

MANUAL DEL INSTALADOR ELECTRICISTA

CATEGORIA III



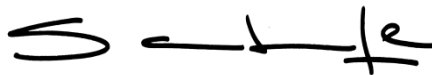
Prólogo

Después de un largo recorrido, hoy, como presidente de la Fundación Relevando Peligros organización impulsora de la ley, les dejo el legado a cada uno de ustedes... confiando que en cada capacitación y cada examen formen un camino hacia las instalaciones seguras.

La aplicación definitiva de la Ley de Seguridad Eléctrica implica un profundo compromiso con la vida y un paso enorme hacia un proceso de construcción social, del cual son parte. A partir de ahora, gracias a la normativa y a su accionar, podremos hablar de instalaciones lícitas, lugares seguros y vidas salvadas.

Ustedes, como profesionales encargados de llevar la seguridad eléctrica tanto a la vía pública como a hogares e instituciones públicas y privadas, son quienes deben, con su trabajo, dedicación, responsabilidad, compromiso y profesionalismo, poner de manifiesto estos valores esenciales y llevar a la Ley a su máxima expresión de "cuidar la vida de las personas".

Siempre agradecida...

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sandra Meyer'.

Sandra Meyer

Presidente | Fundación Relevando Peligros

ÍNDICE

MÓDULO I	6
CONCEPTOS BÁSICOS ASOCIADOS A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	6
1.1. SISTEMA MÉTRICO LEGAL ARGENTINO	6
1.2. DEFINICIONES DE MAGNITUDES	8
1.3. MATEMÁTICA.....	8
1.4. ARITMÉTICA.....	9
1.5. CONCEPTO DE NÚMEROS	10
1.6. LOS NÚMEROS RACIONALES	11
1.7. LOS NÚMEROS ENTEROS POSITIVOS Y NEGATIVOS.....	11
1.8. SUMA O ADICIÓN	12
1.9. RESTA O SUSTRACCIÓN.....	13
1.10. ADICIÓN Y SUSTRACCIÓN DE NÚMEROS ENTEROS	14
1.11. TRANSPOSICIÓN DE TÉRMINOS	16
1.12. MULTIPLICACIÓN O PRODUCTO	17
1.13. DIVISIÓN O COCIENTE	19
1.14. FRACCIONES	22
1.15. TRANSPOSICIÓN DE FACTORES Y DIVISIONES.....	23
1.16. ECUACIONES	24
1.17. OPERACIONES CON FRACCIONES.....	25
1.18. PROPIEDADES DISTRIBUTIVAS DEL PRODUCTO Y DEL COCIENTE CON RESPECTO A LA SUMA Y A LA RESTA.....	27
1.19. POTENCIACIÓN	28
1.20. RADICACIÓN	34
1.21. PORCENTAJE	36
1.22. GEOMETRÍA	36
1.23. TRIÁNGULOS	38
1.24. TEOREMA DE PITÁGORAS.....	39
1.25. POLÍGONOS Y FIGURAS PLANAS REDONDAS	40
1.26. EJES COORDENADOS CARTESIANOS.....	42
1.27. REPRESENTACIÓN DE UNA ONDA	46
1.28. ESCALAS NORMALIZADAS.....	47
1.29. NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DE PLANOS ELÉCTRICOS	49
1.30. ESQUEMA UNIFILAR O DIAGRAMA UNIFILAR.....	56
1.31. CROQUIZACIÓN.....	57
MÓDULO II	59
PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	59
2.1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	59

2.2. INTENSIDAD DE CORRIENTE	61
2.3. DIFERENCIA DE POTENCIAL O TENSIÓN ELÉCTRICA	62
2.4. LEY DE OHM	64
2.5. UNIDADES INTERNACIONALES.....	66
2.6. RESISTENCIA ELÉCTRICA.....	66
2.7. RESISTENCIA DE CUERPOS AISLADORES	69
2.8. RESISTENCIA DE CONTACTO.....	71
2.9. AGRUPAMIENTO DE RESISTENCIAS	72
2.10. EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA RESISTENCIA	76
2.11. VOLTAJE TERMINAL	76
2.12. PILAS Y BATERÍAS	77
2.13. POTENCIA ELÉCTRICA, ENERGÍA Y CALOR	80
2.14. LEYES DE KIRCHHOFF	81
2.15. ELECTROMAGNETISMO	84
2.16. CORRIENTE CONTINUA.....	96
2.17. CORRIENTE ALTERNADA	97
2.18. SISTEMAS MONOFÁSICOS, BIFÁSICOS Y TRIFÁSICOS.....	113
2.19. EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA CORRIENTE	122
2.20. CONTACTO DIRECTO E INDIRECTO	135
2.21. MEDIDAS ELÉCTRICAS.....	137
2.22. APARATOS DE MEDIDA.....	141
2.23. MEDICIÓN DE AISLAMIENTO	172
2.24. MEDICIÓN DE PUESTA A TIERRA	177
MÓDULO 3	179
MATERIALES Y ELEMENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	179
3.1. CONDUCTORES Y CABLES ELÉCTRICOS	179
3.2. CANALIZACIONES.....	185
3.3. LÁMPARAS	190
3.3-1. Lámparas de Incandescencia.....	190
3.3-2. Lámparas incandescentes halógenas.....	191
3.3-3. Lámparas de Descarga.....	192
3.3-4. Lámparas de Descarga de Baja Presión.....	193
3.3-5. Lámparas de Descarga de Alta Presión.....	193
3.3-6. Led.....	194
3.4. PROTECCIÓN DE CONDUCTORES	195
3.4-1. Fusibles.....	195
3.4-2. Interruptores Automáticos.....	198
3.4-3. Interruptor Diferencial.....	205
3.4-4. Protectores de Sobretenensión.....	210

3.4-5. Puesta a Tierra	211
3.5. EL CONTACTOR.....	215
3.6. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS.....	219
3.7. TRANSFORMADORES.....	228
3.8. MOTORES ELÉCTRICOS	233
3.9. GRADOS DE PROTECCIÓN IP SEGÚN NORMA IRAM 2444 E IEC 60529 E Ik.....	250
SEGÚN IEC 62262	250
3.10. CLASE TÉRMICA DE LOS AISLANTES ELÉCTRICOS.....	251
3.11. TRATAMIENTO DE MATERIALES TÓXICOS ELÉCTRICOS	253
MÓDULO IV	277
DISEÑO, CÁLCULO Y EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DOMICILIARIAS FIJAS	277
4.1. CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES. NORMAS Y REGLAMENTACIONES	277
4.2. COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN	287
4.3. ESQUEMAS TÍPICOS DE CONEXIONES PARA TABLEROS SECCIONALES	291
4.4. REGLAS Y CRITERIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA INSTALACIÓN	292
4.5. SELECCIÓN DE CONDUCTORES	306
4.6. REGLAS DE INSTALACIÓN.....	306
4.7. SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	345
4.8. PUESTA A TIERRA.....	348
4.9. PROTECTORES DE SOBRETENSIÓN.....	350
4.10. PUESTA EN SERVICIO DE INSTALACIONES.....	350
4.11. NOCIONES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.....	351
4.12. ACOMETIDAS.....	353
4.13. NOCIONES DE PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN DE TAREAS	357
MÓDULO V	360
NORMATIVAS Y REGLAMENTOS DEL SECTOR	360
5.1. LEY PROVINCIAL DE SEGURIDAD ELÉCTRICA Nº 10.281 Y SU DECRETO REGLAMENTARIO Nº 1.022.....	360
5.2. LEY NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO Nº 19.587.....	362
5.3. INTERRELACIÓN DE LA LEY NACIONAL CON LEY PROVINCIAL	368
5.4. CONSIDERACIONES GENERALES.....	368
5.5. REGLAMENTACIÓN DE AEA Nº 90.364	370
5.6. REGLAMENTO DE COMERCIALIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	372
5.7. TRAMITES SOLICITUD DE SERVICIO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	374
5.8. SANCIONES PREVISTAS EN RESOLUCIÓN GENERAL ERSEP 05/2016.....	377
5.9. CERTIFICADO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA APTA. RESOLUCIÓN GENERAL ERSEP 05/2016.....	381

MÓDULO I

CONCEPTOS BÁSICOS ASOCIADOS A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Definición de Magnitudes. Conceptos y Unidades.

1.1. Sistema Métrico Legal Argentino

El Sistema Métrico Legal Argentino o también llamado SIMELA es el sistema de unidades de medida vigente en Argentina, de uso obligatorio y exclusivo en todos los actos públicos o privados.

Está constituido por las unidades, múltiplos y submúltiplos, prefijos y símbolos del Sistema Internacional de Unidades (SI) y las unidades ajenas al SI que se incorporan para satisfacer requerimientos de empleo en determinados campos de aplicación. Fue establecido por la ley 19511 de 1972.

Unidades de base

El SIMELA adopta las siete unidades de base del SI, que por convención se consideran dimensionalmente independientes:

Magnitud	Símbolo de la magnitud	Unidad	Símbolo de la unidad
Longitud	l	metro	m
Masa	m	kilogramo	kg
Tiempo	t	segundo	s
Intensidad de corriente eléctrica	I	ampere	A
Temperatura	T, θ	kelvin	K
Intensidad luminosa	I_v	candela	cd
Cantidad de sustancia	n	mol	mol

Tabla Nº 1

Unidades derivadas: son las que resultan de productos, cocientes, o productos de potencias de las unidades SI de base, y tienen como único factor numérico el 1, formando un sistema coherente de unidades. Algunas unidades derivadas tienen nombres especiales y símbolos particulares.

Magnitud	Unidad	Símbolo de la unidad	Notas
Área	metro cuadrado	m ²	
Volumen	metro cúbico	m ³	
Frecuencia	hercio	Hz	1 Hz=1/s
Densidad	kilogramo por metro cúbico	kg/m ³	
Velocidad	metro por segundo	m/s	
Fuerza	newton	N	1 N=1 kg m/s ²
Presión, tensión mecánica	pascal	Pa	1 Pa=1 N/m ²
Trabajo, energía o cantidad de calor	joule	J	1 J=1 N m
Potencia	vatio	W	1 W=1 J/s
Carga eléctrica, cantidad de electricidad	coulomb	C	1 C=1 A s
Potencial eléctrico, tensión eléctrica, diferencia de potencial o fuerza Electromotriz	voltio	V	1 V=1 W/A
Intensidad de campo eléctrico	voltio por metro	V/m	
Resistencia eléctrica	ohm	Ω	1 Ω=1 V/A
Conductancia eléctrica	siemens	S	1 S=1 Ω ⁻¹ =1 A/V
Capacidad eléctrica	faradio	F	1 F=1 A s/V
Flujo de inducción magnética	weber	Wb	1 Wb=1 V s
Inductancia	henrio	H	1 H=1 V s/A
Inducción magnética	tesla	T	1 T=1 Wb/m ²
Intensidad de campo magnético	amperio por metro	A/m	
Fuerza magnetomotriz	amperio	A	
Flujo luminoso	lumen	lm	1 lm=1 cd sr
Luminancia	candela por metro cuadrado	cd/m ²	
Iluminancia	lux	lx	1 lx=1 lm/m ²

Tabla Nº2

Unidades del SIMELA que no se encuentran en el SI: estas unidades, que provienen de distintos sistemas, constituyen un conjunto heterogéneo que por ser no coherente hace necesario el uso de factores de conversión distintos de 1 para relacionarlas entre sí. No deben ser empleadas fuera del campo de aplicación para el cual han sido indicadas.

Campo de aplicación	Magnitud	Unidad	Símbolo de la unidad	Valor en unidades SI
Agrimensura	área	centiárea	ca	1 m ²
	área	área	a	10 ² m ²
	área	hectárea	ha	10 ⁴ m ²
Electrotecnia	potencia aparente	voltampere	VA	1
	potencia reactiva	var	var	1
	carga eléctrica	ampere hora	Ah	3,6 × 10 ³ C

Tabla Nº 3

1.2. Definiciones de Magnitudes

Fuerza: magnitud física que se manifiesta de manera lineal y representa la intensidad de intercambio entre dos partículas o cuerpos (sistema de partículas). A partir de la fuerza, se puede modificar el movimiento o la forma de los cuerpos. La fuerza, como magnitud tiene una dirección y sentido. En el sistema internacional de unidades se define con el Newton – N.

Trabajo: es desarrollado por una fuerza cuando ésta logra modificar el estado de movimiento que tiene un objeto. El trabajo mecánico equivale, por lo tanto, a la energía que se necesita para mover el objeto en cuestión. Se representa con la letra W, $W = F \times d$. Su unidad en el SI es Julio – J.

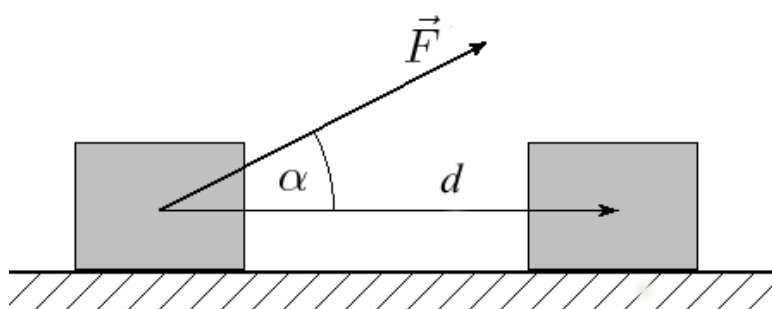


Figura N° 1

Potencia: es la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. $P = W/t$. Su unidad es el Vatio – W.

Energía: se define como la capacidad de realizar un trabajo. Energía y trabajo son equivalentes y, por tanto, se expresan en las mismas unidades. Su unidad es $J \times seg = W$.

1.3. Matemática

Es el estudio de las relaciones entre cantidades, magnitudes y propiedades, y de las operaciones lógicas utilizadas para deducir cantidades, magnitudes y propiedades desconocidas. En el pasado la matemática era considerada como la ciencia de la cantidad, referida a las magnitudes (como en la *geometría*), a los números (como en la *aritmética*), o a la generalización de ambos (como en el *álgebra*). Hacia mediados del siglo XIX la matemática se empezó a considerar como la ciencia de las relaciones, o como la ciencia que produce condiciones necesarias. Esta última noción abarca la lógica matemática o simbólica, ciencia

que consiste en utilizar símbolos para generar una teoría exacta de deducción e inferencia lógica basada en definiciones, axiomas, postulados y reglas que transforman elementos primitivos en relaciones y teoremas más complejos.

En paralelo con los estudios sobre matemática pura se llevaron a cabo estudios de óptica, mecánica y astronomía. Muchos de los grandes matemáticos, como Euclides y Arquímedes, también escribieron sobre temas astronómicos. A principios del siglo II a.C., los astrónomos griegos adoptaron el sistema babilónico de almacenamiento de fracciones y, casi al mismo tiempo, compilaron tablas de las cuerdas de un círculo. Para un círculo de radio determinado, estas tablas daban la longitud de las cuerdas en función del ángulo central correspondiente, que crecía con un determinado incremento. Eran similares a las modernas tablas del seno y coseno, y marcaron el comienzo de la *trigonometría*. En la primera versión de estas tablas — las de Hiparco, hacia el 150 a.C.— los arcos crecían con un incremento de $7,5^\circ$, de 0° a 180° . En tiempos del astrónomo Tolomeo, en el siglo II d.C., la maestría griega en el manejo de los números había avanzado hasta tal punto que Tolomeo fue capaz de incluir en su *Almagesto* una tabla de las cuerdas de un círculo con incrementos de 1° que, aunque expresadas en forma sexagesimal, eran correctas hasta la quinta cifra decimal.

1.4. Aritmética

Significa literalmente, *arte de contar*. La palabra deriva del griego *arithmetike*, que combina dos palabras: *arithmos*, que significa 'número', y *techne*, que se refiere a un arte o habilidad (técnica).

Los números usados para contar son los *naturales* o *enteros positivos*. Se obtienen al añadir 1 al número anterior en una serie sin fin. Las distintas civilizaciones han desarrollado a lo largo de la historia diversos tipos de sistemas numéricos. Uno de los más comunes es el usado en las culturas modernas, donde los objetos se cuentan en grupos de 10. Se le denomina sistema en base 10 o *decimal*.

En el sistema en base 10, cuenta con diez símbolos o dígitos que permiten contar desde el cero hasta el 9. A partir de éste último, es necesarios combinar dos dígitos hasta la unidad 99. Desde allí hace falta combinar 3 dígitos y así sucesivamente.

La aritmética se ocupa del modo en que los **números** se pueden combinar mediante operaciones llamadas **suma** o **adición**, **resta** o **sustracción**, **multiplicación** o **producto** y **división** o **cociente**. Asimismo, se pueden considerar dos operaciones más: la **potenciación** y la **radicación**. Aquí la palabra *número* se refiere también a los números negativos, irracionales, algebraicos y fracciones que se definirán más adelante.

1.5. Concepto de Números

Los números más sencillos son los **números naturales**, 1, 2, 3 ...; también se denominan **enteros positivos**, **racionales enteros positivos** o números **cardinales**. Los números naturales tienen la propiedad *uniforme* para la adición y la multiplicación, es decir, la suma y el producto de dos números naturales es siempre un número natural. Sin embargo, algunos casos de resta (por ejemplo $9 - 15$), no dan resultado positivo. Eso hizo surgir los números **negativos**. Por otra parte, dado que el cociente (resultado de dividir) de dos números naturales no siempre es un número natural, es conveniente introducir una nueva clase de números: los **quebrados** o **fracciones positivas**, que representan el cociente de cualquier pareja de números naturales. Todo número natural n puede identificarse con la fracción $n/1$. De la misma manera, puesto que la diferencia de dos fracciones positivas no siempre es una fracción positiva, conviene añadir las fracciones negativas (incluyendo los enteros negativos) y el número cero (0). Los enteros y quebrados positivos y negativos junto con el número cero forman el **sistema de los números racionales**.

La suma, la diferencia, el producto y el cociente de dos números racionales es siempre un número racional, aunque la división por cero no está permitida.

Cualquier número racional se puede representar como un decimal periódico, es decir, como un número en notación decimal que a partir de cierta posición decimal está formado por la repetición infinita de un conjunto de dígitos llamado *período*; igualmente, todo decimal periódico se puede representar como un número racional. Por ejemplo, $617/50 = 12,34000...$ y $2317/990 = 2,34040...$ El primer número se suele escribir como 12,34, prescindiendo del periodo, que sólo contiene la cifra 0. El segundo número se escribe normalmente como

$$2,34\overline{0} \text{ o } 2,34\overline{0}$$

para indicar que el periodo, con los dos dígitos 4 y 0, se repite indefinidamente. El primer tipo de número, en el que el periodo está formado por el dígito 0, se denomina decimal *finito* o *no periódico*, y el segundo se denomina decimal *periódico*.

1.6. Los Números Racionales

Durante el desarrollo de la geometría se sugirió la necesidad de un nuevo tipo de números reales. La longitud de la diagonal de un cuadrado de lados la unidad de longitud no se puede expresar utilizando números racionales. De la misma manera, la proporción entre la circunferencia y el diámetro de un círculo no es un número racional. Estos y otros casos muestran la necesidad de introducir los números irracionales. Ninguna de las expresiones decimales mencionadas en el párrafo anterior puede representar a un *número irracional*. Por ejemplo, $\sqrt{2} = 1,4142135623 \dots$ y $\pi = 3,1415926535 \dots$ son números irracionales, y sus expresiones decimales son necesariamente infinitas y no periódicas.

El conjunto de los números racionales junto con el de los irracionales forman el *conjunto de los números reales*. Existe otra clase de números que se denominan *números imaginarios*, que surgieron de la necesidad de extraer raíces de índice par de números negativos, a lo que se hará mención más adelante. Finalmente, del conjunto de los números reales con los números imaginarios, surgen los *números complejos*.

1.7. Los Números Enteros Positivos y Negativos

a) **Números Enteros Positivos:** Se llaman así a todos los números que representen una cantidad. Los números naturales son los enteros positivos, con la única diferencia que a la hora de representar un entero positivo puede anteponérsele el signo +. El número 8 es un entero positivo y se puede representar como 8 o como +8 El número 24 que también es un entero positivo, se puede representar como 24 o como +24 Los números 11, +32, +7, 35 son todos enteros positivos (no es necesario anteponer +).

b) **Números Enteros Negativos:** Los enteros negativos representan una cantidad en contra o algo que se tiene y necesariamente debe anteponérseles el signo -. El número -8 es

un entero negativo. El número -24 es un entero negativo. Los números -11, -32, -7, -35 son todos enteros negativos y por ello llevarán necesariamente el signo -.

La idea de los números negativos se comprende más fácilmente si primero se toman los números más familiares de la aritmética, los enteros positivos, y se colocan en una línea recta en orden creciente hacia el sentido positivo. Los números negativos se representan de la misma manera empezando desde 0 y creciendo en sentido contrario. La *recta numérica* que se muestra a continuación representa los números positivos y negativos:

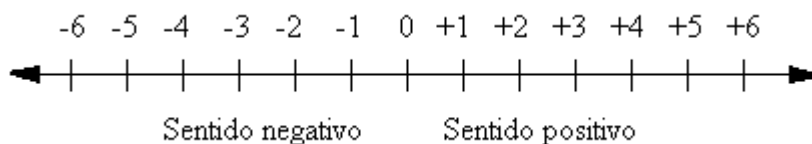


Figura N° 2

c) **Valor Absoluto:** El valor absoluto será la distancia que haya entre determinado número al origen de la recta numérica. En la práctica el valor absoluto es simplemente el valor indicado por el número, sin importar el signo positivo o negativo. En notación simbólica, el valor absoluto de un número cualquiera a se representa $|a|$. Para indicar el valor absoluto de -33 se escribe:

$$|-33| = 33$$

y para indicar el valor absoluto de +15 se escribe:

$$|+15| = 15$$

1.8. Suma o Adición

La suma o adición es una operación que tiene por objeto reunir o agrupar varias cantidades en una sola. Para esto, las diferentes cantidades se van añadiendo la una a la otra. Esta representada por el signo + (más). Se indica con el signo más (+) y es una manera de contar utilizando incrementos mayores que 1. Por ejemplo, cuatro manzanas y cinco manzanas se pueden sumar poniéndolas juntas y contándolas a continuación de una en una hasta llegar a 9. La adición, sin embargo, hace posible calcular sumas más fácilmente. En aritmética, es posible sumar largas listas de números con más de una cifra si se aplican ciertas reglas que simplifican bastante la operación. Los términos de la suma se llaman *sumandos*.

La suma tiene *elemento neutro*. El cero es el elemento neutro de la suma porque siempre se cumple que $a + 0 = a$.

La suma tiene *elemento simétrico*. El elemento simétrico de un número es otro que sumado al anterior da el elemento neutro. El elemento simétrico de a es $-a$, porque $a + (-a) = 0$

Propiedades de la Suma o Adición

Propiedad conmutativa: $a + b = b + a$. Esto significa que si se cambia el orden de los sumandos, el resultado no se altera.

Propiedad asociativa: Si se deben sumar varios números se puede hacerlo por partes. Si se tiene que sumar a , b , c y d , se puede sumar primero $a + b$, después $c + d$ y después sumar los dos resultados anteriores, o se puede sumar $a + c$, después $b + d$ y después sumar los dos resultados anteriores o se puede sumar $a + b$ y al resultado sumarle c y al resultado sumarle d .

1.9. Resta o Sustracción

La resta o sustracción es una operación que tiene por objeto quitarle una parte determinada a una cantidad. Se indica con el signo menos (-) y es la operación opuesta, o *inversa*, de la adición. De nuevo, se podría restar 23 de 66 contando al revés 23 veces empezando por 66 o eliminando 23 objetos de una colección de 66, hasta encontrar el resto, 43. Sin embargo, las reglas de la aritmética para la sustracción nos ofrecen un método más sencillo para encontrar la solución. Los términos de la resta se llaman *minuendo* y *sustraendo*.

Propiedades de la Resta o Substracción

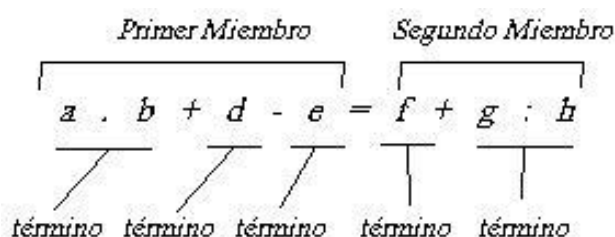
La resta no tiene la propiedad conmutativa (no es lo mismo $a - b$ que $b - a$) y asimismo, no es posible hablar de propiedad asociativa, ya que sólo tiene dos términos y asociarlos significaría encontrar el resultado.

Números Negativos

El cálculo de la sustracción aritmética no es difícil siempre que el sustraendo sea menor que el minuendo. Sin embargo, si el sustraendo es mayor que el minuendo, la única manera de encontrar un resultado para la resta, como ya se vio, es la introducción del concepto de números negativos.

Conceptos de término y de miembro: los números que forman una suma o una resta (sumandos, minuendo o sustraendo) reciben, en general, el nombre de **términos**. Cada uno de ellos está identificado por su *valor absoluto* y por su *signo*. Cada término está separado de otro por los signos de suma o de resta. Se debe destacar que los signos de multiplicación y de división **no separan términos**.

Por otra parte, todos los términos que están a cada lado del signo de igualdad constituyen un **miembro**. El de la izquierda se llama *primer miembro* y el de la derecha se llama *segundo miembro*.



1.10. Adición y Sustracción de Números Enteros

Se tienen dos posibilidades, las cuales son:

a) **Números de igual signo:** Cuando se tienen dos o más números de igual signo, se *suman* las cantidades y al resultado se le antepone el mismo signo. Ejemplos:

$$35 + 46 + 11 = + 92$$

$$-12 - 28 - 21 = -(12 + 28 + 21) = -61$$

b) **Números de signos diferentes:** Si tenemos números de diferentes signos, se *resta* el número mayor menos el número menor y el resultado llevará el signo del número mayor. Ejemplos:

$$35 - 46 = - (46-35) = - 11$$

$$-12 + 28 = + (28 - 12) = + 16$$

Símbolos de agrupación: cuando se desea indicar que algunas operaciones deben realizarse previo a obtener el resultado final, se las encierra entre paréntesis, corchetes y/o llaves. Por ejemplo:

$$\{a + b + [c - (d + e) + f] + g\} =$$

Se verá un ejemplo numérico:

$$10 + \{8 + 5 + [4 - (2 + 6) + 7] - 3\} =$$

Una forma de resolver esta expresión es resolviendo en primer lugar la suma contenida dentro de los paréntesis, luego la contenida dentro de los corchete y finalmente la contenida dentro de las llaves, efectuando las operaciones que resten:

$$10 + \{8 + 5 + [4 - 8 + 7] - 3\} =$$

$$10 + \{8 + 5 + 3 - 3\} =$$

$$10 + 13 = 23$$

Otra forma es aplicando la siguiente regla de supresión de símbolos de agrupación: "se pueden suprimir los paréntesis, los corchetes y las llaves, quitando esos símbolos de agrupación y manteniendo los signos de los términos interiores si los símbolos de agrupación están precedidos por el signo + y cambiando todos los signos de los términos interiores si los símbolos de agrupación están precedidos por el signo -". Los símbolos de agrupación deben ser suprimidos de a un par por vez, comenzando desde los más interiores hacia el exterior, o sea suprimiendo primero los paréntesis, luego los corchetes y finalmente las llaves.

En el ejemplo anterior resulta:

$$10 + \{8 + 5 + [4 - (2 + 6) + 7] - 3\} =$$

$$10 + \{8 + 5 + [4 - 2 - 6 + 7] - 3\} =$$

$$10 + \{8 + 5 + 4 - 2 - 6 + 7 - 3\} =$$

$$10 + 8 + 5 + 4 - 2 - 6 + 7 - 3 = 23$$

que es el mismo resultado obtenido anteriormente

Suma algebraica: Se denomina suma algebraica a una sucesión de sumas o restas en cualquier orden y cantidad de términos:

$$a + b + c - d + e - f - g =$$

Resolver una suma algebraica significa encontrar el valor después de realizar las operaciones indicadas. En efecto, el resultado se puede obtener sumando a la cantidad **a** la cifra **b**, al resultado se le suma **c**, al nuevo resultado se le resta **d** obteniéndose un nuevo valor al que se le suma **e**, luego se resta **f** y finalmente se resta **g**.

Propiedad conmutativa de la suma algebraica: establece que se puede cambiar el orden de los términos sin que se altere el resultado, con tal que al conmutar la posición de los términos se lo haga respetando los correspondientes signos. De acuerdo con esto, es posible escribir la expresión anterior de la siguiente manera:

$$a + b + c + e - d - f - g =$$

Teniendo en cuenta la regla anterior de supresión de paréntesis, pero aplicándola en sentido inverso, se puede poner:

$$(a + b + c + e) - (d + f + g) =$$

O sea que una suma algebraica se puede resolver haciendo la resta entre la suma de los términos positivos y la suma de los términos negativos:

$$\begin{aligned} 10 + 8 + 5 + 4 - 2 - 6 + 7 - 3 &= \\ (10 + 8 + 5 + 4 + 7) - (2 + 6 + 3) &= \\ 34 - 11 &= 23 \end{aligned}$$

1.11. Transposición de Términos

En toda igualdad, se puede transponer ("pasar") un término de un miembro a otro sin que altere la igualdad, cambiándole el signo. Si un término figura con signo positivo en uno de los miembros, puede pasar al otro con signo negativo y viceversa. Se debe tener en cuenta que el valor de cada miembro cambia, pero subsiste la igualdad.

$$a + b - c = d$$

$$a + b = d + c$$

$$a = d + c - b$$

Ejemplo numérico:

$$3 + 9 - 2 = 10$$

Si se resuelve el primer miembro, se observa que se verifica la igualdad:

$$10 = 10$$

Si se transponen términos, resulta:

$$3 + 9 = 10 + 2$$

$$3 = 10 + 2 - 9$$

$$3 = 3$$

y como se ve, la igualdad se mantiene, aunque ahora el valor de cada uno de los miembros es 3 en lugar de 10.

Otro ejemplo:

$$26 - 15 = 6 - 18 + 23$$

$$11 = 11$$

Transponiendo términos:

$$26 - 15 + 18 = 6 + 23$$

$$29 = 29$$

1.12. Multiplicación o Producto

La operación aritmética de la multiplicación se indica con el signo por ($\times$). Algunas veces se utiliza un punto para indicar la multiplicación de dos o más números, y otras se utilizan paréntesis. Por ejemplo, 3×4 ; $3 \cdot 4$ y $(3)(4)$ representan todos el producto de **3** por **4**. La multiplicación es simplemente una suma repetida. La expresión 3×4 significa que 3 se ha de sumar consigo mismo 4 veces, o también que 4 se ha de sumar consigo mismo 3 veces, o sea: $3 + 3 + 3 + 3$ o bien $4 + 4 + 4$. En ambos casos, la respuesta es la misma. Pero cuando se multiplican números con varias cifras estas sumas repetidas pueden ser bastante tediosas; sin embargo, la aritmética tiene procedimientos para simplificar estas operaciones.

Los términos de la multiplicación se llaman *multiplicando* (el número que se suma) y *multiplicador* (el número de veces que se suma).

La multiplicación tiene *elemento neutro*. El uno es el elemento neutro de la multiplicación porque siempre se cumple que $\mathbf{a \cdot 1 = a}$.

Propiedades de la multiplicación

Propiedad conmutativa: $\mathbf{a \cdot b = b \cdot a}$. Esta propiedad indica que si se intercambian los factores, el resultado no se altera.

Propiedad asociativa: Si se tiene que multiplicar varios números se puede hacerlo agrupando en cualquier orden. Si se tiene que multiplicar **a, b, c y d**, se puede multiplicar primero **a . b**, después **c . d** y después multiplicar los dos resultados anteriores, o se puede multiplicar **a . c**, después **b . d** y después multiplicar los dos resultados anteriores o se puede multiplicar **a . b** y multiplicar el resultado por **c** y después multiplicarlo por **d**.

Multiplicación de Números Enteros

Cuando se tienen que multiplicar dos o más números enteros, lo primero que se debe hacer es proceder a multiplicar los números sin importar el signo que estos tengan. Una vez que se ha hallado el resultado, se coloca el signo que corresponda de acuerdo a la siguiente Ley de Signos:

$\mathbf{(+)\times(+)= (+)}$	El resultado de multiplicar dos números positivos es un número positivo
$\mathbf{(+)\times(-)= (-)}$	El resultado de multiplicar un número positivo por otro negativo es un número negativo
$\mathbf{(-)\times(+)= (-)}$	El resultado de multiplicar un número negativo por otro positivo es un número negativo
$\mathbf{(-)\times(-)= (+)}$	El resultado de multiplicar dos números negativos es un número positivo

Por ejemplo, si se quiere multiplicar $\mathbf{-20 \times 5}$

$\mathbf{-20 \times 5}$	Tener en cuenta que cuando un número no lleva signo, es positivo.
-------------------------	---

$$(-20) \times (+5)$$

En esta operación 20 es un número negativo y 5 es un número positivo.

$$20 \times 5 = 100$$

Se calcula el producto $20 \times 5 = 100$

$$-20 \times 5 = -100$$

Como se tiene un número negativo y otro positivo, el resultado será un número negativo

Se debe emplear el mismo procedimiento para cualquier caso de multiplicación de números enteros o con signo que se presente.

1.13. División o Cociente

La división es la operación inversa a la multiplicación. Un número llamado *dividendo*, dividido por otro llamado divisor es otro número llamado cociente tal que multiplicado por el divisor resulte igual al dividendo. En símbolos:

$$a \div b = c \quad \text{si} \quad c \cdot b = a$$

$$18 \div 3 = 6 \quad \text{porque} \quad 6 \times 3 = 18$$

Es evidente que la división no goza de la propiedad conmutativa (no se puede cambiar dividendo por divisor) y no tiene sentido hablar de propiedad asociativa.

Se dice que la división es exacta cuando el dividendo contiene al divisor un número exacto de veces.

Múltiplos y Divisores

a) **Múltiplos:** Decimos que un número es múltiplo de otro cuando se puede dividir entre este. Por ejemplo, 8 es múltiplo de 2, porque si dividimos $8 \div 2$ nos da resultado exacto.

A continuación presentamos algunos ejemplos: 20 es múltiplo de 5, porque $20 \div 5$ nos da resultado exacto 28 es múltiplo de 7, porque $28 \div 7$ nos da resultado exacto 81 es múltiplo de 3, porque $81 \div 3$ nos da resultado exacto.

b) **Divisores:** El divisor, también llamado submúltiplo, es lo inverso al múltiplo. Por ejemplo, 4 es divisor de 24, ya que 24 se puede dividir entre 4.

Algunos ejemplos de divisores: 5 es divisor de 20, porque 20 se puede dividir entre 5 .7 es divisor de 28, porque 28 se puede dividir entre 7 .3 es divisor de 81, porque 81 se puede dividir entre 3.

División de Números Enteros

Cuando se tiene que dividir números enteros, lo primero que se debe hacer es proceder a dividir los números sin importar el signo que estos tengan. Una vez hallado el resultado, se coloca el signo que corresponda de acuerdo a la siguiente Ley de Signos (que es prácticamente la misma que la que vista para la multiplicación):

$(+) \div (+) = (+)$ El resultado de dividir dos números positivos es un número positivo

$(+) \div (-) = (-)$ El resultado de dividir un número positivo entre otro negativo es un número negativo

$(-) \div (+) = (-)$ El resultado de dividir un número negativo entre otro positivo es un número negativo

$(-) \div (-) = (+)$ El resultado de dividir dos números negativos es un número positivo

Por ejemplo, si se quiere dividir $(-80) \div (-5)$

$(-80) \div (-5)$ En esta operación tanto -80 como -5 son números negativos.

$80 \div 5 = 16$ Se calcula el cociente $80 \div 5 = 16$

$-80) \div (-5) = +16$ Como se tienen dos números negativos dividiéndose, el resultado será un número positivo

$(-80) \div (-5) = 16$ Recordando siempre que cuando un número es positivo no es necesario ponerle signo

El mismo procedimiento se empleará para cualquier caso de división de números enteros o con signo que se presente.

Comparación de Números Enteros

Para comparar números enteros se debe tener en cuenta que:

a) Cualquier número positivo es mayor que cualquier número negativo. Por ejemplo: 4 es mayor que -1, ya que 4 es un entero positivo y -1 es un entero negativo. +3 es mayor que -18, ya que +3 es un entero positivo y -18 es un entero negativo. Estas desigualdades se expresan simbólicamente de la siguiente manera:

$$4 > -1 \quad \text{que se lee } \textit{cuatro es mayor que menos uno}$$

$$+3 > -18 \quad \text{que se lee } \textit{más tres es mayor que menos dieciocho}$$

b) Entre números positivos será mayor el que represente mayor cantidad. Por ejemplo: +5 es mayor que +3, ya que 5 representa mayor cantidad que 3. 16 es mayor que 8, ya que 16 representa mayor cantidad que 8. +13 es mayor que +12, ya que 13 representa mayor cantidad que 12.

$$+5 > +3 \quad \text{que se lee } \textit{cinco es mayor que tres}$$

$$16 > 8 \quad \text{que se lee } \textit{dieciséis es mayor que ocho}$$

$$+13 > +12 \quad \text{que se lee } \textit{trece es mayor que doce}$$

c) Entre números negativos será mayor el que represente menor cantidad.(o sea el que tenga menor valor absoluto) Por ejemplo: -2 es mayor que -5, ya que 2 representa menor cantidad que 5. -11 es mayor que -13, ya que 11 representa menor cantidad que 13

$$-2 > -5 \quad \text{que se lee } \textit{menos dos es mayor que menos cinco}$$

$$-11 > -13 \quad \text{que se lee } \textit{menos once es mayor que menos trece}$$

Teoría de los Divisores

Antes de pasar a las fracciones, se deben mencionar algunos detalles sobre otras clases de números. Un número **par** es aquél que es divisible por 2. Un número **impar** es aquél que no es divisible por 2. Un número **primo** es cualquier entero positivo mayor que 1 y que sólo es divisible por sí mismo y por 1. Algunos ejemplos de números primos son 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19... El único número primo par es el 2. Los enteros que no son primos se denominan **compuestos**, y todos se pueden expresar como producto de números primos.

1.14. Fracciones

Los números que representan partes de un todo se denominan números racionales, fracciones o quebrados. En general, las fracciones se pueden expresar como el cociente de dos números enteros a y b :

$$\frac{a \text{ (numerador)}}{b \text{ (denominador)}}$$

Una fracción está en su forma reducida o canónica si el numerador y el denominador no tienen un factor común. Por ejemplo:

$$\frac{6}{8}$$

no está en su forma reducida pues ambos, 6 y 8, son divisibles por 2:

$$\frac{6}{8} = \frac{2 \times 3}{2 \times 4}$$

sin embargo, $\frac{3}{4}$ es una fracción en su forma canónica.

Existen dos tipos de fracciones, propias e impropias. Una *fracción propia* es aquella en la que el numerador es menor que el denominador; $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}$; $\frac{17}{356}$ son fracciones propias. Una *fracción impropia* es aquella en que el numerador es mayor que el denominador; $\frac{7}{5}$; $\frac{9}{4}$; $\frac{67}{23}$ son fracciones impropias. Las fracciones impropias se pueden convertir en números mixtos o en enteros (por ejemplo, $\frac{7}{5} = 1\frac{2}{5}$; $\frac{24}{6} = 4$ si se divide el numerador por el denominador y el resto se expresa como una fracción del denominador).

Números Decimales

El concepto de valores posicionales se puede extender para incluir a las fracciones. En vez de escribir $\frac{2}{10}$ o dos décimos, se puede utilizar una coma decimal (,) de manera que 0,2 representa también a la misma fracción. Del mismo modo que las cifras a la izquierda de la coma representan las unidades, decenas, centenas..., aquéllas a la derecha de la coma

representan los lugares de las décimas ($\frac{1}{10}$), centésimas ($\frac{1}{100}$), milésimas ($\frac{1}{1000}$) y así sucesivamente. Estos valores posicionales siguen siendo potencias de 10, que se escriben como 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} ... En general, un número como 5.428,632 se denomina quebrado o *fracción decimal*, (que se lee como: "cinco mil cuatrocientos veintiocho enteros con seiscientos treinta y dos milésimas). La parte decimal es 0,632 y representa

$$\begin{array}{c} 6(10^{-1}) + 3(10^{-2}) + 2(10^{-3}) \\ \text{décimas} \quad \text{centésimas} \quad \text{milésimas} \end{array}$$

1.15. Transposición de Factores y Divisiones

En toda igualdad, se puede transponer ("pasar") un factor de un miembro a otro sin que altere la igualdad, como divisor y viceversa, todo divisor se puede transponer al otro miembro como factor. En ningún caso cambia el signo del número transpuesto. En este caso también se debe tener en cuenta que el valor de cada miembro cambia, pero subsiste la igualdad.

$$\begin{array}{l} \frac{a}{b} = d \\ a = d \times b \end{array}$$

Ejemplo numérico:

$$\frac{12}{4} = 3$$

Si se resuelve el primer miembro, se observa que se verifica la igualdad:

$$3 = 3$$

Si se transpone el divisor 4, resulta:

$$12 = 3 \cdot 4$$

$$12 = 12$$

y como se ve, la igualdad se mantiene, aunque ahora el valor de cada uno de los miembros es 12 en lugar de 3. Otro ejemplo:

$$34 = 17 \times 2$$

$$34 = 34$$

Transponiendo el factor 2 del segundo miembro como divisor al primero:

$$\frac{34}{2} = 17$$

$$17 = 17$$

1.16. Ecuaciones

Se llama ecuación a toda igualdad que se cumple solamente para determinado valores de una de sus letras, llamada incógnita. Cuando el mayor exponente de esa incógnita es 1, se dice que la ecuación es de *primer grado*. Ejemplo:

$$2 \cdot x + 5 = 9$$

es una ecuación ya que si a x se le asigna cualquier valor distinto de 2, no se cumple la igualdad.

Este tipo de ecuaciones se resuelve mediante transposiciones de términos. En efecto, si dejamos al término $2 \cdot x$ solo en el primer miembro, se obtiene:

$$2 \cdot x = 9 - 5$$

Transponiendo el factor 2 del primer miembro como divisor de todo el segundo miembro, resulta:

$$x = \frac{9 - 5}{2}$$

$$x = \frac{4}{2}$$

$$x = 2$$

El valor encontrado para la incógnita, en este caso el 2, se llama *raíz* de la ecuación

Otros ejemplos:

$$3x - 2 = 4$$

$$3x = 4 + 2$$

$$x = \frac{4 + 2}{3}$$

$$x = 2$$

1.17. Operaciones con Fracciones

Suma y resta de fracciones: Se pueden presentar dos casos: a) que las fracciones tengan el mismo denominador y b) que las fracciones tengan distintos denominadores.

$$15 - 2x = 7$$

$$-2x = 7 - 15$$

$$x = \frac{7-15}{-2} = \frac{-8}{-2}$$

$$x = 4$$

$$9 = 12 + 3x$$

$$9 - 12 = 3x$$

$$\frac{9-12}{3} = x$$

$$\frac{-3}{3} = x$$

$$-1 = x$$

a) Suma y resta de fracciones de igual denominador: la suma o la resta de fracciones de igual denominador da como resultado una fracción con el mismo denominador cuyo numerador es la suma o la resta de los numeradores respectivamente. Ejemplos:

Suma:

$$\frac{a}{d} + \frac{b}{d} + \frac{c}{d} = \frac{a+b+c}{d}$$

$$\frac{7}{5} + \frac{3}{5} + \frac{2}{5} = \frac{7+3+2}{5} = \frac{12}{5}$$

Resta:

$$\frac{a}{c} - \frac{b}{c} = \frac{a-b}{c}$$

$$\frac{7}{5} - \frac{3}{5} = \frac{7-3}{5} = \frac{4}{5}$$

b) Suma y resta de fracciones de distinto denominador: Para sumar o restar fracciones de distinto denominador se debe transformar las fracciones a fracciones de igual denominador. La manera más sencilla de hacer esto es multiplicando numerador y denominador de cada fracción por los denominadores de las restantes fracciones. Una vez

transformadas todas las fracciones a común denominador, se las suma o resta como en el caso a). Ejemplos:

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} + \frac{e}{f} = \frac{a \times d \times f}{b \times d \times f} + \frac{c \times b \times f}{d \times b \times f} + \frac{e \times b \times d}{f \times b \times d}$$

$$\frac{3}{7} + \frac{1}{3} + \frac{5}{2} = \frac{3 \times 3 \times 2}{7 \times 3 \times 2} + \frac{1 \times 7 \times 2}{3 \times 7 \times 2} + \frac{5 \times 7 \times 3}{2 \times 7 \times 3} =$$

$$\frac{18}{42} + \frac{14}{42} + \frac{105}{42} = \frac{18 + 14 + 105}{42} = \frac{137}{42}$$

Una forma resumida de operar es la siguiente: se hace el producto de todos los denominadores y se coloca como nuevo denominador. A continuación se divide este nuevo denominador por el denominador de la primera fracción y al resultado se lo multiplica por el numerador de dicha fracción colocándose el resultado como primer sumando del nuevo numerador. Se continúa con las siguientes fracciones y se resuelve como en el caso anterior. Ejemplos:

$$\frac{3}{7} + \frac{1}{3} + \frac{5}{2} = \frac{42 : 7 \times 3 + 42 : 3 \times 1 + 42 : 2 \times 5}{42} = \frac{18 + 14 + 105}{42} = \frac{137}{42}$$

En el caso de las restas, el procedimiento es similar. Ejemplos:

$$\frac{a}{b} - \frac{c}{d} = \frac{a \times d}{b \times d} - \frac{c \times b}{d \times b}$$

$$\frac{7}{5} - \frac{2}{3} = \frac{7 \times 3}{5 \times 3} - \frac{2 \times 5}{3 \times 5} = \frac{21}{15} - \frac{10}{15} = \frac{21 - 10}{15} = \frac{11}{15}$$

o bien:

$$\frac{7}{5} - \frac{2}{3} = \frac{15 : 5 \times 7 - 15 : 3 \times 2}{15} = \frac{21 - 10}{15} = \frac{11}{15}$$

Producto o multiplicación de fracciones: El producto o multiplicación de fracciones da como resultado otra fracción cuyo numerador y cuyo denominador es el producto de los numeradores y denominadores de los factores respectivamente. Ejemplos:

$$\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times \frac{e}{f} = \frac{a \times c \times e}{b \times d \times f}$$

$$\frac{3}{2} \times \frac{11}{7} \times \frac{5}{3} = \frac{3 \times 11 \times 5}{2 \times 7 \times 3} = \frac{165}{42}$$

Cociente de fracciones: Para efectuar el cociente o división de dos fracciones, se transforma la operación en un producto de la fracción dividendo por la fracción divisor invertida:

$$\frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}} = \frac{a}{b} \times \frac{d}{c}$$

$$\frac{\frac{2}{3}}{\frac{4}{5}} = \frac{2}{3} \times \frac{5}{4} = \frac{10}{12}$$

Fracciones equivalentes: Se denominan fracciones equivalentes a aquellas que representan el mismo número, por ejemplo:

$$\frac{3}{5} \xrightarrow{\times 5} \frac{15}{25} \Rightarrow \frac{3}{5} = \frac{15}{25}$$

Una fracción es equivalente a otra cuando el numerador y el denominador de la segunda son múltiplos (o submúltiplos) del numerador y del denominador respectivamente de la primera

1.18. Propiedades Distributivas del Producto y del Cociente con Respecto a la Suma y a la Resta

Propiedad distributiva del producto con respecto a la suma: El producto de una suma por un número es igual a la suma de los productos de cada uno de los términos de la suma por dicho número. En símbolos:

$$(a + b + c) \cdot d = a \cdot d + b \cdot d + c \cdot d$$

Ejemplo numérico:

$$(4 + 3 + 5) \cdot 2 = 4 \cdot 2 + 3 \cdot 2 + 5 \cdot 2$$

Resolviendo cada uno de los miembros de la igualdad anterior, resulta:

$$12 \cdot 2 = 8 + 6 + 10$$

$$24 = 24$$

Propiedad distributiva del producto con respecto a la resta: El producto de una resta por un número es igual a la resta del producto del minuendo por dicho número menos el producto del sustraendo por dicho número. En símbolos:

$$(a - b) \cdot c = a \cdot c - b \cdot c$$

Ejemplo numérico:

$$(7 - 3) \cdot 2 = 7 \cdot 2 - 3 \cdot 2$$

Resolviendo cada uno de los miembros de la igualdad anterior, resulta:

$$4 \cdot 2 = 14 - 6$$

$$8 = 8$$

De las dos propiedades anteriores, se puede obtener la siguiente propiedad general:

Propiedad distributiva del producto con respecto a la suma algebraica: El producto de una suma algebraica por un número es igual a la suma algebraica de los productos de cada uno de los términos de la suma por dicho número, teniendo en cuenta en cada producto, la regla de los signos para la multiplicación. En símbolos:

$$(a + b - c) \cdot d = a \cdot d + b \cdot d - c \cdot d$$

Ejemplo numérico:

$$(4 + 3 - 5) \cdot 2 = 4 \cdot 2 + 3 \cdot 2 - 5 \cdot 2$$

Resolviendo cada uno de los miembros de la igualdad anterior, resulta:

$$2 \cdot 2 = 8 + 6 - 10$$

$$4 = 4$$

1.19. Potenciación

En numerosas ocasiones se tiene que multiplicar un número por si mismo una cantidad dada de veces, por ejemplo: $5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5$

Una forma de representar esta operación es 5^7 (esto quiere decir que hay que multiplicar 5 por si mismo 7 veces).

El número inferior se llama *base* y el superior *exponente*. Cuando el exponente es 2, se dice que la potencia es *al cuadrado* y si el exponente es 3, la potencia es *al cubo*.

Propiedades de la Potenciación:

Producto de potencias de igual base: El producto de potencias de igual base es otra potencia de la misma base cuyo exponente es la suma de los exponentes dados:

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$$

$$2^2 \times 2^3 = 2^{2+3}$$

$$4 \times 8 = 2^5$$

$$32 = 32$$

Cociente de potencias de igual base: El cociente de potencias de igual base es otra potencia de la misma base cuyo exponente es la suma de los exponentes dados.

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$$

$$\frac{2^5}{2^3} = 2^{5-3}$$

$$\frac{32}{8} = 2^2$$

$$4 = 4$$

Potencia de exponente uno: La potencia uno de cualquier número es igual al mismo número:

$$a^1 = a$$

Potencia de exponente cero: La potencia cero de cualquier número es igual a 1:

$$a^0 = 1$$

Este concepto se deriva a partir de la propiedad anterior.

$$\frac{a^m}{a^m} = 1$$

$$\frac{a^m}{a^m} = a^{m-m} = a^0$$

En efecto, al dividir dos cantidades iguales entre si se obtiene el cociente 1. Por otro lado al aplicar la propiedad anterior, se obtiene una potencia de exponente cero. Si los primeros miembros de una igualdad son iguales, los segundos también deben serlo.

Potencia de una potencia: La potencia de una potencia es igual a otra potencia de igual base cuyo exponente es el producto de los exponentes dados:

$$(a^m)^n = a^{m \cdot n}$$

$$(2^3)^2 = 2^{3 \times 2}$$

$$8^2 = 2^6$$

$$64 = 64$$

Propiedad distributiva de la potenciación con respecto al producto: La potencia enésima de un producto de varios factores es igual al producto de las potencias enésimas de cada uno de los factores:

$$(a \cdot b \cdot c)^n = a^n \cdot b^n \cdot c^n$$

$$(2 \times 3 \times 4)^2 = 2^2 \times 3^2 \times 4^2$$

$$24^2 = 4 \times 9 \times 16$$

$$576 = 576$$

Propiedad distributiva de la potenciación con respecto al cociente: La potencia enésima de un cociente es igual al cociente de las potencias enésimas del dividendo y del divisor:

$$(a/b)^n = a^n/b^n$$

$$(6/3)^2 = 6^2 / 3^2$$

$$2^2 = 36/9$$

$$4 = 4$$

Potencias de exponente negativo: Toda potencia de exponente negativo es igual a una fracción cuyo numerador es la unidad y cuyo denominador es la misma potencia con exponente positivo:

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

Esto se puede demostrar partiendo del concepto de potencia de exponente cero. Como ya se vio, $a^0 = 1$, por lo que se puede escribir:

$$\frac{1}{a^n} = \frac{a^0}{a^n} = a^{0-n} = a^{-n}$$

Potenciación de Números Enteros

Ya se ha definido previamente lo que es la potenciación, por lo cual en esta sección solo se considerará el signo llevará la respuesta de una potencia.

Si el exponente es un número positivo (recordando que cuando no tiene signo es número positivo también), se puede afirmar que de acuerdo al signo de la base y si el exponente es número par o impar, se tendrá:

$(+)^{\text{impar}} = (+)$ Cualquier número positivo elevado a exponente impar tiene resultado positivo

$(+)^{\text{par}} = (+)$ Cualquier número positivo elevado a exponente par tiene resultado positivo

$(-)^{\text{impar}} = (-)$ Cualquier número negativo elevado a exponente impar tiene resultado negativo

$(-)^{\text{par}} = (+)$ Cualquier número negativo elevado a exponente par tiene resultado positivo

Por ejemplo:

$$16^3 = 16 \times 16 \times 16 = 4096$$

$$(-14)^2 = (-14) \times (-14) = 196$$

$$(-17)^3 = (-17) \times (-17) \times (-17) = -4913$$

Ahora, pasara diferente si el exponente es negativo. Cuando se encuentre un exponente negativo se hace lo siguiente:

5^{-3} En este caso se tiene exponente negativo: -3

1 Se escribe una fracción con numerador 1 y denominador la misma base
5³ elevada ahora a exponente positivo

1 Se resuelve la potencia del denominador y el resultado será un número
125 fraccionario

Notación Científica: Cuando se calcula las sucesivas potencias positivas del número 10, se obtiene un resultado particular: siempre es la unidad seguida de tantos ceros como lo indique el exponente de la potencia:

$$10^2 = 100$$

$$10^3 = 1.000$$

$$10^4 = 10.000$$

$$10^5 = 100.000$$

$$10^6 = 1.000.000$$

$$10^7 = 10.000.000$$

.....

Por otra parte, las potencias de exponente negativo de 10 resultan un número decimal cuya parte entera es nula y cuya parte decimal tiene un 1 precedido de tantos ceros como el valor absoluto del exponente menos una unidad. En efecto, tal como ya se vio:

$$10^{-1} = \frac{1}{10} = 0,1$$

$$10^{-2} = \frac{1}{10^2} = \frac{1}{100} = 0,01$$

$$10^{-3} = \frac{1}{10^3} = \frac{1}{1000} = 0,001$$

$$10^{-4} = \frac{1}{10^4} = \frac{1}{10000} = 0,0001$$

$$10^{-5} = \frac{1}{10^5} = \frac{1}{100000} = 0,00001$$

$$10^{-6} = \frac{1}{10^6} = \frac{1}{1000000} = 0,000001$$

.....

El aprovechamiento de la particularidad anterior permite simplificar la notación de números grandes, que implican la utilización de gran cantidad de dígitos. Por ejemplo, el número **3.450.000.000.000** (que se lee tres billones 450 mil millones) puede ser escrito de la siguiente manera:

$$345 \times 10.000.000 \quad \text{o bien} \quad 345 \times 10^7$$

Asimismo, teniendo en cuenta que

$$345 = 3,45 \times 100 = 3,45 \times 10^2$$

la expresión anterior puede ser escrita así:

$$3,45 \times 10^2 \times 10.000.000 = 3,45 \times 10^2 \times 10^7 = 3,45 \times 10^9$$

O sea que, en definitiva, se tiene:

$$3.450.000.000.000 = 3,45 \times 10^9$$

El resultado es un número decimal cuya parte entera siempre tiene un solo dígito, sus decimales son los que le correspondan teniendo en cuenta que se puede recurrir a las reglas habituales de redondeo. De este modo, un número con gran cantidad de dígitos, puede ser escrito en forma sencilla sin perder exactitud. A esta forma de escribir un número se la denomina "**notación científica**". Otros ejemplos son los siguientes:

$$1.234.567.046.098.103.045 = 1,2346 \times 10^{18} \quad (\text{redondeado a las diez milésimas})$$

$$-981761587,689752 = -9,82 \times 10^8 \quad (\text{redondeado a los centésimos})$$

De lo visto se puede deducir la siguiente regla: *para expresar un número cualquiera cuyo valor absoluto sea mayor que uno en notación científica, se escribe un número decimal de un solo dígito entero, que es el primero de número dado, seguido de tantos decimales como se desee y multiplicado por una potencia de diez cuyo exponente es igual al número de dígitos enteros dados menos 1. El signo es el mismo que el del número dado.*

Si el número dado es menor que 1, por ejemplo **0,0000789** es fácil admitir que puede ser escrito de la siguiente manera:

$$0,0000789 = \frac{789}{10000000} = \frac{789}{10^7} = 789 \times 10^{-7}$$

Asimismo:

$$789 = 7,89 \times 10^2$$

de donde:

$$789 \times 10^{-7} = 7,89 \times 10^2 \times 10^{-7} = 7,89 \times 10^{2-7} = 7,89 \times 10^{-5}$$

o sea que:

$$0,0000789 = 7,89 \times 10^{-5}$$

En este caso también es posible enunciar una regla: *para escribir un número de valor absoluto menor que 1 en notación científica se escribe un número decimal cuya parte entera es el primer dígito significativo (distinto de cero) del número dado, seguido de tantos decimales como se desee y multiplicado por una potencia **negativa** de diez cuyo exponente es igual al número de ceros decimales del número dado más 1. El signo es el mismo que el del número dado.*

Otros ejemplos son los siguientes:

$$0,345 = 3,45 \times 10^{-1}$$

$$-0,09653893452 = -9,65 \times 10^{-2} \quad (\text{redondeado a los centésimos})$$

1.20. Radicación

Es una operación inversa de la potenciación y se representa por $\sqrt[n]{}$, donde n es el índice o grado del radical, $\sqrt{}$ es el signo radical y dentro de este último irá un número denominado cantidad subradical o radicando.

El resultado de una raíz es un número, precisamente llamado *raíz* que elevado a un exponente igual al índice del radical da como resultado el radicando:

$$\sqrt[n]{a} = b \quad \text{si} \quad b^n = a$$

$$\sqrt{25} = 5 \quad \text{porque} \quad 5^2 = 25$$

Cuando el índice es 2 se dice que se trata de una *raíz cuadrada* y cuando el índice es 3, se trata de una *raíz cúbica*.

Regla de los Signos de la Radicación

Como ya se vio, en la radicación se busca un número que elevado a un exponente igual al índice del radical dé como resultado el radicando, que podrá ser un número positivo o negativo.

Al resolver se puede encontrar cualquiera de los siguientes casos:

$$\text{impar}\sqrt[n]{(+)} = (+)$$

Raíz impar de un número positivo dará otro número positivo

$$\text{par}\sqrt[n]{(+)} = (+) \text{ y } (-)$$

Raíz par de un número positivo dará un número positivo y otro negativo.

$$\text{par}\sqrt[n]{(-)} = \text{no se puede}$$

Raíz par de un número negativo no se puede determinar

$$\text{impar}\sqrt[n]{(-)} = (-)$$

Raíz impar de un número negativo dará otro número negativo

Veamos el caso de $\sqrt[2]{25}$:

$$\sqrt{25}$$

El índice 2 se omite, es decir, cuando no se escribe ningún índice, éste es 2.

$$\sqrt{25}$$

Se busca un número que elevado a potencia 2 de 25.

$$\sqrt{25}$$

Se cumple: $5^2 = 25$, entonces la respuesta será 5 (respuesta positiva)

$$\sqrt{25}$$

Se cumple: $-5^2 = 25$, entonces la respuesta será -5 (respuesta negativa)

$$\sqrt{25} = +5 \text{ y }$$

$$\sqrt{25} = -5$$

Se tiene dos respuestas en este caso, una positiva y otra negativa, que generalmente se escribe ± 5

En cambio la raíz cúbica de 25, solamente puede ser +5 mientras que la raíz cúbica de -25 solo puede ser -5

Propiedades distributivas de la radicación con respecto al producto y con respecto al cociente: La radicación es distributiva con respecto al producto y al cociente pero no es distributiva con respecto a la suma ni con respecto a la resta.

$$n\sqrt[n]{a \times b \times c} = n\sqrt[n]{a} \times n\sqrt[n]{b} \times n\sqrt[n]{c}$$

$$\sqrt{16 \times 4 \times 9} = \sqrt{16} \times \sqrt{4} \times \sqrt{9}$$

$$\sqrt{576} = 4 \times 2 \times 3$$

$$24 = 24$$

1.21. Porcentaje

Un porcentaje es una parte del total, representada por una fracción cuyo numerador es el valor del porcentaje y cuyo denominador es 100. Así, por ejemplo, un 27 por ciento (que se simboliza 27%) es la fracción:

$$\frac{27}{100} \text{ o bien } 0,27 \text{ expresada en números decimales}$$

De tal modo, que cuando se desea calcular un porcentaje de un número, se debe multiplicar la fracción **porcentaje/100** por dicho número. Ejemplo: sea calcular el 54% de 275. Se debe hacer:

$$275 \times \frac{54}{100} \text{ o sea: } 148,5$$

1.22. Geometría

La Geometría es una parte de la Matemática cuyo objeto es el estudio de ciertos conjuntos de puntos llamados figuras geométricas; éstas pueden ser planas, si todos sus puntos se encuentran en un mismo plano; o espaciales, si sus puntos no se encuentran todos en un mismo plano.

Tres son las figuras elementales de la Geometría: el **-punto**, la **recta** y el **plano**. Se las llama elementales porque con ellas, combinándolas convenientemente, se obtienen todas las figuras que interesan en esta ciencia.

Punto: El punto es tan familiar que cualquier explicación que pretenda darse de él no mejorara el conocimiento que ya se tiene debido a la intuición y la experiencia.

Será suficiente entonces, decir que el punto se representa mediante una pequeña señal que pueda dejar la punta de un lápiz bien afilado; y tanto mejor será esa representación cuanto más afilada está la punta del lápiz. El punto carece de área, ya que es, simplemente, una posición en el espacio.

Se designa un punto con una letra mayúscula de imprenta; así se dice punto A, punto B, punto C.

Es fácil admitir que se pueden imaginar tantos puntos distintos como se quiera, o dicho de otro modo: *en el espacio existen infinitos puntos*.

Recta: La línea recta es un conjunto de puntos; se la representa sobre una superficie plana aplicando una lapicera de pluma muy fina, o un lápiz muy afilado, sobre el borde de una regla, y haciéndola deslizar en forma continua de modo de obtener un trazo, el cual da una imagen de la línea recta tanto más correcta, cuanto más fina es la punta que marca y más lisa la superficie sobre la cual se desplaza.

El conjunto de puntos pertenecientes a una recta es infinito, o sea que se puede imaginar que la recta contiene tantos puntos como se desee.

Por un punto del plano se pueden trazar tantas rectas como se quiera; es decir: *por un punto del plano pasan infinitas rectas*, que lo contienen,

Pero, *dados dos puntos*, por ambos pasa una sola recta que los contiene.

En *el espacio* existen infinitas rectas.

Es muy importante observar que aplicada la regla para dibujar una recta, se puede iniciar el trazo en cualquier punto de la regla para terminarlo en cualquier otro punto de la misma; esto significa que una vez dibujada una parte de la recta, se podría comenzar el trazo un poco más a la izquierda y terminarlo un poco más a la derecha, sin por ello pensar que se trata de una recta distinta de la anterior. Esto equivale a afirmar que la recta no tiene puntos extremos, es decir, teóricamente, es una figura indefinida, ilimitada y sólo la imposibilidad práctica del dibujo nos impide representarla en toda su integridad.

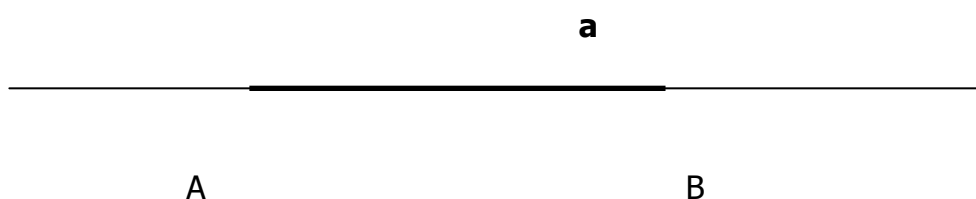


Figura Nº 3

En la figura se ha dibujado una parte de la recta AB en trazo grueso y este dibujo es suficiente para representarla, pero si luego, con trazo más delgado, se dibuja otra porción de la recta a continuación de la anterior, el conjunto representa la misma recta; lo mismo sucede si a continuación se agregan otros trazos. Es decir, se pueden prolongar los trazos indefinidamente y siempre se trata de la misma recta.

Las rectas se identifican con una letra minúscula.

Semirrecta - Rayo: es un subconjunto de puntos de una recta. Es una recta o un segmento de recta que tiene un origen, una dirección y un sentido.



Segmento: es una porción de una recta.



Plano: El plano es la tercera figura elemental de la Geometría. Es una superficie que contiene infinitos puntos e infinitas rectas; una de sus propiedades características es que: *la recta determinada por dos puntos del plano, pertenece al plano.*

Un plano se representa dibujando un paralelogramo, el cual da de él una idea limitada, pero se entiende que debe considerarse ilimitado en todas las posibles direcciones, ya que en cada una de ellas existen rectas que contienen dos puntos comunes con el plano al cual pertenecen íntegramente.

Se sabe que las rectas son ilimitadas, por tanto, el plano que las contiene íntegramente también es ilimitado.

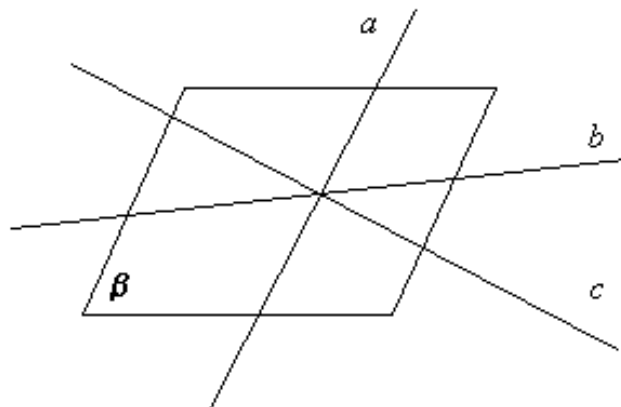


Figura N° 4

Los planos se designan con letras griegas minúsculas: α ; β ; γ ; π ; etc.

1.23. Triángulos

Triángulo: como su nombre lo indica, se trata de figuras planas cerradas con tres lados, y en consecuencia, con tres ángulos interiores y tres vértices:

A; B y C: Vértices

a; b y c: lados

..... y .. ángulos interiores

Clasificación: Los triángulos se clasifican:

a) Según sus lados en:

- i) **Escaleno**, si sus tres lados tienen distinta magnitud.
- ii) **Isósceles**, si tiene dos lados congruentes. Al tercer lado se le denomina **base**.
- iii) **Equilátero**, si sus tres lados son congruentes.

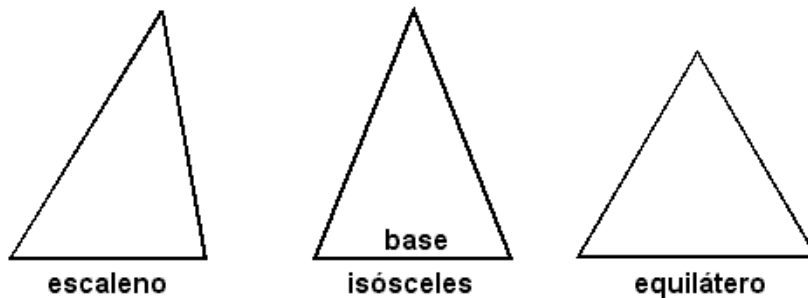


Figura N° 5

b) Según sus ángulos en:

- i) **Acutángulo**, si sus tres ángulos interiores son agudos.
- ii) **Rectángulo**, si un ángulo interior es recto. Al lado opuesto a ese ángulo recto se le llama **hipotenusa** y a los otros dos lados **catetos**.
- iii) **Obtusángulo**, si un ángulo interior es obtuso.

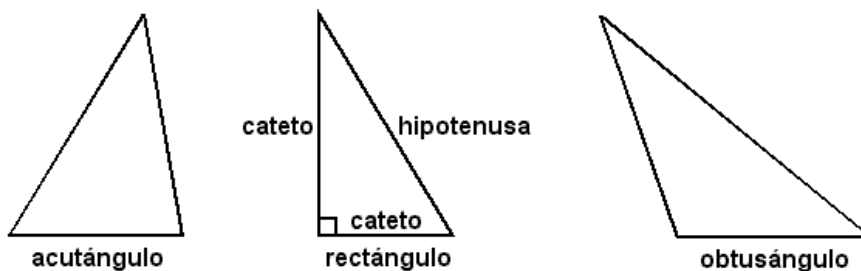


Figura N° 6

1.24. Teorema de Pitágoras

Un de las propiedades de los triángulos rectángulos es la enunciada en el llamado "Teorema de Pitágoras" que dice: *"en todo triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos"*:

$$h^2 = a^2 + b^2$$

$$h = \sqrt{a^2 + b^2}$$

también:

$$a^2 = h^2 - b^2$$

$$a = \sqrt{h^2 - b^2}$$

y:

$$b^2 = h^2 - a^2$$

$$b = \sqrt{h^2 - a^2}$$

De lo visto se deducen las siguientes reglas:

- a) *En todo triángulo rectángulo, la hipotenusa es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los catetos*
- b) *En todo triángulo rectángulo, un cateto es igual a la raíz cuadrada de la diferencia entre el cuadrado de la hipotenusa y el cuadrado del otro cateto.*

1.25. Polígonos y Figuras Planas Redondas

Son figuras geométricas cerradas, formadas por segmentos de recta. Si todos los lados y todos los ángulos del polígono son iguales el polígono se llama *polígono regular*.

Los polígonos más importantes son, el triángulo, ya estudiado, y los cuadriláteros.

Cuadriláteros: Son polígonos que tienen cuatro lados. Entre los principales de ellos se distinguen:

Paralelogramos: Son cuadriláteros que tienen sus lados paralelos dos a dos. Son paralelogramos el *rectángulo*, el *cuadrado* y el *rombo*.

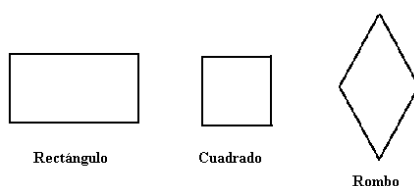


Figura N° 7

Trapezio: es un cuadrilátero que tiene dos lados paralelos.



Trapezio

Figura N° 8

Circunferencia y círculo: Otra de las figuras planas de interés, que no es un polígono, es la ***circunferencia***, que es una línea cerrada que tiene la propiedad de que todos los puntos de esa línea están a la misma distancia de un punto fijo (centro).

El segmento de recta que va desde el centro hasta la circunferencia se llama radio. El segmento de recta que va desde un punto de la circunferencia a otro pasando por el centro se llama diámetro.

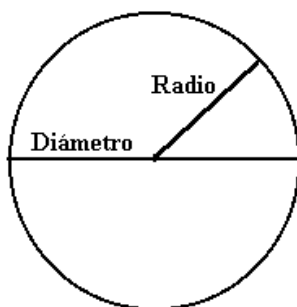


Figura N° 9

Las circunferencias tienen una propiedad muy notable: Si se mide la longitud de una circunferencia y se la divide por su diámetro siempre da el mismo número. A ese número se le ha dado el nombre de π (pi).

La longitud de la circunferencia es $2 \pi r$.

La superficie interior limitada por la circunferencia se llama ***círculo***. El área del círculo es πr^2 .

Áreas de figuras planas: Las áreas de las figuras planas más usuales son las siguientes:

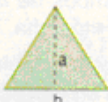
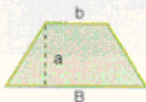
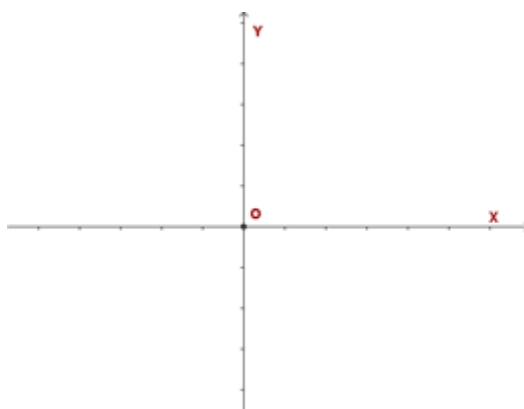
Figura	Nombre	Área	Figura	Nombre	Área
	Cuadrado	$A = l \cdot l = l^2$		Polígono regular	$A = \frac{\text{Perímetro} \cdot ap}{2}$
	Rectángulo	$A = b \cdot a$		Círculo	$A = \pi \cdot r^2$
	Triángulo	$A = \frac{b \cdot a}{2}$		Sector circular	$A = \frac{\pi \cdot r^2}{360^\circ} \cdot n^\circ$
	Rombo	$A = \frac{D \cdot d}{2}$		Segmento circular	$A = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot n^\circ}{360^\circ} - \frac{b \cdot a}{2}$
	Romboide	$A = b \cdot a$		Corona circular	$A = \pi (R^2 - r^2)$
	Trapecio	$A = \frac{B + b}{2} \cdot a$			

Tabla N° 4

1.26. Ejes Coordenados Cartesianos

Unos **ejes de coordenadas** lo forman dos ejes perpendiculares entre sí, que se cortan en el origen.

