridad para SAI, incluyendo la prevención de transferencia de niveles peligrosos de tensión y la posibilidad de instalación interna o externa, elaborada y publicada por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), se aplica a los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) electrónicos con dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica en corriente continua.

Esta norma se aplica a los SAI para uso en sistemas de distribución de bajo voltaje móviles, fijos o interiores y destinados a la instalación en cualquier área accesible al operador. Los requisitos para garantizar la seguridad de los operadores o empleados que puedan entrar en contacto con los sistemas de energía ininterrumpida, en situaciones específicas, se incluyen en esta norma.

Esta norma está diseñada para garantizar la seguridad del sistema instalado como una sola unidad UPS o un sistema de unidades UPS interconectadas, dependiendo de la instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de energía ininterrumpida según lo especificado por el fabricante.

Los sistemas de energía ininterrumpida entregan un voltaje de salida de corriente alterna constante cuyos voltajes de conexión no exceden los 1000 voltios de corriente alterna o 1500 voltios de corriente continua e incluyen un dispositivo de almacenamiento de energía. Se aplica a UPS instalados y conectados permanentemente. El propósito de esta norma es reducir incendios, descargas

eléctricas, energía térmica y peligros mecánicos durante el uso y especialmente durante el servicio y mantenimiento, si se especifica. (LABORATORIO EUROLAB INC., 2019)

2.4.2.1 UNE-EN 62040-1-2

2.4.2.1.1 Campo de aplicación.

Esta norma se aplica a los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) electrónicos que poseen un dispositivo eléctrico de acumulación de energía en la conexión de corriente continua. Se debe utilizar junto a la Norma CEI 60950-1 a la cual se referirá en esta norma como “RD”.

Cuando se hace referencia a cualquier elemento con la frase “Se aplican las definiciones y provisiones del elemento/RD” se intenta significar que se aplican las definiciones o provisiones en ese elemento de la Norma CEI 60950-1, excepto aquellas que sean claramente no aplicables a los sistemas de alimentación ininterrumpida. Se aplican los requisitos nacionales adicionales a aquellos de la Norma CEI 60950-1 los cuales se encuentran como notas dentro de los capítulos correspondientes de la RD.

La función esencial de los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) tratados en esta norma, es el asegurar la continuidad del servicio de una fuente de alimentación alterna. El SAI puede servir igualmente para mejorar la calidad de la fuente de alimentación, manteniéndola en los límites de las características especificadas.

Esta norma se aplica a los SAI que sean móviles, estáticos, fijos o para ser empotrados, para ser utilizados en sistemas de distribución a baja tensión, y a los destinados a ser instalados en zonas de acceso restringido. Se especifican los requisitos para asegurar la seguridad del personal de mantenimiento.

Esta norma está destinada asegurar la seguridad de los SAI instalados, tanto si se trata de una unidad de SAI o de un sistema de unidades SAI interconectadas, destinadas a ser instaladas, a funcionar y a ser mantenidas de la forma prescrita por el fabricante.

Esta norma no concierne a los balastos electrónicos alimentados en c.c. (véanse las Normas CEI 61347 y CEI 60925), y a los SAI construidos a partir de máquinas rotativas.

En la Norma CEI 62040-1-1 se dan los requisitos generales y de seguridad relevantes para los SAI instalados en zonas accesibles por los operarios. En la Norma CEI 62040-2 se dan los requisitos y definiciones de la compatibilidad electromagnética (EMC).

2.4.2.1.2 *Aplicaciones específicas*

Aunque esta norma no trate de todos los tipos de SAI, puede ser tenida en cuenta como guía para otros SAI. Pueden ser necesarios requisitos suplementarios a los especificados en esta norma para aplicaciones específicas, por ejemplo

- Un SAI destinado a funcionar expuesto, por ejemplo, a temperaturas extremas, a polvo, a humedad o a vibraciones excesivas, a gases inflamables, a atmósferas corrosivas o explosivas.
- Un en aplicaciones electro médicas cuando el SAI está situado a menos de 1,5 m de la zona de contacto del paciente.
- Para el SAI sometido a sobretensiones transitorias que sobrepasen las definidas en la Categoría de Sobretensión II según la Norma CEI 60664, puede ser necesaria una protección suplementaria en la red de alimentación del SAI.
- Para el SAI destinado a ser utilizado allí donde sea posible la penetración de agua o cuerpos extraños, pueden ser necesarios requisitos suplementarios. A título de guía para el establecimiento de tales requisitos y para los ensayos correspondientes, véase el anexo H.
- Para SAI con formas de onda de salida trapezoidales y tiempos de funcionamiento largos (mayores de 30 min) están sujetos a ensayos de distorsión de tensión para probar la compatibilidad de la carga.

2.4.2.2 UL 1778

2.4.2.2.1 *Marcas e instrucciones de instalación*

La norma UL 1778 exige que los gabinetes de baterías estén marcados de forma clara y legible de manera que el personal de servicio pueda ver la siguiente información antes de acceder al compartimiento de la batería:

- Nombre del fabricante de la batería y número de catálogo
- Número de baterías
- Voltaje nominal de la cadena total de baterías
- Capacidad nominal de la cadena total de baterías

La norma UL 1778 también exige que las instrucciones del UPS contengan la siguiente información:

- Información suficiente, incluido el fabricante y el número de catálogo adecuados, para permitir el reemplazo de una batería
- Identificación del tipo de batería, por ejemplo, sellada o regulada por

válvula, etc.

- Un mensaje para utilizar baterías de repuesto con un número de modelo específico de un fabricante específico
- Una declaración de precaución que identifica el riesgo de peligro energético, _____ V, _____ batería de amperios-hora (vatios o kilovatios). (Solutions, UL, 2025)

2.4.2.3 Decreto 1076 de 2015

En el Título 6 más exactamente trata sobre Residuos Peligrosos, regula la gestión de baterías usadas por considerarlas residuos peligrosos debido a su potencial contaminante. Su objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente, estableciendo las normas para su manejo adecuado dentro de la gestión integral de residuos. (Función pública, 2015)

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación propuesta se clasifica como descriptiva y explicativa, dado que busca caracterizar el funcionamiento de un sistema de respaldo energético mediante UPS y explicar su comportamiento bajo distintas condiciones de carga y suministro eléctrico.

Su enfoque es cuantitativo, pues se basa en la medición de variables eléctricas y energéticas, como tensión, corriente y tiempo de respaldo, obteniendo resultados que permitan evaluar objetivamente el desempeño del banco de pruebas construido.

El método empleado combina la observación de las variables experimentales con el método inductivo, al originar conclusiones generales a partir de los resultados obtenidos durante las pruebas. Como técnica principal se utiliza el experimento controlado, en el que se somete el sistema a condiciones específicas para analizar su respuesta y validar su funcionamiento conforme a los objetivos planteados.

El procedimiento se desarrolla por etapas, abarcando desde el diseño conceptual del módulo, la construcción del tablero de pruebas y las adecuaciones de infraestructura, hasta la implementación de los ensayos experimentales y el análisis de resultados. Este enfoque estructurado garantiza una ejecución ordenada del proyecto y la obtención de conclusiones verificables, orientadas a la mejora del proceso de enseñanza y experimentación en sistemas de respaldo de energía dentro del laboratorio.

La decisión de desarrollar el diseño de la investigación por etapas se fundamenta en la naturaleza aplicada y técnica del proyecto, el cual busca construir y validar un módulo de pruebas de energía de respaldo por UPS dentro de un entorno de laboratorio de ingeniería electromecánica. En este tipo de investigaciones, el proceso no se limita únicamente al análisis teórico o experimental, sino que involucra una secuencia estructurada de actividades de ingeniería, desde la planificación y diseño hasta la ejecución y validación del prototipo.

Por esta razón, se optó por un enfoque por etapas, ya que permite integrar de forma lógica y progresiva cada componente del proyecto: la definición del problema, el diseño del tablero y las adecuaciones de infraestructura, la selección de materiales, la implementación del sistema y las pruebas experimentales. Este esquema facilita el control del avance, la trazabilidad de los resultados y la validación técnica del módulo bajo condiciones reales de operación.

3.1. ETAPA 1 — DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

- Objetivo técnico del proyecto: establecer qué se desea evaluar con el módulo (por ejemplo: autonomía, eficiencia, respuesta ante cortes, tiempo

de transferencia, etc.).

- Requerimientos eléctricos:
 - Potencia nominal del sistema (KVA).
 - Tipo de UPS (on-line, line-interactive u off-line).
 - Tipo de carga simulada (resistiva, inductiva, capacitiva o mixta).
 - Tiempo máximo de respaldo esperado.
 - Condiciones de operación y seguridad.
- Normativa técnica aplicable.

3.2. ETAPA 2 — DISEÑO CONCEPTUAL Y LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS 2

- Revisión del laboratorio: determinar puntos de acometida eléctrica, capacidad del circuito, disponibilidad de tierra y ubicación del tablero de prácticas.
- Definición del espacio físico interno del módulo: ubicación de la UPS, banco de baterías y cargas de prueba.
- Diseño preliminar en software CAD (AutoCAD) para visualizar disposición y ubicación del tablero de UPS en el laboratorio de máquinas eléctricas.

3.3. ETAPA 3 — DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA

- Elaboración de diagrama unifilar, incluyendo alimentación principal bypass manual, salidas de circuitos de distribución y protecciones contra cortocircuito y cortes de energía.
- Cálculo de protecciones eléctricas:
 - Selección de breakers termomagnéticos.
 - Cálculo de calibres de conductores según carga y longitud.
 - Coordinación de protecciones.
 - Cálculo de bandeja portacables para circuitos de distribución regulados.

➤

3.4. ETAPA 4 — DISEÑO MECÁNICO Y DE CONTROL DEL TABLERO DE PRACTICAS

- Diseño del tablero de prácticas:
 - Plano de distribución de componentes (frontal).
 - Selección del gabinete (material, ventilación, IP y dimensiones).
- Integración de sistemas de control:
 - Indicadores y alarmas.
 - Selección señalización de seguridad (según RETIE y normas de laboratorio).

3.5. ETAPA 5 — ADECUACIONES DE INFRAESTRUCTURA EN EL LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS 2

- Adecuaciones eléctricas:
 - Instalación de un circuito dedicado para el módulo (alimentación 220 V).
 - Instalación de 9 circuitos de distribución de energía regulada para los puntos de conexión de equipos de cómputo (alimentación 110 V).
- Adecuaciones físicas:
 - Perforaciones de soporte para bandeja y canalización.
 - Canalizaciones, bandejas o ductos para cableado seguro.

3.6. ETAPA 6 — CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE

- Fabricación del tablero:
 - Fabricación del gabinete envolvente a medida.
 - Montaje de los componentes eléctricos en el gabinete.
 - Conexión interno según planos aprobados.
 - Pruebas de continuidad y revisión de polaridad.
- Integración con la infraestructura del laboratorio:
 - Conexión al circuito de alimentación.
 - Instalación de la UPS y su banco de baterías (interno).
 - Conexión de cargas de prueba (resistivas o bancos programables).

3.7. ETAPA 7 — PRUEBAS INICIALES Y PUESTA EN MARCHA

- Pruebas eléctricas:
 - Verificación de tensiones de entrada y salida.
 - Comprobación del funcionamiento de protecciones.
 - Simulación de corte de red y observación del tiempo de transferencia.
- Pruebas funcionales:
 - Evaluación del sistema bajo cargas de prueba.
 - Ensayo de autonomía del banco de baterías.
- Corrección de fallas detectadas y ajustes de calibración.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. ETAPA 1 — DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

4.1.1. Objetivo técnico del proyecto

Se establece como objetivo técnico la implementación de un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) con un sistema de transferencia eléctrica a modo de Bypass, dimensionado conforme a las características de carga del laboratorio, con el fin de asegurar la entrega continua de energía eléctrica bajo parámetros estables de tensión y frecuencia. El sistema se diseña para mitigar perturbaciones provenientes de la red, tales como interrupciones, caídas de tensión y alteraciones transitorias, garantizando la correcta coordinación de protecciones y la integridad operativa de las cargas críticas mediante una arquitectura eléctrica confiable y técnicamente compatible con la infraestructura existente.

4.1.2. Requerimientos eléctricos del sistema

4.1.2.1 Potencia nominal del sistema

El adecuado suministro eléctrico del laboratorio de máquinas eléctricas II constituye un aspecto esencial para garantizar la continuidad y seguridad de las prácticas académicas que allí se desarrollan. En atención a las directrices establecidas por el director del proyecto, se determinó que cada estudiante debe disponer de un punto de conexión individual destinado al suministro de energía para su equipo de cómputo durante las sesiones de trabajo.

A partir de este criterio, se efectuó un levantamiento del mobiliario y distribución espacial del laboratorio, identificando un total de veinticuatro (24) sillas, organizadas inicialmente en tres filas de ocho (8) unidades cada una. No obstante, tras la evaluación del espacio disponible y de las necesidades operativas, se definió una nueva configuración de tres filas por tres columnas, cada una dotada con seis (6) tomacorrientes dobles, lo que representa un total de treinta y seis (36) puntos de conexión eléctricos.

Para la estimación de la carga total, se consideró una potencia promedio de 140W por equipo de cómputo, y teniendo en cuenta un factor de potencia de 0,9 proveniente de la UPS, obteniéndose la potencia aparente total mediante la expresión:

$$S_{total} = \frac{P_{total}}{F.P.} = \frac{36 \text{ equipos} \cdot 140W}{0,9} = \frac{5040W}{0,9} = 5600VA = 5,6kVA$$

El valor resultante de 5,6kVA constituye la base para la selección de la capacidad mínima requerida para la UPS. Considerando la disponibilidad comercial de las UPS con capacidades nominales de 3kVA y 6kVA, se selecciona un equipo de 6kVA como la alternativa más conveniente, dado que ofrece un margen adicional de potencia que permite cubrir posibles incrementos de carga o eventos eléctricos imprevistos que puedan presentarse durante la operación del laboratorio.

4.1.2.2 Selección de la UPS

Para la selección del sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) más apropiado, se evaluaron las tres configuraciones predominantes en el mercado: Off-line, Line-interactive y On-line. Este análisis se realizó bajo los requerimientos técnicos del laboratorio de máquinas eléctricas II de las Unidades Tecnológicas de Santander, donde la estabilidad y seguridad de los equipos de cómputo son críticas.

Tras el análisis, se determinó que la selección está condicionada no solo por la protección requerida, sino por las limitaciones de la oferta tecnológica actual. Dado que en el mercado nacional e internacional no se comercializan sistemas de topología Off-line o Line-interactive con capacidades superiores a los 3kVA, se optó por la configuración que mejor equilibra la robustez industrial y la viabilidad técnica para la carga instalada del laboratorio.

Finalmente, la implementación de una UPS con tecnología On-line de doble conversión se consolida como la única alternativa viable para satisfacer la demanda de potencia que genera los 36 computadores. Esta elección garantiza una protección total contra fluctuaciones, picos de voltaje y ruidos eléctricos, asegurando la continuidad operativa de los equipos conectados a la UPS dentro del entorno académico del laboratorio.

La UPS seleccionada para este proyecto corresponde a una tecnología Online de doble conversión de 6kVA, en la cual la energía suministrada a los circuitos regulados es proporcionada permanentemente a través del rectificador, el banco de baterías y el inversor. Debido a esta configuración, los computadores conectados no son alimentados directamente por la red comercial, sino por el inversor de la UPS.

4.1.2.3 Tipo de carga simulada (resistiva, inductiva, capacitiva o mixta)

Para la evaluación del desempeño operativo de la UPS, se llevaron a cabo pruebas bajo condiciones controladas utilizando equipos de cómputo como carga principal. Esta selección permite representar de manera fiel las condiciones reales de funcionamiento presentes en el laboratorio de máquinas eléctricas II, garantizando que los resultados obtenidos sean coherentes con el entorno de aplicación del sistema.

El comportamiento eléctrico de este tipo de carga se caracteriza por la

predominancia de componentes resistivos y capacitivos, mientras que la componente inductiva resulta prácticamente despreciable. En tales condiciones, el flujo de corriente presenta un factor de potencia cercano a la unidad, lo que minimiza la presencia de corrientes de desfase y reduce los efectos negativos asociados a cargas no lineales o inductivas.

De esta manera, la UPS opera dentro de los parámetros eléctricos establecidos por su diseño, asegurando una entrega de energía estable, continua y de alta calidad, condiciones indispensables para la protección y correcto funcionamiento de los equipos electrónicos y de medición empleados durante las actividades académicas.

4.1.2.4 Tiempo máximo de respaldo esperado (Autonomía)

Con el propósito de establecer la autonomía real de la UPS instalada en el laboratorio de máquinas eléctricas II, se procede al cálculo del tiempo máximo de respaldo energético disponible bajo condiciones de operación nominal. Este parámetro resulta fundamental para determinar el intervalo de tiempo durante el cual el sistema es capaz de mantener en funcionamiento los computadores conectados ante una eventual interrupción de la red eléctrica comercial (ESSA).

MODEL	6KVA	8KVA	10KVA	10KVA
4.7 OUTPUT PROTECTION CIRCUIT BREAKER (NOTE 2)	32A	50A	63A	
4.8 CREST FACTOR	3:1			
5. BATTERY & CHARGER				
5.1 TYPES	12V/7Ah BATTERY			
5.2 NUMBER OF BATTERY	20 PCS	20 PCS * 2 SETS		
5.3 PROTECTION	30A/600V FUSE			
5.4 RECHARGE VOLTAGE	274 VDC			
5.5 RECHARGE TIME	8Hrs 90%			
5.6 TRICKLE CHARGING	ABOUT 30 mA			
5.7 LOW BATTERY SHUTDOWN	200VDC			
5.8 BACK-UP TIME (PF: 0.7)	≥ 8MIN	≥ 15MIN	≥ 10MIN	

Imagen 55. Información de las baterías según el fabricante. (Manual del usuario, UPS 6kVA.)

Las baterías instaladas en el equipo son marca Fuli Battery modelo MR1330. Son baterías de 12V 7Ah (Amperios / hora); el equipo cuenta con 20 baterías (imagen anterior), por consiguiente, se puede calcular el total de Wh (vatios / hora) de ellas.



Imagen 56. Tipo de batería de la UPS. (Autores, 2025)

El análisis considera tanto la capacidad nominal del banco de baterías (Wh) como la eficiencia de la UPS (90% según el manual del equipo), factores que inciden directamente en el desempeño de la UPS y en la estabilidad de la energía suministrada durante eventos de respaldo.

MODEL	6KVA	8KVA	10KVA	10KVA
3.3 EFFICIENCY (FULL RESISTANCE LOAD)				
* WITHOUT ISOLATION TRANSFORMER				
- ON LINE MODE	90%		90%	
- ECONOMY MODE	96%		96%	
* ISOLATION TRANSFORMER INCLUDED				
- ON LINE MODE	86%		86%	
- ECONOMY MODE	93%		93%	

Imagen 57. Eficiencia de la UPS. (Manual del usuario, UPS 6kVA.)

A continuación, se presentan los datos técnicos empleados y el procedimiento de cálculo correspondiente, mediante los cuales se evalúa el comportamiento del sistema frente a diferentes condiciones de carga y se determina su autonomía efectiva.

$$P_{total} = 5040W$$

$$Eficiencia\ UPS = 90\%$$

$$Capacidad\ por\ batería = 12V \cdot 7Ah = 84Wh$$

$$Capacidad\ total\ baterías = 84Wh \cdot 20\ baterías = 1680Wh$$

$$Energía\ útil = Wh\ total\ baterías \cdot Eficiencia\ UPS$$

$$\text{Energía útil} = 1680Wh \cdot 0,9 = 1512Wh$$

$$\text{Autonomía} = \frac{\text{Energía útil}}{P_{total}} = \frac{1512 Wh}{5040W} = 0,3 \text{ horas} = 18 \text{ min}$$

Por lo anterior, el tiempo de autonomía suministrado por la UPS según la carga generada por los 36 computadores es de 18 minutos.

El fabricante especifica una autonomía mínima de 8 minutos para una carga con factor de potencia de 0,7. Sin embargo, el circuito alimentador que energiza el tablero general de motores del laboratorio de máquinas eléctricas II presenta un factor de potencia de 0,9. Por tal motivo, se espera que la autonomía real del sistema sea superior al valor mínimo indicado por el fabricante, dependiendo de la cantidad de equipos conectados y de la potencia demandada en cada momento.

