

Electricidad

Fundamentos y problemas de electrostática, corriente continua, electromagnetismo y corriente alterna

La lectura de este libro permite adquirir una visión de conjunto de los fundamentos de la electricidad, mediante una descripción sencilla, gráfica y práctica, pero con una adecuada fundamentación teórica, pues como dijo Ortega y Gasset, "nada hay más práctico que una buena teoría". En él se desgranar, para su correcto estudio y comprensión, los contenidos necesarios para posteriormente poder adentrarse con propiedad en el amplio mundo de las aplicaciones eléctricas. Aunque el texto tiene un carácter terminal en sí mismo, puede servir de iniciación al libro *Instalaciones eléctricas en baja tensión. Diseño, cálculo, dirección, seguridad y montaje*, de los mismos autores y editorial, cuya 2ª Edición ve la luz en paralelo con esta publicación. Lo que precisamente ha animado a estos autores a lanzarse con esta publicación ha sido la más que buena acogida del anterior título en todo el mercado de habla hispana, así como las peticiones de muchos de sus lectores de poder disponer de un libro sobre fundamentos de electricidad, con la misma metodología pedagógica.

En la elaboración de sus contenidos se ha procurado emplear un lenguaje sencillo y claro, a la vez que riguroso, y se han utilizado procesos matemáticos básicos, pero que a su vez sean capaces de permitir culminar el proceso de aprendizaje con un nivel suficiente de conocimientos. Como valor añadido, en múltiples explicaciones se presentan los razonamientos desde varios ángulos o niveles matemáticos posibles y en una gran cantidad de casos se exponen las aplicaciones prácticas concretas de cada teoría vista.

El texto se ha estructurado en ocho capítulos y cuatro interesantes anexos; en sus más de cuatrocientas figuras se presentan de forma sintética y esquemática los diferentes contenidos que se desarrollan a lo largo del texto y que encuentran un buen punto de apoyo en el más de un centenar de problemas prácticos resueltos que se presentan. Es un libro útil, no solo durante la etapa de aprendizaje, sino también posteriormente durante el ejercicio de la actividad profesional.

El libro está dirigido preferentemente a los alumnos de los Ciclos Formativos de Formación Profesional de Electricidad-Electrónica, también para la asignatura Electrotecnia del Bachillerato Tecnológico, así como para alumnos de los primeros cursos de Grados en Ingenierías, Arquitectura y, en general, estudios técnicos que incorporen en su currículo asignaturas o módulos relacionados con la electricidad. Se ha pensado también para cubrir parte de la programación de un curso de Experto Profesional en Equipos e Instalaciones Eléctricas (http://volta.ieec.uned.es/programa_ENER.asp), reconocido con 20 créditos ECTS en un título propio de la UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia), que se imparte totalmente a distancia (*on line*). También puede ser útil para profesionales del sector y, en general, para todas aquellas personas que se encuentren en diferentes entornos relacionados con el mundo de la electricidad, bien por cursar enseñanzas profesionales o por desarrollar tareas en empresas que tengan que ver con este tipo de actividades.

Esperamos que esta obra cumpla con sus expectativas y le sea de utilidad.



9 788499 641348



Fundamentos y problemas de electrostática, corriente continua, electromagnetismo y corriente alterna

Electricidad

Juan Luis Hernández Martín
Antonio Colmenar Santos



9 788499 641348

Electricidad

Fundamentos y problemas de electrostática, corriente continua, electromagnetismo y corriente alterna