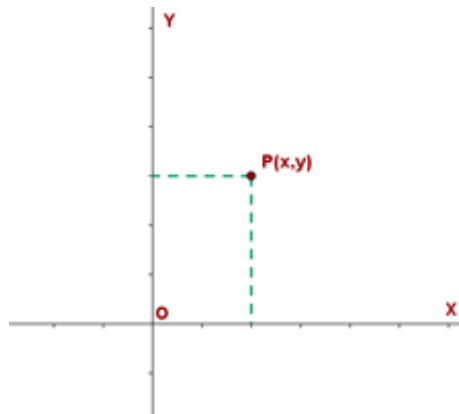


El eje horizontal se llama **eje X** o **eje de abscisas**.

El eje vertical se llama **eje Y** o **eje de ordenadas**.

El **punto O**, donde se cortan los dos ejes, es el **origen de coordenadas**.

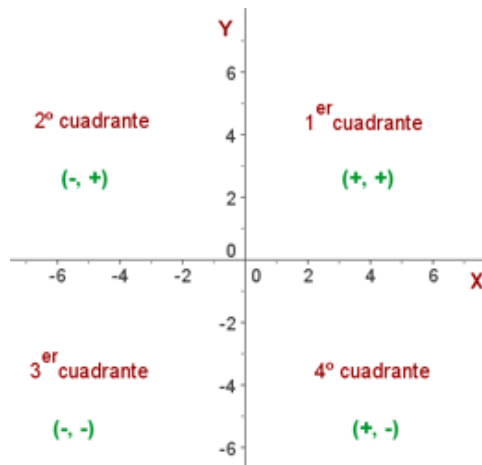
Las coordenadas de un punto cualquiera P se representan por (x, y).



La **primera coordenada** se mide sobre el eje de abscisas, y se la denomina **coordenada x del punto** o **abscisa del punto**.

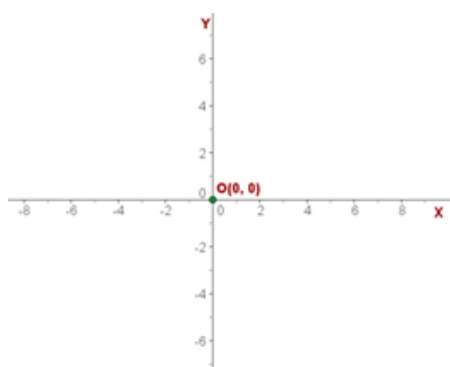
La **segunda coordenada** se mide sobre el eje de ordenadas, y se le llama **coordenada y del punto** u **ordenada del punto**.

Los ejes de coordenadas dividen al plano en cuatro partes iguales y a cada una de ellas se les llama cuadrante.

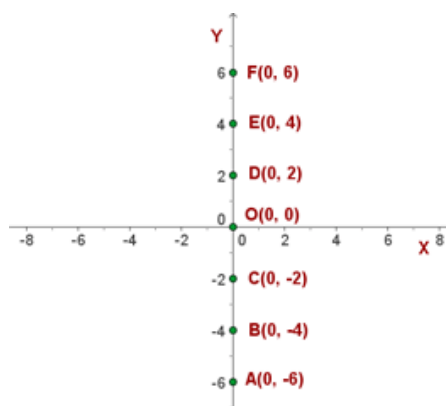


Signos

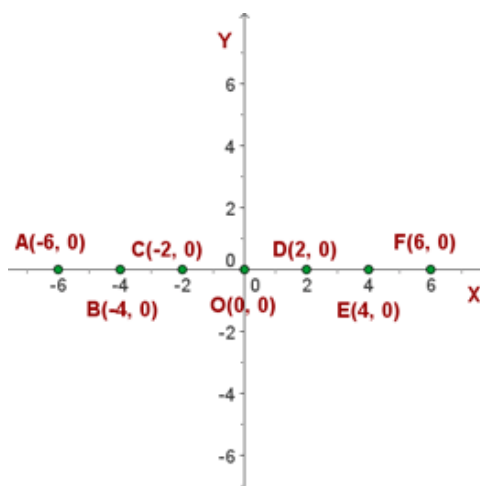
	Abscisa	Ordenada
1 ^{er} cuadrante	+	+
2 ^o cuadrante	-	+
3 ^{er} cuadrante	-	-
4 ^o cuadrante	+	-



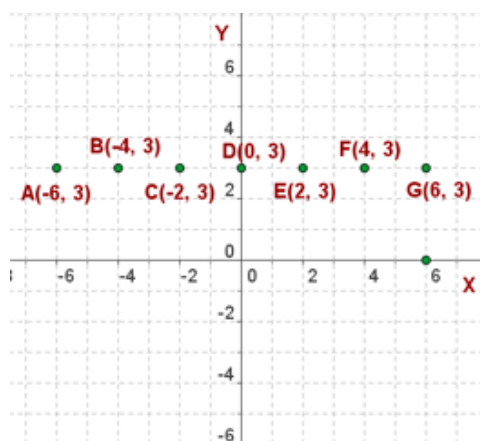
El **origen de coordenadas**, O, tiene de coordenadas: **O (0, 0)**.



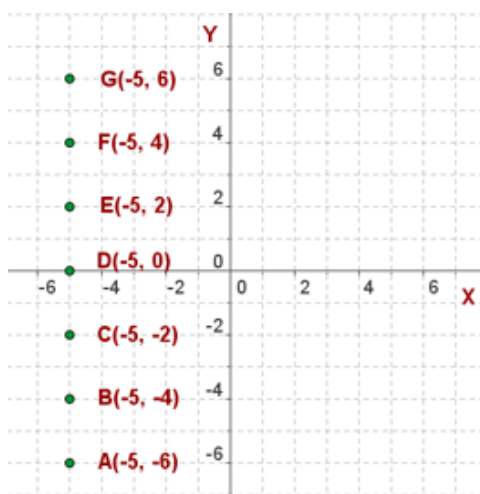
Los **puntos** que están en el **eje de ordenadas** tienen su **abscisa igual a 0**.



Los **puntos** situados en el **eje de abscisas** tienen su **ordenada igual a 0**.

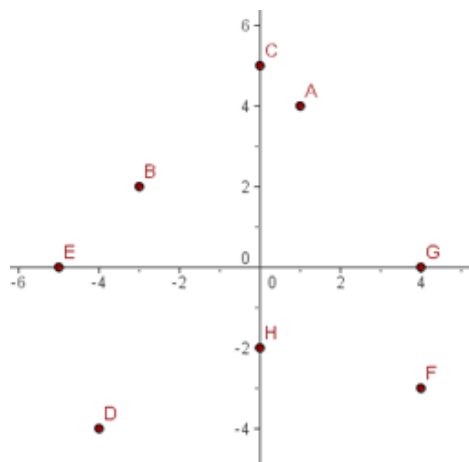


Los puntos situados en la misma línea horizontal (paralela al eje de abscisas) tienen la **misma ordenada**.



Los puntos situados en una misma línea vertical (paralela al eje de ordenadas) tienen la **misma abscisa**.

A(1, 4), B(-3, 2), C(0, 5), D(-4, -4), E(-5, 0), F(4, -3), G(4, 0), H(0, -2)



1.27. Representación de una onda

Onda senoidal (senoide o senoide): A partir de un punto que se desplaza sobre un círculo, es posible trazar una representación cartesiana, suponiendo que se hace girar un radio de dicho círculo en sentido contrario a las agujas del reloj, y trasladando las distancias entre el extremo del radio y el eje horizontal, según muestra el dibujo siguiente:

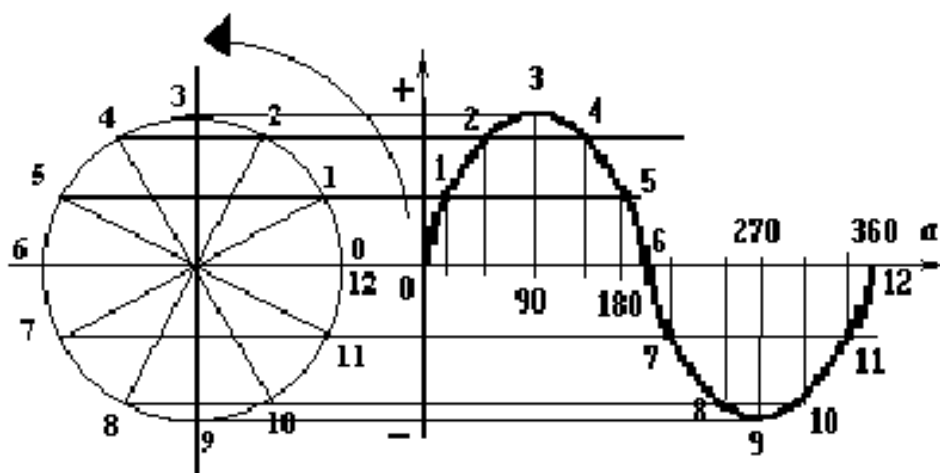


Figura Nº 10

La onda obtenida se llama senoide o senoide y, en electricidad, es usada para representar las ondas de tensiones o de corrientes alternadas

En la representación anterior se dibujó un solo ciclo de la onda, pero dado que existen ángulos de más de un giro (más de 360°), la forma general de la onda, es la que se muestra a continuación:

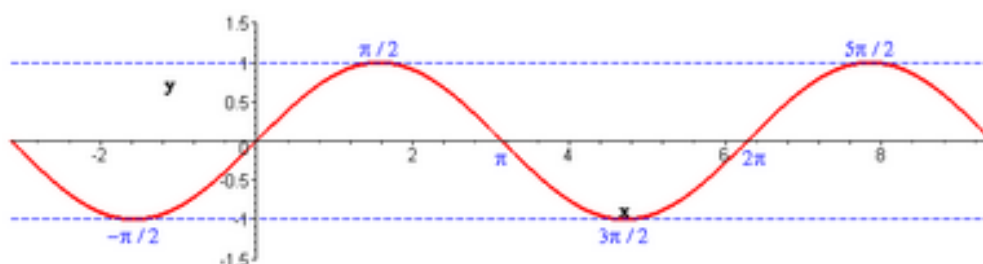


Figura N° 11

1.28. Escalas Normalizadas

Concepto

La representación de objetos a su tamaño natural no es posible cuando éstos son muy grandes o cuando son muy pequeños. En el primer caso, porque requerirían formatos de dimensiones poco manejables y en el segundo, porque faltaría claridad en la definición de los mismos.

Esta problemática la resuelve la ESCALA, aplicando la ampliación o reducción necesarias en cada caso para que los objetos queden claramente representados en el plano del dibujo.

Se define la ESCALA como la relación entre la dimensión dibujada respecto de su dimensión real, esto es:

$$\text{ESCALA} = \frac{\text{dimensión en el dibujo}}{\text{dimensión en la realidad}}$$

Que en su forma abreviada sería:

$$\boxed{\text{Escala} = \frac{\text{Dibujo}}{\text{Realidad}}} \quad \boxed{E = \frac{D}{R}}$$

Escala

Si el numerador de esta fracción es mayor que el denominador, se trata de una escala de ampliación, y será de reducción en caso contrario. La escala 1:1 corresponde a un objeto dibujado a su tamaño real (escala natural).

Escalas normalizadas

Aunque, en teoría, sea posible aplicar cualquier valor de escala, en la práctica se recomienda el uso de ciertos valores normalizados con objeto de facilitar la lectura de dimensiones mediante el uso de reglas o escalímetros.

Estos valores son:

Escala de reducción				Escala de ampliación
Fabricación e instalaciones	Construcciones civiles	Topografía	Urbanismo	
1:2	1:5	1:100	1:500	2:1
1:5	1:10	1:200	1:2.000	5:1
1:10	1:20	1:500	1:2.500	10:1
1:20	1:50	1:1.000	1:5.000	20:1
1:50	1:100	1:2.000	1:25.000	50:1
1:100	1:200	1:5.000	1:50.000	
1:200	1:500	1:10.000		
	1:1000	1:25.000		
		1:50.000		

Tabla Nº 5

No obstante, en casos especiales (particularmente en construcción) se emplean ciertas escalas intermedias tales como: 1:25, 1:30, 1:40, etc.

Ejemplos prácticos:

EJEMPLO 1

Se desea representar en un formato A3 la planta de un edificio de 60 x 30 metros.

La escala más conveniente para este caso sería 1:200 que proporcionaría unas dimensiones de 30 x 15 cm, muy adecuadas al tamaño del formato.

EJEMPLO 2:

Se desea representar en un formato A4 una pieza de reloj de dimensiones 2 x 1 mm.

La escala adecuada sería 10:1

EJEMPLO 3:

Sobre una carta marina a E 1:50000 se mide una distancia de 7,5 cm entre dos islotes, ¿qué distancia real hay entre ambos?

Se resuelve con una sencilla regla de tres:

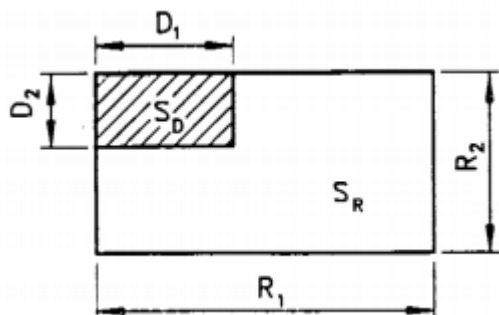
si 1 cm del dibujo son 50000 cm reales

7,5 cm del dibujo serán X cm reales

$X = 7,5 \times 50000 / 1 \dots$ y esto da como resultado 375.000 cm, que equivalen a 3,75 km.

Aplicación de Escala a las Superficies

Cada una de las medidas de longitud se verá afectada por la escala, y aplicando la definición de escala, tendremos que si llamamos S_R a la superficie real y S_D a la superficie del dibujo:



$$E = \frac{D_1}{R_1}; \quad D_1 = E \times R_1$$
$$E = \frac{D_2}{R_2}; \quad D_2 = E \times R_2$$

Como $S_D = D_1 \times D_2$, sustituyendo los valores de D_1 y D_2 obtendremos:

$$S_D = D_1 \times D_2 = (E \times R_1) \times (E \times R_2) = E \times E \times (R_1 \times R_2);$$

Teniendo en cuenta que: $S_R = R_1 \times R_2$

Obtendremos la expresión: $S_D = (E)^2 \times S_R$

Lo cual nos da para la escala de superficies la expresión:

$$(E)^2 = \frac{S_D}{S_R}$$

1.29. Nomenclatura y Simbología de Planos Eléctricos

La nomenclatura es un conjunto de reglas y símbolos para representar en el planos los elementos y componentes eléctricos que intervienen en una instalación.

Los símbolos pueden ser letras, números, pequeños gráficos, y/o una combinación de ellos.

En la siguiente tabla se detallan los símbolos de bocas, interruptores y otros elementos utilizados en la confección del croquis o corte de planta.

<u>SÍMBOLOS DE REFERENCIA EN EL CROQUIS</u>	
 Boca IUG centro	 Interruptor de 2 efectos
 Boca IUG pared	 Interruptor de combinación
 Boca TUG	 Ventilador
 Boca TUE	 Montante
 Interruptor de 1 efecto	

Tabla N° 6

Nomenclatura de circuitos y componentes eléctricos:

Tipo de circuito	Designación	Sigla	Máxima cantidad de bocas	Máximo calibre de la protección
Uso General	Iluminación uso general	IUG	15	16 A
	Tomacorriente uso general	TUG	15	20 A
Uso Especial	Iluminación uso especial	IUE	12	32 A
	Tomacorriente uso especial	TUE	12	32 A
Uso específico	Alimentación a fuentes de muy baja tensión funcional	MBTF	15	20 A
	Salidas de fuentes de muy baja tensión funcional	----	Sin límite	Responsabilidad del proyectista
	Alimentación pequeños motores	APM	15	25 A
	Alimentación tensión estabilizada	ATE	15	Responsabilidad del proyectista
	Circuito de muy baja tensión sin puesta a tierra	MBTS	Sin límite	Responsabilidad del proyectista
	Alimentación carga única	ACU	No corresponde	Responsabilidad del proyectista
	Iluminación trifásica específica	ITE	12 por fase	Responsabilidad del proyectista
	Otros circuitos específicos	OCE	Sin límite	Responsabilidad del Proyectista

Tabla N° 7

FUNCIÓN		
CONEXIÓN Y DESCONEXIÓN DE CORRIENTES	SECCIONAMIENTO	CONEXIÓN, DESCONEXIÓN Y SECCIONAMIENTO
INTERRUPTOR VEI 441-14-10 	SECCIONADOR 	INTERRUPTOR-SECCIONADOR VEI 441-14-12 
COMBINADO-FUSIBLES (VEI 441-14-04)		
INTERRUPTOR CON FUSIBLES VEI 441-14-14 	SECCIONADOR CON FUSIBLES VEI 441-14-15 	INTERRUPTOR-SECCIONADOR CON FUSIBLES VEI 441-14-16 
FUSIBLE-INTERRUPTOR VEI 441-14-17 	FUSIBLE-SECCIONADOR VEI 441-14-18 	FUSIBLE-INTERRUPTOR-SECCIONADOR VEI 441-14-19 

Tabla N° 8

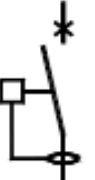
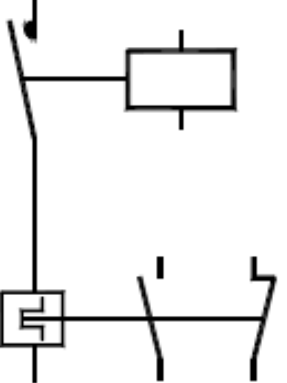
DESCRIPCIÓN		
INTERRUPTOR AUTOMÁTICO VEI 441-14-20 	PEQUEÑO INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO (PIA) SÍMBOLO 1 	PEQUEÑO INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO (PIA) SÍMBOLO 2 
INTERRUPTOR DIFERENCIAL QUE CUMPLE CON LA FUNCIÓN DE SECCIONAMIENTO 	INTERRUPTOR DIFERENCIAL QUE NO CUMPLE CON LA FUNCIÓN DE SECCIONAMIENTO 	CONTACTOR CON RELÉ TÉRMICO Y CONTACTOS AUXILIARES 

Tabla N° 9

Símbolos empleados en los ECT.

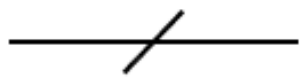
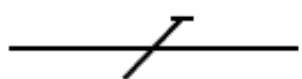
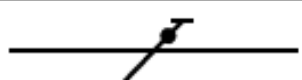
Explicación de símbolos de acuerdo con la Norma IEC 60617-11	
	Conductor de línea (L)
	Conductor neutro (N)
	Conductor de protección (PE)
	Conductor neutro y de protección combinados (PEN)

Tabla N° 10

SIMBOLOGÍA PARA CIRCUITOS DE MANIOBRA

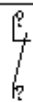
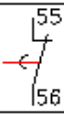
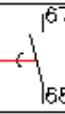
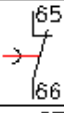
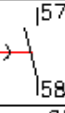
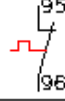
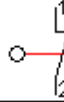
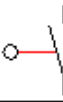
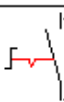
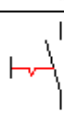
	Elemento auxiliar utilizado para marcar sobre el esquema las conexiones eléctricas.	   	Flechas para establecer referencias cruzadas hacia arriba, abajo, izquierda o derecha en los circuitos de maniobra.
	Borne, regleta o ficha de conexión en posición horizontal.		Borne, regleta o ficha de conexión en posición vertical. La razón de utilizar los dos símbolos es agilizar su inserción.
	Contacto normalmente cerrado asociado a otro elemento. Las interrogantes aparecen simbolizando que su numeración dependerá de cada caso.		Contacto conmutado asociado a otro elemento. Las interrogantes aparecen simbolizando que su numeración dependerá de cada caso.
	Contacto normalmente abierto asociado a otro elemento. Las interrogantes aparecen simbolizando que su numeración dependerá de cada caso.		
	Contacto temporizado a la conexión normalmente cerrado, es decir, está temporizado a la apertura.		Contacto temporizado a la conexión normalmente abierto, es decir, está temporizado al cierre.
	Contacto normalmente cerrado temporizado a la desconexión, es decir, está temporizado el paso de abierto a cerrado.		Contacto normalmente abierto temporizado a la desconexión, es decir, está temporizado el paso de cerrado a abierto.
	Contacto auxiliar de relé térmico normalmente abierto.		Contacto auxiliar de relé térmico normalmente cerrado.
	Contacto normalmente abierto asociado a un disyuntor. Suele utilizarse para señalización.		
	Contacto normalmente cerrado activado por un final de carrera.		Contacto normalmente abierto activado por un final de carrera.
	Contacto normalmente cerrado activado por la acción de un presostato.		Contacto normalmente cerrado activado por la acción de un detector de proximidad.
	Contacto temporizado a la conexión normalmente abierto, es decir, está temporizado al cierre.		Conmutado con 1 contacto cerrado asociado.
	Contacto normalmente cerrado asociado a otro elemento. Las interrogantes aparecen simbolizando que su numeración dependerá de cada caso.		Contacto normalmente cerrado temporizado a la desconexión, es decir, está temporizado el paso de abierto a cerrado.
	Piloto luminoso.		Bocina, sirena, en general elemento de señalización acústica.
	Bobina de contactor o relé de maniobra.		
	Bobina de contactor o relé de maniobra con contactos auxiliares temporizados a la conexión.		Bobina de contactor o relé de maniobra con contactos auxiliares temporizados a la conexión.

Tabla Nº 11

SISTEMAS DE MANDO			
	MANDO MECÁNICO CON RETORNO NO AUTOMÁTICA		MANDO MEDIANTE PALANCA
	ENCLAVAMIENTO MECÁNICO		MANDO MEDIANTE LLAVE
	MANDO MECÁNICO GENERAL		MANDO MEDIANTE MOTOR ELÉCTRICO
	MANDO MEDIANTE EMPUJE (PULSADOR)		PULSADOR TIPO SETA
	MANDO MEDIANTE TIRADOR		MANDO MEDIANTE FINAL DE CARRERA
	MANDO MEDIANTE GIRO		MANDO MEDIANTE DETECTOR DE PROXIMIDAD
	MANDO MANUAL CON ACCESO LIMITADO		MANDO ELETROMAGNÉTICO
	MANDO MEDIANTE VOLANTE		MANDO POR ACUMULACIÓN DE ENERGÍA UNA REFERENCIA INSCRITA EN EL RECUADRO PERMITE ESPECIFICAR, EN CASO NECESARIO, LA FORMA DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA (PRESOSTATO, NIVEL, ETC.)
	MANDO MEDIANTE PEDAL		

Tabla Nº 12

SÍMBOLOS PARA CIRCUITO DE POTENCIA

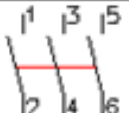
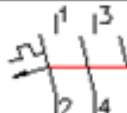
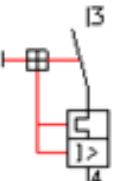
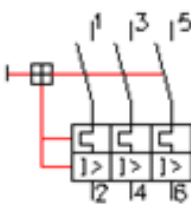
	Contacto normalmente abierto del circuito de potencia asociado a otro elemento.		Termomagnético unipolar o monofásico
	Contactos normalmente abiertos para circuito de potencia bipolar asociados a otro elemento. La línea a puntos roja que los une indica que están mecánicamente unidos.		Termomagnético bipolar
	Contactos normalmente abiertos para circuito de potencia tripolar asociados a otro elemento. La línea a puntos roja que los une indica que están mecánicamente unidos.		Termomagnético tripolar
	Interruptor unipolar que permite regular la intensidad que debe soportar sin fallo		Interruptor tripolar que permite regular la intensidad que debe soportar sin fallo
	Motor trifásico de corriente alterna.		Generador trifásico de corriente alterna.

Tabla N°13

1.30. Esquema Unifilar o Diagrama Unifilar

Consiste en la representación de la instalación eléctrica real sobre el plano del papel. Para ello se utiliza los símbolos normalizados de los componentes eléctricos vistos anteriormente, y se los ubica en un orden decreciente de la potencia, es decir desde el ingreso de la energía al local o vivienda hasta los circuitos finales con sus tomacorrientes y /o cargas fijas si las hubiere.

Se parte del medidor y aguas abajo se encuentran las protecciones automáticas y diferenciales según los circuitos existentes, se indica sus valores de calibración y las secciones de los conductores hasta llegar a los tomacorrientes y cargas o receptores que pueden ser lámparas, motores, alarma, etc.

También se lo denomina cuadro eléctrico. A continuación un ejemplo de unifilar.

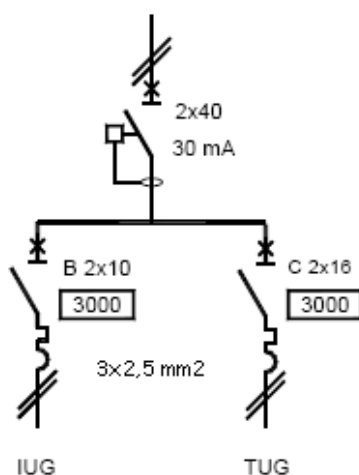


Figura Nº 12

Veamos otros ejemplos de unifilares de tableros:

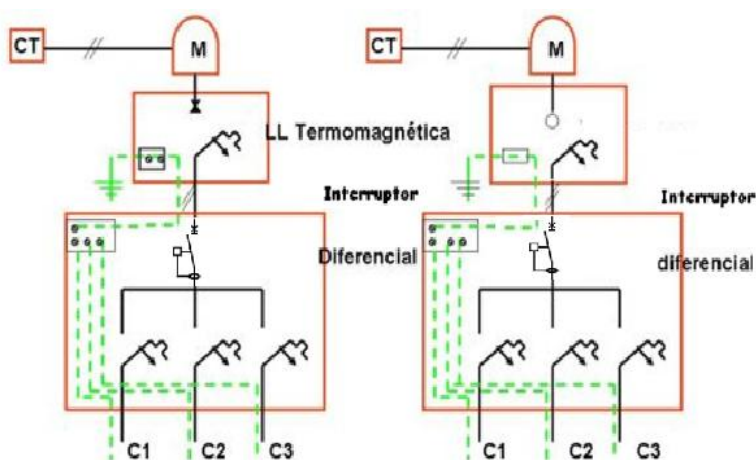


Figura Nº 13

1.31. Croquización

La croquización pretende que el instalador electricista categoría 3 logre representar el local donde realizará una instalación eléctrica. Para ello debe representar en una hoja A4 por ejemplo, una vista o corte de la planta del local donde realizará dicho trabajo, y que deberá presentar junto con el certificado de instalación apta.

El croquis lo realizará con líneas rectas tal como está indicado en la Guía de 10 kW de la reglamentación de la AEA señalizando las puertas y las ventanas. Si bien el croquis no es necesario que sea a escala real, debe conservar una proporción entre sus medidas de los lados, y largo y ancho de la planta. Para ello deberá colocar las cotas con las medidas reales sobre el plano. Como recomendación, las rectas de las caras de las habitaciones van de color negro más oscuro y trazo grueso, mientras que las cotas de color negro más claro y trazo fino.

Tal como indica la reglamentación, puede copiar el plano de un plano de arquitectura o de un plano catastral. Y si no existe deberá tomar las medidas reales del local y representarla en el papel.

Es importante ubicar a la derecha en el ángulo inferior un pequeño rótulo con los datos del local o vivienda (nombre del titular, dirección del local, y nombre del electricista responsable con su número de habilitación. Indicar "croquis sin escala".

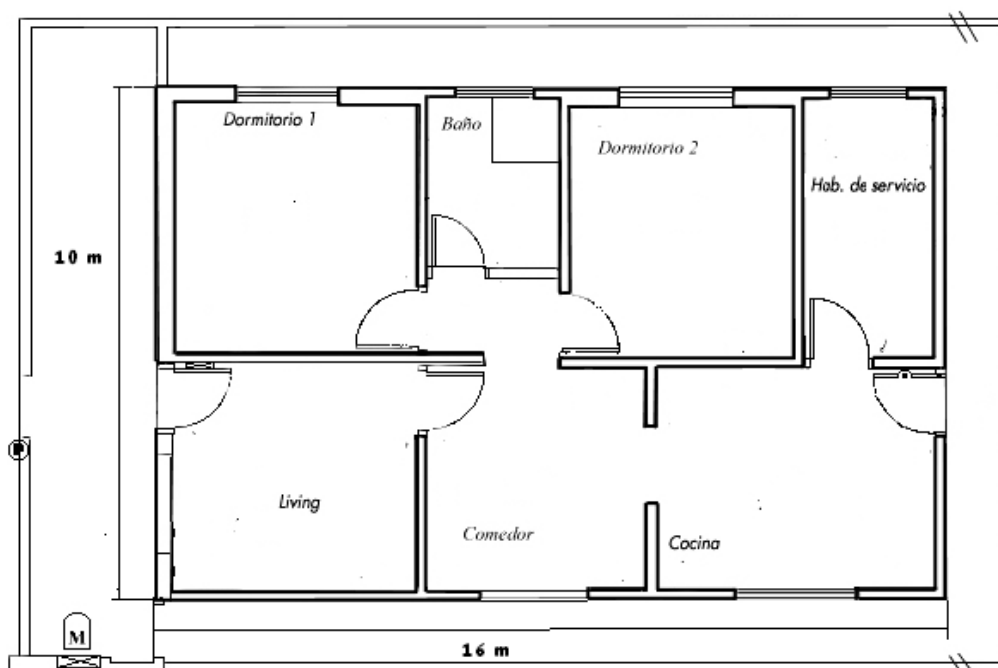


Figura Nº 14

Los formatos de las hojas que se utilizan están dados en la siguiente tabla nº 14.

Designación	Medidas (mm)
A0	841 x 1 189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297

Tabla N° 14

Ejemplo de formato A3 con las medidas de rótulo.

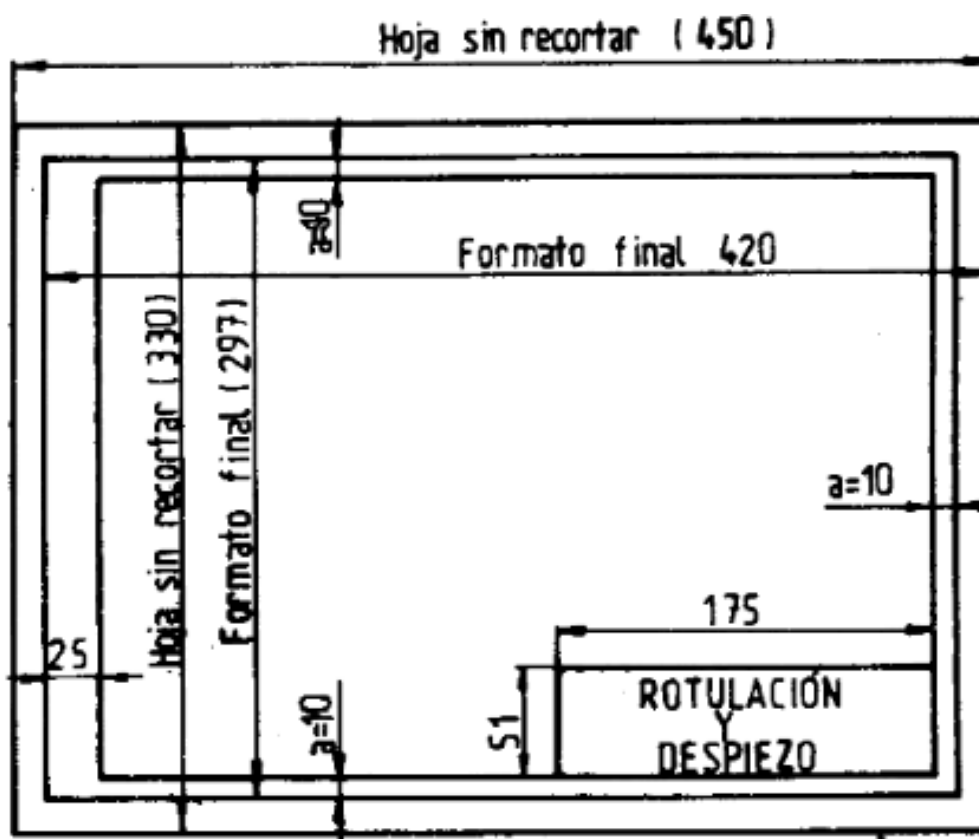


Figura N° 15

A partir de aquí se sugiere seguir con la **Guía de 10 kW de la AEA** para aprender a representar las bocas y cañerías sobre el croquis.

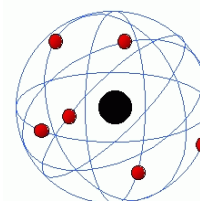
MÓDULO II

PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

2.1. Conceptos Fundamentales

Se verá a continuación una serie de conceptos elementales necesarios para el conocimiento del transporte de cargas eléctricas en conductores y sus aplicaciones en la electrotecnia. Considerando los conceptos básicos sobre la composición íntima de la materia, se admite la existencia de corpúsculos constituyendo el átomo; las dos clases de corpúsculos representan las cargas positivas y negativas de electricidad. Los corpúsculos positivos están ubicados en la región central del átomo, adosados al núcleo o neutrón; por cuyo motivo es muy difícil sacarlos de su lugar. Se ha llegado a liberar protones mediante complicados experimentos físicos, de modo que en la técnica carece de importancia el estudio del movimiento de los mismos.

Los corpúsculos negativos o electrones, en cambio, son de más fácil liberación, debido a su ubicación periférica en el átomo, por lo menos algunos de ellos (los móviles).



En esta forma se puede describir los procesos de electrización de un cuerpo, diciendo que consiste en la adición o sustracción de electrones móviles a los átomos del mismo. Si se resta un cierto número de electrones, queda en los átomos excesos "*de cargas*" positivas y el cuerpo estará electrizado positivamente. Viceversa, si se le agregan electrones, quedará con carga eléctrica negativa.

Se tratará a continuación el movimiento de la carga de un conductor cuando se mantiene un campo eléctrico dentro del mismo. Este movimiento constituye una corriente eléctrica.

Un conductor es un cuerpo en cuyo interior hay cargas libres que se mueven por la fuerza ejercida sobre ellas por un campo eléctrico. Las cargas libres en un conductor metálico son electrones negativos. Las cargas libres en un electrolito son los iones, positivos o negativos. Un gas en condiciones adecuadas, como el de un anuncio luminoso de neón o el de una lámpara fluorescente, es también un conductor y sus cargas libres son iones positivos y negativos y electrones negativos.

Se ha visto que cuando un conductor aislado se coloca en un campo eléctrico, las cargas dentro del conductor se reagrupan de modo que el interior del conductor sea una región libre

de campo, en toda la cual el potencial es constante. El movimiento de las cargas en el proceso de reagrupación constituye una corriente; pero es de corta duración y se denomina corriente transitoria. Si se desea que circule una corriente permanente en un conductor, se deberá mantener continuamente un campo dentro de él. Si el campo tiene siempre el mismo sentido, aunque pueda variar de intensidad, la corriente se denomina continua. Si el campo se invierte periódicamente, el flujo de carga se invierte también, y la corriente es alterna.

Todo el proceso de cargar un cuerpo de electricidad consiste pues, en el movimiento de inmigración o emigración de electrones o cargas eléctricas elementales negativas. La razón de que se haya designado "negativa" la carga eléctrica del electrón y positiva la del "protón", es puramente convencional y da origen a una confusión si no se recurre a nuevas convenciones.

Las cargas eléctricas gozan de cierta movilidad en la masa de los cuerpos que las contienen, movilidad que les permite trasladarse a todas partes dentro de estos. También sabemos que el desplazamiento de cargas eléctricas en los cuerpos se rige por la naturaleza de los mismos, ofreciendo algunas mayores facilidades que otros a ese movimiento. Se dividen así los cuerpos en *conductores* y *aisladores* de la electricidad.

Hay cierto número de dispositivos eléctricos que tienen la propiedad de mantener constantemente sus bornes a potenciales diferentes. Los más conocidos son la pila seca, la batería de acumuladores y la dínamo. Si los extremos de un hilo metálico se conectan a los bornes de cualquiera de estos dispositivos, se mantiene un gradiente de potencial, o sea un campo eléctrico, dentro del hilo y habrá un movimiento continuo de carga a través de él.

Para la técnica interesa especialmente el movimiento de cargas eléctricas en los cuerpos conductores. Estas cargas son negativas, puesto que se trata de electrones liberados, de modo que si suponemos dos puntos de un cuerpo conductor, uno de los cuales está a un cierto potencial positivo y el otro a potencial negativo, los electrones deben dirigirse, por efecto de las fuerzas actuantes, del negativo al positivo. Esto es evidente, puesto que las cargas negativas serán rechazadas del punto de potencial negativo y atraídas por el punto de potencial positivo.

Sin embargo, ya sea porque el estudio de la naturaleza íntima de la materia es más reciente que la mayor parte de la experimentación con electricidad, ya sea porque no se quiere modificar un criterio generalizado, se utiliza una convención que difiere fundamentalmente de las consideraciones precedentes:

Se admite que la circulación de cargas eléctricas se lleva a cabo desde los puntos de potencial positivo a los puntos de potencial negativo. Extendiendo este criterio, diremos que el transporte de cargas se realiza siempre desde el potencial mayor hacia el menor.

Sentado esto, es cuestión de indicar en los circuitos un sentido de circulación de las cargas eléctricas, admitirlo como exacto sin considerar la naturaleza de tales cargas y se comprobará que las leyes generales se cumplen, aunque tal sentido fuera contrario.

2.2. Intensidad de Corriente

Se considerará un cuerpo conductor en el cual se realiza un transporte de cargas eléctricas, debido a que los dos extremos del mismo están unidos a dos puntos de un campo eléctrico que están a distinto potencial. Se puede considerar que el conductor tiene la forma de un alambre metálico, lo que no quita la generalidad de la definición que sigue. El transporte de cargas de un extremo del conductor hacia el otro se realiza con cierta velocidad, de modo que si se considera una sección cualquiera ubicada en un punto entre los dos extremos, por ella pasará un cierto número de electrones por segundo, o, lo que es lo mismo, una cierta cantidad de electricidad por segundo.

El transporte de cargas en sí, a través del conductor se denomina: ***"corriente eléctrica"***, siendo aplicable tal designación a todos los casos en que una cierta cantidad de electricidad circula por un cuerpo.

La cantidad de electricidad que pasa por el conductor en un segundo se denomina ***"Intensidad De Corriente Eléctrica"***, y está expresada por el cociente entre la cantidad total de cargas que han pasado por el conductor en un cierto tiempo y este tiempo:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Tomando la cantidad de electricidad expresada en la unidad práctica (Coulomb) y el tiempo en segundos, la intensidad de corriente resulta dada en Ampere (A), que es la unidad práctica electrostática, en honor del físico francés André Marie Ampère (1775-1836), quien introdujo muchos de los conceptos de electricidad y magnetismo. Por definición, cuando a

través de una sección de un conductor pasa una cantidad de electricidad de un Culombio durante un segundo, la intensidad de corriente vale un Amperio.

Como se ve, el concepto de corriente eléctrica tiene cierta analogía con el de corriente líquida en una cañería, y el de intensidad de corriente representa el caudal líquido que pasa por el caño en la unidad de tiempo, en dicha analogía. La unidad símil en el caso comparado, sería el litro para la cantidad de líquido y el litro por segundo para la "intensidad de corriente líquida", correspondiendo al Coulomb y al Amper, respectivamente. La velocidad con que se realiza el transporte de cargas de un extremo al otro del conductor es enorme, próxima a los 300.000 kilómetros por segundo, que es la velocidad de la luz.

Bajo la influencia del campo eléctrico, los electrones libres de un hilo metálico experimentan una fuerza de sentido opuesto al del campo, y son acelerados en el en el sentido de esta fuerza. (Los otros electrones y los núcleos positivos son también accionados por el campo, pero no son acelerados, por impedirlo las fuerzas de ligadura que mantienen estos electrones unidos al núcleo y los núcleos unidos entre sí formando un sólido). Los choques con las partículas que quedan fijas en el metal, frenan pronto a los electrones libres o los detienen, después de lo cual vuelven a ser acelerados, y así sucesivamente. Su movimiento es, por tanto, una sucesión de aceleraciones y frenados, pero adquieren cierta velocidad media en sentido opuesto al campo, y supondremos que se mueven uniformemente con esta velocidad media. Los electrones libres participan también de la energía térmica del conductor, pero su movimiento de agitación térmica es un movimiento al azar y para este propósito presente puede no ser tenido en cuenta.

La figura siguiente representa una porción de un hilo metálico en el cual hay un campo hacia la izquierda y, en consecuencia, un movimiento de electrones libres hacia la derecha.

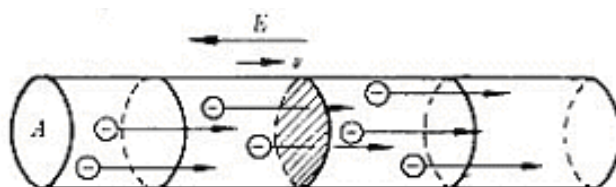


Figura Nº 16

2.3. Diferencia de Potencial o Tensión Eléctrica

Cuando una carga positiva se coloca en un campo eléctrico, éste ejerce una fuerza de repulsión sobre la carga. Para mover la carga debe realizarse un trabajo, venciendo la fuerza

de repulsión del campo. Inversamente, el trabajo puede ser realizado por la carga positiva si ésta se mueve en la dirección de la fuerza ejercida por el campo. La diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un campo, representa el trabajo (W) requerido para mover una unidad positiva de carga, desde un punto al otro contra la dirección del campo (o fuerza), o también, el trabajo realizado por la unidad de carga, que se mueve desde un punto al otro en la dirección del campo. Las cargas positivas siempre se mueven convencionalmente desde un punto de potencial mayor (+) a un punto de potencial menor (-), mientras que la inversa es cierta para cargas negativas (electrones). *La diferencia de potencial entre dos puntos de un campo eléctrico, se dice que es de 1 volt, si debe realizarse 1 joule de trabajo sobre 1 coulomb de carga positiva (+), para moverla desde un punto de bajo potencial a otro de potencial mayor.*

En forma equivalente existe una diferencia de potencial de *1 voltio si 1 joule de trabajo es realizado por una carga + de 1 coulomb que se mueve desde un punto, de elevado potencial, a otro de potencial menor.* En general, la diferencia de potencial E (en volts o voltios) es el trabajo W (en joule o julios) realizado por las cargas Q (coulomb o culombios) por unidad de carga.

$$\text{diferencia de potencial } E \text{ (voltios)} = \frac{\text{trabajo } W \text{ (joules)}}{\text{carga } Q \text{ (coulombs)}}$$

En forma similar, el trabajo total realizado (en o por las cargas) es:

$$W \text{ (joules)} = Q \text{ (coulombs)} \times E \text{ (volts)}$$

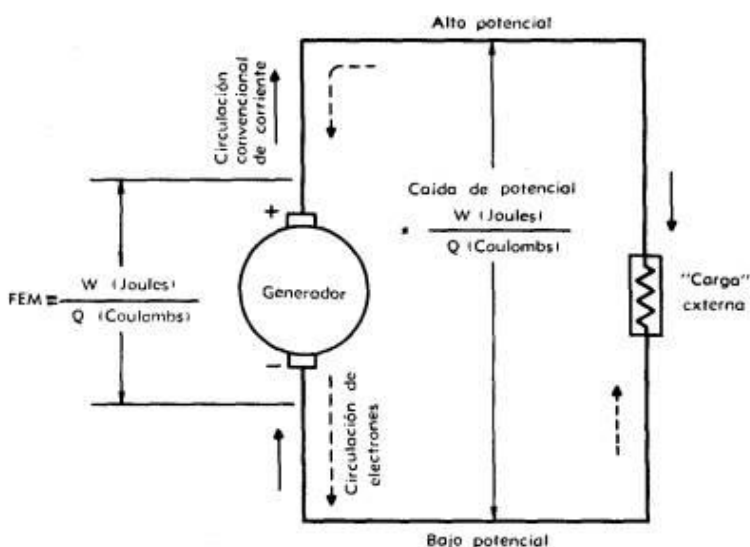


Figura Nº 17

Si existe una diferencia de potencial entre dos puntos, en un conductor o circuito eléctrico, los electrones libres en el conductor se mueven desde el punto de bajo potencial hacia el punto de potencial mayor, produciendo una corriente eléctrica. Al moverse dentro del circuito las cargas realizan una cantidad de trabajo (con la producción de calor) igual al producto de la carga total y de la diferencia de potencial ($W = Q \cdot E$). Dado que una corriente "convencional" de cargas positivas debe "descender" desde un punto de elevado potencial (+) a otro de bajo potencial (-) del circuito (externo), la diferencia de potencial entre los puntos se denomina caída de potencial. La caída de potencial iguala el trabajo realizado por una unidad de carga (W/Q) al pasar entre determinados puntos del circuito. Para mantener una corriente eléctrica, las cargas positivas deben ser elevadas desde el punto de bajo potencial (-) al punto de alto potencial (+) por una fuente de electricidad, tal como un generador o batería. La misma cantidad de trabajo debe ser realizada sobre las cargas para que éstas dejen el punto de alto potencial (terminal +) y por las cargas al atravesar el circuito. La batería u otra fuente de energía eléctrica, se dice que posee una fuerza electromotriz (fem), que se mide por el trabajo realizado por cada unidad de carga (W/Q), cuando ésta pasa por la fuente. Por lo tanto, la fem de la fuente iguala a la caída de potencial en el circuito externo como se hace evidente en la figura. Los términos "diferencia de potencial" o voltaje, aplicados ambos a la fem y a la caída de potencial se miden en volts, en el sistema (mks) de unidades.

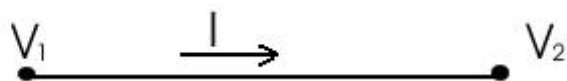
2.4. Ley de Ohm

Se ha visto que la circulación de cargas eléctricas por los conductores se denomina: corriente eléctrica. Ahora bien en el estudio de las propiedades de la materia, en lo referente a la conducción de la electricidad, se ve que los cuerpos se comportan como buenos o malos conductores, sin llegar a ser absolutamente conductores ni aisladores. Todos ellos presentan una cierta resistencia al pasaje de la corriente eléctrica, que será pequeña en los primeros y mayor en los segundos.

La dificultad que oponen los cuerpos al pasaje de la corriente se denomina: **"resistencia eléctrica"**, y se verá que ella depende de la naturaleza del cuerpo y de sus dimensiones, pudiéndosela medir por una cierta cantidad.

Es evidente que la intensidad de corriente eléctrica a través de un conductor dependerá de su resistencia, siendo tanto mayor cuanto menor sea ésta.

Por otra parte, la circulación de corriente por un conductor se debe a que entre los extremos del mismo hay una cierta diferencia de potencial, puesto que si dichos extremos están unidos a dos puntos del campo eléctrico que están al mismo potencial, no circulará corriente por el conductor. Resulta también evidente que la intensidad de corriente en el conductor será tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de potencial entre sus extremos.



De manera pues, que si un conductor une dos puntos de distinto potencial V_1 y V_2 , la intensidad de corriente que recorrerá el mismo será directamente proporcional a la diferencia de potencial entre ambos extremos e inversamente proporcionales a la resistencia del conductor. Tal es el enunciado de la **Ley de Ohm**, y se expresa algebraicamente así:

$$I = \frac{V_1 - V_2}{R}$$

Suponiendo que V_1 es mayor que V_2 , en cuyo caso la corriente se dirigirá de izquierda a derecha, en la figura citada.

Es común designar a la diferencia de potencial con la letra E y llamarla simplemente: "**tensión**" entre los extremos del conductor, con lo que la expresión anterior queda reducida a:

$$I = \frac{E}{R}$$

En la que las cantidades que intervienen se toman expresadas por las unidades prácticas respectivas, que son: la tensión o diferencia de potencial E , en Voltios; la intensidad de corriente I en Amperios y la resistencia eléctrica R , en *Ohm o Ohmios*. Se abrevian **V, A y Ω** , respectivamente.

De lo que antecede resulta que un conductor presentará a la corriente eléctrica una resistencia de un Ohmio, cuando por el mismo circula la intensidad de un Amperio, si entre sus extremos hay una diferencia de potencial o tensión de un Voltio.

Por simple trasposición de términos, puede deducirse de la expresión de Ohm, otras dos formas:

$$E = I \times R \quad \text{y} \quad R = \frac{E}{I}$$

Formas que permiten calcular la tensión o la resistencia cuando se conocen las otras dos cantidades.

2.5. Unidades Internacionales

Las definiciones de cada una de las tres magnitudes que intervienen en el enunciado de la Ley de Ohm pueden hacerse en base a las otras dos, pero ello implica la aparición de dificultades en cuanto se desea establecer una unidad patrón para mediciones.

Por esta razón, se ha fijado en un Congreso Internacional reunido en Londres en 1908, a dos de esas magnitudes, con lo que la tercera queda especificada terminantemente. Así, tenemos estipulado el patrón de intensidad y de resistencia unitarias, que son los siguientes:

Una corriente tiene una intensidad de un Amper, cuando pasando por una solución acuosa de nitrato de plata deposita 0,001118 gramos de plata por segundo.

Un Ohm es la resistencia que presenta al paso de la corriente una columna de mercurio de 106,3 centímetros de longitud y masa de 14,4521 gramos (equivale a una sección transversal de 1 mm²), si se halla a la temperatura de 0 °C y a la presión atmosférica normal.

Las dos unidades patrón precedentes permiten definir el Voltio internacional, como la diferencia de potencial que hay entre los extremos de un conductor que presenta una resistencia de un Ohm, cuando pasa por él la intensidad de un Amperio.

2.6. Resistencia Eléctrica

Se ha definido a la resistencia eléctrica en forma un tanto abstracta, diciendo que era la mayor o menor dificultad que presentan los cuerpos al pasaje de la corriente eléctrica. Se dijo también que la resistencia dependía de la naturaleza del cuerpo y de sus dimensiones.

Para obtener la resistencia expresada por una cierta cantidad, hay que fijar un coeficiente que indique la característica conductiva del cuerpo y afectarlo luego de las dimensiones geométricas encontradas por simple medición.

El procedimiento es de carácter comparativo, pues se toma un trozo de cada sustancia y se mide la resistencia que presenta al paso de la corriente, mediante aplicación de la ley de Ohm o cualquiera de los procedimientos indicados en mediciones. Los trozos de todos los cuerpos considerados deben tener igual dimensión, a fin de que los valores obtenidos formen una serie homogénea.

Como una unidad usual de medida de longitudes es el centímetro, se piensa inmediatamente que los trozos de cada cuerpo deben tener la forma de un cubo de un centímetro de lado, y éste era, precisamente, el criterio seguido primitivamente. Como los conductores utilizados en la práctica tienen casi siempre la forma de alambres, se optó posteriormente por tomar como base para las mediciones y referencias un trozo de la sustancia, de un milímetro cuadrado de sección y un metro de longitud, cuyo volumen es también de un centímetro cúbico, igual que antes, pero su resistencia no es la misma que la del cubo de un cm de lado, como se verá enseguida.

Para tomar una base de referencia de todas las sustancias se mide la resistencia eléctrica que presenta un trozo de las mismas, de un metro de largo y un milímetro cuadrado de sección transversal, y a ese valor se lo llama: "*resistencia específica*", o, simplemente, "*resistividad*", designándola con la letra griega ρ .

Si se toma ahora un conductor cuyas dimensiones sean cualesquiera (ver figura siguiente), es decir, de longitud l y sección transversal s .

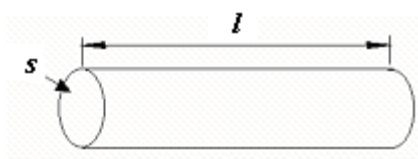


Figura Nº 18

Es lógico, que cuanto mayor sección presente el conductor, más fácilmente conducirá la corriente eléctrica, y que cuanto más largo sea, mayor será la resistencia que ofrece al pasaje de aquella. La resistencia de un conductor será, pues, directamente proporcional a la longitud e inversamente proporcional a la sección transversal.

Se tiene, entonces, que si un conductor de un metro de largo y un milímetro cuadrado de sección tiene una resistencia eléctrica igual a la resistividad de dicha sustancia, un conductor de ese mismo material, pero de longitud l y sección s , tendrá una resistencia l veces mayor y s veces menor. Luego, la resistencia se puede calcular con la expresión:

$$R = \frac{\rho l}{s}$$

Como la resistividad o resistencia específica ha sido referida a un trozo de un metro de largo y un milímetro cuadrado de sección, en la fórmula anterior se deberá tomar la longitud del conductor en metros y su sección transversal en milímetros cuadrados. La dimensión de la resistividad resulta así de $\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

La resistividad de las sustancias más usadas en las aplicaciones técnicas se encuentra en tablas o en caso contrario, se la mide tomando un trozo de ese material de las dimensiones que se especifican más arriba y determinando su resistencia, que es, precisamente, la resistividad. En la tabla siguiente se dan los valores de ρ para algunos cuerpos conocidos. Se debe hacer notar que, como se verá más adelante, la resistencia de los cuerpos varía con la temperatura, de manera que hay que referirla a una base convenida de antemano. Los valores de la tabla se refieren a 15 °C.

Sustancia	Resistividad	Sustancia	Resistividad
Acero	0,1- 0,25	Manganina	0,42
Aluminio	0,026	Mercurio	0,95
Bronce	0,13- 0,29	Níquel	0,12
Carbón de arco	0,6	Niquelina	0,4
Cobre	0,0175	Nicromo	1,2
Constantán	0,5	Plata	0,016
Estaño	0,12	Plomo	0,21
Fundición	1,1	Rheotán	0,05
Hierro	0,1- 0,14	Tungsteno	0,06
Maillechort	0,45- 0,5	Zinc	0,06

Tabla N° 15

La resistividad que figura en la tabla está dada en $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$, qué es la unidad más usual actualmente. Se encuentran aún algunas tablas que la dan de acuerdo con el procedimiento antiguo es decir, tomando un cubo de un centímetro de lado de la sustancia. Es evidente que la resistividad esa forma resulta 10.000 veces menor, puesto que la longitud se reduce 100 veces y la sección aumenta también 100 veces.

Para no tener cifras tan pequeñas se tomaba una unidad de resistencia mucho menor que el Ohm, su millonésima parte el micro-ohm. En tal forma la resistividad de la sustancia se refería al clásico cubito, pero tomando la resistencia en micro- Ohms ($\mu\Omega$)

Se verá cual es la equivalencia para pasar de esas cifras a los valores modernos de la resistividad. La resistencia del cubo básico es 10.000 veces menor que la de un alambre de un metro de largo y un milímetro cuadrado de sección, pero como se la toma en micro-ohms, la cifra de resistividad resulta, en definitiva, 100 veces mayor. Así, para el cobre, por ejemplo, se encontraba en tales tablas, un valor de 1,75 micro-Ohms·cm. Para expresar una resistividad dada en micro-Ohms·cm, en la forma actual, $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ basta dividir esos valores por 100. En el ejemplo del cobre, dividiendo 1,75 por 100 resulta $0,0175 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$, que es el valor dado en la tabla.

2.7. Resistencia de Cuerpos Aisladores

En el estudio de las propiedades de la materia para conducir la electricidad, se clasifica a los cuerpos en buenos y malos conductores. Luego, como la propiedad de conducción no es absoluta, se dijo que todos ellos presentaban una cierta resistencia al paso de la corriente, y que había cuerpos (los conductores) que tenían una resistencia baja y otros (los aisladores), por el contrario, presentaban una resistencia elevada.

En la práctica común, al determinar la resistencia de los materiales utilizados para conducir o aislar la electricidad, resultaría engorroso tomar siempre la misma unidad de resistencia, pues mientras para algunos se tendrían algunas unidades de Ohms para otros resultarían varios millones. Por tal motivo, es común adoptar para los aisladores un múltiplo del Ohm, el megohm, que es un millón de veces mayor:

$$1 \text{ megohm} = 1 \text{ M}\Omega = 1.000.000 \text{ Ohm}$$

Con lo que se facilita el manejo de las cifras que hubieran resultado muy grandes.

Ahora se tiene que hacer una aclaración, pues en el caso de los conductores, se tenían siempre o, casi siempre formas alámbricas, que justificaban las consideraciones hechas para la unidad de la resistividad, tomándose trozos de un metro de largo y un milímetro cuadrado de sección.

Los aisladores se emplean en otra forma, y rara vez son de gran dimensión longitudinal y reducida transversal. Por este motivo, para estos cuerpos se vuelve al criterio de tomar un cubo de un centímetro de lado, pero tomando la resistencia eléctrica del mismo en megohm.

Así, por ejemplo la resistividad del mármol, se determina midiendo la resistencia que presenta un trozo del mismo, de forma cúbica, con un centímetro de lado, y tomando esa resistencia en megohm. Resulta una cifra de 1000 megohm·cm.

Resulta de utilidad conocer la resistividad de aisladores, por lo menos de los más usuales en la industria eléctrica, por lo que damos una tabla con las características de los más conocidos.

La resistividad dada en la tabla se refiere a las óptimas condiciones, es decir, cuando las sustancias están completamente secas y el aire también, pues algunas absorben humedad del ambiente. Es común considerar dos resistividades, la total y la superficial. Esta última resulta de valores muchos menores

Sustancia	Resistividad (MΩ . cm)	Sustancia	Resistividad (MΩ . cm)
Bakelita	2×10^5	Mármol	1×10^3
Celuloide	2×10^4	Mica	2×10^{11}
Cera amarilla	2×10^9	Micanita	1×10^7
Cuarzo	5×10^{12}	Parafina	5×10^{12}
Ebonita	1×10^{12}	Pizarra	1×10^2
Fibra	5×10^3	Porcelana esmaltada	5×10^{12}
Goma laca	1×10^{10}	Porcelana no esmaltada	3×10^8

Tabla N° 16

2.8. Resistencia de Contacto

En la práctica de la utilización de la energía eléctrica se presenta frecuentemente el caso de unir entre sí dos o más cuerpos conductores. Ello se hace por simple presión, juntando las dos superficies y apretándolas con una pieza especial (tornillo, etc.), o por soldado, interponiendo una sustancia blanda en estado líquido, que al solidificarse efectúa una unión perfecta.

En el primer caso, es decir la unión por presión, la superficie en contacto no es igual a la superficie que presenta el cuerpo en ese lugar, pues sabemos que la materia no tiene estructura continua, sino que tiene espacios vacíos, intermoleculares. Si se toman dos caras planas de dos trozos de metal, y se las aproxima una a la otra, el pasaje de corriente se hace por los puntos de contacto y no por los espacios vacíos. La sección de pasaje no es igual a la superficie de la cara enfrentada de los dos trozos, y todo pasa como si se tratara de una sección llena menor.

Esta circunstancia ha movido a considerar una cierta resistencia de contacto, que tiene en cuenta la reducción de sección, de modo que se supone llena a la sección y se reemplaza el efecto producido, por una resistencia intercalada en el punto de unión, que se llama resistencia de contacto.

Es lógico que la resistencia de contacto obra oponiéndose al pasaje de la corriente, aumentando la resistencia eléctrica propia de los conductores que intervienen. Por tal motivo se trata siempre de reducirla a valores mínimos. Para ello se aumenta en lo posible la presión que obra sobre los cuerpos unidos, a fin de aumentar la sección de pasaje, o, como se dijo al principio, se utiliza un metal fundido, que llena los espacios vacíos y reduce la resistencia de contacto a valores despreciables. Esto es lo que se denomina: *soldadura*, y se emplea para tal fin el estaño, el plomo, o una mezcla de ambos, etc. Al solidificarse dicha sustancia quedan unidas rígidamente las dos piezas y el pasaje de la corriente eléctrica se realiza sin dificultad. Es obvio que el material de soldadura debe ser buen conductor de la electricidad.

Hay casos en que la resistencia de contacto toma valores apreciables, y es el de los contactos móviles, como el de las escobillas de las máquinas eléctricas que rozan sobre la superficie metálica que tiene un movimiento de rotación. Para disminuir la resistencia se

aumenta la presión que ejercen las escobillas sobre el metal y se mantienen limpias las dos caras que rozan entre sí.

2.9. Agrupamiento de Resistencias

Un grupo de resistencias eléctricas puede estar conectado en diversas formas. Si la corriente eléctrica las recorre a todas en forma sucesiva, es decir, pasa primero por una, después por la que sigue y así sucesivamente, se dice que están acopladas en **serie**. Si, en cambio, la corriente las recorre a todas las resistencias conjuntamente, es decir, al mismo tiempo, se dice que están acopladas en **paralelo**. Hay casos mixtos, que forman grupos en serie y grupos en paralelo.

Agrupamiento en serie: sean varias resistencias conectadas entre sí como lo indica la figura. La corriente recorre primero la R_1 , después la R_2 y así sucesivamente. Luego están conectadas en serie.

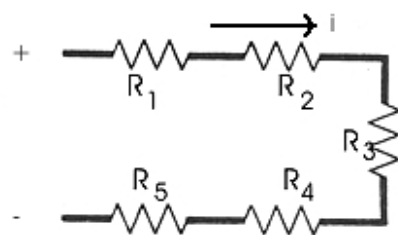


Figura N° 19

La dificultad que oponen al paso de la corriente es mayor que si sólo estuviera la primera resistencia, o cualquiera de ellas solamente. Es como si al conductor se le aumentara la longitud con lo que su resistencia aumentaría en la misma proporción.

Si se supone que varios trozos de conductor, de igual sección y resistividad, están conectados en serie, la resistencia del conjunto sería igual a la de otro conductor del mismo tipo, pero cuya longitud fuera la suma de los largos parciales.

Las resistencias conectadas en serie suman sus efectos de oposición al paso de la corriente, por lo que el conjunto de resistencias equivale a una sola, cuyo valor es la suma de todas las que estén conectadas en serie. Es decir que la resistencia total que se opone al pasaje de la corriente es:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

donde con los puntos suspensivos se indica que se seguirían sumando todos los valores de las resistencias que aparezcan conectadas en serie, si hubiera más de tres. Todos los valores de las resistencias deben tomarse en la misma unidad, por ejemplo, en Ohm (Ω).

Se puede considerar un caso particular interesante que sean iguales todas las resistencias conectadas en serie y haya un número n de las mismas. La resistencia total sería igual al valor de una, que llamaremos R_i sumada n veces, es decir, que es igual a:

$$R = R_i \cdot n$$

Agrupamiento en paralelo: Si se tienen varias resistencias conectadas entre sí como lo indica la figura, se dice que están conectadas en paralelo.

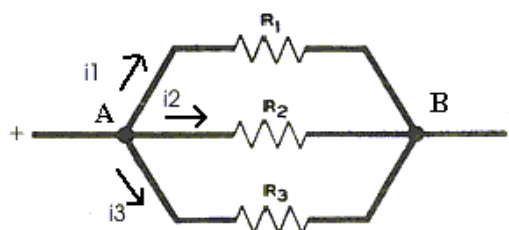


Figura N° 20

La corriente I llega al punto A, y se reparte en las tres ramas, volviendo a unirse en el punto B. Luego recorre a todas las resistencias al mismo tiempo y éstas estarán acopladas en paralelo.

Ahora bien, todos los electrones que llegan al punto A, deben seguir su camino, y se bifurcan en las tres ramas, para unirse nuevamente en B. En A no pueden acumularse electrones de manera que la cantidad que llega a A por segundo es igual a la intensidad I , la suma de las cantidades que salen de A para todas las ramas, en un segundo debe ser igual a I . Esto equivale a decir que la suma de las corrientes de las tres ramas es igual a:

$$I = i_1 + i_2 + i_3$$

La diferencia de potencial entre los extremos del circuito tiene un valor E . Es evidente que la intensidad de corriente en la rama superior estará dada por la ley de Ohm, es decir, será igual a la diferencia de potencial aplicada a los extremos de la resistencia, dividida por el valor de dicha resistencia, es decir:

$$i_1 = \frac{E}{R_1}$$

y lo mismo se puede decir para las otras ramas del circuito, es decir, que las intensidades en ellas serán iguales a la tensión entre sus extremos, dividida por el valor de cada resistencia:

$$i_2 = \frac{E}{R_2} \quad i_3 = \frac{E}{R_3}$$

Pero se sabe que la suma de las intensidades de todas las ramas es igual a la intensidad total I , de modo que se tiene:

$$I = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3}$$

El conjunto de resistencias en paralelo puede ser reemplazado por una sola, de valor R , que colocada entre los puntos A y B, deje pasar la intensidad de corriente I , bajo la tensión E entre esos puntos. El valor de esta resistencia será el cociente entre E e I , de acuerdo con la ley de Ohm, de modo que la última expresión se puede escribir así:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3}$$

y si se elimina E , por estar en todos los términos, queda:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Es decir, que la inversa de la resistencia equivalente al conjunto de resistencias conectadas en paralelo, es igual a la suma de las inversas de los valores de esas resistencias.

La expresión obtenida admite algunas simplificaciones si se contemplan casos particulares. Por ejemplo, si todas las resistencias conectadas en paralelo son iguales. Esto significa que se tienen n resistencias iguales, de valor r , conectadas en paralelo. La expresión dada queda reducida a:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \dots etc = \frac{n}{r}$$

Es decir, que el valor de la resistencia equivalente al conjunto será:

$$R = \frac{r}{n}$$

Otro caso particular es el de dos resistencias únicamente R_1 y R_2 , conectadas en paralelo, que permite simplificar la fórmula general. En efecto, tomando de ella solo los dos primeros términos del segundo miembro, y resolviendo por álgebra, queda:

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Es decir, que la resistencia equivalente a dos resistencias conectadas en paralelo, se calcula con el cociente del producto de ellas sobre la suma.

De la observación de las fórmulas obtenidas, salta a la vista que el valor de la resistencia equivalente al conjunto conectado en paralelo, será siempre menor que la menor de todas las resistencias que intervienen lo que es lógico, puesto que cuanto más ramas se ofrezcan al paso de la corriente, menor será la resistencia que presenta el conjunto. Si las resistencias son iguales, la resistencia equivalente es tantas veces menor como número de ellas se conecte en paralelo, es decir que si se trata de dos resistencias, la equivalente será igual a la mitad del valor de cualquiera de las mismas, si son tres, la tercera parte, etc.

En el acoplamiento en serie, en cambio, la resistencia del circuito aumentaba a medida que se agregaban resistencias, pues se presentaba mayor dificultad al paso de la corriente.

Acoplamiento mixto: En la práctica se presentan circuitos con varias resistencias conectadas en grupos, formando series y paralelos. La figura siguiente presenta un ejemplo simple, pudiendo verse que las dos resistencias R_2 y R_3 están conectadas en paralelo y, a su vez, el grupo formado por ellas, está en serie con R_1 .

Todos los circuitos que se presentan en tal forma se denominan: de acoplamiento mixto, y se resuelven por partes, obteniendo primero la resistencia equivalente de los grupos en paralelo o la total de los grupos en serie y tratando luego a los grupos como si fueran resistencias únicas.

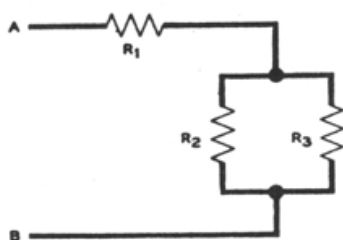


Figura N° 21

Así, en el caso de la figura, el grupo formado por R_2 y R_3 equivale a una sola resistencia, cuyo valor se obtiene haciendo el cociente entre el producto de ellas dividido por su suma. Esa resistencia equivalente está en serie con R_1 , por lo que su valor debe sumarse con esta última. Y así los demás casos, que, como se puede imaginar, son tan variados que no se pueden sentar normas particulares para su resolución.

2.10. Efecto de la Temperatura sobre la Resistencia

La resistencia de un conductor metálico aumenta al aumentar la temperatura. Dicho aumento depende de la elevación de la temperatura y del coeficiente térmico de resistividad alfa (α), el cual se define como el cambio de resistividad por grado centígrado de variación a 0°C o a 20°C . Los semiconductores tienen un coeficiente de temperatura negativo, mientras que muchos metales se tornan superconductores a pocos grados por encima del cero absoluto. La resistencia (R) para una variación de temperatura (t) (en grados centígrados) está dada por

$$R = R_0 (1 + \alpha \cdot t)$$

Donde R_0 es la resistencia a la temperatura de referencia (generalmente 20°C) y α es el coeficiente de temperatura de la resistencia.

2.11. Voltaje Terminal

Cuando una pila o generador entrega una corriente (I), el voltaje sobre sus terminales (V) es disminuido por la caída de potencial (voltaje) que se produce en su resistencia interna (R_i). Por lo tanto, el voltaje (V) en los terminales de una pila o generador es igual a su fem (E) a circuito abierto (máxima), menos la caída de voltaje en su resistencia interna ($I \cdot R_i$):

$$V = E - I R_i$$

Voltaje terminal = fem - caída interna

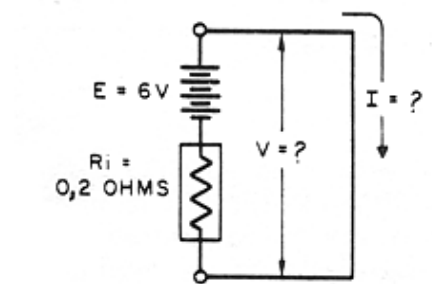


Figura Nº 22

Ejemplo: Una batería tiene una fem a circuito abierto de 6 volts, y una resistencia interna de 0,2 ohms (ver figura anterior). Determinar la corriente y el voltaje en los terminales cuando la batería se pone en cortocircuito al conectarle entre sus terminales un alambre de resistencia despreciable.

SOLUCIÓN. Corriente de cortocircuito:

$$I = \frac{E}{R_i} = \frac{6V}{0,2\Omega} = 30A$$

Tensión en terminales, $V = E - I \times R_i = 6V - 30A \times 0,2\Omega = 0V$

(Esto es una consecuencia de la definición de cortocircuito.)

2.12. Pilas y Baterías

Conexión de las pilas en serie para formar baterías: Bajo ciertas circunstancias, el voltaje que produce una sola pila es suficiente, tal como sucede en algunas linternas. En otras ocasiones se necesita mayor voltaje. Esto puede lograrse conectando varias pilas (primarias o secundarias) en serie, en número tal como para lograr el voltaje necesario. *Esta agrupación de pilas se llama batería.*

La fem (**E**) de una combinación serie es la suma de las fem de las pilas individuales, y la resistencia interna total es la suma de las resistencias (**R_i**) de cada pila. En la combinación de pilas en paralelo, en la cual todas tienen la misma fem, la fem (**E**) resultante es la de una sola pila (**E**). La resistencia interna total de n pilas en paralelo, teniendo cada una, una

resistencia interna R_i es, R_i/n . (La ventaja de la conexión en paralelo es la mayor capacidad de corriente que en una sola pila.)

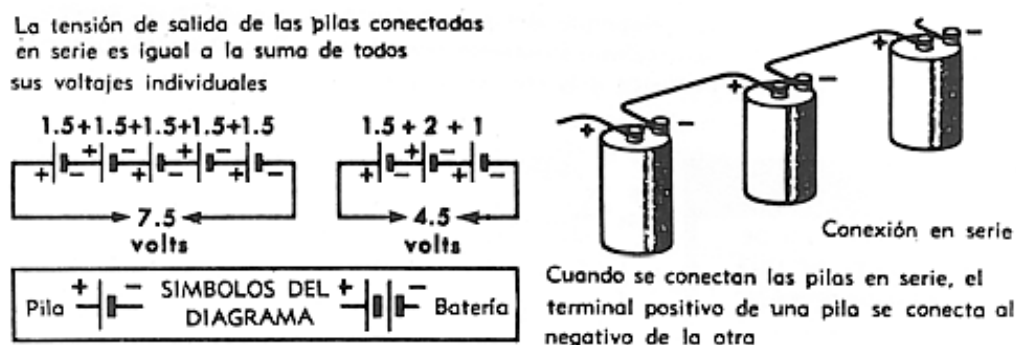


Figura N° 23

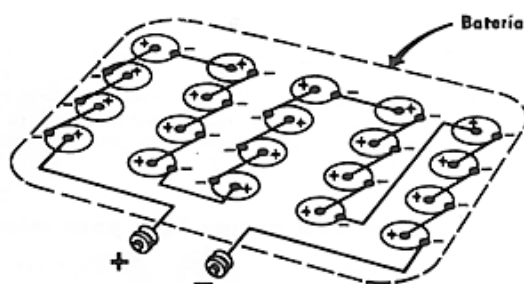


Figura N° 24

El voltaje total de un conjunto de pilas conectadas en serie es la suma algebraica de los voltajes de cada pila. Así, si se conectan en serie cuatro pilas de 1,5 volts, el voltaje total es $1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5$, o sea 6 voltios. Si se conectan 30 de estas pilas en serie, el voltaje final será $30 \times 1,5$, o sea 45 voltios. Los acumuladores de plomo-ácido de 6 voltios consisten en tres baterías de 2 voltios conectadas en serie. En general, una batería se forma conectando pilas entre sí

Cuando las pilas se conectan en serie, el terminal positivo de una se conecta con el terminal negativo de la otra. Al hacer esto, se suman todos los potenciales individuales, unos a otros. Los ejemplos anteriores tratan las pilas que poseen el mismo voltaje. Esto no necesita ser de esa forma; *se pueden conectar en serie pilas de cualquier voltaje*. Aunque todas las pilas no tengan el mismo voltaje, se pueden conectar igualmente en serie. Ahora bien, cada pila o acumulador, en una conexión serie, *debe tener la misma capacidad de corriente*.