4.1.2.5 Condiciones de operación y seguridad.

- Antes de operar el tablero se recomienda leer atentamente el manual del fabricante de la UPS, ya que contiene instrucciones importantes para la unidad que deben seguirse durante la instalación y el mantenimiento del UPS y de las baterías.
- Las ranuras y aberturas externas del gabinete están diseñadas para la ventilación. Para asegurar un funcionamiento confiable del producto y evitar el sobrecalentamiento, estas aberturas no deben bloquearse ni cubrirse. No deben introducirse objetos en los orificios o ranuras de ventilación.
- Esta UPS fue diseñado para alimentar cargas informáticas modernas y dispositivos periféricos asociados, como monitores, módems, unidades de cinta, disqueteras externas, entre otros. No debe utilizarse para cargas puramente inductivas o capacitivas. No está diseñado para alimentar equipos de soporte vital.
- Todas las reparaciones o instalaciones deben ser realizadas por personal de servicio calificado. La UPS contiene tensiones potencialmente peligrosas. Las salidas pueden permanecer energizadas incluso cuando el equipo no esté conectado a la red eléctrica.
- Existe riesgo de electrocución cuando la batería está conectada a la UPS. Por lo tanto, no olvide desconectar las baterías antes de realizar cualquier revisión o mantenimiento. Para desconectarlas, retire el fusible de la batería de su porta fusible ubicado en el panel posterior del UPS.
- Aísle la UPS antes de trabajar en el circuito. Debe incorporarse un dispositivo de desconexión de fácil acceso en el cableado fijo.
- **ATENCIÓN:** Riesgo de descarga eléctrica. Aun cuando la unidad esté

desconectada de la red principal, pueden permanecer tensiones peligrosas accesibles a través del suministro de las baterías. Por tanto, se debe desconectar la alimentación de batería en los polos positivo y negativo antes de realizar trabajos de mantenimiento o servicio interno en la UPS.

- No deseche las baterías en el fuego; podrían explotar.
- No abra ni dañe la batería o las baterías; el electrolito liberado es perjudicial para la piel y los ojos.

4.1.3. Normativa técnica aplicable

- El RETIE (Resolución 40117 de 2024), emitido por el Ministerio de Minas y Energía, establece los requisitos técnicos y de seguridad para la instalación de sistemas UPS en Colombia, garantizando una conexión segura, correcta identificación de circuitos, aislamiento de tierras, y cumplimiento de las recomendaciones del fabricante, así como de normas complementarias como la NTC 2050 y la IEC 60364.
- La Norma NTC 2050 (2-2020) complementa al RETIE estableciendo los parámetros técnicos y de seguridad para el diseño, construcción y operación de instalaciones eléctricas en Colombia. Define responsabilidades para todos los actores del sistema eléctrico y promueve el uso de normas técnicas voluntarias coherentes con el reglamento, con el fin de garantizar la seguridad, confiabilidad y calidad de las instalaciones.
- El Artículo 645-10 de la NTC 2050 establece que las salas de computadores deben contar con un medio de desconexión general que permita cortar la energía a todos los equipos electrónicos y sistemas de climatización (CVAA) en caso de emergencia. Este control debe estar claramente identificado, ubicado cerca de las salidas principales y de fácil acceso, garantizando seguridad y rápida respuesta ante fallos eléctricos o siniestros.
- El Artículo 645-11 de la NTC 2050 regula la instalación de sistemas de alimentación ininterrumpida en salas de computadores, exigiendo que su medio de desconexión también interrumpa la conexión de las baterías. Establece excepciones para sistemas menores a 750VA o instalaciones que cumplan la sección 685, garantizando la seguridad eléctrica y el control adecuado ante emergencias.
- La IEC/EN 62040-1 establece los requisitos generales y de seguridad para los SAI con almacenamiento de energía en corriente continua. Regula su instalación, operación y mantenimiento en sistemas de baja

tensión, buscando prevenir riesgos eléctricos, térmicos y mecánicos, y garantizar la protección de los operadores y la integridad del equipo conforme a las especificaciones del fabricante.

- La Norma UNE-EN 62040-1-2 establece los requisitos de seguridad y funcionamiento para los SAI electrónicos con dispositivos de almacenamiento de energía en corriente continua. Define los criterios de instalación, operación y mantenimiento en sistemas de baja tensión, asegurando la continuidad y calidad del suministro eléctrico. Además, contempla condiciones especiales de uso (temperaturas extremas, humedad, ambientes explosivos, etc.) y la protección del personal técnico durante el mantenimiento.
- La norma UL 1778 establece los requisitos de seguridad y marcación para las UPS y sus gabinetes de baterías. Exige que estos incluyan información visible sobre el fabricante, número de baterías, voltaje y capacidad total, así como instrucciones claras para el reemplazo y manejo seguro de las baterías. Su objetivo es garantizar la trazabilidad, seguridad eléctrica y prevención de riesgos energéticos durante la instalación y mantenimiento.

4.2. ETAPA 2 — DISEÑO CONCEPTUAL Y LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

4.2.1. Revisión del laboratorio

Determinar puntos de acometida eléctrica, capacidad del circuito, disponibilidad de tierra y ubicación del tablero de prácticas.

4.2.1.1 Ubicación del tablero UPS

El tablero UPS se encuentra ubicado en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas II, localizado en el primer piso del edificio C de la Unidades Tecnológicas de Santander, en la ciudad de Bucaramanga.

La institución está situada en la dirección Calle de los Estudiantes No. 9-82, dentro de la Ciudadela Real de Minas, y cuenta con coordenadas geográficas aproximadas de:

- Latitud: 7.10523
- Longitud: -73.12346

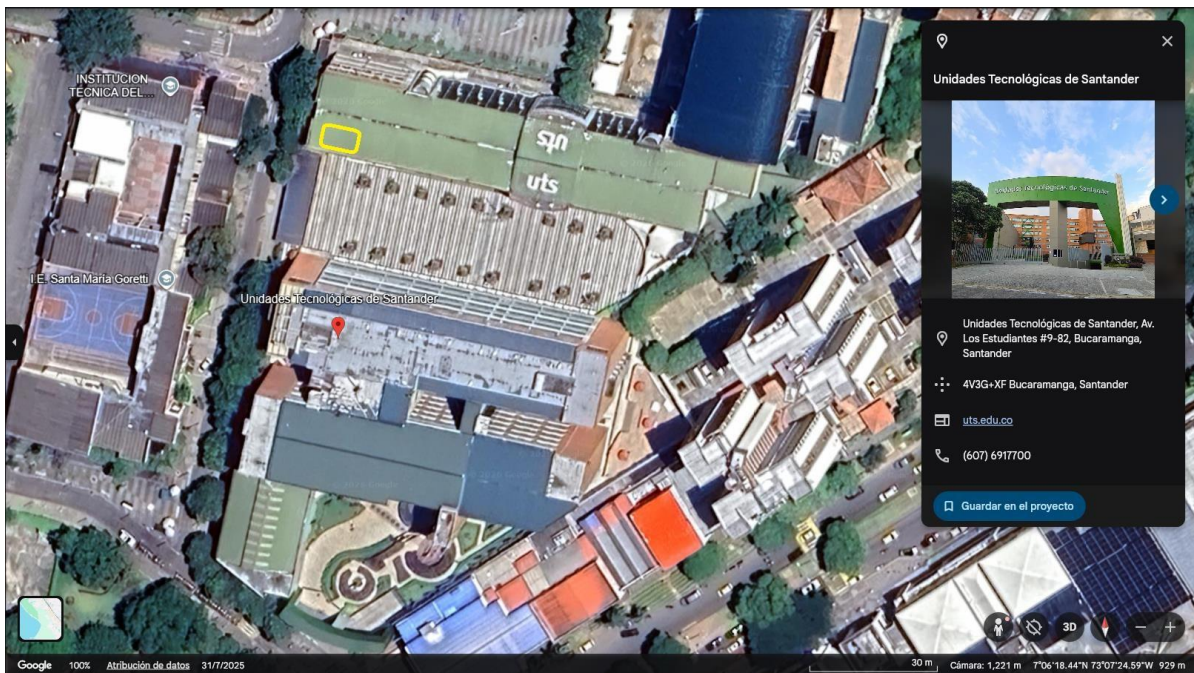


Imagen 58. Ubicación espacial del laboratorio de máquinas eléctricas II (recuadro amarillo) de las Unidades Tecnológicas de Santander (Google Earth, 2026).

Dentro del laboratorio, el tablero UPS se encuentra instalado en una zona que permite fácil acceso para operación y mantenimiento, cumpliendo con criterios de seguridad, ventilación y visibilidad. Su ubicación respecto al espacio interno del aula es la siguiente:

- Distancia respecto a pared lateral derecha (Ver imagen 61): *1,1m*.
- Distancia respecto a la entrada principal del laboratorio: *7,2m hacia la derecha*.
- Altura de instalación desde el nivel del piso: *0m*.
- Ubicación respecto a los bancos de trabajo: *último banco de trabajo de la fila*.

Esta disposición permite una adecuada supervisión del sistema y facilita la ejecución de maniobras eléctricas durante las prácticas académicas.

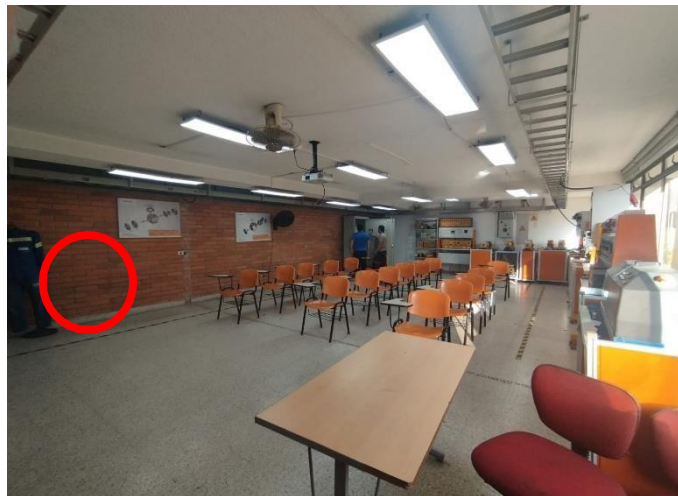


Imagen 59. Espacio predeterminado para la ubicación del tablero UPS (Autores, 2025)

De acuerdo con las especificaciones definidas por el coordinador del proyecto y considerando los análisis realizados sobre ventilación y distribución del espacio, se dispuso un área ubicada en el borde del laboratorio para la instalación de los tableros eléctricos correspondientes a los proyectos de ingeniería del semestre.

Esta ubicación permite no interferir con las zonas de trabajo, garantiza una adecuada circulación de aire para los equipos y facilita el acceso para labores de operación y mantenimiento dentro del entorno académico.

4.2.1.2 Capacidad del circuito

De acuerdo con los cálculos realizados a partir de la carga estimada de los equipos de cómputo y de los demás elementos asociados al tablero eléctrico de la UPS, se determina la instalación de un totalizador principal de 60A. Este valor se considera adecuado para el nivel de consumo previsto, garantizando un margen de seguridad apropiado y un funcionamiento eficiente y confiable de la UPS.

La alimentación principal del tablero UPS se obtiene del tablero general de motores, el cual dispone de un totalizador de 80A asignado para el uso del laboratorio. Dicha conexión se establece siguiendo las indicaciones del docente responsable del área, asegurando la compatibilidad eléctrica, la capacidad suficiente de suministro y el cumplimiento de las condiciones técnicas y normativas aplicables al sistema.

Se realiza la identificación del tablero de distribución general etiquetado como "TABLERO GENERAL MOTORES" del cual saldrá la acometida.



Imagen 60. Tablero de distribución general (tablero general motores). (Autores, 2025)



Imagen 61. Breaker de protección principal para el tablero UPS. (Autores, 2025)



Imagen 62. Selección del totalizador principal para protección del tablero UPS. (Autores, 2025)

4.2.1.3 Disponibilidad de puesta a tierra

Al realizar la verificación de la disponibilidad de conectores en la bornera de puesta a tierra del tablero principal (TDG), se constató que esta se encuentra conectada directamente a la acometida principal de la institución. Asimismo, se determinó que dispone de espacios adicionales que permiten la interconexión de nuevos tableros dentro del laboratorio, garantizando la continuidad del sistema de puesta a tierra y el cumplimiento de las condiciones de seguridad eléctrica establecidas por la normativa vigente.



Imagen 63. Disponibilidad de puesta a tierra en el tablero TDG principal. (Autores, 2025)

4.2.2. Definición del espacio físico interno del módulo

Determinar la ubicación del UPS dentro del módulo junto con el tablero eléctrico donde se instalarán todos los dispositivos eléctricos correspondientes para la alimentación de la UPS y que a su vez este alimentará las cargas.

Durante la fase de diseño e integración del sistema de alimentación ininterrumpida con los dispositivos de control y protección eléctrica del laboratorio, se realizó un análisis de distribución espacial que permitió definir las dimensiones óptimas del tablero principal.

En esta etapa se evaluaron factores como el espacio físico disponible en el área de instalación, la ubicación de la UPS, el volumen de cableado y canalización requerido, y la ergonomía necesaria para las labores de operación y mantenimiento. Asimismo, se consideraron las recomendaciones del fabricante de la UPS respecto al despeje mínimo y ventilación lateral, con el fin de asegurar un funcionamiento confiable y una disipación térmica adecuada.

Como resultado de este estudio, se estableció la necesidad de fabricar un tablero con las siguientes dimensiones internas máximas:

- Altura: 1,50m
- Ancho: 1m
- Fondo: 0,45m

Estas medidas proporcionan el espacio requerido para la correcta disposición de los componentes eléctricos, garantizando la circulación de aire, la accesibilidad a los elementos de control y la seguridad operativa durante las intervenciones técnicas.

En consecuencia, se obtiene un diseño funcional, seguro y conforme a los criterios de ingeniería eléctrica aplicables a la UPS.

4.2.2.1 Ubicación de la UPS

De acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante, se dispone en el interior del tablero un espacio de instalación con una altura libre de 59 cm desde la base, destinado a la ubicación del sistema de alimentación ininterrumpida.

Las dimensiones físicas del equipo son las siguientes:

- Largo: 63cm
- Ancho: 28cm
- Altura: 56cm

Esta disposición garantiza una instalación segura y estable, permitiendo una adecuada ventilación y accesibilidad para operaciones de mantenimiento, en concordancia con los requerimientos técnicos del fabricante y las condiciones operativas del laboratorio.

4.2.2.2 Banco de baterías

La UPS cuenta con un compartimiento interno diseñado específicamente para el

alojamiento del banco de baterías, el cual cumple con las condiciones de ventilación y disipación térmica establecidas por el fabricante. De acuerdo con dichas especificaciones, el sistema garantiza un funcionamiento seguro y estable, sin riesgo de sobrecalentamiento ni acumulación de gases durante la operación.

En consecuencia, no se requiere la asignación de un espacio adicional dentro del tablero para la instalación de las baterías, ya que la configuración interna de la UPS satisface plenamente los requerimientos de ventilación y seguridad eléctrica previstos por el diseño.

4.2.2.3 Doble fondo

Durante el proceso de diseño interno del tablero eléctrico, se llevó a cabo una evaluación de la distribución de los componentes con el fin de garantizar una organización funcional, segura y de fácil acceso para la UPS y los dispositivos asociados.

En esta etapa, se realizó un levantamiento de los elementos a instalar, entre ellos totalizadores, breakers monopolares, canaletas y dispositivos de control y protección, verificando sus dimensiones físicas y requerimientos de montaje. Paralelamente, se analizaron las medidas internas disponibles del tablero, asegurando que la disposición final de los componentes permitiera una instalación ergonómica, con espacio suficiente para canalización de conductores, maniobrabilidad durante el montaje y acceso para mantenimiento preventivo y correctivo.

Como resultado de este análisis, se determinó la necesidad de fabricar una lámina de doble fondo en acero galvanizado calibre 18, material seleccionado por su resistencia mecánica, protección anticorrosiva y estabilidad estructural frente a las condiciones de operación del sistema.

De acuerdo con los cálculos de distribución y los espacios requeridos por los equipos, se definieron las dimensiones finales de la lámina en 100 cm de altura y 83 cm de ancho, valores que permiten una instalación ordenada, accesible y conforme a los criterios técnicos y de seguridad eléctrica aplicables al tablero y a la UPS.

4.2.3. Diseño preliminar en software CAD (AutoCAD) para visualizar disposición y ubicación del tablero de UPS en el laboratorio de máquinas eléctricas II

El diseño preliminar en software CAD (AutoCAD) se desarrolló con el propósito de visualizar de manera general la disposición y ubicación del tablero UPS dentro del laboratorio de máquinas eléctricas II, tomando como base el plano arquitectónico del área. Mediante esta herramienta se representó gráficamente el entorno del laboratorio y el emplazamiento propuesto del tablero, permitiendo contextualizar su

integración con la infraestructura existente y facilitar la comprensión espacial del proyecto; dicho diseño se apoya en el plano arquitectónico del laboratorio, el cual se presenta de forma detallada en el Anexo 1.

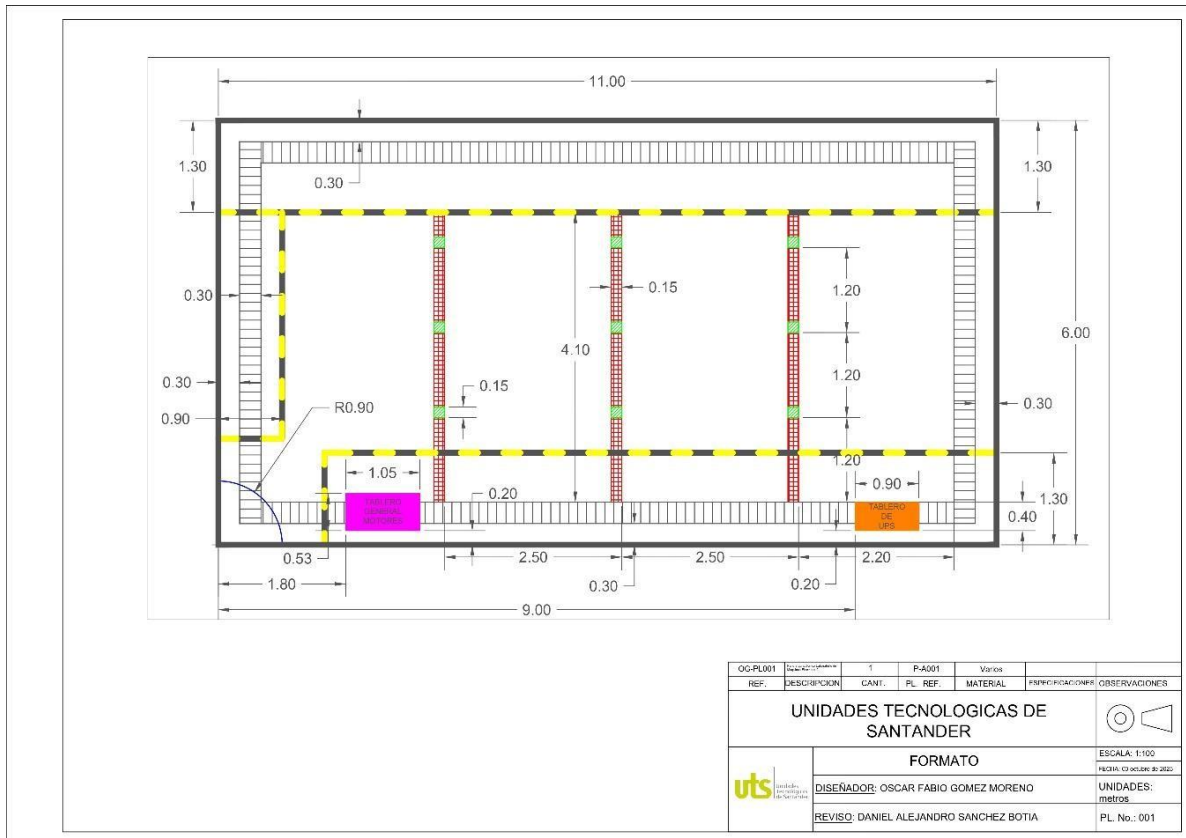


Imagen 64. Plano arquitectónico del laboratorio de máquinas eléctricas 2. (Autores, 2025)

Una vez definida la ubicación física del tablero UPS dentro del laboratorio y validada su integración con el entorno arquitectónico existente, se establecieron las bases necesarias para el desarrollo del diseño técnico del sistema. Esta definición preliminar permite avanzar hacia la estructuración eléctrica del proyecto, donde se abordan de manera detallada los criterios de alimentación, protección, distribución y conexión de los diferentes componentes que conforman el sistema de respaldo energético, garantizando su correcta operación y compatibilidad con la infraestructura eléctrica del laboratorio.

4.3. ETAPA 3 — DISEÑO ELÉCTRICO DEL SISTEMA

4.3.1. Elaboración de diagrama unifilar incluyendo alimentación principal bypass manual, salidas de circuitos de distribución y protecciones contra cortocircuito y cortes de energía.