Juan Luis Hernández Martín
Antonio Colmenar Santos



ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS	17
AUTORES	19
CAPÍTULO 1. ELECTROSTÁTICA	21
1.1 ELECTRICIDAD Y ELECTROTECNIA	22
1.2 ELECTRIZACIÓN DE UN CUERPO. CARGA ELÉCTRICA	23
1.3 ESTRUCTURA ATÓMICA DE LA MATERIA	29
1.4 CUERPOS CONDUCTORES Y AISLANTES.....	33
1.5 LEY DE COULOMB	35
1.6 FUERZA ELÉCTRICA DEBIDA A VARIAS CARGAS. PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN.....	37
1.7 CAMPO ELÉCTRICO. INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO E	37
1.8 CAMPO ELÉCTRICO DEBIDO A VARIAS CARGAS PUNTUALES. PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN	41
1.9 TRABAJO ELÉCTRICO. DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO EN UN CAMPO ELÉCTRICO UNIFORME	42
1.10 COMPORTAMIENTO DE UN CONDUCTOR Y UN AISLANTE EN UN CAMPO ELÉCTRICO	44
1.11 DIFERENCIA DE POTENCIAL Y POTENCIAL ELÉCTRICO DEBIDO A UNA CARGA PUNTUAL	45
1.12 POTENCIAL ELÉCTRICO DEBIDO A VARIAS CARGAS PUNTUALES.....	49
1.13 ENERGÍA POTENCIAL ELÉCTRICA	49
1.14 FLUJO ELÉCTRICO.....	50
1.15 LEY DE GAUSS.....	51

1.16 TODA LA CARGA DE UN CONDUCTOR, EN EQUILIBRIO ELECTROESTÁTICO, SE CONCENTRA EN SU SUPERFICIE.....	52
1.17 INTENSIDAD DE CAMPO E Y POTENCIAL ELÉCTRICO V DEBIDO A UNA ESFERA MACIZA CONDUCTORA CARGADA.....	53
1.18 INTENSIDAD DE CAMPO E Y POTENCIAL ELÉCTRICO V DEBIDO A UNA CORTEZA ESFÉRICA CONDUCTORA CARGADA	55
1.19 INTENSIDAD DE CAMPO E Y POTENCIAL ELÉCTRICO V DEBIDO A UN VOLUMEN ESFÉRICO CON CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA.....	55
1.20 INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO E Y DIFERENCIA DE POTENCIAL V_{AB} DEBIDO A UNA CARGA LINEAL UNIFORME λ DE LONGITUD INFINITA	56
1.21 INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO E DEBIDO A UN PLANO INFINITO DE DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE DENSIDAD DE CARGA.....	58
1.22 INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO E DEBIDO A DOS PLANOS INFINITOS PARALELOS CARGADOS CON CARGAS OPUESTAS.....	58
1.23 CAMPO EN LA PROXIMIDAD DE LA SUPERFICIE DE UN CONDUCTOR (TEOREMA DE COULOMB)	59
1.24 EL POTENCIAL DE UN CONDUCTOR AISLADO ES EL MISMO EN TODOS SUS PUNTOS	60
1.25 CAMPO EN EL INTERIOR DE UN CONDUCTOR HUECO, SIN CARGA Y CON CARGA	60
1.26 CAMPO ELÉCTRICO SOBRE LA SUPERFICIE DE UN CONDUCTOR. PRESIÓN ELECTROSTÁTICA	62
1.27 EN UN CONDUCTOR LAS CARGAS ELÉCTRICAS SE ACUMULAN EN LAS PUNTAS	63
1.28 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN CONDUCTOR CARGADO EN EQUILIBRIO ELECTROSTÁTICO.....	65
1.29 RESUMEN DE CONCEPTOS Y FÓRMULAS DE LA ELECTROSTÁTICA.....	66
1.30 EJERCICIOS Y PROBLEMAS DE APLICACIÓN	67
CAPÍTULO 2. CONDENSADOR	79
2.1 CAPACIDAD DE UN CONDUCTOR.....	80
2.2 CAPACIDAD DE UNA ESFERA.....	81
2.3 CONDENSADOR. CONDENSADOR PLANO	82
2.4 CONDENSADOR PLANO: EFECTO DE UN DIELECTRICO	86
2.5 RUPTURA DEL DIELECTRICO. RIGIDEZ DIELECTRICA DE LOS MATERIALES	89
2.6 CONDENSADOR CILÍNDRICO. GENERALIZACIÓN DE LA FÓRMULA DE LA CAPACIDAD DEL GENERADOR PLANO	90
2.7 DIELECTRICOS. POLARIZACIÓN.....	92
2.8 DESPLAZAMIENTO ELÉCTRICO D.....	96