Conexión de las pilas en paralelo para formar baterías: también se puede formar baterías conectando pilas en paralelo. Esto solamente puede hacerse con pilas *que tengan el mismo voltaje de salida*. El propósito de una conexión en paralelo es aumentar la capacidad

de corriente. La conexión en paralelo crea el equivalente de un aumento en el tamaño físico de los electrodos y de la cantidad de electrolito, e incrementa por lo tanto la corriente disponible.

Por ejemplo, si se conectan tres pilas en paralelo, la capacidad de corriente de la batería se hace igual al triple de la capacidad de corriente una sola pila. Es decir, cada pila contribuye con la tercera parte de la corriente total.

Conectando las pilas en paralelo no cambia el voltaje. El voltaje final de las pilas en paralelo, es el mismo que el de una sola. Cuando se conectan pilas en paralelo de tensiones desiguales, circula corriente entre las pilas debido a las diferencias de potencial y se consume energía eléctrica. Hay, también una posibilidad de que las pilas puedan dañarse.

Conexión de pilas en paralelo

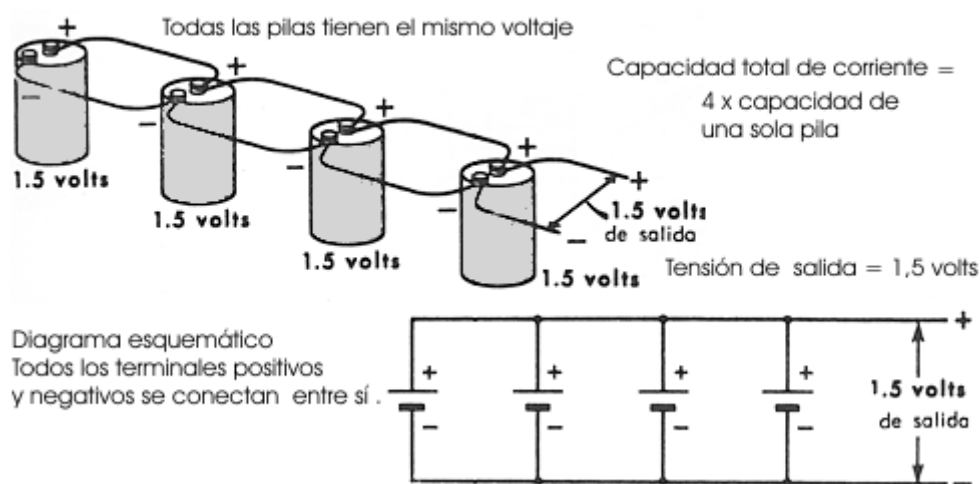


Figura Nº 25

Conexión de pilas en serie-paralelo: las ventajas de la conexión serie y paralelo, se pueden combinar en la distribución serie-paralelo.

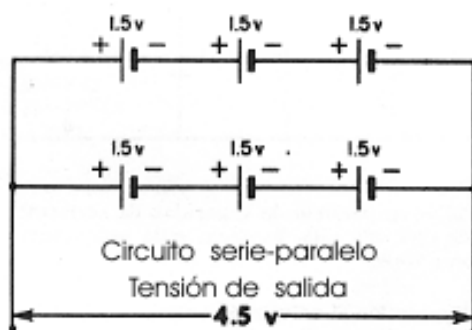


Figura Nº 26

Ésta permite mayor voltaje de salida como sucede en la conexión serie y aumenta la capacidad de corriente simultáneamente por la conexión paralelo. Como en los ejemplos

previos de la conexión paralelo, es deseable que el voltaje y la capacidad de corriente de las pilas, sean en todas los mismos. Si se conecta una pila de tensión alta sobre otra de tensión baja, por esta última circulará corriente y puede dañarse. Generalmente este tipo de conexión solamente se usa cuando se quiere obtener una capacidad de corriente mayor que con una sola pila. Sin embargo hay casos en que el voltaje y la capacidad de corriente sólo se pueden alcanzar por medio de este tipo de conexión serie-paralelo.

Cuando se realiza una conexión serie-paralelo, se deben seguir las reglas de la polaridad: en circuito serie, se conecta positivo con negativo; en circuitos paralelos, se conectan positivo con positivo y, negativo con negativo.

2.13. Potencia Eléctrica, Energía y Calor

La energía eléctrica o trabajo (**W**) consumida para mover una carga (**Q**) a través de una diferencia de potencial (**E**) está dada por **W = E Q**, donde **W** está en joules(o julios), **E** está en volts (o voltios) y **Q** está en coulombs (o culombios). Dado que la carga total (**Q**) es el producto de la corriente media entre **I** y el tiempo (**t**) de transferencia (**Q = It**) la energía puede expresarse como:

$$\mathbf{W = E \cdot Q = E \cdot I \cdot t}$$

Sustituyendo **E = I · R** de la ley de Ohm, obtenemos para la energía

$$\mathbf{(trabajo) W = (I \cdot R) I \cdot t = I^2 \cdot R t}$$

Donde **W** está en joules (también denominado watts-segundos), **I** en amperes, **R** en ohms y **t** en segundos.

La circulación de electricidad a través de un conductor produce calor. Por el principio de la conservación de la energía, la energía eléctrica (**W**) consumida debe ser igual a la energía térmica producida, o sea:

$$\mathbf{Energía\ calorífica\ (en\ joules) = W = I^2 R t = E I t}$$

Dado que el calor se mide generalmente en calorías y el equivalente eléctrico de 1 caloría = 4,18 joules (o 1 joule = 0,239 calorías), la energía térmica (**Q**) liberada, en calorías, está dada por:

$$\mathbf{Q\ (calorías) = 0,239 \times energía\ térmica\ (en\ joules) = 0.239\ I^2 R t}$$

La potencia eléctrica (**P**) disipada en un circuito de corriente continua es la relación de energía entregada (por segundo), o la relación de trabajo efectuado. Por lo tanto, la potencia es la energía (o trabajo) dividido por el tiempo, o sea:

$$P = \frac{W}{t} = E \cdot I = I^2 \cdot R$$

Donde P está en watts (o vatios), E en volts, I amperes, R en ohms y t en segundos.

Sustituyendo en la ecuación por la ley de Ohm, $I = \frac{E}{R}$, se obtiene una tercera forma:

$$P[W] = E \cdot I = E \cdot \frac{E}{R} = \frac{E^2}{R}$$

La unidad práctica (mks) de potencia es el watt.

1 watt = 1 Joule/segundo = 10⁷ ergs/segundo (sistema cgs)

1 kilowatt (1 Kw) = 1.000 watts = 1,34 caballo-vapor

1 caballo-vapor (HP) = 746 watts

2.14. Leyes de Kirchhoff

Para los cálculos de circuitos son indispensables las dos primeras leyes establecidas por Gustav R. Kirchhoff (1824-1887).

1.- La suma de las corrientes que entran, en un punto de unión de un circuito es igual a la suma de las corrientes que salen de ese punto. Si se asigna signo más (+) a las corrientes que entran en la unión, y signo menos (-) a las que salen de ella, entonces la ley establece que la suma algebraica de las corrientes en un punto de unión es cero:

$$\text{suma de } I = \Sigma I = 0 \text{ (en la unión)}$$

En esencia, la ley simplemente dice que la carga eléctrica no puede acumularse en un punto (es decir, cuanto más corriente llega a un punto, mayor cantidad sale de él).

2.- Para todo conjunto de conductores que forman un circuito cerrado, se verifica que la suma de las caídas de voltaje en las resistencias que constituyen la malla, es igual a la suma de las fem intercaladas. Considerando un aumento de potencial como positivo (+) y una

caída de potencial como negativa (-), la suma algebraica de las diferencias de potenciales (voltajes) en una malla cerrada es cero:

Suma de E - suma de las caídas $I.R = 0$ (en la malla cerrada)

$$\Sigma E - \Sigma I.R = 0$$

Para aplicar esta ley en la práctica, se supone una dirección arbitraria para la corriente en cada rama. El extremo de la resistencia, por donde penetra la corriente, es positivo, con respecto al otro extremo. Si la solución para la corriente que se resuelve, hace que quede invertido el negativo, es porque la dirección de la corriente es opuesta a la que se ha supuesto.

Ejemplo: Determinar la corriente a través de cada resistencia, y la caída sobre cada resistencia del circuito de la figura:

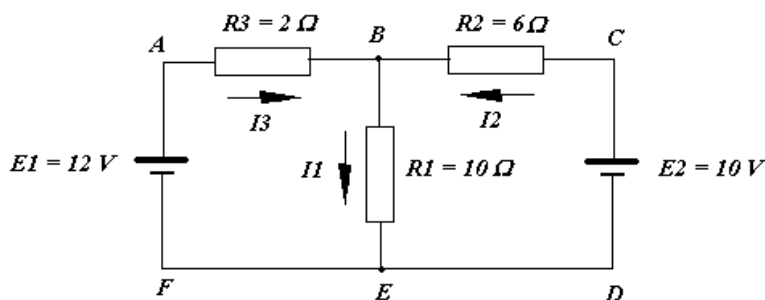


Figura N° 27

SOLUCIÓN. Por la primera ley de Kirchhoff, en el punto B:

$$I_2 + I_3 = I_1$$

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$

Por la segunda ley de Kirchhoff, la suma de los voltajes alrededor de la malla EBAFE:

$$R_1.I_1 + R_3.I_3 - E_1 = 0$$

$$10.I_1 + 12.I_3 - 12 = 0 \quad (2)$$

La suma de los voltajes en la malla **EBCDE**:

$$R_1.I_1 + R_2.I_2 - E_2 = 0$$

$$10.I_1 + 6.I_2 - 10 = 0 \quad (3)$$

Como se ve, se tienen tres ecuaciones simultáneas con tres incógnitas (**I₁** ,**I₂** e **I₃**). Resolviendo la ecuación (1) para **I₃**, y, sustituyendo en la ecuación (2)

$$I_3 = I_1 - I_2$$

Por lo que la ecuación (2) se transforma en:

$$10.I_1 + 12.(I_1 - I_2) - 12 = 0$$

Resolviendo:

$$10.I_1 + 12.I_1 - 12.I_2 - 12 = 0$$

$$22.I_1 - 12.I_2 - 12 = 0$$

Dividiendo por 2:

$$11.I_1 - 6.I_2 - 6 = 0$$

Sumando a la anterior la ecuación (3), se obtiene:

$$10.I_1 + 6.I_2 - 10 + 11.I_1 - 6.I_2 - 6 = 0$$

$$(10+11).I_1 + (6-6).I_2 - 10-6 = 0$$

$$21.I_1 - 16 = 0$$

Entonces:

$$21.I_1 = 16$$

$$I_1 = \frac{16}{21} = 0,762 \text{ A}$$

Sustituyendo este valor en la ecuación (3), resulta:

$$10 \times 0,762 + 6.I_2 - 10 = 0$$

$$7,62 + 6.I_2 = 10$$

$$6.I_2 = 10 - 7,62$$

$$I_2 = \frac{10 - 7,62}{6} = \frac{2,38}{6} = 0,397 \text{ A}$$

Finalmente:

$$I_3 = I_1 - I_2 = 0,762 - 0,397 = 0,365 \text{ A}$$

La caída de tensión sobre la resistencia R_1 es:

$$I_1 \cdot R_1 = 0,762 \text{ A} \times 10 \Omega = 7,62 \text{ V}$$

La caída de tensión sobre la resistencia R_2 es

$$I_2 \cdot R_2 = 0,397 \text{ A} \times 6 \Omega = 2,38 \text{ V}$$

Y la caída de tensión sobre la resistencia R_3 es

$$I_3 \cdot R_3 = 0,365 \text{ A} \times 12 \Omega = 4,38 \text{ V}$$

2.15. Electromagnetismo

Campo magnético de las corrientes: Oersted descubrió en 1820 que una corriente eléctrica (cargas en movimiento) está rodeada por un campo magnético. Una ley fundamental de Amper permite computar la magnitud del campo magnético debido a una corriente eléctrica.

Cuando esta ley se aplica para varias formas de alambres, se obtienen los siguientes resultados.

1. **Alambre recto.** La intensidad de campo (en oersted), a una distancia de r cm del eje de un alambre recto que transporta una corriente de 1 amperes es

$$H \text{ (oersteds)} = \frac{2 I}{10 r}$$

2. **Espira circular.** La intensidad de campo en el centro de una espira circular de alambre, de radio r , que transporta una corriente de 1 amperes, es

$$H \text{ (oersteds)} = \frac{2\pi I}{10 r} \quad (\pi = 3,1416)$$

3. **Bobina plana circular.** La intensidad de campo en el centro de una bobina plana de N espiras circulares (vueltas) es:

$$H \text{ (oersteds)} = \frac{2\pi N I}{10 r}$$

4. **Bobina larga (Solenoid).** Un solenoide es una bobina de alambre bobinado uniformemente en una hélice larga. La intensidad de campo en el centro de una bobina larga, o solenoide, de N espiras de alambre y de longitud l cm, que transporta una corriente de I amperes, es

$$H \text{ (oersteds)} = \frac{4\pi N I}{10 l}$$

Esta expresión también da la intensidad de campo a lo largo del eje de una bobina toroidal (anillo).

Flujo magnético: el flujo magnético está representado por líneas de fuerza magnética. El número total de líneas de fuerza creadas por un campo magnético se llama flujo magnético (representado por la letra griega Φ). La unidad de flujo magnético es una sola línea de fuerza, designada **maxwell**. En el sistema mks, se usa una unidad mayor, el **weber**; 1 weber = 100.000.000 o 10^8 maxwells. El número de líneas de fuerza que pasan perpendicularmente por un área de 1 centímetro cuadrado se denomina densidad de flujo (B) y se mide en **gauss** (1 gauss = 1 maxwell/cm²). La unidad de densidad de flujo en el sistema mks es el weber/m², el cual es equivalente a 10.000 gauss. De estas definiciones se deduce que:

$$\begin{aligned} \text{flujo total} &= \text{densidad de flujo} \times \text{área de la sección} \\ \Phi &= B A \end{aligned}$$

Permeabilidad magnética: si un núcleo de hierro dulce o de otro material magnético se introduce en un solenoide, éste se transforma en un electroimán, y el flujo magnético aumenta notablemente por la inducción magnética en el núcleo de hierro. La relación entre la densidad de flujo (B) y la intensidad de campo (H) en un material magnético se llama permeabilidad (letra griega μ) y es una medida de la facilidad de magnetización del material.

$$\text{permeabilidad, } \mu = \frac{B \text{ (gauss)}}{H \text{ (oersteds)}}$$

La permeabilidad de un material ferromagnético, no es una cantidad constante sino que depende de la historia magnética previa y de la intensidad del campo magnético mismo (curva B-H).

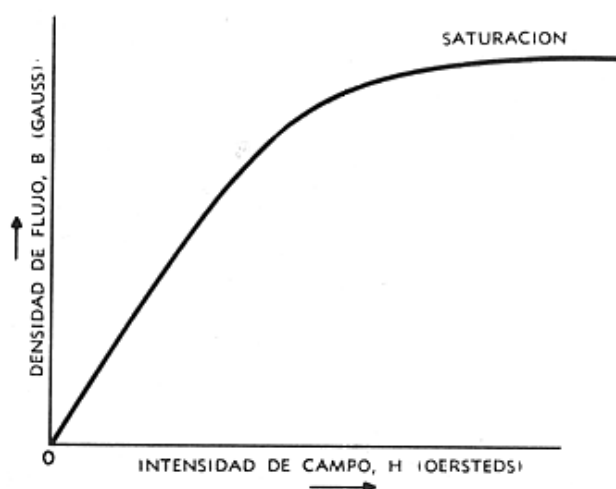


Figura Nº 28

En el aire o en el vacío, $\mu = 1$, y por lo tanto, la intensidad de campo (H) y la densidad de flujo (B) son numéricamente iguales. Consecuentemente, la permeabilidad puede definirse también como la relación de la intensidad de flujo que se obtiene con un determinado espécimen magnético, a la que se produce en el aire o en el vacío.

Fuerza sobre un conductor en un campo magnético: cuando un conductor que transporta corriente está localizado en un campo magnético, la interacción entre el conductor y el campo magnético externo ejerce una fuerza sobre el conductor. De acuerdo con la ley de Ampère (para la fuerza sobre el conductor) un conductor que lleva corriente, colocado en

$$F \text{ (dinas)} = \frac{B I l}{10}$$

ángulo recto a las líneas de fuerza de un campo magnético uniforme, será solicitado por una fuerza F (en dinas) que es directamente proporcional a la densidad del flujo B (en gauss), a la corriente I (en amperes) y a la longitud l (en cm) del conductor:

Si el conductor forma un ángulo θ con el flujo magnético, su longitud efectiva es la componente perpendicular, $l \text{ sen}\theta$, y entonces,

$$F \text{ (dinas)} = \frac{B I l}{10} \text{ sen } \theta$$

Donde θ es el ángulo entre el conductor y el campo.

La dirección de la fuerza está determinada por la regla de la mano derecha (motor): Extendiendo el pulgar, el dedo índice y el mayor en ángulos rectos uno de otro, y representando el índice, el flujo, el mayor la corriente y el pulgar el movimiento o fuerza.

Fuerza electromotriz inducida: ya se vio que si por un conductor se hacía circular una corriente eléctrica, en torno al mismo se creaban un conjunto de líneas de fuerza cuyo sentido de rotación dependía de la dirección con que fluía dicha corriente. Se estudiará aquí cómo es posible generar una fuerza electromotriz (que en adelante será llamado f.e.m.) haciendo uso de las propiedades del magnetismo.

Es un hecho demostrado que colocando un conductor bajo la influencia de un campo magnético (bajo la influencia de un imán, por ejemplo) y moviendo dicho conductor de modo tal que "corte" las líneas de fuerza existentes en torno a la pieza magnética es decir moviendo el conductor transversalmente a la dirección de las líneas de fuerza, en dicho conductor se generará una f.e.m. denominada de inducción.

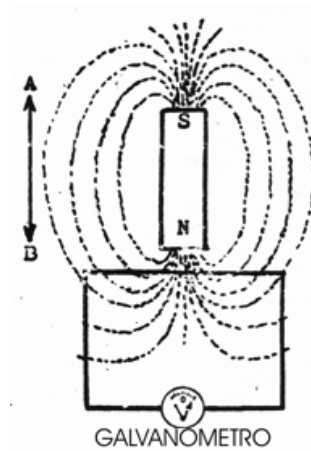


Figura Nº 29

Para comprender mejor este fenómeno se puede observar la figura, en la cual se ha dispuesto un alambre conductor cuyos dos extremos han sido conectados a un galvanómetro, instrumento de elevada sensibilidad que se utiliza para la medición de pequeños pasajes de corriente eléctrica. En la misma figura se representa un imán del tipo "de barra", uno de cuyos polos se encuentra próximo al conductor, y que para mayor comprensión de este tema, se va a suponer que el mismo es movido hacia arriba y hacia abajo, según la trayectoria A-B.

Moviendo el polo del imán del punto A al punto B, de modo que pase muy próximo al conductor, los electrones de los átomos del alambre se verán influenciados por la vecindad del campo magnético y, según sea el polo enfrentado, dichos electrones serán atraídos o repelidos por el campo magnético, dando lugar así a un desequilibrio en la estabilidad natural de los electrones del alambre conductor. Este desequilibrio no será otra cosa que un movimiento de electrones, o lo que es lo mismo, una corriente eléctrica, de cuya existencia nos dará pruebas la aguja del instrumento, que en el instante de producirse el paso del polo del imán por la proximidad del conductor, en la dirección A-B, se habrá desviado en un sentido, según sea la dirección de dicha corriente.

Un hecho importante de destacar es que la aguja del galvanómetro dará la indicación máxima cuando el polo del imán sea movido de modo tal que sus líneas de fuerza sean cortadas en forma transversal por el conductor, o sea, cuando el conductor sea movido hacia arriba, y hacia abajo. El sentido de circulación de la f.e.m. inducida en el conductor dependerá del sentido en que se desplace el imán, pues moviendo el mismo en la dirección A-B la dirección de la corriente inducida tendrá un sentido, y moviendo el imán en la dirección B-A, el sentido de circulación de la corriente será inverso.

La f.e.m. será inducida en el conductor únicamente cuando exista una variación en las líneas de fuerza del campo magnético, o esa cuando el campo magnético no se encuentre fijo. Esta f.e.m. será más intensa cuanto más intenso sea el valor de dicho campo y cuantas más líneas de fuerza sean las que corten al conductor.

También contribuirá a aumentar la intensidad de la corriente el número de veces que sea movido el imán en una y otra dirección, en la unidad de tiempo, esto es el segundo.

Si en lugar de mover el imán es el conductor el que se desplaza en forma transversal a las líneas magnéticas, se podrá obtener igualmente una circulación de corriente eléctrica por el conductor, pues lo esencial es que dicho conductor sea sometido a la acción de un campo magnético variable.

La f.e.m. inducida será más intensa cuanto mayor sea la porción de conductor (longitud del mismo) expuesta a la acción del campo magnético variable.

Si en lugar de tomar un conductor recto se utiliza un solenoide, se podrá obtener un considerable aumento de corriente.

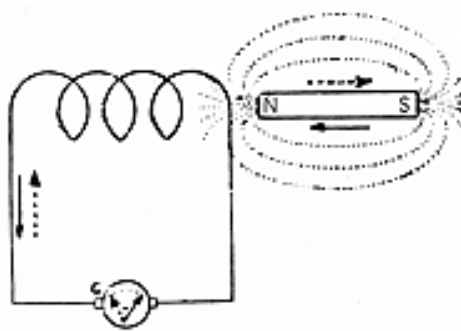


Figura N° 30

En la figura n° 30 de la izquierda se representa dicho solenoide, en cuyo exterior se encuentra conectado un galvanómetro, y al costado de aquel se supone que se encuentra un imán moviéndose hacia el interior y hacia el exterior del bobinado.

Igual que en la explicación anterior, en el momento de penetrar dicho imán en el interior del solenoide, se inducirá en el mismo una f.e.m. cuyo sentido de circulación dependerá del polo que se aproxime a la bobina. Retirando el imán del solenoide, el sentido de circulación de la corriente será contrario a la dirección anterior.

Si el imán es introducido y retirado lentamente del interior del bobinado, la aguja del instrumento nos acusará el pasaje de una corriente débil. Pero si por el contrario, acercamos y alejamos rápidamente el imán, notaremos que la aguja del galvanómetro se desviará más bruscamente, acorde con los movimientos, y el valor de la corriente inducida será mucho más elevada. También se elevará el valor de la corriente si aumentamos el número de espiras del solenoide y la intensidad del campo magnético circundante.

De todas las consideraciones expuestas es posible deducir la siguiente fórmula para calcular la f.e.m. inducida en un solenoide:

$$\text{f.e.m. inducida} = \frac{\Phi \times n \times f}{10^8 \times t.}$$

En donde Φ es la intensidad del flujo magnético en maxwells o sea la cantidad de líneas de fuerza. n es el número de espiras del solenoide, f el número de movimientos completos hacia adentro y hacia afuera o frecuencia con que es movido el imán, t el tiempo en segundos y 10^8 es un valor constante, que representa el número 10 a la octava potencia, o sea 100.000.000. Dicho valor sería la cantidad de líneas de fuerza que un conductor necesitaría cortar en un segundo para que en el mismo se genere una f.e.m. de un voltio.

En un conductor *se induce una fuerza electromotriz (fem)* cada vez que hay un cambio en el flujo magnético que pasa por el mismo. La magnitud de la fem es proporcional a la relación

de tiempos en que varía el flujo magnético. Alternativamente, una fem puede pensarse como inducida en un conductor que corta líneas de fuerza de un campo magnético. La magnitud de la fem es proporcional a la velocidad con la cual se cortan las líneas de fuerza. Si el flujo varía (o el flujo es cortado) a una velocidad de 100.000.000 o 10^8 líneas por segundo, se induce en el conductor una fem de 1 volt. Entonces, fem inducida en un conductor (volts) ,

$$E = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \times 10^{-8}$$

Donde $\Delta \Phi$ es la variación de flujo (en líneas o maxwells) en un intervalo de tiempo Δt .

Dado que 10^8 líneas de fuerza constituyen 1 weber de flujo en el sistema mks, se puede expresar también la fem inducida en un conductor

$$(\text{volts}) E = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \text{ webers/seg}$$

El signo menos (-) de esta expresión indica que la fem inducida se opone a la acción que la produce (ley de Lenz). Para una bobina de varias espiras (N) encadenadas por la misma variación de flujo, se inducen iguales fem en cada una de las espiras y el total de la fem inducida es la suma de éstas. Por lo tanto, la fem inducida en una bobina,

$$E (\text{volts}) = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} (\text{líneas/seg}) \times 10^{-8}$$

$$E (\text{volts}) = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} (\text{webers/seg})$$

La fem inducida también puede expresarse en términos de la velocidad del movimiento. Cuando un conductor de longitud l (cm) se mueve en ángulo recto en un campo magnético de densidad de flujo B (gauss), con una velocidad de v (cm/seg), la fem inducida en el conductor es:

$$E (\text{volts}) = - B l v \times 10^{-8}$$

Donde v es la componente de velocidad normal (perpendicular) relativa, con que es cortado el flujo. (A un ángulo θ relativo al flujo, la componente normal de la velocidad es $v \text{ sen}\theta$.)

Ley de Lenz: habiendo analizado cómo se produce una f.e.m. inducida en un conductor cuando se lo somete a la acción de un campo magnético variable, corresponde ahora observar la dirección que toma esta corriente bajo la influencia del campo citado.

Se dijo al hacer referencia a la figura anterior que el sentido de circulación de la corriente dependía del polo del imán que enfrentaba al solenoide y de la dirección del movimiento del imán.

Si se recurre ahora a la figura A, donde se observa el mismo esquema anterior, pero en este caso se va a considerar que el imán se desplaza hacia el interior del bobinado. Siendo el polo Norte del imán el que avanza hacia el extremo derecho del solenoide en este extremo de la bobina se inducirá también un polo Norte. De esta forma, siendo de un mismo sentido los dos campos magnéticos del imán y del solenoide, se rechazarán. La dirección de la corriente inducida en la bobina es la indicada por las flechas y el galvanómetro intercalado se desplazará en el sentido indicado.

Si se invierte ahora el movimiento del imán, es decir, si ahora es retirado por el mismo extremo que fue introducido, tal como se aprecia en la Figura B, dicho extremo del solenoide dejará de ser polo Norte y se convertirá en polo Sur, pero ocurre que el extremo introducido del imán permanecerá, como es natural, con su polaridad Norte.

Entonces se registrará una fuerza de atracción entre el polo del solenoide y el del imán. Como ha variado la polaridad de la bobina, variará también el sentido de la corriente inducida, que será ahora en sentido contrario tal como indican las flechas. El galvanómetro, por su parte, se desplazará en sentido inverso.

De estas consideraciones se deduce un hecho fundamental: Introduciendo el imán en el solenoide se induce en este último un polo de igual sentido que el del extremo del imán, produciéndose por lo tanto un efecto de rechazo entre ambos polos magnéticos. Retirando el imán del solenoide, cambia la polaridad del solenoide y entonces el mismo extremo del bobinado que antes rechazaba al imán ahora produce sobre este un efecto de atracción. En otras palabras: introduciendo el imán en el solenoide se produce una fuerza de repulsión que tiende a evitar esta aproximación, y retirando el imán se origina entonces otra fuerza opuesta que pugna por evitar que el imán sea retirado.

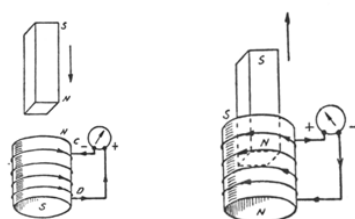


Figura Nº 31

A) Al introducir el imán en el solenoide, en ese extremo se origina un polo magnético de igual sentido que el del imán.

B) Al retirar el imán del solenoide, en éste se induce un polo magnético contrario al del imán.

Estos fenómenos tan interesantes están fijados según la **Ley de Lenz** que establece que: **"La corriente inducida en un circuito cerrado posee un sentido tal que genera a través de su propio circuito un campo magnético que se opone a toda variación del campo magnético principal que la origina"**.

Este enunciado nos expresa en forma categórica las características propias de toda corriente inducida: la de ofrecer oposición a la causa que la genera.

Esto se explica del siguiente modo: cuando se aproxima el imán, las líneas de fuerza del mismo cortan mayor número de espiras del solenoide, es decir, que la cantidad de espiras cortadas por las líneas magnéticas va en aumento y se induce en el solenoide un polo magnético del mismo sentido que el imán, que por ser del mismo sentido, se opone a que siga aumentando la cantidad de espiras cortadas por las líneas de fuerza del campo inductor.

Cuando se retira el imán del solenoide, las líneas de fuerza del primero van cortando menos espiras de la bobina, o sea, que la cantidad de espiras cortadas por el campo del imán van en disminución, y en este caso cambia el sentido del polo magnético inducido y el polo opuesto ahora generado en la bobina, tiende a evitar que continúe disminuyendo el número de espiras cortadas por las líneas de fuerza del imán.

Mientras el campo magnético inductor no sea variable no se generará ninguna f.e.m. inducida. Corresponde aclarar pues que: *"las corrientes inducidas principian y finalizan con las causas que las originan"*.

La dirección de una fem inducida puede deducirse de la ley de Lenz, que establece que una corriente producida (en un circuito cerrado) por una fem inducida, circula en dirección tal que su propio campo magnético se opone a la acción que la produce. Por ejemplo, si un incremento de flujo en una bobina induce una corriente, su dirección será tal que las líneas de su propio campo magnético se oponen a las líneas del campo original que producen esta corriente.

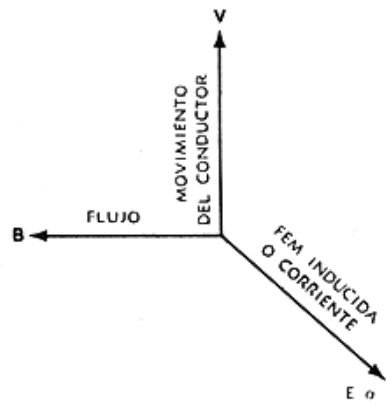


Figura N° 32

De acuerdo con la ley de Lenz la corriente inducida en un anillo cerrado o en una bobina que se mueve cortando las líneas de flujo magnético, circula en dirección tal que su campo magnético se opone al movimiento.

Para propósitos prácticos, la ley de Lenz puede simplificarse con la regla de la mano derecha (generador) para determinar la dirección de una fem inducida o corriente (convencional): Extendiendo el dedo pulgar, el índice y el medio, de la mano derecha, en ángulos rectos uno a otro, y haciendo índice = flujo y pulgar = movimiento del conductor, entonces, el dedo central = dirección de la fem o corriente.

Autoinducción: Una variación en la corriente que pasa a través de una bobina produce una variación en el flujo magnético de la bobina; esta variación de flujo, a su vez induce una fem de autoinducción en la bobina. La fem de autoinducción es proporcional a la velocidad con que varía la corriente, La autoinductancia de una bobina o solenoide, cuando la variación de flujo es uniformes, es:

$$L = \frac{N \Phi}{I} \times 10^{-8}$$

Esto indica que un circuito tiene una inductancia de 1 henrio si produce un encadenamiento de flujo de 10^8 (NF) por Amper de corriente en el mismo.

Inductancia de un solenoide: Sustituyendo $F = \mu HA$, y $H = 4\pi NI/10l$, para el campo del solenoide en la fórmula anterior, la inductancia de un solenoide es,

$$L = \frac{4\pi N^2 \mu A}{l} \times 10^{-9} \text{ (henrios)}$$

Donde N = N° de vueltas, A = sección del núcleo, μ = permeabilidad del núcleo, y l = longitud del núcleo.

Inductancia de bobinas con núcleo de aire: Para bobinas con núcleo de aire, las siguientes fórmulas prácticas dan una aproximación del 2 %.

$$\text{Bobinas de una sola capa: } L = \frac{(rN)^2}{22,8r + 25,4l} \text{ (microhenrios)}$$

$$\text{Bobinas de varias capas: } L = \frac{0,8 (rN)^2}{15,4r + 22,8l + 25,4b} \text{ (microhenrios)}$$

Donde:

- **r** = radio medio de la bobina en cm
- **l** = longitud de la bobina en cm
- **N** = número total de espiras.
- **b** = espesor del bobinado en cm (solamente para bobinas de varias capas)

Transformadores: Un transformador consiste en una bobina primaria y otra secundaria devanadas sobre un mismo núcleo de hierro, y se usa para elevar o para reducir el voltaje de corriente alternada. Una corriente alternada circulando por el primario crea una variación continua de flujo en el núcleo, que induce una fem alternada en la bobina secundaria. Para un transformador ideal (uno que no tenga pérdidas ni escapes de flujo fuera de las bobinas) la relación entre los voltajes primario y secundario, **E₁** y **E₂**, entre las corrientes primarias y secundarias **I₁** e **I₂**, y el número de espiras en las bobinas primarias y secundarias, **N₁** y **N₂**, está dada por:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \text{y} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

La eficiencia de los transformadores prácticos es generalmente muy alta y se aproxima a las relaciones ideales establecidas anteriormente.

Capacidad eléctrica: Un capacitor, en su forma más simple, consiste en dos placas conductoras paralelas separadas por un aislador (llamado dieléctrico). Cuando un condensador se conecta a una fuente de fem, tal como una batería, las placas adquieren una carga proporcional al voltaje aplicado. Un condensador está cargado totalmente cuando la diferencia de potencial entre sus placas es igual al voltaje aplicado (fem de la fuente). Para

cualquier condensador dado la relación de carga Q a la diferencia de potencial (V) entre sus placas es una constante llamada capacidad. Entonces:

$$\text{capacidad, } C = \frac{Q}{V} \text{ o la carga, } Q = C V$$

Donde la capacidad es en farads (o faradios), la carga está dada en coulombs (o culombios) , y la diferencia de potencial es en volts (o voltios). Un condensador tiene una capacidad de 1 farad cuando una carga de 1 coulomb produce una diferencia de potencial de 1 volt entre sus placas. Dado que 1 farad es una unidad muy grande, en la práctica se emplean dos unidades más pequeñas, el microfaradio (μf) y el micromicrofaradio ($\mu\mu\text{f}$) ($1 \text{ farad} = 10^6 \mu\text{f} = 10^{12} \mu\mu\text{f}$) . En el sistema cgs de unidades, la diferencia de potencial, carga y capacidad se establecen en **unidades electroestáticas (ue)** ; es sencillo demostrar que $1 \text{ farad} = 9 \times 10^{11} \text{ ue}$ de capacidad.

Condensadores en paralelo: Un número de condensadores conectados en paralelo (ver Fig. 33-A) actúa como un solo condensador con un área igual a la suma de las áreas de las capacidades individuales. Por lo tanto, la capacidad total es

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

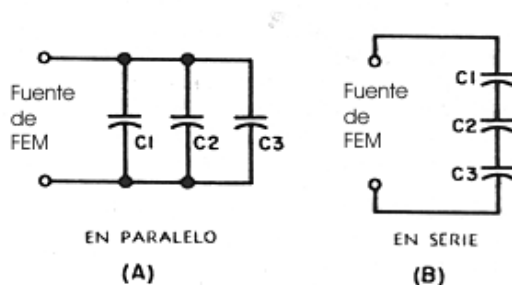


Figura N° 33

Condensadores en serie: La capacidad de un número de condensadores conectados en serie (ver Fig. 33-B) se calcula en la misma forma que las resistencias (o inductancias) en paralelo. La capacidad total está dada por:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

Para dos condensadores conectados en serie, la capacidad total es

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Es decir que la capacidad total es igual al producto de las capacidades dividido por la suma de las mismas.

Constante de tiempo capacitiva: Un condensador requiere una cierta cantidad de tiempo para cargarse al valor del voltaje aplicado (E). El tiempo depende de la capacidad (C) y de la resistencia total (R) en el circuito de carga. El tiempo necesario para que la carga alcance el 63,2 % de su valor final (CE) se llama constante de tiempo capacitiva y está dada por constante de tiempo capacitiva:

$$(\tau) = R C$$

Donde τ resulta en segundos si la resistencia (R) está en ohms y la capacidad (C) está en farads (o si R es en megohms y C es en μf). La constante de tiempo es también el tiempo (en segundos) para que la corriente de carga baje hasta el 36,8 de su valor inicial (E/R). En dos constantes de tiempo ($\tau = 2RC$), la carga alcanza 86,5 % de su valor final; en tres constantes de tiempo, se llega al 95 % del valor final; y en cinco constantes de tiempo la carga alcanza el 99,3 %, del valor total. Dado que la descarga de un condensador se produce a la misma velocidad, una constante de tiempo (RC) es también el tiempo requerido por la carga para perder 63,2 %, de su carga total inicial (CE) , o para bajar al 36,8 %, de su valor inicial. En dos constantes ($\tau = 2RC$) , la carga disminuye el 100 % - 86,5 %, o sea 13,5 % de su valor inicial; en tres constantes de tiempo, a 5 % de su valor inicial y en cinco constantes de tiempo, la carga declina hasta el 0,7 % de su valor inicial (CE). Éstos son también los tiempos requeridos para que la corriente de descarga disminuya el mismo porcentaje de su valor inicial (E/R) durante la descarga.

2.16. Corriente Continua

Es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, en ella las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección (es decir, los terminales de mayor y de menor potencial son siempre los mismos). Aunque comúnmente se identifica la "corriente continua" con la corriente constante (por ejemplo la suministrada por una batería), es continua toda corriente que mantenga siempre la misma polaridad.

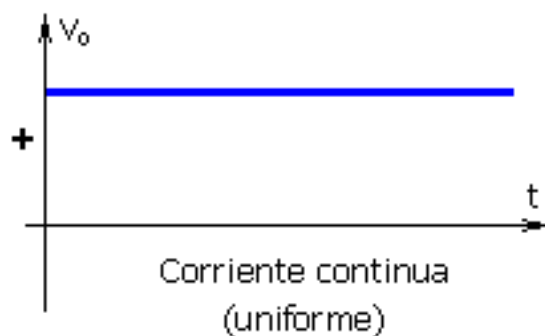


Figura Nº 34

Descubrimiento: Su descubrimiento se remonta a la invención de la primera pila por parte del científico italiano Conde Alessandri Volta.

Usos: Tras el descubrimiento de Thomas Alva Edison de la generación de electricidad en el siglo XIX, la corriente continua comenzó a emplearse para la transmisión de la energía eléctrica. Ya en el siglo XX este uso decayó en favor de la corriente alterna por sus menores pérdidas en la transmisión a largas distancias, si bien se conserva en la conexión de líneas eléctricas de diferente frecuencia y en la transmisión a través de cables submarinos.

La corriente continua es empleada en infinidad de aplicaciones y aparatos de pequeño voltaje alimentados con baterías que suministran directamente corriente continua, o bien con corriente alterna como es el caso, por ejemplo, de los ordenadores, siendo entonces necesario previamente realizar la conversión de la corriente alterna de alimentación en corriente continua.

También se está extendiendo el uso de generadores de corriente continua mediante células solares, dado el nulo impacto medioambiental del uso de la energía solar frente a las soluciones convencionales (combustible fósil y energía nuclear).

2.17. Corriente Alternada

Generación de una onda sinusoidal de corriente alternada: A través de lo estudiado, se ha interpretado que una corriente eléctrica está constituida por el pasaje de electrones a través de un circuito cerrado en una dirección determinada. Una corriente eléctrica que fluye siempre en una misma dirección recibe el nombre de corriente continua. Una corriente continua puede ser suministrada ordinariamente por pilas o acumuladores y también por generadores o dínamos. Existe, sin embargo, otro tipo de corriente eléctrica, que se estudiará enseguida, y que recibe el nombre de corriente alternada. Una fuente de corriente

alternada es capaz de suministrar una tensión tal que, si se conecta a la misma un artefacto eléctrico cualquiera, a modo de circuito cerrado, se observará un flujo electrónico de sentido o dirección variable. En otras palabras, es posible producir mediante generadores, una tensión eléctrica de polaridad variable, y consecuentemente dar lugar a una corriente de electrones cuyo sentido de circulación sea también variable.

Ya se estudió que si un conductor es movido en el ámbito del campo magnético de un imán se genera en dicho conductor una f.e.m. inducida, ocurriendo exactamente lo mismo si en lugar de agitar el conductor se imprimen un movimiento de vaivén al imán cuyo campo magnético influya al conductor.

Se vio también que el sentido de circulación de esta corriente inducida depende de los movimientos del campo magnético. Este principio es utilizado para la producción de corriente alternada.

En la figura siguiente, se representa un alambre conductor dispuesto en forma de espira en el interior de un fuerte campo magnético producido por un imán.

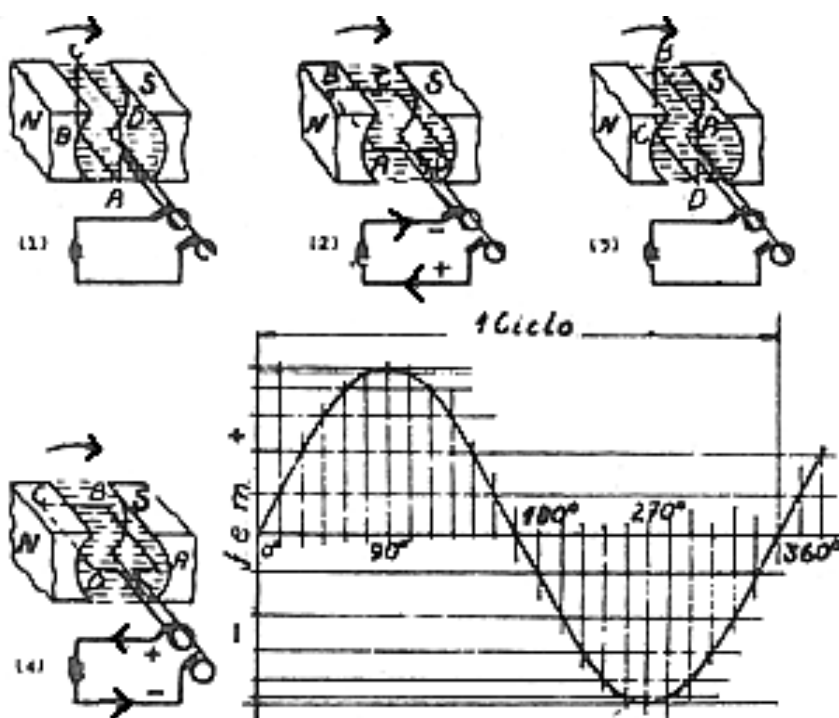


Figura Nº 35

Dicha espira es designada con las letras A-B-C-D y las líneas punteadas que van de un polo al otro del imán representan las líneas de fuera, que circundan el espacio ocupado por la espira, en uno de cuyos extremos están dispuestos dos anillos metálicos aislados entre sí y

unidos a cada extremo de la espira y que hacen contacto con pequeñas escobillas cuyo objeto es permitir llevar a un circuito exterior la f.e.m. inducida en la espira.

Se supone que el campo magnético existente entre los dos polos del imán es uniforme en todos sus puntos. Para que en el conductor se genere una f.e.m. es necesario que las líneas de fuerza corten la espira. Por lo tanto, será necesario imprimir a la espira un sentido de rotación sobre su propio eje y en la dirección que indica la flecha. Si se inicia el movimiento en la posición que la espira ocupa en (1) de la figura citada, es decir, en un plano vertical, la f.e.m. inducida en la espira será cero, porque en ese instante las líneas de fuerza no cortarán a la espira, sino que correrán paralelas a la misma. Si se gira la espira siempre en dirección de la flecha hasta que la misma quede en posición horizontal, según se ilustra en (2) de la misma gráfica, se irá induciendo en dicha espira una f.e.m. que irá paulatinamente del valor cero a un valor máximo y si los extremos de las escobillas son conectados a un circuito cerrado, circulará por la espira una corriente cuyo sentido será de A a B por un lado de la misma y lógicamente de C a D por el otro. El hecho de que la f.e.m. inducida sea máxima cuando la espira alcanza la posición (2) se explica fácilmente si se tiene en cuenta que en las sucesivas posiciones la cantidad de líneas de fuerza cortadas por la espira irán en aumento.

Si se continúa con el movimiento y se hace girar la espira otros 90 grados tal como se muestra en (3) de la gráfica, en los sucesivos instantes la f.e.m. inducida irá decreciendo de su valor máximo hasta cero, pues cada vez irá cortando menos líneas de fuerza. Ya hemos girado la espira 180 grados y la corriente circulante por la espira disminuirá paulatinamente hasta el valor cero, siempre en la dirección de A a B y de C a D. Volviendo a girar la espira otros 90 grados, la f.e.m. inducida irá creciendo nuevamente desde cero a su valor máximo, de acuerdo a la posición (4) de la figura, pero ahora la corriente inducida, irá de sentido contrario al anterior, puesto que girando la espira de 0 a 90 grados y de 90 a 180 grados, el lado A-B de la espira era influenciado por el polo Norte del imán y el lado C-D de la misma por el polo Sur.

En cambio, al continuar el giro de la espira desde los 180 grados en adelante, el lado A-B de la espira será influenciado por el polo Sur del imán y el lado C-D por el polo Norte. Por lo tanto la f.e.m. inducida hará circular una corriente a través de la espira, siempre que el circuito esté cerrado, en la dirección D a C en un costado de la misma y de B a A en el otro costado.

Se tiene entonces que girando la espira de 180 a 270 grados la corriente irá de un valor cero a un valor máximo, pero de sentido contrario con respecto a los giros de 0 a 180 grados. Y finalmente, completando la rotación de la espira desde los 270 a los 360 grados, se producirá en la espira una f.e.m. que irá de su valor máximo en forma paulatina hasta el valor cero observando la corriente el mismo sentido que en el giro de 180 a 270 grados, pero ahora en vez de ir aumentado irá decreciendo hasta ser nula.

De todos estos hechos se observa que la f.e.m. inducida en la espira tendrá valores nulos cuando la misma se encuentre vertical y valores máximos cuando este horizontal correspondiendo al primer caso las posiciones 0 y 180 grados y al segundo caso las posiciones 90 y 270 grados. Es necesario aclarar que la f.e.m. inducida en la espira será tanto mayor cuanto mayor sea la cantidad de vueltas o giros completos que realiza la misma en la unidad de tiempo, o sea el segundo. Además, todas las explicaciones referentes a los distintos valores de f.e.m. para las respectivas posiciones de la espira de este ejemplo, se entenderán siempre considerando a la espira en movimiento, puesto que ya se sabe que para producir una f.e.m. inducida es necesaria una variación en la cantidad de líneas de fuerza cortadas por el conductor.

Si se desea representar gráficamente los valores de la f.e.m. inducida para cada una de las posiciones de la espira, se pueden trazar dos líneas perpendiculares una horizontal que se denomina "abscisa" (0° a 360°) y otra vertical llamada "ordenada" (+e, 0, -e) según la figura anterior.

El punto donde se unen estas dos líneas se llama punto de partida o cero. Sobre la abscisa se efectúa una graduación que representará el valor de la f.e.m. inducida para cada posición de la espira, y sobre la ordenada también otra graduación, que indicará los sucesivos tiempos del giro. Así, al iniciar el movimiento de rotación de la espira se tomará como referencia el punto de partida cero. Desde 0 a 90 grados la f.e.m. irá en aumento, circulando la corriente en un sentido. De 90 a 180 grados irá disminuyendo, conservando igual sentido de circulación. Para las posiciones de 180 a 270 grados volverá a ir en aumento, pero esta vez en sentido contrario y finalmente de 270 a 360 grados continuará decreciendo y en este mismo sentido.

Observando la figura, en la que quedan representados los sucesivos valores de la f.e.m. inducida, se ve que cada 180 grados hay una inversión del sentido de la corriente inducida, y una constante variación en los valores de dicha tensión.

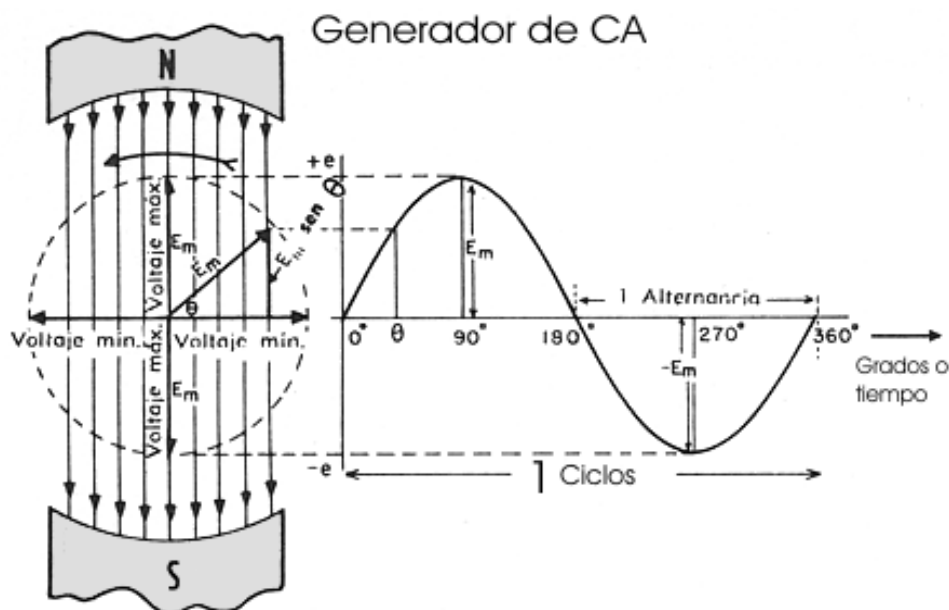


Figura N° 36

Una armadura bobinada girando en un campo magnético uniforme constituye un generador elemental de corriente alternada. Puede usarse un vector que gira uniformemente para simular los lados que cortan el flujo (longitudinales) de la armadura giratoria. Siempre que el vector giratorio o la armadura se mueven en ángulo recto al flujo magnético (entre los polos), éste corta el máximo número de líneas magnéticas, y la fem inducida alcanza su máximo valor, **E_m** . Cuando la armadura se mueve paralela con el flujo magnético, no corta ninguna línea, y la fem inducida es cero. Se supondrá que el campo magnético es de dirección vertical hacia abajo y la armadura (representada por un vector) comienza a girar contraria a las agujas de reloj, desde una posición horizontal la derecha. Por lo tanto, el voltaje inducido en la armadura es inicialmente cero. Después de un cuarto de revolución, o un cuarto de ciclo, la armadura alcanza una posición vertical y se mueve en ángulo recto respecto al flujo, entre los polos del imán. En este instante, se alcanza la máxima fem (representada por la longitud del radio vector **E_m**), durante el siguiente cuarto de revolución, la fem inducida disminuye nuevamente y llega a cero en el instante en que la armadura pasa a la posición horizontal (hacia la izquierda) y se mueve paralela al flujo. Una posterior rotación durante el tercer cuarto e giro induce una fem de dirección opuesta, en la bobina de la armadura.

Esta fem alcanza un valor máximo (**$-E_m$**) cuando el vector giratorio, que representa la armadura, apunta verticalmente hacia abajo y se mueve entre los polos en ángulo recto con el campo (después de 3/4 de revolución). Durante el último cuarto de revolución, la fem inducida disminuye nuevamente y alcanza el valor cero cuando la armadura ha completado una revolución completa, o ciclo (igual a 360° de circunferencia) .

Es evidente que solamente la porción de la armadura que se mueve en ángulo recto con el flujo es efectiva para inducir una fem en la bobina. Esta componente que corta al flujo puede ser determinada proyectando la posición angular del vector giratorio (o armadura) sobre un diámetro vertical. Para algún ángulo θ entre el vector (o armadura) y la horizontal, la componente vertical (que corta al flujo) del vector es:

$$E_m \text{sen} \theta$$

Donde E_m es la longitud del vector, y es igual a la máxima fem inducida. Por lo tanto, podemos escribir para el voltaje, **e** , generado en cualquier instante:

$$e = E_m \text{sen} \theta$$

Para una armadura que gira uniformemente, el ángulo θ barrido por la armadura es igual al producto de la velocidad angular (ω) y el tiempo (t) ; es decir, $\theta = \omega t$. Por lo tanto:

$$e = E_m \text{sen} \theta = E_m \text{sen} \omega t$$

Si el voltaje inducido instantáneo, **e** , se representa en función del tiempo o del ángulo, se obtiene la onda sinusoidal mostrada en la figura 3-1. Además si el voltaje inducido se aplica a una carga resistiva, la corriente instantánea, **i** , sufrirá variaciones similares al voltaje con respecto al valor máximo de la corriente, **I_m** ; es decir:

$$i = I_m \text{sen} \theta = I_m \text{sen} \omega t$$

Ciclo, período y frecuencia: Cuando la posición de la espira va de 0 a 180 grados y la f.e.m. y la corriente tienen una dirección dada, se dice que es positiva, y cuando la espira va de 180 a 360 grados y por lo tanto cambia el sentido de la f.e.m. y la corriente, se dice que es negativa. Por lo tanto para representar los valores desde 0 a 180 grados de giro efectuaremos las anotaciones por encima de la "abscisa" y en las graduaciones de la "ordenada". Y para los valores de 180 a 360 grados anotaremos los valores en las graduaciones de la ordenada que están por debajo de la abscisa. La curva que se obtiene en la figura 3-1 se la denomina senoide. Un movimiento completo de la espira de nuestro

ejemplo, desde 0 hasta 360 grados se denomina ciclo. A la cantidad de ciclos que se cumplen en la unidad de tiempo, o sea en el segundo, se le da el nombre de frecuencia.

El tiempo requerido para completar un ciclo completo se llama período (T) , y el número de ciclos completados por segundo se denomina frecuencia (f) de la onda sinusoidal. La frecuencia es la inversa del período:

$$f = \frac{1}{T} \quad y \quad T = \frac{1}{f}$$

Así, si la espira realiza 10 vueltas completas en un segundo, la frecuencia de la f.e.m. inducida será de 10 ciclos/segundo y el período resulta de 0,1 segundo. Semionda o semiciclo se denomina a cada una de las porciones de una senoide en la cual el sentido de la f.e.m. inducida es el mismo. En el caso de la figura la curva de 0 a 180 grados será el semiciclo positivo y la de 180 a 360 grados será el semiciclo negativo. Cada semiciclo o semionda es una alternancia y por consiguiente un ciclo posee dos alternancias.

Dado que cada ciclo sinusoidal corresponde a **2π** radianes, la velocidad angular (**ω**) en radianes es simplemente **2π** veces el número de ciclos completados en cada segundo, o sea **2π** x frecuencia:

$$\omega = 2\pi f = 6,283 f$$

La corriente alternada producida por las usinas industriales para proporcionar corriente de transmisión de energía es de generalmente 50 ciclos por segundo, y por lo tanto en una corriente de 50 ciclos por segundo se producirán 100 alternancias.

Valor eficaz de CA, Valor Medio Cuadrático o Root-Mean-Square (RMS): Una corriente alternada tiene un valor eficaz de 1 Amper cuando produce la misma cantidad de calor en una resistencia (R), que una corriente continua de 1 Amper sobre esa resistencia. Un voltaje de CA tiene un valor eficaz de 1 volt si da origen a una corriente efectiva de 1 amp en una resistencia de 1 ohm. Los valores eficaces de tensiones y corrientes (E e I respectivamente) de una onda sinusoidal de CA, están relacionados con los valores máximos o valor de pico (**E_m** e **I_m**, respectivamente), en la siguiente forma:

$$E = 0,707 E_m \quad e \quad I = 0,707 I_m$$

(Nótese que los valores eficaces no tienen letras en el subíndice) .

Fase, ángulo de fase y diferencia de fase: La fracción de ciclo que ha transcurrido desde que una corriente o voltaje ha pasado por un determinado punto de referencia (generalmente en el comienzo o 0°) se denomina fase o ángulo de fase del voltaje o corriente. Más frecuentemente, los términos fase o diferencia de fase se usan para comparar dos o más voltajes o corrientes alternados o voltajes y corrientes de la misma frecuencia, que pasan por sus puntos cero y máximo a diferentes valores de tiempo.

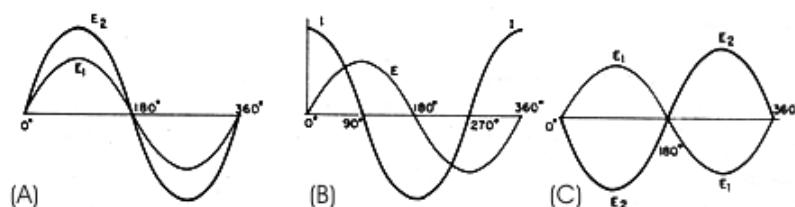


Figura N° 37

(A) Voltajes en fase; (B) la corriente adelanta al voltaje en 90° (C) dos voltajes en oposición de fase.

(En circuitos inductivos o capacitivos de CA, el voltaje y la corriente, si bien son de la misma frecuencia, no transcurren juntos.) Por ejemplo, E_1 y E_2 están en fase, porque pasan por sus puntos cero y máximo en los mismos instantes de tiempo, si bien difieren sus valores máximos. La corriente y voltaje están 90° fuera de fase, dado que sus respectivos valores máximo y cero, están desplazados 90° o $1/4$ de ciclo. La corriente adelanta al voltaje en 90° , porque alcanza su valor máximo (y mínimo) 90° o $1/4$ ciclo antes que el voltaje. Los dos voltajes de la figura están en oposición de fase, o 180° fuera de fase uno de otro, porque sus valores máximo y cero, están desplazados en 180° eléctricos o $1/2$ ciclo.

Corriente alternada en resistencia pura: La corriente en un circuito de CA que contiene solamente resistencia está determinada por la *ley de Ohm* ($I = E/R$) y está en fase con la fem aplicada (ver Fig. 3-3). Además, en cualquier parte de un circuito de CA que contenga resistencia, la caída de voltaje sobre ésta (V) está en fase corriente (I), y por lo tanto, con la fem aplicada (E).

Corriente y voltaje en resistencia pura

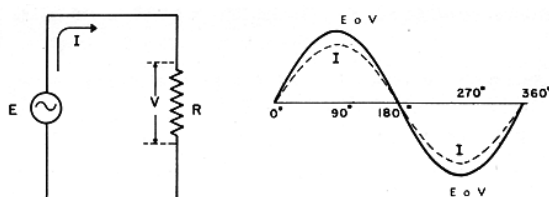


Figura N° 38

Corriente alternada en inductancia pura: Si bien toda inductancia práctica tiene la resistencia del bobinado, es de interés considerar una inductancia pura. Debido al hecho de que la fcm de autoinducción en una bobina se opone a cualquier cambio en la corriente, una inductancia en un circuito de CA ejerce un efecto continuo de choke sobre la corriente, que reduce su magnitud y la atrasa en 90° ($1/4$ de ciclo) respecto del voltaje aplicado. La oposición al pasaje de la corriente por una inductancia L (en henrios) se llama *reactancia inductiva* (X_L) y está dada (en ohms) por:

$$X_L = 2\pi f L = 6,283 f L \text{ (aprox.) ohms}$$

La corriente en una inductancia pura es el voltaje aplicado (E) dividido por la reactancia inductiva (X_L), o:

$$I = \frac{E}{X_L} = \frac{E}{2\pi f L}$$

(Donde I atrasa a E en un ángulo de fase de 90°).

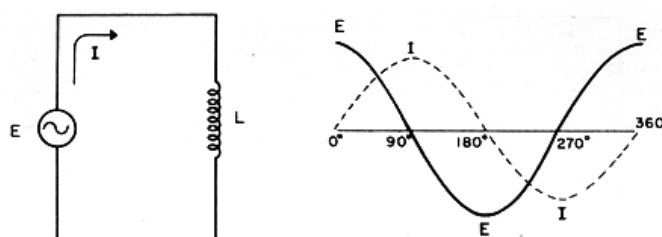


Figura N° 39

Corriente alternada en capacidad pura: Un condensador conectado a una fuente de voltaje de CA, se carga alternativamente en direcciones opuestas, y por lo tanto permite la circulación de una cierta cantidad de corriente alternada. Con todo la magnitud de la corriente está reducida por la capacitiva (X_c), la cual está dada (ohms) por:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \approx \frac{0,1592}{f C} \text{ ohms}$$

Donde X_c está en ohms, si C está en farads y f está en ciclos/seg (cps) . En un circuito capacitivo, la corriente (I) adelanta al voltaje aplicado (E) en $1/4$ de ciclo o 90° . La corriente resulta:

$$I = E/X_c = E \times (2\pi f C)$$

Corriente y voltaje en capacidad pura.

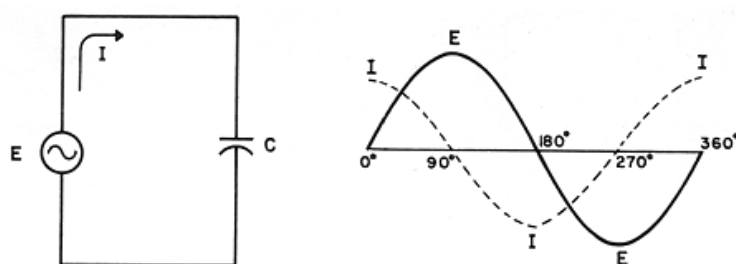


Figura N° 40

Impedancia de un circuito serie: La oposición a la circulación de corriente en un circuito serie de CA que contiene resistencia, inductancia y capacidad, se llama impedancia (**Z**). Impedancia es el vector suma de la reactancia neta y de la resistencia total en el circuito. Dado que la corriente en una inductancia atrasa al voltaje aplicado en 90°, mientras que la corriente en una capacidad está adelantada respecto del voltaje aplicado en 90°, las reactancias inductiva y capacitiva están 180° fuera de fase. La reactancia neta es el vector suma de la reactancia inductiva (**X_L**) y de la reactancia capacitiva (**X_C**), y es numéricamente igual a la diferencia aritmética entre **X_L**, y **X_C**:

$$\text{reactancia neta, } X = X_L - X_C = 2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}$$

Si la reactancia inductiva es numéricamente mayor que la capacitiva, la reactancia neta es positiva (+) y la corriente estará atrasada respecto al voltaje aplicado, como en una inductancia (ver Fig. A). Si la reactancia capacitiva es numéricamente mayor que la inductiva, la reactancia neta es negativa (-), y la corriente adelanta al voltaje aplicado como en la capacidad.

Dado que la corriente en una resistencia está en fase con el voltaje aplicado, mientras que en una reactancia, adelanta o atrasa al voltaje aplicado (dependiendo de que el signo sea + o -), las componentes resistivas y reactivas no se pueden sumar directamente para obtener la impedancia, sino que deben ser sumadas vectorialmente. Si la resistencia total (**R**) y la reactancia neta (**X = X_L - X_C**) representan dos lados de un triángulo rectángulo, el vector suma de **R** y **X** -o sea la impedancia **Z**- es simplemente la hipotenusa del triángulo, como se muestra en Fig. B.

Dado que de acuerdo con el conocido teorema de Pitágoras, la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los dos catetos, la magnitud de la impedancia está dada por:

$$\text{magnitud de } Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\text{o } Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2}$$

Reactancia neta (A) e impedancia (B) en circuito serie de CA

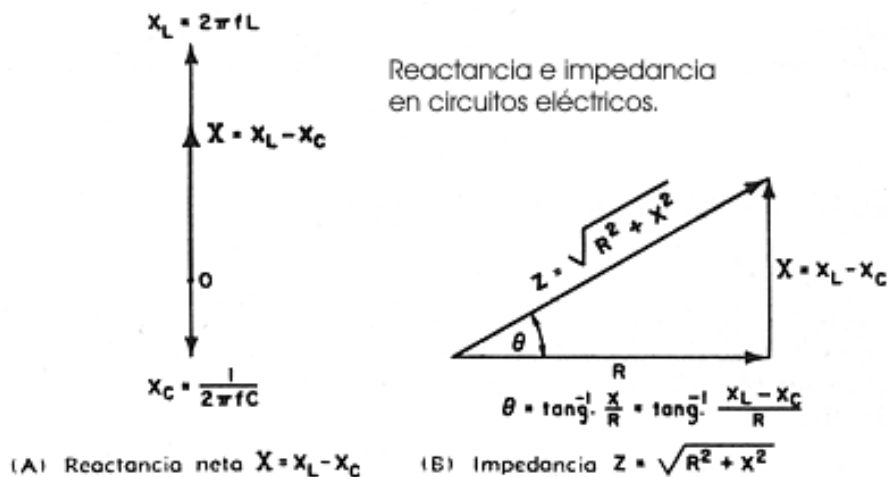


Figura N° 41

El ángulo formado por los vectores de la impedancia (**Z**) y la resistencia (**R**), se llama ángulo de fase (**Θ**) y está dado por:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{R} = \tan^{-1} \frac{X_L - X_C}{R} = \tan^{-1} \frac{2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}}{R}$$

Como puede demostrarse, **Θ** es el ángulo que atrasa o adelanta a la corriente respecto del voltaje aplicado en el circuito serie de CA.

Resolución del circuito serie de CA: Una forma modificada de la ley de Ohm permite resolver el circuito serie de corriente alterna en forma similar al de corriente continua. Si se establece que el valor del voltaje aplicado es el efectivo (**rms**), entonces, la magnitud de la corriente efectiva (**I**) es simplemente el voltaje aplicado (**E**) dividido por la magnitud de la impedancia (**Z**) o:

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

Similarmente, la magnitud de la impedancia.

$$Z = \frac{E \text{ (eficaz)}}{I \text{ (eficaz)}}$$

Y la caída de voltaje sobre una impedancia (Z) es:

$$E = I Z = I \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

El ángulo de fase Θ por el cual la corriente adelanta o atrasa al voltaje aplicado, es igual al ángulo (Θ) entre la resistencia y la impedancia en el triángulo de impedancias y está dado más arriba.

Como una prueba del cálculo, el vector suma de las caídas de voltaje sobre la resistencia (E_R), inductancia (E_L) y capacidad (E_C), debe ser igual al voltaje aplicado E, en el circuito serie. Si las caídas de voltaje resistivas y reactivas, representan los lados de un triángulo rectángulo, entonces el voltaje aplicado será:

$$E = \sqrt{E_R^2 + (E_L - E_C)^2}$$

Además, dado que las caídas de voltaje son proporcionales a la resistencia y a la reactancia respectivamente, el ángulo de fase entre la corriente y el voltaje:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{X}{R} = \tan^{-1} \frac{E_L - E_C}{E_R}$$

Potencia de Corriente Alternada: En una inductancia pura o en una capacidad pura, no se absorbe potencia, si bien se debe transportar una corriente reactiva. Todas las potencias reales en un circuito de CA son disipadas por resistencias, que son las componentes de la corriente total, en fase con el voltaje aplicado. Esta componente en fase de la corriente, es igual a $I \cos \Theta$, como se muestra en la Fig. A. La potencia total, real, consumida o absorbida por un circuito de CA, es entonces el producto del voltaje aplicado y de la componente en fase de la corriente, o sea:

$$P_{\text{real}} = E I \cos \Theta = E \cdot I \cdot \text{factor de potencia (watts)}$$

La cantidad $\cos \Theta$ por la cual debe ser multiplicado el producto $E \times I$ para obtener la potencia real se llama factor de potencia (abreviado FP):

$$\text{factor de potencia, fp} = \frac{P_{\text{real}}}{E I} = \frac{R}{Z} = \cos \theta$$

La relación $\cos \theta = R/Z$ se hace evidente con el triángulo de impedancias de Fig. B. El producto de E por I solos (Fig. B), se llama potencia aparente y se expresa en volts-amperes (**VA**) o kilo-volt-amperes (**KVA**). La potencia reactiva (Fig. B), la cual es entregada y retorna por las inductancias y capacidades del circuito, es el producto del voltaje aplicado y de la componente fuera de fase (reactiva) de la corriente, **$I \sin \theta$** ; es decir:

$$P_{\text{reactiva}} = EI \sin \theta$$

La potencia reactiva es expresada en volt-ampere-reactivos (**VAR**) o kilo-volts-amperes-reactivos (**KVAR**).

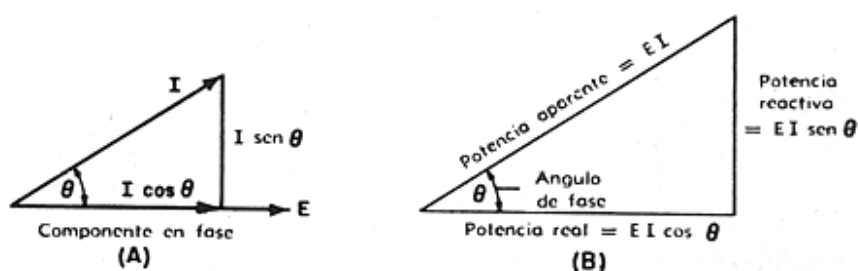


Figura N° 42

Resolución de circuito paralelo de corriente alterna: La solución de circuitos paralelos de CA y la combinación de circuitos serie y paralelo, puede ser ligeramente dificultosa, debido a que las corrientes en las ramas no sólo varían de magnitud sino también de ángulo de fase. Como para los circuitos paralelos de CC, la caída de voltaje sobre cada rama de un circuito paralelo de CA, es la misma e igual al voltaje de la fuente (es decir, al voltaje aplicado). La reactancia o impedancia de cada rama puede determinarse por medio de las fórmulas dadas anteriormente para la reactancia e impedancia:

$$X_L = 2\pi fL; X_C = \frac{1}{2\pi fC} ; X = X_L - X_C ; Z = \sqrt{R^2 + X^2} ; \theta = \tan^{-1} \frac{X}{R}$$

La corriente en cada rama está determinada por la ley de Ohm

$$I_{\text{rama}} = \frac{E}{Z_{\text{rama}}} = \frac{E}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

Las corrientes de las ramas tienen ángulos de fase, dado que las impedancias de las ramas tienen ángulos de fase (cuando la rama es reactiva). Debido al ángulo de fase, las corrientes deben sumarse vectorialmente para obtener la corriente (I). Para evitar errores, esto se debe realizar gráficamente y matemáticamente, usando el voltaje aplicado ® como vector de referencia. Si el circuito está formado por una rama capacitiva y otra inductiva, por ejemplo,

la corriente en la rama inductiva ($\mathbf{I_L}$) atrasa al voltaje en 90° y por lo tanto es un vector trazado verticalmente hacia abajo desde el vector de voltaje $\textcircled{R}$ (referencia). La corriente capacitiva ($\mathbf{I_C}$) adelanta al voltaje aplicado en 90° y es un vector vertical hacia arriba, desde el vector horizontal de referencia. Dado que las dos corrientes están en fases opuestas, a 180° la corriente total ($\mathbf{I}$) es simplemente la diferencia aritmética entre las dos, o $\mathbf{I} = \mathbf{I_L} - \mathbf{I_C}$. Si hay también una rama resistiva, la corriente neta $\mathbf{I_x} = \mathbf{I_L} - \mathbf{I_C}$, debe ser combinada vectorialmente con el vector corriente ($\mathbf{I_R}$), para formar un ángulo recto. La corriente total en el circuito paralelo R-L-C- es entonces:

$$I_t = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} = \sqrt{I_R^2 + I_x^2}$$

y el ángulo de fase entre el voltaje y la corriente

$$\theta = \tan^{-1} \frac{I_L - I_C}{I_R} = \tan^{-1} \frac{I_x}{I_R}$$

Un valor positivo de θ indica que la corriente atrasa al voltaje. Si una o más de las ramas paralelas contienen resistencia, así como inductancia y capacidad, el vector suma de las corrientes es más difícil de determinar, dado que el ángulo entre éstos no es ni 180° ni 90° . Si los vectores de las corrientes de las ramas ($\mathbf{I_1}$ e $\mathbf{I_2}$) están colocados uno a continuación del otro y el ángulo (α) entre ellos se mide o se calcula, el vector corriente resultante (corriente total $\mathbf{I_t}$) es el tercer lado del triángulo formado y puede determinarse por la ley del coseno:

$$I_t^2 = I_1^2 + I_2^2 - 2 I_1 I_2 \cos \alpha$$

Debe tenerse más cuidado al determinar el ángulo entre $\mathbf{I_1}$, e $\mathbf{I_2}$, cuando los vectores están colocados uno a continuación del otro, que cuando ambos vectores salen del mismo punto de origen. Si se hace esto último por medio de la ley del coseno se obtendrá el lado mayor del lado del paralelogramo, el cual resulta ser vector diferencia en vez de vector suma.