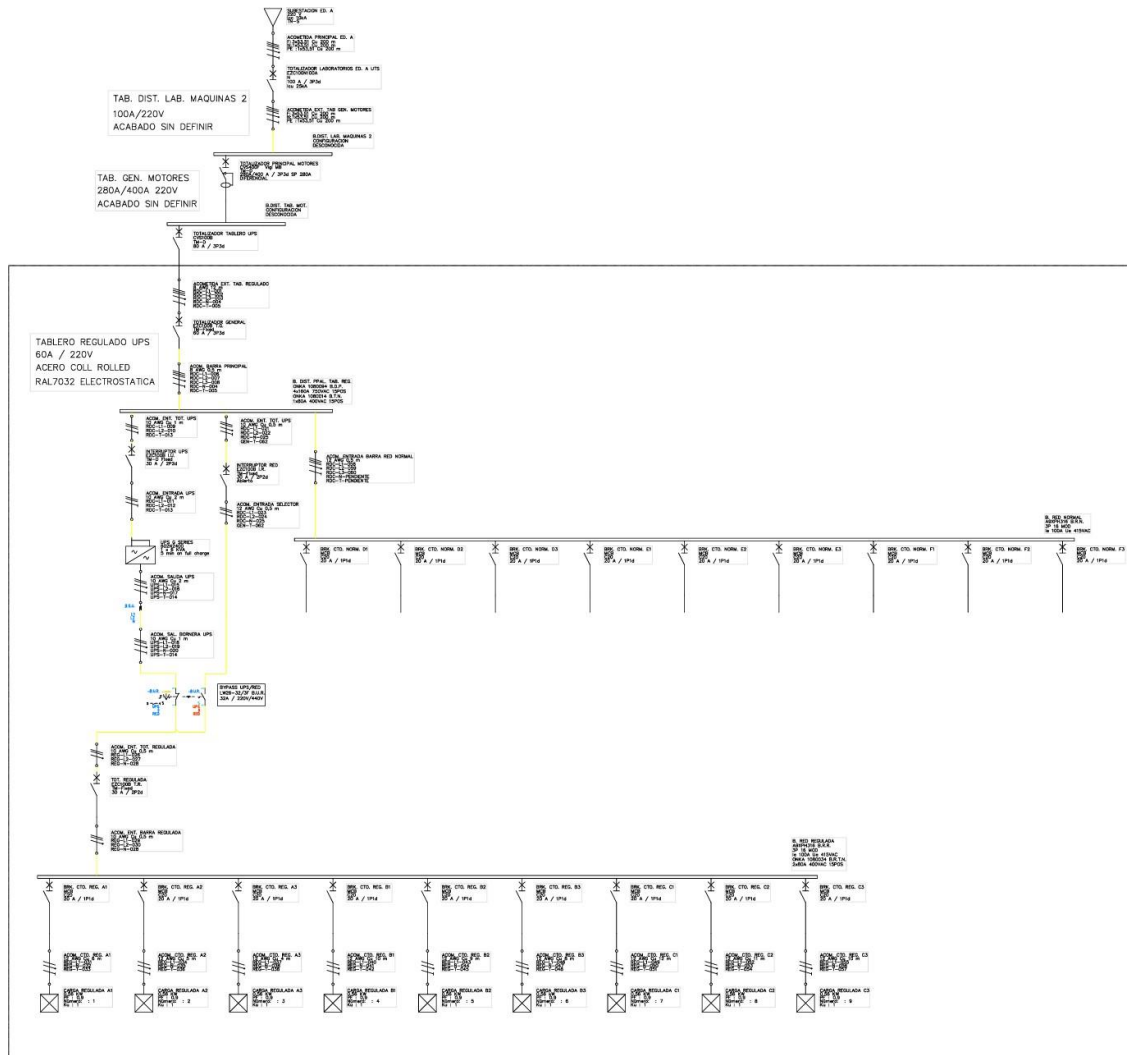


Imagen 65. Diagrama unifilar. (Autores, 2025)

El diagrama unifilar realizado, se utilizó para el análisis del sistema eléctrico que se requiere para la instalación de los puntos eléctricos donde se conectarán los computadores en el laboratorio de máquinas eléctricas II. En la primera sección se tiene el circuito eléctrico de la red eléctrica comercial; seguidamente en la segunda sección se tiene los circuitos conectados a la UPS; en cada sección se tiene conectados 9 circuitos eléctricos cada uno con protección termomagnética.

4.3.2. Cálculo de protecciones eléctricas

Los cálculos y la selección de las protecciones eléctricas se realizaron conforme a la normativa establecida en el RETIE y la NTC 2050.

De acuerdo con la nota informativa del Artículo 240.1 de la NTC 2050, la protección contra sobre corrientes debe instalarse con el propósito de proteger los conductores del circuito, permitiendo la apertura automática del mismo ante condiciones de sobrecarga o cortocircuito que puedan generar elevaciones excesivas de temperatura en el cableado.

4.3.2.1 Selección de breakers termomagnéticos

Se seleccionan los interruptores del tablero UPS teniendo en cuenta las siguientes condiciones de la carga, asumiendo que todos los equipos de cómputo consumen una potencia promedio de 140W:

$$P_{tomacorriente} = P_{cargas} \cdot \text{Cantidad de equipos}$$

$$P_{tomacorriente} = 140W \cdot 2 \text{ equipos} = 280W$$

$$I_{tomacorriente} = \frac{P_{tomacorriente}}{V} = \frac{280W}{110V} = 2,54A$$

Se seleccionan tomacorrientes de 20 A, ya que esta capacidad corresponde al valor nominal comercialmente disponible para dispositivos regulados de tipo hospitalario, cumpliendo con los requisitos técnicos establecidos para el circuito regulado implementado.

- Selección de los mini breakers de protección de cargas.

Para la selección de los mini breakers se considera la corriente nominal demandada por cada tomacorriente y la cantidad de estos asociados a cada circuito. En la red regulada se establece una distribución de dos tomacorrientes por cada mini breaker, garantizando que la capacidad de protección seleccionada sea adecuada para las condiciones de operación previstas. Con base en este criterio, se obtiene la siguiente configuración:

$$I_{minibreaker} = \frac{I_{tomacorriente} \cdot 2}{F \cdot P_{cargas}}$$

$$I_{minibreaker} = \frac{2,54A \cdot 2}{0,9} = \frac{5,09A}{0,9} = 5,64A$$

Se seleccionan interruptores monopolares de 20 A fundamentados en criterios de disponibilidad comercial, optimización de costos y compatibilidad con la capacidad nominal de los tomacorrientes. De esta manera, se asegura que el dispositivo de protección limite la corriente

a valores seguros para los elementos de la instalación, manteniendo la adecuada protección del circuito.

- Selección del interruptor de la carga regulada.

Para la selección del interruptor totalizador de la carga regulada se debe considerar la corriente demandada por cada minibreaker y la cantidad total de circuitos asociados. Dado que el tablero de carga regulada opera en configuración monofásica bifilar a 220 V y cada circuito derivado alimenta tomacorrientes monofásicos a 110 V, es posible distribuir las cargas de manera equilibrada entre las dos fases. Bajo esta condición, la corriente total demandada por el sistema se reparte entre ambas fases, permitiendo reducir a la mitad la corriente calculada por conductor para la selección del interruptor totalizador.

$$I_{Tot_reg} = \frac{I_{minibreaker} \cdot \text{Cantidad de minibreakers}}{\text{Cantidad de fases}}$$

$$I_{Tot_reg} = \frac{5,64A \cdot 9}{2} = \frac{50,76A}{2} = 25,38A$$

Se selecciona un interruptor de caja moldeada bipolar de 30 A, considerando su disponibilidad comercial y que la corriente demandada por la carga regulada es de 25,38 A. Esta selección garantiza un margen de operación adecuado sin exceder la capacidad nominal del dispositivo de protección.

- Selección del interruptor del Bypass de RED.

Se selecciona un interruptor de bypass bipolar de 32 A debido a que este corresponde al valor nominal comercial inmediatamente superior disponible en el mercado. Aunque la corriente de diseño del circuito y la capacidad del interruptor totalizador son de 30 A, la selección de un dispositivo de 32 A mantiene un nivel de protección adecuado sin afectar las condiciones de operación del sistema. Adicionalmente, dado que aguas abajo del totalizador no existen cargas adicionales que incrementen la corriente demandada, el interruptor de bypass conserva una capacidad de conducción acorde con la corriente nominal del circuito.

$$I_{Bypass} = I_{Tot_reg}$$



Imagen 66. Perilla selectora/bypass UPS/red. (electric, CNC, 2026)

- Selección del interruptor de alimentación de la UPS.

De acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante de la UPS, se selecciona un interruptor totalizador principal de 30 A. Esta capacidad es consistente con la corriente calculada para el sistema y mantiene la secuencia con el interruptor de bypass y los demás dispositivos ubicados aguas arriba, asegurando una operación segura y confiable del sistema de alimentación regulada.

$$I_{UPS} = I_{Tot_reg}$$

- Selección del interruptor de carga normal.

Se selecciona el interruptor de 30 amperios considerando que la carga del circuito normal se asume equivalente a la carga del circuito regulado. No obstante, se recomienda realizar nuevamente el estudio de coordinación de protecciones en caso de que se incorporen nuevas cargas al sistema, con el fin de verificar que los dispositivos de protección continúen operando de manera adecuada y selectiva bajo las nuevas condiciones de carga.

$$I_{Tot_normal} = I_{Tot_reg}$$

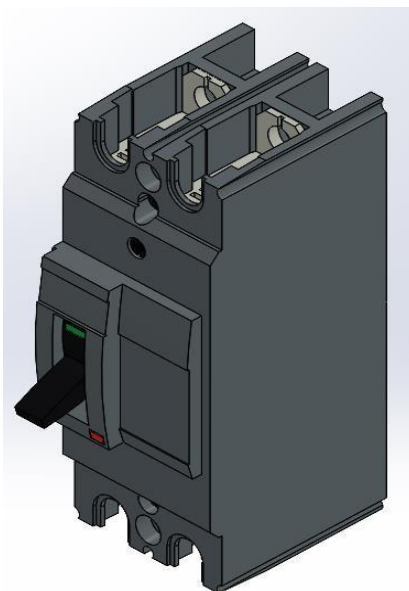


Imagen 67. Breaker termomagnético 30 A interruptor UPS, carga regulada y carga normal. (Schneider Electric, 2025)

- Selección del totalizador general.

La selección del interruptor totalizador de 60 A se realiza a partir de la suma de las corrientes demandadas por las cargas reguladas existentes y la proyección de futuras cargas asociadas al circuito normal. Este criterio permite disponer de una capacidad de reserva para ampliaciones posteriores de la instalación, manteniendo condiciones adecuadas de protección y operación del sistema eléctrico.

$$I_{Tot_general} = I_{Tot_reg} + I_{Tot_normal}$$

$$I_{Tot_general} = 25,38A + 30A = 55,38A$$

$$I_{Tot_general} \approx 60A$$

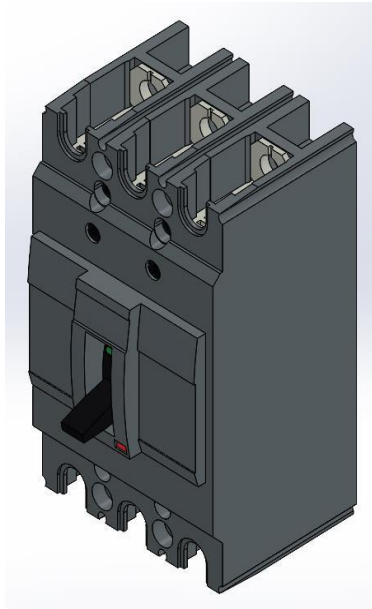


Imagen 68. Totalizador general del tablero UPS. (Schneider Electric, 2025)

4.3.2.2 Cálculo de calibres de conductores según carga y longitud

Con base en lo establecido en la NTC 2050, el dimensionamiento de los conductores eléctricos se realiza teniendo en cuenta la corriente que debe soportar cada circuito, la presencia de cargas continuas y los límites de temperatura de los materiales. A partir de estos criterios, se desarrollan los cálculos de los calibres considerando la corriente de diseño y la longitud de los conductores, con el fin de asegurar un funcionamiento seguro del sistema.

Los requisitos generales de los conductores y sus denominaciones de tipo aislamiento, rótulos, capacidad de corriente nominal, se tratan en la sección 310 del código eléctrico colombiano NTC 2050.

ARTICULO 310 — CONDUCTORES PARA ALAMBRADO EN GENERAL

Tabla 310.15(B)(16) (Antes Tabla 310.16) Capacidades de corriente (*Ampacity*) permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2 000 V y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, o cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30 °C.

Sección trans.	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]						Calibre
	60 °C		75 °C		90 °C		
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm ²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG kcmil
0,82	—	—	14	—	—	—	18**
1,31	—	—	18	—	—	—	16**
2,08	15	20	25	—	—	—	14**
3,30	20	25	30	15	20	25	12**
5,25	30	35	40	25	30	35	10**
8,36	40	50	55	35	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	55	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	115	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,2	110	130	145	85	100	115	1
53,5	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	195	230	260	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	350	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	315	375	425	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	445	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,7	455	545	615	375	445	500	1 000
633,38	495	590	665	405	485	545	1 250
760,05	525	625	705	435	520	585	1 500
886,73	545	650	735	455	545	615	1 750
1013,4	555	665	750	470	560	630	2 000

* Para los factores de corrección de la capacidad de corriente (*ampacity*) cuando la temperatura ambiente es distinta a 30 °C Ver la sección 310.15(B)(2). Consulte la sección 310.15(B)(3)(a) para más de tres conductores portadores de corriente.
** Para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor Ver sección 240.4(D).

Imagen 69. Capacidad de corriente para conductores eléctricos. (ICONTEC NTC2050, 2020)

- Compensación por factor de agrupamiento y corrección por temperatura

Los circuitos regulados, inicialmente se van a pasar por la bandeja portacables principal del laboratorio de máquinas eléctricas II y posteriormente se distribuirán en tres bandejas más.

La norma NTC 2050 dice que el ajuste por agrupamiento se aplica según la cantidad de conductores portadores de corriente instalados juntos, solo se tienen en cuenta los conductores que transportan corriente, es decir, fase y neutro.

Tabla 310.15(B)(3)(a) Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente

Cantidad de conductores ¹	Porcentaje de los valores de las Tablas 310.15(B)(16) hasta 310.15(B)(19) ajustados para la temperatura ambiente, si fuera necesario
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

¹ La cantidad de conductores es la cantidad total de conductores en la canalización o cable, incluidos los conductores de reserva. El recuento debe ser ajustado de acuerdo con lo establecido en las secciones 310.15(B)(5) y (6). El recuento no debe incluir conductores que estén conectados a componentes eléctricos, pero que no puedan ser energizados simultáneamente.

Imagen 70. Factores de ajuste por agrupamiento. (ICONTEC NTC2050, 2020)

Tabla 310.15(B)(2)(a) Factores de corrección de temperatura ambiente basada en 30 °C

Para temperaturas ambientes distintas a 30 °C, multiplique las capacidades de corriente permisibles especificadas en las tablas de capacidad de corriente (<i>ampacity</i>) por el factor de corrección apropiado mostrado a continuación.			
Temperatura ambiente (°C)	Temperatura nominal del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1,29	1,20	1,15
11-15	1,22	1,15	1,12
16-20	1,15	1,11	1,08
21-25	1,08	1,05	1,04
26-30	1,00	1,00	1,00
31-35	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76
56-60	—	0,58	0,71
61-65	—	0,47	0,65
66-70	—	0,33	0,58
71-75	—	—	0,50
76-80	—	—	0,41
81-85	—	—	0,29

Imagen 71. Factores de corrección por temperatura. (ICONTEC NTC2050, 2020)

Desde el tablero UPS se derivan nueve circuitos regulados que serán conducidos a través de la bandeja portacables principal. Cada circuito está conformado por dos conductores portadores de corriente, para un total de dieciocho conductores asociados al sistema regulado. Adicionalmente, en la misma bandeja se instalarán aproximadamente veintidós conductores de diferentes calibres correspondientes a otros circuitos de la instalación.

A partir de la bandeja portacables principal se proyectan tres bandejas

secundarias para la distribución de los circuitos regulados. Cada una de estas bandejas transportará tres circuitos monofásicos a 110 V, y cada circuito alimentará dos tomacorrientes dobles, de acuerdo con la distribución establecida para el Laboratorio de Máquinas Eléctricas II.

Según el plano arquitectónico del laboratorio, la distancia entre el tablero UPS y el tablero general de motores es de aproximadamente 7 m. El primer circuito regulado se deriva a una distancia cercana a 0,70 m desde el tablero UPS, mientras que los demás circuitos se derivan cada 2,5 m a lo largo de la bandeja principal. A medida que se realizan las derivaciones, la cantidad de conductores presentes en las bandejas secundarias disminuye progresivamente debido a la distribución de las cargas hacia los diferentes puntos de conexión.

De acuerdo con la NTC 2050, artículo 310.15(A)(2), excepción, no es necesario aplicar el factor de corrección por agrupamiento cuando los conductores agrupados se encuentran en tramos cuya longitud no supera los 3 m. Esta excepción reconoce que un segmento reducido del circuito puede estar sometido a condiciones más severas sin afectar significativamente la capacidad de conducción de corriente del conductor.

En consecuencia, para esta instalación no se aplica el factor de corrección por agrupamiento. Sin embargo, se verifica el factor de corrección por temperatura ambiente. Considerando que la temperatura de operación del Laboratorio de Máquinas Eléctricas II es de 30 °C, la Tabla 310.15(B)(2)(a) establece un factor de corrección igual a 1, por lo que la capacidad de conducción de corriente del conductor permanece inalterada.

$$I_{ajustada} = 25A \cdot 1 = 25A$$

Por lo tanto, la ampacidad del conductor de cobre calibre 12 AWG se mantiene al 100 % de su valor nominal en el tramo analizado de la bandeja portacables.

- Cálculo de regulación de tensión:

Para la instalación de los nueve circuitos regulados proyectados, se debe considerar que cada uno presenta una longitud diferente debido a la ubicación de los tomacorrientes dentro del Laboratorio de Máquinas Eléctricas II y a su distancia respecto al tablero UPS, que constituye el punto de alimentación de referencia.

De acuerdo con la distribución establecida en el diagrama unifilar, las longitudes de los circuitos son las siguientes:

Circuito regulado	Identificador	Longitud
Circuito 1	A1	9 m
Circuito 2	A2	5 m
Circuito 3	A3	8 m
Circuito 4	B1	10 m
Circuito 5	B2	9 m
Circuito 6	B3	7 m
Circuito 7	C1	12 m
Circuito 8	C2	11 m
Circuito 9	C3	10 m

Tabla 1. Identificación circuitos regulados. (Autores, 2025)

CAPACIDAD DE CORRIENTE									
Calibre	Área	Resistencia Nominal DC a 20°C	Espesor de Aislamiento	Espesor de Nylon	Diámetro Exterior Aproximado	Ampacidad (*)	Tensión Máxima de Halado	Radio mínimo de curvatura	
	mm ²	Ohm / km	mm	mm	mm	A	Kg-F	mm	
AWG	14	2,08	8,444	0,38	0,10	2,89	25	15	12
	12	3,31	5,315	0,38	0,10	3,36	30	23	14
	10	5,26	3,344	0,51	0,10	4,21	40	37	17
	8	8,37	2,102	0,76	0,13	5,53	55	59	22,12
	6	13,3	1,323	0,76	0,13	6,47	75	93	25,88
	4	21,15	0,832	1,02	0,15	8,23	95	148	32,92
	2	33,63	0,523	1,02	0,15	9,72	130	235	38,88
	1/0	53,51	0,329	1,27	0,18	12,03	170	375	48,12
	2/0	67,44	0,261	1,27	0,18	13,12	195	472	52,48
	3/0	85,03	0,207	1,27	0,18	14,35	225	595	57,4
kcmil	4/0	107,22	0,164	1,27	0,18	15,74	260	751	62,96
	250	126,68	0,139	1,52	0,20	17,86	290	887	71,44
	300	152,01	0,116	1,52	0,20	19,22	320	1064	76,88
	350	177,35	0,099	1,52	0,20	20,46	350	1241	81,84
	400	202,68	0,087	1,52	0,20	21,61	380	1419	86,44
	500	253,35	0,069	1,52	0,20	23,73	430	1773	94,92

Imagen 72. Capacidad de corriente. (Nexans, 2026)

Tomando en cuenta los datos de la tabla suministrada por el fabricante del cableado para el conductor 12 AWG:

- Área: 3,31 mm²
- Impedancia DC a 20 °C: 5,315 Ω/km
- Ampacidad: 30 A
- La resistencia del conductor se calcula como:

$$Z \approx R = 5,315 \frac{\Omega}{km} \cdot \frac{L_{Total}}{1000}$$

Para un circuito monofásico fase-neutro:

$$L_{total} = 2L$$

Por tanto:

$$Z \approx R = 5,315 \times \frac{2L}{1000} = 0,01063L$$

Teniendo en cuenta que:

$$I_{minibreaker} = 5,09A$$

$$P_{minibreaker} = 140W \cdot 4 \text{ equipos} = 560W$$

Circuito	Identificador	Longitud (m)	Longitud total (m)	Impedancia (Z=R) (Ω)
Circuito 1	A1	9	18	0,0957
Circuito 2	A2	5	10	0,0532
Circuito 3	A3	8	16	0,085
Circuito 4	B1	10	20	0,1063
Circuito 5	B2	9	18	0,0957
Circuito 6	B3	7	14	0,0744
Circuito 7	C1	12	24	0,1276
Circuito 8	C2	11	22	0,1169
Circuito 9	C3	10	20	0,1063

Tabla 2. Impedancia (resistencia) de los circuitos 12 AWG. (Autores, 2025)

Porcentaje de regulación de tensión para una carga de 560W a 110V:

$$\Delta V = I \times Z$$

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{110} \times 100$$

Circuito	Identificador	Impedancia (Ω)	Corriente (A)	ΔV (V)	ΔV (%)
Circuito 1	A1	0,0957	5,09	0,49	0,44
Circuito 2	A2	0,0532	5,09	0,27	0,25
Circuito 3	A3	0,085	5,09	0,43	0,39
Circuito 4	B1	0,1063	5,09	0,54	0,49
Circuito 5	B2	0,0957	5,09	0,49	0,44
Circuito 6	B3	0,0744	5,09	0,38	0,34
Circuito 7	C1	0,1276	5,09	0,65	0,59
Circuito 8	C2	0,1169	5,09	0,6	0,54
Circuito 9	C3	0,1063	5,09	0,54	0,49

Tabla 3. Caída de tensión para 560W a 110V. (Autores, 2025)

- Verificación respecto a NTC 2050:

La NTC 2050 recomienda una caída máxima del 3 % en circuitos derivados y 5 % para alimentador más circuito derivado.

$$\Delta V = 0,65V$$

$$\% \Delta V = 0,59\%$$

Debido a que las caídas de tensión en los circuitos regulados están dentro de los niveles recomendados, se confirma que el calibre 12 AWG es suficiente para soportar las distancias y cargas de este diseño.