2.9 LEY DE GAUSS EN PRESENCIA DE UN DIELECTRICO	96
2.10 FINALIDAD DEL DIELECTRICO EN LOS CONDENSADORES.....	98
2.11 ENERGÍA DE UN CONDENSADOR CARGADO	98
2.12 COMPORTAMIENTO DE UN CONDUCTOR Y UN DIELECTRICO EN UN CAMPO ELÉCTRICO	101
2.13 ANALOGÍA HIDRÁULICA DE UN CONDENSADOR.....	102
2.14 ASOCIACIÓN DE CONDENSADORES	103
2.15 ASOCIACIÓN DE CONDENSADORES EN PARALELO	103
2.16 ASOCIACIÓN DE CONDENSADORES EN SERIE.....	104
2.17 ASOCIACIÓN MIXTA DE CONDENSADORES.....	105
2.18 RESUMEN DE CONCEPTOS Y FÓRMULAS DE ESTE CAPÍTULO.....	106
2.19 EJERCICIOS Y PROBLEMAS DE APLICACIÓN	107
CAPÍTULO 3. CORRIENTE CONTINUA.....	127
3.1 ELECTRODINÁMICA. CIRCUITO ELÉCTRICO. ELEMENTOS ACTIVOS Y PASIVOS EN LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS	128
3.2 CORRIENTE ELÉCTRICA. INTENSIDAD DE LA CORRIENTE.....	132
3.3 DENSIDAD DE CORRIENTE. VELOCIDAD DE ARRASTRE.....	135
3.4 DIFERENCIA DE POTENCIAL. TENSIÓN. FUERZA ELECTROMOTRIZ. DIPOLO ELÉCTRICO	137
3.5 TRABAJO ELÉCTRICO. POTENCIA ELÉCTRICA	139
3.6 LEY DE OHM	142
3.7 RESISTENCIA ELÉCTRICA DE UN CONDUCTOR. CONDUCTANCIA ELÉCTRICA. RESISTENCIA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA.....	146
3.8 EFECTO Y LEY DE JOULE.....	149
3.9 RESISTOR. RESISTORES FIJOS, VARIABLES Y NO LINEALES.....	150
3.10 ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS	152
3.11 ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS EN SERIE	153
3.12 ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS EN PARALELO	153
3.13 ASOCIACIÓN MIXTA DE RESISTENCIAS	155
3.14 LEY DE OHM GENERALIZADA. FUERZA CONTRAELECTROMOTRIZ ...	155
3.15 APARATOS DE MEDIDAS DE LAS MAGNITUDES ELÉCTRICAS EN CC ...	161
3.16 ELEMENTOS PASIVOS IDEALES Y REALES	165
3.17 ELEMENTOS ACTIVOS IDEALES Y REALES	168
3.18 FUENTE DE TENSIÓN IDEAL Y REAL	169
3.19 FUENTE DE TENSIÓN REAL. CARACTERÍSTICA $V-I$. PUNTO DE FUNCIONAMIENTO.....	170
3.20 FUENTE DE CORRIENTE IDEAL Y REAL	171