Después que se ha obtenido la corriente total (de línea) en el circuito, la magnitud de la impedancia total es simplemente, la fem aplicada $\textcircled{R}$ dividida por la corriente total ($\mathbf{I_t}$), o

$$\mathbf{Z_t} = \mathbf{E/I_t}$$

El ángulo de fase Θ es el ángulo entre el voltaje aplicado (vector E, de referencia horizontal) y la corriente reactiva neta

$$I_X = I_L - I_C$$

$$\Theta = \tan^{-1}((I_L - I_C) / I_R)$$

El método explicado anteriormente puede ser usado también para determinar la impedancia total de un circuito paralelo a una frecuencia determinada, cuando no se conoce el voltaje de

$$I_R = \frac{E_{\text{supuesta}}}{R}, I_C = \frac{E_{\text{supuesta}}}{X_C}, I_L = \frac{E_{\text{supuesta}}}{X_L}$$

la fem aplicada. Se supone simplemente un valor conveniente de voltaje E aplicado, y sobre estas bases se calcula la impedancia total y las corrientes. Para un circuito que contiene resistencia, inductancia y capacidad en paralelo, por ejemplo, se calcula como se indica:

Por lo tanto, la impedancia $Z = E_{\text{supuesta}} / I_t$

(El valor supuesto para E no tiene importancia, dado que en cualquier forma se anula).

Determinación de Impedancia paralelo: Existe un número de fórmulas para calcular la impedancia total (magnitud y ángulo de fase) de un circuito paralelo de CA, en forma directa,

$$\text{corriente total, } I_t = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

sin la determinación de la corriente total. Si el circuito de CA está formado solamente por resistencias en paralelo, las corrientes de las ramas están en fase con el voltaje aplicado y la impedancia total (Z) es igual a la resistencia equivalente R , o:

Y el ángulo de fase, $\Theta = 0^\circ$.

Para un número de inductancias o capacidades en paralelo, la impedancia total iguala a la reactancia total de las ramas, o:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{X} = \frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \frac{1}{X_3} + \dots$$

y el ángulo de fase, $\theta = +90^\circ$ o -90° , dependiendo de si el circuito consiste en inductancias o capacidades en paralelo. (En general, un ángulo de fase positivo indica que el circuito es inductivo y que la corriente atrasa al voltaje aplicado; un ángulo de fase negativo indica que el circuito es capacitivo y que la corriente adelanta al voltaje aplicado.)

Para dos reactancias (X_1 y X_2) del mismo tipo, en paralelo, la impedancia total

$$Z = X = \frac{X_1 X_2}{X_1 + X_2} \quad \text{y} \quad \theta = +90^\circ \text{ ó } -90^\circ$$

Cuando una reactancia inductiva (X_L) y una reactancia capacitiva (X_C) están colocadas en paralelo, la impedancia total:

$$Z = X = \frac{-X_L X_C}{X_L - X_C}$$

Cuando X_L es mayor que X_C , la reactancia resultante (X) es negativa (es decir capacitiva), y el ángulo de fase $\theta = -90^\circ$. Cuando X_C es mayor que X_L , la reactancia resultante es positiva (es decir, es inductiva) y el ángulo de fase $\theta = +90^\circ$.

Dos impedancias en paralelo: Cuando dos impedancias, Z_1 y Z_2 , están conectadas en paralelo, la magnitud de la impedancia resultante (total) es:

$$Z = \frac{|Z_1| |Z_2|}{|Z_1 + Z_2|} \quad \text{donde} \quad |Z_1| = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} \quad , \quad |Z_2| = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}$$

$$\text{y} \quad |Z_1 + Z_2| = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2}$$

$$\text{ángulo de fase, } \theta = \tan^{-1} \frac{X_1}{R_1} + \tan^{-1} \frac{X_2}{R_2} - \tan^{-1} \frac{X_1 + X_2}{R_1 + R_2}$$

Para obtener los resultados correctos con estas fórmulas deben usarse valores positivos para X_1 y X_2 , cuando la reactancia es inductiva (X_L) y valores negativos cuando la reactancia es capacitiva (X_C). Las fórmulas sirven generalmente para cualquier grupo de dos impedancias en paralelo. Más abajo se indican fórmulas específicas para circuitos particulares en paralelo.

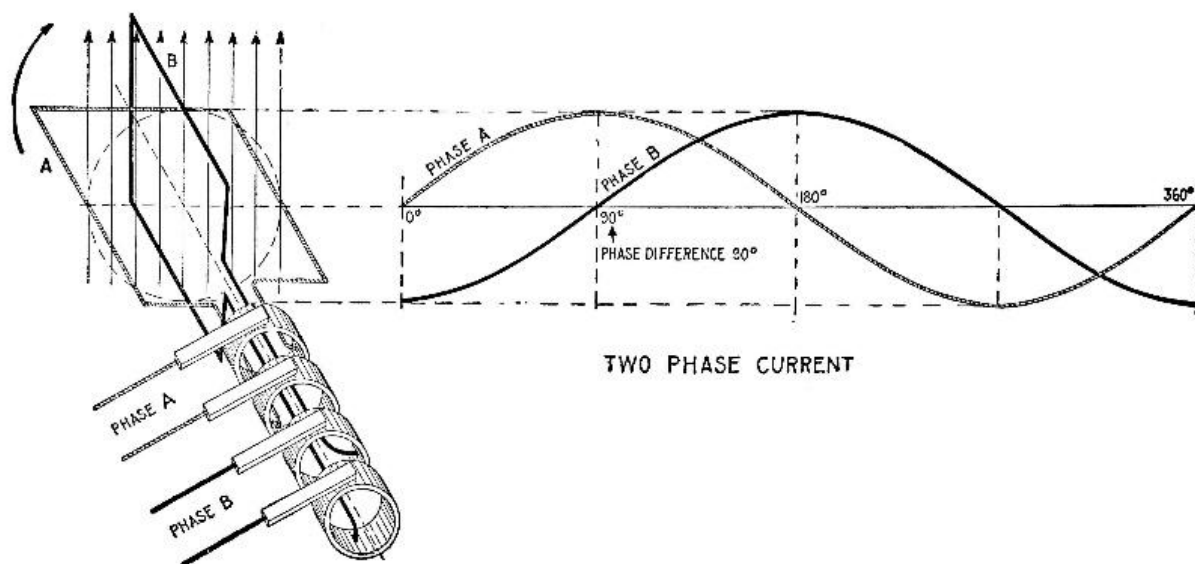


Figura N° 44

Sistemas Trifásicos: sistema de 3 tensiones desfasadas 120 grados que se genera con un alternador que tiene 3 devanados a 120 grados uno respecto del anterior. Para transmitirse se utilizan líneas de 3 conductores, pero para utilización final se utilizan líneas de 4 hilos, que son las 3 fases y el neutro.

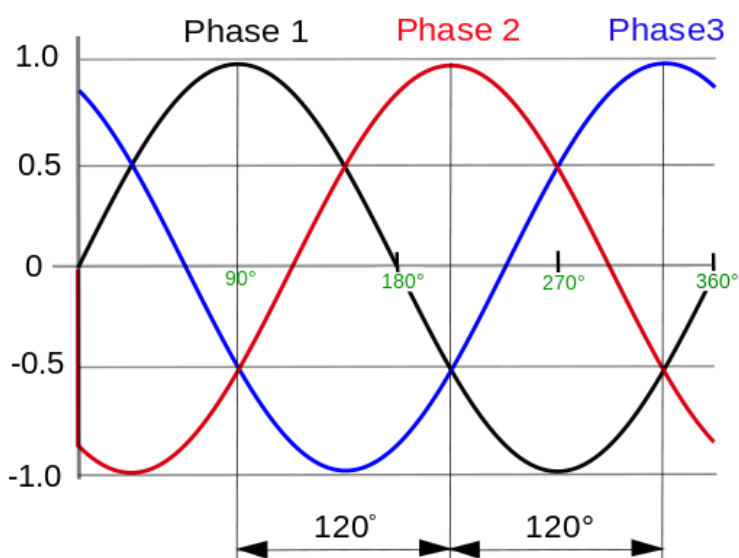


Figura N° 45

En la figura 45 se representa un alternador. Como se puede ver los polos son giratorios y las bobinas inducidas son fijas. Lo mismo se podría realizar a la inversa, pero, sin embargo, este sistema presenta ciertas ventajas desde el punto de vista constructivo, como son: poder acceder al circuito móvil con sólo dos conexiones, estas conexiones suelen ser de dimensiones más reducidas porque transportan intensidades menores que las que salen de las bobinas inducidas, también son más pequeñas las tensiones que alimentan la rueda polar, etc.

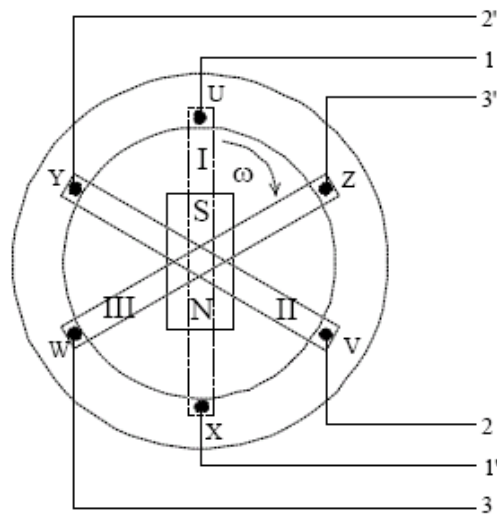


Figura N° 46

En este alternador se han dispuesto tres bobinas que están idénticamente constituidas y tienen el mismo número de espiras. La bobina II se ha situado formando un ángulo de $360^\circ/3 = 120^\circ$ con relación a la I, y la III con un ángulo de 240° .

Para ello, en las bobinas se señalan con U, V y W los extremos que, convencionalmente, consideraremos salida. Los otros extremos, llamados entradas, han sido señalados, X, Y y Z. Por lo tanto, existen dos grupos de extremos homólogos. Son los extremos homólogos los que están situados a 120° . Las flechas de valoración se eligen dirigidas, en cada bobina, de entrada a salida. Como sea que las tres bobinas son iguales, el conocido proceso de inducción de fuerzas electromotrices será idéntico, incluso en lo cuantitativo. La diferencia está en que, siendo T el período de giro, en II todo el proceso se realiza con un retraso $T/3$, y en III con otro de $2T/3$. En ángulos de fase los retrasos son: $2\pi/3$ y $2 \cdot 2\pi/3$. En definitiva, las f.e.m.s. son:

$$e_1 = \sqrt{2}E_1 \cos \omega t$$

$$e_2 = \sqrt{2}E_2 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$e_3 = \sqrt{2}E_3 \cos\left(\omega t - 2 \cdot \frac{2\pi}{3}\right)$$

Siendo:

$$|E_1| = |E_2| = |E_3|$$

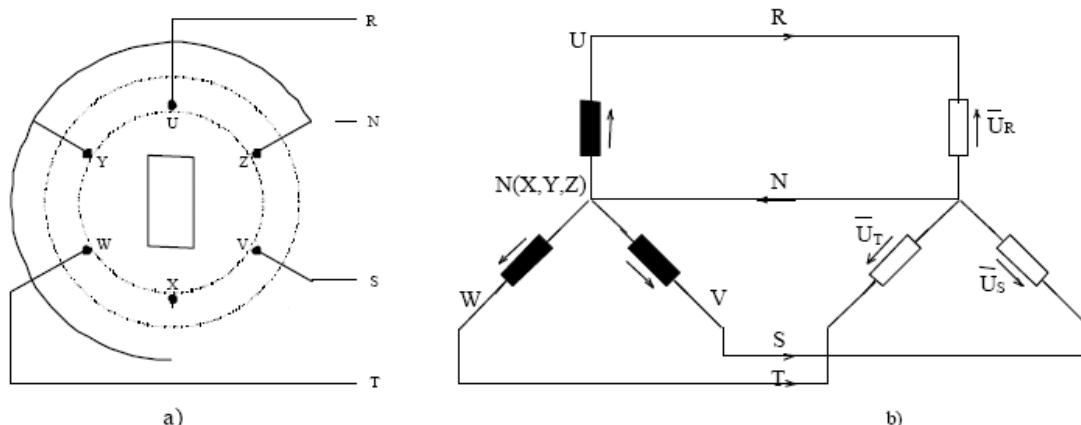


Figura Nº 47

En la figura anterior, se suponen los tres bobinados reales sobre la máquina. Se consideran con impedancias, prácticamente nulas. La conexión común X-Y-Z pasa a ser un punto del circuito denominado neutro, N.

Si las impedancias de carga son iguales, como se ha supuesto, la suma $I_1 + I_2 + I_3 = 0$ o sea que, en el conjunto de los tres conductores de retorno, la corriente es nula. A un sistema de estas características se denomina **equilibrado** y por el conductor neutro no retorna corriente alguna.

Las tres bobinas generadoras de f.e.m. (del inducido), constituyen las llamadas fases del alternador.

Si suponemos un sistema trifásico con impedancias de cargas desequilibradas o desiguales, las intensidades lo podrán ser en módulos y/o en ángulos de diferencia de fases con sus respectivas tensiones.

$$\sum \bar{I} = \bar{I}_N \neq 0$$

Donde I_N es la corriente que circula por el neutro.

Con la conexión en estrella, podemos obtener dos tensiones diferentes (figura de la derecha).

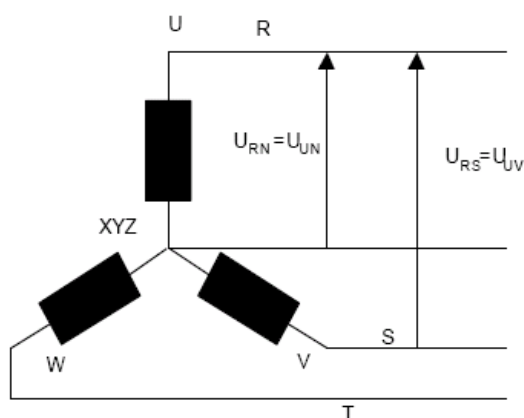


Figura Nº 48

Conexión estrella: Se denominan tensiones **simples** o por **fase**, las existentes entre los extremos U, V ó W por un lado, y el neutro N por otro. Las tres tienen idénticos módulos; sus valores eficaces se representarán por U_f .

Si no existiera caída de tensión interna, tendría los mismos valores que las f .e.m. de las fases que se indicarán como E_f .

Reciben el nombre de tensiones **compuestas** o de **líneas**, o entre fases, las que se presentan entre U, V y W. Por ejemplo, la tensión entre U y V será:

$$\begin{aligned}\bar{U}_{UV} &= \bar{U}_{UN} + \bar{U}_{NV} \\ \bar{U}_{UV} &= \bar{U}_{UN} - \bar{U}_{VN}\end{aligned}$$

A los valores de las tensiones compuestas se les designará por U y su relación modular con la tensión simple es:

$$U = \sqrt{3}U_f$$

La conexión en estrella no ofrece confusión posible, en lo que a intensidades concierne. Las intensidades de línea son iguales a las intensidades de fase del generador: La conexión en estrella con neutro es un sistema a cuatro hilos.

La conexión en estrella sin neutro es un sistema a tres hilos, en el que sólo se dispone de las tensiones compuestas. Desde el punto de vista de los receptores, a los cuales van a alimentar el sistema trifásico, no importa demasiado el sistema de conexión de los generadores, sino las tensiones de que vamos a disponer.

Conexión en triángulo: Los alternadores trifásicos admiten otro tipo de conexión llamado en triángulo. Consiste en enlazar, cíclicamente, cada final de fase con la entrada de la otra, según se puede apreciar en la figura. Como es lógico, se sigue un orden, uniendo el final o entrada de la fase U, que es la X, con la salida de la fase siguiente V. La entrada de esta fase Y se une con la W, y, por último, su entrada Z, con la U. De esta forma, queda cerrado el triángulo y de cada una de las uniones se saca una conexión, que se representa con las letras R, S y T y que servirán para la alimentación de los receptores.

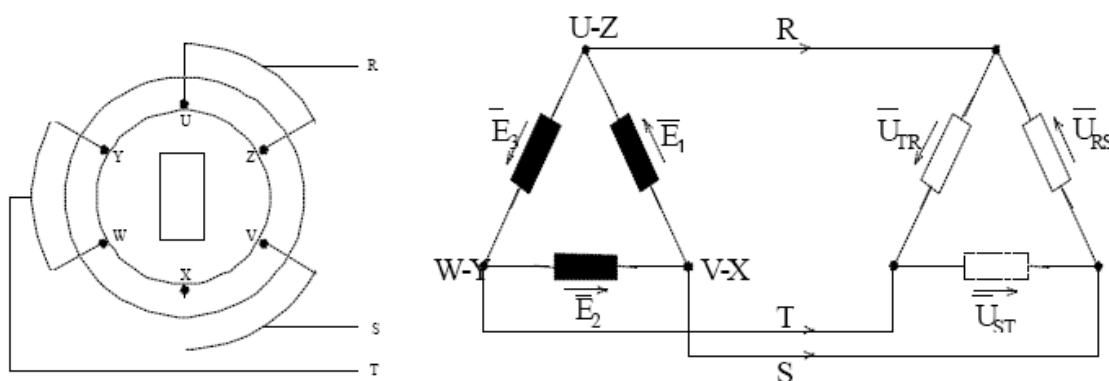


Figura Nº 49

Desde el punto de vista de los receptores, a los cuales van a alimentar el sistema trifásico, no importa demasiado el sistema de conexión de los generadores, sino las tensiones de las que se disponen. La conexión en triángulo carece, físicamente, de neutro, por lo que solamente se tiene un valor para las tensiones, con idénticos módulos para tensiones simples y compuestas.

En este caso si es importante conocer la relación existente entre las intensidades de fase de generador y las intensidades de línea. Aplicando la primera ley de Kirchhoff al nudo U, se tendrá:

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_R + \bar{I}_3 \quad \bar{I}_R = \bar{I}_1 - \bar{I}_3$$

En general se puede decir que:

$$|\bar{I}_R| = \sqrt{3}|\bar{I}_1| = \sqrt{3}|\bar{I}_3|$$

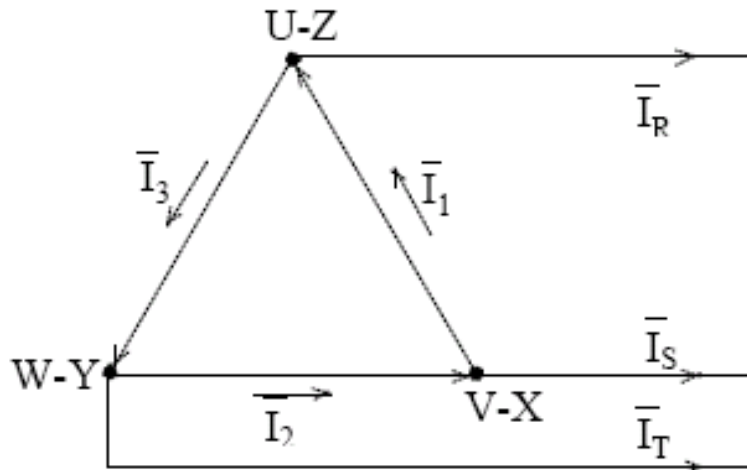


Figura N° 50

En definitiva, en un sistema trifásico, cuando se indica la tensión del sistema, se entiende que se refiere a la tensión compuesta y lo mismo ocurre con las intensidades, independientemente de la conexión que tengan los generadores.

Potencias en sistemas trifásicos equilibrados: La **potencia activa** de un sistema trifásico es la suma de las potencias activas de los sistemas monofásicos que lo componen. Si se supone equilibrado, la potencia activa buscada es tres veces la de uno de sus sistemas monofásicos.

En la conexión en estrella, la potencia activa total del sistema (generación o recepción) será:

$$P = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos\varphi$$

Pero como:

$$U = \sqrt{3} \cdot U_f \quad e \quad I = I_f$$

Resulta:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

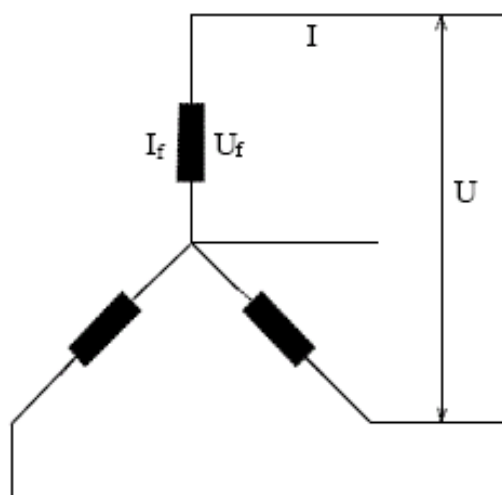


Figura Nº 51

Análogamente, la **potencia reactiva** en un sistema trifásico equilibrado resultará:

$$Q = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \text{sen} \varphi$$

Con las mismas relaciones entre tensiones e intensidades compuestas y simples, nos quedará:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \text{sen} \varphi$$

En la conexión en triángulo, la potencia activa total del sistema (generación o recepción) será:

$$P = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi$$

Pero como:

$$I = \sqrt{3} \cdot I_f \quad e \quad U = U_f$$

Quedará:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Igualmente, la potencia reactiva:

$$Q = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \text{sen} \varphi$$

Teniendo las mismas relaciones entre las tensiones e intensidades compuestas y simples, se obtendrá:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \text{sen} \varphi$$

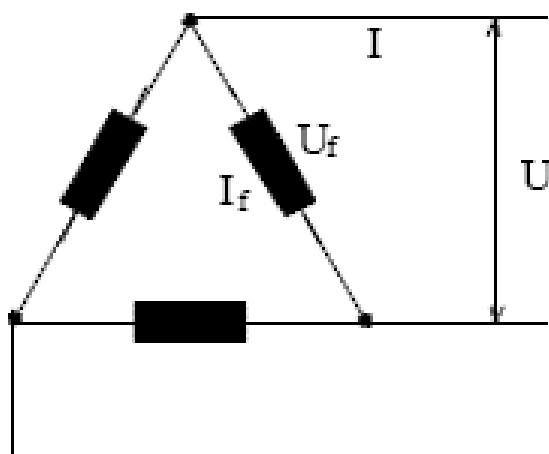


Figura Nº 52

Hay que tener en cuenta que el ángulo φ es el que forman los vectores U_f e I_f correspondientes a una misma fase y nunca el que forman la tensión compuesta U con la intensidad de línea I . Por lo tanto, $\cos \varphi$ es el factor de potencia de cada sistema monofásico o fase.

Se define la **potencia aparente**, de un sistema equilibrado a la expresión:

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

Potencias en sistemas trifásicos desequilibrados: Si se designan las fases con a, b y c, cuando el sistema es desequilibrado, cada sistema monofásico tiene sus propias potencias. En tal caso, es fácil comprender que:

$$P = P_a + P_b + P_c$$

$$Q = Q_a + Q_b + Q_c$$

Teniendo en cuenta, en las potencias reactivas, el signo que a cada una le corresponda.

De igual manera:

$$S = S_a + S_b + S_c$$

Siendo

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

2.19. Efectos Fisiológicos de la Corriente

Las consecuencias del paso de la corriente por el cuerpo pueden ocasionar desde lesiones físicas secundarias (golpes, caídas, etc.), hasta la muerte por fibrilación ventricular.

Una persona se electriza cuando la corriente eléctrica circula por su cuerpo, es decir, cuando la persona forma parte del circuito eléctrico, pudiendo, al menos, distinguir dos puntos de contacto: uno de entrada y otro de salida de la corriente. La electrocución se produce cuando dicha persona fallece debido al paso de la corriente por su cuerpo.

La fibrilación ventricular consiste en el movimiento anárquico del corazón, el cual, deja de enviar sangre a los distintos órganos y, aunque esté en movimiento, no sigue su ritmo normal de funcionamiento.

Por tetanización entendemos el movimiento incontrolado de los músculos como consecuencia del paso de la energía eléctrica. Dependiendo del recorrido de la corriente perderemos el control de las manos, brazos, músculos pectorales, etc.

La asfixia se produce cuando el paso de la corriente afecta al centro nervioso que regula la función respiratoria, ocasionando el paro respiratorio.

Otros factores fisiopatológicos tales como contracciones musculares, aumento de la presión sanguínea, dificultades de respiración, parada temporal del corazón, etc. pueden producirse sin fibrilación ventricular. Tales efectos no son mortales, son normalmente reversibles y, a menudo, producen marcas por el paso de la corriente. Las quemaduras profundas pueden llegar a ser mortales.

Para las quemaduras se han establecido unas curvas (figura 52) que indican las alteraciones de la piel humana en función de la densidad de corriente que circula por un área determinada (mA/mm²) y el tiempo de exposición a esa corriente. Se distinguen las siguientes zonas:

- Zona 0: habitualmente no hay alteración de la piel, salvo que el tiempo de exposición sea de varios segundos, en cuyo caso, la piel en contacto con el electrodo puede tomar un color grisáceo con superficie rugosa.
- Zona 1: se produce un enrojecimiento de la piel con una hinchazón en los bordes donde estaba situado el electrodo.
- Zona 2: se provoca una coloración parda de la piel que estaba situada bajo el electrodo. Si la duración es de varias decenas de segundos se produce una clara hinchazón alrededor del electrodo.
- Zona 3: se puede provocar una carbonización de la piel.

Es importante resaltar que con una intensidad elevada y cuando las superficies de contacto son importantes se puede llegar a la fibrilación ventricular sin ninguna alteración de la piel.

Efecto sobre la piel

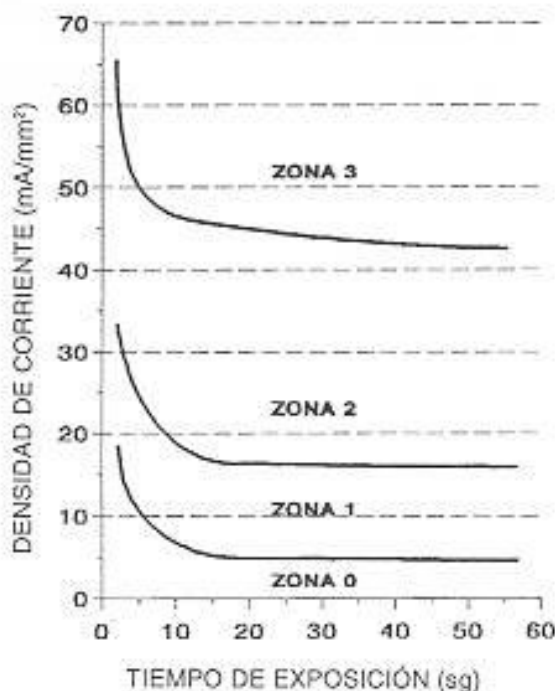


Figura Nº 53

En la figura 53 se indican los efectos que produce una corriente alterna de frecuencia comprendida entre 15 y 100 Hz con un recorrido mano izquierda-los dos pies. Se distinguen las siguientes zonas:

- Zona 1: habitualmente ninguna reacción.
- Zona 2: habitualmente ningún efecto fisiológico peligroso.
- Zona 3: habitualmente ningún daño orgánico. Con duración superior a 2 segundos se pueden producir contracciones musculares dificultando la respiración, paradas temporales del corazón sin llegar a la fibrilación ventricular.
- Zona 4: riesgo de parada cardíaca por: fibrilación ventricular, parada respiratoria, quemaduras graves.

Efecto de la corriente alterna en el cuerpo humano

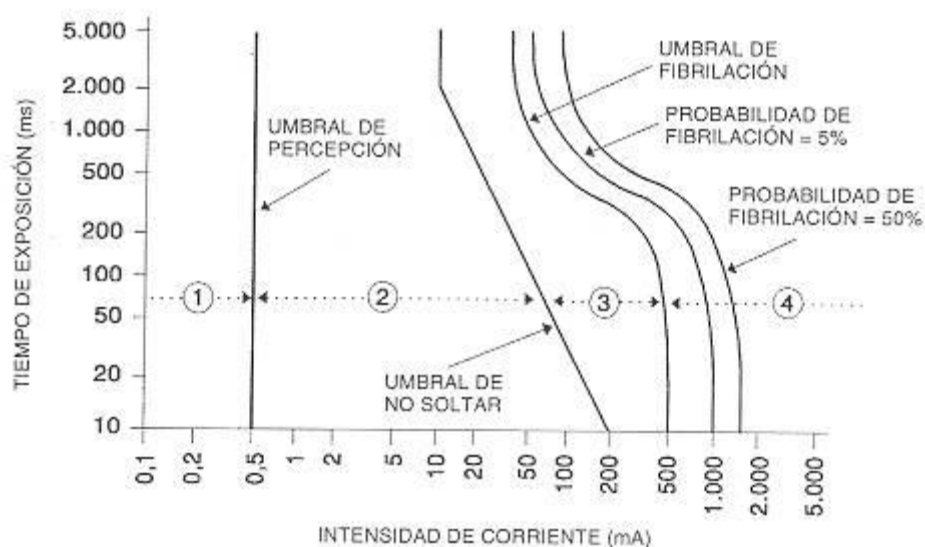


Figura Nº 54

Factores Principales que Influyen en los Efectos Eléctricos

Intensidad de la Corriente

Es uno de los factores que más inciden en los efectos y lesiones ocasionados por el accidente eléctrico. En relación con la intensidad de corriente, son relevantes los conceptos que se indican a continuación.

Umbral de percepción: es el valor mínimo de la corriente que provoca una sensación en una persona, a través de la que pasa esta corriente. En corriente alterna esta sensación de paso de la corriente se percibe durante todo el tiempo de paso de la misma; sin embargo, con corriente continua solo se percibe cuando varía la intensidad, por ello son fundamentales el inicio y la interrupción del paso de la corriente, ya que entre dichos instantes no se percibe el paso de la corriente, salvo por los efectos térmicos de la misma. Generalizando, la Norma CEI 479-11994 considera un valor de 0,5 mA en corriente alterna y 2 mA en corriente continua, cualquiera que sea el tiempo de exposición.

Umbral de reacción: es el valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular.

Umbral de no soltar: cuando una persona tiene sujetos unos electrodos, es el valor máximo de la corriente que permite a esa persona soltarlos. En corriente alterna se considera un valor máximo de 10 mA, cualquiera que sea el tiempo de exposición. En corriente continua, es difícil establecer el umbral de no soltar ya que solo el comienzo y la interrupción del paso de la corriente provocan el dolor y las contracciones musculares.

Umbral de fibrilación ventricular: es el valor mínimo de la corriente que puede provocar la fibrilación ventricular. En corriente alterna, el umbral de fibrilación ventricular decrece considerablemente si la duración del paso de la corriente se prolonga más allá de un ciclo cardíaco. Adecuando los resultados de las experiencias efectuadas sobre animales a los seres humanos, se han establecido unas curvas, por debajo de las cuales no es susceptible de producirse. La fibrilación ventricular está considerada como la causa principal de muerte por choque eléctrico.

En corriente continua, si el polo negativo está en los pies (corriente descendente), el umbral de fibrilación es de aproximadamente el doble de lo que sería si el polo positivo estuviese en los pies (corriente ascendente). Si en lugar de las corrientes longitudinales antes descritas fuese una corriente transversal, la experiencia sobre animales hace suponer que, solo se producirá la fibrilación ventricular con intensidades considerablemente más elevadas.

En la figura 54 se representan los efectos de una corriente continua ascendente con trayecto mano izquierda-los dos pies; se puede apreciar que para una duración de choque superior a un ciclo cardíaco el umbral defibrilación en corriente continua es muy superior que en corriente alterna.

Efecto de la corriente continua en el cuerpo humano

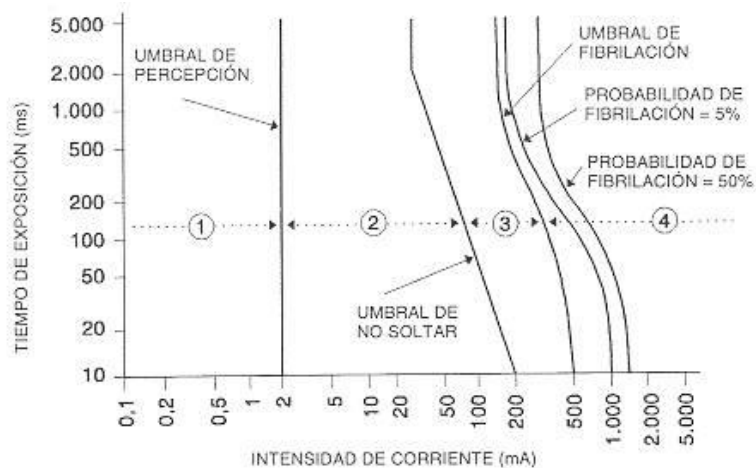


Figura Nº 55

Período vulnerable: afecta a una parte relativamente pequeña del ciclo cardíaco durante el cual las fibras del corazón están en un estado no homogéneo de excitabilidad y la fibrilación ventricular se produce si ellas son excitadas por una corriente eléctrica de intensidad suficiente. Corresponde a la primera parte de la onda T en el electrocardiograma y supone aproximadamente un 10% del ciclo cardíaco completo. Ver figura 49.

Período vulnerable del ciclo cardíaco

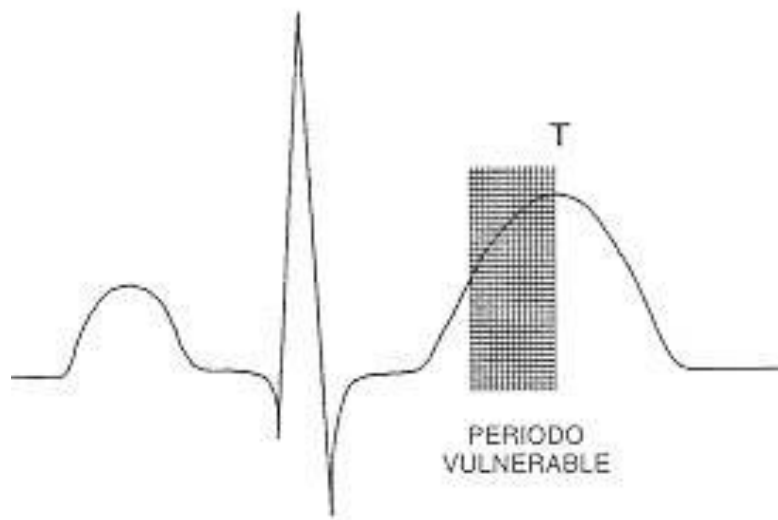


Figura Nº 56

La figura 56 reproduce un electrocardiograma en el cual se representan los efectos de la fibrilación ventricular, indicándose las variaciones que sufre la tensión arterial cuando se produce la fibrilación, la tensión arterial experimenta una oscilación e inmediatamente, decrece, en cuestión de un segundo, hacia valores mortales.

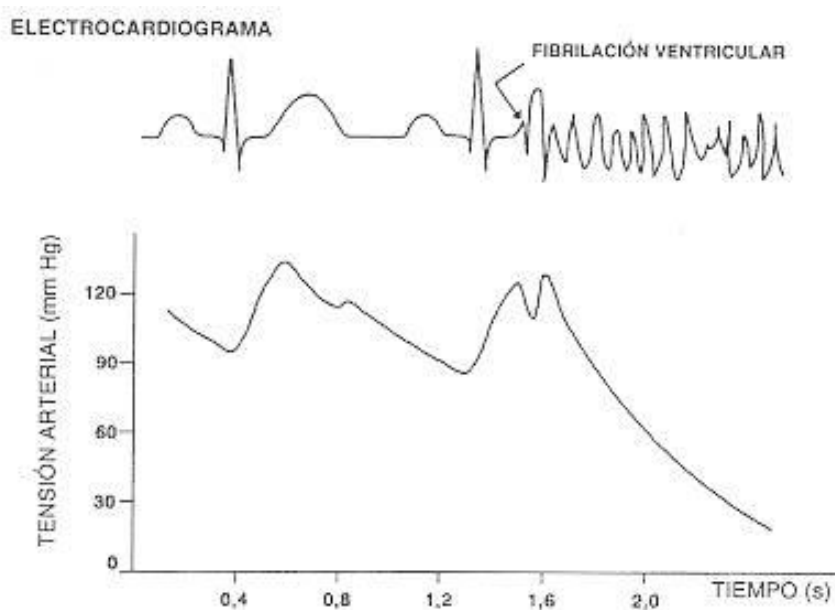


Figura nº 57

Duración del contacto eléctrico.

Junto con la intensidad es el factor que más influye en el resultado del accidente. Por ejemplo, en corriente alterna y con intensidades inferiores a 100 mA, la fibrilación puede producirse si el tiempo de exposición es superior a 500 ms.

Impedancia del cuerpo humano

Su importancia en el resultado del accidente depende de las siguientes circunstancias: de la tensión, de la frecuencia, de la duración del paso de la corriente, de la temperatura, del grado de humedad de la piel, de la superficie de contacto, de la presión de contacto, de la dureza de la epidermis, etc.

Las diferentes partes del cuerpo humano, tales como la piel, los músculos, la sangre, etc., presentan para la corriente eléctrica una impedancia compuesta por elementos resistivos y capacitivos. Durante el paso de la electricidad la impedancia de nuestro cuerpo se comporta como una suma de tres impedancias en serie:

- Impedancia de la piel en la zona de entrada.
- Impedancia interna del cuerpo.
- Impedancia de la piel en la zona de salida.

Hasta tensiones de contacto de 50 V en corriente alterna, la impedancia de la piel varía, incluso en un mismo individuo, dependiendo de factores externos tales como la temperatura,

la humedad de la piel, etc.; sin embargo, a partir de 50 V la impedancia de la piel decrece rápidamente, llegando a ser muy baja si la piel está perforada.

La impedancia interna del cuerpo puede considerarse esencialmente como resistiva, con la particularidad de ser la resistencia de los brazos y las piernas mucho mayor que la del tronco. Además, para tensiones elevadas la impedancia interna hace prácticamente despreciable la impedancia de la piel. Para poder comparar la impedancia interna dependiendo de la trayectoria, en la figura 57 se indican las impedancias de algunos recorridos comparados con los trayectos mano-mano y mano-pie que se consideran como impedancias de referencia (100%).

Impedancia interna del organismo

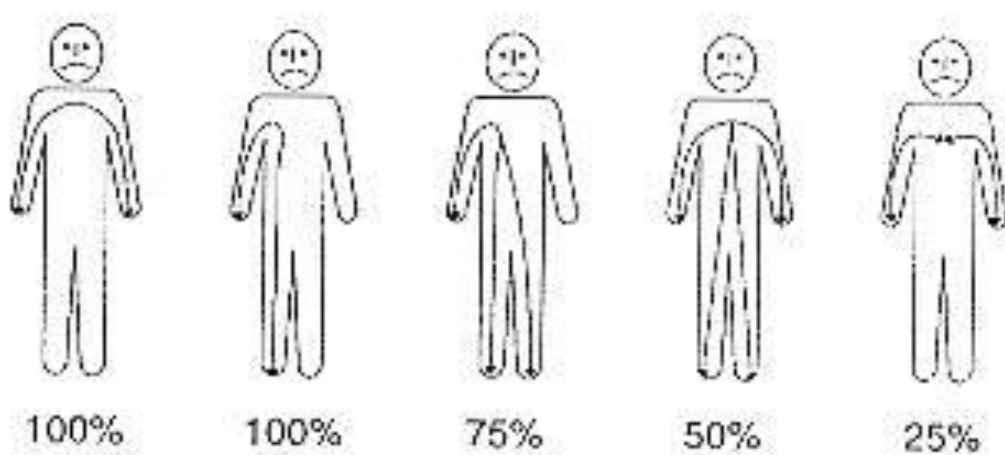


Figura Nº 58

En las tablas 17 y 18 se indican unos valores de la impedancia total del cuerpo humano en función de la tensión de contacto, tanto para corriente alterna y continua, respectivamente.

Tabla 17: (Tabla 1 de la 4ª Ed. de IEC TS 60479-1 de 2005) Impedancia total del cuerpo humano Z_T para un trayecto de corriente mano a mano en CA 50/60 Hz para grandes superficies de contacto en condiciones secas.

Tensión de contacto V	Valores de la impedancia total Z_T (Ω) del cuerpo humano que no son sobrepasados por		
	5 % de la población	50 % de la población	95 % de la población
25	1750	3250	6100
50	1375	2500	4600
75	1125	2000	3600
100	990	1725	3125
125	900	1550	2675
150	850	1400	2350
175	825	1325	2175
200	800	1275	2050
225	775	1225	1900
400	700	950	1275
500	625	850	1150
700	575	775	1050
1 000	575	775	1050
Valor asintótico = impedancia interna			
	575	775	1050
Nota 1: Algunas mediciones indican que la impedancia total del cuerpo para el trayecto de la corriente mano a pie es un poco más baja que para el trayecto mano a mano (10% a 30%).			
Nota 2: Para las personas vivas los valores de Z_T corresponden a una duración de la circulación de la corriente de alrededor de 0,1 s. Para duraciones superiores los valores de Z_T pueden disminuir (alrededor del 10 % al 20 %) y después que se completa la ruptura de la piel, Z_T se aproxima a la impedancia interna Z_i del cuerpo humano.			
Nota 3: Para los valores normalizados de tensión de 230 V (redes de distribución -3N ~ 230/400 V) cabe suponer que los valores de la impedancia del cuerpo son los mismos que para una tensión de contacto de 225 V..			
Nota 4: Los valores de Z_T están redondeados a 25 Ω .			

Tabla 18: (Tabla 10 de la 4ª Ed. de IEC TS 60479-1 de 2005) Resistencia total del cuerpo humano R_T para un trayecto de corriente mano a mano en CC para grandes superficies de contacto en condiciones secas.

Tensión de contacto V	Valores de la resistencia total R_T (Ω) del cuerpo humano que no son sobrepasados por		
	5 % de la población	50 % de la población	95 % de la población
25	2 100	3 875	7 275
50	1 600	2 900	5 325
75	1 275	2 275	4 100
100	1 100	1 900	3 350
125	975	1 675	2 875
150	875	1 475	2 475
175	825	1 350	2 225
200	800	1 275	2 050
225	775	1 225	1 900
400	700	950	1 275
500	625	850	1 150
700	575	775	1 050
1 000	575	775	1 050
Valor asintótico = impedancia interna			
	575	775	1050
Nota 1 Algunas mediciones indican que la resistencia total del cuerpo para el trayecto de la corriente mano a pie es un poco más baja que para el trayecto mano a mano (10% a 30%).			
Nota 2 Para las personas vivas los valores de R_T corresponden a una duración de la circulación de la corriente de alrededor de 0,1 s. Para duraciones superiores los valores de R_T pueden disminuir (alrededor del 10 % al 20 %) y después que se completa la ruptura de la piel, R_T se aproxima a la resistencia inicial R_0 del cuerpo humano.			
Nota 3: Los valores de Z_T están redondeados a 25 Ω .			

Las variaciones de la impedancia del cuerpo humano en función de la superficie de contacto, se representan en la figura 58, en relación con la tensión aplicada. Se considera que la resistencia del cuerpo entre mano y pie es de 2.500 ohm.

Impedancia del cuerpo en función de la superficie de contacto (50 Hz)

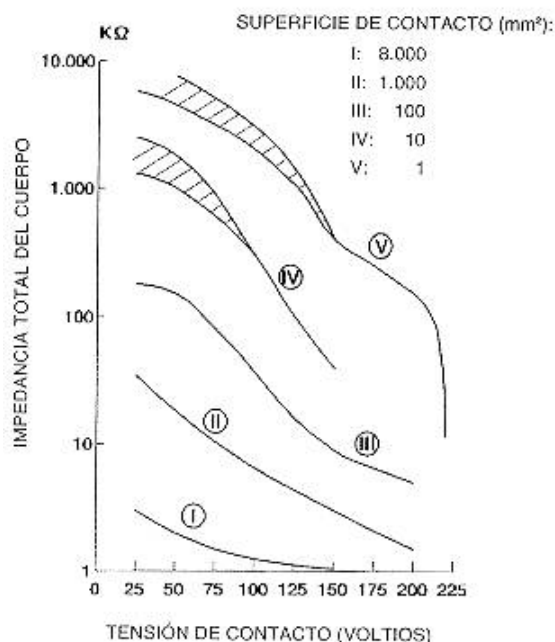


Figura nº 59

Tensión Aplicada

En sí misma no es peligrosa pero, si la resistencia es baja, ocasiona el paso una intensidad elevada y, por tanto, muy peligrosa. El valor límite de la tensión de seguridad debe ser tal que aplicada al cuerpo humano, proporcione un valor de intensidad que no suponga riesgos para el individuo.

Como anteriormente se mencionó, la relación entre la intensidad y la tensión no es lineal debido al hecho de que la impedancia del cuerpo humano varía con la tensión de contacto. Ahora bien, por depender la resistencia del cuerpo humano, no solo de la tensión, sino también de la trayectoria y del grado de humedad de la piel, no tiene sentido establecer una única tensión de seguridad sino que tenemos que referirnos a infinitas tensiones de seguridad, cada una de las cuales se correspondería a una función de las distintas variables anteriormente mencionadas.

Las tensiones de seguridad aceptadas por AEA son 24 V para emplazamientos húmedos y 12 V para emplazamientos secos, siendo aplicables tanto para corriente continua como para corriente alterna de 50 Hz.

Frecuencia de la Corriente Alterna

Normalmente, para uso doméstico e industrial se utilizan frecuencias de 50 Hz (en U.S.A. de 60 Hz), pero cada vez es más frecuente utilizar frecuencias superiores, por ejemplo:

- 400 Hz en aeronáutica.
- 450 Hz en soldadura.
- 4.000 Hz en electroterapia.
- Hasta 1 MHz en alimentadores de potencia.

Experimentalmente se han realizado medidas de las variaciones de impedancia total del cuerpo humano con tensiones comprendidas entre 10 y 25 Voltios en corriente alterna, y variaciones de frecuencias entre 25 Hz y 20 KHz.

A partir de estos resultados se han deducido las curvas representadas en la figura 59, para tensiones de contacto comprendidas entre 10 y 1.000 Voltios y para un trayecto mano-mano o mano-pie.

Impedancia total en función de la tensión y la frecuencia

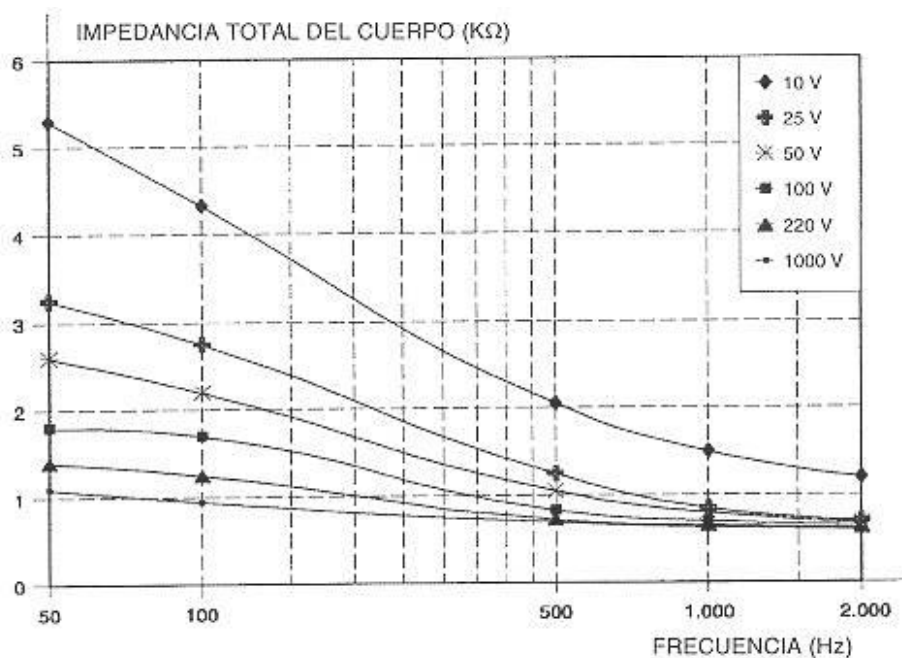


Figura Nº 60

Para tensiones de contacto de algunas decenas de voltios, la impedancia de la piel decrece proporcionalmente cuando aumenta la frecuencia. Por ejemplo, a 220 V con una frecuencia de 1.000 Hz la impedancia de la piel es ligeramente superior a la mitad de aquella a 50 Hz. Esto es debido a la influencia del efecto capacitivo de la piel.

Sin embargo, a muy altas frecuencias disminuye el riesgo de fibrilación ventricular pero prevalecen los efectos térmicos. Con fines terapéuticos, es usual, en medicina el empleo de altas frecuencias para producir un calor profundo en el organismo. A partir de 100.000 Hz no se conocen valores experimentales que definan ni los umbrales de no soltar ni los umbrales de fibrilación; tampoco se conoce ningún incidente, salvo las quemaduras provocadas por intensidades de «algunos amperios» y en función de la duración del paso de la corriente.

La corriente continua, en general, no es tan peligrosa como la alterna, ya que entre otras causas, es más fácil soltar los electrodos sujetos con la mano y que para duraciones de contacto superiores al período del ciclo cardiaco, el umbral de fibrilación ventricular es mucho más elevado que en corriente alterna.

Recorrido de la Corriente a Través del Cuerpo

La gravedad del accidente depende del recorrido de la misma a través del cuerpo. Una trayectoria de mayor longitud tendrá, en principio, mayor resistencia y por tanto menor intensidad; sin embargo, puede atravesar órganos vitales (corazón, pulmones, hígado, etc.) provocando lesiones mucho más graves. Aquellos recorridos que atraviesan el tórax o la cabeza ocasionan los mayores daños.

Las figuras 52 y 53 indicaban los efectos de la intensidad en función del tiempo de aplicación; en las mencionadas figuras se indicaba que nos referíamos al trayecto de «mano izquierda a los dos pies». Para otros trayectos se aplica el llamado factor de corriente de corazón «F», que permite calcular la equivalencia del riesgo de las corrientes que teniendo recorridos diferentes atraviesan el cuerpo humano. Se representan en la figura 60.

Factor de corriente de corazón " F "

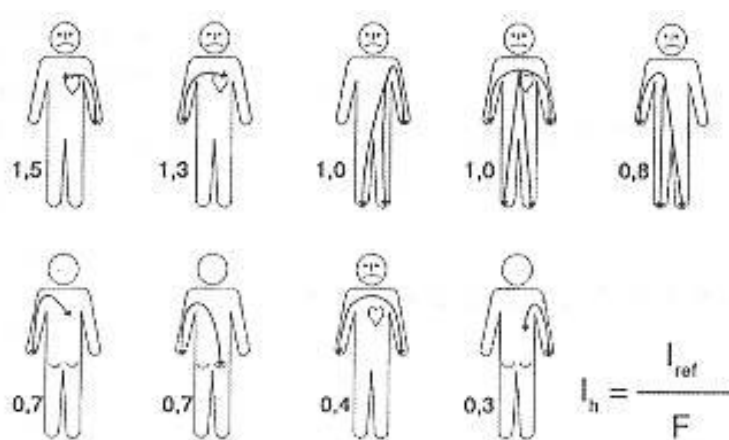


Figura Nº 61

$$I_h = \frac{I_{ref}}{F}$$

La mencionada equivalencia se calcula mediante la expresión:

Siendo,

I_h = corriente que atraviesa el cuerpo por un trayecto determinado.

I_{ref} = corriente «mano izquierda-pies».

F = factor de corriente de corazón.

Como es lógico, para el trayecto de las figuras 53 y 54, el factor de corriente de corazón es la unidad. Se aprecia que de los trayectos definidos en esta tabla, el más peligroso es el de pecho-mano izquierda y el de menor peligrosidad de los reseñados el de espalda-mano derecha.

Por ejemplo, podemos aventurar que una corriente de 200 mA con un trayecto mano-mano tendrá un riesgo equivalente a una corriente de 80 mA con trayectoria mano izquierda-los dos pies.

Aplicación Práctica

Como aplicación práctica de estos conceptos, vamos a desarrollar un sencillo ejemplo:

La figura 61 representa dos estados sucesivos de una instalación provista de un interruptor diferencial (D). En el primer estado (1) se representa un motor (del) sin toma de tierra, con una derivación que ocasiona una diferencia de potencial entre la carcasa del motor y tierra de 150 Voltios.

Caso práctico

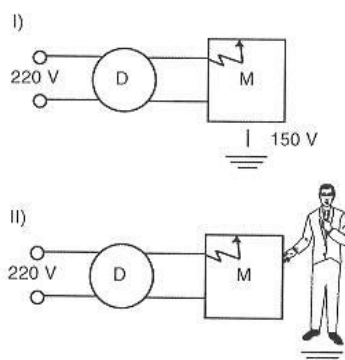


Figura Nº 62

En el segundo estado (II) se representa dicha instalación y a un individuo que se pone en contacto con la carcasa del motor. Siendo la resistencia del individuo de 1.500 ohm indicar:

- Intensidad máxima que podrá circular a través del individuo.
- Tiempo máximo de actuación del interruptor diferencial para que no se alcancen los umbrales de no soltar y de fibrilación ventricular, tanto en corriente alterna de 50 Hz, como en corriente continua ascendente.
- Indicar, según la legislación vigente, cuál debe ser el tiempo máximo de disparo del interruptor diferencial.

Solución:

Cuestión a): Según la ley de Ohm: $V = I_h \times R$

$$I_h = \frac{150}{1500} = 0,1 \text{ A} = 100 \text{ mA}$$

Cuestión b): En corriente alterna

Trayectoria mano derecha-pies: factor de corriente de corazón $F = 0,8$

$$I_{ref} = F \times I_h = 0,8 \times 100 = 80 \text{ mA}$$

Interpolando en el gráfico de corriente alterna (figura 49):

- Umbral de no soltar »50 ms = 0,05 segundos
- Umbral de fibrilación »550 ms = 0,55 segundos

En corriente continua ascendente

$$I_{ref} = 80 \text{ mA}$$

Interpolando en el gráfico de corriente continua (figura 3):

- Umbral de no soltar »100 ms = 0, 1 segundos
- Umbral de fibrilación »¥ (no se alcanza)

Como se puede apreciar, en este caso concreto, el umbral de no soltarse alcanza en corriente alterna en la mitad de tiempo que en corriente continua, pero aún es más significativo el umbral de fibrilación que en corriente alterna se alcanzaría en tan solo cincuenta y cinco centésimas de segundo y, sin embargo, en corriente continua no se podría alcanzar.

Cuestión c):

Según la reglamentación, para un interruptor automático diferencial de intensidad diferencial nominal de disparo $I_{dN} = 0,03 \text{ mA}$ los tiempos de disparo deben ser:

Si $I = I_{dN}$, tiempo de disparo $< 0,2 \text{ s}$

Si $I = 2 I_{dN}$, tiempo de disparo $< 0,1 \text{ s}$

Si $I = 10 I_{dN}$, tiempo de disparo $< 0,04 \text{ s}$

En nuestro caso:

$$I = I_h = 100 \text{ mA}$$

$$I_{dN} = 30 \text{ mA}$$

Por tanto,

$$I = (100/30), I_{dN} \text{ o } I = 3,3 I_{dN}$$

Luego el tiempo de disparo debe estar comprendido entre 0,04 y 0,1 segundos; valores muy inferiores a los umbrales de fibrilación ventricular.

2.20. Contacto Directo e Indirecto

Se define como contacto directo el "contacto de personas con partes activas de los materiales y equipos".

Se entiende como partes activas, los conductores y piezas conductoras bajo tensión en servicio normal. Se incluye el conductor neutro o compensador de las partes a ellos conectadas.

El contacto directo es el que tiene lugar con las partes activas del equipo que está diseñada para llevar tensión (cables, clavijas, barras de distribución, bases de enchufe, etc.).

Contacto directo

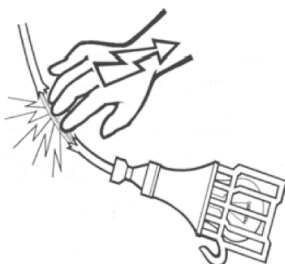


Figura Nº 63

Tiene lugar al tocar ciertas partes que habitualmente no están diseñadas para el paso de la corriente eléctrica, pero que pueden quedar en tensión por algún defecto (partes metálicas o masas de equipos o accesorios).

Contacto indirecto

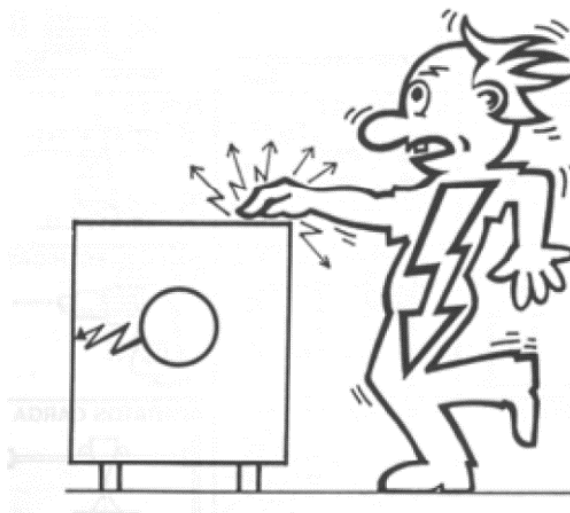


Figura N° 64

Las masas comprenden normalmente:

- Las partes metálicas accesibles de los materiales y de los equipos eléctricos, separadas de las partes activas solamente por un aislamiento funcional, las cuales pueden ser susceptibles de ser puestas bajo tensión a consecuencia de un fallo de las disposiciones tomadas para asegurar su aislamiento. Este fallo puede resultar de un defecto del aislamiento funcional, o de las disposiciones de fijación y de protección. Así, son masas las partes metálicas accesibles de los materiales eléctricos, excepto los de clase II, las armaduras metálicas de los cables y las conducciones metálicas de agua, gas, etc.
- Los elementos metálicos en conexión eléctrica o en contacto con las superficies exteriores de materiales eléctricos, que estén separadas de las partes activas por aislamientos funcionales. Así, son masas las piezas metálicas que forman parte de las canalizaciones eléctricas, los soportes de aparatos eléctricos con aislamiento funcional y las piezas colocadas en contacto con la envoltura exterior de estos aparatos.
- También puede ser necesario considerar como masas todo objeto metálico situado en la proximidad de partes activas no aisladas, y que presenta un riesgo apreciable de encontrarse unido eléctricamente con estas partes activas, a consecuencia de un fallo de los medios de fijación.

La característica principal de un contacto indirecto es que tan sólo una parte de la corriente de defecto circula por el cuerpo humano que realiza el contacto. El resto de la corriente circula por los contactos con tierra de las masas. La corriente que circula por el cuerpo humano será tanto más pequeña como baja sea la resistencia de puesta a tierra de las masas.

Si la máquina hiciera mal contacto con el suelo o estuviera aislada de él, el contacto indirecto se podría considerar como directo, al circular prácticamente toda la corriente por el cuerpo humano.

Por más que la masa esté puesta a tierra no le garantiza la seguridad a la persona.

No hay seguridad total, no hay riesgo cero.

Conclusión: en este caso, el interruptor diferencial dispara y desconecta la instalación antes de que se produzca la fibrilación ventricular en una persona en condiciones fisiológicas normales.

CONTACTOS INDIRECTOS	CONTACTOS DIRECTOS
a. Máquina en la que aparece una tensión de defecto b. Máquina en la que aparece una tensión de defecto provocada por un fallo de aislamiento franco (permite el paso de toda la corriente)	a. Contacto fase- tierra b. Contacto fase- neutro c. Contacto fase- máquina con Puesta a Tierra d. Contacto fase- máquina sin Puesta a Tierra

Tabla Nº 19

2.21. Medidas Eléctricas

Concepto de medida: medir es comparar una cantidad con su respectiva unidad. Es decir, se trata de saber cuántas veces está la segunda está contenida en la primera.

En todo proceso de medida está implícito un **error**. En efecto, no existe instrumento perfecto ni posibilidad humana de efectuar una medición sin cometer algún tipo de error. Para poder

comprender mejor estos aspectos de las mediciones, se hace necesario precisar algunos conceptos.

Exactitud, precisión y sensibilidad: muchas veces se confunde el significado de estos términos.

Exactitud es el grado de aproximación con que un valor medido concuerda con el verdadero valor de la magnitud medida. Suele expresarse con un valor numérico que indica la diferencia entre el valor medido y el valor real.

Por ejemplo, el valor determinado de una tensión suele expresarse por $V \pm 0,02$ lo que indica que el instrumento es exacto dentro del rango de $+ 0,02$ voltios y $- 0,02$ voltios alrededor del valor real.

Precisión: este término está íntimamente ligado a la *repetibilidad* de las lecturas en el instrumento, o sea al grado con qué medidas sucesivas indican idénticos valores medidos. Si con un voltímetro se realizan una serie de medidas, y estas arrojan los valores: 15,02 V; 15,05 V; 15,03 V; 15,07 V y 15,05 V, diremos que la repetibilidad del instrumento es 0,02 V pues las lecturas sucesivas a partir de la segunda difieren en solo 0,02 voltios.

De lo mencionado se deduce que un instrumento será de mayor precisión cuanto mayor sea el grado de repetibilidad. En este concepto también está involucrado, especialmente en los instrumentos de aguja, el hecho que el valor indicado sea fácil de leer en virtud de una escala finamente trazada, con divisiones perfectamente espaciadas.

La exactitud y la precisión pueden coincidir o no. Un instrumento puede ser muy preciso en su lectura, pero en virtud de una mala calibración, la lectura arroja valores falsos. De nada sirve un instrumento muy preciso pero inexacto. Una vez determinada la inexactitud de un instrumento, si responde a un error sistemático, puede conocerse la lectura exacta. Por el contrario, un instrumento puede ser muy exacto, pero por un error o defecto de escala, las lecturas que se obtengan de él no sean precisas.

Sensibilidad: este término indica la relación entre la magnitud de la desviación de la aguja y la magnitud de la cantidad que origina esta desviación.

Así, por ejemplo, de un voltímetro de 100 divisiones que es capaz de medir a fondo de escala 10 voltios, se dice que tiene una sensibilidad de *10 divisiones por voltio*.

Algunos autores dan una definición inversa para la sensibilidad, es decir que el voltímetro del ejemplo tendría una sensibilidad de *0,1 voltios por división*.

La sensibilidad es un factor que encarece un instrumento o, de lo contrario, a igual calidad de fabricación, desmejora la exactitud del mismo. Esto quiere decir que entre dos instrumentos de la misma calidad de fabricación, es menos preciso el de mayor sensibilidad.

Errores - Clasificación: los instrumentos son contruidos para medir magnitudes con una determinada exactitud. Aunque es posible construir instrumentos que den exactitudes y precisiones deseadas, no siempre resulta conveniente por el incremento de los costos de fabricación. Lo razonable es que toda medición se haga dentro del grado de aproximación que sea el requerido por la práctica. Esto hace que se acepten los errores de los instrumentos. Es así como los errores que presentan las mediciones pueden ser clasificados en dos grandes grupos:

- *Errores sistemáticos*
- *Errores casuales*

Errores sistemáticos: son de diferentes tipos e involucran a los errores que generalmente pueden ser evitados o corregidos. No son necesariamente regulares, aunque ocurren con frecuencia con un valor y signo determinados.

Si se desechan los valores o errores groseros, como ser los errores de lectura de escala, conexión incorrecta, alteración de la magnitud a medir como consecuencia de la medición (cosa corriente al medir el valor de una resistencia cuyo valor suele alterarse por el pasaje de una corriente eléctrica) o errores cometidos por uso incorrecto del método, etc.; los errores sistemáticos pueden ser:

Errores de fabricación: se producen como consecuencia de métodos inadecuados de fabricación o malas propiedades de los materiales empleados. Los errores principales de este tipo se clasifican en:

- *Errores por rozamiento*
- *Errores de ladeo*
- *Errores de escala*

Errores de influencia: estos errores son provocados por los fenómenos del medio ambiente o exteriores, como ser cambios de temperatura, campos eléctricos y magnéticos, etc. Son de los siguientes tipos:

- *Influencia de la posición.*
- *Influencia de la temperatura exterior*
- *Influencia del calentamiento del instrumento durante la medición.*
- *Influencia de la frecuencia.*

Errores de montaje: estos errores se producen como consecuencia del método elegido para el ensayo o la medición.

Errores personales: son errores de observación o de apreciación. Se pueden eliminar con instrumentos automáticos registradores.

Los errores sistemáticos pueden evitarse o determinarse y corregirse luego de su influencia. Para ello es necesario:

- *Determinar la existencia de errores sistemáticos.*
- *Determinar la influencia de este error en la magnitud medida*
- *Determinar el valor del error con un grado de exactitud de acuerdo con el grado de exactitud de la medición.*

Errores casuales: ocurren siempre de una forma irregular y tan pronto son de un sentido como de otro, en virtud de una serie de causas que obran al azar, íntimamente relacionadas con la magnitud a medir. Las causas de estos errores accidentales nunca son posibles de determinar con certeza.

Magnitudes que expresan el error de medición: en el estudio y la valoración de los errores, se distinguen las siguientes definiciones:

Error absoluto: es la diferencia entre el valor falso y el valor correcto. Puede ser positivo o negativo y su expresión analítica es:

$$\varepsilon_{ab} = V_f - V_c$$

El error absoluto es *positivo* o *por exceso*, si el valor falso supera al valor correcto y *negativo* o *por defecto*, en el caso contrario.

Por ejemplo, si la medida de una tensión es de 128 V y se sabe que su valor correcto es de 125 V, se tiene un *error absoluto positivo* o *por exceso* de

$$\varepsilon_{ab} = 128 \text{ V} - 125 \text{ V} = 3 \text{ V}$$

Error relativo: es el cociente entre el error absoluto y el valor correcto:

$$\varepsilon_r = \frac{V_f - V_c}{V_c}$$

Es evidente que el valor correcto es desconocido. Por ejemplo, el error relativo cometido en la medida anterior es:

$$\varepsilon_r = \frac{128V - 125V}{125V} = \frac{3V}{125V} = 0,024$$

Error porcentual (error relativo porcentual): es el error relativo multiplicado por 100. Generalmente, la garantía de un instrumento se expresa de acuerdo con este valor y para la indicación de fondo de escala. En el ejemplo propuesto, resulta:

$$\varepsilon_r = \frac{128V - 125V}{125V} \times 100 = \frac{3V}{125V} \times 100 = 2,4\%$$

2.22. Aparatos de Medida

Básicamente, toda medición puede realizarse mediante dos métodos:

- a) por comparación directa con la unidad de medida mediante los llamados **patrones**
- b) mediante el uso de un instrumento graduado previamente de forma que la ubicación de una aguja sobre una escala indique el valor de la medida (indicación **analógica**) o por la lectura de una cifra en un contador (indicación **digital**)

Patrón: un patrón primario es un elemento que representa una unidad fundamental. Por ejemplo, en la Oficina de Pesas y Medidas de la localidad de Sèvres, en las cercanías de París, se encuentra el llamado "metro patrón" que fue la unidad de medida aceptada a partir de la década de 1790 y que físicamente era la distancia medida entre dos finas líneas marcada sobre una barra de platino-iridio cuya sección tiene la forma de una X aunque con el tiempo se modificó esta definición. Así como existe este metro patrón, se definen patrones para magnitudes eléctricas. Las reproducciones que hacen los laboratorios de esos patrones se llaman patrones secundarios. Por su parte, los aparatos de medida pueden dividirse en cuatro grandes grupos:

1. *Aparatos indicadores*, en los que una aguja señala, sobre una escala apropiada, la magnitud eléctrica a medir.
2. *Aparatos registradores*, en los que se anota gráficamente el curso en el tiempo de la magnitud eléctrica correspondiente.
3. *Aparatos digitales*, en los que la magnitud eléctrica a medir se indica en una pantalla, en forma de un número decimal.
4. *Aparatos totalizadores*, que indican la energía total suministrada durante un cierto tiempo. Son los también llamados *contadores eléctricos*.

De este conjunto de instrumentos, los que más interesan en este curso son los *aparatos indicadores* y los *aparatos digitales*.

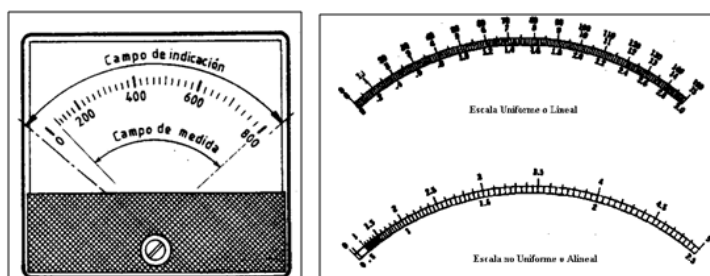


Figura Nº 65

Aparatos indicadores: el principal elemento que caracteriza a estos instrumentos, a primera vista, es que cuentan con una escala graduada, generalmente con forma de arco de círculo, sobre la cual se mueve una fina aguja que gira alrededor de un eje, en un ángulo cuyo valor depende de la magnitud eléctrica a medir. En la figura de la izquierda se observa un cuadrante típico de un instrumento de panel. En el mismo dibujo se puede notar que el campo de movimiento de la aguja es el llamado campo de indicación, sin embargo, la escala ocupa un ángulo menor, llamado campo de medida. En algunos instrumentos, estos dos campos son sensiblemente iguales mientras que en otros la diferencia entre los mismos es apreciable. Otro aspecto a tener en cuenta es la distribución de los valores de la escala. En algunos casos, los mismos están igualmente espaciados constituyendo las *escalas uniformes* o *escalas lineales*. En otros casos, los valores de la escala están irregularmente espaciados, conformando las *escalas no uniformes* o *alineales*. En la figura anterior, tomada como referencia, el campo de indicación comprende el rango entre 0 y 800 unidades, pero las indicaciones del aparato en el rango de 0 a 100 unidades resultan imprecisas y no pueden considerarse como resultados válidos de la medición, por lo que el campo de medida válido

de este instrumento está comprendido entre 100 y 800 unidades. En la otra figura se observan los dos tipos de escalas mencionados.

Tipos constructivos: Los principales tipos constructivos de instrumentos de aguja son cuatro:

1. de bobina móvil e imán fijo
2. de hierro móvil y bobina fija
3. electrodinámicos
4. de inducción

Cada uno de los tipos mencionados tiene un principio propio de funcionamiento y un conjunto de aplicaciones específicas.

Instrumento de bobina móvil e imán fijo: es el más usado de los tres tipos y está basado en la acción mutua entre dos campos magnéticos: uno fijo, provocado por un imán permanente adecuado (indicado con el número 1 en la figura), y otro variable generado por la corriente eléctrica que circula por una bobina (3) generalmente de forma rectangular. La pieza cilíndrica (2) que está en el centro de la bobina sirve para hacer uniforme el campo magnético en la bobina. Toda la bobina, que está formada por muchas vueltas de un alambre muy delgado y aislado con un esmalte especial, está sostenida en un marco, generalmente de aluminio, que, a su vez, tiene dos pivotes (4) que le permiten girar. Dos espirales hacen que el movimiento sea elástico y que la aguja regrese a su posición de reposo cuando no circula corriente por la bobina. Asimismo, un conjunto adecuado de contrapesos permite que todo el sistema móvil esté balanceado.

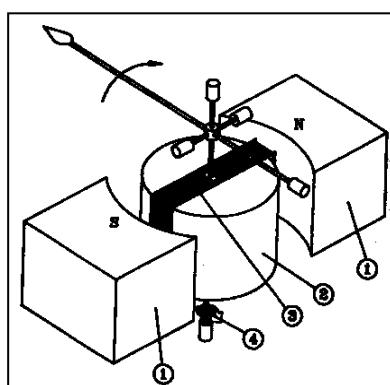


Figura Nº 66

Este tipo de instrumento solamente funciona con corriente continua. Cuando se lo conecta a la corriente alternada, que cambia de sentido dos veces en cada ciclo, el campo magnético

generado por la bobina también cambia de sentido, pero el conjunto móvil no puede moverse con esa rapidez, por lo que la aguja permanece prácticamente inmóvil. La escala de estos instrumentos es de graduación uniforme en toda su longitud. Se utilizan en la construcción de amperímetros y voltímetros de corriente continua, multímetros ("*testers*") y óhmetros. Mediante la incorporación de un *rectificador*, se utilizan en la construcción de amperímetros y voltímetros de corriente alternada.

Instrumento de hierro móvil y bobina fija: al circular una corriente por la bobina fija (1) se produce un campo magnético de intensidad proporcional a la magnitud de dicha corriente. En el interior de la bobina están dispuestos dos núcleos de material magnético sin remanencia (no se mantienen magnetizados cuando están en ausencia de un campo magnético). Uno de esos núcleos es fijo (2) y el otro es móvil (3). Los dos núcleos se magnetizan con polaridades iguales y, por lo tanto, se repelen haciendo girar el núcleo móvil y con él, la aguja indicadora (4).