- Selección conductores acometida entrada a UPS

La selección del conductor integra las directrices del fabricante con los requerimientos de la NTC 2050; bajo esta norma, es obligatorio dimensionar el conductor para soportar, como mínimo, la corriente nominal del dispositivo de protección, garantizando así la seguridad del sistema.

Por lo tanto, se debe garantizar que la protección instalada (30 A) no supere la capacidad de corriente del conductor. Considerando que la UPS de 6 kVA genera una corriente de carga de 25,38 A, se seleccionó un conductor de cobre calibre 10 AWG a 75 °C, el cual ofrece una capacidad de 35 A según la tabla 310.15(B)(3)(a). Esta elección integra la protección recomendada por el fabricante con los estándares de la NTC 2050, asegurando la integridad del circuito ante cualquier condición de operación.

- Factor por agrupamiento y corrección por temperatura

Debido a que el circuito alimentador es independiente y no comparte canalización con otros circuitos, no se requiere aplicar factor de corrección por agrupamiento. El circuito alimentador consta de dos (2) fases y conductor de protección a tierra.

El conductor de protección a tierra no se considera conductor portador de corriente en condiciones normales de operación, por lo que no se incluye dentro del conteo para la aplicación del factor de agrupamiento. En consecuencia, la ampacidad del conductor se mantiene al 100 % de su valor nominal.

El factor de corrección por temperatura según tabla 310.15 (B)(2)(a) (imagen 68), corresponde a 0,82 para un rango de temperatura ambiente entre 41°C y 45°C debido a que el circuito queda dentro del gabinete del tablero UPS y por seguridad, este gabinete debe permanecer cerrado.

$$I_{ajustada} = 35A \cdot 0,82 = 28,7A$$

- Según el cálculo anterior, la ampacidad permitida del conductor de cobre calibre 10 AWG es de 28,7A teniendo en cuenta que la corriente de la UPS es de 27,3A, por consiguiente, el conductor de cobre calibre 10 AWG es apropiado.

- Selección conductores acometida eléctrica a Tablero UPS

La corriente nominal de la UPS, junto con la corriente correspondiente a los nueve (9) interruptores automáticos termomagnéticos monopolares de 20 A alimentados con la red (ESSA), constituye la corriente total de carga del circuito alimentador del tablero. Recordar que se seleccionó una protección para el tablero UPS de 60A.

Según el art. 240.4 y 310.15 de la NTC 2050, el conductor de un alimentador debe tener una ampacidad igual o mayor a la ampacidad de la protección que lo respalda, lo cual no aplica para este caso porque no se conoce la carga que se conectará a futuro.

➤ Se tendrá en cuenta tres aspectos para la selección del conductor, el primero, no se tiene claro la carga que se conectará a futuro a los 9 mini breakers de 20A energizados con la red; segundo, se conoce que la corriente de carga del circuito regulado es de 25,45A, por consiguiente, se asumirá que la corriente de los circuitos derivados no regulados sea la misma.

$$I_{total} = I_{carga\ UPS} + I_{carga\ circuito\ normal}$$

$$I_{total} = 25,38A + 25,38A \quad I_{total} = 51A$$

De acuerdo con la tabla 310.15(B)(3)(a), se seleccionó un conductor de cobre calibre 8 AWG a 90 °C para las fases y el neutro del alimentador del tablero UPS, el cual ofrece una capacidad de corriente (ampacidad) de 55 A. Dicha elección responde a un criterio técnico-económico que optimiza los costos del proyecto sin comprometer la seguridad ni el cumplimiento normativo exigido para la infraestructura proyectada.

➤ Finalmente, el diseño contempla la posibilidad de ampliaciones futuras en el tablero. No obstante, se debe considerar que cualquier incremento en la capacidad de carga requerirá una reevaluación del estudio de coordinación de protecciones, así como el redimensionamiento obligatorio tanto del alimentador como del dispositivo de protección principal del sistema.

- Factor por agrupamiento y corrección por temperatura

- Según el plano arquitectónico del laboratorio, la distancia entre el tablero UPS y el tablero general de motores es de aproximadamente 7m.

- A lo largo de la bandeja algunas acometidas se derivan hacia otras canaletas y hacia otros equipos, esta

situación no permite que se cumpla el factor por agrupamiento según norma porque durante toda la longitud no se tiene los cuarenta (40) conductores agrupados.

➤ En conclusión, no existe un agrupamiento permanente de todos los conductores eléctricos durante el recorrido del circuito alimentador. Bajo esta situación, no se aplica el factor por agrupamiento, permitiendo la selección del conductor de cobre calibre 8 AWG conforme a su ampacidad nominal.

➤ En el laboratorio de máquinas eléctricas II, la temperatura ambiente se considera de 30°C, por consiguiente, según tabla 310.15 (B)(2)(a), el factor de corrección por temperatura es de 1. Por consiguiente, la ampacidad permitida del conductor de cobre calibre 8 AWG en la sección de la bandeja es del 100%.

➤ Regulación de tensión

El circuito alimentador desde la protección en el tablero UPS hasta la protección en el tablero general de motores tiene una longitud de 12m.

Tomando en cuenta los datos de la tabla suministrada por el fabricante del cableado para el conductor 8 AWG:

- Calibre: 8 AWG
- Resistencia nominal: 2,102 Ω /km
- Longitud física: 12 m
- Corriente: 51 A
- Tensión nominal: 230 V
- Sistema: Trifásico + neutro

La impedancia del conductor se calcula como:

$$\text{➤ } Z \approx R = 2,102 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot \frac{12}{1000} = 0,025224\Omega$$

Caída de tensión trifásica para un sistema balanceado

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I \cdot R$$

$$\Delta V = 1,732 \cdot 51 \cdot 0,025224$$

$$\Delta V = 2,23 \text{ V}$$

Porcentaje de caída de tensión

$$\text{➤ } \% \Delta V = \frac{\Delta V}{230} \times 100$$

$$\text{➤ } \% \Delta V = \frac{2,23}{230} \times 100$$

$$\text{➤ } \% \Delta V = 0,97\%$$

Resultado

Parámetro	Valor
Calibre	8 AWG
Longitud	12 m
Corriente	51 A
Resistencia del conductor	0,0252 Ω
Tensión nominal	230 V
Caída de tensión	2,23 V
Caída porcentual	0,97%

Tabla 4. Resultados de cálculos realizados. (Autores, 2025)

- Verificación respecto a NTC 2050

La ampacidad del conductor 8 AWG según la tabla es de 55 A:

$$\frac{51}{55} \times 100 = 92,7\%$$

Por tanto, el conductor trabaja al 92,7 % de su capacidad nominal, mientras que la caída de tensión obtenida es de 2,23 V (0,97 %), valor que continúa estando por debajo del 3 % recomendado por la NTC 2050 para circuitos derivados. Esto indica que el calibre 8 AWG es adecuado para alimentar una carga trifásica de 51 A a una distancia de 12 m.

- Selección conductor de puesta a tierra

Tabla 250.122. Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos

Valor nominal o ajuste de dispositivos automáticos contra sobrecorriente en circuitos antes del equipo, tubo (conduit), etc., sin exceder (A)	Sección transversal			
	Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre*	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,2	1
500	33,62	2	53,5	1/0
600	42,2	1	67,44	2/0
800	53,5	1/0	85,02	3/0
1 000	67,44	2/0	107,21	4/0
1 200	85,02	3/0	126,67	250
1 600	107,21	4/0	177,34	350
2 000	126,67	250	202,68	400
2 500	177,34	350	304,02	600
3 000	202,68	400	304,02	600
4 000	253,35	500	380,02	750
5 000	354,69	700	633,38	1 200
6 000	405,36	800	633,38	1 200

NOTA Cuando sea necesario cumplir con la sección 250.4(A)(5) o (B)(4), el conductor de puesta a tierra del equipo debe ser dimensionado con un calibre mayor que el dado en esta Tabla.

* Véanse las restricciones de instalación en la sección 250.120

Imagen 73. Selección conductor de puesta a tierra. (ICONTEC NTC2050, 2020)

El conductor de puesta a tierra del circuito alimentador para la UPS se selecciona según la tabla 250.122, de la NTC 2050, figura anterior, la cual establece que su calibre debe determinarse en función de la corriente nominal del dispositivo de protección del circuito.

Según la tabla, no se tiene un conductor para 30A y se decide tomar para este diseño el conductor de cobre calibre 10 AWG, el cual cumple con la corriente de carga del equipo y con lo recomendado por el fabricante.

El conductor de puesta a tierra del circuito alimentador para el tablero UPS se selecciona según la tabla 250.122 de la NTC 2050, el cual corresponde a un conductor de cobre calibre 10 AWG, pero para este diseño y por la disposición del producto en el mercado, se selecciona el conductor de cobre calibre 8 AWG y también porque se seleccionó el mismo calibre de conductor para las fases y neutro.

4.3.3. Estudio de Coordinación de protecciones

El estudio de coordinación de protecciones eléctricas tiene como finalidad garantizar la seguridad, confiabilidad y continuidad operativa del sistema eléctrico, mediante la adecuada selección y coordinación de los dispositivos de protección ante condiciones de sobrecarga, cortocircuito o falla a tierra.

El objetivo de la coordinación de protecciones es buscar que las protecciones

actúen de forma selectiva, permitiendo que opere únicamente el dispositivo más cercano al punto de falla, evitando desconexiones innecesarias del resto de la instalación. Asimismo, protege a las personas, conductores y equipos eléctricos frente a riesgos de electrocución, incendios, fallas eléctricas y daños en los sistemas.

Para el laboratorio de máquinas eléctricas II de las Unidades Tecnológicas de Santander, las protecciones instaladas en el tablero UPS junto con los conductores eléctricos fueron previamente calculadas y seleccionadas conforme a las características de carga y condiciones de operación del sistema. Los conductores, canalizaciones, tableros y tomacorrientes cuentan con medidas de protección y conexión al sistema de puesta a tierra, garantizando condiciones adecuadas de seguridad para los equipos, estudiantes y personal del laboratorio.

En el presente proyecto se establece una coordinación entre las protecciones de los circuitos derivados, la UPS y el interruptor principal del tablero, mediante una adecuada jerarquización de corrientes nominales y capacidades de protección, garantizando continuidad de servicio y seguridad en la instalación eléctrica.

4.3.3.1 Descripción del sistema

El sistema eléctrico del laboratorio de máquinas eléctricas II, está conformado por el tablero principal de motores alimentado desde la red comercial (ESSA), del cual se deriva un Tablero UPS destinado principalmente a la alimentación de cargas reguladas y también a futuras cargas no reguladas. El tablero UPS cuenta con:

- Una protección principal de 60A tripolar
- Una UPS de 6 kVA bipolar
- Un breaker bipolar termomagnético UPS de 30A
- Un breaker bipolar termomagnético regulado de 30A
- Un breaker bipolar termomagnético RED de 30A
- 9 mini breakers termomagnéticos monopolares de 20A cada uno para los circuitos regulados, (tomacorrientes naranjas)
- 9 mini breakers termomagnéticos monopolares de 20A cada uno para los circuitos no regulados, (cargas futuras)

La selección y coordinación de las protecciones se efectuó conforme a los criterios establecidos en la NTC 2050, garantizando una adecuada selectividad entre los dispositivos de protección y permitiendo que ante una condición de falla opere únicamente la protección más cercana al circuito afectado.

4.3.3.2 Jerarquía de protecciones

La coordinación de protecciones del sistema se realizó mediante una jerarquización escalonada de los dispositivos de protección eléctrica, considerando las corrientes nominales de carga y la capacidad de conducción de corriente (ampacidad) de los conductores eléctricos.

- El proyecto de diseño tiene como finalidad proteger las cargas conectadas a los circuitos derivados regulados correspondientes a los tomacorrientes regulados (tomacorrientes naranjas). En la jerarquía de protecciones, los mini breakers monopolares de 20A constituyen el primer nivel de protección y serán los primeros dispositivos en operar ante una condición de sobrecorriente o cortocircuito en cualquiera de los circuitos derivados regulados. Este mismo criterio aplica para los circuitos destinados a futuras cargas alimentadas desde la red comercial (ESSA).

Seguidamente, el sistema cuenta con un interruptor automático termomagnético bipolar de 30A, encargado de proteger el conjunto de mini breakers correspondientes a los circuitos regulados y mantener la coordinación con los dispositivos derivados.

Adicionalmente, se contempló como criterio de diseño una posible condición de falla o indisponibilidad de la UPS. Por tal motivo, se instalará una protección termomagnética bipolar de 30A alimentada desde la red comercial (ESSA), permitiendo mantener energizados los circuitos regulados en caso de que la UPS se encuentre fuera de servicio.

La UPS de 6 kVA dispone igualmente de un interruptor automático termomagnético bipolar de 30A, seleccionado conforme a la recomendación del fabricante, el cual actuará ante eventos eléctricos que puedan comprometer la operación o integridad del equipo.

El tablero UPS contará con un interruptor automático termomagnético tripolar de 60A, encargado de proteger el circuito alimentador general del tablero frente a condiciones de sobrecorriente y cortocircuito. La selección de esta protección se realizó considerando la capacidad de corriente del alimentador, las cargas proyectadas y la coordinación con las protecciones instaladas en los circuitos derivados y en la UPS, garantizando una adecuada selectividad y continuidad operativa del sistema eléctrico.

Finalmente, las protecciones eléctricas fueron seleccionadas conforme a los cálculos previamente realizados para la selección de cada uno de los dispositivos eléctricos, la determinación de la ampacidad de los conductores eléctricos y las características de operación de las cargas que se conectarán a la UPS y futuras cargas que se quieran instalar y

que apliquen solo para las practicas educativas dentro del laboratorio de máquinas eléctricas II.

Esta disposición garantiza una adecuada selectividad entre las protecciones, permitiendo que, ante una condición de falla, opere inicialmente el dispositivo más cercano al circuito afectado, evitando desconexiones innecesarias del resto de la instalación eléctrica dentro del tablero UPS.

4.3.3.3 Tabla de protecciones

Circuito / Equipo	Tipo de carga	Corriente de carga	Protección seleccionada	Conductores asociados	Función de la protección
Circuitos derivados regulados	Tomacorrientes regulados	2,54 A x 2 Tomacorrientes	MCB monopolar 20 A	12 AWG Cu THHN	Protección contra sobre corrientes y cortocircuito
Circuitos futuros alimentados con red	Cargas futuras	Variable	MCB monopolar 20 A	12 AWG Cu THHN	Protección de circuitos derivados
Salida UPS hacia circuitos regulados	Alimentación regulada	25,38 A	Breaker bipolar 30 A caja moldeada	10 AWG Cu THHN	Protección de salida UPS
Alimentación desde red comercial (Bypass)	Respaldo circuitos regulados	25,38 A	Breaker bipolar 30 A caja moldeada	10 AWG Cu THHN	Continuidad operativa del sistema
UPS 6 kVA	Equipo UPS	25,38 A	Breaker bipolar 30 A caja moldeada	10 AWG Cu THHN	Protección eléctrica de la UPS
Alimentador principal tablero UPS	Alimentador general	51 A	Breaker tripolar 60 A caja moldeada	8 AWG Cu THHN	Protección principal del tablero

Tabla 5. Tabla de coordinación de protecciones

4.3.4. Cálculo de bandeja portacables para circuitos de distribución regulados

- Determinación del área útil de la canaleta portacables.

Para el dimensionamiento de la canaleta, se parte de las dimensiones físicas disponibles, con el fin de determinar el área efectiva para la disposición de los conductores eléctricos, considerando criterios de ocupación y holgura.

Para el sistema de distribución de tomacorrientes, se emplea una bandeja portacables tipo malla (rejilla), con las siguientes dimensiones:

- Ancho 150mm.
- Alto 54mm.

A partir de estas dimensiones, se calcula el área total de la sección transversal de la bandeja:

$$A_{total} = 150 \text{ mm} \times 54 \text{ mm} = 8100 \text{ mm}^2$$

Posteriormente, se aplica un factor de ocupación del 50%, con el fin de garantizar condiciones adecuadas de ventilación, disipación térmica y facilidad de mantenimiento:

$$A_{\text{útil}} = \frac{8100 \text{ mm}^2}{2} = 4050 \text{ mm}^2$$

Finalmente, se considera un margen de holgura del 10% dentro del área útil, con el propósito de permitir futuras ampliaciones y evitar la saturación del sistema:

$$A_{disponible} = 4050 \text{ mm}^2 - 405 \text{ mm}^2 = 3645 \text{ mm}^2$$

Este valor corresponde al área efectiva disponible para la instalación de los conductores eléctricos asociados a los tomacorrientes, asegurando una operación segura y conforme a buenas prácticas de diseño eléctrico.

- Determinación del porcentaje de ocupación en bandejas portacables de distribución

Según la imagen de capacidad de corriente tomada del fabricante Nexans, para cada bandeja portacables de distribución se dispone el paso de 9 conductores calibre 12 AWG, cada uno con un área aproximada de 3,31 mm².

El área total ocupada por los conductores se calcula como:

$$A_{cable} = 3.31 \text{ mm}^2$$

$$N = 9$$

$$A_{ocupada} = 3.31 \text{ mm}^2 \times 9 = 29.79 \text{ mm}^2$$

$$A_{disponible} = 3645 \text{ mm}^2$$

Por otra parte, el área disponible de la bandeja, previamente calculada, es de 3645mm². Con estos valores, se determina el porcentaje de ocupación mediante la siguiente expresión:

$$\%_{ocupación} = \left(\frac{A_{ocupada}}{A_{disponible}} \right) \times 100$$

$$\%ocupación = \left(\frac{29,79 \text{ mm}^2}{3645 \text{ mm}^2} \right) \times 100 = 0,82 \%$$

Este resultado indica que la bandeja portacables opera con un nivel de ocupación considerablemente bajo, lo que garantiza amplias condiciones de ventilación, facilita el mantenimiento y permite futuras ampliaciones sin requerir modificaciones en la canalización existente.

- Factores de corrección por temperatura y agrupamiento

Temperatura Ambiente °C	Temperatura del conductor		
	60 °C TW	75 °C THW	90 °C XLP
21-25	1,08	1,05	1,04
26-30	1	1	1
31-35	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76
56-60	-	0,58	0,71
61-70	-	0,33	0,58
71-80	-	-	0,41

Imagen 74. Factor de corrección por temperatura (ESSA, 2026)

Número de conductores	Porcentaje de los valores de tabla
4 a 6	80
7 a 9	70
10 a 20	50
21 a 30	45
31 a 40	40
> 41	35

Imagen 75. Factor de corrección por agrupamiento (ESSA, 2026)

Teniendo en cuenta las condiciones reales de instalación en las bandejas portacables, se evaluaron los factores de corrección por temperatura y agrupamiento, considerando como punto más crítico la entrada de la bandeja, donde se concentran los conductores portadores de corriente.

Número de conductores activos:

$$N = 3 \text{ circuitos} \times 2 \text{ conductores} = 6$$

Factor de corrección por agrupamiento:

$$F_{agrupamiento} = 0.80$$

Factor de corrección por temperatura:

$$F_{temperatura} = 1.0$$

- Factor de corrección total:

$$F_{total} = F_{agrupamiento} \times F_{temperatura} = 0.80 \times 1.0 = 0.80$$

- Ampacidad nominal del conductor (12 AWG):

$$I_{nominal} = 20 A$$

- Ampacidad corregida:

$$I_{corregida} = I_{nominal} \times F_{total}$$

$$I_{corregida} = 20 A \times 0,80 = 16 A$$

- Corriente de carga por circuito:

$$I_{carga} = 5,7 A$$

- Verificación:

$$I_{corregida} > I_{carga}$$

$$16 A > 5,7 A$$

De acuerdo con estos resultados, se verifica que el conductor de cobre calibre 12 AWG, cumple adecuadamente con las condiciones de operación del sistema, incluso bajo factores de corrección. La instalación presenta un margen de seguridad suficiente, sin riesgo de sobrecarga térmica, y con condiciones favorables para la disipación de calor debido al bajo nivel de ocupación de las bandejas.

4.4. ETAPA 4 — DISEÑO MECÁNICO Y DE CONTROL DEL TABLERO DE PRACTICAS

En el marco del diseño del tablero de prácticas de laboratorio, inicialmente se pensó realizar un tablero que permita realizar las pruebas de laboratorio de manera segura, que los estudiantes puedan intervenir este tablero y demostrar el funcionamiento de la UPS ante fallos de energía en la red principal.