3.21 FUENTE DE INTENSIDAD REAL. CARACTERÍSTICA I-V. PUNTO DE FUNCIONAMIENTO	172
3.22 TRANSFORMACIÓN DE FUENTES	173
3.23 EQUIVALENCIA ENTRE ASOCIACIONES DE FUENTES	175
3.24 GENERADORES DE TENSIÓN IGUALES ASOCIADOS EN SERIE Y EN PARALELO	177
3.25 TEMPERATURA DE TRABAJO DE UN CONDUCTOR RECORRIDO POR UNA CORRIENTE ELÉCTRICA	178
3.26 PROTECCIÓN DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS: FUSIBLE.....	181
3.27 CAÍDA DE TENSIÓN EN UNA LÍNEA DE CORRIENTE CONTINUA	184
3.28 CÁLCULO DE UNA LÍNEA DE CC	186
3.29 PRODUCCIÓN DE CALOR POR ENERGÍA ELÉCTRICA	186
3.30 RESUMEN DE CONCEPTOS Y FÓRMULAS DE ESTE CAPÍTULO.....	188
3.31 EJERCICIOS Y PROBLEMAS DE APLICACIÓN	190
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE CIRCUITOS EN CORRIENTE CONTÍNUA.....	213
4.1 DEFINICIONES EN REDES ELÉCTRICAS	214
4.2 LEYES DE KIRCHHOFF	215
4.3 APLICACIÓN DE LAS LEYES DE KIRCHHOFF EN RESOLUCIÓN DE REDES: MÉTODO DE CORRIENTES DE RAMAS	219
4.4 APLICACIÓN DE LAS LEYES DE KIRCHHOFF EN RESOLUCIÓN DE REDES: MÉTODO DE CORRIENTES DE MALLAS.....	221
4.5 APLICACIÓN DE LAS LEYES DE KIRCHHOFF EN RESOLUCIÓN DE REDES: MÉTODO DE LAS TENSIONES DE LOS NUDOS.....	223
4.6 PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN	225
4.7 TEOREMA DE THÉVENIN.....	228
4.8 TEOREMA DE NORTON.....	230
4.9 TRANSFORMACIÓN DE FUENTES THÉVENIN Y NORTON.....	232
4.10 TEOREMA DE SUSTITUCIÓN	234
4.11 TEOREMA DE RECIPROCIDAD.....	235
4.12 TEOREMA DE MILLMAN	236
4.13 TEOREMA DE TELLEGEN.....	236
4.14 TEOREMA DE KENNELLY	237
4.15 TEOREMA DE LA MÁXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA.....	239
4.16 RÉGIMEN TRANSITORIO Y RÉGIMEN PERMANENTE	241
4.17 REGÍMENES TRANSITORIOS: CIRCUITO RC	242
4.18 REGÍMENES TRANSITORIOS: CIRCUITO RL	247
4.19 RESUMEN COMPARATIVO DE LOS ELEMENTOS PASIVOS R , L Y C EN CORRIENTE CONTINUA.....	252

4.20 RESUMEN DE CONCEPTOS Y FÓRMULAS DE ESTE CAPÍTULO.....	253
4.21 EJERCICIOS Y PROBLEMAS DE APLICACIÓN	253
CAPÍTULO 5. ELECTROMAGNETISMO: FUENTES DE CAMPO MAGNÉTICO, FUERZAS ELECTROMAGNÉTICAS, MATERIALES MAGNÉTICOS.....	295
5.1 ELECTROMAGNETISMO. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA.....	296
5.2 MAGNETISMO. IMANES NATURALES E IMANES ARTIFICIALES. POLOS MAGNÉTICOS. CAMPO MAGNÉTICO. INDUCCIÓN MAGNÉTICA B	298
5.3 FLUJO MAGNÉTICO Φ	301
5.4 LEY DE GAUSS PARA EL MAGNETISMO	304
5.5 CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR UNA CARGA EN MOVIMIENTO. CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR UNA CORRIENTE. LEY DE BIOT-SAVART	305
5.6 CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR UNA CORRIENTE RECTILÍNEA	308
5.7 CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR UNA CORRIENTE CIRCULAR.....	310
5.8 CIRCULACIÓN DE LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA B	312
5.9 TEOREMA DE AMPÈRE	313
5.10 INDUCCIÓN MAGNÉTICA EN EL INTERIOR DE UN CONDUCTOR RECTILÍNEO.....	317
5.11 INDUCCIÓN MAGNÉTICA EN UN SOLENOIDE	318
5.12 INDUCCIÓN MAGNÉTICA EN UNA BOBINA	320
5.13 FUERZA MAGNÉTICA SOBRE UNA CARGA ELÉCTRICA EN EL INTERIOR DE UN CAMPO MAGNÉTICO FUERZA DE LORENTZ	322
5.14 FUERZA MAGNÉTICA SOBRE UN CONDUCTOR RECTILÍNEO POR EL QUE CIRCULA UNA CORRIENTE. FUERZA DE LAPLACE	324
5.15 FUERZA MAGNÉTICA SOBRE UN CONDUCTOR CUALQUIERA	326
5.16 MOMENTO SOBRE UNA ESPIRA DE CORRIENTE. PRINCIPIO DEL FLUJO MÁXIMO. MOMENTO MAGNÉTICO DE UNA ESPIRA.....	328
5.17 FUERZA ELECTROMAGNÉTICA ENTRE DOS CORRIENTES RECTILÍNEAS PARALELAS	332
5.18 EFECTO HALL.....	334
5.19 EXCITACIÓN MAGNÉTICA. PERMEABILIDAD MAGNÉTICA RELATIVA. CORRIENTES AMPERIANAS.....	335
5.20 IMANACION. TEOREMA DE AMPÈRE PARA EL VECTOR H	339
5.21 MATERIALES MAGNÉTICOS: DIAMAGNETISMO, PARAMAGNETISMO, FERROMAGNETISMO.....	341
5.22 HISTÉRESIS MAGNÉTICA	346
5.23 BOBINA DE NÚCLEO CORTO: CAMPO DESMAGNETIZANTE	348