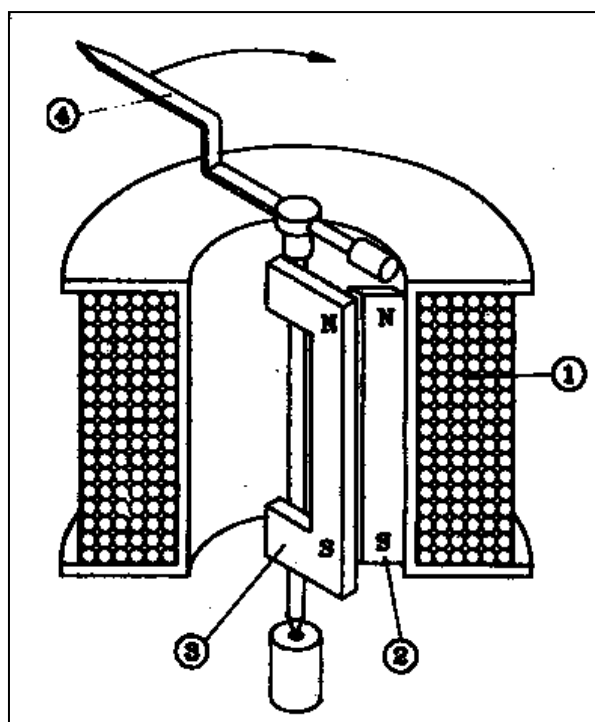


Figura Nº 67

Los aparatos de hierro móvil funcionan con corriente continua y con corriente alternada y sus escalas pueden ser muy diferentes, según la forma de los núcleos empleados, pero todas ellas presentan una *zona muerta*, es decir, no utilizable para efectuar lecturas. Este tipo de instrumentos se utiliza generalmente para la fabricación de amperímetros y voltímetros de corriente alterna.

Instrumentos electrodinámicos: en estos aparatos, dos bobinas concéntricas, una fija (1) y otra móvil (2), son atravesadas por la corriente a medir. Los campos magnéticos creados en las dos bobinas hacen girar a la bobina móvil, de manera que su campo refuerce el campo creado por la bobina fija. Dos espirales (3) crean el par antagonista necesario para mantener a la bobina móvil en la posición de reposo y al mismo tiempo sirven para transportar la corriente a la mencionada bobina. En algunos casos, en el centro de las dos bobinas se incorpora un núcleo magnético.

Si conectamos un aparato electrodinámico a una corriente alterna, el sentido de la corriente varía en las dos bobinas al mismo tiempo y, por lo tanto, el sentido del movimiento de la bobina móvil es el mismo. Es decir que los aparatos electrodinámicos pueden medir corrientes continuas y corrientes alternas indistintamente.

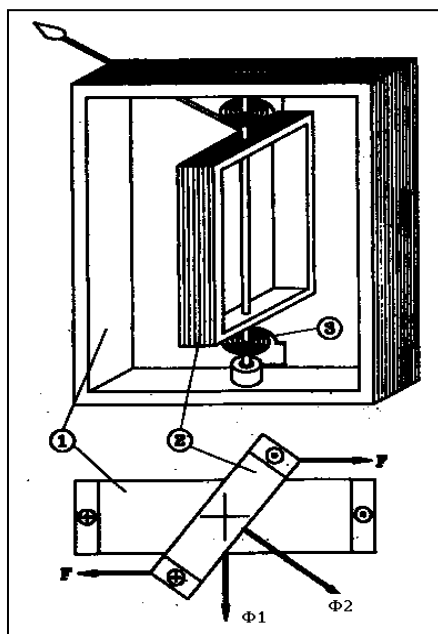


Figura Nº 68

Este tipo de instrumento se usa en amperímetros y voltímetros de corriente continua y corriente alternada, pero la principal aplicación es en los vatímetros tanto de corriente continua como de corriente alternada.

Las escalas de estos instrumentos son alinéales en el caso de los voltímetros y amperímetros pero uniformes o lineales en el caso de los vatímetros.

Instrumentos de inducción: en estos aparatos, un electroimán (1) conectado a una corriente alterna crea un campo magnético variable del mismo período que el de la corriente. Un disco móvil de aluminio (2) está colocado en el entrehierro del electroimán, de tal manera que una parte del flujo magnético pasa por él. En el disco se inducen corriente (llamadas

corrientes *parásitas* o de *Foucault*) que a su vez producen un campo magnético opuesto al que las induce. Esto hace aparecer fuerzas que provocan el giro del disco en el sentido indicado. La fuerza antagónica necesaria para que se detenga el movimiento está producida por una espiral elástica (3).

La escala de estos instrumentos es alineal, con ángulos de desviación muy grandes y aunque pueden ser utilizados como voltímetros o amperímetros, tienen, prácticamente, una sola aplicación: la medición de energía eléctrica (contadores), con la finalidad de determinar el consumo de la misma y facturar los importes correspondientes, por parte de las empresas proveedoras del servicio eléctrico.

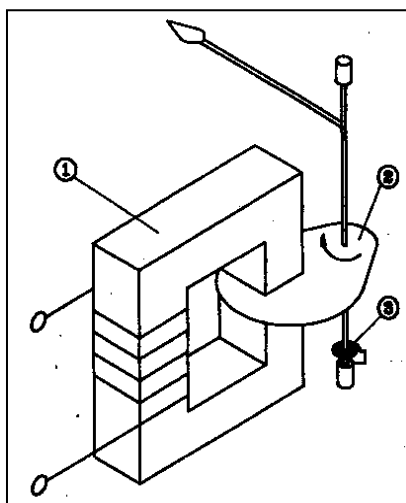


Figura N° 69

Amortiguamiento: el amortiguamiento del movimiento de la aguja es necesario, ya que de no efectuarse, cuando el instrumento se conecta, la aguja se desplazaría desde el cero hasta el valor correspondiente, pero por la inercia del movimiento, seguramente superará ese valor antes de detenerse. Luego vuelve hacia atrás y nuevamente supera, esta vez hacia valores inferiores, el punto correspondiente. A continuación vuelve a moverse en sentido contrario y así sucesivamente, provocando una oscilación que en algunos casos puede durar un tiempo apreciable. Para evitar este inconveniente se utilizan principalmente dos modos.

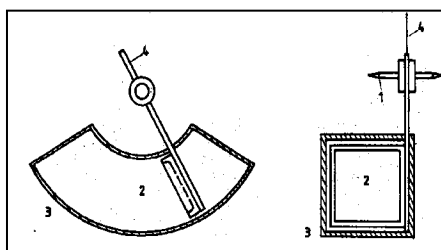


Figura N° 70

En los instrumentos de hierro móvil y en los electrodinámicos el amortiguamiento del movimiento de la aguja se realiza por medios neumáticos: en el sistema móvil hay una paleta o lámina (2) de aluminio muy delgada está unida al eje del sistema móvil (1) por medio de un brazo y corre ocupando casi toda la sección de una cámara curvada (3) que la rodea muy estrechamente. Durante el movimiento de la parte móvil, junto con la aleta y la aguja indicadora (4), el aire comprimido por la aleta pasa de una parte a otra de la cámara a través del espacio comprendido entre los bordes de la paleta y las paredes de la cámara. La eficacia del dispositivo depende, esencialmente, de la distancia entre los bordes de la aleta y las paredes de la cámara. Este método amortigua muy convenientemente el movimiento, sin llegar a hacerlo excesivamente lento.

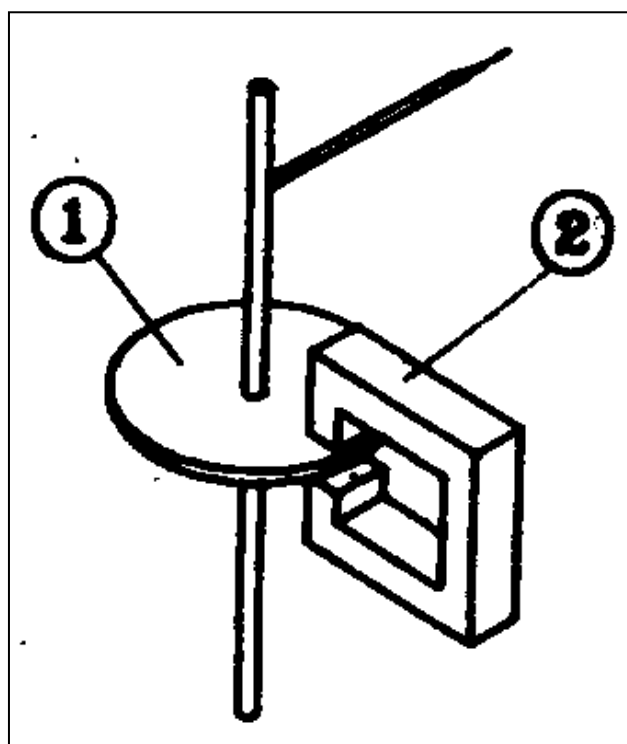


Figura N° 71

En los instrumentos de bobina móvil y en los de inducción, el amortiguamiento es electromagnético. Se utilizan corrientes parásitas o de Foucault generadas en una pieza metálica (1) que se mueve dentro del entrehierro de un imán (2) conjuntamente con la parte móvil, para generar una fuerza que se opone a la que genera el movimiento. En los instrumentos de bobina móvil, el cuadro metálico que sostiene la bobina cumple la función de la pieza (1), al mismo tiempo que soporta el bobinado.

Símbolos del cuadrante: En los instrumentos analógicos se suelen utilizar símbolos que representan diversos aspectos relacionados con el instrumento. La siguiente tabla describe alguno de ellos:

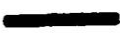
Información	Símbolo	Descripción
Símbolos de sistema de funcionamiento de aparatos de medida		Mecanismo de medida de bobina móvil. Voltímetros y amperímetros de corriente continua
		Mecanismo de medida de hierro móvil. Voltímetros y amperímetros de corriente alterna
		Mecanismo de medida electrodinámico sin núcleo de hierro. Voltímetros, amperímetros y vatímetros.
		Mecanismo de medida electrodinámico con núcleo de hierro. Voltímetros, amperímetros y vatímetros
		Mecanismo de medida de bobina móvil con rectificador. Multímetros ("testers")
		Mecanismo de medida por inducción. Voltímetros, amperímetros y medidores de energía eléctrica (Contadores)
Símbolos de tipos de corriente en aparatos de medida		Corriente continua
		Corriente continua y corriente alternada.

Tabla Nº 20

Información	Símbolo	Descripción
Símbolos de tipos de corriente en aparatos de medida (Continuación)		Corriente alternada (monofásica)
		Aparato medidor de corriente alternada trifásica con lectura en una fase. Si dos o tres símbolos de ca estuvieran engrosados, la lectura es efectuada en dos o tres fases respectivamente.
Símbolos de posición de utilización de aparatos de medida.		Posición de uso vertical (posición normal). Para realizar medidas, el aparato debe colocarse con la escala vertical. Instrumentos de montaje en panel.
		Posición de uso horizontal. Para realizar medidas, el aparato debe colocarse con la escala horizontal. Instrumentos portátiles.
		Posición de uso inclinada (Por ejemplo: 30°). Para realizar medidas el instrumento debe colocarse con la escala inclinada los grados indicados. Instrumentos de montaje en pupitres.
Símbolos de tensión de prueba de aislamiento de aparatos de medida.		Tensión de prueba de aislamiento. El número indica la tensión en kV, por ejemplo, 1 kV.
		Si no se indica ningún número, la tensión de ensayo es de 500 V.
		Si se indica un cero, el aparato no ha sido sometido al ensayo de aislamiento

Tabla Nº 21

Medida de Corrientes

Recibe la denominación de **amperímetro** cualquier aparato de medida destinado a medir, mediante lectura directa, la intensidad de una corriente eléctrica.

Por lo general, la escala de medida está graduada directamente en amperios. En aquellas ocasiones en las que el amperímetro se destina a medir corrientes muy fuertes o muy débiles, la escala puede estar graduada en múltiplos o submúltiplos del amperio, como pueden ser kA (kiloamperios) o mA (miliamperios).

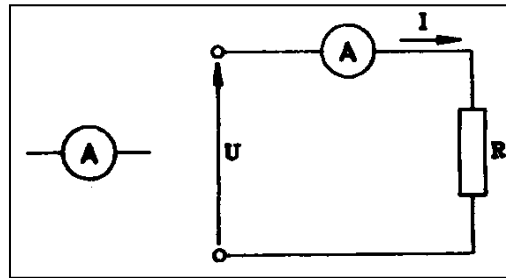


Figura N° 72

En la fabricación de amperímetros se utilizan los sistemas de medida de bobina móvil, de hierro móvil y, en menor medida los electrodinámicos. En la actualidad también se están utilizando los aparatos digitales, que serán explicados más adelante. En corriente continua se utilizan fundamentalmente los sistemas de bobina móvil y digitales. En corriente alterna se utilizan los sistemas de medida electromagnéticos, electrodinámicos y digitales; también, y mediante la incorporación de un rectificador, se suelen utilizar aparatos de medida con sistema de bobina móvil en corriente alterna en la construcción de multímetros ("testers").

El amperímetro, cuyo símbolo representativo podemos ver en la figura, se conecta en serie con el receptor de la corriente (consumo o carga) que se desea medir, para ello, se intercala en el conductor que transporta la mencionada corriente. El esquema representativo de esta conexión es el indicado en la figura. Mide según Ley Ohm:

$$I = \frac{U}{R}$$

En corriente alterna el amperímetro no tiene polaridad, pero en corriente continua es necesario que la corriente entre por el borne positivo (+) del amperímetro y que salga por el negativo (-), a menos que el amperímetro esté provisto de la posibilidad de indicar valores negativos, como es el caso de los aparatos de medida digitales y de aquellos analógicos con el cero en el centro de la escala.

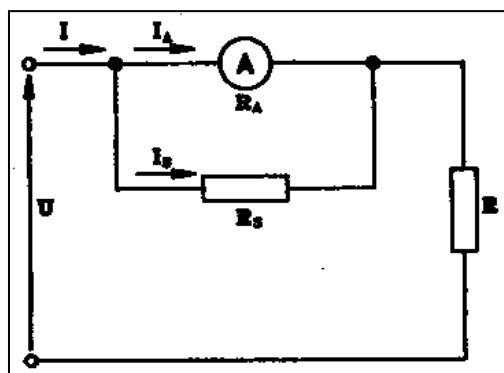


Figura N° 73

Un amperímetro ideal debería tener una resistencia interna nula, puesto que si su resistencia interna es comparable con la resistencia del circuito, al conectar el amperímetro aumenta la resistencia total y en consecuencia la intensidad que se mide es distinta de la que se mediría sin conectar el amperímetro. Normalmente, **la resistencia interna de los amperímetros es prácticamente nula** y casi no influye en la medida.

Aunque los alcances de los diferentes sistemas de medida que se pueden conseguir son bastante amplios, los fabricantes suelen construir únicamente sistemas de medida para determinados alcances normalizados y a continuación, para diversificar las posibilidades de alcances, se recurre a ampliar la escala de estos modelos normalizados, utilizando para ello dos sistemas diferentes en función del tipo de corriente: el “*shunt*” o resistencia en paralelo, en cc, y el transformador de intensidad en ca. El esquema usado para ampliar la escala mediante una resistencia en paralelo o “*shunt*”, es el que se muestra en la figura. Se puede demostrar que la resistencia de ampliación de escala necesaria se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$R_s = \frac{R_A}{m-1}$$

En donde **m** es la relación entre la intensidad de corriente máxima que se quiere medir **I** y la corriente máxima que admite el instrumento a fondo de escala **I_A**:

$$m = \frac{I}{I_A}$$

El concepto de la resistencia en paralelo es muy simple de entender. La corriente total a medir **I** se bifurca en el nudo de la izquierda del circuito en dos partes: una es **I_s** que se

deriva a través de la resistencia en paralelo y otra parte I_A que circula por el instrumento y que es solamente una parte de la corriente total.

Medida de Tensiones

Un **voltímetro** es cualquier aparato de medida destinado a medir, mediante lectura directa, la tensión entre dos puntos de un circuito. En general, la escala de un voltímetro está graduada en voltios, excepto en aquellos casos en los que el voltímetro se destina a medir tensiones muy grandes o muy pequeñas, donde la escala puede estar graduada en múltiplos o submúltiplos del voltio, como pueden ser kV (kilovoltios) o mV (milivoltios).

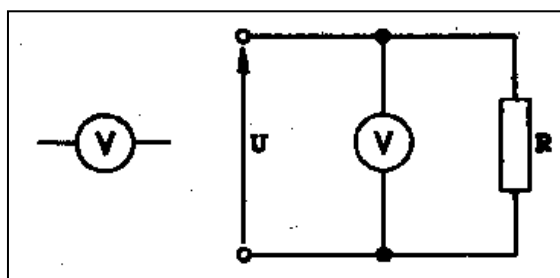


Figura Nº 74

En la fabricación de voltímetros se utilizan fundamentalmente los sistemas de medida a bobina móvil y digitales, para corriente continua, y a hierro móvil, electrodinámicos y digitales, en corriente alterna.

El voltímetro, cuyo símbolo representativo podemos ver en la figura, se conecta a los puntos entre los que se encuentra la diferencia de potencial a medir. El esquema representativo de esta conexión es el indicado en la figura.

En corriente alterna el voltímetro no tiene polaridad, pero en corriente continua hay que conectar el borne positivo (+) al punto de mayor potencial y el borne negativo (-) al punto de menor potencial, para que el elemento indicador actúe correctamente. Si el aparato de medida tiene la posibilidad de indicaciones negativas, como es el caso de casi todos los voltímetros digitales, no es necesario tomar ninguna precaución en este sentido.

En aquellos circuitos que tengan una resistencia de valor comparable con la del voltímetro, el consumo interno del aparato de medida va a influir de manera apreciable en las medidas que se efectúen puesto que la resistencia total del circuito se modifica al conectar el voltímetro y la lectura de tensión será de un valor distinto al valor de tensión cuando el voltímetro no está conectado. Por este motivo, el voltímetro ideal debería tener una resistencia interna de valor

infinito, cosa que no sucede nunca aunque normalmente **la resistencia interna de los voltímetros es muy alta.**

Como ejemplo, los voltímetros relativamente buenos en calidad suelen tener una resistencia interna superior a 4.000 Ω/V . Esto significa que si la escala usada es la de 250 V, la resistencia interna es de:

$$R_{\text{int}} = 4.000 \Omega/V \times 250 V = 1.000.000 \Omega = 1 M\Omega$$

Como ocurría con los amperímetros, y por mismos motivos, los fabricantes suelen construir únicamente sistemas de medida para determinados alcances normalizados y a continuación, para diversificar la oferta de alcances, se recurre a la ampliación de la escala de estos modelos normalizados, utilizando para ello dos sistemas diferentes: la resistencia en serie o adicional, en cc y en ca para tensiones hasta 1.000 V, y el transformador de tensión corriente alterna, fundamentalmente en alta tensión (más de 1.000 V). El esquema usado para ampliar la escala mediante una resistencia en paralelo o adicional, es el que se muestra en la figura. Se puede demostrar que la resistencia de ampliación de escala necesaria se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$R_a = (m - 1) \cdot R_v$$

En donde **m** es la relación entre la tensión máxima que se quiere medir **U** y la tensión máxima que admite el instrumento a fondo de escala **U_v**:

$$m = \frac{U}{U_v}$$

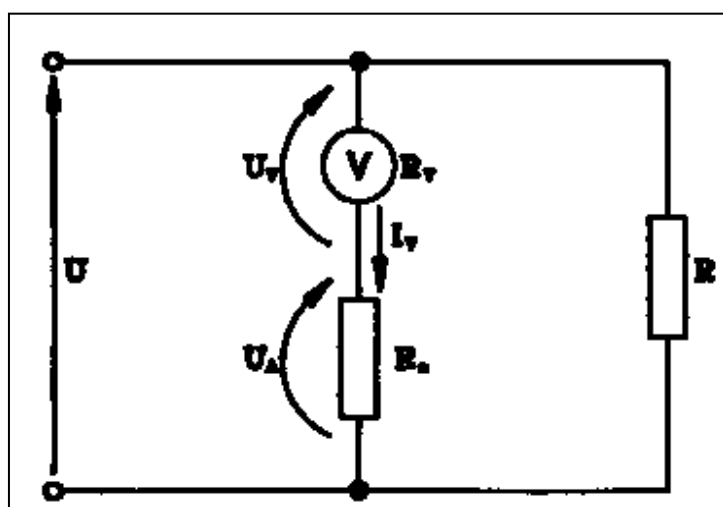


Figura N° 75

El concepto de la resistencia en serie es también muy simple de entender si se analiza que la diferencia de potencial total a medir **V** se distribuye entre dos resistencias: una parte cae en la resistencia serie agregada (U_A) y otra parte cae en la resistencia interna del instrumento (U_V) por lo que, esta última, es una parte de la tensión total aplicada al conjunto.

Mediciones de tensiones alternadas: Las tensiones alternadas son variables en el tiempo según una ley sinusoidal. En la figura adjunta, se observa una tensión alternada sinusoidal de 50 Hz de frecuencia.

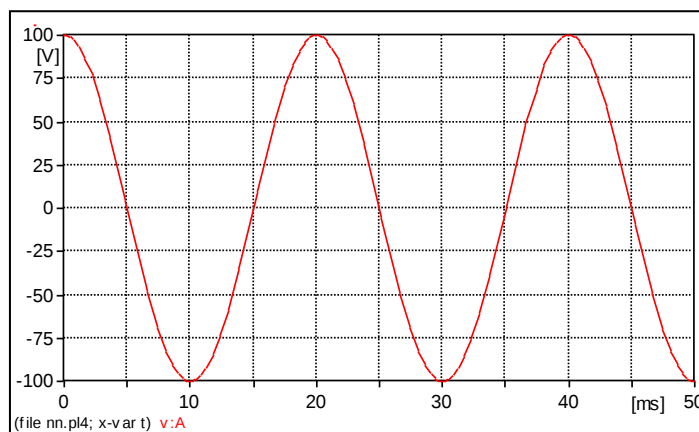


Figura Nº 76

La tensión representada varía entre 0 y 100 voltios positivos y entre 0 y 100 voltios negativos con un período de 20 milisegundos. El mayor valor alcanzado por la onda se llama **valor máximo** o **valor pico**, que en este ejemplo es de 100 V. Si esa tensión se aplica a una carga, por ejemplo una resistencia, se puede determinar que la transferencia de energía entre la fuente y la carga será equivalente a la aplicación de una tensión de un valor menor al valor pico. Para las ondas sinusoidales, ese valor, llamado **valor eficaz** y que se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Valor eficaz} = 0,707 \times \text{Valor Pico}$$

En el ejemplo propuesto, la tensión eficaz será de 70,7 volts. Los instrumentos de hierro móvil responden directamente a este valor, por lo que la lectura será directa. En cambio, los instrumentos de bobina móvil con rectificador no responden a este valor sino al llamado **valor medio** que es inferior al eficaz. Por ello, las escalas de estos instrumentos están corregidas para una correcta lectura y **no pueden ser usados para otras formas de onda, ya que el valor leído será incorrecto.**

Medida de Resistencias

Para la medición de resistencias pueden emplearse básicamente dos procedimientos:

1. *Procedimiento voltiamperométrico.* Está basado en la ley de Ohm y consiste, básicamente, en medir la caída de tensión y la intensidad de corriente que atraviesa la resistencia a medir. Después, por cálculo, se determina el valor de dicha resistencia.
2. *Procedimiento de medición directa.* Consiste en la utilización de un aparato de lectura directa llamado *óhmetro*.

Medición de resistencias por el procedimiento voltiamperométrico: consiste en alimentar con una fuente de corriente continua un circuito eléctrico que contiene la resistencia a medir. Midiendo la caída de tensión en la resistencia objeto de la medida, y la intensidad de la corriente que la atraviesa, se calcula después, por medio de la ley de Ohm, el valor de la resistencia.

De acuerdo con lo dicho, para medir resistencias por este procedimiento se necesitan los siguientes elementos:

1. Una fuente de alimentación de corriente continua, cuya fuerza electromotriz sea lo más constante posible. Por ejemplo, una batería de pilas, debidamente contrastada y estabilizada.
2. Un voltímetro para la medición de la caída de tensión en la resistencia cuyo valor se quiere medir.
3. Un amperímetro, para la medición de la intensidad de la corriente que atraviesa dicha resistencia

Para este procedimiento, se pueden analizar dos variantes, según cual sea la conexión del voltímetro y del amperímetro.

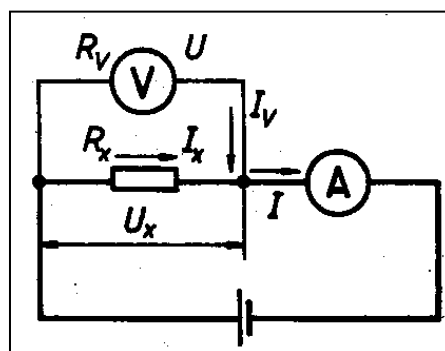


Figura N° 77

Conexión U: Está representada en la figura. Se observa que el voltímetro está conectado a los bornes de la resistencia a medir R_X . Es decir que la tensión U medida por el voltímetro es igual a la tensión U_X aplicada a la resistencia R_X , o sea:

$$U = U_X$$

En cambio, la intensidad I medida por el amperímetro es igual a la intensidad I_X que pasa por la resistencia más la intensidad I_V que pasa por el voltímetro, es decir:

$$I = I_X + I_V$$

Por lo expuesto, se comete un error al utilizar este método, error que depende del valor de la resistencia interna del voltímetro. En efecto, cuanto más alta sea ésta, menor será el error cometido siendo nulo si la resistencia interna del voltímetro fuera infinito, cosa que no es real de ninguna manera.

Una vez efectuadas las dos lecturas, el valor de resistencia a determinar se calcula según la ley de Ohm:

$$R_X = \frac{U}{I}$$

De todos modos, se demuestra que el error que se comete es despreciable si ***la resistencia a medir es mucho menor que la resistencia interna del voltímetro.***

Conexión I: Se representa en la siguiente figura. En esta ocasión, la intensidad I_X se mide correctamente, ya que por el amperímetro circula la misma corriente que atraviesa la resistencia, es decir que tenemos:

$$I_X = I$$

Pero ahora, el voltímetro mide la caída de tensión U_X en la resistencia más la caída de tensión U_A en el amperímetro. O sea que se tiene:

$$U_X = U - U_A$$

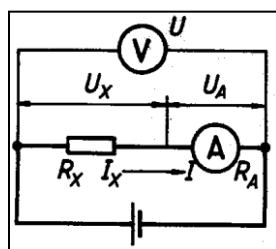


Figura Nº 78

En este caso, al igual que en la conexión anterior, una vez efectuadas las dos lecturas, el valor de resistencia a determinar se calcula según la ley de Ohm:

$$R_x = \frac{U}{I}$$

Asimismo, en este caso el error que se comete es despreciable si **la resistencia a medir es mucho mayor que la resistencia interna del amperímetro**.

Medición de resistencias por el procedimiento de medición directa. Hemos estudiado hasta ahora dos procedimientos para la medición de resistencias. El inconveniente común a ambos, es que la resistencia a medir se evaluaba por cálculo, a partir de las indicaciones de amperímetros y voltímetros. Naturalmente, cuando no se dispone de otros elementos de medición, los procedimientos reseñados resultan muy apropiados.

Pero, por lo general, se prefieren aparatos de medida en los que el valor de la resistencia puede leerse directamente, con lo que se ahorra tiempo y se evitan, en parte, los posibles errores de lectura. Estos aparatos de medida directa de las resistencias se denominan **óhmetros** y todos ellos están basados en la ley de Ohm: la resistencia es inversamente proporcional a la intensidad de la corriente que atraviesa un circuito; por lo tanto, a tensión constante, la escala de un miliamperímetro puede graduarse directamente en ohmios.

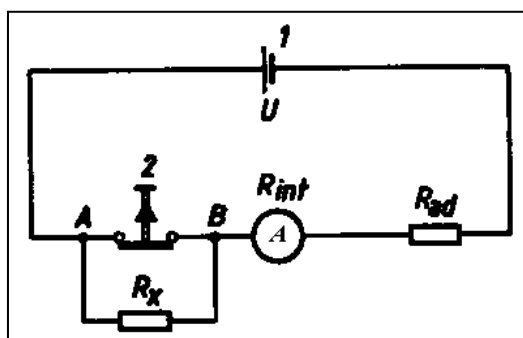


Figura N° 79

En la figura 74 se muestra el esquema de principio de funcionamiento de un óhmetro. Una batería (1) de tensión constante U y generalmente ya incorporada al aparato de medida, envía una corriente I a través de la resistencia a medir R_x. Esta corriente queda indicada en un miliamperímetro de bobina móvil, que mide la corriente que circula a través de la resistencia R_x cuando el pulsador (2) está apretado. A tensión constante U, como la intensidad de corriente es inversamente proporcional a la resistencia, la escala del aparato de medida puede graduarse en ohmios, como hemos dicho anteriormente.

Es fundamental que la tensión U permanezca constante, lo que quiere decir que la fuerza electromotriz de la fuente de alimentación, sea también constante; pero dicha fuente de alimentación es, por lo general, una batería de pilas que, con el tiempo y el uso se van gastando, disminuyendo progresivamente su fuerza electromotriz, si esto sucede así, cambian las condiciones de funcionamiento y las mediciones del aparato indicador no resultarán correctas.

Por ejemplo, si la fuente de alimentación tiene una fuerza electromotriz de 4,5 V y el aparato de medida tiene una resistencia interior más una resistencia adicional de 3 000 Ω en conjunto, la desviación a final de escala (resistencia cero o sea con el pulsador (2) cortocircuitando R_X), se producirá con una corriente:

$$I = \frac{U}{R_{\text{int}} + R_{\text{ad}}} = \frac{4,5 \text{ V}}{3000 \Omega} = 1,5 \text{ mA}$$

Cuando la fuerza electromotriz de la fuente de alimentación desciende, por ejemplo, a 3 V, para $R_X = 0$, la corriente que circula por el aparato de medida será:

$$I = \frac{U}{R_{\text{int}} + R_{\text{ad}}} = \frac{3 \text{ V}}{3000 \Omega} = 1 \text{ mA}$$

Es decir, que la aguja no se desvía hasta el final de la escala aunque estén cortocircuitados las puntas de prueba; por lo tanto, las indicaciones del aparato son erróneas.

Para mantener constante la fuerza electromotriz de la fuente de alimentación debe preverse una resistencia de *ajuste a cero*, (que puede ser la indicada como R_{ad}), conectada en serie con el miliamperímetro. Con un ejemplo, veremos cómo se efectúa este ajuste a cero.

Supongamos un óhmetro constituido por una pila de 4,5 V, un miliamperímetro cuya resistencia interior R_{int} es de 3 000 Ω y una resistencia ajustable R_{ad} , conectada en serie con él y cuyo valor puede ajustarse en un intervalo comprendido entre 0 y 1500 Ω . Cuando la fuerza electromotriz de la pila sea de 4,5 V, la desviación máxima de la escala se produce con una intensidad de corriente.

$$I = \frac{U}{R_{\text{int}} + R_{\text{ad}}} = \frac{4,5 \text{ V}}{3000 \Omega + 1500 \Omega} = 1 \text{ mA}$$

Si la fuerza electromotriz de la pila desciende a 4 V, basta con ajustar el valor de la resistencia ajustable de forma que también circule 1 mA por el aparato de medida, para que

se obtenga la desviación máxima del elemento indicador del aparato de medida. Por lo tanto el valor de la resistencia ajustable será

$$R_{ad} = \frac{U - I \cdot R_{int}}{I} = \frac{4 - 0,001 \times 3000}{0,001} = 1000 \Omega$$

Comprobación:

$$I = \frac{U}{R_{int} + R_{ad}} = \frac{4,5 V}{3000 \Omega + 1000 \Omega} = 1 mA$$

Todos los óhmetros analógicos tienen un dispositivo de ajuste a cero, que puede accionarse desde el exterior del aparato. El ajuste a cero debe efectuarse siempre antes de realizar una medición de resistencia, cortocircuitando previamente las puntas de prueba del aparato. Una vez que ha transcurrido cierto tiempo, cuando la fuerza electromotriz de la fuente de alimentación ha descendido tanto que ya no es posible el ajuste a cero, debe sustituirse dicha fuente de alimentación por otra, de fuerza electromotriz adecuada.

Para el empleo de los óhmetros deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

1. **No deben emplearse nunca en circuitos bajo tensión**, ya que el aparato de medida lleva su propia fuente de alimentación. La tensión presente en la resistencia a medir, no solamente falsearía el valor de la medición, sino que podría provocar la destrucción del aparato de medida.
2. Si deben medirse resistencias que forman parte de un circuito, necesariamente **deben desconectarse del circuito**. Si la resistencia es un componente de un circuito, es necesario comprobar si quedan conectados en paralelo otros componentes del mismo circuito pues, de ser así, deben desconectarse, ya que falsearían el valor de la medida.
3. Como el óhmetro tiene su propia fuente de alimentación incorporada, cada vez que se realiza una medición debe comprobarse que la tensión propia del óhmetro no daña a los materiales que constituyen la resistencia a medir.
4. Antes de realizar cualquier medición,, debe procederse al ajuste a cero del aparato de medida.

5. No tocar con las manos los bornes de la resistencia a medir, pues conectaríamos la resistencia propia de nuestro cuerpo en derivación con dicha resistencia, falseando el resultado de la medición.

De acuerdo con todo lo visto, el sistema de medida magnetoeléctrico se emplea para la construcción de **óhmetros**, es decir, aparatos que indican directamente el valor de la resistencia medida. Un óhmetro consta de los siguientes elementos funcionales:

1. Un sistema de medida de bobina móvil, de indicación directa.
2. Una fuente de alimentación (generalmente, una pila seca).
3. Un sistema de ajuste de cero.

El conjunto comprende: el aparato de medida propiamente dicho, cuya resistencia interior R_{int} conviene que sea muy elevada, una resistencia adicional calibrada R_{ad} y de la fuente de alimentación (1) (generalmente una pila seca, de fuerza electromotriz constante). La resistencia a medir R_x se conecta a los bornes A B del aparato de medida, generalmente a través de unas puntas de prueba.

Con el pulsador (2) cerrado, la resistencia R_x queda cortocircuitada y no pasa corriente por ella; al accionar el pulsador (2), abriéndolo, el circuito se cierra entonces a través de la resistencia R_x

Si no se tiene en cuenta la resistencia interior de la pila, que es siempre muy pequeña, las intensidades de corriente que pasan por el circuito de medida son las siguientes:

Con el pulsador cerrado (resistencia R_x cortocircuitada):

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{U}{R_{int} + R_{ad}}$$

Con el pulsador abierto (resistencia R_x en circuito):

$$I_x = \frac{U}{R_{int} + R_{ad} + R_x}$$

La relación entre estas intensidades de corriente es igual a la relación entre las correspondientes desviaciones de la aguja indicadora que llamaremos α y se puede comprobar que R_x es inversamente proporcional a la desviación de la aguja indicadora, pero solamente de forma aproximada. Por lo tanto, la escala no es uniforme. La forma que tiene dicha escala es la siguiente:

Se comprueba que:

- a) cuando $R_x = 0$ (pulsador cerrado) resulta $\alpha = \alpha_{\text{máx}}$
- b) cuando $R_x = \infty$ (pulsador abierto, sin que entre los bornes A y B esté conectada ninguna resistencia), resulta $\alpha = 0$
- c) cuando $R_x = R = R_{\text{int}} + R_{\text{ad}}$, Resulta $\alpha = \alpha_{\text{máx}}/2$

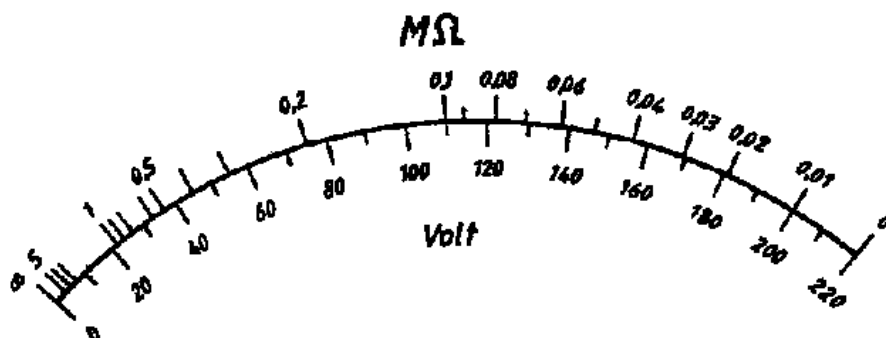


Figura N° 80

En resumen, De acuerdo con lo dicho anteriormente, la escala de un óhmetro de esta clase está caracterizada:

- a) porque no es uniforme
- b) porque se ha de leer de derecha a izquierda, al contrario que en un voltímetro o un amperímetro; en efecto cuando $R_x = 0$ la desviación es máxima, y viceversa.

En la figura anterior se muestra la escala de un aparato de medida utilizado como voltímetro y como óhmetro; nótese que, como hemos dicho anteriormente, el punto cero de la escala de ohmios, coincide con el valor máximo de la escala en voltios y para $R_x = \infty$, el índice se coloca sobre el valor nulo de la tensión. Es decir, que la escala de los ohmios está colocada en sentido inverso que la escala de los voltios.

Téngase en cuenta que la escala en ohmios solamente es válida para la tensión que ha servido de base para la calibración del aparato de medida; es decir, solamente es válida para aquella tensión que corresponde al punto cero de la escala en ohmios. Para otras tensiones debe procederse a un previo ajuste del aparato, es decir, debe ajustarse el óhmetro de forma que para $R_x = 0$, el índice se sitúe nuevamente sobre el punto que corresponde a la tensión de medición normal.

Los óhmetros que estamos describiendo se emplean para medir resistencias comprendidas entre $100 \, \Omega$ y $50 \, \text{k}\Omega$, aproximadamente, con un error de medida no superior al 2%

Multímetros o Polímetros ("Testers")

El multímetro, también llamado tester o polímetro, es un instrumento de medición. Con él se puede medir tensiones corrientes y resistencias entre otras magnitudes. Existen instrumentos que tienen la capacidad de realizar otros tipos de mediciones, tales como: temperatura frecuencia. etc.

En el mercado se encuentran dos tipos de multímetros: los analógicos y los digitales.

En general, los multímetros son instrumentos compactos, sólidos, precisos, y fáciles de operar. El movimiento lineal estable del medidor del multímetro permite efectuar mediciones precisas de voltajes de CC y CA, corrientes de CC en la gama de miliamperes, resistencia y decíbeles. El esquema típico de un tester es el siguiente:

1. Caja Protectora

2. Instrumento de medición

3. **Ohmios:** Esta función se usa para medir la resistencia de un componente un circuito eléctrico.

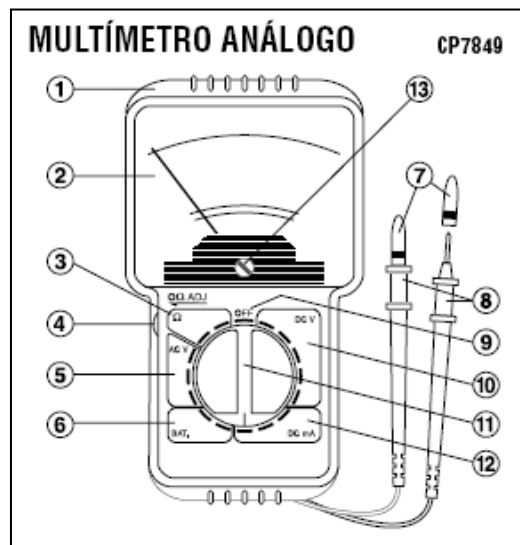


Figura N° 81

4. **Ajustador a cero:** Un ajuste por rueda o perilla convenientemente ubicada. El ajustador a cero se usa para graduar a cero la aguja medidora al efectuar mediciones de resistencia.

5. **Voltios de CA:** Esta función se usa para medir las tensiones de CA (corriente altera).

6. **Prueba de las baterías internas.** Esta función no está disponible en todos los tipos de multímetros. Donde existe, se usa para prueba bajo carga de las baterías internas del tester

y que son usadas cuando trabaja como óhmetro en el caso de los multímetros analógicos y para el funcionamiento completo en el caso de los digitales.

7. Tapas Protectoras: En algunos multímetros, se dispone de tapas protectoras de las puntas de prueba cuando el multímetro no está en uso.

8. Puntas de prueba

9. Off: Algunos multímetros disponen de esta posición para interrumpir toda conexión cuando el mismo está fuera de uso

10. Voltios de CC: Esta función se usa para medir las tensiones de CC (corriente continua).

11. Interruptor de alcance de función: Un interruptor de múltiples posiciones, generalmente ubicado en el centro del multímetro. Este interruptor se usa para seleccionar la función y alcance a medir.

12. mA (de CC): Esta función se usa para medir las corrientes de CC. Algunos multímetro también disponen de una posición que permite medir las corrientes alternadas.

Diferentes Escalas: En cada zona del tester se encuentran diferentes escalas. Por ejemplo, en la zona que permite medir tensión continua (DCV) se suelen encontrar, por ejemplo, los siguientes valores: 1000V, 200V, 20V, 2000mV y 200mV, que son los máximos valores que es posible medir si colocamos la perrilla sobre ellos. Si se tiene que medir una batería común de 9V, se debe elegir una escala que sea mayor y que esté lo más cercana posible a este valor, por lo tanto la perrilla del tester se debe posicionar en la zona DCV en el valor 20V.

En el tester, se dispone de varias clavijas para conectar las puntas de medición:

Clavija de corriente hasta 10 A o 20 A por ejemplo: en ella se conecta la punta de color rojo, *solo para medir corriente hasta 10 A o 20 A*. Esta clavija no se utiliza para otras mediciones.

Clavija de V-Ohms-A: aquí se conecta la punta de color rojo, cuando se desea medir tensiones, resistencias o corrientes.

Clavija de masa: en ella, se conecta la punta de color negro.

Una información que siempre se brinda en los multímetros analógicos es la **sensibilidad**, expresada en Ω/V , tal como ya se vio cuando se estudiaron los voltímetros. Generalmente, la sensibilidad de estos instrumentos es distinta según se midan magnitudes continuas o alternas. Por ejemplo en magnitudes alternas, un valor típico de sensibilidad es de 20.000

Ω/V mientras que en corriente alterna, este valor puede fluctuar entre 5.000 Ω/V y 10.000 Ω/V como valores aproximados.

Cuanto más próximo se seleccione el rango a la magnitud a medir, más precisa será la medición. Si no se conoce el valor a medir, para no correr con el riesgo de quemar el tester, se debemos elegir la escala máxima y realizar la medición. Luego, si esta escala es grande o no nos permite obtener la precisión deseada, se elegirá otra menor y así sucesivamente.

Para realizar la medición se debe:

1. Colocar las puntas: la de color negro en la clavija de masa y la de color rojo en la de tensión (V).
2. Seleccionar la zona DCV (tensión continua) o ACV (tensión alterna) y la escala con la perrilla selectora.
3. Si se está midiendo una tensión o una resistencia, conectar las puntas en paralelo con el elemento. En este punto debemos tener en cuenta si la tensión a medir es continua o alterna. Si es continua debemos conectar la punta de color rojo en el terminal positivo y la punta de color negro en el negativo, de lo contrario se obtendrá un valor negativo. Este valor negativo indica que los polos reales (+ y -) son opuestos a la posición de nuestras puntas. *Advertencia:* los testers analógicos, poseen una aguja para indicar la medición, si en estos testers se invirtieran las puntas, la aguja tendería a girar para el lado contrario a las agujas de un reloj, arruinando al instrumento. En el caso de la tensión alterna, es indiferente como se coloquen las puntas ya que medimos su valor eficaz.
4. Si se está midiendo una corriente eléctrica, el instrumento debe conectarse **en serie** con el circuito a medir.

Rangos de medida para las resistencias en un multímetro: el selector de rango de las resistencias es diferente a la del voltaje y la corriente. Siempre que la función esté en ohmios el resultado medido será multiplicado por el factor que se muestra en el rango.

Los rangos normales son: Rx1, Rx10, Rx100, Rx1k, Rx10k, Rx1M donde **k** significa kiloohmios y **M** megaohmios

Un ejemplo práctico: si en la pantalla de un multímetro digital o en la escala de uno analógico en función de medir una resistencia, se lee 4.7 y el rango indica: R x 1000, se tendría medida una resistencia de valor $4.7 \times 1000 = 4700$ ó 4.7 k Ω (kiloohmios)

Es muy importante escoger la función y el rango adecuados antes de realizar una medición. Si se equivoca puede dañar el instrumento en forma definitiva.

Adicionalmente un multímetro analógico tiene dos perillas que permiten ajustar la aguja a cero (posición de descanso) y la otra para ajustar la lectura de ohmios a cero (0). Para lograr esto se procede de la siguiente forma:

- Se pone la función en Ohmios
- Se pone en el rango: R x 1
- Se unen las puntas de prueba.
- Al final del proceso anterior la aguja debe estar en 0 ohmios (ohms). Si no es así se realiza el ajuste con la perilla (con las puntas unidas).



Figura N° 82

El aspecto externo de un tester analógico es el que se muestra en la figura de la izquierda mientras que a la derecha se ve el de un tester digital.

Las modalidades de uso de ambos tipos de instrumentos son las mismas, pero conviene tener en cuenta algunas características:

- a) La polaridad, en general, no es importante en los multímetros digitales, y sí lo es en los analógicos.
- b) La resistencia interna de los instrumentos analógicos es, en la mayoría de los casos, bastante menor que en los digitales. A modo de ejemplo, en la escala de 25 V, la resistencia interna típica de un instrumento analógico es de 500 k Ω mientras que en uno digital suele ser de algunas decenas de megohmios.

- c) En los instrumentos digitales no se comete el error de lectura ni de apreciación de la posición de la aguja sobre una escala, ya que en la pantalla se muestran los números indicativos de la medición.
- d) Algunos instrumentos digitales funcionan bajo el criterio de "*autorrango*", por lo que la perilla selectora se utiliza solamente para elegir la magnitud a medir y no los alcances de la lectura.
- e) Si con la magnitud medida se excede el rango seleccionado, los instrumentos de aguja pueden sufrir deterioros importantes, mientras que en los digitales, este inconveniente se ve minimizado.

Vatímetros

Para la medición rápida y cómoda de la potencia de una corriente eléctrica, se emplean los ***vatímetros*** que indican directamente:

En corriente continua, la potencia $P = UI$

En corriente alterna, la potencia activa $P = UI \cos \varphi$

Aunque, en la práctica se emplean más frecuentemente para mediciones en corriente alterna y raramente para mediciones en corriente continua.

Para la medición de la potencia en corriente alterna trifásica, se colocan en una misma caja dos o tres aparatos de medida; en estos casos, los órganos móviles del sistema de medida van acoplados mecánicamente, de forma que los pares motores individuales se suman, y en la escala del aparato se indica la potencia total.

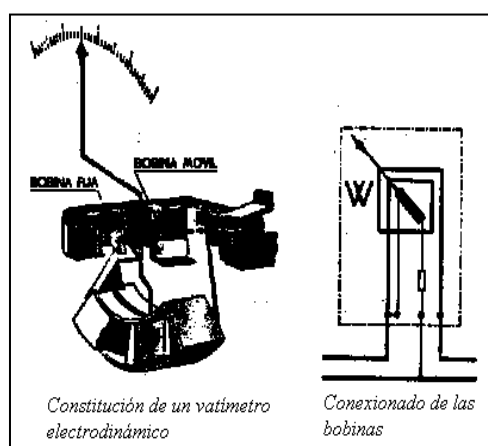


Figura Nº 83

Aunque pueden utilizarse varios sistemas de medida para medición directa de la potencia, en la práctica, solamente se emplean los siguientes:

1. *Vatímetro electrodinámico (sin núcleo de hierro).*
2. *Vatímetro ferrodinámico.*

En el presente trabajo se estudiará la constitución, funcionamiento y campos de aplicación de los tipos de los dos tipos de vatímetros reseñados anteriormente.

Vatímetro electrodinámico: Este aparato está basado en el principio del sistema de medida electrodinámico, estudiado en un capítulo anterior. En la figura se representa la estructura interior de un vatímetro electrodinámico, y el conexionado de las dos bobinas, fija y móvil. La bobina fija constituye el sistema de medida amperimétrico y está conectado en serie con el receptor cuya potencia se quiere medir: esta bobina está compuesta de escasas espiras, de hilo grueso. La bobina móvil constituye el sistema de medida voltimétrico, al que se intercala generalmente una resistencia adicional en serie, y está conectado en paralelo con el receptor cuya potencia se quiere medir: esta bobina está compuesta de muchas espiras, de hilo muy fino. De esta manera, a través de la bobina fija B_s del vatímetro circula la misma corriente I que por el receptor, y entre los bornes de la bobina móvil B_d existe la misma tensión U que entre los bornes del receptor. Se puede demostrar que el instrumento indica en forma proporcional al producto de la corriente que circula por la bobina móvil por la corriente que circula por la bobina fija y por el coseno del ángulo que forman estas dos corrientes. Como consecuencia, la lectura del instrumento será proporcional a la potencia activa consumida por la carga.

Vatímetro ferrodinámico: Si un sistema de medida electrodinámico se cierra a través de un circuito constituido por hierro, entonces, aun empleando una construcción bastante reducida, pueden lograrse mayores pares de giro que en los aparatos electrodinámicos sin hierro, con lo cual, al mismo tiempo, se reduce su consumo propio. Además, de esta manera se consigue una gran independencia respecto a los campos magnéticos exteriores: el propio circuito magnético actúa como blindaje contra dichos campos.

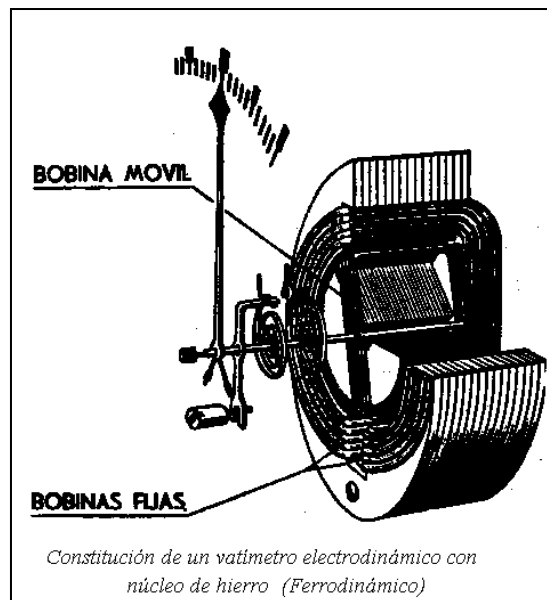


Figura N° 84

En la figura 79 se representa la estructura interior de un vatímetro ferrodinámico. El conexionado de las bobinas del sistema de medida no difiere del visto en el caso anterior. Como puede apreciarse un anillo de hierro o de material ferromagnético, cierra el circuito magnético y rodea concéntricamente a un núcleo de hierro o de material ferromagnético, quedando así establecido un entrehierro circular entre el núcleo y, el anillo exterior. El anillo lleva una o más bobinas fijas, a través de las cuales circula una corriente de medida, que es proporcional a la corriente principal del circuito de medida; el conjunto constituye el circuito amperimétrico del aparato de medida. En el núcleo interior se enrolla una bobina móvil, por la cual circula una corriente que es proporcional a la tensión exterior; o sea que constituye el circuito voltimétrico del aparato de medida.

Como puede apreciarse, la constitución de un vatímetro ferrodinámico es semejante a la de un vatímetro electrodinámico, excepto que las bobinas están enrolladas en un circuito ferromagnético. También el funcionamiento es análogo: entre ambas bobinas, la fija y la móvil, se produce un par de giro, que es proporcional a la potencia activa que se quiere medir; la bobina móvil gira hasta alcanzar un par antagonista opuesto al anterior y de la misma magnitud, creado por los muelles espirales antagonistas. Dichos muelles sirven, al mismo tiempo, para conducir la corriente de medida hasta la bobina móvil voltimétrica.

La elección del material ferromagnético que constituye el circuito magnético de estos aparatos de medida requiere un cuidado especial, pues los errores de medida proceden, muy especialmente del material empleado.

Estos errores son los siguientes:

- a) fenómenos de remanencia
- b) fenómenos de histéresis,
- e) corrientes parásitas o de Foucault
- d) fenómenos de curvatura

Los errores debidos a la remanencia (o magnetismo remanente) se presentan solamente en las mediciones de corriente continua. Si, por ejemplo, se desconecta la corriente de las bobinas fijas en la figura, queda en los polos un cierto magnetismo remanente, el cual provoca una desviación de la aguja indicadora, cuando pasa corriente por la bobina voltimétrica, desviación que corresponde a una potencia inexistente en la realidad. Por esta misma razón (la remanencia), el aparato de medida marca valores mayores al disminuir la excitación de las bobinas amperimétricas, que al aumentar. Utilizando materiales adecuados, pueden reducirse estos errores a un límite admisible en la práctica, alcanzando como máximo de 0,5 a 1 %. Evidentemente, con corriente alterna no se presentan fenómenos de remanencia.

Con corriente alterna las causas de error son la histéresis, las corrientes parásitas y el llamado error de curvatura, que pueden ser reducidos si se eligen adecuadamente los materiales magnéticos del núcleo.

Los vatímetros se conectan según el esquema indicado en la figura.

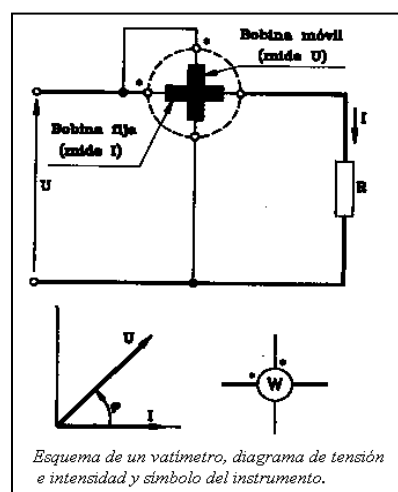


Figura Nº 85

Es usual que los vatímetros tengan distintos alcances, tanto en su circuito amperométrico como en el voltimétrico. Por ejemplo, puede disponerse de un vatímetro que tenga dos

rangos de corriente: 2,5 A y 5 A y tres rangos de tensión: 100 V, 200 V y 400 V. A los fines de no complicar el cuadrante en los vatímetros analógicos, (para este ejemplo, debería tener 6 escalas), se suele dibujar una sola escala de, por ejemplo, 100 divisiones.

Para leer adecuadamente la potencia medida, se debe multiplicar la cantidad de divisiones leídas en la escala por el llamado "*factor de escala (FE)*", que se calcula haciendo el producto de los rangos de tensión y de corriente y dividiéndolo por el número de divisiones que dispone la escala. Entonces:

$$FE = \frac{\text{Rango de tensión} \times \text{Rango de corriente}}{\text{Nº de divisiones a fondo de escala}}$$

Y por lo tanto:

$$P = FE \times \text{Nº de divisiones leído}$$

Ejemplo: supóngase que se conecta un vatímetro como el descrito usando su rango de corriente de 5 A y su rango de tensión de 200 V. Al efectuar la medición, la aguja señala el número 83. Se desea conocer la potencia medida.

Para ello se calcula:

$$FE = \frac{200 \times 5}{100} = \frac{1000}{100} = 10$$

$$P = 10 \times 83 = 830 \text{ W}$$

Pinza Amperométrica

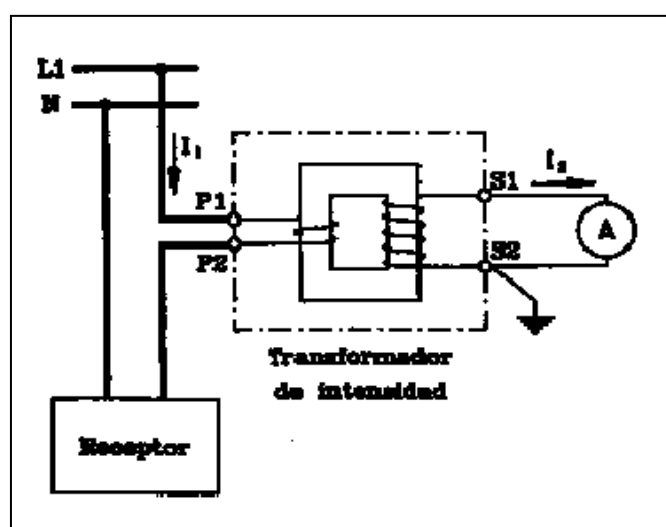


Figura Nº 86

Antes de estudiar este tipo de instrumento, se debe tener una somera noción de los llamados *transformadores de corriente* o *transformadores de intensidad*. Se trata de un tipo de transformador de medida que se utiliza cuando por el circuito a medir circula una gran corriente eléctrica, incompatible con los alcances habituales de los instrumentos de medida. Estos transformadores no difieren esencialmente de los transformadores de tensión, salvo en algunos aspectos de diseño interior y constructivos. Su primario se conecta, como todo amperímetro, en serie con la carga sobre la que se desea medir la corriente. En el secundario se conecta el amperímetro, tal como lo muestra la figura. Existe una relación de transformación entre la corriente primaria y la secundaria, por lo que conociéndola y leyendo la corriente secundaria, se puede determinar la corriente que circula por el primario, que es la misma que atraviesa el receptor. Una aplicación muy difundida de estos transformadores, lo constituyen las *pinzas amperométricas* que son instrumentos que disponen de un transformador de este tipo incorporado. El núcleo magnético se puede abrir a voluntad, de manera que el conductor que transporta la corriente eléctrica pueda ser alojado en su interior, no siendo necesario interrumpir el circuito, lo que constituye la principal ventaja de estos instrumentos. El amperímetro incorporado puede ser analógico o digital y, generalmente, disponen de varios rangos de medición. Cuando la corriente es muy pequeña frente al rango mínimo del instrumento, se puede hacer que el conductor pase dos o más veces por el interior de las pinzas. El valor leído en el instrumento debe ser dividido por el número de veces que el conductor atraviesa la pinza para obtener el valor correcto de intensidad de corriente medida. Asimismo, generalmente estos instrumentos cuentan con una posibilidad adicional: En una posición de la perilla selectora, el instrumento queda dispuesto para medir tensiones alternas, conectando la pinza de igual manera que cualquier voltímetro convencional.

Por otra parte, se debe hacer notar que existen pinzas preparadas para medir simultáneamente la tensión y la corriente en una malla. El circuito interno calcula la potencia eléctrica y determina el factor de potencia ($\cos \phi$). Se las suele llamar *pinzas cofimétricas*. En la figura se muestra una pinza amperométrica comercial simple.



Figura N° 87

2.23. Medición de Aislamiento

Aislamiento eléctrico: es un proceso mediante el cual se aíslan los conductores y el equipo, con la finalidad de obtener una alta resistencia y evitar que se produzcan corrientes eléctricas indeseables.

El aislamiento debe ser lo opuesto al conductor: debe resistir la corriente y mantener la corriente en la trayectoria del conductor.

Ejemplo: Cada cable eléctrico utilizado para un motor, un generador, un cableado, un transformador, etc., es cuidadosamente cubierto con muchas formas de aislamiento eléctrico. El cable que alimenta los equipos, usualmente de cobre o aluminio son conocidos como buenos conductores de electricidad.

El propósito del aislamiento alrededor del conductor es parecido a un tubo llevando agua; la ley de Ohm de resistencia puede ser más fácilmente entendida y comprendida realizando una comparación con un flujo de agua. En la siguiente figura se muestra un tubo; si el tubo tiene un orificio, se pierde agua y también presión.

El voltaje es como la bomba de presión que produce electricidad, la cual fluye a lo largo del cable de cobre. Como en el tubo de agua, aquí es mayor la resistencia al flujo, pero es mucho menor a lo largo del cable que tiene el aislamiento.

Comparación de Flujo de Agua y Corriente Eléctrica

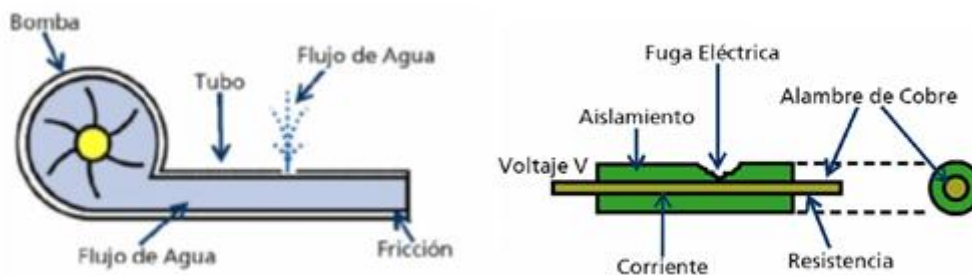


Figura N° 88

El sentido común nos dice que al tener más voltaje, más corriente existe y, al tener una menor resistencia en el cable, se tendrá más corriente para el mismo voltaje. Actualmente, esta ley de Ohm es expresada en forma de la siguiente ecuación:

$$V = I \cdot R$$

Donde:

V = Voltaje en volts.

I = Corriente en amperes.

R = Resistencia en ohms.

Hay que destacar que no existe ningún aislamiento perfecto (que tenga una resistencia infinita) por lo tanto mucha corriente eléctrica fluye a lo largo del aislamiento o pasa a la tierra.

Así, un aislamiento con una resistencia muy alta presenta una oposición grande al flujo de corriente, de tal manera que sólo en estos casos, permite el paso a una cantidad muy pequeña de corriente a través de él. La corriente puede ser de una millonésima de amper (un micro amper) y éstas son las bases del equipo para pruebas de aislamiento. También es necesario comprender que un alto voltaje tiende a causar más corriente a lo largo del aislamiento. Esta corriente puede o no, causar un problema al aislamiento.

Factores que Afectan al Aislante

Cuando el sistema de planta eléctrica y equipo son nuevos, el aislamiento eléctrico puede estar en su mejor forma. Sin embargo, a pesar de que los fabricantes de alambre, cable, motores, etc. han estado mejorando continuamente para darle un mejor servicio a la industria; incluso hoy en día, el aislamiento puede sufrir muchos efectos que pueden causar

las fallas o daños mecánicos, vibración, excesivo calor o frío, suciedad, aceites, vapores corrosivos, humedad de procesos o la humedad de un día. Todos estos efectos hacen que, con el tiempo, se permita una excesiva corriente a través del aislamiento.

- Muchas veces la caída en la resistencia del aislante es repentina, como cuando el equipo es inundado. Usualmente, sin embargo, estas caídas son graduales, dando aviso si se verifican periódicamente. Tales verificaciones permiten planear condiciones antes de la falla del servicio.
- Si no existen verificaciones, un motor con pobre aislamiento, por ejemplo, puede no solamente ser peligroso al tocarlo cuando tiene voltaje aplicado, sino que también se puede quemar: lo que fue un buen aislante se convirtió en un parcial conductor.

Principales Causas de Deterioro del Sistema Eléctrico

- Efecto de la temperatura. Generalmente, las mediciones de resistencia de aislamiento pueden cambiar entre una prueba y otra por causa de las variaciones de la temperatura del material aislante. La mejor manera de obtener resultados consistentes en las mediciones, es realizar la prueba de aislamiento bajo condiciones estándar, típicamente a una temperatura base de 20 °C.
- Efecto de la humedad. Como se ha mencionado, la presencia de humedad en el aislamiento tiene marcados efectos en el valor de resistencia, por lo tanto, un aumento en la humedad del medio ambiente, afecta la resistencia de aislamiento. Por lo tanto es de principal interés es disminuir las condiciones de humedad de la superficie del aislamiento del equipo. Si el equipo opera regularmente a temperaturas superiores al llamado punto de rocío, las lecturas de la prueba, por lo general, no se verán afectadas por la humedad. Esto será así para el caso en que las lecturas del aislamiento están libres de toda contaminación, como pelusa, ácidos o sales, las cuales tienen la propiedad de absorber la humedad, y cuya presencia puede afectar las lecturas de manera imprevista, por lo que deben ser removidos antes de la prueba.

Existen estudios que demuestran que la gota de rocío se formará en las cavidades y en las roturas del aislamiento mucho antes de que se haga visible en la superficie del mismo. La medición del punto de rocío proporciona una pista de la posibilidad de que exista o no esa condición invisible, lo cual se logra haciendo mediciones alternadas.

La reducción de resistencia de aislamiento es muy peligrosa al ser ésta una de las magnitudes decisivas de una posible falla (cortocircuito). Además, pueden aparecer corrientes derivadas entre dos conductores sometidos a potenciales distintos, lo que provoca un calentamiento del punto donde aparece la falla, con el siguiente recalentamiento y resecamiento del aislante.

En los motores con funcionamiento normal, los bobinados de campo y del inducido están completamente aislados de la carcasa de la máquina. Tomando la resistencia entre la carcasa y los bobinados, se tiene que leer infinito o varios millones de Ohms. A veces, debido al recalentamiento producido por exceso de carga o a factores mencionados anteriormente, la resistencia de aislamiento puede disminuir y parte de la corriente se filtrará a través del aislamiento llegando a la carcasa. Esta filtración o fuga de corriente acelera el deterioro del aislamiento y, si no se la descubre a tiempo el daño será mayor, se producirá un cortocircuito entre las bobinas y la carcasa (a la bobina en estas condiciones se la denomina bobina a masa). El cortocircuito hará que todo el bobinado se recaliente y se queme.

Los bobinados de los motores deben inspeccionarse a intervalos regulares para verificar el estado del aislamiento o un posible contacto a masa antes de que se produzcan serios desperfectos. Para probar el aislamiento, no se puede emplear el óhmetro común porque, a menudo, las derivaciones (corriente de fuga) sólo se ponen de manifiesto cuando se aplica la tensión alta. El óhmetro es incapaz de medir las derivaciones (valores de tensión) acordes a la tensión del circuito a verificar, para ello se emplea un instrumento llamado Megger que suministra el alto voltaje necesario y está calibrado para acusar resistencias muy altas.

Megóhmetro: es un instrumento de prueba que se usa para medir la resistencia del aislamiento de los conductores.

El Megóhmetro deja pasar una cantidad específica de voltaje a través del dispositivo que se está probando y mide la resistencia que este voltaje encuentra. Su nombre fue tomado del primer instrumento que se fabricó en Inglaterra.

Actualmente se fabrican básicamente tres tipos:

- De generador de corriente continua (accionado a mano);
- De generador de corriente alterna (accionado a mano) con un sistema rectificador;
- De baterías.

Su uso es muy simple y la lectura da directamente el valor de la resistencia en ohm o megaoohms sin cálculo alguno. El valor se indica en la escala en $M\Omega$ o $G\Omega$.

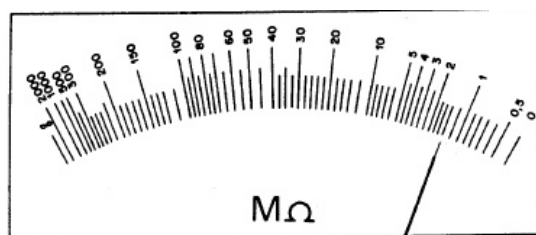


Figura N° 89

Megado de Cables

Cuando se realiza la prueba, se deberá seleccionar la tensión que se debe aplicar a los conductores del circuito eléctrico, en esta caso se selecciona una tensión de 500 VCD; una de las puntas de prueba se conecta al conductor del circuito derivado bajo prueba, justo donde comienza el conductor en el borne inferior del interruptor termomagnético respectivo en el interior del centro de carga. La otra punta de prueba se conecta al conductor de puesta a tierra o a la barra de neutros que se encuentra en el mismo centro de carga.

Se aplica la tensión durante un minuto, si el Megóhmetro indica un valor en megaoohms significa que el conductor está en buen estado.

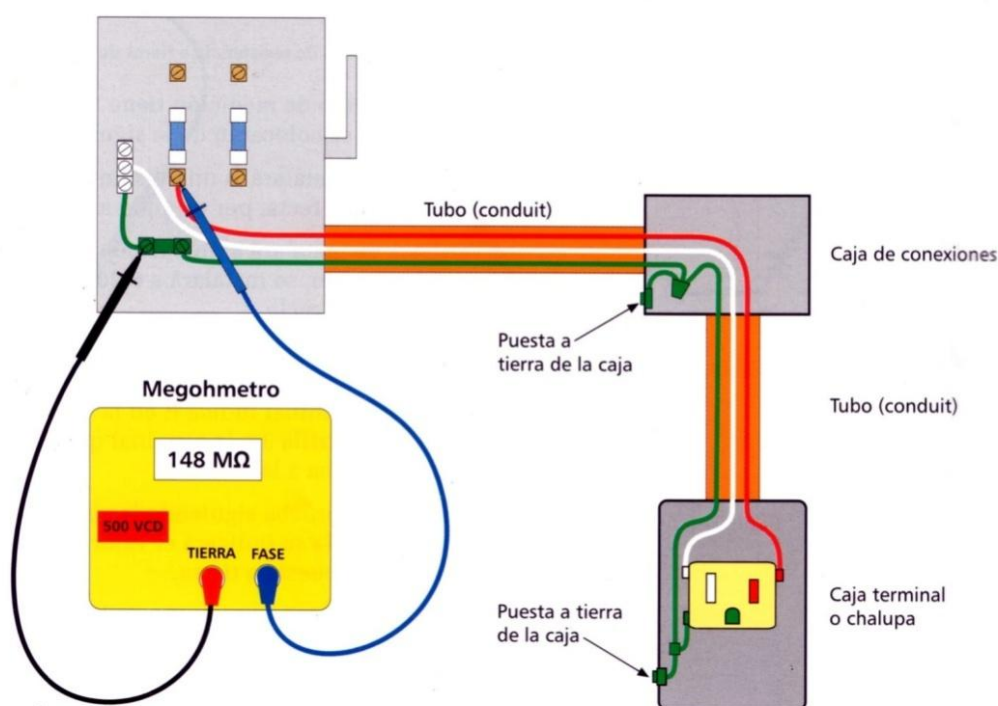


Figura N° 90

Si el Megóhmetro indica 0 ohms, significa que el conductor bajo prueba tiene una falla, es decir, que puede tener contacto con el conductor de puesta a tierra, o con alguna tubería o

gabinete metálico que esté puesto a tierra y en caso de que se energice podría causar un cortocircuito. Por lo tanto, este conductor debe revisarse o reemplazarse antes de conducir energía eléctrica.

2.24. Medición de Puesta a Tierra

Todas las instalaciones eléctricas deben llevar puesta a tierra formada por una o varias jabalinas en configuraciones varias. Su valor de resistencia de puesta a tierra debe ser medido con un telúrimetro arrojando su valor en Ohms.

En las instalaciones con todos los polos aislados se ponen a tierra las partes metálicas, que durante el servicio no están sometidas a tensión, para desviar las corrientes que puedan surgir en caso de deteriorarse el aislamiento. En todos estos casos, la resistencia de puesta a tierra, compuesta por la de línea de acometida, la de transición entre el elemento de puesta a tierra y el suelo y la de propagación de éste, ha de ser tan pequeña que en ella no se puede establecer una caída de tensión inadmisibles.

La conductibilidad del suelo puede fluctuar según sean las condiciones atmosféricas.

Además, es posible que la resistencia de transición entre el elemento de puesta a tierra y el suelo varíe continuamente debido a la corrosión o a la polarización. Por este motivo es preciso efectuar con frecuencia mediciones de vigilancia, que en los distintos campos de aplicación están fijadas en las prescripciones correspondientes.

Para determinar la resistencia de puesta a tierra, se hace pasar una corriente a través del elemento de puesta a tierra y se mide la caída de tensión establecida. Para que el resultado de la medida no quede falsificado por fenómenos de polarización, se emplea generalmente corriente alterna (procedente de un magneto o de un vibrador alimentado por una batería).

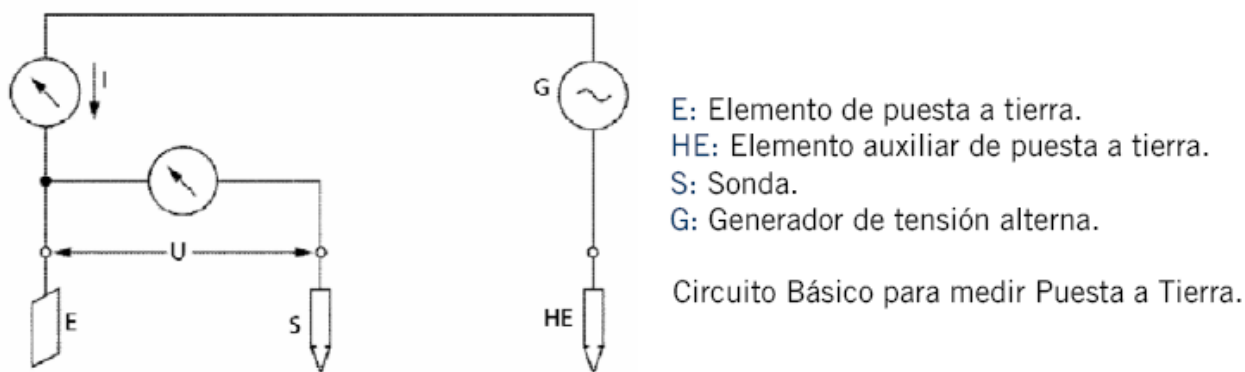


Figura N° 91

Si en este circuito la corriente que fluye a través del voltímetro y la sonda es mucho menor que la que pasa a través del elemento de puesta a tierra, la resistencia de dicha sonda se puede despreciar, y la resistencia de puesta a tierra R_E viene dada por la tensión y la intensidad de la corriente, según la fórmula $R_E = U/I$.