Bajo esta premisa, el diseño no solo contempló la funcionalidad básica de transferencia, sino que se extendió para integrar otras protecciones eléctricas y prever futuras mejoras, abordando detalladamente en las siguientes secciones el plano de distribución de componentes, la selección del gabinete (material, ventilación, IP y dimensiones), la integración del sistema de control, y la correcta definición de selectores, alarmas y señalización de seguridad bajo la normativa vigente y los estándares del laboratorio.

4.4.1. Plano de distribución de componentes (Frontal).

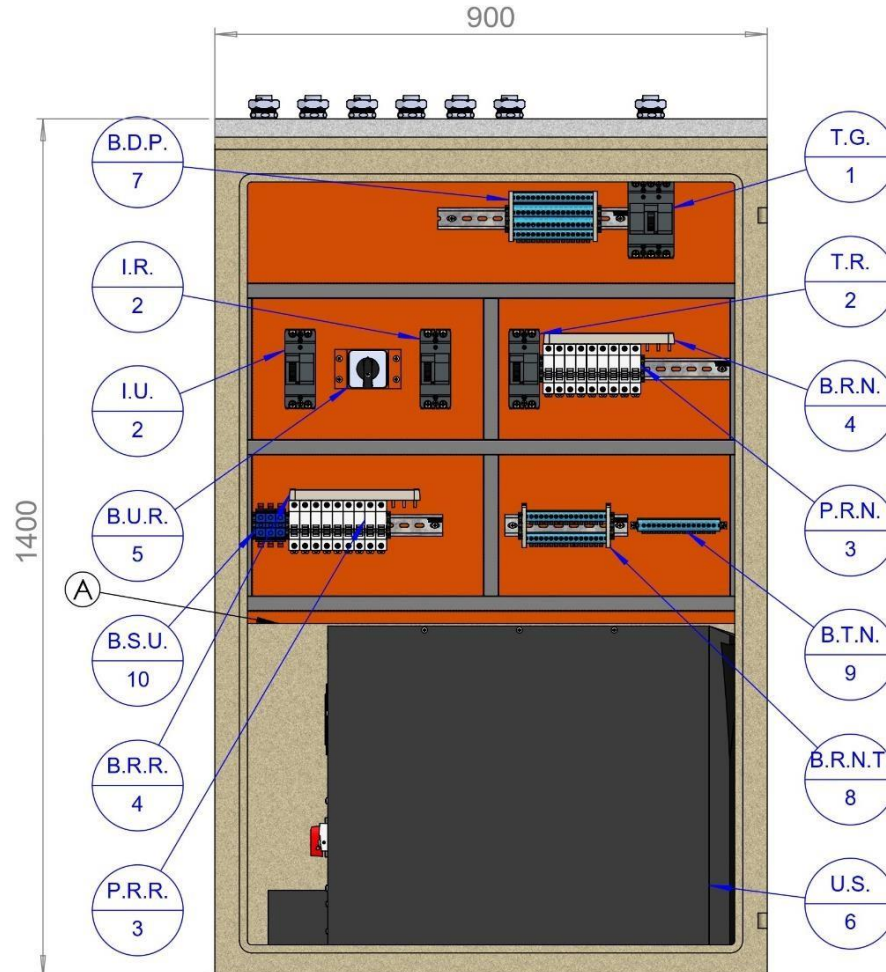


Imagen 76. Vista frontal tablero regulado UPS.

N.º DE ITEM	N.º DE PIEZA	ETIQUETA	REF.
1	EZC100B3015	TOTALIZADOR GENERAL	T.G.
2	EZC100H2015	INTERRUPTOR UPS	I.U.
2	EZC100H2015	INTERRUPTOR RED	I.R.
2	EZC100H2015	TOTALIZADOR REGULADA	T.R.
3	EZ9F56120	PROTECCIONES RED NORMAL	P.R.N.
3	EZ9F56120	PROTECCIONES RED REGULADA	P.R.R.
4	A9XPH324	BARRAJE RED NORMAL	B.R.N.

4	A9XPH324	BARRAJE RED REGULADA	B.R.R.
5	SZW26-LW26-202.2	BYPASS UPS/RED	B.U.R.
6	602N2400	U.P.S./S.A.I.	U.S.
7	ONKA1080094	BARRAJE DISTRIBUCION PRINCIPAL	B.D.P.
8	ONKA1080034	BARRAJE REGULADO NEUTRO Y TIERRA	B.R.N.T
9	ONKA1080014	BARRAJE TIERRAS NORMALES	B.T.N.
10	ONKA1010035	BORNERA SALIDA UPS	B.S.U.

Tabla 6. Lista de etiquetas tablero regulado UPS.

4.4.2. Integración de sistemas de control

4.4.2.1 Indicadores y alarmas.

Incluir un texto indicativo que hable sobre los indicadores y las alarmas que tiene la UPS, mostrar imagen representativa y mencionar como es su operación



Imagen 77. Indicadores LED del panel frontal de la UPS (Autores, 2025)

- Indicador Bypass

Indica que la carga está siendo alimentada directamente por la red eléctrica comercial a través del circuito de bypass. En este modo, el UPS no está suministrando energía desde el inversor, aunque la carga

continúa energizada.

Estado encendido:

- El UPS está operando en modo bypass.
- La carga recibe energía directamente de la red.

Estado apagado:

- La UPS está operando con normalidad.

- Indicador I/P (Input)

Indica la presencia de tensión en la entrada del UPS.

Estado encendido:

- Existe alimentación eléctrica proveniente de la red comercial.
- El UPS está recibiendo energía de entrada.

Estado apagado:

- No hay tensión de entrada.
- Puede existir una falla de red o una desconexión del suministro.

- Indicador AC/DC

Indica que el rectificador AC/DC del UPS se encuentra funcionando correctamente.

Estado encendido:

- El UPS está convirtiendo la corriente alterna de entrada (AC) en corriente continua (DC).
- El banco de baterías puede estar siendo cargado.

- Indicador BATTERY

Indica que el UPS está operando mediante las baterías internas.

Estado encendido o intermitente:

- Existe una falla o ausencia de la red eléctrica.
- El UPS está suministrando energía desde las baterías.

Estado apagado:

- El sistema está operando normalmente con energía de la red.

- Indicador DC/AC (INVERTER)

Indica que el inversor se encuentra en funcionamiento.

Estado encendido:

- El UPS está convirtiendo la energía DC en AC.
- La carga está siendo alimentada mediante el inversor.

Este es uno de los indicadores más importantes en un UPS Online, ya que confirma que el equipo está entregando energía regulada y estabilizada.

- Indicador O/P (Output)

Indica la presencia de tensión en la salida del UPS.

Estado encendido:

- El UPS está suministrando energía a los circuitos conectados.
- Existe voltaje disponible en la bornera de salida.

Estado apagado:

- No existe tensión de salida.
- El UPS puede estar apagado o presentar alguna condición de falla.

4.4.2.2 Selección señalización de seguridad (según RETIE y normas de laboratorio).

- Advertencia de riesgo eléctrico

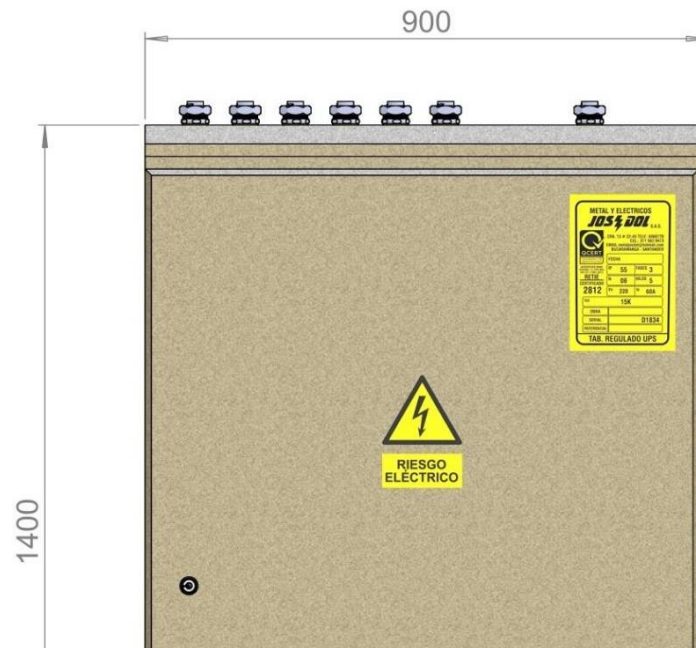


Imagen 78. Señalización vista frontal tablero de UPS, diseño CAD. (Autores, 2025)

Como parte de las medidas de seguridad implementadas en el proyecto, se seleccionó e instaló señalización de advertencia de riesgo eléctrico en el tablero del sistema UPS, con el fin de alertar a estudiantes, docentes y personal técnico sobre la presencia de partes energizadas y los peligros asociados a la manipulación de equipos eléctricos. La selección de esta señalización se realizó considerando los lineamientos establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), así como las buenas prácticas de seguridad aplicables a laboratorios académicos, contribuyendo a la prevención de accidentes eléctricos y al fortalecimiento de las condiciones de seguridad dentro del Laboratorio de máquinas eléctricas II.

- **Señalización de precaución asociada a la verificación del torque de las conexiones eléctricas**

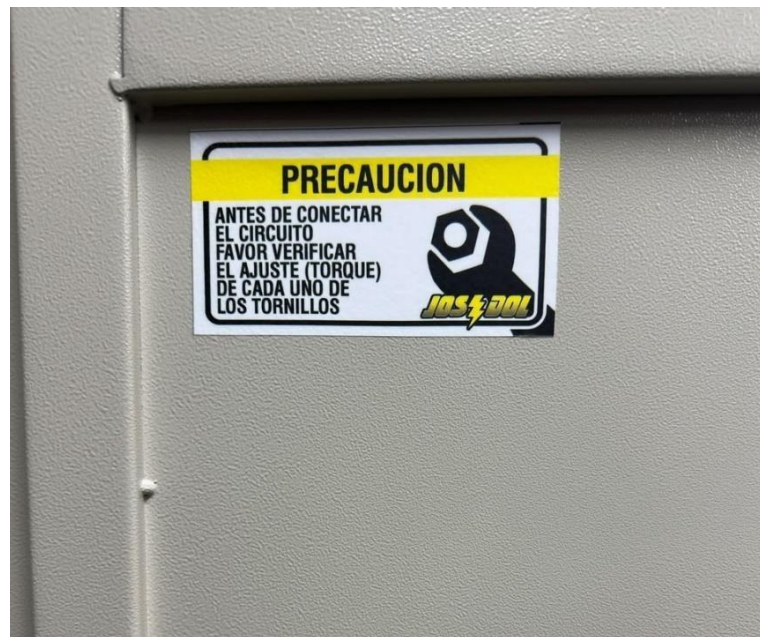


Imagen 79. Fotografía Señalización vista posterior de la puerta del tablero de UPS. (Autores, 2025)

Como parte de las medidas de seguridad implementadas en el tablero UPS, se instaló señalización preventiva orientada a recordar la verificación del torque de las conexiones eléctricas antes de la puesta en servicio del sistema. Esta señalización tiene como finalidad reducir el riesgo de puntos calientes, falsos contactos, sobrecalentamientos y fallas asociadas a conexiones deficientemente ajustadas.

La selección de esta advertencia se realizó considerando los lineamientos de seguridad establecidos en el RETIE, los cuales promueven la identificación de riesgos eléctricos y la adopción de prácticas seguras durante la operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas. Adicionalmente, la señalización contribuye al cumplimiento de las normas internas de seguridad del laboratorio, fomentando procedimientos adecuados de inspección antes de energizar el sistema.

4.5. ETAPA 5 — ADECUACIONES DE INFRAESTRUCTURA EN EL LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS 2

4.5.1. Adecuaciones eléctricas

4.5.1.1 Instalación de un circuito dedicado para el módulo (alimentación 220V).

De acuerdo con los cálculos y resultados obtenidos en la etapa 3 del desarrollo del trabajo de grado, se determina que la corriente total prevista, correspondiente a las cargas alimentadas por la UPS junto con las posibles cargas adicionales asociadas a los nueve (9) circuitos normales, no debe superar los 50A. por tanto,

se instala como protección principal del tablero UPS un totalizador de 60A, teniendo en cuenta los factores de seguridad mencionados anteriormente.

Este valor se establece en función de los elementos eléctricos empleados en el diseño del tablero UPS, especialmente del cableado de alimentación y los dispositivos de protección, garantizando así un margen de operación seguro, una adecuada capacidad de conducción de corriente y la conformidad con los criterios técnicos y normativos aplicables al sistema.

La acometida principal del tablero UPS se deriva del tablero general de motores, desde el cual, se realiza la conexión a través del totalizador de 80A mencionado en la etapa 2 de este apartado. Esta configuración permite una alimentación directa, confiable y protegida, asegurando la correcta distribución de energía hacia la UPS y manteniendo la coherencia eléctrica con el diseño general del laboratorio.



Imagen 80. Totalizador UPS TVS100B ubicado en "Tablero general motores" (Schneider Electric, 2025)



Imagen 81. Totalizador general del tablero UPS. (Autores, 2025)

4.5.1.2 Instalación de nueve (9) circuitos de distribución con tensión regulada para los puntos de conexión de equipos de cómputo (alimentación 120V).

Durante la instalación de la UPS, se dispusieron dieciocho (18) tomacorrientes dobles color naranja, los cuales, se alimentan a través de nueve (9) circuitos derivados, diseñados para alimentar dos tomacorrientes dobles por circuito.

Cada circuito regulado se encuentra identificado con etiquetas impresas con la nomenclatura A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2 y C3, distribuidos de manera ordenada desde la parte frontal del laboratorio hacia la parte posterior. Esta organización facilita la gestión, mantenimiento y verificación eléctrica del sistema, asegurando una distribución equilibrada de la carga y una trazabilidad adecuada durante las labores de inspección o servicio.

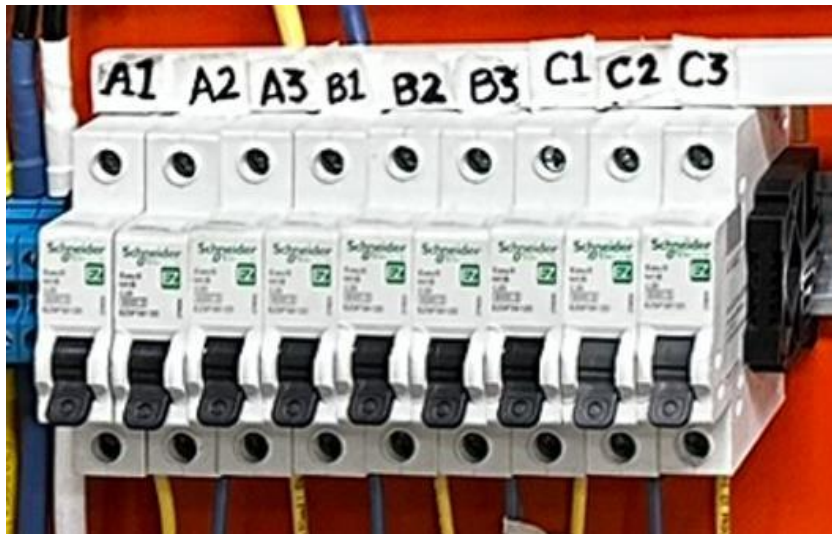


Imagen 82. Mini breakers circuito regulado. (Autores, 2025)

4.5.1.3 Adecuaciones físicas:

- Perforaciones de soporte para bandeja y canalización.



Imagen 83. Cortado de varilla roscada para soportes de la bandeja tipo malla. (Autores, 2025)



Imagen 84. Instalación de anclajes de expansión para varilla roscada. (Autores, 2025)

Se realizan perforaciones en la superficie inferior de la placa, con la profundidad necesaria para la instalación de chazos metálicos de anclaje multiusos de 3/8", los cuales quedan embebidos internamente sin atravesar completamente la estructura. En dichos anclajes se fijan varillas roscadas del mismo diámetro, destinadas a sostener las mallas pasacables.

Para cada malla pasacables se ejecutan ocho (8) perforaciones, correspondientes a cuatro (4) puntos de soporte por estructura. En total, se realizan veinticuatro (24) perforaciones para la instalación de las tres (3) estructuras.

Cada punto de anclaje incorpora una varilla roscada de 3/8" con una longitud de 70 cm, asegurada mediante doble arandela y tuerca, lo que garantiza una fijación estable, resistente y segura de las mallas a la estructura de soporte.

Las perforaciones se efectúan empleando un taladro percutor con broca para concreto de 3/8", herramienta que permite lograr una precisión adecuada y evita daños en la superficie estructural durante el proceso de instalación.

4.5.1.4 Canalizaciones, bandejas o ductos para cableado seguro.



Imagen 85. Instalación de soportes peldaño dentado para bandeja porta cables tipo malla. (Autores, 2025)



Imagen 86. Instalación de bandeja porta cables tipo malla. (Autores, 2025)

Se instalan tres (3) bandejas tipo malla cablofil con una longitud total de 4,1 m cada una. Para su conformación, se emplean bandejas modulares de 3 m, complementadas con secciones cortadas y ajustadas para alcanzar la medida requerida.

Las bandejas se soportan sobre las varillas roscadas previamente instaladas, utilizando soportes tipo omega de suspensión click (SSMC) en cada par de varillas, y cuelgas tipo CWM en otro conjunto de soportes, con el propósito de demostrar la aplicación de diferentes sistemas de anclaje.

La unión entre tramos de bandeja se realiza mediante platinas de unión a presión (PUMMPR), las cuales garantizan una sujeción firme, segura y alineada entre las secciones, cumpliendo con los requerimientos mecánicos y de estabilidad estructural del sistema de canalización.

4.6. ETAPA 6 — CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE

4.6.1. Fabricación del tablero

4.6.1.1 *Fabricación del gabinete envolvente a medida.*

El tablero eléctrico se fabrica conforme a las dimensiones y requerimientos espaciales establecidos para la instalación de la UPS y de los dispositivos de control internos asociados mencionados anteriormente. Las medidas internas del tablero se definen de la siguiente manera:

- Altura: 1,40 m
- Ancho: 0,89 m
- Fondo: 0,375 m

Con base en estos valores, se determina que el área correspondiente a la superficie posterior del tablero es:

$$A = 1,24 \text{ m}^2$$

Dichas dimensiones garantizan una adecuada distribución interna de los componentes, facilitando las labores de conexión, mantenimiento y ventilación, en cumplimiento con los criterios técnicos de seguridad y funcionalidad del sistema.



Imagen 87. Presentación de disposición interna de envolvente en fabricación. (Autores, 2025)

4.6.1.2 Montaje de los componentes eléctricos en el gabinete.

Para la lámina de doble fondo del tablero se consideran las dimensiones base de los elementos eléctricos que serán instalados sobre ella, tales como totalizadores, disyuntores monoplares, canaletas y demás dispositivos de control y protección.

Asimismo, se toman en cuenta las medidas internas del tablero, con el fin de garantizar una adecuada disposición de los componentes, permitiendo una manipulación segura y facilitando las labores de mantenimiento preventivo y correctivo.

Con base en estos criterios, la lámina se fabrica en acero galvanizado calibre 18, material que ofrece resistencia mecánica adecuada, protección contra la corrosión y estabilidad estructural frente a las condiciones de operación del sistema.

Las dimensiones finales establecidas son 100 cm de altura y 83 cm de ancho, valores que aseguran una instalación ordenada, accesible y conforme a los requerimientos técnicos del tablero UPS.



Imagen 88. Presentación de lámina doble fondo inicial para tablero UPS. (Autores, 2025)

Durante el proceso de instalación de la lámina de doble fondo, se verificó un ajuste preciso con las dimensiones internas del tablero. Sin embargo, al proceder con la ubicación de la UPS, se evidenció que, debido a la reducción en la profundidad útil del compartimiento, el equipo quedaba superpuesto sobre la lámina, impidiendo su correcta ubicación en el banco destinado para tal fin.

Ante esta condición, fue necesario modificar la altura de la lámina de doble fondo, reduciéndola de 1 m a 77 cm, con el fin de permitir el ingreso adecuado de la UPS y garantizar su instalación segura y estable dentro del tablero.

Esta adecuación asegura el cumplimiento de las dimensiones operativas requeridas, sin comprometer la resistencia estructural ni la disposición funcional del sistema.



Imagen 89. Presentación de elementos y conexión de dispositivos eléctricos. (Autores, 2025)

4.6.1.3 Conexión interno según planos aprobados.

De acuerdo con la disposición inicial del espacio destinada a la instalación de los elementos de protección y control, se realiza el conexionado interno del tablero mediante el uso de canaletas ranuradas, las cuales permiten una adecuada organización y ventilación del cableado, contribuyendo así a la disipación térmica y evitando la elevación de temperatura en el interior del sistema.

Para la interconexión de los conductores con los dispositivos eléctricos, se emplean terminales tipo canutillo y de argolla, seleccionados según la sección del conductor correspondiente, garantizando una conexión rígida, segura y confiable, en cumplimiento con los requerimientos técnicos y normativos aplicables al sistema de alimentación ininterrumpida.