5.24 REFRACCIÓN DE LAS LÍNEAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA	350
5.25 TABLA COMPARATIVA DE CAMPO MAGNÉTICO Y CAMPO ELÉCTRICO	352
5.26 RESUMEN DE CONCEPTOS Y FÓRMULAS DE ESTE CAPÍTULO.....	354
5.27 EJERCICIOS Y PROBLEMAS DE APLICACIÓN	356
CAPÍTULO 6. ELECTROMAGNETISMO: INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA, CIRCUITOS MAGNÉTICOS	377
6.1 FUERZA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA. LEY DE FARADAY-HENRY	378
6.2 LEY DE LENZ.....	382
6.3 FUERZA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA DINÁMICA: CAMPO ELÉCTRICO INDUCIDO Y FEM INDUCIDA EN UN CONDUCTOR EN MOVIMIENTO	385
6.4 FUERZA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA ESTÁTICA: CAMPO ELÉCTRICO INDUCIDO Y FEM INDUCIDA POR UN FLUJO CAMBIANTE EN EL TIEMPO	390
6.5 ESTUDIO ENERGÉTICO DE UN GENERADOR Y UN MOTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA ELEMENTAL. TRABAJO ELECTROMAGNÉTICO...	392
6.6 FÓRMULA GENERAL DE LA LEY DE AMPÈRE	394
6.7 CORRIENTES DE FOUCAULT	396
6.8 AUTOINDUCCIÓN. COEFICIENTE DE AUTOINDUCCIÓN L DE UN CIRCUITO	399
6.9 ENERGÍA DE UN CAMPO MAGNÉTICO	401
6.10 ENERGÍA PERDIDA POR HISTÉRESIS	404
6.11 PÉRDIDAS MAGNÉTICAS TOTALES: PÉRDIDAS EN EL HIERRO	405
6.12 ACOPLAMIENTO MAGNÉTICO. INDUCTANCIA MUTUA	406
6.13 ENERGÍA ALMACENADA EN UN ACOPLAMIENTO MAGNÉTICO.....	412
6.14 REGLA DE LOS PUNTOS PARA BOBINAS CON ACOPLAMIENTO MAGNÉTICO	415
6.15 RELACIÓN ENTRE EL COEFICIENTE DE INDUCCIÓN L Y EL COEFICIENTE DE INDUCTANCIA MUTUA M	417
6.16 INDUCTANCIAS EN SERIE	418
6.17 INDUCTANCIAS EN PARALELO.....	420
6.18 FUERZA DE UN ELECTROIMÁN.....	422
6.19 CIRCUITO MAGNÉTICO. LEY DE HOPKINSON	423
6.20 CIRCUITO MAGNÉTICO CON ENTREHIERRO	426
6.21 RELUCTANCIAS EN SERIE.....	429
6.22 RELUCTANCIAS EN PARALELO	429
6.23 RELUCTANCIAS EN SERIE Y PARALELO.....	430