- Al instalar el dispositivo de medida hay que tener cuidado de que el elemento auxiliar de puesta a tierra y la sonda queden a una distancia suficiente del elemento principal de puesta a tierra, de forma que los "conos de tensión" (caída fuerte de tensión en las inmediaciones de los electrodos) no se superpongan, falsificando de este modo la medida.
- La sonda debe colocarse a una distancia aproximada equivalente a cinco veces la longitud del elemento de puesta a tierra, y como mínimo a 20m de él. Por este motivo, antes de efectuar la medición, conviene conocer la posición, la forma y las dimensiones del elemento de puesta a tierra.

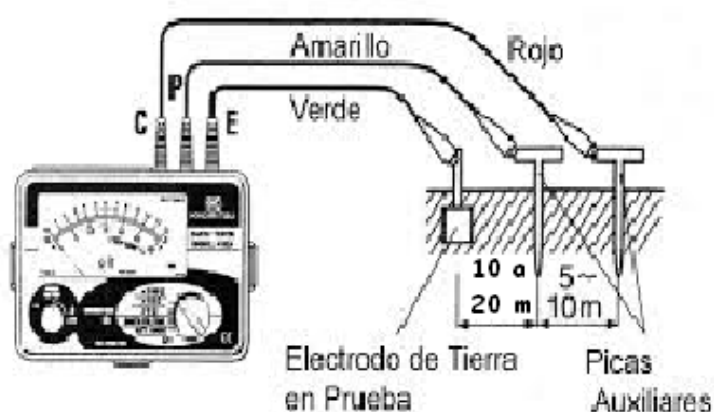


Figura N° 92

MÓDULO 3

MATERIALES Y ELEMENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Componentes Eléctricos en Instalaciones.

3.1. Conductores y Cables Eléctricos

De acuerdo a la reglamentación de la AEA, un conductor está recubierto con aislación básica, mientras cable se denomina al conductor aislado y con una cubierta aislante.

Los cables son destinados a conducir la energía eléctrica, generalmente en las condiciones más desfavorables y con las menores pérdidas posibles.

Los conductores pueden ser cobre o aluminio. A igualdad de intensidad de corriente la resistividad del cobre es 17,241 Ohm.mm²/km, mientras que la del aluminio 28,264 Ohm.mm²/km. Es decir se requiere un 60 % más de sección del conductor de aluminio respecto del cobre.

Los conductores en general deben cumplir con las siguientes condiciones:



Figura Nº 93

Temperatura de los aislantes más usados:

Aislante	°C en régimen	°C sobrecarga	°C en CC
PVC	70 °C	100 °C	160 °C
XLPE/LSOH	90 °C	130 °C	250 °C
SI	90 °C	180 °C	250 °C

Los cables más utilizados en las instalaciones son:

3.1-1. IRAM-NM 247-3 Cables aislados con policloruro de vinilo (PVC) para tensiones nominales hasta 450/750 V, inclusive. Parte 3. Cables unipolares (sin envoltura) para instalaciones fijas (IEC 60227-3, Mod.). La reglamentación permite su uso en cañerías.

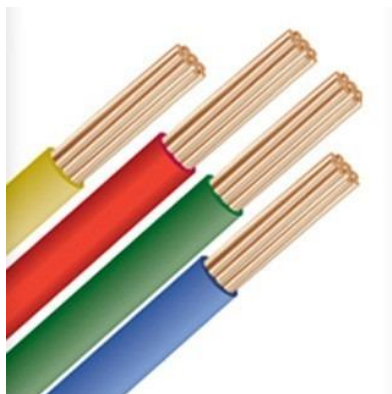


Figura N° 94

3.1-2. IRAM 2178 Cables aislados con dieléctricos sólidos extruidos para tensiones nominales desde 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) hasta 33 kV ($U_m = 36$ kV). Parte 1 - Cables de potencia y de control, señalización y comando para tensiones nominales de 0,6/1 kV ($U_m = 1,2$ kV). Su uso permitido es en bandejas, en instalaciones subterráneas.



Figura N° 95

3.1-3. IRAM 247-5 Cables aislados con policloruro de vinilo (PVC) para tensiones nominales hasta 450/750 V, inclusive. Parte 5. Cables flexibles (cordones) (IEC 60227-5, Mod.). Su uso está reservado para instalaciones móviles, un artefacto de iluminación, un equipo

electrodoméstico, etc. No está permitido su uso en instalaciones fijas (cañerías, bandejas, ductos subterráneos, etc.).



Figura N° 96

3.1-4. IRAM 2004/11 Conductores eléctricos de cobre, desnudos, para líneas aéreas de energía. Alambres de cobre recocido. Para conductores eléctricos. Se usan para hacer puestas a tierra y bajadas de pararrayos.



Figura N° 97

3.1-5. IRAM 62266/7 Cables de potencia y de control y comando con aislación extruida, de baja emisión de humos y libres de halógenos (LSOH), para una tensión nominal de 1,1kV. Cables unipolares de cobre, para instalaciones eléctricas fijas interiores, aislados con materiales de baja emisión de humos y libre de halógenos (LSOH), sin envoltura exterior, para tensiones nominales hasta 450/750 V, inclusive. Su uso es para lugares de alto tránsito de personas.



Figura N° 98

3.1-6. Cables para acometida aérea con neutro concéntrico aislados con polietileno reticulado (XLPE) para tensiones nominales hasta $U_o/U = 0,6/1,1\text{kV}$.



Figura N° 99

3.1-7. IRAM 2268 Cables con conductores de cobre aislados con material termoplástico a base de poli (cloruro de vinilo) (PVC). Para control, señalización, medición, protección y comandos eléctricos a distancia con tensiones nominales de hasta 1,1 kV inclusive, protegidos.



Figura N° 100

3.1-8. IRAM-NM 274 Cables flexibles aislados con caucho de siliconas, unipolares sin envoltura y multipolares con envoltura, resistentes al calor, para tensiones nominales hasta 450/750 V. Utilizado para altas temperaturas como circuitos de microondas, estufas eléctricas, etc.



Figura N° 101

3.1-9. IRAM 2263 Cables pre-ensamblados con conductores de aluminio aislados con polietileno reticulado para líneas aéreas de hasta 1,1 kV. Se utiliza en sistema de distribución de baja tensión.



Figura Nº 102

3.1-10. Colores normalizados. La reglamentación permite identificar los conductores de la siguiente forma:

a) Por colores



Figura Nº 103

b) Por identificadores



Figura Nº 104

3.1-11. Sección nominal de los conductores

La sección nominal de los conductores deberá calcularse en función de su intensidad de corriente máxima admisible y caída de tensión con la verificación final de su solicitud térmica al cortocircuito de acuerdo a la reglamentación de la AEA.

A continuación se presenta la tabla de intensidad de corriente admisible (A) para temperatura ambiente de 40 °C de cálculo. Es para conductores embutidos en cañerías, cablecanales, bandejas, en interior. Para cables enterrados la reglamentación tiene otra tabla.

Corriente admisible para conductores

Cobre [mm ²]	Monofásico	Trifásico
1,5	15	14
2,5	21	18
4	28	25
6	36	32
10	50	44
16	66	59
25	88	77
35	109	96
50	131	117
70	167	149
95	202	180
120	234	208
150	261	228
185	297	258
240	348	301
300	398	343

Tabla Nº 22

Una vez seleccionado la sección del conductor, se debe verificar la caída de tensión según se detalla:

- Circuito De Alumbrado Av. = 3%
- Circuito De Fuerza Motriz Av. = 5% (En régimen); AV = 10 a 15 % (En arranque)

Con el valor calculado, se asegura que el conductor no corra riesgo de incendio, pero no se asegura la calidad del producto con respecto a la caída de tensión.

Independientemente del resultado del cálculo las secciones no podrán ser menores a las siguientes, que se considerarán secciones mínimas admisibles de la tabla siguiente.

Líneas principales	4,00 mm ²
Circuitos seccionales	2,50 mm ²
Circuitos terminales para iluminación de usos generales (con conexión fija o a través de tomacorrientes)	1,50 mm ²
Circuitos terminales para tomacorrientes de usos generales	2,50 mm ²
Circuitos terminales para iluminación de usos generales que incluyen tomacorrientes de usos generales	2,50 mm ²
Líneas de circuito para usos especiales	2,50 mm ²
Líneas de circuito para uso específico (excepto MBTF)	2,50 mm ²
Líneas de circuito para uso específico (alimentación a MBTF)	1,50 mm ²
Alimentaciones a interruptores de efecto	1,50 mm ²
Retornos de los interruptores de efecto	1,50 mm ²
Conductor de protección	2,50 mm ²

Tabla N° 23

3.2. Canalizaciones

Las canalizaciones eléctricas o simplemente tubos en instalaciones eléctricas, son los elementos que se encargan de contener los conductores eléctricos. La función de las canalizaciones eléctricas son proteger a los conductores, ya sea de daños mecánicos, químicos, altas temperatura y humedad; también, distribuirlo de forma uniforme, acomodando el cableado eléctrico en la instalación. Para ello deben cumplir con IRAM 62386.

Las canalizaciones eléctricas están fabricadas para adaptarse a cualquier ambiente donde se requiera llevar un cableado eléctrico. Es por eso, que se pueden encontrar empotradas (techos, suelo o paredes), en superficies, al aire libre, zonas vibratorias, zonas húmedas o lugares subterráneos.

Pueden ser realizadas por diferentes materiales: chapa de acero, acero inoxidable, PVC, aluminio, acero galvanizado.

3.2-1. Caños de PVC. Son resistentes y rígidos, pueden estar en ambientes húmedos y soportar algunos químicos. Por las propiedades del termoplástico, son auto-extinguibles a las llamas, no se corroen y son muy livianos.



Figura N° 105

3.2-2. Caños galvanizados. Pasan por un proceso de galvanizado, este recubrimiento evita la corrosión, lográndose mayor durabilidad. Pueden venir en tamaños desde 1/2" hasta 4" de diámetro. No tienen sus extremos roscados, y utiliza accesorios especiales, para acoplamiento y enlace con cajas.



Figura N° 106

3.2-3. Caño flexible metálico. Son de acero, y pasan por un recubrimiento galvanizado. Su flexibilidad a la torsión y a la resistencia mecánica se debe a su forma engargolada (láminas distribuidas en forma helicoidal). Por su construcción (baja hermeticidad) no es recomendable que esté en lugares con alta humedad, vapores o gases. Sus dimensiones van desde 1/2" hasta 4" de diámetro. También está disponible el caño flexible metálico envainado que le confiere hermeticidad y resistencia al caño.



Figura N° 107

3.2-4. Caño corrugado plástico. Fabricado con compuesto PVC, apto para ser utilizado en instalaciones eléctricas de baja tensión en inmuebles. Es ignífugo, no inflamable, no propaga la llama. Viene liviano (blanco) y semipesado (gris).



Figura N° 108

Nota: el caño corrugado plástico de color naranja es propagante de la llama, por lo cual no está permitido para instalaciones eléctricas.

3.2-5. Cable canales. Son conductos de material plástico, cerrados o ranurados (solo para tableros) siempre con tapa colocada a presión de una o varias vías. También deben ser ignífugos y no propagantes de la llama. Deben cumplir con IEC 61.084.



Figura N° 109

3.2-6. Caño de hierro liviano y semipesado. De color negro, con rosca y accesorios para su conectividad. Los caños semipesados deben cumplir con IRAM 62005, los livianos con IRAM 62224, todos para uso eléctrico.



Figura N° 110

3.2-7. Bandejas portacables. Este sistema de canalización se utiliza para soportar tendido de cables de gran sección o gran cantidad de cables. Las bandejas pueden ser hechas de chapa galvanizada o cincada, acero inoxidable o de plástico reforzado.

Existen tres formas constructivas: tipo escalera, perforada, y de fondo sólido.

Vienen todos los accesorios como soportes en ménsula, uniones, T, etc.



Figura Nº 111

3.2-8. Cajas y accesorios. Pueden ser de chapa o plásticas compatibles con los caños vistos. Hay de distintas medidas y aplicaciones. Por ejemplo para tecla de luz o tomacorriente de 5x10 cm, para boca de luz hexagonal de 9 cm, de paso de 10x10 cm, etc.



Figura Nº 112

Como accesorios tenemos conectores, codos, grampas, etc.



Figura Nº 113

3.2-9. Fichas y tomas trifásicos y monofásicos IRAM-IEC 60309 permitidos en la reglamentación de AEA desde 2006.



Figura N° 114



Figura N° 115



Figura N° 116



Figura N° 117

3.2-10. Tableros eléctricos. Constituyen uno de los componentes más importantes de las instalaciones eléctricas y por ende están siempre presentes en ellas, independientemente de su nivel de tensión, su tipo o tamaño. Están destinados a cumplir con algunas de las siguientes funciones: medición, control, maniobra y protección.

Los tableros adquieren las más variadas formas y dimensiones de acuerdo con la función específica que les toque desempeñar, como pueden ser aquellos que se emplean en los distintos tipos de inmuebles (viviendas, sanatorios, escuelas, estadios deportivos, etc.) o bien en industrias.

La norma que trata o rige el tema es la IRAM 2181-1, a la que se deben sumar las disposiciones incluidas en la RIEI.

Desde el punto de vista constructivo propiamente dicho los gabinetes se pueden fabricar empleando chapa de acero laminada o bien material plástico.



Figura Nº 118

3.3. Lámparas

3.3-1. Lámparas de Incandescencia

Se denomina lámpara incandescente al dispositivo que produce luz mediante el calentamiento por efecto Joule de un filamento metálico, hasta ponerlo al rojo blanco, mediante el paso de corriente eléctrica. Se conoce como efecto Joule al fenómeno por el cual si en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo.

El componente principal de la lámpara incandescente es el filamento. Al pasar corriente a través de él, puede ser calentado como resistencia hasta volverse incandescente, manteniéndose en este estado por mucho tiempo. Para evitar que el filamento se queme en contacto con el aire, se rodea con una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío o se ha rellenado con un gas. El conjunto se completa con unos elementos con funciones de soporte y conducción de la corriente eléctrica y un casquillo normalizado que sirve para conectar la lámpara a la luminaria.

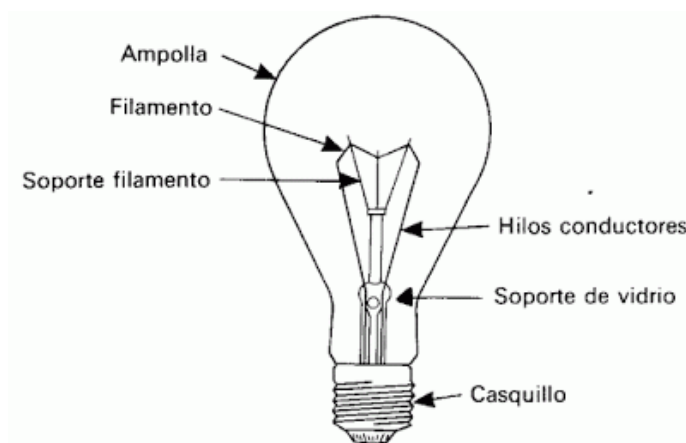


Figura N° 119

Se usan principalmente para alumbrado interior (casas, oficinas, negocios) debido a su bajo costo, la facilidad de su instalación y a que funcionan en cualquier posición. No obstante su rendimiento es bajo debido a que una gran parte de la energía consumida se transforma en calor.

Hoy en día su uso queda reservado para lámparas ornamentales y de equipos electrodomésticos hasta 25 W; también en lámparas menor o igual a 50 Voltios. Decreto 2060/2010 de la ley nacional N° 26.473.

3.3-2. Lámparas incandescentes halógenas

Consiste en una pequeña lámpara halógena del tipo bipin que en su interior contiene gas halógeno en un filamento de tungsteno, introducida dentro de una ampolla común.



Figura N° 120

Emiten una luz 30 % más blanca y brillante empleando menos potencia en watt.

Son más eficientes, por lo que consumen menos energía eléctrica por lumen de intensidad de luz aportado.

Son mucho más pequeñas comparadas con una incandescente normal de la misma potencia en watt.

No pierden intensidad de luz con las horas de trabajo, pues los vapores de tungsteno no ennegrecen la envoltura del cristal de cuarzo.

Prestan un mayor número de horas servicio que la incandescente común.

Otros formatos son: tubular para reflectores, u ornamentales como las dicroicas.



Figura N° 121

3.3-3. Lámparas de Descarga

Las lámparas de descarga son fuentes luminosas que producen luz mediante una descarga eléctrica en gases o vapores metálicos presentes en el interior de la ampolla.

Para encender las lámparas de descarga se requiere de un dispositivo llamado reactancia o balasto, que produce el encendido con un alto voltaje inicial y luego disminuye la energía eléctrica al nivel operativo normal. Los balastos electromagnéticos son los tradicionales de filamentos de cobre, que ya están siendo reemplazados por balastos electrónicos.

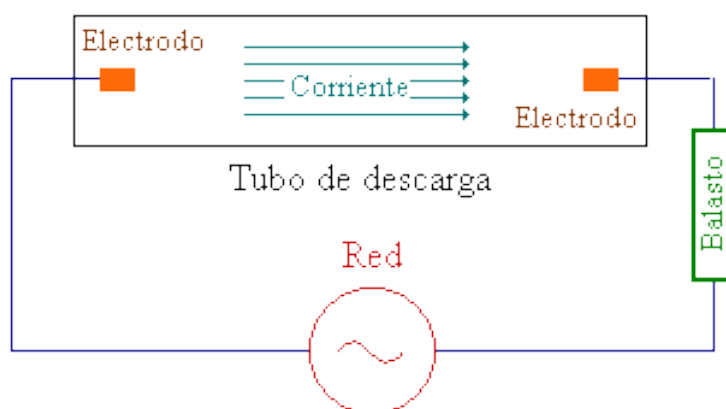


Figura N° 122

Dentro de las lámparas de descarga debemos distinguir entre lámparas de descarga de baja presión y lámparas de descarga de alta presión.

3.3-4. Lámparas de Descarga de Baja Presión

A este tipo pertenecen las lámparas fluorescentes y las lámparas fluorescentes compactas.

En estas lámparas la luz es generada por medio de la excitación de radiación de los fluorescentes.



Figura N° 123



Figura N° 124

3.3-5. Lámparas de Descarga de Alta Presión

A este tipo pertenecen las lámparas de vapor de mercurio, lámparas de halogenuros y lámparas de vapor de sodio de alta presión. Debido a la alta presión de servicio emiten un

intenso espectro de luz. Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas dependiendo sus usos.

Las formas de las lámparas de descarga varían según la clase de lámpara con que tratemos. De todas maneras, todas tienen una serie de elementos en común como el tubo de descarga, los electrodos, la ampolla exterior o el casquillo.

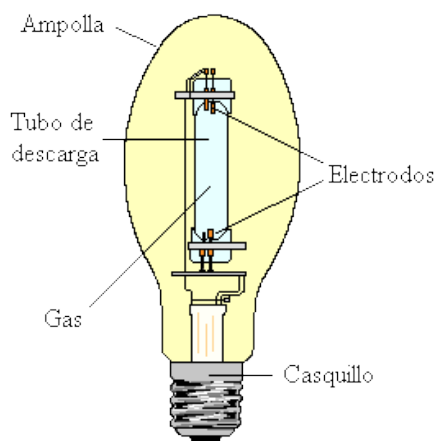


Figura N° 125

3.3-6. Led

El LED es un diodo emisor de luz, es decir, un dispositivo semiconductor que emite luz cuando circula por la corriente eléctrica; es un proyector electroluminiscente que emite luz mediante la recombinación de los pares de portadores de carga de un semiconductor.

Led deviene de las siglas en inglés Light Emitting Diode: Diodo Emisor de Luz. La luz no se genera a través de un filamento incandescente sino por electroluminiscencia. Esto significa que se liberan fotones (luz) debido a electrones que cambian de nivel de energía durante su desplazamiento por el material semiconductor (diodo).



Figura N° 126

3.4. Protección de Conductores ¹

3.4-1. Fusibles

Son elementos de protección, constituidos por un alambre o una lámina metálica, dimensionado para fundirse a partir de determinada intensidad de corriente.

La función de los fusibles, es proteger los cables y conductores de la corriente de sobrecarga y cortocircuito, como así también a componentes de maniobras y motores.

Clases de servicios: de acuerdo con su función, los fusibles se subdividen en clases de servicios, que se identifican con 2 letras.

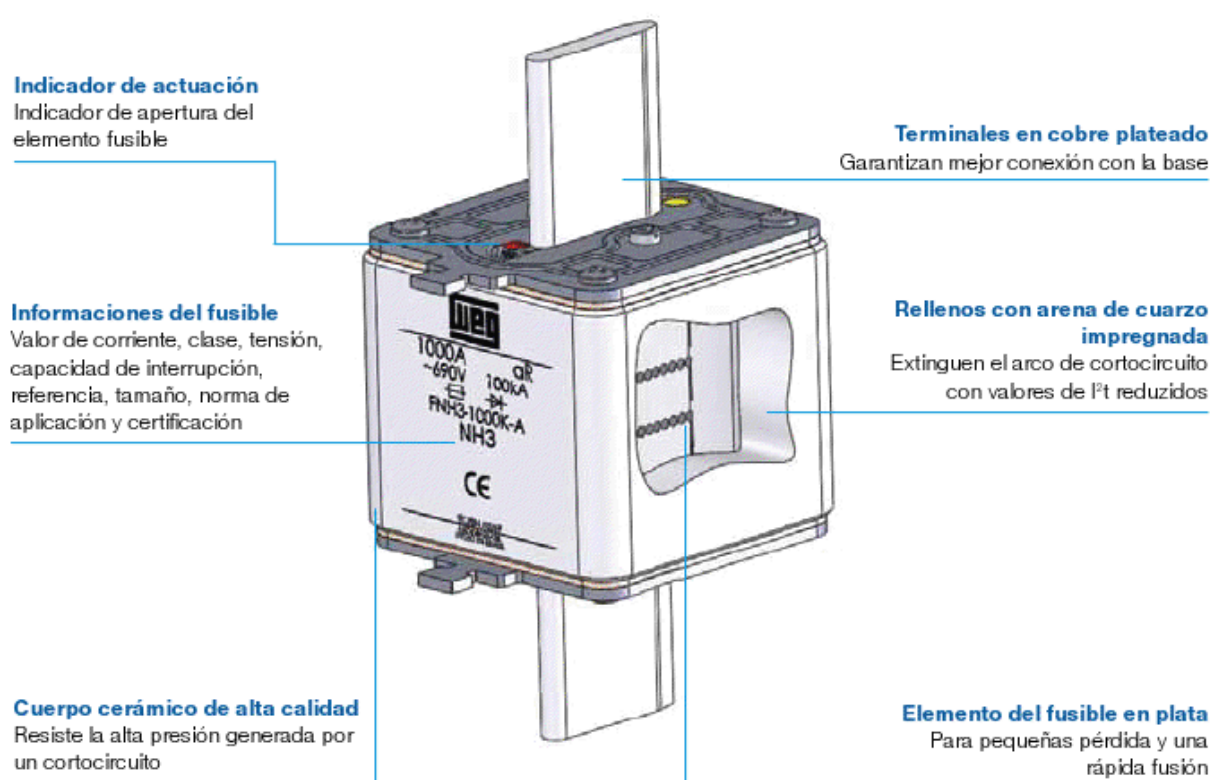


Figura N° 127

La primera señala, la clase de funcionamiento:

A- Fusible de uso parcial

G- Fusible de uso general

¹ Fuente consultada: **Energía y electricidad. Agencia Córdoba Empleo - 2014**

La segunda letra, el objeto a proteger:

G – Protección de cables y conductores

M – Protección de aparatos de maniobras

R – Protección de semiconductores

L – Protección de cable y conductores (según DIN –VDE)

B – Protección de instalaciones mineras

Tr – Protección de transformadores

C – Capacitores

Los fusibles de uso general gL/gG, desconectan con seguridad, tanto por sobrecarga (1.6 In), como por cortocircuito (2.5 In en los rápidos y 8 In en los retardados).

Los cartuchos tipos diazed, con cuerpo de porcelana y parte metálica en bronce pueden tener una tensión asignada desde 400 VAC hasta 750 VAC y de corriente asignada normalizada, de 2-4-6-10-13-16-20-25-32-35-40-50-63-80-100 A.

Mientras que los fusibles NH de uso industrial, según su tamaño es el alcance de la intensidad asignada normalizada.

Fusibles tipo gL/ gG	Tamaño y modelo	Alcance de intensidad asignada.
	NH 000	De 10- 16-20- 25- 32- 35- 40- 50- 63- 80- 100 A
	NH 00	De 80 - 100- 125- 160A
	NH 1	De 35- 40- 50- 63- 80- 100- 125- 160- 200- 224- 250 A
	NH 2	De 50- 63- 80- 100- 125- 160- 200- 224- 250- 300- 315- 355- 400 A
	NH 3	De 200- 224-250- 300- 315- 355- 400- 500- 630 A
	NH 4	De 630- 800- 1000- 1250 ^a

Tabla N° 24

Referencias:

I_B = Corriente de servicio de circuito.

I_n = Corriente de protección del fusible.

I_z = Corriente admisible del cable o de la línea.

I_2 = Corriente de destrucción del fusible.

Para una buena selección del fusible se debe cumplir:

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

Los fusibles gL/gG cumplen:

$$I_2 \leq 1,45 I_n$$

Para la coordinación de fusible con fusible se debe cumplir:

$$I_{nfa} > 1,6 I_{nfp}$$

Aunque lo que se recomienda es:

$$I_{nfa} > 2 I_{nfp}$$

Siendo:

- I_{nfa} = la corriente nominal del fusible antepuesto.
- I_{nfp} = la corriente nominal del fusible pospuesto.

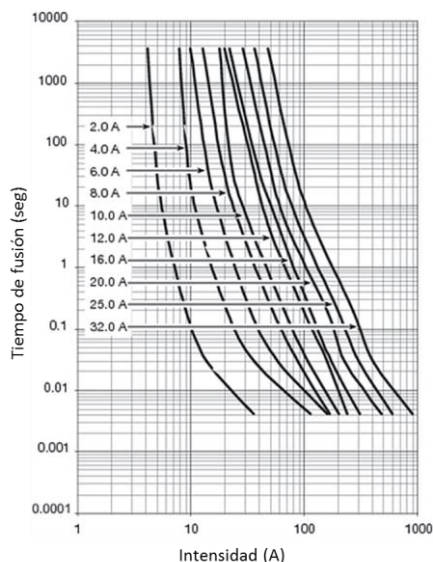
Para la coordinación de fusible antepuesto con interruptor automático pospuesto se debe cumplir con:

$$I_{nf} < 1,2 I_{nfL}$$

Siendo:

- I_{nf} = la corriente nominal del fusible.
- I_{nfL} = la corriente nominal del interruptor automático.

Podemos observar las curvas características tiempo/corriente de los fusibles en el siguiente cuadro:



Fusibles, Diazed y Neozed respectivamente.

Figura Nº 128

Capacidad de ruptura: esta capacidad es la corriente máxima de cortocircuito que puede dominar o manejar el fusible.

La capacidad de ruptura asignada en corriente alterna llega a los 50kA en los fusibles Neozed y Diazed y a 120kA en los NH.

IMPORTANTE:

El fusible no se puede ni se debe reparar.

Por seguridad, se debe maniobrar con la pinza saca fusible.

El fusible debe resistir una hora, una intensidad igual a 1,3 el valor nominal y fundirse en menos de media hora con una intensidad igual a 1,6 veces la de su nominal. La intensidad nominal del fusible será como máximo, igual al valor de la intensidad máxima de servicio del conductor protegido.

3.4-2. Interruptores Automáticos

Los interruptores automáticos denominados por la reglamentación PIA (pequeños interruptores), se utilizan para proteger contra los efectos de sobrecarga y cortocircuito a los cables y conductores que conforman una red de distribución de energía eléctrica. Estos responden a la Norma IEC 60898, que presta especial atención a la aplicación doméstica o

comercial de los PIA y a su operación por personal no idóneo, BA1. Por este motivo, no se permite la regulación de ninguna protección en ellos.

Los circuitos monofásicos se deben proteger con PIA de dos polos, deben cortar neutro y fase por seguridad de las personas. Los circuitos trifásicos con neutro se deben proteger con PIA de 4 polos también por seguridad.



Figura N° 129

Principio de funcionamiento

Los interruptores automáticos poseen dos protecciones conectadas en serie, un disparador térmico bimetálico, que actúa retardado ante sobrecargas, y un disparador magnético (bobina) que reacciona sin retardo ante cortocircuitos.

Poseen una cámara apaga chispas, con la cual se logra una rápida extinción del área. La vida útil en promedio es de 20.000 maniobras, y el poder de ruptura alcanza hasta 15 kA en algunos modelos, los valores más usados son 3kA, 6kA y 10kA.

Se los fabrica con distintas curvas de actuación, según la carga, y esto hace que se distingan por clase, pudiendo ser clase A, clase B, clase C y clase D.

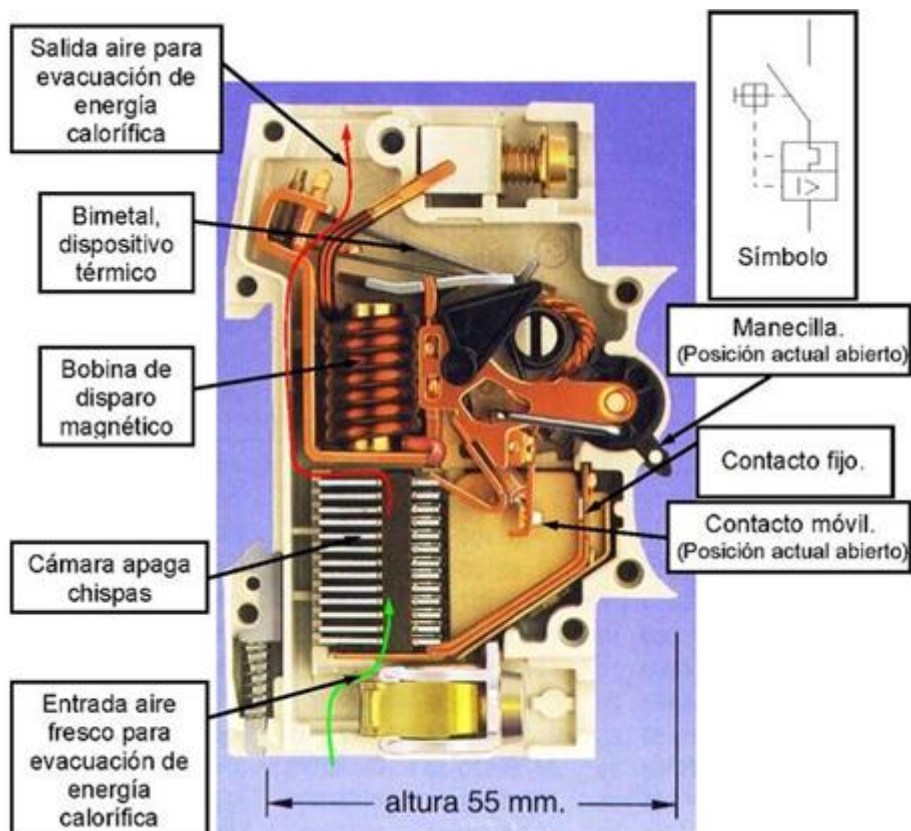


Figura N° 130

La curva tipo A no se encuentra normalizada, solo pertenece a un fabricante.

Comercialmente se consiguen de 1 polo, 2, 3 y cuatro polos. De corriente 6 A, 10 A, 16 A, 20 A, 25 A, 32 A, 40 A, 50 A y 63 A.

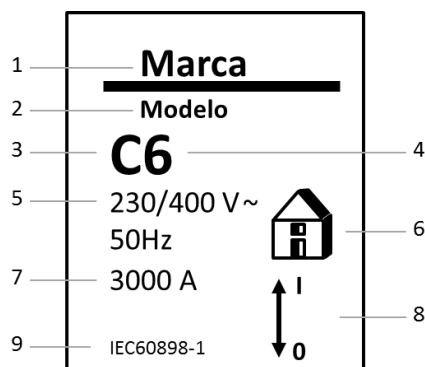


Figura N° 131

Características normativas de un PIA.

- 1- Marca.
- 2 – Modelo.
- 3 - Curva de disparo.

4 – corriente de empleo.

5 – tensión de empleo.

6 – ámbito de aplicación.

7 - Capacidad máxima de cortocircuito.

8- Posición de los contactos.

9 – Número de norma.

A continuación vamos a tratar de interpretar la curva de desconexión recordando que es para el universo de los disyuntores termomagnéticos (todas las marcas).

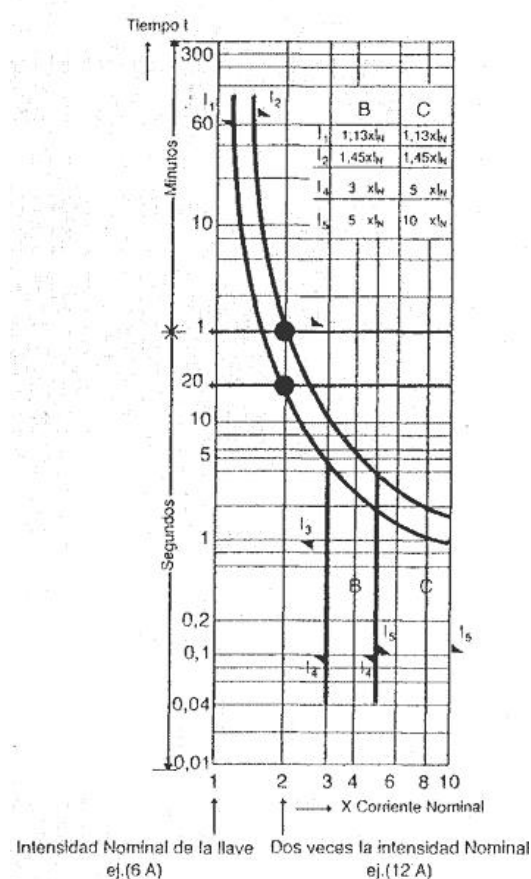


Figura Nº 132

Esto nos está indicando que cuando a la llave de referencia le pase el doble de la intensidad nominal, el tiempo que tarda en actuar, va a estar comprendido entre 20 segundos y 60 segundos como se muestra en el gráfico.

La diferencia entre la llave clase B y clase C, observando los gráficos, la B esta calibrada para que actúe el magnético entre 3 y 5 veces la intensidad nominal. En cambio, la clase C esta calibrada entre 5 y 10 veces la intensidad nominal.

Por lo tanto, la llave de clase B no puede utilizarse en la industria, ya que el arranque de los motores la haría actuar.

La clase B solamente se utiliza en instalaciones con cargas resistivas.

A continuación se presentan las distintas curvas de desconexión (A, B, C, y D)

Curva característica de desconexión A.

Para protección limitada de semiconductores.

Para protección de circuitos de medición con transformadores.

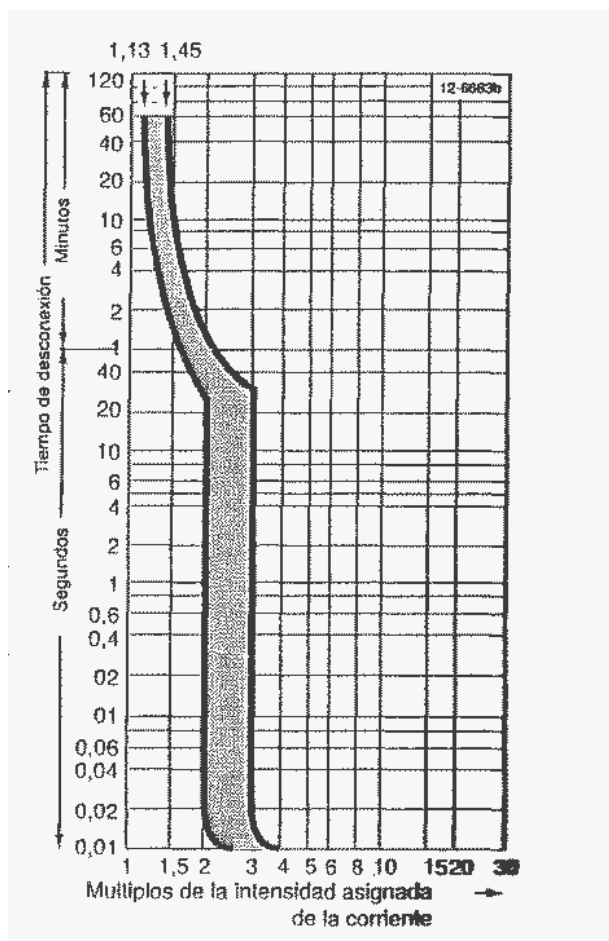
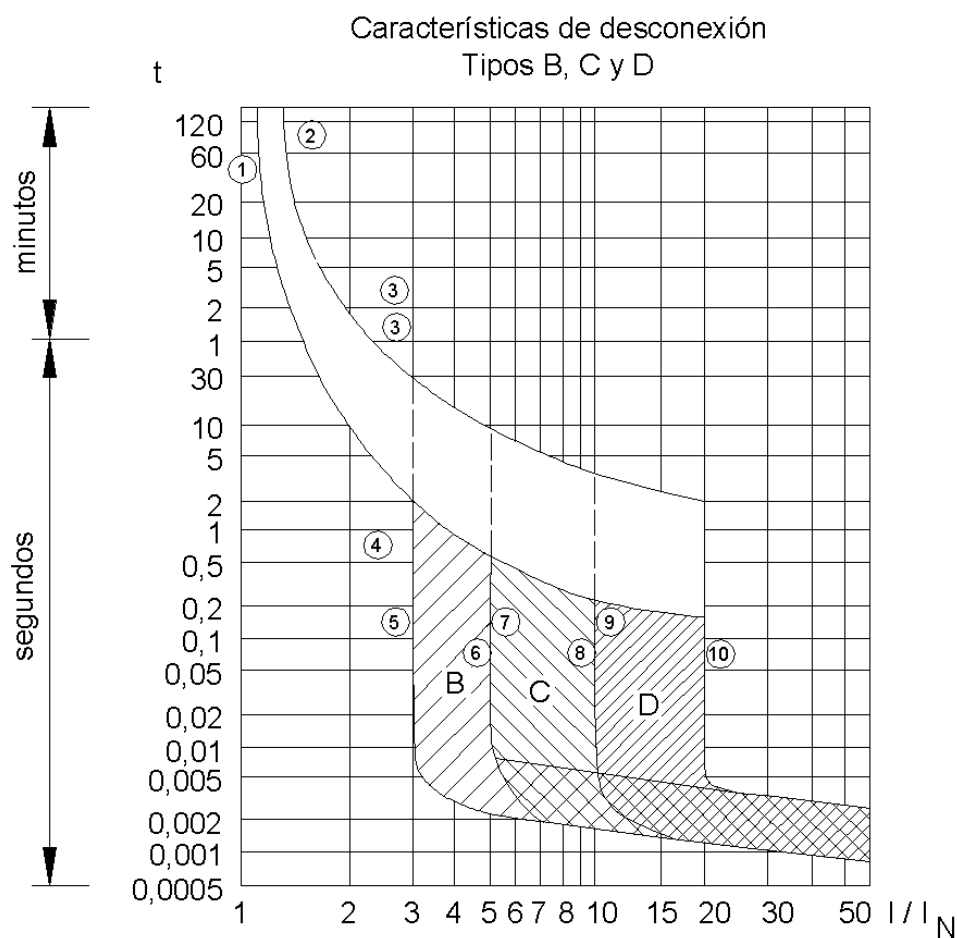


Figura Nº 133

Para protección de circuitos con conductores largos y el requerimiento de desconectar en 0,4 según la norma DIN VDE 0100, parte 410.

El magnético actúa para un valor de corriente de 2 o 3 veces lo nominal.



Curva de Desconexión B: para protección de conductores, en especial, en instalaciones eléctricas de viviendas, sin que se requiera ninguna comprobación de la protección de personas. El magnético actúa para un valor de corriente de 3 a 5 veces la nominal.

Curva de Desconexión C: para protección de conductores, ventajoso para dominar elevadas intensidades iniciales de la corriente de arranque, por ejemplo, lámparas y motores. El magnético actúa para un valor de corriente de 5 a 10 veces lo nominal.

Curva de Desconexión D: campo de aplicación adaptado a elementos de servicio que generan fuertes impulsos de la corriente, por ejemplo, transformadores, electroválvulas, condensadores, etc. el magnético actúa para un valor de corriente de 10 a 20 nominal.

Para una buena selección del interruptor automático se debe cumplir:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \text{ y además } I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

Donde,

- I_B = Corriente de servicio, es la intensidad de la corriente determinada por la carga en funcionamiento normal.
- I_n = Corriente asignada, es la intensidad de la corriente para la que se diseñó el interruptor automático.
- I_Z = Corriente admisible, es la intensidad de la corriente de carga permanente de un conductor sin que se exceda la temperatura límite de aislamiento.
- $1,45 I_Z$ = Corriente de sobrecarga máxima, con limitación de tiempo para la cual, el sobrepasar momentáneamente la temperatura límite permanente, no origine reducción de las propiedades de aislamiento.
- I_2 = Corriente para la cual se produce la desconexión antes de una hora. Los interruptores termomagnéticos tienen sus características de disparo térmico por sobrecarga ajustada a $I_2 = 1,45 \cdot I_n$.

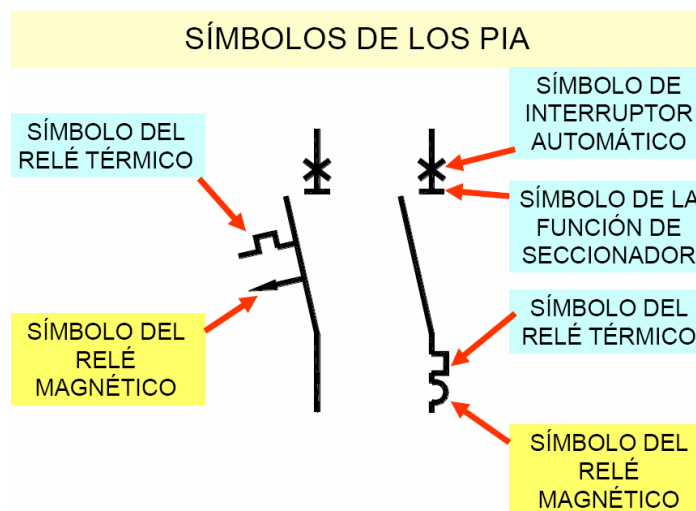


Figura N° 135

Selectividad: significa que en caso de una falla sólo reaccionará el elemento de protección más cercano, en el sentido de la corriente, al punto de anomalía. De esta manera los demás circuitos conectados en paralelo seguirán administrando energía.

En resumen, en el esquema de la figura 120, ante una falla en el circuito 4 actuará el interruptor Q6 permaneciendo en servicio los interruptores Q1 y Q3 suministrando así energía a los circuitos 1,2, 3, y 5.

Para la coordinación de interruptores automáticos se debe cumplir con: $I_{na} > 2 I_{np}$

Siendo:

- I_{na} = la corriente nominal del interruptor antepuesto.
- I_{np} = la corriente nominal del interruptor pospuesto.

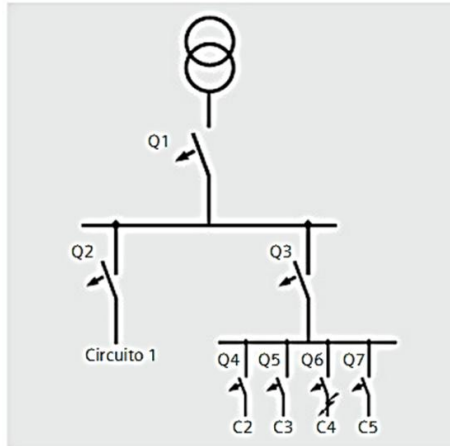


Figura N° 136

3.4-3. Interruptor Diferencial

Los interruptores diferenciales destinados a proteger la vida de las personas, están diseñados para funcionar automáticamente cuando la corriente de fuga excede de 30mA y en un tiempo menor de 0,200 segundos, es decir menor a 300 milisegundos:

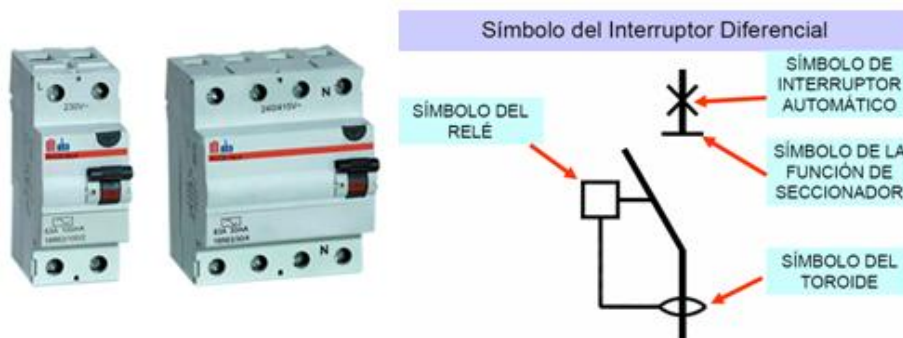


Figura n° 137

Estos no poseen ningún tipo de protección contra sobrecargas o cortocircuitos entre fase y neutro o entre fases (interruptor tetrapolar)

Sirven para detectar las corrientes de defectos a tierra, que eventualmente pudieron producirse en algún punto de la instalación cortando automáticamente, dentro del tiempo compatible con la seguridad humana.

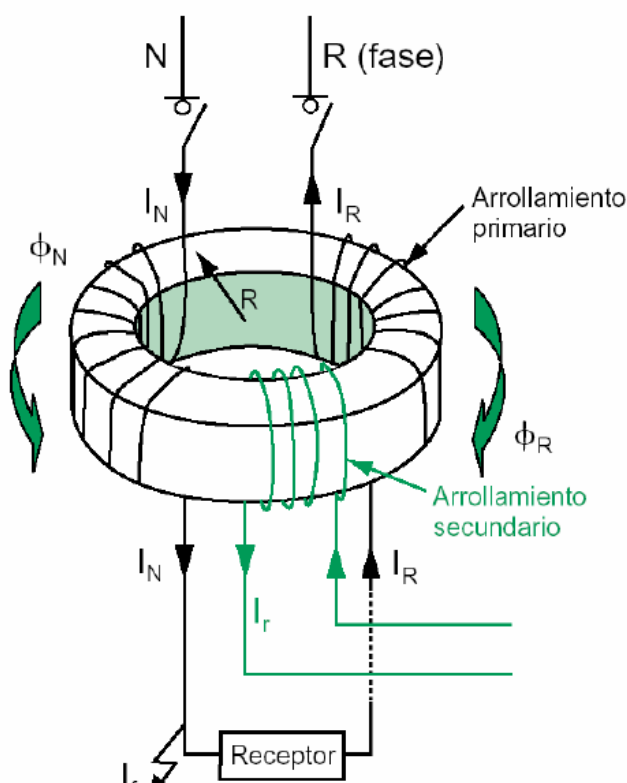


Figura N° 138

El diferencial monofásico consta de un toroide (conductor magnético) que tiene dos bobinas por las cuales circula la corriente de fase (entra) y la del neutro (retorno) y una tercera bobina detectora conectada al disparador. Si la corriente que entra por la fase es igual a la que regresa por el neutro, la diferencia de los valores iguales es cero, por lo que la bobina detectora no manda la orden de disparo, ya que la tensión inducida en la misma es cero, debido a que el campo magnético del toroide es cero.

Si por el contrario la corriente que circula por las bobinas de fase neutra tienen una diferencia de 30mA (corriente que luego va a tierra), esta diferencia genera un campo magnético dentro del toroide que induce una tensión en la bobina detectora que produce el disparo del interruptor diferencial...

Esta diferencia de corriente ocurre cuando una persona toca el conductor vivo (contacto directo), cuando toca un artefacto cuyo aislamiento está defectuoso (contacto indirecto) o por una pérdida en la instalación.

Esquema de principio de funcionamiento.

Protección adicional en contacto directo de partes activas.

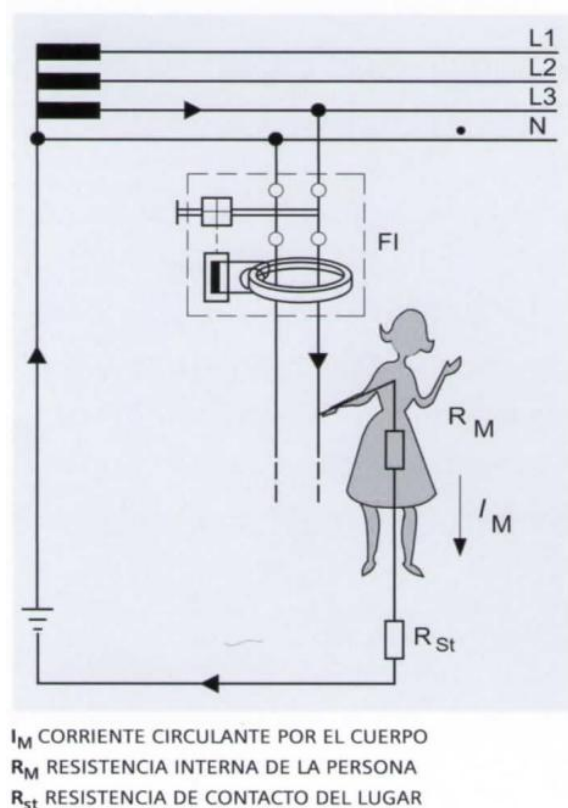


Figura Nº 139

Los diferenciales tetrapolares son similares a los monofásicos con la única diferencia que el toroide posee 5 bobinas (3 de fases+ 1 neutro y bobina detectora). En condiciones normales la suma vectorial de las corrientes de las tres fases es igual y opuesta a la corriente que circula por el neutro, por lo que la suma vectorial en el campo magnético del toroide es cero, en la bobina detectora no hay tensión y no se produce el disparo.

Cuando por una fuga a tierra esta suma vectorial tiene un valor igual o superior a 30 mA el campo magnético generado por el toroide induce una tensión detectora que dispara el interruptor diferencial tetrapolar.

Para comprobar el funcionamiento del interruptor diferencial, el mismo con un botón de prueba que simula una falla de 30 mA comprobando todo el mecanismo. El botón de prueba deberá ser accionado periódicamente, por Ej. Cada dos o tres meses.

Con el pulsador de prueba solo se verifica el funcionamiento mecánico pero no la I_{dn} ni el tiempo de disparo.

Sensibilidad: Interrumpen automáticamente un circuito en caso de defecto de aislamiento entre conductores activos y tierra, igual o superior a 10 mA (personas en piscinas), 30 mA (personas con piel seca), 100 mA a 300 mA máquinas industriales (como ascensores, compresores, etc.) 1.000 mA a 3.000 mA en tableros principales.

Cuando hay varios tableros en cascada se debe coordinar la sensibilidad de los diferenciales.

No tiene capacidad de seccionamiento, por lo tanto no reemplazan a un PIA o fusible. El valor de intensidad de corriente nominal del diferencial debe ser superior al del PIA.

Por ej. Si tenemos un circuito con un PIA de 20 A nominales, el diferencial elegido debe ser de 25 A de I_n y 30 mA de I_{dn} .

Eliminar o anular el interruptor diferencial es violatorio a la reglamentación de la AEA.

Tipo de corriente

Los interruptores diferenciales habituales o standards tipo AC están diseñados para funcionar únicamente con corriente alterna.

Clases de interruptores diferenciales

CLASE AC: Son los dispositivos standards y los más habitualmente utilizados.

CLASE A: Se diferencia de los AC en que utilizan un toroide mejorado e incluye un bloque electrónico de detección de corriente rectificado o pulsante, esto lo hace apto para disparar tanto con corriente de defecto alternas senosoidales como con corriente pulsantes.

Este tipo de corriente lo producen los aparatos electrodomésticos o industriales con componentes electrónicos, en caso de fallas de aislamiento de dichos aparatos.

CLASE A SUPERINMUNIZADOS: Se diferencian de la clase A standards en que poseen aún, más mejorado y un bloque de filtrado electrónico muy enriquecido.

El filtrado electrónico se realiza para evitar:

a) Disparos intespectivos en redes BT.

En redes de alto contenido de armónicos y debido a las corrientes de fugas capacitivas permanentes (alta frecuencia) que estos armónicos producen en toda la res, se producen disparos intempestivos en los diferenciales tipo estándar clase AC. La alternación o filtrado de estas frecuencias superiores a los 50 Hz pero menores a 1 KHz hacen que el diferencial no se dispare.

b) Riesgo de no disparo o cegado del diferencial.

Otro problema que trae aparejado las armónicas de alta frecuencia es que bloquean al relé de disparo, ya que la fuerza magnética creada por esta corriente de alta frecuencia varía de sentido con una rapidez tan alta que el mecanismo de disparo no la puede seguir debido a su propia inercia mecánica e histéresis magnética, quedando entonces pegada la paleta. De esta forma el equipo no puede responder ante defectos de alta frecuencia y tampoco a fallas simultáneas de corriente de 50 Hz que son peligrosas. Al colocarse el filtro de altas frecuencias se evita que estas lleguen al mecanismo de disparo.

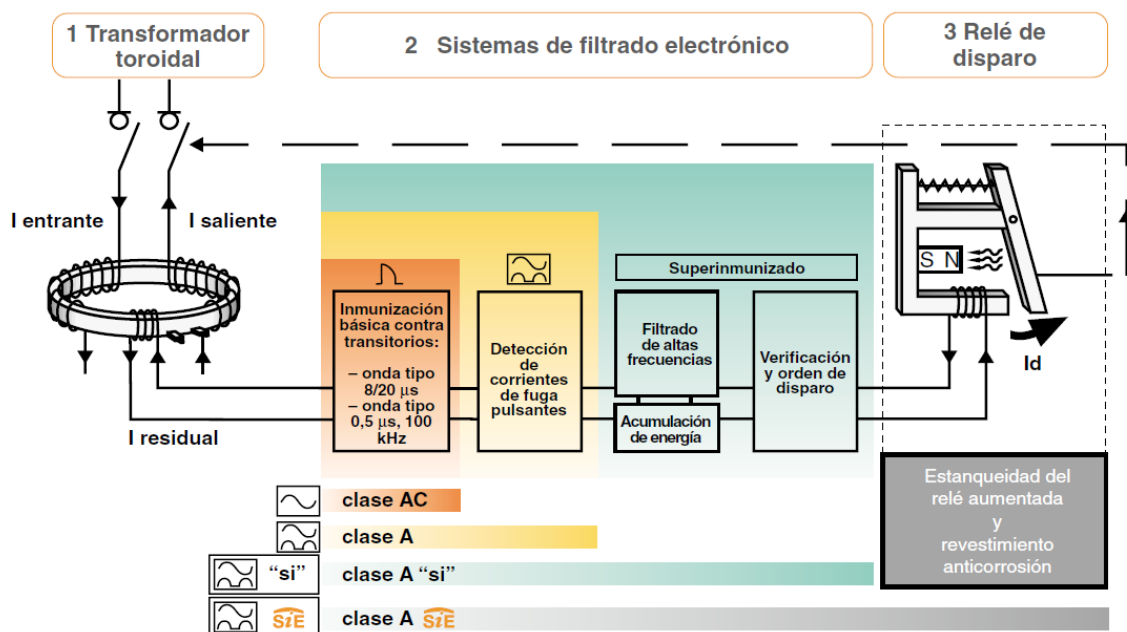


Figura N° 140

Poder de Corte

Las corrientes de defecto son bajas y en ocasiones pueden alcanzar valores de corriente de corto circuito, Por ejemplo cuando una fase es conectada directamente a tierra. Por ello a

pesar que el interruptor diferencial no es un interruptor de potencia propiamente dicho y no posee capacidad de ruptura, debe tener el poder de corte suficiente como para poder interrumpir dicha corriente. El poder de corte de los interruptores diferenciales es de 800 A.

Selectividad

Normalmente, los interruptores diferenciales tienen unas características de desconexión instantáneas. Esto significa que los interruptores diferenciales no pueden conectarse en serie para conseguir la desconexión selectiva en el caso de corriente de fallas.

Pautas a tener en cuenta:

- No se puede prescindir de la puesta a tierra de los aparatos, ya que es una protección complementaria a la del interruptor diferencial. De esta manera el interruptor desconectará a la carga antes que alguna persona sufra la desagradable experiencia de recibir la descarga.
- El interruptor diferencial puede ser utilizado en circuito alterno de 110 V.
- En circuitos con alto contenido de armónicas usar interruptores diferenciales súper inmunizados.

Interruptor diferencial electrónico: no permitido su uso para protección de las personas con una sensibilidad de 30 mA o menor, debido a alguna o varias de las siguientes causas:

- Cuando se corta el neutro deja pasar la fase
- Con baja tensión no actúa y puede pasar fase y neutro

3.4-4. Protectores de Sobretensión

Los protectores de sobretensión protegen a las instalaciones contra las sobretensiones transitorias originadas por rayos o por maniobras o defecto en las líneas de distribución.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones se basan en un varistor (resistencia variable en función de la tensión aplicada) conectado entre cada fase, neutro y tierra. Cuando se produce una sobretensión, el varistor reduce su resistencia interna y desvía la sobretensión a tierra. Posteriormente vuelve a su estado normal de funcionamiento, donde su resistencia es muy alta. Si el protector ha sufrido una sobrecarga superior a la que puede

soportar, es posible que salga de servicio e indica su cambio de estado con algún indicador luminoso, por lo cual debe ser reemplazado.

El valor de tensión de trabajo se lo elije como mínimo un 40% de la tensión de fase. Comercialmente viene bipolares y tetrapolares. De valor de tensión de trabajo 275 VAC, 300 VAC, 420 VAC, etc.

Se debe instalar un protector por tablero y debe estar protegido por un PIA. Se recomienda instalarlo aguas arriba del interruptor diferencial.

Protegen en modo común (polos respecto a tierra) y en modo diferencial (entre fases, y fase y neutro). Para su correcto funcionamiento requiere de una buena puesta a tierra.

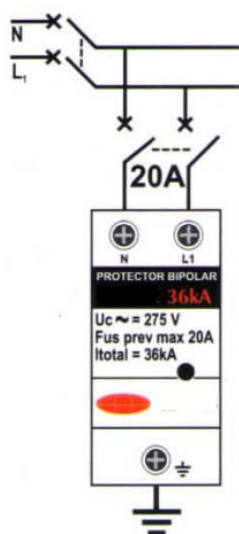


Figura Nº 141

Los valores comerciales de 2 polos y 4 polos de DD instantáneos son: 25 A, 40 A y 63 A.

3.4-5. Puesta a Tierra

“Conjunto de elementos, unidos eléctricamente a la masa de tierra, con la finalidad de proteger personas, animales y bienes de los efectos dañinos de la corriente eléctrica, o de fijar un potencial de referencia o de conducir a tierra las corrientes de rayos u otras descargas eléctricas atmosféricas”. IRAM 2281-1 1996

La puesta a tierra de una instalación comprende toda unión conductora ejecutada en forma directa, sin fusible ni protección alguna, y de sección suficiente entre las partes metálicas no

activas de la instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el terreno, con el fin de permitir el paso de corrientes de falla o descargas atmosféricas, evitando así tensiones peligrosas entre la instalación y superficies próximas del terreno.

Puesta a tierra de protección: es la puesta a tierra de uno o más puntos de una red, de una instalación o de un equipo o material por razones de seguridad eléctrica. Es decir consiste en la puesta a tierra de elementos conductores que no pertenecen a la instalación eléctrica. Brinda la protección necesaria contra los contactos indirectos (permite derivar las corrientes de falla peligrosas para personas y/o mascotas).

Puesta a tierra de servicio o funcional: es la puesta a tierra de uno o más puntos de una red, de una instalación o de un equipo o material por razones *distintas* a las de seguridad eléctrica. Sirve para mantener el potencial de tierra de los circuitos de alimentación, como los centros de estrella de transformadores y generadores.

Puesta a tierra de referencia: es la destinada a brindar un potencial constante, el que puede emplearse para tener una referencia a tierra de algunos equipos garantizando así su funcionamiento correcto y seguro.

Puesta a tierra de pararrayos: es la encargada de llevar a tierra sobre las tensiones producidas por las descargas atmosféricas sobre los descargadores y los pararrayos.

Electrodos de puesta a tierra: Los electrodos de puesta a tierra o dispersores estarán constituidos por lanzas o jabalinas, flejes, cables o alambre de cobre, acero plaqueado con cobre con una sección eléctricamente equivalente a por lo menos 1,5 veces la sección del conductor de conexión a tierra. Se instalarán en el suelo desde una profundidad de 0,50 m y por lo menos a 1 m de distancia del poste y se deberán colocar preferentemente en dirección de la línea. Los dispersores de puesta a tierra independientes deberán estar separados entre, sí por 6 m como mínimo.

Función:

- ✓ Derivar a tierra las corrientes de cualquier naturaleza que se pueden originar, ya sea debidas a descargas atmosféricas (corrientes de alta frecuencia, puesta a tierra de pararrayos) o se trate de corrientes de falla por contacto accidental con conductores de mayor tensión (corrientes de defecto a frecuencia industrial, puesta a tierra de referencia).

- ✓ Limitar la tensión ante condiciones de operación normales, de manera que cualquier equipo conectado al sistema, sólo esté sujeto a un cierto nivel de tensión relativo a tierra.
- ✓ Facilitar la operación de los dispositivos de protección, tales como fusibles, interruptores automáticos, con actuación termomagnética o electrónica, interruptores diferenciales o similares cuando hay un defecto simple que derive corriente a tierra, puesta a tierra de protección.

OBJETIVOS

El objetivo es lograr una resistencia de puesta a tierra adecuada al uso de la instalación y que esté por debajo del valor normativo (40 Ohm).

- ✓ Limitar las diferencias de potencial que en un momento dado pueden presentarse entre las partes metálicas no activas y tierra.
- ✓ Limitar las sobretensiones internas que pueden aparecer en la red eléctrica en determinadas condiciones de servicio.
- ✓ Limitar las tensiones de paso en instalaciones de tensión superior a 1 kV.

Está formada por un electrodo o varios, un toma cable, y una tapa de inspección.



Figura N° 142

Tipos de Electrodo Utilizables:

a) Conductores

- Colocados horizontalmente
- Colocación en anillo
- Colocación radial

b) Jabalina

- Jabalina sencilla, de acero recubierta de cobre de 1500 mm hasta 3000mm de longitud y de 14 o 19 mm de diámetro
- Jabalinas acopladas, mediante manguitos de empalme para conseguir mayor profundidad.

c) Placas

Placas cuadradas o rectangulares de cobre o acero galvanizado enterradas verticalmente de superficie mayor a 0,5 m²

- ### **d) Jabalinas electroquímicas,**
- la ventaja de este sistema de electrodos dinámicos permite llevar la resistencia de tierra a valores muy bajos. A esto debe sumársele la estabilidad (sin control alguno pueden garantizar su valor de resistencia hasta dos años)

El valor de puesta a tierra solicitado por la reglamentación de la AEA es máximo 40 Ohm, dependiendo de la resistividad del suelo se puede lograr ese valor de resistencia de puesta a tierra con una o varias jabalinas como se indica en la figura.

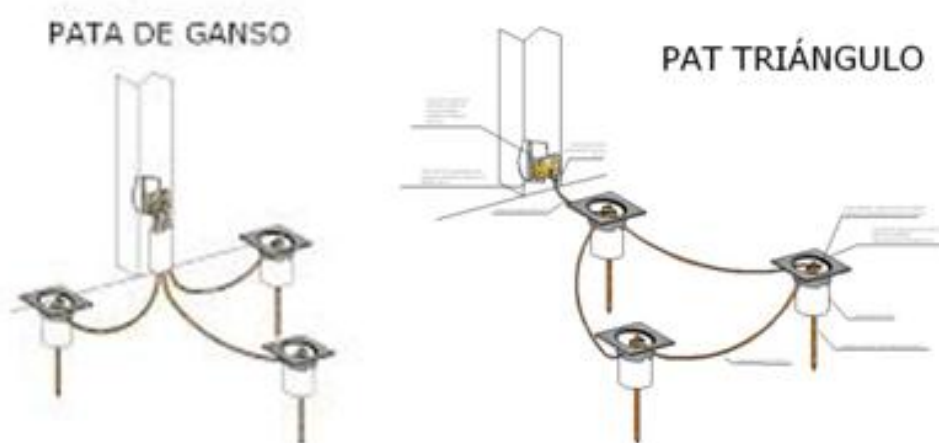


Figura N° 143

LISAS (O STANDARD) L			ACOPLABLES (O SECCIONALES) A		
Denom.	Diámetro Nominal en mm.	Largo en mm.	Denom.	Diámetro Nominal en mm.	Largo en mm.
L1010-250	9	1000			
L1015-250	(3/8")	1500			
L1020-250		2000			
L1410-250		1000			
L1415-250		1500	A1415-250	12,60	1500
L1420-250	12,60	2000		(1/2")	
L1425-250	(1/2")	2500	A1430-250		3000
L1430-250		3000			
L1610-250		1000			
L1615-250	14,60	1500	A1615-250	14,60	1500
L1620-250	(5/8")	2000		(5/8")	
L1625-250		2500	A1630-250		3000
L1630-250		3000			
L1810-250		1000			
L1815-250		1500			1500
L1820-250	16,20	2000	A1815-250	16,20	
L1825-250	(3/4")	2500		(3/4")	
L1830-250		3000	A1830-250		3000
L1835-250		3500			

Tabla N° 25

3.5. El Contactor

Es el aparato de maniobra más utilizado en la industria. Es un aparato de maniobras que permite el arranque en directo de motores asíncronos trifásicos soportando una corriente de arranque varias veces mayor a la asignada (7,2 veces mayor).

El contactor electromagnético es un aparato de conexión comandado por una bobina que al ser excitada el contactor cierra estableciendo por medio de los polos (contactos) el circuito entre la red de alimentación y el receptor, es decir, no es más que un interruptor de varios polos accionado por la corriente que pasa por una bobina que acciona el electroimán y este al interruptor.

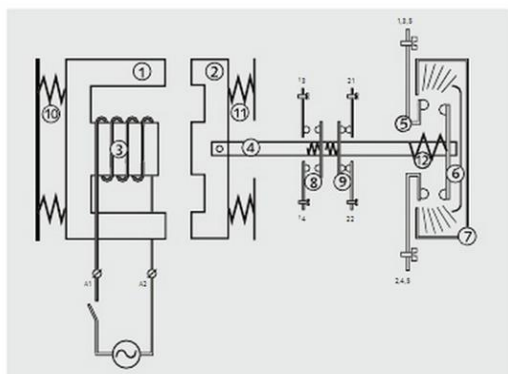


Figura N° 144

Funcionamiento de un contactor.

1. Pieza fija del núcleo.
2. Pieza móvil del núcleo.
3. Bobina de accionamiento.
4. Portacontactos.
5. Contacto principal fijo.
6. Contacto principal móvil.
7. Cámara apagachispas.
8. Contacto auxiliar NA.
9. Contacto auxiliar NC.
- 10, 11 y 12. Resortes.

Los contactos de maniobra se llaman contactos principales y realizan las tareas de cierre o apertura del circuito, son de ruptura doble porque interrumpen el arco en dos lugares, son normalmente abierto y el material usado en su construcción son de aleaciones de plata muy especiales.

Los contactos hasta 25 A de corriente (11 KW = 15 HP) no requieren cámara apagachispa. Para corrientes mayores es difícil manejar el arco de desconexión y por eso, para apoyar la función de los contactos principales, los contactos tienen una cámara apagachispa, tanto más compleja cuanto mayor sea el contactor.

El electroimán consta de dos partes, el paquete magnético o núcleo (parte móvil y parte fija) y la bobina. En la parte móvil del núcleo está montado el portacontacto en el cual está una parte de los contactos.

En el momento que se alimenta la bobina la parte móvil del núcleo es atraída hacia la parte fija, y por lo tanto se cierran. Al interrumpirse la corriente por la bobina, la fuerza de atracción desaparece y los resortes abren la parte móvil de la parte fija del núcleo, y por ende se abren los contactos.

Otro elemento constitutivo del contactor son los contactos auxiliares que también sujetan al portacontacto, se mueven cuando la bobina del contacto es activada. Como su nombre lo indica no sirven para maniobrar al motor sino para cumplir funciones en el circuito de comando.

Estos pueden ser NA y NC y pueden estar incorporados al contactor o agregárselos en bloques de uno, dos o cuatro auxiliares combinados.

La tensión de la bobina se debe elegir según la tensión disponible en el montaje.

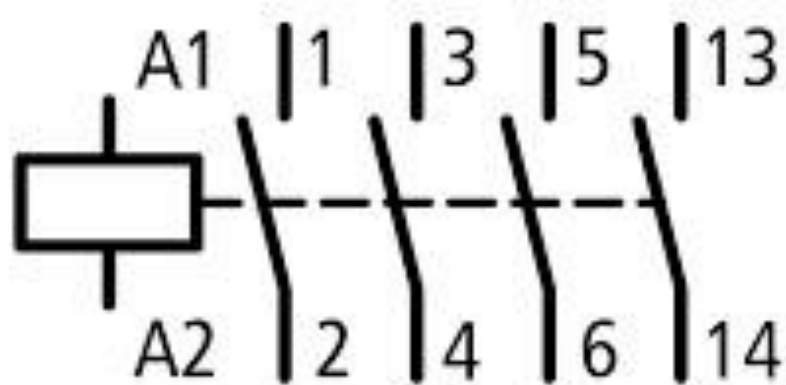
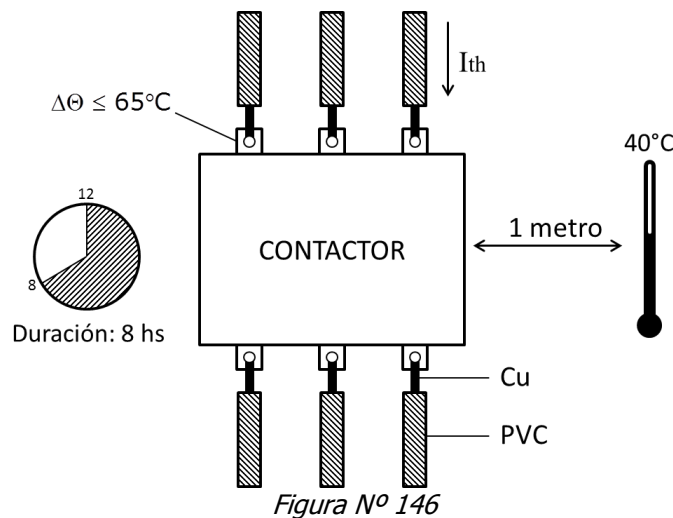


Figura N° 145

Características Técnicas de los Contactores

Las características técnicas que definen a un contactor son las siguientes:

Corriente convencional térmica I_{th} : Esta es el valor máximo de corriente definida por el fabricante que resulta de un ensayo de calentamiento de 8 horas, donde la elaboración de la temperatura de los diferentes componentes del aparato no sobrepasa el límite definido por la norma que es de $\Delta\theta \leq 65^\circ\text{C}$ partiendo de la temperatura ambiente de 40°C , es decir no debe pasar los 105°C , superado este valor se ocasionan daños a los aislantes del conductor.



Poder de cierre P_{ci} : Es el máximo valor de corriente que puede establecerse en el contactor en forma satisfactoria sin riesgo de soldadura de sus contactos.

Este valor depende de la categoría del contactor, para el caso más común de las categorías AC3, el valor que establece la norma es:

$$P_{ci}/10 \geq I_e \quad \text{o} \quad P_{ci} \geq 10 \cdot I_e$$

Siendo I_e = corriente de empleo de trabajo.

Esto nos dice que la corriente de cierre de un contactor debe ser igual o mayor a 10 veces a la de trabajo, un contactor de 25A debe tener una corriente de cierre de 250A.

Poder de corte P_{co} : Es el máximo valor de corriente que el contactor puede interrumpir en forma satisfactoria para una tensión de empleo dada sin emisión excesiva de llamas al exterior, sin riesgo de soldaduras de los contactos y del material aislante de la cámara de corte.

La norma IEC 947 establece para contactores de categoría AC3 el poder de corte debe ser:

$$P_{co}/8 \geq I_e \text{ o } P_{co} \geq 8.I_e$$

Esto nos dice que la corriente de corte debe ser mayor o igual a 8 veces la corriente de empleo. Ejemplo: si el contactor es de 16 A, la corriente de corte debe ser igual o mayor a 128 A.

Tensión de empleo U_e : es la tensión máxima asignada por el constructor para la cual puede ser utilizada. Esta depende de la distancia entre contactos y de las dimensiones de la cámara de corte del contactor.

Tensión de aislamiento U_i : es una tensión de referencia para ensayos dieléctricos. El valor de esta no debe ser menores a la tensión de empleo.

Durabilidad mecánica: es el número de ciclos de maniobras (cierre y apertura) que puede realizar al contactor sin corriente en los polos y con la bobina de comando alimentada a tensión nominal.

Durabilidad eléctrica: es el número de ciclos de maniobras en carga, que los polos o contactos y del contactor pueden realizar.