Imagen 90. Disposición final interna del tablero de UPS y previa instalación del UPS. (Autores, 2025)

4.6.1.4 Pruebas de continuidad y revisión de polaridad.

Concluido el conexionado interno del tablero, se procedió a la ejecución de las pruebas de continuidad eléctrica en todos los circuitos, con el objetivo de verificar la correcta interconexión entre conductores, dispositivos de protección y elementos de control.

Dichas pruebas permiten confirmar la ausencia de interrupciones, falsos contactos o uniones defectuosas que puedan afectar el desempeño del sistema.

De igual manera, se llevó a cabo la verificación de polaridad en los puntos de conexión, asegurando la identificación adecuada de las fases, el neutro y el conductor de puesta a tierra, conforme a los códigos de color y criterios de seguridad eléctrica establecidos en las normas NTC 2050.

Los resultados obtenidos evidencian el cumplimiento de los parámetros de continuidad, polaridad y aislamiento eléctrico requeridos, lo que garantiza un funcionamiento seguro, confiable y acorde con las especificaciones técnicas del tablero UPS y de la UPS.



Imagen 91. Verificación de polaridad con secuenciómetro de fases en tablero de motores. (Autores, 2025)

4.6.2. Integración con la infraestructura del laboratorio

4.6.2.1 Conexión al circuito de alimentación

La alimentación eléctrica del tablero UPS se deriva del totalizador principal del tablero de motores, mediante un interruptor termomagnético tipo caja moldeada de 80A, el cual actúa como elemento de protección y seccionamiento del circuito.

La conexión se realiza a través de una coraza metálica de conducción, que enlaza el tablero de motores con el tablero UPS, donde se encuentra instalado un totalizador de 60A. Este último se selecciona conforme a los cálculos de carga realizados, garantizando la capacidad necesaria para soportar la demanda eléctrica actual, así como la posible expansión futura del sistema, para la cual se dejaron puntos de conexión adicionales previstos en el diseño.



Imagen 92. Conexión acometida de alimentación a tablero UPS. (Autores, 2025)



Imagen 93. Conexión alimentación desde tablero de motores. (Autores, 2025)

4.6.2.2 Instalación de la UPS

Para la instalación de la UPS dentro del tablero, se utiliza el espacio previamente destinado para estos componentes, conforme a las dimensiones establecidas durante la fase de diseño. El banco de baterías se encuentra integrado en la estructura interna de la UPS, ambos elementos comparten la misma área de

ubicación final, evitando la necesidad de un compartimiento independiente.

La UPS se instala directamente sobre la base del tablero, adecuadamente soportada por el chasis estructural, lo que garantiza una fijación estable, una distribución adecuada del peso y el cumplimiento de las condiciones de operación y seguridad eléctrica requeridas para el sistema.



Imagen 94. Ubicación del UPS y su banco de baterías interno. (Autores, 2025)

4.6.2.3 Conexión de cargas de prueba (resistivas o bancos programables).

Para el análisis del comportamiento de la UPS bajo condiciones controladas, se procede a su encendido y se conectan cuatro equipos de cómputo como cargas representativas del uso real en el laboratorio.

Con estos equipos se realizan mediciones de caída de tensión, estabilidad de la salida y tiempos de autonomía, con el fin de evaluar el desempeño del sistema de respaldo frente a variaciones típicas de operación.

Adicionalmente, se efectúan pruebas complementarias utilizando cargas resistivas y capacitivas de corta duración, tales como luminarias incandescentes y un ventilador eléctrico.

Estas cargas generan un incremento momentáneo en la demanda de potencia, lo cual se refleja en una disminución del tiempo de autonomía de la UPS, permitiendo observar su comportamiento frente a escenarios de sobrecarga parcial o transitoria.

4.7. ETAPA 7 — PRUEBAS INICIALES Y PUESTA EN MARCHA

4.7.1. Pruebas eléctricas

4.7.1.1 Verificación de tensiones de entrada y salida

- Tensión de entrada

Considerando que el tablero UPS, se encuentra energizado, se identifica la protección correspondiente en dicho tablero para su posterior accionamiento. Previamente, es necesario verificar la presencia de tensión a la entrada de la protección, empleando un multímetro calibrado y adecuado para este tipo de mediciones.

Adicionalmente, se debe confirmar que los conductores de alimentación estén correctamente ajustados en la bornera de entrada de la UPS, garantizando la integridad de las conexiones. Una vez completadas estas verificaciones y asegurando que no exista intervención por parte de estudiantes, auxiliar de laboratorio o el profesor sobre el equipo, se procede a la maniobra de accionamiento del breaker bipolar de 30A.



Imagen 95. Borneras de la UPS. (Autores, 2025)

En la parte posterior de la UPS se identifican dos borneras, la bornera de entrada y la bornera de salida. En la bornera de entrada se verifica la tensión proveniente del tablero UPS, el cual se considera como la tensión de alimentación de entrada al sistema, esta acometida eléctrica está protegida por el totalizador UPS de 30A.



Imagen 96. Bornera de entrada. (Autores, 2025)

Esta bornera está constituida por 4 tornillos para conexión, de los cuales, dos tornillos de ellos comparten un mismo punto común y corresponde a la línea L1 (color amarillo), el tercer tornillo corresponde a la línea L2 (color azul) y el cuarto tornillo corresponde a la tierra GND (color verde).



Imagen 97. Bornera de salida. (Autores, 2025)

La bornera de salida está constituida por 5 tornillos de conexión, de los cuales, el primero corresponde a la línea L1 (color amarillo), los siguientes tres tornillos comparten a un mismo punto común y corresponde al neutro y tierra, finalmente el quinto tornillo corresponde a la línea L2 (color azul).

- Tensión de entrada

Teniendo identificados los conductores eléctricos conectados en la bornera de entrada, se verifica las tensiones línea-línea y las tensiones línea-tierra. Estas

mediciones permiten confirmar la correcta polaridad, la presencia de tensión en cada fase y la integridad del circuito de puesta a tierra. Asimismo, se garantiza que la alimentación suministrada a la UPS cumple con los valores nominales establecidos por el fabricante, evitando fallos de operación o condiciones de riesgo durante la puesta en servicio.



Imagen 98. Tensiones de línea y de fase, bornera de entrada. (Autores, 2025)

Las tensiones obtenidas se pueden considerar altos con respecto a los valores nominales que se conocen normalmente como 110V y 220V; se debe tener en cuenta que estos niveles de tensión son proporcionados por la red comercial. En la ficha técnica de la UPS se puede observar que estas tensiones de entrada están dentro del rango que recomienda el fabricante.

- Tensión de salida

Para obtener la tensión de salida, se debe realizar el encendido de la UPS (consultar el manual de prácticas), esperar hasta que el equipo realice su proceso de encendido. Una vez identificados los conductores conectados en esta bornera, se procede a configurar el multímetro para realizar las mediciones de tensión línea a línea y línea a neutro.

Estas mediciones permiten identificar que la UPS esté entregando los niveles de tensión correctos por cada fase y que no existen anomalías como desbalance de tensión, conexiones incorrectas o ausencia de neutro, así como la conexión a tierra que es fundamental para garantizar la seguridad del sistema y el adecuado funcionamiento de los equipos conectados.

especificados por el fabricante, con el fin de que no se produzcan reinicios o pérdidas de información.



Imagen 101. Cargas conectadas a la red regulada de laboratorio de máquinas eléctricas II. (Autores, 2025)

El tiempo de transferencia de la UPS hace referencia al tiempo que tarda el equipo en cambiar del modo normal en línea al modo batería, este tiempo se mide normalmente en milisegundos (ms).

La UPS seleccionada para este proyecto corresponde a una tecnología Online de doble conversión de 6kVA, en la cual la energía suministrada a los circuitos regulados es proporcionada permanentemente a través del rectificador, el banco de baterías y el inversor. Debido a esta configuración, los computadores conectados no son alimentados directamente por la red comercial, sino por el inversor de la UPS.

De acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante, el tiempo de transferencia entre la red comercial y el sistema de respaldo por baterías es de 0 ms. Esto significa que, ante una interrupción del suministro eléctrico, la UPS continúa alimentando los circuitos regulados de manera ininterrumpida, sin

presentar cortes perceptibles de tensión ni interrupciones en el servicio.

6. OPERATION	
6.1 TRANSFER TIME	
- Transfer to back-up mode	0ms
- ON-LINE MODE	
- INVERTER TO BYPASS	< 1ms
- BYPASS TO INVERTER	< 1ms
- ECONOMY MODE	
- INVERTER TO BYPASS	< 1ms
- BYPASS TO INVERTER	< 1ms
- BYPASS TO BACK-UP	<8ms

Imagen 102. Tiempos de operación del equipo según el fabricante. (Manual del usuario, UPS 6kVA.)

Durante el proceso de simulación para la autonomía de la UPS, se logró conectar nueve (9) computadores portátiles normales al equipo para realizar la prueba. En el momento del corte de energía de la red comercial se observó que en los tomacorrientes regulados no se presentó variabilidad en el nivel de tensión, el inversor realizó el cambio de manera inmediata, esto se debe a que la carga nunca deja de ser alimentada por el inversor, por lo que los computadores no perciben la interrupción.

El fabricante establece que la transferencia interna entre el inversor y el bypass estático se realizan en tiempos inferiores a 4 ms, permitiendo mantener la estabilidad operativa del sistema ante determinadas condiciones de falla o mantenimiento interno del equipo.

4.7.1.3 Simulación del retorno de energía

Después de la práctica del corte de energía, se quiere verificar el comportamiento de la UPS al retornar el suministro eléctrico de la red comercial.

Durante la práctica del corte de energía, la UPS se encontraba operando mediante el sistema de respaldo por baterías, suministrando energía a los computadores conectados. Una vez restablecida la tensión de entrada, se observó que la UPS realizó automáticamente la conmutación interna para el cambio a su modo normal de operación, manteniendo la alimentación ininterrumpida a la carga conectada sin variación de tensión.

Adicionalmente, en el panel frontal de la UPS se verificó el inicio automático del proceso de recarga de baterías, proceso mediante el cual, el equipo recupera gradualmente la energía consumida durante el período de respaldo. Durante este proceso no se presentaron variaciones significativas de tensión ni afectaciones en el funcionamiento de los computadores conectados.

En el panel frontal de la UPS se puede observar además del nivel de carga de

las baterías, otros parámetros eléctricos como la frecuencia, las tensiones de línea y de fase, la fuente de energía, entre otros parámetros. Durante un tiempo prudencial, se monitoreó estos indicadores para asegurar que todo esté funcionando correctamente.

4.7.2. Pruebas funcionales

4.7.2.1 Evaluación del sistema bajo cargas de prueba.

Con el fin de verificar el comportamiento operativo de la UPS, los conductores eléctricos y las protecciones, se realizó una prueba de funcionamiento utilizando computadores portátiles disponibles al momento de la evaluación. La prueba se realizó conectando simultáneamente nueve (9) computadores portátiles con potencias nominales diferentes.

Durante la evaluación se verificó el correcto suministro de energía a las cargas conectadas, observándose desde el panel frontal un funcionamiento estable de la UPS sin activación de alarmas. De igual manera, se comprobó el nivel de tensión en los circuitos regulados para la adecuada alimentación de los computadores y el correcto comportamiento de las protecciones eléctricas instaladas.

EQUIPO	POTENCIA NOMINAL
Computador portátil 1	60W
Computador portátil 2	90W
Computador portátil 3	90W
Computador portátil 4	60W
Computador portátil 5	65W
Computador portátil 6	90W
Computador portátil 7	90W
Computador portátil 8	90W
Computador portátil 9	65W
Potencia total teórica	700W
Potencia real de prueba	590W

Tabla 7. Cuadro de cargas conectadas a la UPS. (Autores, 2025)

Durante la prueba, la UPS registró una potencia real de 590W y un porcentaje de utilidad de la UPS del 12% durante el período de evaluación del sistema. Esto se debe a que la potencia indicada en los cargadores corresponde a la capacidad máxima de suministro de energía de cada computador y no es la potencia consumida por el equipo en condiciones normales de operación.

La potencia real depende del estado de carga de la batería del computador, de los procesos ejecutados por el usuario y de las características particulares de cada equipo.



Imagen 103. Potencia real durante la prueba modo on-line. (Autores, 2025)

Considerando que la UPS posee una potencia nominal de 5,4kW con factor de potencia de 0,9, mantuvo las condiciones estables de tensión y frecuencia.

Los resultados obtenidos evidencian que la carga conectada durante la prueba representó el 12% de la capacidad activa de la UPS, estimada en 5,4kW. Esto demuestra la existencia de un amplio margen de capacidad disponible para atender la demanda proyectada del laboratorio de máquinas eléctricas II, garantizando condiciones adecuadas de operación y continuidad del servicio.

PARAMETRO	VALOR
Capacidad nominal UPS	6kVA
Factor de potencia UPS	0,9
Potencia activa disponible	5,4kW
Potencia de la carga de prueba	590W
Porcentaje de utilización UPS	12%

Tabla 8. Nivel de utilización de la UPS. (Autores, 2025)

En conclusión, la UPS seleccionada dispone de la capacidad necesaria para atender las cargas previstas para el laboratorio de máquinas eléctricas II, garantizando la continuidad del servicio, la estabilidad de la alimentación eléctrica y la protección de los computadores conectados ante interrupciones del suministro de energía.

Las cargas conectadas pueden variar continuamente en función de los equipos utilizados por los estudiantes, manteniéndose siempre dentro de los límites de operación previstos para el diseño del sistema.

4.7.2.2 Ensayo de autonomía del banco de baterías.

Se sabe que los computadores portátiles en condiciones normales tienen potencias entre 60W y 250W dependiendo del nivel de carga de la batería. Para el ensayo de autonomía se conectaron a la UPS nueve (9) computadores portátiles con potencias variables.

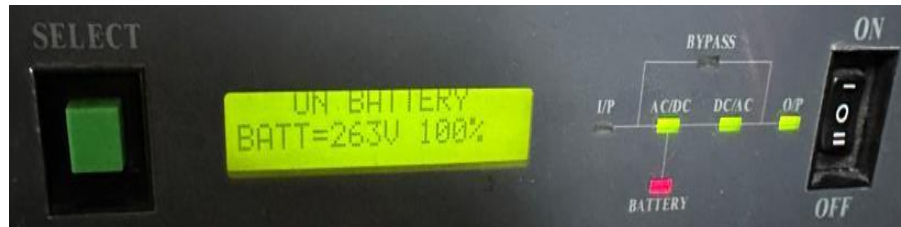


Imagen 104. Estado inicial del equipo en modo batería. (Autores, 2025)

Antes de realizar el corte de energía y verificar el funcionamiento de la UPS se tuvo en cuenta un procedimiento seguro para evitar accidentes por una mala maniobra:

- Preparación y Verificación de la UPS
- Asegurarse de que las baterías de la UPS estén completamente cargadas y funcionando correctamente.
- Asegurarse que la UPS esté preparada para tomar la carga en caso de un corte de energía.
- Desconectar de forma manual el suministro eléctrico es la forma más simple de simular un corte de energía.
- En el tablero UPS, se ubica el totalizador UPS, el cual se acciona para realizar el corte de energía. Por seguridad, se realiza estas maniobras con los elementos de protección personal correspondientes (revisar manual de prácticas de la UPS).

Realizado el corte de la red comercial (ESSA), la UPS debe reconocer inmediatamente la ausencia de tensión y entrar en el modo baterías. La energía acumulada en las baterías debe alimentar los computadores conectados. Desde el panel frontal de la UPS, como se observa en la siguiente imagen, se puede observar la potencia real generada por la carga junto con el porcentaje de carga que está respaldando la UPS.



Imagen 105. Potencia real en modo batería. (Autores, 2025)

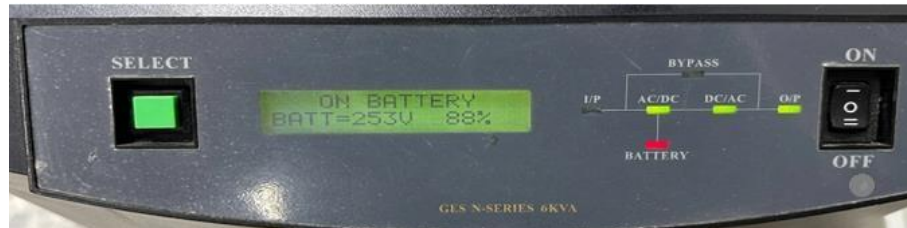


Imagen 106. Batería resultante terminada la prueba. (Autores, 2025)



Imagen 107. Tiempo de la prueba de autonomía. (Autores, 2025)

Durante este tiempo, los computadores permanecen alimentados con la energía suministrada por las baterías de la UPS. En el panel frontal del equipo (imagen anterior), se visualizan, la tensión de línea en la salida y el porcentaje de batería restante (88%) transcurrido cinco (5) minutos de la prueba en modo baterías, manteniendo las cargas energizadas.

Se tomó la decisión de llevar la prueba solo a este tiempo para conservar la energía de las baterías en un 70% y evitar que se vayan a profundidad de descarga, ya que el laboratorio necesitaba mantener la UPS disponible. Por otra parte, se consideró usar un 30% de la batería para la prueba, lo que significa que la autonomía teniendo en cuenta la energía útil de las baterías sería la siguiente:

$$\text{Energía útil} = 1680Wh \cdot 90\% = 1512Wh$$

$$\text{Energía disponible} = 1512Wh \cdot 30\% = 453,6Wh$$

$$\text{Autonomía} = \frac{453,6Wh}{590W} = 0,77h = 46 \text{ min}$$

Según el cálculo anterior, con una carga real de 590W de los nueve (9) computadores portátiles, la autonomía estimada de la UPS es de 46 minutos. Se tuvo en cuenta que los niveles de batería de los computadores eran altos y, por consiguiente, la potencia era baja, pero puede ser menor la autonomía si los niveles de las baterías de los equipos son más bajos, lo que incrementaría la carga.

El fabricante especifica en el manual de usuario una autonomía mínima de 8

minutos a plena carga con factor de potencia de 0,7. Sin embargo, las cargas previstas para el laboratorio de máquinas eléctricas II, corresponden principalmente a computadores portátiles, cuyo sistema de alimentación corresponde a un factor de potencia de 0,9 y una demanda real significativamente inferior a la capacidad nominal de la UPS. Por tal motivo, se espera que la autonomía real del sistema sea superior al valor mínimo indicado por el fabricante, dependiendo de la cantidad de computadores conectados y de la potencia demandada en cada momento.

En la siguiente imagen se observa la tensión de fase en la salida de la UPS y la frecuencia generada por el equipo, lo que demuestra el óptimo funcionamiento del equipo y la garantía de respaldar los computadores conectados.



Imagen 108. Tensión y frecuencia de salida. (Autores, 2025)

Los resultados obtenidos permitieron comprobar la correcta transferencia hacia el sistema de respaldo, la estabilidad de la tensión suministrada y la capacidad del banco de baterías para mantener energizadas las cargas conectadas. Aunque no se realizó una descarga completa y según los cálculos realizados indica que la autonomía para la carga de prueba es óptima si solo se consideró el 30% de la capacidad de las baterías.

5. RESULTADOS

5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS PRUEBAS REALIZADAS

Con el propósito de verificar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico diseñado para el laboratorio de máquinas eléctricas II, se realizaron diferentes pruebas operativas y una simulación que permitieron evaluar el comportamiento de la UPS, los circuitos regulados y las protecciones eléctricas instaladas bajo distintas condiciones de operación.

Las pruebas efectuadas incluyeron el análisis de tensiones desde el tablero general de motores hasta los circuitos regulados (tomacorrientes naranjas); de entrada y salida de la UPS sin carga, la evaluación del sistema bajo cargas de prueba y cargas variables, la verificación de la autonomía de la UPS y el análisis del funcionamiento esperado de los dispositivos de protección. Estas actividades permitieron comprobar la continuidad del servicio, la estabilidad del suministro eléctrico y la adecuada coordinación de las protecciones seleccionadas para el proyecto.

5.1.1. Análisis de tensiones

Durante esta prueba se energiza la UPS sin poner cargas para revisar la respuesta del equipo y posteriormente analizar las tensiones de entrada con respecto a las tensiones de salida, así como las tensiones desde el tablero general de motores hasta el tablero UPS, utilizando una pinza volti-amperimétrica.

Esta prueba permite verificar tres aspectos importantes, la continuidad eléctrica desde el tablero principal hasta el tablero UPS, la correcta tensión de entrada de la UPS y la correcta regulación de tensión en la salida de la UPS.