6.24 CIRCUITO CON PARTE MÓVIL. CONVERSIÓN ELECTROMECAÁNICA DE ENERGÍA.....	430
6.25 FUGAS MAGNÉTICAS. COEFICIENTE DE HOPKINSON.....	432
6.26 FUERZA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA EN UNA ESPIRA GIRATORIA: GENERADOR ELEMENTAL.....	433
6.27 FUERZA CONTRAELECTROMOTRIZ INDUCIDA EN UNA ESPIRA GIRATORIA: MOTOR ELEMENTAL.....	437
6.28 ECUACIONES DE MAXWELL.....	438
6.29 RESUMEN DE CONCEPTOS Y FÓRMULAS DE ESTE CAPÍTULO.....	440
6.30 EJERCICIOS Y PROBLEMAS DE APLICACIÓN	443
CAPÍTULO 7. CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA	459
7.1 GENERACIÓN DE UNA FEM SINUSOIDAL	460
7.2 MAGNITUDES Y VALORES FUNDAMENTALES DE UNA SEÑAL SINUSOIDAL.....	461
7.3 FRECUENCIA Y PARES DE POLOS EN LOS GENERADORES DE CA.....	467
7.4 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE MAGNITUDES SINUSOIDALES. REPRESENTACIÓN CARTESIANA Y FASORIAL	468
7.5 OPERACIONES BÁSICAS CON NÚMEROS COMPLEJOS.....	475
7.6 CIRCUITO EN CORRIENTE ALTERNA: IMPEDANCIA.....	478
7.7 ASOCIACIÓN DE IMPEDANCIAS EN CA: EN SERIE, EN PARALELO, MIXTAS	481
7.8 LEYES DE KIRCHHOFF EN CA	484
7.9 GENERALIZACIÓN DE LAS FÓRMULAS Y TEOREMAS DE LAS REDES DE CC A REDES DE CA.....	485
7.10 CIRCUITO DE CA SINUSOIDAL CON RESISTENCIA R : TENSIÓN E INTENSIDAD	485
7.11 CIRCUITO DE CA SINUSOIDAL CON RESISTENCIA R : POTENCIA ACTIVA P	487
7.12 CIRCUITO DE CA SINUSOIDAL CON INDUCTANCIA L : TENSIÓN, INTENSIDAD, REACTANCIA INDUCTIVA X_L	489
7.13 CIRCUITO DE CA SINUSOIDAL CON INDUCTANCIA L : POTENCIA REACTIVA INDUCTIVA Q_L	493
7.14 CIRCUITO DE CA SINUSOIDAL CON CAPACIDAD C : TENSIÓN, INTENSIDAD, REACTANCIA CAPACITIVA X_C	496
7.15 CIRCUITO DE CA SINUSOIDAL CON CAPACIDAD C : POTENCIA REACTIVA CAPACITIVA Q_C	500
7.16 CIRCUITO DE RLC EN SERIE: DIAGRAMA DE TENSIONES Y DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS	503
7.17 POTENCIAS EN CIRCUITOS RLC: POTENCIA ACTIVA, REACTIVA Y APARENTE	506