Categoría de empleo: La categoría de un contactor determina a qué tipo de aplicación puede utilizarse dicho contactor:

AC_1 Cargas no inductivas, hornos a resistencia

AC_2 Motores de rotor bobinado

AC_3 Motores a jaula de ardilla

AC_5 Maniobras de lámparas incandescentes

AC_6 Maniobra de bancos de capacitares

DC_3 Motores de corriente continua

Corriente de empleo I_e : es la máxima corriente a la que puede operar un contactor y está definida por la tensión nominal de empleo, la categoría de empleo, temperatura ambiente, etc.



LC1-D09



LC1-D25

Contactores tripolares con conexión mediante bornes a tornillo											Peso
Potencias normalizadas de los motores trifásicos 50/60 Hz en categoría AC-3 (q ≤ 60 °C)			Corriente asignada de empleo en AC-3 440 V hasta A	Contactos auxiliares instantáneos	Referencia básica para completar con el código de la tensión (1)				Tensiones habituales	kg	
380V	400V	690V			Fijación (2)		~	■			BC(3)
kW	kW	kW									
4	4	5,5	9	1	1	LC1-D09●●	M7	F7	BD	BL	0,320
5,5	5,5	7,5	12	1	1	LC1-D12●●	M7	F7	BD	BL	0,325
7,5	9	10	18	1	1	LC1-D18●●	M7	F7	BD	BL	0,330
11	11	15	25	1	1	LC1-D25●●	M7	F7	BD	BL	0,370
15	15	18,5	32	1	1	LC1-D32●●	M7	F7	BD	BL	0,375
18,5	18,5	18,5	38	1	1	LC1-D38●●	M7	F7	BD	BL	0,380
18,5	22	30	40	1	1	LC1-D40●●	M7	F7	BD	—	1,400
22	30	33	50	1	1	LC1-D50●●	M7	F7	BD	—	1,400
30	37	37	65	1	1	LC1-D65●●	M7	F7	BD	—	1,400
37	45	45	80	1	1	LC1-D80●●	M7	F7	BD	—	1,590
45	45	45	95	1	1	LC1-D95●●	M7	F7	BD	—	1,610
55	59	80	115	1	1	LC1-D115●●	M7	F7	BD	—	2,500
75	80	100	150	1	1	LC1-D150●●	M7	F7	BD	—	2,500

Tabla Nº 26

3.6. Protección Contra Sobrecargas

Un motor está en sobrecarga cuando la corriente que la circula es mayor que el valor nominal de su corriente.

El daño que puede producir está ligado al valor de la corriente de más que circula y al tiempo de duración de dicho evento.

Para evitar daños debe colocarse un dispositivo de protección que determina la sobrecarga y automáticamente abra el circuito de alimentación.

El aparato de protección debe tener características técnicas que a continuación detallamos.

Relé de Sobrecarga

El relé de sobrecarga es el encargado de proteger al motor ya que él mida la corriente que el motor toma de la red.

Si la corriente del motor sobrepasa a valores admitidos, el relé de sobrecarga acciona en contacto auxiliar (abre) y desconecta la bobina del contactor, interrumpiendo éste la corriente del motor.

El sistema de detección o mediciones puede ser térmico, basado en bimetálicos o electrónicos.

El relé de sobrecarga tiene el inconveniente de no proteger al motor cuando la temperatura del mismo es por causas ajenas a la corriente que toma, por ejemplo falta de agua en bombas sumergidas, ya que ésta es la encargada de refrigerarla.

El relé de sobrecarga térmica, por cada polo o fase existen dos láminas metálicas yuxtapuestas denominadas bimetálicas sobre las cuales se arrolla el calefactor por el cual pasa la corriente que circula por el motor. Al ser de distintos materiales, cuando se eleva la temperatura se deforman de distinta manera provocando que se flexione el conjunto. Aprovechándose esa deflexión para producir el disparo del relé.

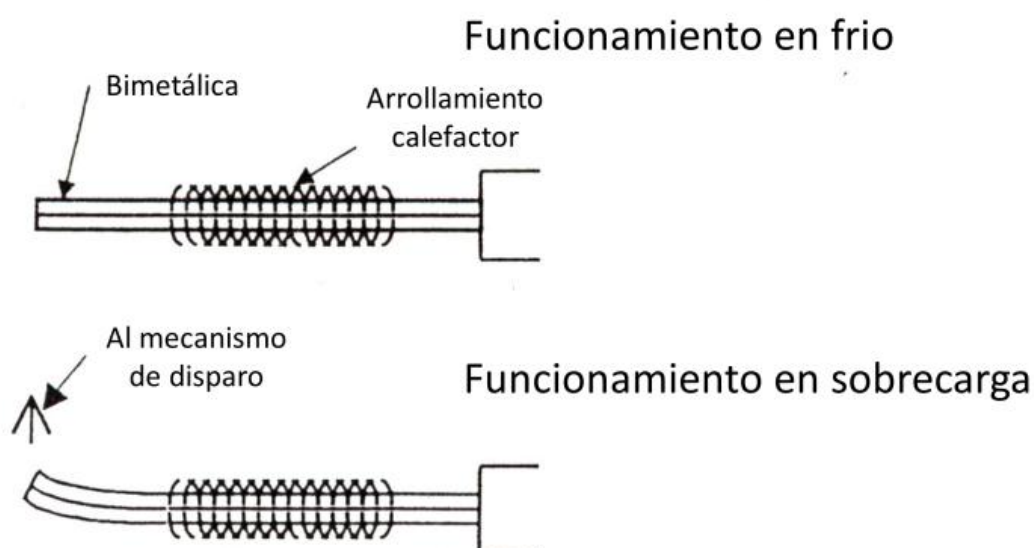
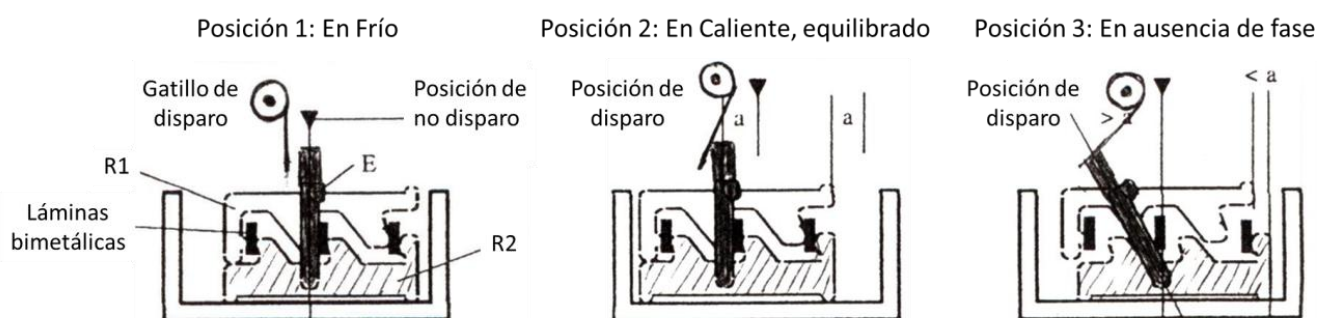


Figura N° 147

El sistema de disparo consiste en dos reglitas R1 y R2 móviles que apoyan a ambos lados de los bimetálicos. Una leva E pivotea en la reglita R1 y a través de una perforación que posee la reglita R2 la arrastra con una saliente que entra en dicha perforación. Esta leva es la encargada de disparar el dispositivo.

Cuando las corrientes de las tres fases no sobrepasan el valor normal las reglas no se



mueven y el dispositivo no dispara. Fig1.

Figura N° 148

Cuando las corrientes de las fases sobrepasan el valor normal, las reglitas son desplazadas por los bimetalicos produciéndose el disparo del dispositivo. Fig2.

Si se presenta una falta de una fase del motor aumentará la corriente en las dos fases que poseen alimentación. El bimetalico correspondiente a la fase que falta permanece fría y fija tratando la reglita 2 que permanece fija, mientras que los bimetalicos de las dos restantes fases se calentarán desplazando la reglita 2 arrastrando la leva E que producirá el disparo del dispositivo.

Para compensar la temperatura ambiente que puede variar entre -20°C a $+60^{\circ}\text{C}$ los relé de sobrecarga disponen de un bimetalico adicional compensador que evita que los bimetalicos anteriormente descriptos deflecten entre ambas temperaturas.

El relé debe ajustarse al valor real de consuma que toma el motor que no siempre coincide con la indicación de la placa de característica del motor.

Clase de disparo: se llama clase de disparo al tiempo que tarda en segundos, en actuar un relé de sobrecargas por el que circula una corriente 7,2 veces mayor que el valor gustado.

Clase 10 significa que el relé tardará hasta diez segundos en actuar con una corriente 7,2 veces mayor a su valor ajustado, es decir permite que el motor tarde 10 segundos en arrancar, es lo que se conoce como arranque normal.

Los relé de sobrecarga pueden ser de clase 5 – 10 – 15 – 20 – 25 – 30

TIEMPO DE DISPARO. NORMA 947-4

CLASE	1,05 Ir	1,2 Ir	1,5 Ir	7,2 Ir
10	> 2 h	< 2 h	< 2 min	4 <Tp≤ 10 s
20	> 2 h	< 2 h	< 8 min	6 <Tp≤ 20 s
30	> 2 h	< 2 h	< 12 min	9 <Tp≤ 30 s

Tabla Nº 27

Contactos Auxiliares

Los relé de sobrecarga disponen de dos contactos auxiliares galvánicamente separados, uno NC (normal cerrado) y el otro NA (normal abierto). El primero se usa para desconectar la bobina del contactor al actuar el relé térmico y el segundo para señalización óptica o acústica si ha saltado o disparado el relé térmico.

Curvas características de disparo para relés térmicos con carga trifásica.

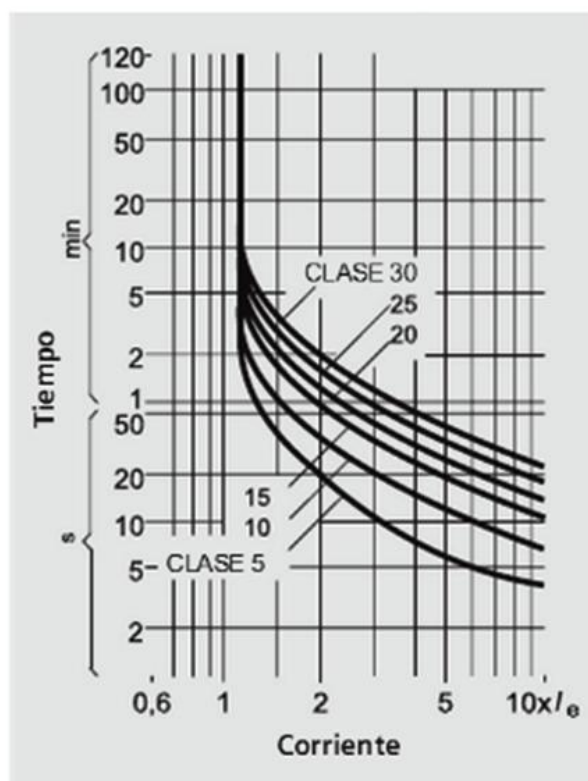


Figura Nº 149

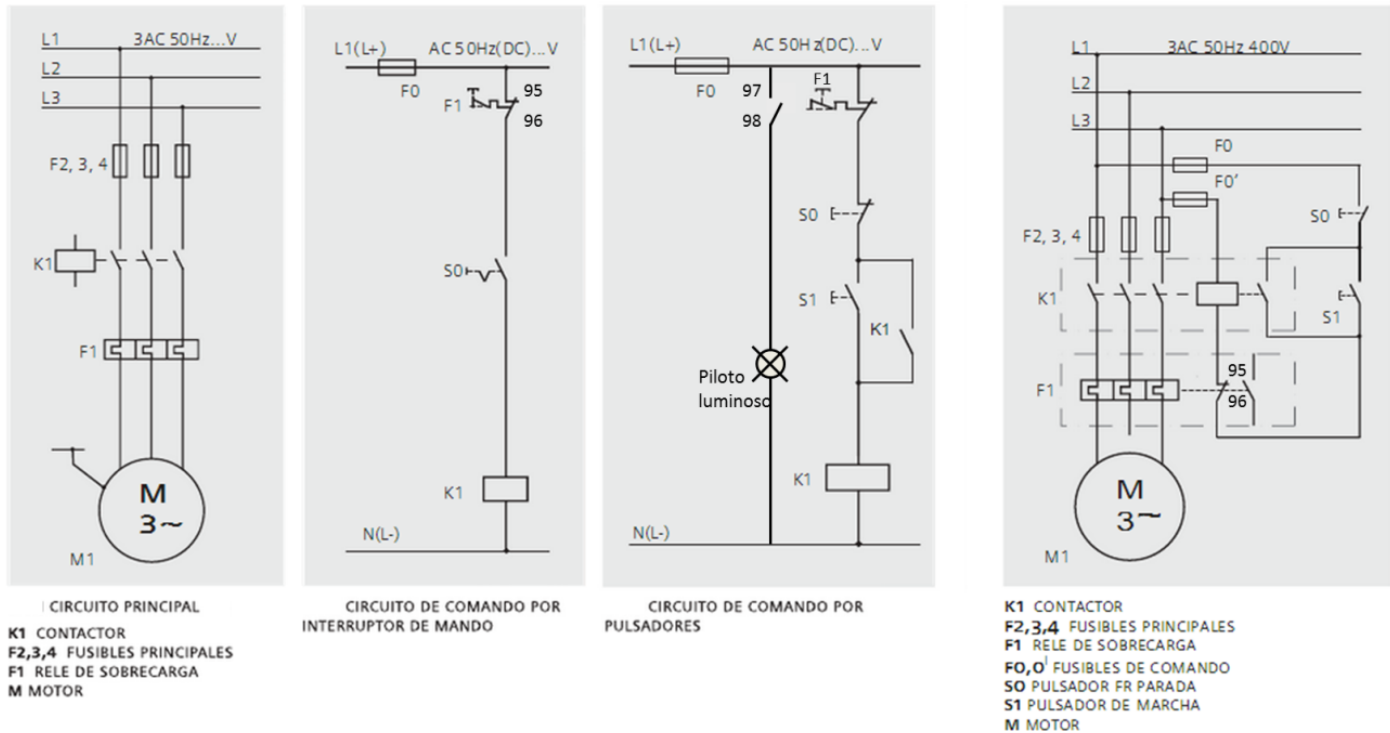


Figura N° 150

Pulsador de Prueba

Un botón Rojo o (STOP) permite acciones sobre el contacto normalmente cerrado y así probar si el conjunto esta perfectamente cableado. Además puede usarse como pulsador de desconexión.

Indicador de Estado del Relé

Sirve para mostrar si el térmico se disparo o no apareciendo otro color cuando esto ocurrió (telemecanique color amarillo)

Botón de Reposición Automática o Bloqueo de Reconexión

Los relevos térmicos una vez que se disparó tiene dos posibilidades de reposición: AUTOMÁTICA, es decir una vez que se enfriaron los bimetalicos el dispositivo de disparo se vuelve a condición de conectado (colocar palanca o botón en A)

MANUAL, en este caso una vez enfriado los bimetalicos el dispositivo no vuelve con lo cual hay que resetearlo con el botón azul, par que quede en condiciones de conectado (actuar) (colocar palanca o Botón en M).

Cuando el motor es accionado vía pulsador es práctico que el relé vuelva solo a su posición de conectado automáticamente.

Botón test: al accionarse dispara el rele térmico por sobrecarga. Si el mismo está en manual hay que resetearlo para que vuelva a la condición conectado, en cambio si esta en automático una vez dejado de accionar vuelve a la condición conectado.

Guardamotor magnetotérmico: es un interruptor automático que reúne todas las características de un arrancador directo; maniobra y protección del motor, protección del circuito, comando y seccionamiento.

Cuenta con un disparador de sobrecarga cuyas características y funcionamiento es igual a los de un relé de sobrecarga, incluyendo la sensibilidad por falta de fase, la compensación de temperatura ambiente y la posibilidad de regulación.

Además contiene un disparador magnético que protege los efectos de un cortocircuito separando el circuito afectado de la instalación, este es similar a los de las llaves termomagnéticas.

Tiene un poder de corte o capacidad de ruptura de 50KA a 100KA, por lo cual lo hace resistente a todos los cortocircuitos que pueden ocurrir en casi todos los puntos de la instalación. En caso de que la corriente de cortocircuito presunta supera la capacidad de ruptura asignada del guardamotor, se debe proveer fusibles de protección de respaldo (Back-Up)

Un guardamotor reemplaza a una combinación contactor –relé de sobrecarga terma de fusibles, pero su capacidad de ruptura y capacidad de limitación no son tan elevadas como la de los fusibles, y su frecuencia de maniobras y vida útil no alcanza a la de un contactor.

El accionamiento se hace en forma manual y las curvas características de disparo son las siguientes:



Figura N° 151

Una solución práctica es combinar un contactor con un guardamotor aprovechando así las virtudes de ambos aparatos.

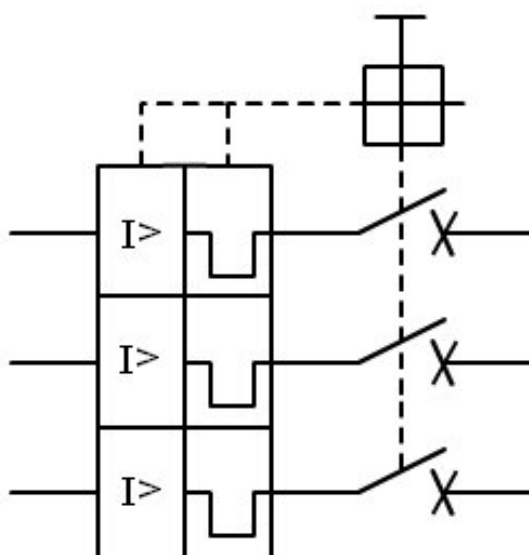


Figura N° 152

Asociación con contactores*				
Guardamotor	Contactador	Pe AC3 (380/400V)		Ie AC3 (380/400V)
		kW	HP	A
GV2-M06	LC1-K06	0,37	0,5	1
GV2-M06	LC1-K06	0,55	0,75	1,5
GV2-M07	LC1-K06	0,75	1	2
GV2-M08	LC1-K06	1,5	2	3,5
GV2-M10	LC1-K06	2,2	3	5
GV2-M14	LC1-K09	3	4	6,5
GV2-M14	LC1-K09	4	5,5	9
GV2-M16	LC1-K12	5,5	7,5	12
GV2-M20	LC1-K16	7,5	10	16
GV2-M21	LC1-D25	9	12	18,5
GV2-M22	LC1-D25	11	15	25
GV2-M32	LC1-D32	15	20	32

Tabla Nº 28

El valor de corriente de sobrecarga debe ajustarse a la corriente de servicio del motor y el disparador por cortocircuito esta ajustado 13 veces la corriente asignada del guardamotor, es decir, el valor máximo de regulación. Este valor permite el arranque sin problemas del motor.

Mediante un bloque de contactos auxiliares de aviso de falla es posible señalar una avería a distancia y a través del comando producimos el disparo del contactor. TELEMECANIQUE posee un guardamotor magnético y relé térmicos, constituyen arrancadores de alta performance.

Asociación de Aparatos

Las cuatro funciones de base que debe cumplir una salida motor (seccionamiento, protección contra cortocircuito, protección contra sobrecarga y conmutación), deben ser aseguradas de tal manera que en el o los aparatos a asociar se tengan en cuenta la potencia del receptor a comandar, la coordinación de protecciones (en caso de cortocircuito) y la categoría de empleo.

Coordinación de Protecciones

El concepto de coordinación de protecciones es aplicado para la protección de todos los elementos situados en una salida motor: aparatos de maniobra y protección, cables de salida y receptores.

La coordinación de las protecciones es el arte de asociar un dispositivo de protección contra cortocircuitos, con un contactor y un dispositivo de protección contra sobrecarga. Tiene por objetivo interrumpir a tiempo y sin peligro para las personas e instalaciones una corriente de sobrecarga (1 a 10 veces la I_n del motor) o una corriente de cortocircuito.

Tres tipos de coordinación son definidos por la norma IEC 609 7, dependiendo del grado de deterioro para los aparatos después de un cortocircuito. Las diferentes coordinaciones se establecen para una tensión nominal dada y una corriente de cortocircuito I_q , elegida por cada fabricante.

Coordinación tipo 1: En condición de cortocircuito, el material no debe causar daños a personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador. Son aceptados daños en el contactor y el relé de sobrecarga; el arrancador puede quedar inoperativo. El relé de cortocircuito del interruptor deberá ser reseteado.

Coordinación tipo 2: En condición de cortocircuito el material no deberá ocasionar daños a las personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador. El relé de sobrecarga no deberá sufrir ningún daño. Los contactos del contactor podrán sufrir alguna pequeña soldadura fácilmente separable, en cuyo caso no se reemplazan componentes. El reseteado del interruptor o cambio de fusibles es similar al caso anterior.

Coordinación total: En condición de cortocircuito, el material no debe causar daños a las personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador. Según la norma IEC 60947-6- , en caso de cortocircuito ningún daño ni riesgo de soldadura es aceptado sobre todos los aparatos que componen la salida. Esta norma valida el concepto de "continuidad de servicio", minimizando los tiempos de mantenimiento.

Asociaciones Típicas

Para cumplir con las funciones de una salida y la coordinación deseada existen varias alternativas. Mencionamos aquí solamente las que garantizan la seguridad durante la explotación para personas e instalaciones; omitiendo las que utilizan fusibles.

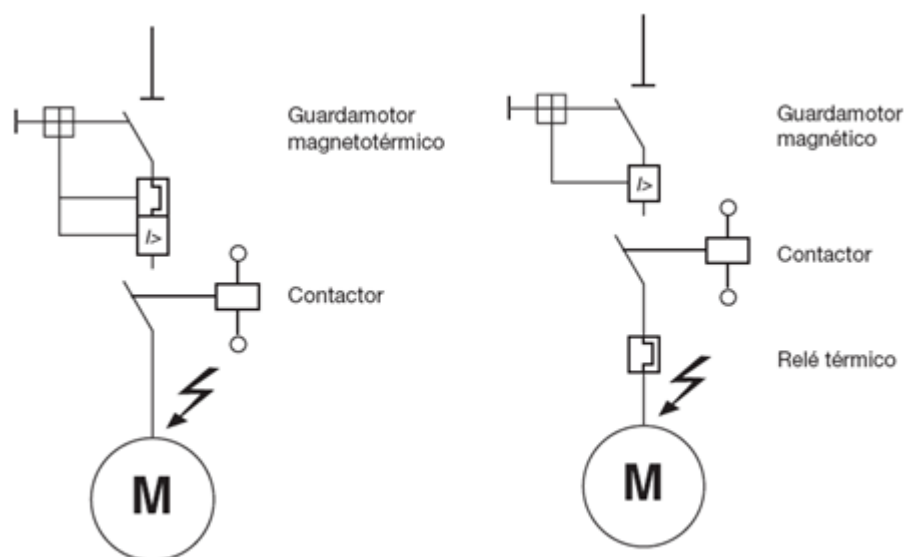


Figura N° 153

La asociación de varios productos para realizar una coordinación tipo 1, 2 o total debe ser informada por cada fabricante, puesto que las características eléctricas propias de cada producto deben ser validadas en la asociación mediante ensayos. Schneider suministra estas informaciones a todos los usuarios que las solicitan.

3.7. Transformadores

Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común

que se establece en el núcleo. El núcleo, generalmente, es fabricado bien sea de hierro o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo magnético. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

Funcionamiento

Este elemento eléctrico se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética, ya que si aplicamos una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, debido a la variación de la intensidad y sentido de la corriente alterna, se produce la inducción de un flujo magnético variable en el núcleo de hierro.

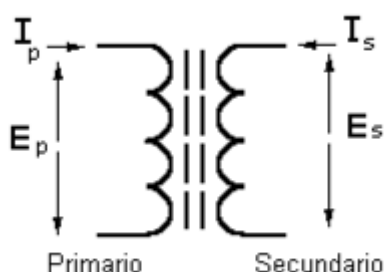


Figura N° 154

Este flujo originará, por inducción electromagnética, la aparición de una fuerza electromotriz en el devanado secundario. La tensión en el devanado secundario dependerá directamente del número de espiras que tengan los devanados y de la tensión del devanado primario.

Relación de Transformación

La relación de transformación indica el aumento o decremento que sufre el valor de la tensión de salida con respecto a la tensión de entrada, esto quiere decir, la relación entre la tensión de salida y la de entrada.

La relación entre la fuerza electromotriz inductora (E_p), la aplicada al devanado primario y la fuerza electromotriz inducida (E_s), la obtenida en el secundario, es directamente proporcional al número de espiras de los devanados primario (N_p) y secundario (N_s), según la ecuación:

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

La relación de transformación (m) de la tensión entre el bobinado primario y el bobinado secundario depende de los números de vueltas que tenga cada uno. Si el número de vueltas del secundario es el triple del primario, en el secundario habrá el triple de tensión.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = m$$

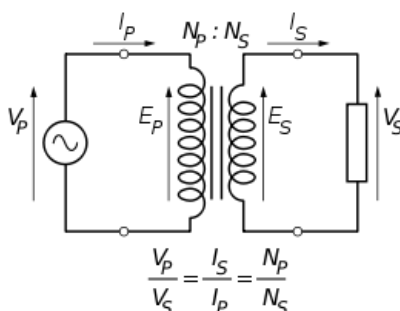


Figura Nº 155

Donde: (V_p) es la tensión en el devanado primario o tensión de entrada, (V_s) es la tensión en el devanado secundario o tensión de salida, (I_p) es la corriente en el devanado primario o corriente de entrada, e (I_s) es la corriente en el devanado secundario o corriente de salida.

Esta particularidad se utiliza en la red de transporte de energía eléctrica: al poder efectuar el transporte a altas tensiones y pequeñas intensidades, se disminuyen las pérdidas por el efecto Joule y se minimiza el costo de los conductores.

Así, si el número de espiras (vueltas) del secundario es 100 veces mayor que el del primario, al aplicar una tensión alterna de 230 voltios en el primario, se obtienen 23.000 voltios en el secundario (una relación 100 veces superior, como lo es la relación de espiras). A la relación entre el número de vueltas o espiras del primario y las del secundario se le llama relación de vueltas del transformador o relación de transformación.

Ahora bien, como la potencia eléctrica aplicada en el primario, en caso de un transformador ideal, debe ser igual a la obtenida en el secundario:

$$P_1 = P_2$$

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

El producto de la diferencia de potencial por la intensidad (potencia) debe ser constante, con lo que en el caso del ejemplo, si la intensidad circulante por el primario es de 10 amperios, la del secundario será de solo 0,1 amperios (una centésima parte).

Principio de Funcionamiento

Transformador monofásico ideal.

El principio de funcionamiento del transformador tiene sus bases en la teoría del electromagnetismo resumida en las ecuaciones de Maxwell.

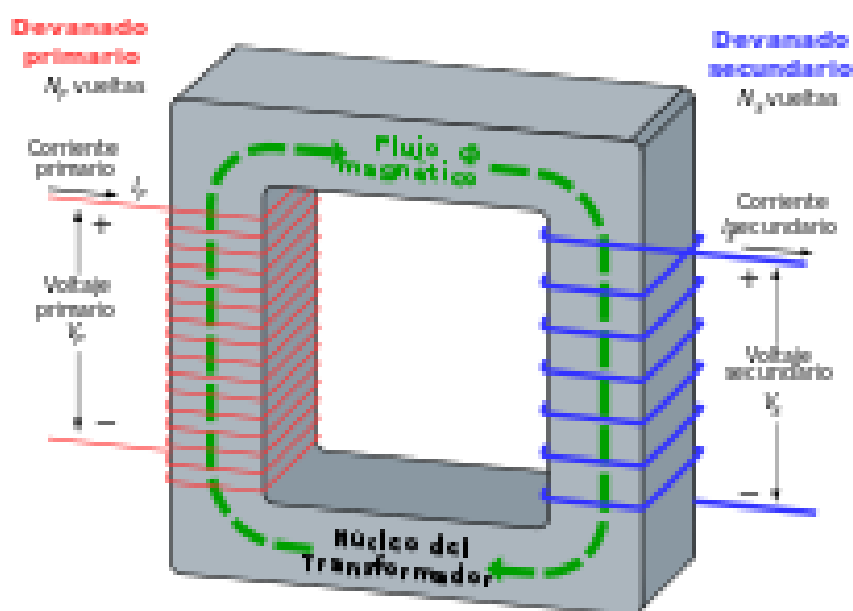


Figura Nº 156

Transformador de Tres Fases

Transformadores trifásicos

Los transformadores trifásicos son muy importantes ya que están presentes en muchas partes del sistema eléctrico. Este tipo de transformadores se ocupa de la elevación y reducción de la tensión en diversas partes del sistema eléctrico: En generación cerca de los generadores para elevar la insuficiente tensión de estos, así como también en las líneas de transmisión y, por último, en distribución en donde se distribuye la energía eléctrica a

voltajes menores hacia casas, comercios e industrias. Todos los transformadores desde el generador hasta la entrada a nuestros hogares o industrias son transformadores trifásicos.

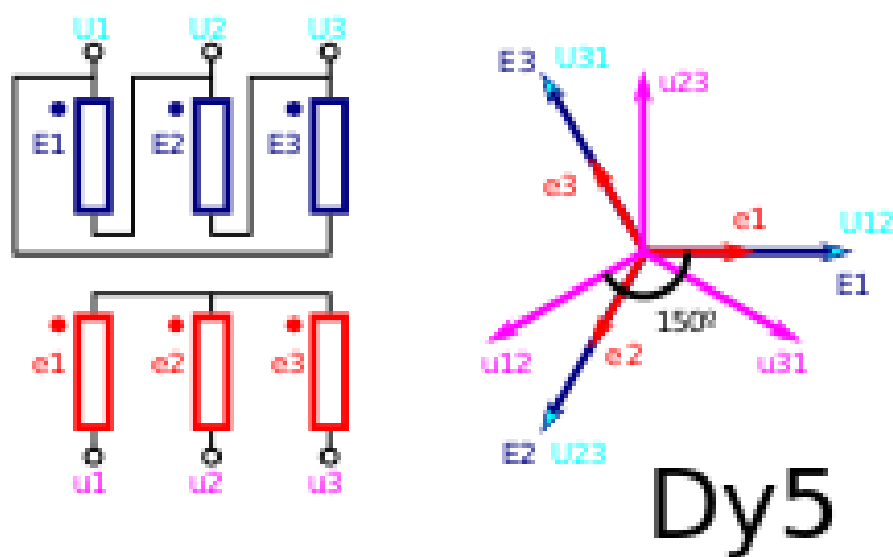


Figura N° 157

Un transformador trifásico consta de tres fases desplazadas en 120 grados eléctricos, en sistemas equilibrados tienen igual magnitud. Una fase consiste en un polo positivo y negativo por el que circula una corriente alterna.

Las diferentes formas de conexión de los bobinados trifásicos de un transformador, recibe el nombre de grupo de conexionado. Además de identificar las conexiones de los bobinados primario y secundario (estrella, triángulo o zig-zag), el grupo de conexionado indica el desfasaje entre las tensiones de línea primaria y secundaria, de los sistemas trifásicos vinculados por el transformador. Los grupos de conexionado más comúnmente utilizados en la distribución de energía eléctrica son Dy5 (primario en triángulo, secundario en estrella, desfasaje 150 grados) y Dy11 (triángulo, estrella, 330 grados), Yy0 (estrella, estrella, 0 grados), Yd11 (estrella, triángulo, 330 grados), entre otros. El concepto práctico de grupo de conexionado adquiere relevancia para realizar una operación segura, durante la puesta en paralelo de transformadores.

Un transformador puede ser reductor (220 VAC/12 VAC), elevador (220 VAC/380 VAC) o de aislación (220 VAC/220 VAC, relación 1:1).

Autotransformador

El autotransformador tiene la misma función que un transformador, pero su constitución es diferente. El autotransformador tiene una sola bobina provista de una toma intermedia; una parte del arrollamiento es, por consiguiente, común al primario y al secundario. Por lo tanto no aísla galvánicamente. Como el transformador, este aparato puede funcionar como reductor o elevador.

$$\frac{U_p}{E_s} : \text{Relación de transformación práctica.}$$

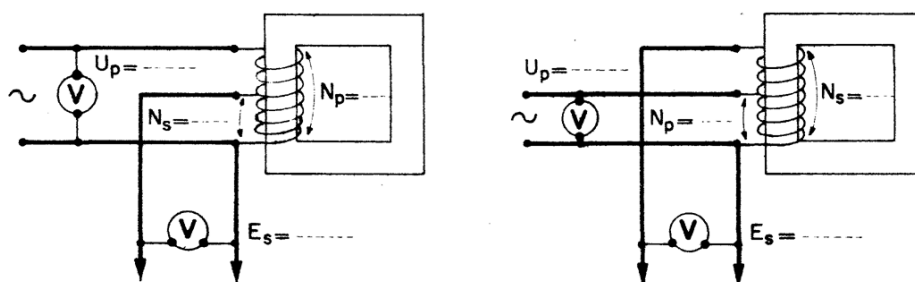


Figura N° 158

3.8. Motores Eléctricos

Son dispositivos que transforman energía eléctrica en energía mecánica. El medio de esta transformación de energía en los motores eléctricos es el campo magnético. Existen diferentes tipos de motores eléctricos y cada tipo tiene distintos componentes cuya estructura determina la interacción de los flujos eléctricos y magnéticos que originan la fuerza o par de torsión del motor.

El principio fundamental que describe cómo es que se origina una fuerza por la interacción de una carga eléctrica puntual q en campos eléctricos y magnéticos es la ley de Lorentz

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Donde:

q : carga eléctrica puntual

$\mathbf{E}$: Campo eléctrico

$\mathbf{v}$: Velocidad de la partícula

$\mathbf{B}$: Densidad de campo magnético

En el caso de un campo puramente eléctrico la expresión de la ecuación se reduce a:

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E}$$

La fuerza en este caso está determinada solamente por la carga q y por el campo eléctrico $\mathbf{E}$. Es la fuerza de Coulomb que actúa a lo largo del conductor originando el flujo eléctrico, por ejemplo en las bobinas del estator de las máquinas de inducción o en el rotor de los motores de corriente continua.

En el caso de un campo puramente magnético:

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

La fuerza está determinada por la carga, la densidad del campo magnético $\mathbf{B}$ y la velocidad de la carga $\mathbf{v}$. Esta fuerza es perpendicular al campo magnético y a la dirección de la velocidad de la carga. Normalmente hay muchísimas cargas en movimiento por lo que conviene reescribir la expresión en términos de densidad de carga ρ y se obtiene entonces densidad de fuerza $\mathbf{Fv}$ (fuerza por unidad de volumen):

$$\mathbf{Fv} = \rho(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Al producto $\rho\mathbf{v}$ se le conoce como densidad de corriente $\mathbf{J}$ (amperes por metro cuadrado):

$$\mathbf{J} = \rho\mathbf{v}$$

Entonces la expresión resultante describe la fuerza producida por la interacción de la corriente con un campo magnético:

$$\mathbf{Fv} = \mathbf{J} \times \mathbf{B}$$

Este es un principio básico que explica cómo se originan las fuerzas en sistemas electromecánicos como los motores eléctricos. Sin embargo, la completa descripción para cada tipo de motor eléctrico depende de sus componentes y de su construcción.

Tipos y Fundamentos



Figura N° 159

Existen varios tipos de motores y nuevos tipos de motores según avance la tecnología. Pero antes de adentrarnos en la clasificación, vamos a definir los elementos que componen a los motores.

1. La carcasa o caja que envuelve las partes eléctricas del motor, es la parte externa.
2. El inductor, llamado estator cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado estatórico, que es una parte fija y unida a la carcasa.
3. El inducido, llamado rotor cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado rotórico, que constituye la parte móvil del motor y resulta ser la salida o eje del motor.

Ahora que ya sabemos diferencias las diferentes partes que componen un motor, vamos a clasificarlos:

Clasificación de Motores

1. Motores de corriente alterna, se usan mucho en la industria, sobretodo, el motor trifásico asíncrono de jaula de ardilla.
2. Motores de corriente continua, suelen utilizarse cuando se necesita precisión en la velocidad, montacargas, locomoción, etc.
3. Motores universales. Son los que pueden funcionar con corriente alterna o continua, se usan mucho en electrodomésticos. Son los motores con colector.

Pero no nos quedemos aquí, realicemos una clasificación más amplia:

Motor de corriente alterna

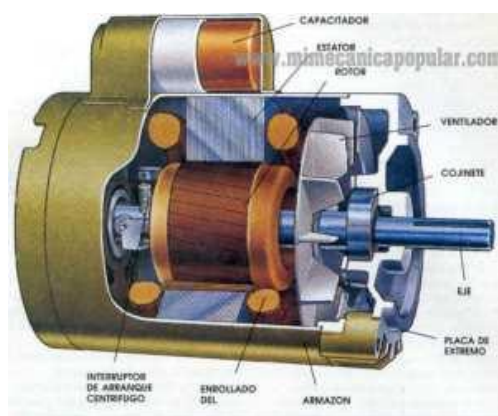


Figura Nº 160

Podemos clasificarlos de varias maneras, por su velocidad de giro, por el tipo de rotor y por el número de fases de alimentación. Vamos a ello:

1. Por su Velocidad de Giro.

1.1 Asíncronos. Un motor se considera asíncrono cuando la velocidad del campo magnético generado por el estator supera a la velocidad de giro del rotor.

1.2 Síncronos. Un motor se considera síncrono cuando la velocidad del campo magnético del estator es igual a la velocidad de giro del rotor. Recordar que el rotor es la parte móvil del motor. Dentro de los motores síncronos, nos encontramos con una sub-clasificación:

-1.2.1 Motores síncronos trifásicos.

-1.2.2 Motores asíncronos sincronizados.

– 1.2.3 Motores con un rotor de imán permanente.

2. Por el Tipo de Rotor

– 2.1 Motores de anillos rozantes.

– 2.2 Motores con colector.

– 2.3 Motores de jaula de ardilla.

3. Por su Número de Fases de Alimentación

– 3.1 Motores monofásicos.

– 3.2 Motores bifásicos.

– 3.3 Motores trifásicos.

– 3.4 Motores con arranque auxiliar bobinado.

– 3.5 Motores con arranque auxiliar bobinado y con condensador.

Motor de Corriente Continua

La clasificación de este tipo de motores se realiza en función de los bobinados del inductor y del inducido:

– Motores de excitación en serie.

– Motores de excitación en paralelo.

– Motores de excitación compuesta.

Tipos de rotores: existen varios tipos de estos elementos, pero aquí solamente vamos a tratar los que son más usados en la industria; es decir, los rotores para motores asíncronos de corriente alterna.

Rotor de Jaula de Ardilla Simple

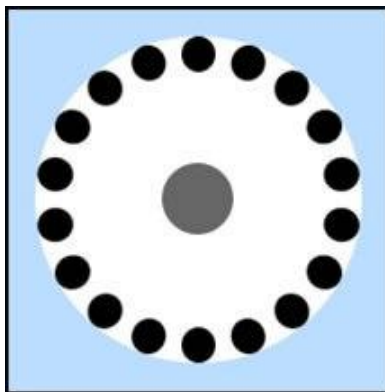


Figura N° 161

En el dibujo se puede observar unos círculos negros, éstos representan las ranuras del rotor donde va introducido el bobinado. Existen varios tipos de ranuras, de ahí que existan varios tipos de rotores.

El rotor representado es de jaula de ardilla simple.

Este tipo de rotor es el usado para motores pequeños, en cuyo arranque la intensidad nominal supera 6 ó 8 veces a la intensidad nominal del motor. Soporta mal los picos de cargas. Esta siendo sustituido por los rotores de jaula de ardilla doble en motores de potencia media. Su par de arranque no supera el 140 % del normal.

Rotor de Jaula de Ardilla Doble

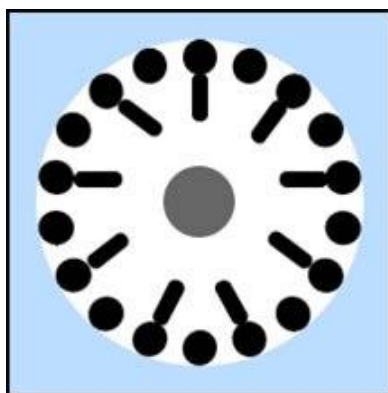


Figura N° 162

En este otro dibujo, se observa que la ranura es doble, por este motivo tiene el nombre de jaula de ardilla doble. Las dos ranuras están separadas físicamente, aunque en el dibujo no se observe.

Este tipo de rotor tiene una intensidad de arranque de 3 ó 5 veces la intensidad nominal, y su par de arranque puede ser de 230 % la normal. Éstas características hacen que este tipo de rotor sea muy interesante frente al rotor de jaula de ardilla simple. Es el más empleado en la actualidad, soporta bien las sobrecargas sin necesidad de disminuir la velocidad, lo cual le otorga mejor estabilidad.

Rotor con Ranura Profunda

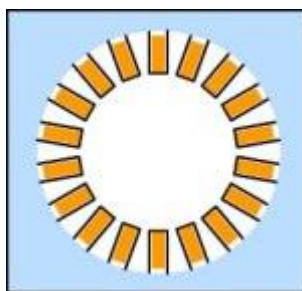


Figura Nº 163

El tipo de rotor que se ve en el dibujo es una variante del rotor de jaula de ardilla simple, pero se le denomina rotor de ranura profunda. Sus características vienen a ser iguales a la del rotor de jaula simple. Es usado para motores de baja potencia que necesitan realizar continuos arranques y paradas.

Rotor de Anillos Rozantes

Se denominan rotores de anillos rozantes porque cada extremo del bobinado está conectado con un anillo situado en el eje del rotor. Las fases del bobinado salen al exterior por medio de unas escobillas que rozan en los anillos. Conectando unas resistencias externas a las escobillas se consigue aumentar la resistencia retórica, de esta forma, se logra variar el par de arranque, que puede ser, dependiendo de dichas resistencias externas, del 150 % y el 250 % del par normal. La intensidad nominal no supera las 2 veces la intensidad nominal del motor.

Motor Eléctrico C.C.



Figura N° 164

Los motores de corriente continua tienen varias particularidades que los hacen muy diferentes a los de corriente alterna. Una de las particularidades principales es que pueden funcionar a la inversa, es decir, no solamente pueden ser usados para transformar la energía eléctrica en energía mecánica, sino que también pueden funcionar como generadores de energía eléctrica. Esto sucede porque tienen la misma constitución física, de este modo, tenemos que un motor eléctrico de corriente continua puede funcionar como un generador y como un motor.

Los motores de corriente continua tienen un par de arranque alto, en comparación con los de corriente alterna, también se puede controlar con mucha facilidad la velocidad. Por estos motivos, son ideales para funciones que requieran un control de velocidad. Son usados para tranvías, trenes, coches eléctricos, ascensores, cadenas productivas, y todas aquellas actividades donde el control de las funcionalidades del motor se hace esencial.

Constitución del Motor

Los motores de corriente continua están formados principalmente por:

- 1. Estator.** El estator lleva el bobinado inductor. Soporta la culata, que no es otra cosa que un aro acero laminado, donde están situados los núcleos de los polos principales, aquí es donde se sitúa el bobinado encargado de producir el campo magnético de excitación.
- 2. Rotor.** Esta construido con chapas superpuestas y magnéticas. Dichas chapas, tienen unas ranuras en donde se alojan los bobinados.
- 3. Colector.** Es donde se conectan los diferentes bobinados del inducido.

4. Escobillas. Las escobillas son las que recogen la electricidad. Es la principal causa de avería en esta clase de motores, solo hay que cambiarlas con el mantenimiento habitual.

Motor de Excitación en Serie.

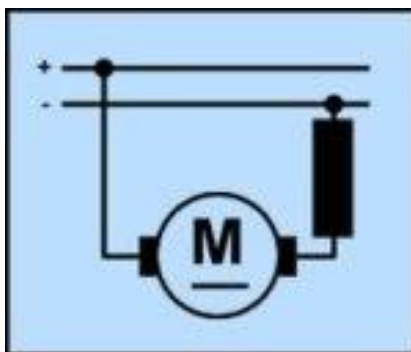


Figura Nº 165

La conexión del devanado de excitación se realiza en serie con el devanado del inducido, como se puede observar en el dibujo. El devanado de excitación llevará pocas espiras y serán de una gran sección. La corriente de excitación es igual a la corriente del inducido. Los motores de excitación en serie se usan para situaciones en los que se necesita un gran par de arranque como es el caso de tranvías, trenes, etc.

La velocidad es regulada con un reóstato regulable en paralelo con el devanado de excitación. La velocidad disminuye cuando aumenta la intensidad.

Motor de Excitación en Derivación o Shunt

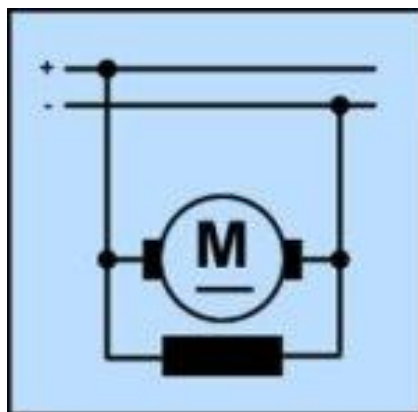


Figura Nº 166

Como podemos observar, el devanado de excitación está conectado en paralelo al devanado del inducido. Se utiliza en máquinas de gran carga, ya sea en la industria del plástico, metal, etc. Las intensidades son constantes y la regulación de velocidad se consigue con un reostato regulable en serie con el devanado de excitación.

Motor de Excitación Compuesta o Compound

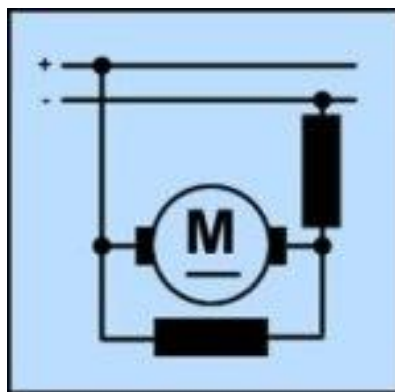


Figura N° 167

El devanado es dividido en dos partes, una está conectada en serie con el inducido y la otra en paralelo, como se puede ver con el dibujo. Se utilizan en los casos de elevación como pueden ser montacargas y ascensores. Teniendo el devanado de excitación en serie conseguimos evitar el embalamiento del motor al ser disminuido el flujo, el comportamiento sería similar a una conexión en shunt cuando está en vacío. Con carga, el devanado en serie hace que el flujo aumente, de este modo la velocidad disminuye, no de la misma manera que si hubiésemos conectado solamente en serie.

Motor de Excitación Independiente

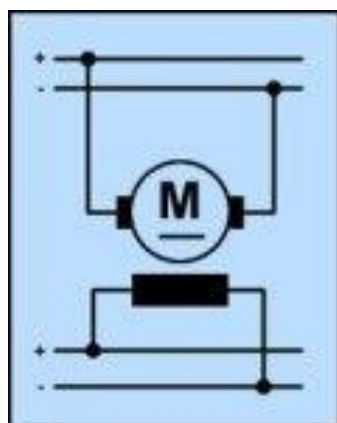


Figura N° 168

Como podemos observar en el dibujo, los dos devanados son alimentados con fuentes diferentes. Tiene las mismas ventajas que un motor conectado en shunt, pero con más posibilidades de regular su velocidad.

Motor Trifásico

Dentro de los motores de corriente alterna, nos encontramos la clasificación de los motores trifásicos, asíncronos y síncronos.

No hay que olvidar que los motores bifásicos y monofásicos, también son de corriente alterna.

Los motores trifásicos tienen ciertas características comunes:

En relación con su tensión, estos motores cuando su utilidad es industrial suelen ser de 230 V y 400 V, para máquinas de pequeña y mediana potencia, siendo considerados de baja tensión. No sobrepasan los 600 KW a 1500 r.p.m.

Los motores de mayor tensión, de 500, 3000, 5000, 10000 y 15000 V son dedicados para grandes potencias y los consideramos como motores de alta tensión.

Los motores que admiten las conexiones estrella y triángulo, son alimentados por dos tensiones diferentes, 230 V y 400 V, siendo especificado en su placa de características.

Respecto a su frecuencia, tenemos que decir que en Europa se utilizan los 50 Hz, mientras que en América se utilizan los 60 Hz.

Aunque la frecuencia de red tenga fluctuaciones, siempre que no superen el 1%, el motor rendirá perfectamente. Mayores fluctuaciones afectará directamente sobre el rendimiento de su potencia. De hecho, para variar la velocidad de esta clase de motores se manipula la frecuencia.

Con respecto a la velocidad, los motores trifásicos son construidos para velocidades determinadas que corresponden directamente con las polaridades del bobinado y la frecuencia de la red.

Respecto a la intensidad, el motor trifásico absorbe de la red la intensidad que necesita, dependiendo siempre de la fase en que se encuentre. Por ésta razón existen diferentes modos de arranques, para ahorrar energía y preservar el motor.

En sobrecarga, pueden asumir un incremento de la intensidad de hasta 1.5 la intensidad nominal sin sufrir ningún daño durante dos minutos.

También se tienen que tener en cuenta las pérdidas que tienen los motores trifásicos, sus causas son varias. El rendimiento de los motores se calculan en sus valores nominales, que

son los indicados en las placas de características. Presentan pérdidas de entrehierro, por rozamiento, por temperatura y en el circuito magnético.

Los rotores de jaula de ardilla (con rotor en cortocircuito) son los más usados por su precio y su arranque. En cambio, los motores de rotor bobinado o también llamados de anillos rozantes necesitan ser arrancados con resistencias rotóricas, lo que incrementa su precio y su complejidad.

Los motores de rotor cortocircuitado no llevan escobillas, pero si las llevan los que son de colector y de rotor bobinado.

Motor Trifásico Asíncrono

Dentro de la clasificación de los motores trifásicos asíncronos, podemos hacer otra sub clasificación, los motores asíncronos de rotor en cortocircuito (rotor de jaula de ardilla y sus derivados) y los motores asíncronos con rotor bobinado (anillos rozantes).

Los motores asíncronos generan un campo magnético giratorio y se les llaman asíncronos porque la parte giratoria, el rotor, y el campo magnético provocado por la parte fija, el estator, tienen velocidad desigual. A esta desigualdad de velocidad se denomina **deslizamiento**.

El rotor está unido sobre un eje giratorio. Dicho eje, está atravesado por barras de cobre o aluminio unidas en sus extremos. El estator encapsula al rotor y genera el campo magnético. Como hemos mencionado, es la parte fija. Provoca con su campo magnético fuerzas electromotrices en el rotor que a su vez provocan corrientes eléctricas. Estas dos circunstancias, la fuerza electromotriz y las corrientes eléctricas, provocan una fuerza magnetomotriz, lo cual hace que el rotor gire. La velocidad del rotor siempre será menor que la velocidad de giro del campo magnético. Así tenemos que la velocidad de un motor asíncrono será igual a la velocidad del campo magnético menos el deslizamiento del motor. La fuerza magnetomotriz que aparece en el rotor deriva en un par de fuerzas, a las que denominados par del motor, siendo las causantes del giro del rotor. El par motor depende directamente de las corrientes del rotor, y tenemos que saber que en el momento del arranque son muy elevadas, disminuyendo a medida que se aumenta la velocidad. De esta forma distinguimos dos tipos de par: el par de arranque y el par normal. Esto sucede porque al ir aumentando la velocidad del rotor se cortan menos líneas de fuerzas en el estator y,

claro está, también las fuerzas electromotrices del rotor disminuyen, de este modo obtenemos que las corrientes del rotor disminuyen junto con el par de motor. Lo importante de toda esta explicación, es que con los motores asíncronos podemos manejar cargas difíciles porque tenemos un par de arranque elevado (hasta tres veces el par normal).

Motor Trifásico Síncrono: Funcionan de forma muy similar a un alternador. Dentro de la familia de los motores síncronos debemos distinguir:

- 1. Los motores síncronos.**
- 2. Los motores asíncronos sincronizados.**
- 3. Los motores de imán permanente.**

Los motores síncronos son llamados así, porque la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator son iguales.

Los motores síncronos se usan en máquinas grandes que tienen una carga variable y necesitan una velocidad constante.

Arranque de un Motor Trifásico Síncrono

Existen cuatro tipos de arranques diferentes para este tipo de motor:

- 1. Como un motor asíncrono.**
- 2. Como un motor asíncrono, pero sincronizado.**
- 3. Utilizando un motor secundario o auxiliar para el arranque.**
- 4. Como un motor asíncrono, usando un tipo de arrollamiento diferente:** llevará unos anillos rozantes que conectarán la rueda polar del motor con el arrancador.

Frenado de un Motor Trifásico Síncrono.

Por regla general, la velocidad deseada de este tipo de motor se realiza por medio de un reóstato.

El motor síncrono cuando alcance el par crítico se detendrá, no siendo esta la forma más ortodoxa de hacerlo. El par crítico se alcanza cuando la carga asignada al motor supera al par del motor. Como comentario, no es la forma apropiada para detener el motor, se estropea si abusamos de ello, porque se recalienta.

La mejor forma de hacerlo, es ir variando la carga hasta que la intensidad absorbida de la red sea la menor posible, entonces desconectaremos el motor.

Otra forma de hacerlo, y la más habitual, es regulando el reóstato, con ello variamos la intensidad y podemos desconectar el motor sin ningún riesgo.

Motor Monofásico

Este tipo de motor es muy utilizado en electrodomésticos porque pueden funcionar con redes monofásicas algo que ocurre con nuestras viviendas.

En los motores monofásicos no resulta sencillo iniciar el campo giratorio, por lo cual, se tiene que usar algún elemento auxiliar. Dependiendo del método empleado en el arranque, podemos distinguir dos grandes grupos de motores monofásicos:

Motor Monofásico de Inducción

Su funcionamiento es el mismo que el de los motores asíncronos de inducción. Dentro de este primer grupo disponemos de los siguientes motores:

- 1. De polos auxiliares o también llamados de fase partida.**
- 2. Con condensador.**
- 3. Con espira en cortocircuito o también llamados de polos partidos.**

Motor Monofásico de Colector

Son similares a los motores de corriente continua respecto a su funcionamiento. Existen dos clases de estos motores:

- 1. Universales.**
- 2. De repulsión.**

Motor Monofásico de Fase Partida

Este tipo de motor tiene dos devanados bien diferenciados, un devanado principal y otro devanado auxiliar. El devanado auxiliar es el que provoca el arranque del motor, gracias a que desfasa un flujo magnético respecto al flujo del devanado principal, de esta manera, logra tener dos fases en el momento del arranque.

Al tener el devanado auxiliar la corriente desfasada respecto a la corriente principal, se genera un campo magnético que facilita el giro del rotor. Cuando la velocidad del giro del rotor acelera el par de motor aumenta. Cuando dicha velocidad está próxima al sincronismo, se logran alcanzar un par de motor tan elevado como en un motor trifásico, o casi. Cuando la

velocidad alcanza un 75 % de sincronismo, el devanado auxiliar se desconecta gracias a un interruptor centrífugo que llevan incorporados estos motores de serie, lo cual hace que el motor solo funcione con el devanado principal. Este tipo de motor dispone de un rotor de jaula de ardilla como los utilizados en los motores trifásicos.

El par de motor de éstos motores oscila entre 1500 y 3000 r.p.m., dependiendo si el motor es de 2 ó 4 polos, teniendo unas tensiones de 125 y 220 V. La velocidad es prácticamente constante. Para invertir el giro del motor se intercambian los cables de uno solo de los devanados (principal o auxiliar), algo que se puede realizar fácilmente en la caja de conexiones o bornes que viene de serie con el motor.

Motores Monofásicos 2

Motor Monofásico de Condensador

Son técnicamente mejores que los motores de fase partida. También disponen de dos devanados, uno auxiliar y otro principal. Sobre el devanado auxiliar se coloca un condensador en serie, que tiene como función el de aumentar el par de arranque, entre 2 y 4 veces el par normal. Como se sabe, el condensador desfasa la fase afectada en 90° , lo cual quiere decir, que el campo magnético generado por el devanado auxiliar se adelanta 90° respecto al campo magnético generado por el devanado principal. Gracias a esto, el factor de potencia en el momento del arranque, está próximo al 100%, pues la reactancia capacitiva del condensador (X_C) anula la reactancia inductiva del bobinado (X_L).

Por lo demás, se consideran igual que los motores de fase partida, en cuanto a cambio de giro, etc. Lo único importante que debemos saber, es que con un condensador en serie se mejora el arranque.

Motor Monofásico con Espira en Cortocircuito.

Dentro del grupo que habíamos realizado en otra página, el motor monofásico con espira en cortocircuito es el último que vamos a tratar. Son también llamados motores monofásicos de polos partidos.

Este tipo de motor no lleva devanado auxiliar, en su lugar se coloca una espira (vamos a llamarle minibobina) alrededor de una de las masas polares, al menos, en un tercio de la masa.

¿Qué Entendemos por Masa Polar?

La masa polar es el conjunto de espiras de un polo. Imaginar por un momento una pelota pequeña a la cual le sobresalen dos cables, pues bien, la minibobina está enrollada en la pelota sin tocar los cables, la masa polar sería el cuerpo de la pelota, y la pelota con los cables vendría a ser el polo.

Con lo expuesto anteriormente, se consigue que al alimentar el motor en las espiras que se encuentran en cortocircuito se genere un flujo diferente respecto a las demás espiras que no están en cortocircuito. La diferencia no llega a alcanzar los 90° , pero es suficiente para lograr arrancar el motor.

La velocidad dependerá del número de polos que tenga el motor. El par de arranque es muy inferior respecto a un motor de fase partida, alrededor del 60%. Si queremos cambiar el sentido del giro, debemos desmontar el motor e invertir el eje. Se fabrican para bajas potencias, de 1 a 20 Cv. Se utiliza poco este tipo de motor.

Motor Universal

El motor universal es un tipo de motor que puede ser alimentado con corriente alterna o con corriente continua, es indistinto. Sus características principales no varían significativamente, sean alimentados de una forma u otra. Por regla general, se utilizan con corriente alterna. También los encontraréis con el sobrenombre de motor monofásico en serie. Este tipo de motor se puede encontrar tanto para una máquina de afeitar como para una locomotora, esto da una idea del margen de potencia en que pueden llegar a ser contruidos.

Las partes principales de este motor son:

1. Estator

2. Rotor con colector

Los bobinados del estator y del rotor están conectados en serie a través de unas escobillas. El par de arranque se sitúa en 2 ó 3 veces el par normal.

La velocidad cambia según la carga. Cuando aumenta el par motor disminuye la velocidad. Se suelen construir para velocidades de 3000 a 8000 r.p.m., aunque los podemos encontrar

para 12000 r.p.m. Para poder variar la velocidad necesitamos variar la tensión de alimentación, normalmente se hace con un reostato o resistencia variable.

El cambio de giro es controlable, solo tenemos que intercambiar una fase en el estator o en el rotor, nunca en los dos, lo cual es fácilmente realizable en la caja de conexiones o bornes que viene incorporado con el motor.

Cuando el motor es alimentado, se produce que las corrientes circulan en el mismo sentido, tanto el estator como en el rotor, pero en el cambio de ciclo cambia el sentido en los dos, provocando el arranque del motor.

Motor Paso a Paso

Este tipo de motor es empleado cuando se hace imprescindible controlar exactamente las revoluciones o las partes de vueltas.

Son utilizados, principalmente, en máquinas pequeñas de oficina, como pueden ser impresoras, fotocopadoras, faxes, etc. También se pueden encontrar en instrumentos médicos y científicos.

Hay tres tipos de éstos motores, a saber:

1. De excitación unipolar

2. De excitación bipolar

3. Híbridos

La posición en que se encuentran instalados resulta vital para su correcto funcionamiento, pues la gracia que tienen estos motores es precisamente el absoluto control del movimiento.

Las partes que integran este tipo de motor son:

1. Un estator, que tiene integrado una serie de bobinas alimentadas por impulsos de c.c.

2. El rotor, tiene uno o más imanes permanentes.

Conexionado

Conexión de un Motor Trifásico en Estrella – Delta:

Es un circuito para un motor trifásico, que se emplea para lograr un rendimiento óptimo en el arranque de un motor. Por ejemplo, si tenemos un motor trifásico, y este es utilizado para la puesta en marcha de turbinas de ventilación que tienen demasiado peso, pero deben

desarrollar una rotación final de alta velocidad, deberemos conectar ese motor trifásico con un circuito que nos permita cumplir con los requerimientos de trabajo. Hemos observado, que los motores que poseen mucha carga mecánica, como el ejemplo anterior, les cuesta comenzar a cargar y girar y terminar de desarrollar su velocidad final. Para ello, se cuenta con la conexión estrella-triángulo o estrella-delta.

Conexión Directa

Un motor se conecta directamente a la red con protectores en la forma convencional, esto quiere decir, que podemos conectar cada fase del motor directo a la red, recomendándose siempre colocar las protecciones correspondientes. Estas pueden ser una protección magneto-térmica tripolar, más un contacto o un protector magnético (disyuntor magnético) con una protección térmica o guarda motor según sea conveniente.

Conexión Estrella-Triángulo

Esta conexión se debe realizar de acuerdo a las especificaciones técnicas que indique el motor en su chapa de datos acoplada a la carcasa del mismo.

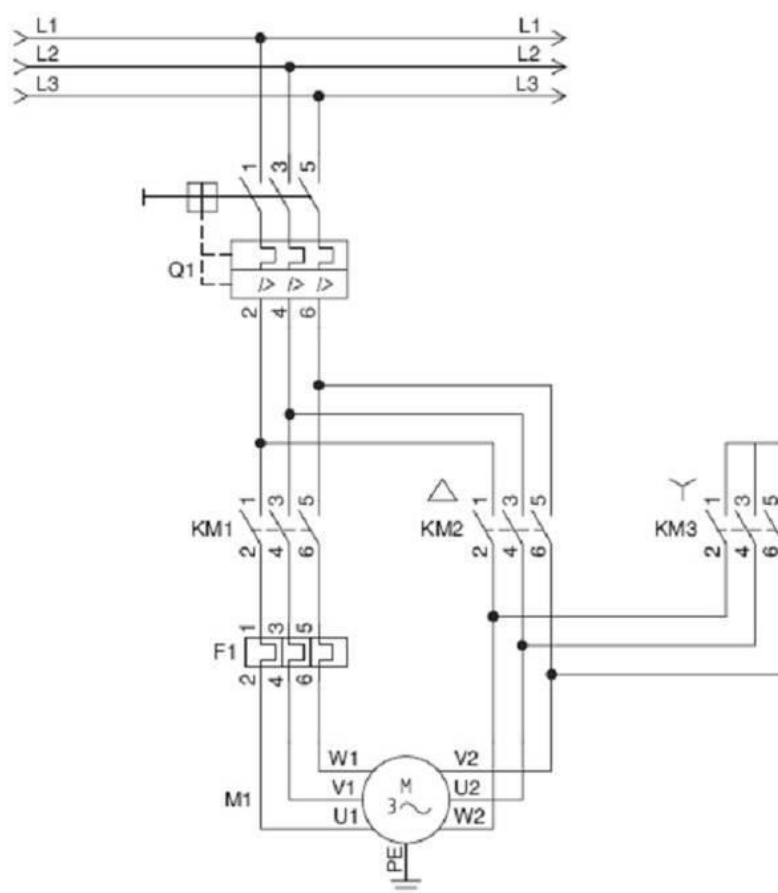


Figura N° 169

Esquema de Conexión

Como podemos observar en la **Figura 164** necesitaremos de 3 Contactores además de las protecciones que creamos convenientes para la conexión del motor trifásico. "**K**" es el símbolo que le daremos a los contactores "**k1, k2 y k3**" respectivamente, una vez conectado el motor a las fases de la red eléctrica de forma convencional, sumamos a la vez la conexión **estrella-triángulo** como se muestra en el esquema.

Explicación

El contactor **KM1** alimenta la conexión directa del motor a la red, este contactor a la vez alimenta la bobina del contactor **KM3**. Cuando llega a determinada corriente (I) se hace el cambio de contactor, ahora se acopla al contactor **KM2** de forma que se arregla en configuración delta.

3.9. Grados De Protección Ip Según Norma Iram 2444 E Iec 60529 E Ik

Según Iec 62262

El grado de protección IP especifica los diferentes grados de protección que aporta la envolvente o gabinete a los componentes que resguarda en su interior contra diversas influencias externas y/o contactos directos.

La nomenclatura internacional establece:



Figura N° 170

En 62262 es una norma europea, equivalente a la norma internacional IEC 62262 (2002), que se refiere a las calificaciones de los grados de protección IK. Esta es una clasificación numérica internacional para los grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos.

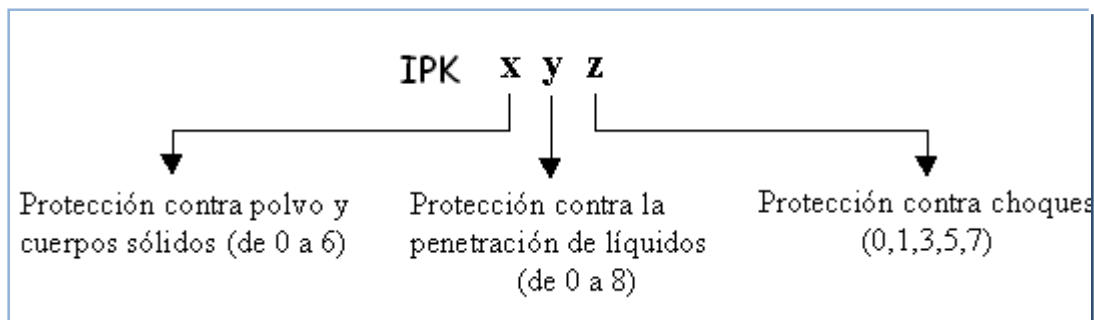


Figura N° 171

DEFINICIÓN IP, IK

1ª cifra protección contra cuerpos sólidos

0	sin protección
1	protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 50 mm
2	protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 12 mm
3	protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm
4	protegido contra los cuerpos sólidos superiores a 1 mm
5	protegido contra el polvo (sin depósitos perjudiciales)
6	totalmente protegido contra el polvo

2ª cifra protección contra los líquidos

0	sin protección
1	protegido contra las caídas verticales de gotas de agua (condensación)
2	protegido contra las caídas de agua hasta 15° de la vertical
3	protegido contra el agua de lluvia hasta 60° de la vertical
4	protegido contra la proyección de agua en todas direcciones
5	protegido contra los chorros de agua desde todas las direcciones de lanzamiento
6	protegido contra la proyección de agua asimilables a las olas marinas
7	protegido contra los efectos de la inmersión

3ª cifra protección contra choques mecánicos

0	sin protección
1	energía de choque 0,225 joules
2	energía de choque 0,375 joules
3	energía de choque 0,5 joules
5	energía de choque 2 joules
7	energía de choque 6 joules
9	energía de choque 20 joules

Figura N° 172

3.10. Clase Térmica de los Aislantes Eléctricos

De acuerdo a la norma IRAM 2180 e IEC 60085 un sistema de aislamiento eléctrico es una estructura aislante que contiene uno o más materiales aislantes eléctricos junto con partes conductoras asociadas y que se utiliza en máquinas eléctricas (estáticas o rotativas con

aislantes secos). La potencia que puede suministrar dicha máquina eléctrica está limitada por la temperatura que alcanza. Cuanto mayor sea la potencia que alcanza, mayor serán sus pérdidas y en consecuencia mayor el calor que genera. Llegado un momento este calor generado puede ser peligroso para la maquina eléctrica, ya que depende de la sensibilidad térmica del aislante de la máquina. A medida que el tiempo pasa va envejeciendo el material aislante, va perdiendo sus cualidades dieléctricas, y va perdiendo su vida útil que puede estar entre 20 y 30 años. Si superamos su temperatura límite el daño puede ser irreversible para la maquina eléctrica.

En la siguiente tabla tenemos en la columna primera la clase térmica en °C, en la segunda columna la denominación antigua en letras. En la tercera columna se indica la temperatura máxima a la que se puede someter un sistema de aislamiento según su clase térmica para que su vida no se vea reducida. En la cuarta columna se señala el calentamiento máximo a que se puede someter el sistema de aislamiento si el fluido refrigerante es el aire ambiente. Nótese que la diferencia de esta última columna es de 40° C que es la temperatura ambiente máxima considerada.

CLASE TÉRMICA (°C)	ANTIGUA DESIGNACIÓN	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	CALENTAMIENTO MÁXIMO (*) (°C)
90	Y	90	50
105	A	105	65
120	E	120	80
130	B	130	90
155	F	155	115
180	H	180	140
200	N	200	160
220	R	220	180
250	-	250	210

(*) Esta columna indica el calentamiento máximo en el supuesto que el fluido refrigerante sea aire ambiente a una altitud inferior a 1000 metros sobre el nivel del mar

Tabla Nº 29

Veamos algunos ejemplos de los aislantes que se corresponden con las clases térmicas de los sistemas de aislamiento:

- 90°C: Algodón, seda, papel sin impregnación.
- 105 °C: Algodón, seda, papel impregnados o sumergidos en aceite.
- 120°C: Fibras orgánicas sintéticas. Por ejemplo: esmaltes de acetato de polivinilo, barnices de resinas alquídicas,...
- 130°C: Materiales a base de poliéster y poliimidos aglutinados mediante materiales orgánicos. Por ejemplo, los esmaltes de resinas de poliuretano.
- 155°C: Materiales a base de fibra de mica, amianto y fibra de vidrio aglutinados mediante materiales orgánicos. Por ejemplo, la fibra de vidrio tratada con resinas de poliéster.
- 180°C: Materiales a base de mica, amianto y fibra de vidrio aglutinados con siliconas de alta estabilidad térmica. Por ejemplo, el papel de mica aglomerado con siliconas.
- 200°C: Materiales a base de mica, vidrio, cerámica,... capaces de soportar hasta 200°C.
- 220°C: Materiales a base de mica, vidrio, cerámica,... poliimidas tipo Kapton, capaces de soportar hasta 220°C.
- 250°C: Materiales a base de mica, vidrio, cerámica,... poliimidas tipo Kapton, capaces de soportar hasta 250°C.

3.11. Tratamiento de Materiales Tóxicos Eléctricos²

En las instalaciones eléctricas fijas, los artefactos de iluminación son considerados partes de ellas. Entre sus componentes encontramos lámparas y baterías que contienen compuestos tóxicos para la salud y contaminantes para el medio ambiente como son las lámparas que detallaremos a continuación y las baterías que le dan autonomía ante un corte de energía.

Dichos compuestos son principalmente los denominados metales pesados como mercurio, plomo, etc., que terminan contaminando el aire, el suelo, el agua y la tierra. Debido a esto es que deben ser tratados adecuadamente para su deposición final. No deben ser dañados ni rotos para no esparcir sus contaminantes. Tampoco deberían ser eliminados con la basura común. Requieren de un tratamiento aparte.

3.11-1. Información Ambiental para Lámparas de Descargas

1. Lámparas Fluorescentes

Los fósforos utilizados son sustancias completamente inertes que no plantean ningún riesgo a la salud aun sí son liberados como resultado de la rotura de una lámpara.

² Fuente consultada: **Criterios en iluminación y color - UTN Santa Fe - 2011**

Cuando las lámparas están en un estado frío, es decir a temperatura ambiente, el mercurio (entre 3 y 8 mg. dependiendo del tipo) está presente generalmente bajo la forma de pequeñas gotas metálicas en el tubo de descarga (bulbo). Cuando la lámpara es encendida el mercurio se vaporiza mientras que la temperatura del tubo se eleva, y el vapor del mercurio necesario para la descarga llena al bulbo por completo. El mercurio es liberado si la lámpara se rompe.

Riesgos para la salud y protección contra roturas de lámparas

Inhalar mercurio o componentes de mercurio en forma de vapor o polvo puede ocasionar problemas de salud. El mercurio también puede ser absorbido a través de la piel.

Para evitar riesgos para la salud se recomiendan los siguientes procedimientos en caso de que una rotura de lámpara:

- Remover todos los restos, preferentemente con una aspiradora
- Ventilar cuidadosamente la habitación
- Eliminar todos los residuos de la lámpara rota de la luminaria antes de volver a utilizar la misma.

2. Lámparas Fluorescentes Compactas

Los fósforos utilizados son sustancias completamente inertes que no plantean ningún riesgo a la salud aun sí son liberados como resultado de la rotura de una lámpara. Cuando las lámparas están en estado frío, el mercurio está presente en forma de una pequeña combinación de mercurio/ hierro en el tubo de descarga (bulbo). Cuando las lámparas son encendidas el mercurio se vaporiza mientras la temperatura del bulbo se eleva, y el vapor de mercurio necesario para la descarga llena el bulbo por completo. El mercurio se libera si la lámpara se rompe. Los riesgos por inhalar el mercurio o los compuestos del mercurio en forma de vapor o polvo pueden ocasionar problemas de salud. El mercurio también puede ser absorbido por la piel.

Riesgos para la salud y protección contra roturas de lámparas

Inhalar mercurio o componentes de mercurio en forma de vapor o polvo puede ocasionar problemas de salud. El mercurio también puede ser absorbido a través de la piel.