PROTECCIÓN	L1-L2 (V)	L2-L3 (V)	L1-L3 (V)	L1-N (V)	L2-N (V)	L3-N (V)	Tensión alimentación
TOTALIZADOR PRINCIPAL TABLERO DE MOTORES	226	227	228	131,2	131,5	131,9	RED
TOTALIZADOR PRINCIPAL TABLERO UPS	226	227	228	131,2	131,5	131,9	RED
TOTALIZADOR GENERAL UPS	226	227	228	131,2	131,5	131,9	RED
INTERRUPTOR UPS	226	0	0	131,2	131,9	0	RED

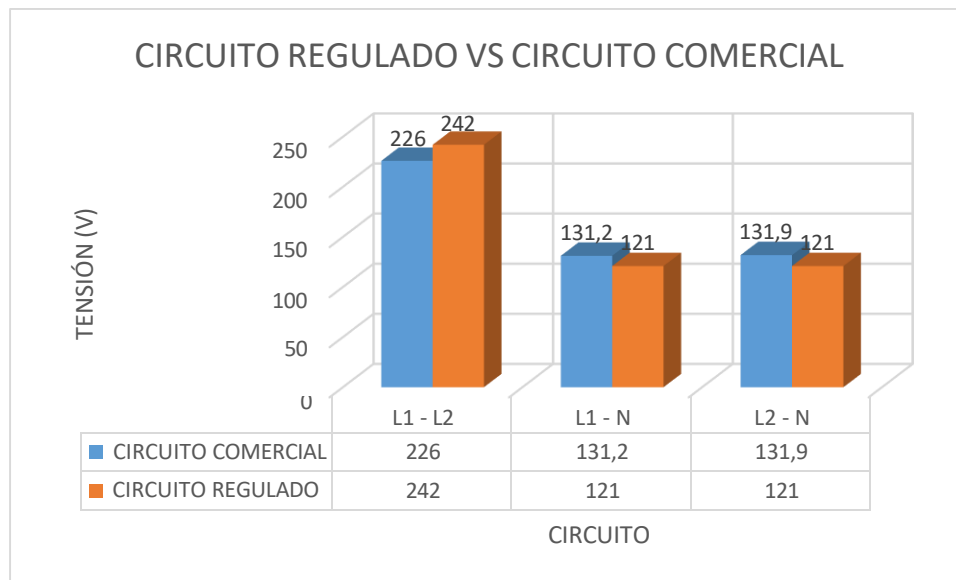
TOTALIZADOR REGULADA	242	0	0	121	121	0	UPS
----------------------	-----	---	---	-----	-----	---	-----

Tabla 9. Registro de tensiones durante práctica. (Autores, 2025)

Durante esta práctica se realizaron mediciones de tensión en los diferentes dispositivos de protección eléctrica de los dos tableros de distribución principales y las borneras de entrada y salida de la UPS, con el fin de evaluar el estado de la red de alimentación comercial (ESSA) y el funcionamiento de los diferentes dispositivos eléctricos de protección, así como la respuesta del equipo de respaldo.

Las tensiones registradas presentan valores coherentes entre fases. Estos resultados indican un adecuado equilibrio de fases sin presencia de caídas de tensión significativas en el recorrido hasta la UPS ni desbalances eléctricos, correcta alimentación desde la red (ESSA), ausencia de caídas de tensión significativas.

Las tensiones medidas en la bornera de entrada de la UPS se encuentra dentro de rangos aceptables según el manual del equipo y de la red comercial. En la salida del UPS se registran voltajes regulados, ligeramente diferentes a los de entrada, lo que confirma que el equipo cumple su función de regulación y estabilización de tensión, garantizando un suministro eléctrico confiable a las cargas conectadas.



Gráfica 1. Comparativa de tensiones de prueba en redes comercial y regulada. (Autores, 2025)

El comportamiento de las variables eléctricas registradas permite diferenciar claramente el comportamiento de la red comercial frente a la respuesta en vacío del sistema de respaldo. En los puntos de medición asociados a la acometida principal que abarcan el Tablero de Motores, el Tablero UPS y el Totalizador General de la

UPS, se dispone de un suministro comercial trifásico. En estos equipos se observan tensiones de línea estables en torno a los 227 V y voltajes fase-neutro promediando los 131.5 V, lo que confirma un adecuado balance en la red de distribución externa (ESSA).

Por otra parte, el análisis del circuito de alimentación específico para la UPS revela una configuración de carga bifásica intencional. Aunque el Tablero Regulado UPS recibe las tres fases de la red, para la energización de la UPS se toman exclusivamente las líneas L1 y L2, prescindiendo por completo de la tercera fase (L3) dado que el equipo no requiere de un aporte trifásico para su funcionamiento. Esta decisión de diseño explica de manera técnica por qué las lecturas de voltaje asociadas a L3 se registran en 0 V a partir del interruptor de la UPS, sin que esto represente una anomalía o falla en el acoplamiento.

Finalmente, en la sección de salida estabilizada (Totalizador de Red Regulada) se evidencia el perfil de voltaje propio del inversor de la UPS. En este punto, la tensión entre las fases activas (L1-L2) se sitúa en 242 V, mientras que las tensiones fase-neutro (L1-N y L2-N) se regulan de manera uniforme a 121 V. Este comportamiento operativo en vacío define las condiciones de estado iniciales del sistema, dejando abierto el escenario para evaluar en los siguientes apartados la eficiencia de la regulación y el comportamiento del equipo una vez se acoplen las cargas reales del laboratorio.

5.1.2. Análisis detallado de tensiones en tomacorrientes reguladas

Esta práctica consiste en revisar el nivel de tensiones en los circuitos regulados sin carga cuando se energizan con la UPS en modo on-line y seguidamente en modo bypass. Con esta práctica también se quiso evidenciar la continuidad de los conductores, buen estado de las conexiones eléctricas y la ausencia de caídas de tensión significativas entre los tomacorrientes.

Circuito	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Tensión modo bypass (V)	131,2	130,8	130,6	130,7	131	131,1	130,7	130,9	131
Tensión con UPS (V)	119,7	119,6	119,5	119,5	119,5	119,6	119,6	119,6	119,7

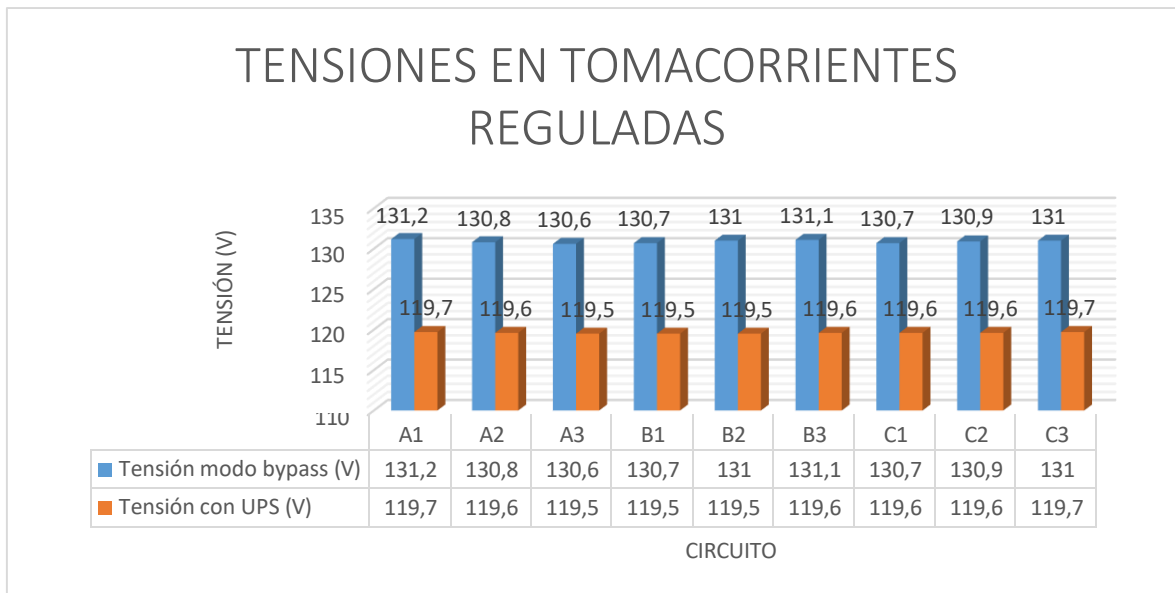
Tabla 10. Tensiones en los modos de operación de la UPS. (Autores, 2025)



Imagen 109. Identificación de circuitos regulados. (Autores, 2025)

El análisis comparativo de los niveles de tensión medidos en los nueve tomacorrientes regulados (circuitos A1 al C3) demuestra un comportamiento altamente homogéneo en toda la red de distribución final. La ausencia de fluctuaciones significativas o caídas de tensión entre los diferentes puntos de conexión confirma la integridad física de los conductores, la calidad de los empalmes y el correcto dimensionamiento del cableado, garantizando una equipotencialidad óptima a lo largo de los tres ramales de distribución del laboratorio.

Bajo el modo de operación en bypass, las lecturas registraron un promedio de 131 V en todos los nodos, reflejando de manera directa el estado y las variaciones de la red comercial de la Electrificadora de Santander (ESSA). En contraste, al conmutar el sistema al modo on-line (inversor activo), las tensiones se estabilizaron de manera uniforme en un valor promedio de 119.6 V (aproximado técnicamente a los 120 V nominales). Esta reducción y estabilización paramétrica evidencia la alta capacidad del equipo para desacoplar las perturbaciones de la red externa, acondicionar la señal y entregar un voltaje regulado dentro de las tolerancias recomendadas por las normas de calidad de potencia.



Gráfica 2. Diferencia de tensiones entre dos modos de operación de la UPS. (Autores, 2025)



Imagen 110. Identificación tomacorriente regulada. (Autores, 2025)

Finalmente, los resultados de esta práctica validan experimentalmente la confiabilidad operativa de la infraestructura instalada en el laboratorio de Máquinas Eléctricas II. La correcta selectividad y respuesta de los modos bypass y on-line, sumada a la simetría de voltajes en los tomacorrientes identificados, asegura un suministro eléctrico seguro, estable y libre de perturbaciones críticas, cumpliendo con los estándares requeridos para la protección y el correcto funcionamiento de las

estaciones de cómputo y los equipos de medición sensibles.

5.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA AUTONOMÍA DE LA UPS

5.2.1. UPS con carga en modo batería

Para evaluar la capacidad de respuesta y el desempeño del sistema de respaldo bajo condiciones reales de operación, se sometió la UPS a un ensayo de autonomía energizando una carga informática compuesta por nueve computadores portátiles. El comportamiento dinámico del sistema se analizó mediante el registro simultáneo de tensión, corriente y potencia activa demandada, comparando de forma directa la operación en modo batería frente al modo bypass para verificar la continuidad y calidad del suministro eléctrico.



Imagen 111. Registro de corrientes en circuitos A1, A2 y A3 en modo batería. (Autores, 2025)



Imagen 112. Registro de corrientes en circuitos B1, B2 y B3 en modo batería. (Autores, 2025)



Imagen 113. Registro de corrientes en circuitos C1, C2 y C3. (Autores, 2025)

Al evaluar la distribución de corriente por circuito (del A1 al C3), se evidenció un incremento sistemático en la intensidad de corriente al pasar de modo bypass a modo batería. Este fenómeno responde directamente al principio de conservación de la potencia en cargas con fuentes de potencia regulada, como las fuentes conmutadas de los computadores; al reducirse la tensión de alimentación desde los 131.5 V (suministro comercial de ESSA) hasta los 121 V estables entregados por el inversor de la UPS, los equipos demandan una mayor corriente para mantener su régimen de potencia de consumo constante.

CIRCUITO

A1 A2 A3 B1 B2 B3 C1 C2 C3

ELABORADO POR:
Docencia

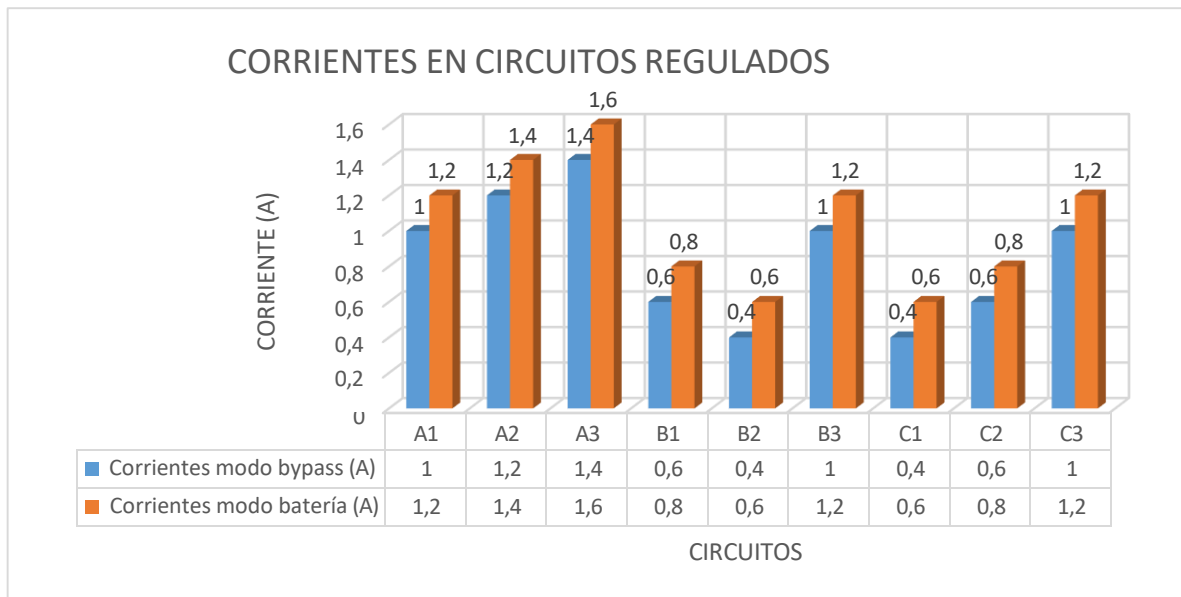
REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión

APROBADO POR: Líder Sistema Integrado de Gestión
FECHA APROBACIÓN: Octubre de 2023

Corrientes modo bypass (A)	1	1,2	1,4	0,6	0,4	1	0,4	0,6	1
Corrientes modo batería (A)	1,2	1,4	1,6	0,8	0,6	1,2	0,6	0,8	1,2

Tabla 11. Niveles de corrientes en modos de la UPS. (Autores, 2025)

Las variaciones de corriente registradas en los diferentes ramales confirman la efectividad en el control de tensión de la UPS. Mientras que la red comercial introduce un nivel de tensión elevado (131 V), el inversor de la UPS acondiciona y estabiliza la señal a un valor seguro y constante de 121 V, eliminando fluctuaciones externas y asegurando el cumplimiento de los rangos de regulación exigidos por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) para la protección de cargas críticas.



Gráfica 3. Niveles de corriente en circuitos regulados con carga. (Autores, 2025)

Por otra parte, las mediciones en los conductores principales revelaron una asimetría en la distribución de la corriente entre las líneas activas, registrando 5,2 A en L1 y 4,2 A en L2 durante el modo batería. Este desbalance se considera un comportamiento operativo normal dentro de la práctica, debido a la naturaleza monofásica e independiente de las fuentes conmutadas de los computadores conectados a lo largo de los distintos circuitos de distribución final.

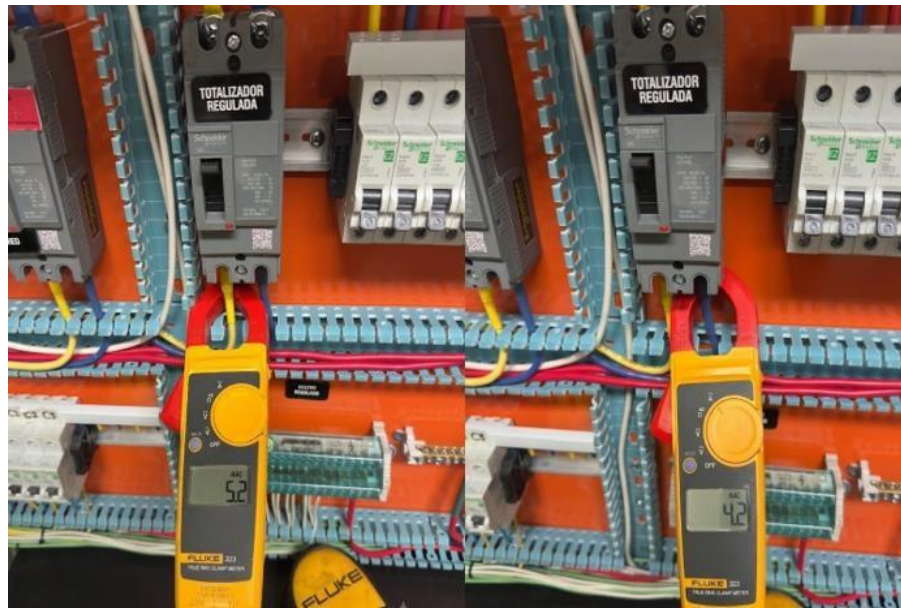


Imagen 114. Corriente total registrada en L1 y L2. (Autores, 2025)

Para validar la coherencia de los datos experimentales, se realizó el cálculo de la corriente total equivalente a partir de las variables globales registradas por el equipo, el cual arrojó una potencia activa de 590 W, una tensión de salida de 121 V y un factor de potencia de 0.9:

$$I = \frac{590 \text{ W}}{121 \text{ V} \cdot 0,9} = 5,4 \text{ A}$$

Este valor calculado (5.4 A) resulta plenamente concordante y del mismo orden de magnitud que las intensidades medidas con la pinza voltiamperimétrica en las líneas de alimentación, lo que ratifica la precisión de la instrumentación utilizada y confirma que el acoplamiento de la carga se encuentra dentro de los parámetros de diseño del sistema. Asimismo, la correcta transición observada entre la red comercial y el inversor demuestra la idoneidad de los tiempos de transferencia del equipo, el cual mantiene la continuidad del servicio sin generar microcortes ni perturbaciones en la carga.

MODO UPS	POTENCIA (W)	TENSIÓN L1 (V)	TENSIÓN L2 (V)	CORRIENTE L1 (A)	CORRIENTE L2 (A)	FACTOR DE POTENCIA
BATERÍA	590	121	121	5,2	4,2	0,9
BYPASS	590	131,2	131,9	4,8	3,7	0,9

Tabla 12. Comportamiento de variables eléctricas durante la prueba. (Autores, 2025)

Finalmente, el ensayo ratificó la alta confiabilidad del banco de baterías bajo las condiciones de carga impuestas. Durante los 5 minutos que duró la prueba, el

sistema garantizó la continuidad absoluta del suministro sin registrar alarmas ni caídas de tensión, concluyendo el ciclo con un nivel de carga residual del 88%.

Dado que el ensayo no se extendió hasta el agotamiento total por razones operativas, el remanente energético observado permite proyectar de forma preliminar el cumplimiento de la autonomía teórica calculada; no obstante, se sugiere realizar ensayos controlados de descarga profunda en fases posteriores para determinar la curva de autonomía real ante variaciones en la densidad de carga del laboratorio.

6. CONCLUSIONES

- Durante el proceso de construcción se identificaron limitaciones físicas relacionadas con la disposición interna del tablero y las dimensiones reales de los equipos seleccionados. La necesidad de modificar algunos elementos estructurales evidenció la importancia de complementar el diseño eléctrico con una validación mecánica detallada de los componentes. La solución adoptada permitió optimizar el espacio disponible, mantener condiciones adecuadas de ventilación y asegurar una instalación que facilita futuras labores de operación y mantenimiento.
- La UPS on-line de doble conversión seleccionada demostró ser técnicamente adecuada para las condiciones de operación del laboratorio de Máquinas Eléctricas II, ya que durante las pruebas mantuvo estables los parámetros de tensión y frecuencia tanto en condiciones normales como durante la operación con baterías. Este comportamiento confirma que la tecnología de doble conversión elimina la dependencia directa de las variaciones de la red eléctrica y proporciona una alimentación regulada para los equipos de cómputo conectados.
- Los ensayos realizados permitieron verificar que la capacidad instalada de la UPS es superior a la demanda real de las cargas previstas para el laboratorio. Aunque el sistema fue diseñado para respaldar la totalidad de los puestos de trabajo proyectados, las mediciones evidenciaron que los computadores portátiles presentan consumos significativamente inferiores a la capacidad nominal disponible, lo que genera un margen operativo favorable y reduce el esfuerzo eléctrico sobre el sistema de respaldo.
- Las pruebas de autonomía demostraron que el banco interno de baterías es capaz de mantener energizadas las cargas críticas durante un tiempo suficiente para garantizar la continuidad de las actividades académicas y permitir una respuesta organizada ante una interrupción del suministro eléctrico. La autonomía obtenida superó las condiciones mínimas esperadas debido a que las cargas conectadas operan con factores de potencia y niveles de demanda más favorables.
- La implementación de circuitos regulados independientes, junto con la correcta coordinación entre conductores, protecciones y dispositivos de maniobra, permitió obtener una distribución eléctrica segura y selectiva. Las verificaciones de continuidad, polaridad y funcionamiento evidenciaron la ausencia de fallas de instalación, garantizando que las protecciones actúen de forma coordinada ante condiciones anormales sin afectar innecesariamente el resto de los circuitos del sistema.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones periódicas de la carga conectada a la UPS con el propósito de verificar que la capacidad nominal de 6 kVA continúe siendo suficiente para las necesidades operativas del laboratorio. Este análisis debe considerar tanto los equipos actualmente instalados como futuras ampliaciones o la incorporación de nuevas cargas, supervisando el porcentaje de utilización del equipo para evitar condiciones cercanas a su límite de operación. En caso de evidenciarse un incremento significativo en la demanda energética, resulta conveniente evaluar alternativas como la ampliación de la capacidad instalada, la implementación de un sistema de respaldo complementario o la redistribución de las cargas, garantizando la continuidad y confiabilidad del suministro eléctrico.
- Incorporar un sistema de monitoreo eléctrico en tiempo real que permita supervisar continuamente el comportamiento de la UPS mediante módulos de comunicación o software de gestión capaces de registrar variables como tensión, corriente, frecuencia, porcentaje de carga, estado de las baterías y eventos operativos. La disponibilidad de esta información facilitará la detección temprana de anomalías, el seguimiento del desempeño del sistema y la planificación de actividades de mantenimiento, además de servir como herramienta de apoyo para el desarrollo de prácticas académicas relacionadas con sistemas de respaldo y calidad de energía.
- Ejecutar pruebas periódicas de funcionamiento de la UPS en modo batería con el fin de verificar que el tiempo de respaldo disponible continúe siendo adecuado para las necesidades del laboratorio. Durante estas pruebas deben supervisarse parámetros como la tensión de salida, el estado de carga de las baterías y la duración de la autonomía, registrando los resultados obtenidos para identificar oportunamente posibles pérdidas de capacidad, envejecimiento del banco de baterías o anomalías en el sistema de respaldo, permitiendo así planificar actividades de mantenimiento y garantizar la confiabilidad operativa del equipo ante fallas del suministro eléctrico.
- Mantener permanentemente actualizado el diagrama unifilar del sistema, incorporando cualquier modificación realizada en el tablero UPS, los circuitos regulados o la distribución eléctrica del laboratorio. Disponer de una documentación técnica acorde con la instalación real facilita las labores de operación, mantenimiento, inspección y diagnóstico de fallas, además de servir como soporte para futuras ampliaciones, actividades

académicas e intervenciones eléctricas, contribuyendo a una gestión más segura y organizada del sistema.