7.18 FACTOR DE POTENCIA Y COSENO DE φ . CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	514
7.19 APARATOS DE MEDIDA Y FORMAS DE CONEXIÓN.....	518
7.20 TEOREMA DE BOUCHEROT.....	519
7.21 RESONANCIA. RESONANCIA EN SERIE Y EN PARALELO	520
7.22 CIRCUITOS ELÉCTRICOS CON SEÑALES NO SENOIDALES: ARMÓNICOS	523
7.23 LOS ARMÓNICOS: ORIGEN, FUENTES, EFECTOS, CONSECUENCIAS, MEDIDAS CORRECTIVAS	528
7.24 POTENCIAS EN LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS CON SEÑALES NO SENOIDALES	531
7.25 RESUMEN DE CONCEPTOS Y FÓRMULAS DE ESTE CAPÍTULO.....	536
7.26 EJERCICIOS Y PROBLEMAS DE APLICACIÓN	540
CAPÍTULO 8. CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA.....	573
8.1 GENERACIÓN DE UN SISTEMA TRIFÁSICO	574
8.2 GENERADOR TRIFÁSICO CONECTADO EN ESTRELLA Y. TENSIONES E INTENSIDADES.....	578
8.3 GENERADOR TRIFÁSICO CONECTADO EN TRIÁNGULO Δ . TENSIONES E INTENSIDADES.....	581
8.4 CARGAS EQUILIBRADAS: CARGAS IGUALES EN ESTRELLA Y	584
8.5 CARGAS EQUILIBRADAS: CARGAS IGUALES EN TRIÁNGULO Δ	587
8.6 CARGAS DESEQUILIBRADAS: CARGAS DIFERENTES EN ESTRELLA Y CON NEUTRO	588
8.7 CARGAS DESEQUILIBRADAS: CARGAS DIFERENTES EN ESTRELLA Y SIN NEUTRO	590
8.8 CARGAS DESEQUILIBRADAS: CARGAS DIFERENTES EN TRIÁNGULO Δ	592
8.9 TRANSFORMACIÓN ESTRELLA EN TRIÁNGULO Y TRIÁNGULO EN ESTRELLA.....	594
8.10 DETERMINACIÓN DE LA SECUENCIA DE FASES.....	595
8.11 POTENCIAS EN UN SISTEMA TRIFÁSICO: CASO GENERAL	597
8.12 POTENCIA INSTANTÁNEA EN UN SISTEMA TRIFÁSICO EQUILIBRADO.....	598
8.13 POTENCIA ACTIVA P , REACTIVA Q Y APARENTE S EN UN SISTEMA TRIFÁSICO EQUILIBRADO EN ESTRELLA Y.....	600
8.14 POTENCIA ACTIVA P , REACTIVA Q Y APARENTE S EN UN SISTEMA TRIFÁSICO EQUILIBRADO EN TRIÁNGULO Δ	601
8.15 MEDIDAS DE POTENCIA EN LOS SISTEMAS TRIFÁSICOS	603

8.16 MEDIDA DE LA POTENCIA EN UN SISTEMA EQUILIBRADO CON NEUTRO RSTN	603
8.17 MEDIDA DE LA POTENCIA EN UN SISTEMA EQUILIBRADO SIN NEUTRO RST	604
8.18 MEDIDA DE LA POTENCIA EN UN SISTEMA DESEQUILIBRADO CON NEUTRO RSTN	606
8.19 MEDIDA DE LA POTENCIA EN UN SISTEMA DESEQUILIBRADO SIN NEUTRO RST. MÉTODO DE LOS TRES VATÍMETROS	607
8.20 MEDIDA DE LA POTENCIA EN UN SISTEMA DESEQUILIBRADO SIN NEUTRO RST. MÉTODO DE LOS DOS VATÍMETROS. PARTICULARIZACIÓN PARA SISTEMAS EQUILIBRADOS.....	610
8.21 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN UN SISTEMA TRIFÁSICO.....	614
8.22 VENTAJAS DEL SISTEMA TRIFÁSICO FRENTE AL SISTEMA MONOFÁSICO.....	617
8.23 RESUMEN DE CONCEPTOS Y FÓRMULAS DE ESTE CAPÍTULO.....	619
8.24 EJERCICIOS Y PROBLEMAS DE APLICACIÓN	623
ANEXO A. GRANDES PERSONAJES EN LA HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD.....	647
ANEXO B. MAGNITUDES VECTORIALES. OPERACIONES	675
ANEXO C. TRIGONOMETRÍA.....	681
ANEXO D. NÚMEROS COMPLEJOS	685
BIBLIOGRAFÍA.....	691
ÍNDICE DE MAGNITUDES Y UNIDADES	693
ÍNDICE ALFABÉTICO.....	697