- Desarrollar estudios de coordinación de protecciones en caso de habilitar los circuitos disponibles de red normal (D1 a F3) o realizar futuras modificaciones en la distribución eléctrica del laboratorio. Este análisis deberá considerar la capacidad de los conductores, la corriente nominal de los dispositivos de protección instalados y la demanda total del sistema, con el fin de garantizar una operación segura y minimizar el impacto de posibles fallas eléctricas. La ejecución de estos estudios contribuirá a mejorar la confiabilidad de la instalación y servirá como soporte técnico para futuras ampliaciones o adecuaciones del sistema eléctrico del laboratorio.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVARADO, O. Q. (agosto de 2019). *SISTEMA DE ALIMENTACION ININTERRUMPIDA (UPS) TIPO OFF-LINE CON EL ATMEGA 328p COMO SISTEMA DE TRANSFERENCIA PARA DISPOSITIVOS SENSIBLES DE BAJA POTENCIA*. Obtenido de Repositorio institucional universidad mayor de San Andrés: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/28017>
- Angel Argente del Castillo. Schneider Electric. (08 de 02 de 2023). *Sostenibilidad de baterías en Sistemas de Alimentación Ininterrumpida*. Obtenido de Blog de Schneider Electric: <https://blogespanol.se.com/infraestructuras-y-redes-electricas/gestion-y-distribucion-de-la-energia/2023/02/08/sostenibilidad-de-baterias-en-sistemas-de-alimentacion-ininterrumpida>
- Arellano, T. (8 de 12 de 2021). *ILUMINET*. Obtenido de <https://iluminet.com/riel-din-instalacion-electrica>
- Autores. (Julio de 2025). Contenido propio realizado por autores. Bucaramanga, Santander, Colombia.
- BATERIAWINNERADM. (3 de Abril de 2020). *87º ANIVERSARIO DE LA ACEPTACIÓN DE LA PATENTE DEL PRIMER SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA (UPS)*. Obtenido de Gestsai Ingeniería: <https://www.gestsai.com/87o-aniversario-de-la-aceptacion-de-la-patente-del-primer-sistema-de-alimentacion-ininterrumpida-ups/>
- BRAGS+HAYES. (2024). *BRAGS+HAYES*. Obtenido de Fundamentos de los interruptores de transferencia automática (ATS): <https://bnhgenerators.com/es/fundamentals-of-automatic-transfer-switches-ats/?srsltid=AfmBOoqLLyOEB96gK08s5BP1LExGCQImTTHF368RYTHkDDI6srR34Lby>
- CEICA, S.A. (16 de septiembre de 2020). *Aplicaciones e importancia de las transferencias manuales y automáticas*. Obtenido de [ceica.com](https://ceica.com/aplicaciones-e-importancia-de-las-transferencias-manuales-y-automaticas/): <https://ceica.com/aplicaciones-e-importancia-de-las-transferencias-manuales-y-automaticas/>
- Centeno, K. E. (2021). *Diseño y simulación de un sistema de alimentación ininterrumpida para el centro de procesamiento de datos de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. Obtenido de Universidad Técnica Estatal de Quevedo: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/8f3cab21-3763-4f12-b033-076e08af6aa3>
- Chávez Marengo, J. G. (25 de marzo de 2022). *Diseño de un sistema de alimentación de energía ininterrumpida a través de la caracterización de los equipos de ultra pasteurización para garantizar la continuidad del proceso en Colanta, Planeta Rica, Córdoba, Colombia*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE

CÓRDOBA, Repositorio institucional:
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/entities/publication/3fcfaff0-30e6-4221-9f06-cc7d3b4ef6b4>

CHINT. (20 de 12 de 2022). *CHINT*. Obtenido de https://www-chintglobal-com.translate.goog/global/en/about-us/news-center/blog/din-rail-basics-and-types.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&

CMS. (1 de 8 de 2025). *CMS*. Obtenido de https://cms.law/es/col/publication/resolucion-no.-0799-del-2025-por-la-cual-se-reglamentan-los-sistemas-de-recoleccion-y-gestion-de-las-baterias-usadas-plomo-acido-bupa?utm_source=chatgpt.com

Contractors, I. E. (08 de 09 de 2020). *IEC*. Obtenido de <https://ieci.org/evolution-of-the-molded-case-circuit-breaker-trip-units-and-their-value-to-customers>

DIELCO . (2025). *Dielco S.A.S*. Obtenido de Cable vehicular o Automotriz ¿Cuáles son sus usos?: <https://www.dielco.co/articulos/qué-es-un-cable-de-baja-o-vehicular>

Eaton. (s.f.). *Fundamentos de los interruptores de transferencia automática (ATS)*. Obtenido de EATON Powerin Business Worldwide: <https://www.eaton.com/mx/es-mx/products/low-voltage-power-distribution-control-systems/automatic-transfer-switches/automatic-transfer-switch-fundamentals.html>

electric, CNC. (2026). *interruptor de conmutación universal*. Obtenido de <https://www.cncele.com/es/lw26-universal-changeover-switch-product/>

Electricidad, t. (2025). *Electricidad total*. Obtenido de https://www.electricidadtotal.com/MLA-1257578489-bornera-escalera-repartidora-tetrapolar-4x125a-7-contactos-_JM

ELÉCTRICOS, J. (25 de 05 de 2020). *J.D. ELÉCTRICOS*. Obtenido de <https://jdelectricos.com.co/como-funciona-un-breaker-electrico>

ELPROCUS. (s.f.). *ELPROCUS*. Obtenido de https://www-elprocus-com.translate.goog/selector-switch/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

energía, M. d. (1 de 6 de 2020). Obtenido de https://www.minenergia.gov.co/documents/3808/COMUNICACION_NORMA_NTC_2050_2-2020-008751.pdf

ESSA. (2026). *proceso gestión expansión del sistema*. Obtenido de <https://www.essa.com.co/site/Portals/14/Docs/Norma%20tecnica/Norma%20Técnica%20ESSA.pdf>

Función publica. (26 de 05 de 2015). *Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y*

- Desarrollo Sostenible*. Obtenido de DECRETO 1076 2015:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- GERSON, G. (24 de 05 de 2024). *GRUPO GERSON.COM*. Obtenido de
<https://www.grupogerson.com/que-son-las-bandejas-y-mallas-portacables-y-como-se-utilizan-en-instalaciones-electricas/?srsId=AfmBOOpT-RdNyZxad-W3QcOvi92fSPEEwgp2pYqhksUA3QK5sRMZJVWg>
- Google Earth. (2026). *Google Earth*. Obtenido de
<https://earth.google.com/web/search/Unidades+Tecnológicas+de+Santander,+Av%2e+Los+Estudiantes,+Bucaramanga,+Santander/@7.10512505,-73.12350128,929.00658797a,292.0185377d,34.99973903y,360h,0t,0r/data=CsEBGpIBEosBCiUweDhINjgzZmM4YThiMDk3M2Y6MHg1ZjUwYzIxZkxZTQX>
- Grupo Gerson. (27 de Agosto de 2024). *KABEL Grupo Gerson*. Obtenido de Descubre los 5 Tipos de Bandejas Portacables para Optimizar tus Instalaciones Eléctricas: <https://www.grupogerson.com/descubre-los-5-tipos-de-bandejas-portacables-para-optimizar-tus-instalaciones-electricas>
- Guzmán, G. P. (17 de Julio de 2020). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACION ININTERRUMPIDA PARA ALIMENTACION DE EQUIPOS DE TELECOMUNICACION, CON UN SISTEMA DE TELEMANDO Y TELESUPERVISION*. Obtenido de ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA Y SISTEMAS DE TELECOMUNICACION.
- Hanley, J. J. (3 de Abril de 1932). *USA Patente nº US1953602A*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US1953602A/en>
- Hiper Shops Hogar Digital e Inmótica Ingenieros, S.L. (31 de 07 de 2023). *Tendencias y Avances en SAI: Impulsando la Protección Eléctrica del Futuro*. Obtenido de TodoSAI 2.0: <https://todosai.com/blog/tendencias-y-avances-en-sai-impulsando-la-proteccion-electrica-del-futuro-b60.html>
- ICONTEC NTC2050. (04 de 2020). *CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO NTC 2050 SEGUNDA ACTUALIZACION*. Obtenido de CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO NTC 2050 SEGUNDA ACTUALIZACION: https://www.ugc.edu.co/pages/juridica/documentos/institucionales/Norma_%20NTC_2050_98_codigo_electrico_col.pdf
- INDUSTRIES, M. G. (s.f.). *MECANO GONVARRI INDUSTRIES*. Obtenido de <https://www.mecano.co/producto/platina-union-presion-pummp>
- INDUSTRIES, M. G. (s.f.). *MECANO GONVARRI INDUSTRIES*. Obtenido de <https://www.mecano.co/producto/platina-union-reforzada/>
- INDUSTRIES, M. G. (s.f.). *MECANO GONVARRI INDUSTRIES*. Obtenido de <https://www.mecano.co/producto/salida-de-tubos/>

INDUSTRIES, M. G. (s.f.). *MECANO GONVARRI INDUSTRIES*. Obtenido de <https://www.mecano.co/producto/soporte-omega-suspension-click/>

INDUSTRIES, M. G. (s.f.). *MECANO GONVARRI INDUSTRIES*. Obtenido de <https://www.mecano.co/producto/tornillo-fijacion/>

INDUSTRIES, M. G. (s.f.). *MECANO GONVARRI INDUSTRIES*. Obtenido de <https://www.mecano.co/producto/cuelga/>

Infobae Tecno. (16 de Octubre de 2024). *Glosario de tecnología: qué significa Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)*. Obtenido de Infobae: <https://www.infobae.com/tecnologia/2024/10/17/glosario-de-tecnologia-que-significa-sistema-de-alimentacion-ininterrumpida-sai/>

Jiménez Bañados, M. (2020). *SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGIA ELECTRICA*. Obtenido de RED DE REPOSITARIOS LATINOAMERICANOS: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/8943368>

Kim Wainwright . (14 de 07 de 2022). *¿Por qué se llama inversor? Breve historia de los inversores solares*. Obtenido de SolarQuotes: https://www-solarquotes-com-au.translate.google.com/blog/solar-inverter-history/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=De%20lo%20mecánico%20a%20lo,el%20primer%20inversor%20sin%20transformador.

LABORATORIO EUROLAB INC. (2019). *IEC / EN 62040-1 Sistemas de alimentación ininterrumpida - Parte 1: Para KGS*. Obtenido de Pruebas de estandarización: <https://www.laboratuvar.org/es/testler/standardizasyon-testleri/iec-en-62040-1-kesintisiz-guc-sistemleri-bolum-1-kgs-icin>

Laumayer. (2025). *Novedades y publicaciones*. Obtenido de Los tomacorrientes grado hospitalario: resistencia y seguridad en cualquier entorno: <https://laumayer.com/blog/los-tomacorrientes-grado-hospital-tambien-optimos-uso-instalaciones-no-medicas>

Laumayer. (2025). *Novedades y publicaciones*. Obtenido de Tipos de tomacorrientes: ¿cuál necesitas para tu proyecto?: <https://laumayer.com/blog/aplicaciones-tomacorrientes-grado-residencial-comercial-industrial-hospital-tierra-aislada>

Manual del usuario, UPS 6kVA. (s.f.). Bucaramanga, Santander, Colombia.

Mazariegos López, J. P. (marzo de 2021). *Diseño de investigación del análisis técnico de sistemas de alimentación ininterrumpida para centros de cómputo y su impacto en el ahorro energético*. Obtenido de Repositorio del Sistema Bibliotecario Universidad de San Carlos de Guatemala: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/18971/>

Ministerio de Minas y Energía. (2008). RESOLUCIÓN 181294 DE 2008.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2 de 4 de 2024). *Libro 3 - Instalaciones objeto del RETIE*. Obtenido de REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS - RETIE: https://www.minenergia.gov.co/documents/11566/4._Libro_3_-_Instalaciones.pdf

mrezaei. (20 de 02 de 2024). *DSPM*. Obtenido de La evolución de los sistemas de energía de emergencia en la infraestructura moderna: <https://dspmanufacturing.com/es/emergency-power-systems>

Nexans. (2026). *Centelsa by Nexans*. Obtenido de Alambres y Cables THHN/THWN-2 RoHS - Nexans: <https://www.nexans.co/dam/jcr:e11bc479-8eec-4428-b9ac-2d602181ed31/Bolet%C3%ADn%20Alambres%20y%20Cables%20THHN%20THWN-2%20RoHS.pdf>

Núñez, S. A. (febrero de 2016). *Diseño de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida de un Centro de Procesamiento de Datos (CPD)*. Obtenido de <https://e-archivo.uc3m.es/rest/api/core/bitstreams/d4692678-8aee-470f-95fc-eb873402e38e/content>

OHM Solution SAS. (03 de 01 de 2025). *Tipos de canaletas para cables: la guía completa para tus instalaciones eléctricas*. Obtenido de OHM solution: <https://ohmsolution.co/blog/tipos-de-canaletas-para-cables>

PEMSA. (2005). *Pemsa Cable Management Systems*. Obtenido de Catálogo | PEMSA: <https://www.pemsa-rejiband.com/catalog/es>

Planelect. (2025). *Planelect.com*. Obtenido de ¿Qué son las transferencias en el respaldo eléctrico?: <https://planelect.com/que-son-las-transferencias-en-el-respaldo-electrico/#:~:text=Las%20transferencias%20en%20el%20respaldo%20eléctrico%20se%20refieren%20al%20proceso,para%20mantener%20el%20suministro%20eléctrico.>

POWER, U. (16 de 09 de 2022). *UNIFIED POWER*. Obtenido de https://unifiedpowerusa-com.translate.google.com/main-components-ups/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

POWER, U. (16 de 09 de 2022). *UNIFIED POWER*. Obtenido de https://unifiedpowerusa-com.translate.google.com/main-components-ups/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Promotores Eléctricos S.A. (12 de 04 de 2024). *Tipos de terminales de conexión: Funciones y aplicaciones en conexiones eléctricas*. Obtenido de Promelsa: <https://www.promelsa.com.pe/blog/post/tipos-terminales-conexion->

aplicaciones.html?srsId=AfmBOorjs9QEel_uVfAllxeHHU2LqAcMhv7ouVR7EwtLkEcX_pjG9OLB

RackOnline. (s.f.). *Qué es un sai y tipos de sai*. Obtenido de RackOnline: <https://www.rackonline.es/content/que-es-un-sai-y-tipos-de-sai>

Schneider Electric. (2025). *¿Qué son las curvas de disparo en interruptores Riel Din?* Obtenido de Life Is On - Schneider Electric: <https://www.se.com/co/es/faqs/FA363567>

Schneider Electric. (2025). *Easypact CVS - Interruptor Automático CVS100B TM100D - 3P/3R*. Obtenido de <https://www.se.com/es/es/product/LV510307/easypact-cvs-interruptor-automático-cvs100b-tm100d-3p-3r>

Shops, H. (8 de Septiembre de 2023). *Breve historia del SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida)*. Obtenido de TodoSai 2.0: <https://todosai.com/blog/breve-historia-del-sai-sistema-de-alimentacion-ininterrumpida-b61.html>

Solutions, UL. (2025). *Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI): modernización/reemplazo con baterías nuevas*. Obtenido de UL Solutions: https://www-ul-com.translate.goog/news/uninterruptible-power-supply-ups-system-retrofittingreplacing-new-batteries?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Suministro de Materiales Electricos JD LTDA. (30 de 01 de 2021). *Suministro de Materiales Electricos JD electricos*. Obtenido de *¿QUÉ ES UN TABLERO ELÉCTRICO Y CÓMO ESTÁ COMPUESTO?*: <https://jdelectricos.com.co/que-es-un-tablero-electrico>

TECHNOLOGIES, M. (2025). *m2bswitches*. Obtenido de <https://m2bswitches.eu/breve-historia-del-interruptor-moderno>

TechWeb. (2025). *Diodos | Básico*. Obtenido de *¿Qué es un diodo? < Fundamentos e historia del diodo >*: https://techweb-rohm-com.translate.goog/product/transistors-diodes/diodos/23844/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

Tronex Industrial. (2024). *UPS: qué es, cómo funciona y beneficios de tenerla*. Obtenido de Imagen de una UPS industrial: <https://tronex-industrial.com/ups-que-es-como-funciona-y-beneficios/>

Vega Zarco, J., & Ramirez, H. S. (02 de septiembre de 2024). *Análisis de la influencia de la demanda del mercado para las fuentes de alimentación ininterrumpida UPS. Mediante el desarrollo de un modelo predictivo, bajo ambiente Power BI, para la ciudad de Bogotá*. Obtenido de UNIVERSIDAD

COOPERATIVA DE COLOMBIA Repositorio institucional:
<https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/382fd468-1720-4273-996e-885025acf16b>

Weidmueller. (2025). *Weidmueller*. Obtenido de Borneras Weidmüller: la solución para tu conexión: https://www.weidmueller.com/int/country_pages/colombia/borneras_weidmueller_la_solucion_para_tu_conexion.jsp

WIRED. (10 de diciembre de 2024). *La importancia de los UPS: 40 años de innovación y confiabilidad*. Obtenido de WIRED: <https://es.wired.com/articulos/schneider-electric-ups-40-aniversario>

ZMS Cable Cía. Ltda. (06 de 06 de 2023). *Historia del Cableado Eléctrico: Desde el Descubrimiento hasta la Innovación Moderna*. Obtenido de ZMS Cable: <https://zmscable.es/historia-cableado-electrico>

9. ANEXOS

Anexo 1. Implementación de un sistema de alimentación ininterrumpida (S.A.I.) para la estabilidad energética.pdf

Anexo 2. ON LINE N-Series Uninterruptible Power Supply UPS User's Manual.pdf

Anexo 3. Batería Sellada FL1290GS Tecnología AGM VRLA 12V 9Ah.pdf

Anexo 4. LW28 Universal Changeover Switch.pdf

Anexo 5. Hoja de características del producto - Peine 3P 16mod. K60N, C60, ID (A9XPH316).pdf

Anexo 6. Guía Metodológica para cálculo de canalizaciones y volúmenes de encerramiento (EPM-UCET-NYL-GM-011).pdf

Anexo 7. Simbología Eléctrica (Norma UNE-EN 60617 / IEC 60617).pdf

Anexo 8. Simbología Eléctrica Normalizada UNE - EN 60617.pdf

Anexo 9. ASME Y14.1M-2005 Dibujo métrico Tamaño de hoja y formato.pdf

Anexo 10. UNE-EN ISO 5457 Documentación técnica de productos - Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo.pdf

Anexo 11. Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 Segunda actualización.pdf

Anexo 12. UNE-EN 62040-1-2 Requisitos generales y de seguridad para SAI en zonas de acceso restringido.pdf

Anexo 13. Curvas de disparo Recomendaciones técnicas - Curvas de disparo y tablas de coordinación.pdf

Anexo 14. Anexo General del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).pdf

Anexo 15. Norma NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano.pdf

Anexo 16. Alambres y Cables THHN/THWN-2 RoHS.pdf

Anexo 17. Tarifa Cablofil 2010/02 - Especialistas en la conducción de cables de energía y de datos.pdf

Anexo 18. Renders Tablero Regulado UPS.rar

Anexo 19. Modelado CAD Ensamble Tablero Regulado UPS.rar

Anexo 20. DWG Diagrama Unifilar.rar

Anexo 21. DWG Layout Tablero Regulado UPS.rar

Anexo 22. Manual de operación y mantenimiento UPS.pdf

Anexo 23. Manual de prácticas SAI.pdf