Para evitar riesgos a la salud se recomiendan los siguientes procedimientos en caso de rotura de una lámpara:

- Todas las personas en el establecimiento deben abandonar inmediatamente la habitación lo más rápido posible para evitar inhalar el vapor de mercurio.
- Ventilar la habitación por uno 20-30 minutos como mínimo.
- Una vez que la luminaria se enfrió y antes de que vuelva a ser utilizada, todos los residuos de mercurio debe ser eliminado del interior de la luminaria. Para evitar contacto con la piel, recomendamos el uso de guantes desechables. El mercurio líquido puede ser removido con los agentes de absorción comerciales.

Contenido de mercurio para lámparas fluorescentes compactas de Tipo Mercurio

DULUX EL todos los tipos < 3mg

DULUX D, T/E, S, L, LSP, F <4,5mg

CIRCOLUX EL <4,5mg

3. Lámparas de Vapor de Mercurio (HQL)

Cuando las lámparas de alta potencia están en estado frío, en otras palabras a temperatura ambiente (21° C), el mercurio está presente en generalmente en forma de pequeñas gotas metálicas en el tubo de descarga (bulbo). Cuando la lámpara es encendida, después de unos minutos el mercurio se vaporiza por completo.

Las lámparas no deben ser expuestas al spray de agua y deben ser operadas con un mecanismo de control (pero sin ignitor). Las lámparas cumplen con la directiva 2002/95/EC RoHS.

Riesgos para la salud y protección contra roturas de lámparas

Inhalar mercurio o componentes de mercurio en forma de vapor o polvo puede ocasionar problemas de salud. El mercurio también puede ser absorbido a través de la piel.

La lámpara solo puede ser operada si su bulbo exterior está intacto porque de otra manera, la intensa radiación UV que escapa de la lámpara puede dañar los ojos (inclusive si es visualizado indirectamente) y causar irritación en la piel. La radiación UV es INVISIBLE al ojo

humano. La irritación puede no manifestarse sino hasta varias horas después de la exposición.

La lámpara debe ser apagada de inmediato si el bulbo se rompe. Deben ser tomadas medidas para asegurar que la lámpara no pueda ser encendida en este estado nuevamente.

Los conductores de la lámpara tienen tensión. Antes de quitar los restos de la lámpara, asegúrese de que la energía esté desconectada (riesgo de descarga eléctrica fatal).

Para evitar riesgos a la salud recomendamos los siguientes procedimientos en caso de que el tubo de descarga se rompa:

- Quitar todos los pedacitos del tubo de descarga
- Ventilar cuidadosamente la habitación
- Una vez que la luminaria se enfrió y antes de que vuelva a ser utilizada, todos los residuos de mercurio deben ser removidos del interior de la luminaria. Para evitar contacto con la piel, recomendamos el uso de guantes desechables.

4. Lámparas de Halogenuro Metálico (HQI, HCI)

Cuando las lámparas, especialmente las de alta potencia, están en estado frío, en otras palabras a temperatura ambiente (21° C), el mercurio generalmente se presenta en forma de pequeñas gotas metálicas en el tubo de descarga (quemador). Cuando la lámpara es encendida, el mercurio se vaporiza, la temperatura en el bulbo se eleva y se calienta el arco entre los electrodos. La temperatura del exterior del bulbo es de varios cientos de ° C.

Las lámparas cumplen con la directiva 2002/95/EC RoHS.

Riesgos para la salud y protección contra roturas de lámparas

Inhalar mercurio o componentes de mercurio en forma de vapor o polvo puede ocasionar problemas de salud. El mercurio también puede ser absorbido a través de la piel.

La lámpara solo puede ser operada si su bulbo exterior está intacto porque de otra manera, la intensa radiación UV que escapa de la lámpara puede dañar los ojos y causar irritación en la piel.

Si el bulbo exterior o la cubierta de la luminaria se rompen, la lámpara se debe apagar de inmediato.

Para evitar riesgos a la salud se recomiendan los siguientes procedimientos en caso de que el tubo de descarga se rompa:

- Ventilar cuidadosamente la habitación
- Remover cuidadosamente todos los pedazos del tubo de descarga.
- Una vez que la luminaria se enfrió y antes de que vuelva a ser utilizada, todos los residuos de mercurio debe ser eliminados del interior de la luminaria. Para evitar contacto con la piel, recomendamos el uso de guantes desechables. Los limpiadores de vidrio comerciales pueden ser utilizados para asistir el proceso de limpieza.

3.11-2. Relleno de Mercurio por la Mamilla de HQI y HCI

Potencia Mercurio	[mg]
35W	máx. 5
70W	máx.10
150W	máx.15
250W	máx. 20
300W a 2000W	máx. 250

Tabla Nº 30

1. Lámparas de Halogenuros Metálicos (HMI, HTI)

Cuando las lámparas de alta potencia están en estado frío, en otras palabras, a temperatura ambiente (21° C) el mercurio generalmente se presenta en forma de pequeñas gotas metálicas en el tubo de descarga (bulbo). Cuando la lámpara es encendida el mercurio se vaporiza, la temperatura en el bulbo se eleva alcanzando aproximadamente los 10000° C en el arco entre los electrodos. La temperatura en la pared interior del bulbo es de alrededor de 800 ° C.

Las lámparas cumplen con la directiva 2002/95/EC RoHS.

Riesgos para la Salud y Protección contra Roturas de Lámparas

Inhalar mercurio o componentes de mercurio en forma de vapor o polvo puede ocasionar problemas de salud. El mercurio también puede ser absorbido a través de la piel.

Para evitar riesgos a la salud recomendamos los siguientes procedimientos en caso de rotura de una lámpara:

- Abandonar las inmediaciones para evitar inhalar el vapor de mercurio.
- Ventilar cuidadosamente la habitación por 20 a 30 minutos como mínimo.
- Una vez que la luminaria se enfrió y antes de que vuelva a ser utilizada, todos los residuos de mercurio debe ser eliminado del interior de la luminaria. Para evitar contacto con la piel, recomendamos el uso de guantes desechables.

2. Lámparas de Sodio de Alta Presión

En estado frío, en otras palabras a temperatura ambiente (21° C), el mercurio y el sodio metálico están en estado sólido como una amalgama de sodio. Cuando la lámpara es encendida, el mercurio y el sodio se vaporizan y así, la temperatura en el tubo de descarga y en el arco entre los electrodos, se eleva. La temperatura del bulbo exterior es de entre 100 ° C y 500 ° C (max.) dependiendo de la potencia.

Las lámparas cumplen con la directiva 2002/95/EC RoHS.

Riesgos para la salud y protección contra roturas de lámparas

Inhalar mercurio o componentes de mercurio en forma de vapor o polvo puede ocasionar problemas de salud.

Para evitar riesgos a la salud recomendamos los siguientes procedimientos en caso de que el tubo de descarga se rompa:

- Quitar todos los pedacitos del tubo de descarga
- Ventilar cuidadosamente la habitación
- Una vez que la luminaria se enfrió y antes de que vuelva a ser utilizada, todos los residuos de mercurio deben ser removidos del interior de la luminaria. Para evitar contacto con la piel, recomendamos el uso de guantes desechables.

3. Lámparas de Sodio de Baja Presión.

Las lámparas de sodio de baja presión son las lámparas de descarga de baja presión libres de mercurio.

El sodio en la lámpara está presente en forma sólida en el estado frío y se vaporiza en el bulbo interno durante el proceso de descarga.

El vapor del sodio llena el bulbo durante la operación. Si una lámpara se rompe durante la operación el vapor de sodio es liberado y puede inflamarse al hacer contacto con el aire. El sodio se puede condensar y reaccionar con la humedad y el dióxido de carbono en el aire para formar carbonato de sodio e hidróxido de sodio.

Si una lámpara se rompe en estado frío el sodio sólido puede liberarse si se produce la rotura del bulbo interno y bajo ciertas circunstancias iniciar una explosión si hay alta humedad o agua, formando un hidróxido de sodio corrosivo.

Las lámparas cumplen con la directiva 2002/95/EC RoHS de la Comunidad Europea.

Riesgos para la Salud y Protección contra Roturas de Lámparas

Si el sodio o el hidróxido de sodio tienen contacto con la piel se pueden producir quemaduras cáusticas. Lavar inmediatamente con agua corriente; si este salpica los ojos, enjuagarlos y buscar inmediatamente consejo médico.

Para evitar riesgos se recomiendan los siguientes procedimientos:

- Después que la luminaria se haya enfriado y en cualquier caso antes de que vuelva a ser utilizada, esta debe ser limpiada de cualquier rastro de hidróxido de sodio con un paño húmedo. Utilice guantes y anteojos protectores para prevenir quemaduras cáusticas.
- Las lámparas rotas deben ser colocadas en un contenedor metálico separado.
- Cuando se limpian las roturas, usar guantes y anteojos protectores para evitar quemaduras cáusticas.

Precaución: el sodio pegado al vidrio roto puede incendiarse con fuerza explosiva.

4. Lámparas Halotronic

El mecanismo de control electrónico representa un paso importante en el camino hacia una eficiente iluminación. Además de ofrecer ventajas económicas, el uso de mecanismos de control ayuda a proteger el medio ambiente.

Los componentes utilizados (las resistencias, condensadores, transformadores y transistores) son de diseño simple.

Los condensadores electrónicos son condensadores tipo lámina y contienen etilenglicol como electrolito. Generalmente, los condensadores electrolíticos no contienen PCBs o compuestos asociados.

El PCBs consta de resina epoxy, impregnada o reforzada con papel laminado de fibra de vidrio. El PCBs contiene "tetrabromobisfenol A" como material ignífugo.

Los eters de bifenil o difenilpolibromenado no son utilizados.

Los mecanismos de control en la familia del HALOTRONIC son libres de silicona ($< 2 \mu\text{g}$ absolutos). Los componentes que contienen el PVC no son utilizados.

Los productos cumplen con la directiva 2002/95/EC RoHS.

Comportamiento ante un Incendio

Los requisitos de DIN 60695-2-2 (Resistencia al hilo incandescente), con 10 segundos de rigor son alcanzados. El material de la envoltura plástica cumple con los requisitos de UL94 IEC 707 en términos de inflamabilidad. Como el mecanismo de control electrónico contiene los retardadores de incendio realizados en bromo por razones de seguridad operacional, hay riesgo de que los dibenzodioxanospolicloradas y los furanos sean producidos en caso de incendio. Sin embargo esto es generalmente cierto cuando el material orgánico contiene los halógenos flamables.

Sin embargo, por lo que sabemos actualmente, los retardadores de incendio que contienen bromo que son utilizados al presente no forman las dioxinas cloradas o furanos que son particularmente tóxicos.

3.11-3 Reciclaje de Lámparas de Descarga

El impulso a la adopción de programas municipales hacia un alumbrado público más eficiente, así como la búsqueda de eficientes sistemas de iluminación a nivel industrial, comercial y doméstico, han llevado a un aumento significativo en el uso de lámparas de descarga y tubos fluorescentes.

Entre las opciones disponibles en el mercado se encuentran las lámparas de descarga de alta presión de vapor de sodio, de alta presión de vapor de mercurio y las de halogenuros metálicos, además de los tubos fluorescentes.

En estas lámparas la luz se produce por el paso de una corriente eléctrica a través de un vapor (mercurio o sodio). El arco de descarga que se forma excita energéticamente los átomos de vapor, los cuales liberan esa energía en forma de luz. La radiación emitida por el mercurio corresponde al espectro visible y ultravioleta. Para transformar la radiación ultravioleta en luz visible las lámparas se recubren interiormente con fósforo fluorescente.

El uso de este tipo de lámparas y tubos tiene como ventaja una alta calidad de iluminación en ambientes laborales, hogares y espacios públicos, permitiendo ahorrar energía debido a su alta eficiencia con respecto a las lámparas incandescentes. En atención a esto es que existen programas de eficiencia energética a nivel mundial que fomentan la sustitución masiva por este tipo de lámparas.

La dificultad se presenta a la hora del descarte, dado que deben ser gestionadas como residuos peligrosos debido a su contenido en mercurio y otros metales pesados. A pesar de ello, esta forma de iluminación sigue siendo la opción elegida a nivel mundial, debido a la menor utilización de energía, poniendo el énfasis en la utilización de lámparas con bajo contenido de mercurio y con especial atención en el almacenamiento, transporte y disposición final.

Las lámparas de descarga presentan las siguientes características:

- Pequeño contenido de sustancias tóxicas por lámpara
- Consumo cada vez mayor, principalmente a nivel industrial, que provoca un volumen de residuo considerable
- Fragilidad, lo que dificulta toda maniobra de transporte o almacenamiento
- Gran dispersión en el consumo dificultando la eficacia de la recolección de las lámparas que quedan fuera de servicio
- La mayor parte de los residuos generados corresponden a operaciones de mantenimiento y sustitución de unidades fuera de servicio
- Las posibilidades de reutilización de los residuos son prácticamente nulas
- Existen posibilidades importantes de reciclaje de los materiales

Tipos de Lámparas de Descarga

Los materiales que componen las lámparas de descarga varían entre los diferentes fabricantes, en la siguiente tabla se presenta un resumen de los distintos tipos de lámparas, sus características y las concentraciones de los elementos que contienen.

Tipo de lámpara	Diseño	Material	Gramos/unidad
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión (peso medio 300g)		Mercurio Plomo Itrio Tierras raras Antimonio Bario Estroncio	0.06 1.5 0.36 0.039 0.006 0.15
Lámparas fluorescentes (peso medio 200g)		Mercurio Plomo Itrio Tierras raras Antimonio Bario Estroncio	0.035 0.0104 0.126 0.08 0.03 0.06 0.28
Lámparas de sodio de alta presión (peso medio 300g)		Mercurio Plomo Itrio Tierras raras Antimonio Bario Estroncio	0.06 0.6 0.012 0.003 0.126 0.09
Lámparas de halogenuros metálicos (peso medio 150g)		Mercurio Plomo Itrio Tierras raras Antimonio Bario Estroncio	0.045 0.45 0.105 0.0045 0.003 0.0015

Tabla N° 31

Riesgos para la Salud y el Medio Ambiente

Los materiales de las lámparas se encuentran dentro de un sistema cerrado, por lo cual su uso adecuado no representa riesgos o impactos sobre el medio ambiente o la salud. Dichos materiales entran en contacto con el medio ambiente solamente en caso de rotura o destrucción. El principal riesgo corresponde a la liberación del mercurio.

El mercurio es una sustancia natural y un contaminante proveniente de diversas actividades industriales.

Las concentraciones naturales en el agua, suelo y en los peces (bioacumuladores) varían de una región a otra y son función de la composición de la roca madre a partir de la cual se genera el suelo y de las fuentes de contaminación existentes en el área.

Una vez liberado por actividades antrópicas al medio ambiente, el mercurio puede permanecer por mucho tiempo en la atmósfera antes de depositarse (mayoritariamente como mercurio elemental en fase vapor), lo que permite que este se transporte lejos de la fuente de emisión.

El mercurio ocasiona una amplia gama de efectos sistémicos en humanos (riñones, hígado, estómago, intestinos, pulmones y una especial sensibilidad del sistema nervioso), aunque varían con la forma química. Los microorganismos convierten el mercurio inorgánico en metilmercurio, una forma química muy tóxica, persistente y bioacumulable y que además se absorbe fácilmente en el tracto gastrointestinal humano.

Gestión de las Lámparas de Descarga

Posibilidades de Minimización

En el caso de las lámparas, el concepto de minimización y reducción significa tener en cuenta factores tales como el correcto diseño de la iluminación (optimización de la potencia instalada, adecuada elección del tipo de lámpara), el uso racional de la iluminación existente y la planificación de las operaciones de mantenimiento.

Otra oportunidad de minimización corresponde a la fabricación de lámparas con menor contenido de mercurio y mayor vida útil.

Condiciones de Recolección, Transporte y Almacenamiento

La constitución propia de las lámparas hace que el transporte, la recolección y el almacenamiento sean procesos delicados. Entre los aspectos físicos a tener en cuenta están:

Fragilidad: están constituidas en su mayoría por vidrio de pocos milímetros de espesor, por lo tanto se trata de un producto frágil, lo que afecta considerablemente las condiciones de transporte y almacenamiento.



Figura N° 173

Contenido: los constituyentes son de carácter nocivo, por lo tanto es necesario tomar precauciones durante su manipulación. Una rotura del recipiente provoca la fuga de los materiales truncando cualquier acción posterior sobre la lámpara.



Figura N° 174

Relación peso/volumen: son elementos de poco peso en comparación con su volumen, lo que dificulta su transporte y almacenamiento.

Forma: tienen múltiples formas y tamaños lo que no facilita su apilamiento.

Por otro lado hay que tener en cuenta que se trata de un producto de consumo disperso, lo que dificulta su recolección.

En resumen, se trata de residuos muy voluminosos que no se pueden compactar, de difícil recolección, clasificación, transporte y almacenaje.

Existen tres tipos de consumidores de lámparas bien diferenciados, consumidor industrial, sector servicios y pequeño consumidor. En el primer y segundo caso, por tratarse de grandes consumidores, resulta más fácil realizar la recolección.

En contrapartida, para el pequeño consumidor, cuando la lámpara llega al final de su vida útil representa un objeto de manejo engorroso si se pretende participar en un sistema de recolección selectiva.

Una estrategia es establecer puntos de recolección de los residuos, ya sea en los centros municipales, en comercios y otros establecimientos, de forma de facilitar la inclusión de los pequeños consumidores, en el circuito de reciclaje.

Reciclaje

En relación a las emisiones antropogénicas de mercurio al medio ambiente, la disposición final de lámparas de mercurio representa solamente el 1% del total. Sin embargo, se ha despertado un especial interés en el manejo de esta corriente de residuos dado que representa una de las principales fuentes de ingreso de mercurio a los vertederos municipales. Esta condición ha incentivado el desarrollo de tecnologías que permitan la recuperación del mercurio contenido en las lámparas antes de desecharlas.

Las tecnologías utilizadas van desde máquinas modulares, que trituran las ampollas y empaican los residuos en contenedores especiales para su posterior procesamiento o reciclado, hasta instalaciones de mayor escala.

Si tomamos como referencia Estados Unidos, actualmente el número de unidades (lámparas y tubos) generadas como residuo es de 514 millones/año, siendo 142 millones de origen residencial y 372 millones de origen comercial, gubernamental e institucional, siendo los porcentajes de reciclaje del 2% y del 29.2% respectivamente. Si bien el porcentaje reciclado es bajo, el aumento de esta práctica es importante si se considera que a principios de los años 90 sólo se reciclaba el 10% del total. Esto responde no solo a una toma de conciencia sobre las características peligrosas del residuo, sino también a las exigencias establecidas por el gobierno principalmente a los grandes consumidores.

La OSRAM (fabricante de lámparas, Munich) desarrolló un proceso cuya tasa de reciclaje es de aproximadamente el 90% en peso, el cual le permitió establecer un gran sistema de recolección y reciclaje.

Por tratarse de sistemas de gestión muy complejos será necesario evaluar la viabilidad del plan de reciclaje, material por material, se deben considerar las condiciones locales como salud humana, riesgos ambientales, costos de gestión, disponibilidad tecnológica, condiciones de mercado para materiales secundarios y aceptación pública.

Reciclaje de tubos fluorescentes

El equipo para el reciclaje incluye la separación de los componentes del tubo: vidrio, cabezales de aluminio, fósforo y mercurio. Consiste en un triturador, un separador, sistemas de filtración de partículas y vapor, así como cintas para el flujo de los materiales. Los diferentes materiales generados son derivados a un tratamiento posterior, reciclaje o disposición final.

Un soplador industrial mantiene la presión negativa a lo largo de todo el proceso. El polvo se hace pasar a través de un sistema de filtros (que son automáticamente limpiados para evitar acumulación) y por último a través de un filtro de carbón activado antes de ser liberado a la atmósfera.



Figura N° 175

Trituración y separación: Los tubos ingresan enteros al proceso, siendo la primera etapa la trituración del vidrio. Los componentes de la lámpara son separados y depositados en diferentes contenedores. Los cabezales de aluminio y el vidrio son analizados en cuanto a su contenido de mercurio y enviados a su reciclaje fuera del sitio. El polvo de fósforo es separado y enviado a un contenedor para su posterior tratamiento. Los filamentos son removidos por un separador magnético y enviados a reciclaje.

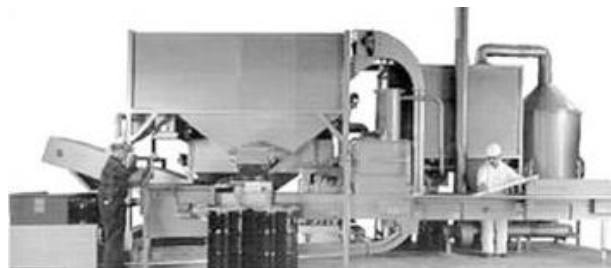


Figura N° 176

Unidad de recuperación térmica: El polvo separado es volcado al horno, donde por la aplicación de calor el mercurio es vaporizado y posteriormente condensado y enviado a un proceso de destilación.

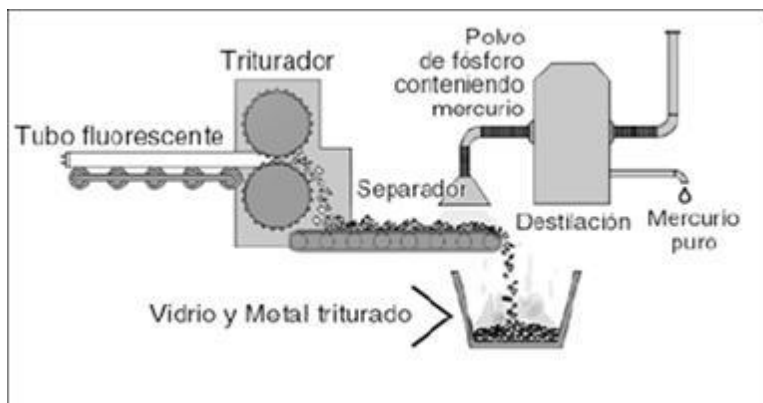


Figura Nº 177

Destilación: El mercurio recuperado es sometido a una triple destilación para su venta como Mercurio Técnicamente Puro (99.99% puro).

Reciclaje de Lámparas de Descarga

Separación de componentes: Bajo una circulación de aire que mantiene la presión negativa, el globo externo del cristal se separa del vástago de la base y del metal de la lámpara que contiene el tubo interno del arco (que contiene el mercurio). Las partes que no contienen mercurio son separadas, clasificadas por tipo de material, testeadas en cuanto a su contenido de mercurio y enviadas a reciclaje.

Unidad térmica: El tubo interior se coloca en un horno donde es llevado a altas temperaturas, lo que ocasiona la vaporización del mercurio adherido al vidrio. El mercurio es enfriado y recogido para su procesamiento. El vidrio del tubo interior es enfriado, analizado y enviado a reciclaje.

Destilación: El mercurio crudo que se ha recuperado del proceso térmico es sometido a una destilación triple para quitarle impurezas, lo cual permite calificar al mercurio obtenido luego del proceso, como técnicamente puro.

El tratamiento de las lámparas está diseñado, para la captación y control de los contaminantes y para la máxima valorización de los materiales que las componen. En estas condiciones, el porcentaje de valorización de materiales es del 94% en peso de la cantidad

total de lámparas tratada, llegando este porcentaje al 97,5% en el caso de las lámparas fluorescentes de tubo recto.

A través del reciclaje de lámparas de descarga y tubos fluorescentes, se obtienen los siguientes productos: mercurio puro, polvo luminiscente exento de mercurio ya destilado, vidrio, metal y material de embalaje utilizado durante el transporte. Estos materiales son entregados a gestores autorizados quienes los reintegran a los circuitos de valorización, excepto el mercurio que es comercializado como Mercurio Técnicamente Puro.

El residuo obtenido de la destilación es considerado residuo peligroso si se superan los límites de concentración de mercurio o plomo en el test de lixiviación. En ese caso se debe disponer en relleno de seguridad.

3.11-4 Las pilas y Baterías Agotadas como Residuos

Las pilas y baterías usadas y agotadas, provenientes mayormente del uso de distintos artefactos: luces de emergencia, artefactos convertibles, linternas, electrodomésticos pequeños, equipos de música, relojes, computadoras, etc., forman parte de la generación habitual de residuos domésticos o domiciliarios.

En general las pilas y baterías contienen compuestos químicos que, en el caso de ser dispuestas incorrectamente una vez agotadas, afectan negativamente al ambiente, incluidos los seres vivos.



Figura N° 178

Estos residuos cuya generación no se limita exclusivamente al ámbito industrial o comercial, sino que involucra principalmente el uso hogareño y, que además poseen características peligrosas, están incluidos dentro de los que genéricamente se denominan **residuos peligrosos universales**.

Los llamados residuos peligrosos universales o masivos, son residuos de origen domiciliario, comercial o industrial, que en virtud de presentar alguna característica de peligrosidad es conveniente su recolección diferenciada de los residuos sólidos urbanos.

Ejemplos de estos residuos son: pilas, baterías de telefonía celular, tubos fluorescentes, tubos de neón (de alta presión de sodio y halógenos), cartuchos de toner, baterías de automóviles, entre otros.

Todo manejo inadecuado de pilas y baterías una vez finalizada su vida útil resulta especialmente peligroso para la salud y el ambiente en general, teniendo en cuenta su contenido de elementos como cadmio, mercurio, plomo, manganeso, níquel, zinc y litio, entre otros.

Categorías según la Ley de Residuos Peligrosos para los diferentes tipos de pilas y baterías, con sus correspondientes categorías Y, según la Ley nacional N° 24.051, de Residuos Peligrosos, a la cual la ley ambiental provincial se alinea:

Pilas ácidas y alcalinas de óxido de manganeso de uso común y generalizado en diferentes artefactos, algunas de ellas riesgosas por su contenido de mercurio. Se encuentran en el mercado en distintos formatos tales como A, AA, AAA. Categoría: Y29, Y34, Y35
Pilas de níquel-cadmio recargables, contenidas en parte de las baterías usadas para teléfonos celulares, son particularmente dañinos para el medio ambiente debido principalmente a su contenido de cadmio. Categoría: Y26
Baterías de plomo ácido utilizadas mayormente en automotores. Categoría: Y34, Y31
Pilas de óxido de mercurio principalmente de formato botón, utilizadas en equipos especiales (por ejemplo cámaras fotográficas, relojes). Categoría: Y29

Tabla N° 32

Concepto de RIESGO según UNEP/IPCS

Probabilidad de producir un daño a partir de un peligro determinado. La posibilidad de que un evento dañino (muerte, injuria o pérdida) pueda ocurrir por la exposición a un agente químico o físico bajo condiciones específicas.

Organismo Competente del Programa de Gestión:

La competencia sobre la gestión de los residuos generados en los hogares corresponde a la jurisdicción local, esto es, a la autoridad municipal, a quien se debe consultar para mayor información sobre la existencia de programas para la gestión de pilas y baterías.

El papel del consumidor para minimizar los riesgos del uso de pilas y baterías:

La gestión ambientalmente adecuada de las pilas comienza con la elección del producto que luego se convertirá en el residuo que deberemos desechar. Por ello es importante el papel del consumidor al momento de seleccionar la pila, con un papel preponderante, ya que determinará a mediano plazo la calidad de los productos ofrecidos en plaza.

En principio se recomienda utilizar los artefactos eléctricos conectados a la red y así evitar la utilización de pilas. Si su uso es inevitable, es conveniente comprar pilas recargables, de esa manera se produce una gran reducción en el volumen de residuos a desechar, puesto que cada vez que recargamos la pila evitamos tirar a la basura una unidad.

Otro concepto importante es la calidad del producto a elegir. Sabemos que una pila barata, en general, tiene una menor vida útil que una de buena calidad, con el agravante de estar elaborada bajo un proceso más contaminante, que, en consecuencia, da como resultado pilas con mayores contaminantes también.

Este hecho se traduce en la necesidad de tecnologías más complejas y por ende, mayores costos de tratamiento y disposición final.

Es por este motivo que se recomienda comprar aquellas pilas que provengan de marcas y países desarrollados, puesto que en esos casos, el control sobre el proceso de producción de la pila y la normativa ambiental aplicable es más estricta. Como resultado obtendremos un residuo con menos contaminantes al tiempo de desecharlo. Particularmente, se sugiere adquirir las pilas con el rótulo "Libre de Mercurio (Hg)" o similar, dado que este elemento es el más contaminante de los contenidos en ella.

Así, las pilas de marcas reconocidas enmarcadas dentro de las leyes de los Estados Unidos, Europa y Japón, que prohíben la adición de mercurio, podrían ser arrojadas a la basura común, siempre que se tenga la seguridad de que no poseen ese metal.

Para las pilas provenientes del sudeste asiático, comúnmente compradas a menor precio, la forma más adecuada de gestión es, directamente, no comprarlas.

En conclusión, el consumidor debería priorizar su compromiso ambiental antes que el supuesto menor costo de pilas baratas, ya que finalmente deberá pagar, en forma indirecta, tratamientos más caros, o bien, la recomposición de los daños que se causen al ambiente.

Respecto de las baterías de plomo-ácido (las comunes de los autos), al momento de la compra de una nueva, las agotadas pueden ser entregadas al comerciante, quien está obligado a recibirlas y disponerlas adecuadamente, de acuerdo a la Resolución SRNyAH N°544/94.

Otras recomendaciones:

- No juntar pilas ni baterías. Estamos concentrando los riesgos.
- No mezclar las pilas y baterías nuevas con las usadas. Se reduce la vida útil de ambas.
- Utilizar preferentemente artefactos conectados a la red eléctrica o a energía solar.
- No tirar las pilas a la cloaca, ya que finalmente llegan al río, y podrían contaminar las aguas. En ausencia de red cloacal, la contaminación afectaría las napas.
- No quemar las pilas, esta recomendación es para todos los tipos de pilas y baterías.
- No dejar las baterías y pilas al alcance de los niños.
- No utilizar aparatos a pila y/o baterías cuando pueden ser reemplazados por otros.

Tecnologías para el Tratamiento y/o disposición Final de Pilas y Baterías

Varias son las alternativas tecnológicas para el adecuado tratamiento o disposición final de las pilas y baterías usadas.

Podemos nombrar:

- Disposición final, sin ninguna modificación, en relleno de seguridad: es la más cercana a las posibilidades actuales, pero se halla limitada por la escasa cantidad disponible de tales rellenos.
- Reciclado de componentes: existen a nivel mundial tecnologías para todo tipo de pilas y baterías, pero en el país sólo se encuentra disponible en la actualidad para las de plomo-ácido y las de níquel-cadmio.

- Tecnologías para la inmovilización de los constituyentes peligrosos: vitrificación, cementación y ceramización, son algunas de las tecnologías que se han propuesto, las cuales presentan diversas variantes técnicas. La utilización o destino de los materiales resultantes, según sus propiedades finales, son los problemas que se plantean.
- Exportación: para su tratamiento y/o reciclado en países que dispongan de tecnologías no existentes en Argentina. Es de aplicación el Convenio de Basilea.

El contenido de mercurio de una sola pila común puede contaminar desde 60.000 a 600.000 litros de agua.

3.11-5 Tipos de Tratamiento para las Pilas y Baterías Usadas

- Disposición final, sin ninguna modificación, en relleno sanitario: En el caso del usuario que se encuentra en la Ciudad de Buenos Aires o Gran Buenos Aires, las pilas comunes y alcalinas pueden ser desechadas junto con la basura común. Esta basura domiciliaria es dispuesta en rellenos sanitarios pertenecientes al CEAMSE, y según informa dicho organismo, estos rellenos han sido diseñados con técnicas preparadas para recibirlas.
- Disposición final, sin ninguna modificación, en relleno de seguridad: Es la que más se utiliza en la actualidad, pero se encuentra limitada por la escasa cantidad disponible de dichos rellenos. Las pilas que se tiran a la basura acaban oxidándose en los vertederos, liberándose el mercurio que contienen y contaminando así suelos y aguas. También puede llagar a convertirse en metilmercurio, un compuesto altamente tóxico.
- Tecnologías para la inmovilización de los constituyentes peligrosos : vitrificación, cementación y ceramización, son algunas de las tecnologías que se han propuesto, las cuales presentan diversas variantes técnicas. La utilización o destino de los materiales resultantes, según sus propiedades finales, son los problemas que se plantean.
- Exportación: para su tratamiento y/o reciclado en países que dispongan de tecnologías no existentes en Argentina. Es de aplicación el Convenio de Basilea.
- Reciclado de componentes: existen a nivel mundial tecnologías para todo tipo de pilas y baterías, pero en el país sólo se encuentra disponible en la actualidad para las de plomo-ácido y las de níquel-cadmio. Cuando se realiza la recogida de esas pilas, se procede a la

separación del mercurio en las plantas de reciclaje. El proceso requiere la trituración de la pila, excepto en el caso de las pilas botón, y se introducen en un destilador que se calienta hasta la temperatura adecuada. La condensación posterior permite la obtención de un mercurio con un grado de pureza superior al 96%. De la trituración de las pilas normales se obtiene escoria férrica y no férrica, papel, plástico y polvo de pila. Este último debe seguir distintos procesos para recuperar los metales que contiene.

Todo este proceso requiere un elevado consumo de energía y los tratamientos posteriores para recobrar el resto de componentes exigen una elevada inversión económica no siempre recuperable. Por ello las pilas también se destruyen mediante incineración (desprendiéndose polvo de cadmio, mercurio y cinc) o se disponen en un vertedero controlado (relleno). En cuando a los vertederos, es imprescindible asegurar su estanqueidad para evitar filtraciones indeseables tanto al suelo como a las aguas, mediante láminas impermeabilizantes, lechos de cal y sistemas de recolección de filtraciones.

El mejor reciclaje es la prevención, emplear pilas recargables y la utilización de electricidad o la energía solar.

Tecnología Disponible en Argentina

- Disposición final, sin ninguna modificación, en relleno sanitario
- Disposición final, sin ninguna modificación, en relleno de seguridad
- Exportación

Es importante tener en cuenta que en Argentina, todavía no existen lugares autorizados que reciclen pilas o que inmovilicen los constituyentes peligrosos.

Reciclado de Baterías

El reciclaje de las baterías usadas se fundamenta en la recuperación de plomo utilizado no solamente en la fabricación de baterías nuevas y reconstruidas, sino por diversos sectores industriales, como en la fabricación de aleaciones metálicas, municiones, industria del vidrio, pinturas, soldadura, imprenta y aditivos para gasolina.

Las baterías usadas aportan actualmente el 47% del plomo que se utiliza en el mundo. La tendencia es a incrementar esta participación, ya que estudios indican que las reservas

naturales de este metal se agotarán en unos 30 años, lo cual ha motivado en todos los países la práctica del reciclaje bajo el liderazgo de los fabricantes de baterías.

Los principales componentes de la batería que son aprovechados son:

- Plomo: Componente de mayor valor. Reciclaje de plomo; el cual se logra mediante procesos de fundición en pequeños hornos rotatorio o de cuba, gracias al bajo punto de fusión de este metal (335°C).
- Plástico: Se acopia el material de las cajas para entregarlo, sin ninguna transformación, a la industria de plásticos que lo utiliza en la fabricación de diferentes artículos o en casos más tecnificados existen procesos integrales de aprovechamiento y transformación del plástico en nuevas cajas. Adicionalmente, debe mencionarse que algunas cajas, particularmente las de caucho, se reutilizan para reconstruir baterías.
- Electrólito: Puede reutilizarse en la reconstrucción de baterías, previo reacondicionamiento que implica limpieza y ajuste del pH, adicionando ácido sulfúrico concentrado.

En la figura se aprecia un esquema del proceso de aprovechamiento de las baterías usadas.



Figura N° 179

En la industria del aprovechamiento de baterías usadas se aprecian tres clases de agentes que se dedican a la actividad de recuperación con diferentes niveles de tecnología:

- El recuperador de baja tecnología: Se caracteriza por la utilización de actividades manuales y ningún uso de equipo mecanizado.
- El recuperador con nivel tecnológico intermedio: Usa hornos de cuba y recupera el plástico a través de molienda.
- El recuperador industrial tecnificado: El cual cuenta con procesos estandarizados y a diferencia de los dos anteriores, desarrolla el control de emisiones contaminantes del proceso productivo, éste además de recuperar el plomo le agrega valor en la fabricación de baterías nuevas.

Para la recuperación de metales a partir de pilas y baterías usadas existen básicamente dos tecnologías. Es importante resaltar que se requiere una etapa previa para la separación, debido a que no existe un método universal para todo tipo de pilas (son específicos para pilas Ni-Cd, Ni-MH, de mercurio o de litio).

a) Métodos hidrometalúrgicos:

Básicamente consisten en la disolución parcial o total de metales en agua con ácidos o bases fuertes y extracción selectiva de metales para su uso como materia prima en la industria metalúrgica.

Los procesos cuentan con sistemas de colecta, tratamiento o recuperación del mercurio que se volatiliza durante las distintas etapas:

Molienda (trituration de la masa de pilas previa selección y limpieza),

Separación (tamizado que separa el polvo fino, separación magnética de materiales ferromagnéticos como la carcasa de hierro y de no ferromagnéticos como las piezas de zinc y separación neumática del papel y plástico),

Lixiviación (separación de los metales en la fracción de polvos finos, mediante tratamiento ácido y posterior neutralización para separar sales metálicas),

Cementación (formación de amalgama de Cd y Hg con Zn).

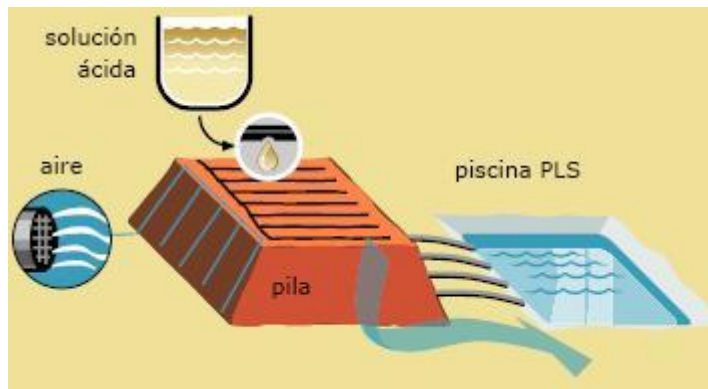


Figura N° 180

b) Métodos pirometalúrgicos:

Involucran la transformación y separación de componentes a partir de tratamiento térmico del residuo en medio reductor (combustión con coque) y separación de los metales volátiles.

En el aprovechamiento de pilas los programas de manejo de estas, generalmente representan un costo significativo para la comunidad, pues el reciclaje de materiales raramente solventa los costos de todo el programa.



Figura N° 181

MÓDULO IV
DISEÑO, CÁLCULO Y EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS
DOMICILIARIAS FIJAS

4.1. Construcción de Instalaciones. Normas y Reglamentaciones

El Reglamento de la Asociación Electrotécnica Argentina dispone el esquema general que se muestra en la página siguiente, al que deben ajustarse las instalaciones eléctricas en inmuebles. En él se usan las siguientes abreviaturas:

RDD:	Red de distribución de la Distribuidora
LAD:	Línea de alimentación de la Distribuidora
DPLA:	Dispositivo de protección de la alimentación de la distribuidora
LAD:	Línea de alimentación de la Distribuidora
M:	Medidor de energía
LP:	Línea principal de la distribuidora
TP:	Tablero principal
CS:	Circuito seccional o de distribución
TSG:	Tablero seccional general
TS o TSi:	Tablero seccional o Tablero seccional N° i
CT:	Circuito terminal

Para el cálculo de la instalación el citado Reglamento prevé una serie de reglas, entre las que se puede citar:

- El "***Grado de Electrificación***".
- El "***Número de Circuitos Necesarios***".
- Los "***Puntos Mínimos de Utilización***".

Clasificación de los circuitos

- a) **Circuitos para usos generales:** Son circuitos monofásicos que alimentan bocas de salida para iluminación y bocas de salida para tomacorrientes. Se utilizan esencialmente en las superficies cubiertas, aunque pueden incorporar bocas en el exterior de éstas, siempre y cuando estén ubicadas en espacios semicubiertos. En estos casos, el grado de protección mínimo para los artefactos conectados en esas bocas deber ser IP44. Estos circuitos deberán tener protecciones para una intensidad no mayor de 16 A y el número máximo de bocas por circuito será de 15 (quince).

Los circuitos para usos generales pueden ser:

- I. Circuitos de iluminación para uso general (sigla **IUG**), para artefactos de iluminación, de ventilación, combinaciones u otras cargas unitarias con corrientes permanentes no mayores a 10 A o 16 A, según normas IRAM 2071 "Tomacorrientes bipolares con toma de tierra para uso en instalaciones fijas domiciliarias, de 10 A y 20 A, 250 V de corriente alterna" o IRAM-IEC 60309 -1 y 2 "Fichas y conectores para uso industrial". Protecciones en ambos polos no mayor de 16 A y no más de 15 bocas de salida.
- II. Circuitos de tomacorrientes para uso general (sigla **TUG**) en cuyas bocas de salida podrán conectarse cargas unitarias de no más de 10 A por medio de tomacorrientes de 2 polos más borne de protección eléctrica (2P+T). Protecciones en ambos polos de corriente no mayor de 20 A con un número máximo de 15 bocas.

- b) **Circuitos para usos especiales:** son circuitos monofásicos que alimentan cargas que no se pueden manejar por medio de los circuitos de uso general, ya sea porque se trata de consumos unitarios mayores que los admitidos, o de consumos a la intemperie. Estos circuitos deberán tener protecciones para una intensidad no mayor de 32 A y el número máximo de bocas por circuito será de 12.

Los circuitos para usos especiales pueden ser:

- I. Circuitos de iluminación de uso especial (sigla **IUE**), solamente para artefactos de iluminación de parques y jardines o en espacios semicubiertos.

II. Circuitos de tomacorrientes de uso especial (sigla **TUE**), donde se puedan conectar cargas unitarias de hasta 20 A (por ejemplo: electrificación de parques y jardines).

- c) **Circuitos para usos específicos:** son circuitos monofásicos o trifásicos que alimentan cargas no comprendidas en las definiciones anteriores, tales como circuitos de alimentación de fuentes de muy baja tensión, circuitos de alimentación de unidades evaporadoras de un sistema de climatización central, circuitos para cargas unitarias como bombas elevadoras de agua, etcétera.

La siguiente tabla resume los tipos de circuitos admitidos por el Reglamento de la A.E.A.

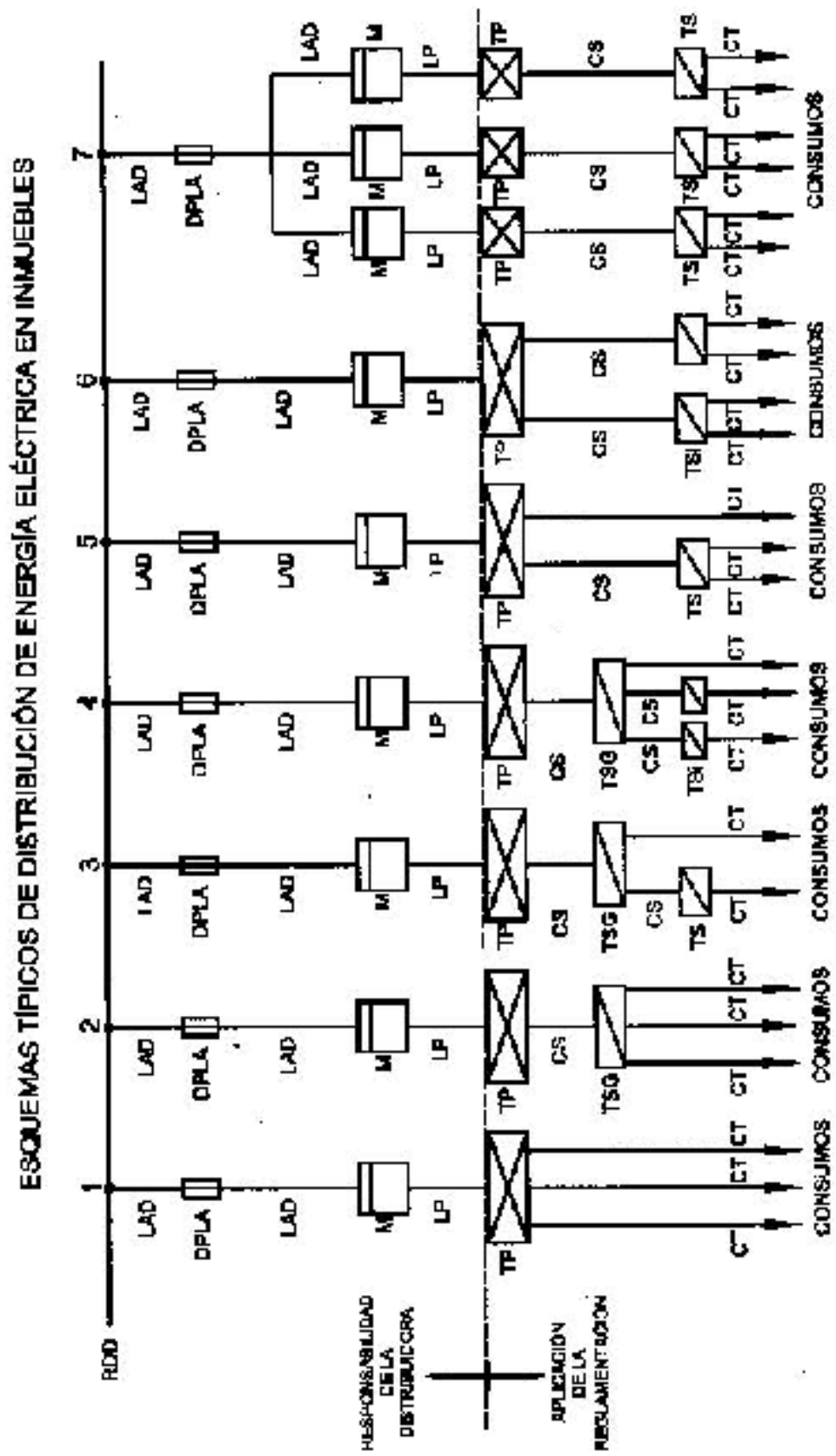


Figura Nº 182

Tipo de circuito	Designación	Sigla	Máxima cantidad de bocas	Máximo calibre de protección
Uso general	Iluminación	IUG	15	16 A
	Tomacorriente	TUG	15	20 A
Uso especial	Iluminación	IUE	12	32 A
	Tomacorriente	TUE	12	32 A
Uso específico	Alimentación a fuentes de muy baja tensión funcional	MBTF	15	20 A
	Salidas de fuentes de muy baja tensión funcional	- - -	Sin límite	Responsabilidad del proyectista
	Alimentación de pequeños motores	APM	15	25 A
	Alimentación de tensión estabilizada	ATE	15	Responsabilidad del proyectista
	Circuitos de muy baja tensión de seguridad	MBTS	Sin límite	Responsabilidad del proyectista
	Alimentación carga única	ACU	No corresponde	Responsabilidad del proyectista
	Otros circuitos específicos	OCE	Sin límite	Responsabilidad del proyectista

Tabla Nº 33

Grados de Electrificación

De acuerdo a los consumos previstos y a la demanda de potencia máxima simultánea, la reglamentación prevé cuatro grados de electrificación para una unidad de vivienda:

Grado de electrificación	Viviendas		Oficinas y Locales	
	Superficie (Límite de aplicación)	Demanda de potencia máxima simultánea calculada	Superficie (Límite de aplicación)	Demanda de potencia máxima simultánea calculada
Mínima	Hasta 60 m ²	Hasta 3,7 kVA	Hasta 30 m ²	Hasta 4,5 kVA

Media	Más de 60 m ² hasta 130 m ²	Hasta 7 kVA	Más de 30 m ² hasta 75 m ²	Hasta 7,8 kVA
Elevada	Más de 130 m ² hasta 200 m ²	Hasta 11 kVA	Más de 75 m ² hasta 150 m ²	Hasta 12,2 kVA
Superior	Más de 200 m ²	Más de 11 kVA	Más de 150 m ²	Más de 12,2 kVA

Tabla N°34

Número Mínimo de Circuitos necesarios en viviendas y en oficinas y locales comerciales

El número mínimo de circuitos que se deben prever en viviendas también está determinado por el grado de electrificación, según el siguiente detalle:

Electrificación	Cantidad mínima de circuitos	Tipo de circuitos					
		Variante	Iluminación uso general	Toma corriente uso general	Iluminación uso especial	Toma corriente uso especial	Circuitos de libre elección
Mínima	2	Única	1	1	-	-	-
Media	3	a)	1	1	1	-	-
		b)	1	1	-	1	-
		c)	2	1	-	-	-
		d)	1	2	-	-	-
Elevada	5	Única	2	2	-	1	
Superior³	6		2	2	-	1	1

Tabla N° 35

Se permite que las líneas de los circuitos de alumbrado y toma corrientes estén alojadas en una misma cañería, pero no deben alimentar una misma boca de salida. Por lo tanto, en

³ El sexto circuito permitido para la electrificación superior es de libre elección y puede responder a circuitos IUG, TUG, IUE, TUE, MBTF, APM, ATE, MBTS, ACU, ITE y OCE.

bocas de salida mixtas (interruptor y toma corriente) cada una de ellas debe estar conectada al circuito de alimentación correspondiente.

Se consideran casos especiales, y deberán estar en cañerías independientes, aquellos con cargas individuales superiores a 8 A en 220 V c a. (Ej. los de aire acondicionado). Se deben proyectar todos los tomacorrientes necesarios para los lugares de empleo de equipos.

Dentro de cada cañería se pueden colocar hasta tres líneas de circuitos de uso general siempre que pertenezcan a la misma fase y que la suma de sus cargas no supere los 20 A y el número de bocas de salida las 15.

Puntos Mínimos de Utilización en Viviendas

Según el grado de electrificación se deben prever como mínimo los siguientes puntos de utilización por ambiente:

Ambiente	Grado de Electrificación	Puntos Mínimos de utilización		
		Iluminación uso general	Tomacorriente uso general	Tomacorriente uso especial
Sala de estar, comedor, escritorio, estudio, biblioteca o similares en viviendas	Mínima	Una boca cada 18 m ² de superficie o fracción (Mínimo: 1)	Una boca cada 6 m ² de superficie o fracción (Mínimo: 2)	- - -
	Media			- - -
	Elevada			Una boca
	Superior			
Dormitorio (Superficie menor a 10 m ²)	Mínima	Una boca	Tres bocas	- - -
	Media			
	Elevada			
	Superior			
Dormitorio (Superficie igual o mayor que 10 m ² hasta 36 m ²)	Mínima	Una boca	Tres bocas	- - -
	Media			
	Elevada			
	Superior			
Dormitorio (Superficie mayor a 36 m ²)	Elevada	Dos bocas	Tres bocas	Una boca
	Superior			

Cocina	Mínima	Una boca	Tres bocas más dos tomacorrientes	---
	Media	Dos bocas	Tres bocas más dos tomacorrientes	---
	Elevada		Tres bocas más tres tomacorrientes	Una boca
	Superior		Cuatro bocas más tres tomacorrientes	
Baño	Mínima	Una boca	Una boca	---
	Media			
	Elevada			
	Superior			
Vestíbulo, garaje, galería, vestidor, comedor diario o similares	Mínima	Una boca	Una boca	---
	Media		Una boca cada 12 m² de superficie o fracción (Mínimo una boca)	
	Elevada			
	Superior			
Pasillo, balcones, atrios o similares	Mínima	Una boca por cada 5 m de longitud o fracción	-	---
	Media		Una boca por cada 12 m² de superficie o fracción (Mínimo una boca)	
	Elevada			
	Superior			
Lavadero	Mínima	Una boca	Una boca	---
	Media		Dos bocas	---
	Elevada			Una boca
	Superior			

Tabla Nº 36

Puntos mínimos de utilización en oficinas y locales:

Según el grado de electrificación se deben prever como mínimo los siguientes puntos de utilización por ambiente:

Ambiente	Grado de electrificación	Puntos mínimos de utilización		
		IUG	TUG	TUE
Salón general	Mínimo	Una boca cada 9 m ² de superficie o fracción (mínimo 1 boca)	Una boca cada 9 m ² de superficie o fracción (mínimo 2 bocas)	---
	Medio			
	Elevado y superior			Una boca cada 18 m de perímetro o fracción
Sala de reuniones, conferencias, microcines o usos similares	Mínimo y medio	Una boca cada 9 m ² de superficie o fracción (mínimo 1 boca)	Una boca cada 9 m ² de superficie o fracción (mínimo 2 bocas)	---
	Elevado y superior			Una boca
Despacho privado	Mínimo y medio	Una boca	Dos bocas	---
	Elevado y superior			
Cocina	Mínimo y medio	Una boca	Dos bocas	
	Elevado y superior	Dos bocas	Tres bocas más un tomacorriente por cada electrodoméstico de ubicación fija	Una boca (puede estar dedicada a un electrodoméstico de ubicación fija)
Baño	Mínimo y medio	Una boca	Una boca	---
	Elevado y superior	Una boca cada 18 m ² de superficie o fracción	Dos bocas (una de ellas libre)	
Vestíbulo o recepción	Mínimo y medio	Una boca cada 9 m ² de superficie o fracción (mínimo 1 boca)	Una boca cada 18 m ² de superficie o fracción (mínimo 1 boca)	---
	Elevado y superior			Una boca
Pasillo	Mínimo y medio	Una boca cada 5 m de longitud o fracción (Mínimo 1 boca)	Una boca cada 5 m de longitud o fracción para pasillos de L > 2 m	---
	Elevado y superior			

Tabla N° 37

Determinación de la potencia simultánea en cada unidad de vivienda

Para su cálculo se debe efectuar el siguiente procedimiento:

- Cálculo de la cantidad de bocas de iluminación y de toma corrientes por cada ambiente.
- Determinación del número de circuitos necesarios.
- Cálculo de la carga probable según un coeficiente de simultaneidad.

Cálculo de la Carga de cada Circuito:

La carga de cada circuito se determinará tomando como base los siguientes valores mínimos para los coeficientes de simultaneidad, establecidos de acuerdo al tipo de circuito y uso:

Circuito	Valor mínimo de la potencia máxima simultánea	
	Viviendas	Oficinas y locales
Iluminación para uso general sin tomacorrientes derivados	66% de la que resulte al considerar todos los puntos de utilización previstos a razón de 150 VA c/u.	100% de la que resulte al considerar por todos los puntos de utilización previstos a razón de 150 VA c/u.
Iluminación para uso general con tomacorrientes derivados	2200 VA por cada circuito	
Tomacorrientes para uso general	2200 VA por cada circuito	
Iluminación para uso especial	66% de la que resulte al considerar todos los puntos de utilización previstos a razón de 500 VA c/u.	100% de la que resulte al considerar por todos los puntos de utilización previstos a razón de 500 VA c/u.
Tomacorrientes para uso especial	3300 VA por cada circuito	

Tabla N° 38

A los resultados que se obtengan, se le pueden aplicar los siguientes coeficientes de simultaneidad, según el grado de electrificación:

Grado de electrificación	Coeficiente de simultaneidad
Mínima	1
Media	1
Elevada	0,9
Superior	0,8

Tabla N° 39

Si una vez aplicado el coeficiente de simultaneidad ocurriera que la potencia máxima simultánea así calculada correspondiera a un grado de electrificación inferior, se mantendrá el grado de electrificación anterior a la aplicación del coeficiente.

4.2. Componentes de una Instalación

Generalidades: Los componentes típicos de una instalación son:

- Acometida.
- Líneas de alimentación.
- Tablero principal.
- Líneas seccionales.
- Tableros seccionales.
- Líneas de circuitos.

Acometidas

Se denomina acometida al punto de conexión del usuario con la empresa proveedora de electricidad; la misma puede ser aérea o subterránea.

La vinculación con la red pública se realiza en una caja denominada "caja de acometida", de la misma se pasa a un medidor de energía de donde normalmente parten las puestas a tierra y los circuitos de distribución.

De acuerdo al tipo de edificación, las cajas y los medidores pueden estar en un pilar en las entradas, en las fachadas, en lugares comunes de los edificios o en lugares especiales de los mismos. Estas especificaciones son fijadas por la compañía proveedora del servicio.

Tableros - Generalidades

En los tableros eléctricos se centralizan los elementos que permiten energizar inteligentemente los circuitos de distribución, fuerza motriz e iluminación.

Están constituidos por cajas o gabinetes que contienen los dispositivos de conexión, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus soportes correspondientes.

Clasificación de los tableros

Tablero Principal

Es el centro de distribución de toda la instalación eléctrica de una residencia ya que:

- Recibe los cables que vienen del medidor.
- Aloja los dispositivos de protección.
- De él parten los circuitos terminales que alimentan a los siguientes tableros.

Tablero Seccional

Es aquel al que acomete la línea seccional y del cual se derivan otras líneas seccionales o de circuito.

Tableros Principales - Requisitos

Estará instalado en lugar seco, de fácil acceso y alejado de otras instalaciones como las de agua, gas, teléfono, etc. Para lugares húmedos o en intemperie, deberán adoptarse las previsiones indicadas por el Reglamento de la A.E.A. El tablero de distribución debe estar localizado en un lugar de fácil acceso y lo más próximo al medidor, a fin de evitar gastos innecesarios en los cables del circuito de distribución. Los locales en donde estén instalados no se destinarán al almacenamiento de combustible ni a elementos de fácil inflamabilidad. La iluminación mínima será de 100 lux. La puerta del local donde esté instalado llevará la identificación "**Tablero Eléctrico Principal**" y estará construida con materiales con una resistencia al fuego similar a las paredes del local (Dto. 351/79 reglamentario de la ley 19.857 de Seguridad e Higiene del Trabajo).

Sobre la acometida de la línea principal en el tablero, deberá instalarse un interruptor que actúe como elemento de maniobra principal, que podrá integrarse con los elementos de protección, esto es:

- Interruptor automático con apertura por sobrecarga y cortocircuito.
- Interruptor manual y fusibles (en ese orden).

Tableros Seccionales - Requisitos

- Estarán ubicados en lugares de fácil localización dentro de la unidad habitacional o comercial y a una altura adecuada, para facilitar el accionamiento de los elementos de maniobra.

- Tendrán buen nivel de iluminación.
- No deben interponerse obstáculos en su acceso.
- Incluirán los siguientes elementos de protección:
 - Como interruptor general se utilizará un interruptor con apertura por corriente diferencial. Alternativamente se puede optar por colocar un interruptor automático o manual y un interruptor diferencial por cada una de las líneas derivadas.
 - Por cada una de las líneas derivadas se instalará un interruptor automático con apertura por sobrecarga y cortocircuito ó, alternativamente, un interruptor manual y fusible (en ese orden).

Características Constructivas

Podrán ser metálicos o de materiales plásticos que, además de rigidez mecánica, presenten características de inflamabilidad, no higroscopicidad y propiedades dieléctricas adecuadas. Asimismo, se caracterizarán por las siguientes propiedades:

- No tendrán partes bajo tensión accesibles desde el exterior.
- El acceso a las partes bajo tensión sólo será posible luego de la remoción de tapas o mediante herramientas especiales.
- Las palancas o elementos de mando de los dispositivos de maniobra deberán ser fácilmente accionables.
- Los componentes eléctricos no podrán ser montados directamente sobre las caras posteriores o laterales sino en soportes, perfiles o accesorios dispuestos a tal efecto.
- Las partes de los tableros no deberán superar las temperaturas establecidas en la norma IRAM 2200.
- Los tableros que tengan más de dos circuitos deberán contar con un juego de barras que permita efectuar el conexionado o remoción de cada uno de los elementos de maniobra, sin interferir con los restantes.

- Las barras deberán diseñarse para una corriente nominal no inferior a la de la línea de alimentación y para un valor de corriente de cortocircuito no inferior al valor eficaz de la corriente de falla máxima en el lugar de la instalación.
- La disposición de las barras deberá ser N.R.S.T. del frente hacia atrás y de arriba hacia abajo.
- Las derivaciones de las barras deberán efectuarse mediante grapas, bornes o terminales apropiados.
- No podrán usarse los tableros como caja de paso o empalme de otros circuitos.
- Los conductores no podrán estar flojos ni sueltos en su recorrido dentro del tablero.
- Los tableros dispondrán de una placa colectora de puesta a tierra perfectamente identificada.
- Los tableros podrán ser diseñados para montaje sobre piso, sobre pared o de embutir.
- Las masas de los instrumentos, relevadores, medidores y transformadores de medición instalados en tableros deberán estar puestas a tierra.

Condiciones a Cumplir por los Elementos de Protección y Maniobra

Las condiciones principales a cumplir serán:

- El interruptor manual y los fusibles deberán tener un enclavamiento tal que no permita que estos puedan ser colocados o extraídos bajo carga.
- El interruptor automático deberá tener la posibilidad de ser bloqueado en la posición de abierto, o bien ser extraíble.
- En el caso de instalaciones monofásicas, se deberá instalar dispositivos de protección y maniobra bipolares.
- Los fusibles e interruptores no deberán intercalarse en el conductor neutro de instalaciones polifásicas. No obstante, sólo en el interruptor principal debe existir un dispositivo que permita seccionar el neutro, verificando que sea solidario con el mencionado interruptor principal de modo de producir la apertura o cierre del neutro en forma retardada o anticipada.

- Las instalaciones monofásicas constituyen un caso particular, en ellas se debe producir el seccionamiento del neutro simultáneamente con el de fase.
- Los motores de corriente alterna (mono o trifásica) deberán tener como mínimo un dispositivo de maniobra y protección que permita el arranque y detención del motor mediante el cierre o apertura de todas las fases o polos en forma simultánea, así como la protección de la línea de alimentación contra sobrecargas y cortocircuitos. En el caso de motores trifásicos, además de la protección indicada, debe utilizarse un dispositivo de protección que interrumpa el circuito de alimentación cuando esté ausente la tensión de una fase.

4.3. Esquemas Típicos de Conexiones para Tableros Seccionales

Vivienda con grado de electrificación mínima

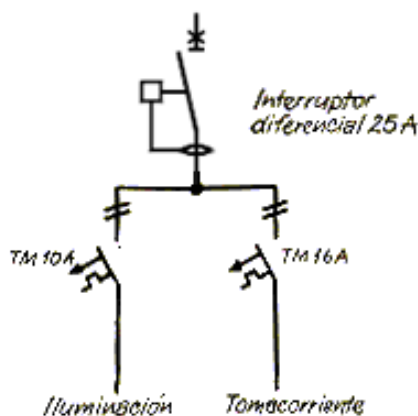


Figura N° 183

Vivienda con grado de electrificación media

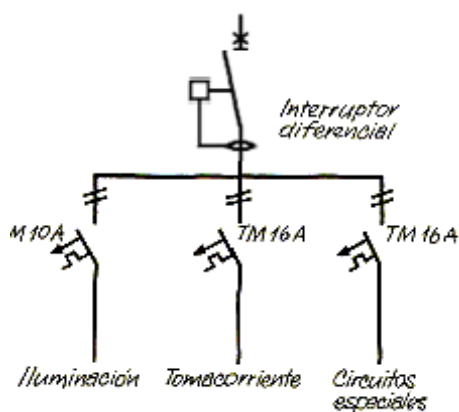


Figura N° 184

Vivienda con grado de electrificación elevada y superior - Componentes de una Instalación

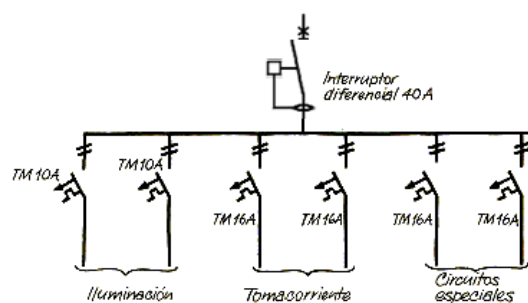


Figura N° 185

Locales comerciales

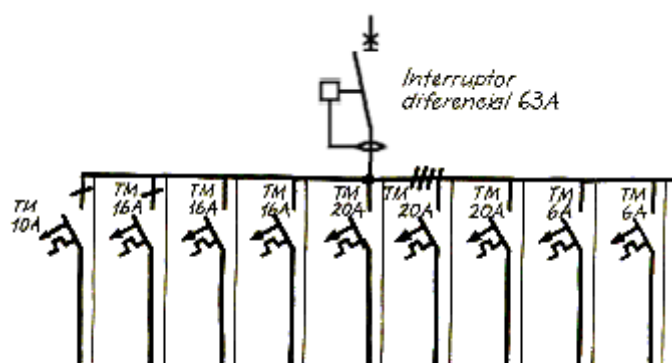


Figura N° 186

4.4. Reglas y Criterios para la Construcción de una Instalación

Planeamiento de una Instalación Eléctrica - Conceptos Generales

Cualquier proyecto de diseño de una instalación eléctrica, ya sea de tipo residencial, comercial o industrial, debe partir de la base de una cuidadosa planificación que incluya principalmente:

- Verificar la conformidad de la instalación con los códigos, normas y estándares aplicables.
- Estudiar las necesidades eléctricas de la edificación.
- Determinar las características del suministro de energía para el sistema completo.

- Llevar a escala los detalles de toda la instalación verificando las limitaciones del presupuesto asignado a la obra.

El diseño propiamente dicho de una instalación eléctrica busca determinar la disposición de los conductores y equipos que transfieren la energía eléctrica desde la fuente de potencia hasta las cargas de la manera más segura y eficiente posible, que se pueden resumir en los siguientes pasos básicos:

1. Seleccionar los conceptos y configuraciones básicas de cableado que suministrarán potencia eléctrica a cada punto de utilización.
2. Implementar los conceptos de circuitos eléctricos con conductores y dispositivos reales, seleccionando tipos, tamaños, modelos, capacidades y otras características de los elementos requeridos.
3. Responder por la instalación del sistema eléctrico completo, como se determinó en los primeros dos pasos, dentro de las dimensiones físicas y la composición estructural de la edificación, mostrando tan claramente como sea posible las localizaciones y detalles del montaje de los equipos, los trayectos de las canalizaciones, las conexiones a las líneas principales de suministro de potencia y otros elementos que requieran atención.

Resumiendo, el proyectista de una instalación eléctrica, además de los conocimientos propios de su profesión debe comprender claramente la relación que existe entre los aspectos puramente técnicos del proyecto y otros factores, tales como la seguridad, la capacidad, la flexibilidad, la accesibilidad, la confiabilidad, la eficiencia y la economía del mismo, como se describe a continuación:

- **Seguridad:** Una instalación segura es aquella que no presenta riesgos.
- **Eficiencia:** Una instalación eficiente es aquella que evita consumos innecesarios.
- **Economía:** El diseñador debe pensar la instalación eléctrica que se ejecute con la menor inversión posible, por ejemplo en horas hombre dedicadas al proyecto y a la instalación eléctrica.
- **Capacidad:** La instalación debe tener capacidad suficiente para atender las cargas para las que está diseñada y una reserva para eventuales ampliaciones.

- **Flexibilidad:** Se entiende por instalación flexible aquella que puede adaptarse a pequeños cambios.
- **Accesibilidad:** Cualquier instalación eléctrica deberá ser fácilmente accesible, tanto para mantenimiento, reparaciones, ampliaciones o alteraciones del mismo.
- **Confiabilidad:** Como parte de la confiabilidad la instalación debe garantizar la continuidad del servicio y el cumplimiento de requisitos mínimos como mantener la tensión dentro de ciertos límites.
- **Legalidad:** La instalación eléctrica debe respetar los requerimientos de las normas y códigos aplicables.
- **Medio ambiente:** Se deben considerar las condiciones de humedad, salinidad y contaminación del medio ambiente donde se construye la instalación, dada la influencia que tienen en la vida útil de la misma. No obstante, deben efectuarse revisiones periódicas.

El resultado del diseño de una instalación son los planos eléctricos, que contienen los diagramas de cableado (unifilares o multifilares), los diagramas de canalizaciones, dibujos isométricos, dibujos de detalles, descripciones técnicas y toda documentación necesaria para transmitir una visión de conjunto del proyecto.

Tipos de Instalaciones de Cables

La determinación del tipo de instalación es de vital importancia, dado que tiene gran influencia en la capacidad de conducción de corriente.

Los tipos de canalizaciones previstos en la Reglamentación de la A.E.A. son:

- Conductores aislados colocados en cañerías: embutidas o a la vista.
- Conductores enterrados: directamente o en conductos.
- Conductores preensamblados en líneas aéreas exteriores.
- Bandejas portacables.
- Blindobarras.

No se permiten las instalaciones aéreas en interiores ni los conductores directamente enterrados en canaletas de madera o bajo listones del mismo material.

Conductores aislados colocados en cañerías

Las cañerías se calculan en base a la sección de los conductores que albergan y a la cantidad de los mismos, no debiendo ocupar más del 35% de la sección libre. Con ambos datos, en la tabla dada por el Reglamento se determina el diámetro de la cañería.

Sección cobre		mm ²	1,5	2,5	4	6	10
Diámetro Exterior Máximo		mm	3,5	4,2	4,8	6,3	7,6
Sección Total		mm ²	9,62	13,85	18,10	31,17	45,36
Caños según IRAM (RL: acero liviano, RS: acero semipesado)		Sección mm ²	Cantidad de conductores				
5/8"	RS16	132	4+PE	2+PE			
	RL16	154	5+P3	3+PE	2+PE		
3/4"	RS19	177	6+P3	4+PE	3+PE		
	RL19	227	7+PE	5+P3	4+PE	2+PE	
7/8"	RS22	255	9+PE	6+P3	4+P3	2+PE	
	RL22	314	11+PE	7+PE	5+P3	3+PE	2+PE
1"	RS25	346	13+PE	9+PE	6+PE	3+PE	2+PE
	RL25	416		10+PE	7+PE	4+PE	2+PE
1 ¼"	RS32	616		15+PE	11+PE	6+P3	4+PE
	RL32	661			12+PE	7+P3	4+PE
1 ½"	RS38	908				9+PE	6+PE
	RL38	962				10+PE	7+PE
2"	RS51	1662				18+PE	12+PE
	RL51	1810					
1"	RS25	346					
	RL25	416	2+PE				
1 ¼"	RS32	616	3+PE				
	RL32	661	3+PE				

1 ½"	RS38	908	4+PE	2+PE	2+PE		
	RL38	962	5+PE	3+PE	2+PE		
2"	RS51	1662	9+PE	5+PE	4+PE	3+PE	2+PE
	RL51	1810	9+PE	6+PE	4+PE	3+PE	2+PE

Tabla N° 40

A los efectos de calcular la cantidad de conductores que albergará una cañería, es conveniente recordar las siguientes pautas:

- Del tablero seccional parten un conductor vivo, uno neutro y uno de tierra por circuito.
- Las llaves se conectan exclusivamente al vivo (no se recomienda hacerlo al neutro).
- Las cajas de techo y de pared reciben un conductor vivo (previo paso del mismo por la llave) y un conductor neutro.
- Los tomacorrientes se conectan directamente a un conductor vivo y a uno neutro.
- Las líneas trifásicas deberán poseer canalizaciones independientes.
- Cada una de las líneas seccionales deberán poseer canalizaciones independientes.
- Se admiten en una cañería hasta tres líneas de circuito de tomacorriente y/o iluminación, siempre y cuando sean de una misma fase y no superen en conjunto 20 Ampere de carga o 15 puntos de iluminación.
- El diámetro mínimo admitido para los caños será de 13 mm. en líneas de circuitos, y de 15 mm. en líneas seccionales y principales.
- La unión de los caños entre sí y de los caños a cajas deberá efectuarse mediante conectores adecuados.
- Los caños podrán ser de material termoplástico según norma IRAM 62386 ó de acero de acuerdo a normas IRAM IAS U 500 -2100, 2005 y 2224.
- En su instalación, los caños no deben curvarse en ángulos menores a 90°, siendo el radio de curvatura mínimo de tres veces su diámetro exterior, no admitiéndose más de tres curvaturas entre cajas.
- En tramos rectos se colocará como mínimo una caja de paso cada 12 metros.

- Antes de instalar los conductores, se deberá haber concluido el montaje de caños y cajas, y completado los trabajos de mampostería.
- Los cables no podrán unirse dentro de la cañería, por lo que entre cajas deben instalarse tramos enteros de cables.
- En las cajas de paso y derivación de las columnas montantes deberá identificarse mediante letras y/o números cada una de las líneas seccionales. Además se evitará totalmente el entrecruzamiento de conductores de distintas líneas seccionales.

Volumen Utilizable en las Cajas de Embutir:

Tipo de Caja	Rectangular 5x10	Cuadrada 10x10	Octogonal grande	Octogonal chica
Volumen [cm ³]	240	400	250	155
Volumen utilizable [cm ³]	120	200	120	75

Tabla N° 41

Volumen Ocupado por Cada Conductor que Pasa por o Deriva en una Caja:

Sección del conductor [mm ²]	1,5	2,5	4	6	10
Volumen mínimo [cm ³]	6	8,5	12	20	25

Tabla N°42

Volumen Típico Ccupado por Dispositivos:

Dispositivo	Interruptor 1P	Tomacorriente 2P+T, 10A	Tomacorriente 2P+T, 20 A
Volumen típico [cm ³]	6 a 25	18 a 38	34 a 40

Tabla N° 43

Identificación de Colores de Conductores:

- **Instalación monofásica:** Neutro: celeste; Conductor de protección: verde/amarillo (bicolor). Fases: cualquier color excepto verde, amarillo, verde/amarillo o celeste.
- **Instalación trifásica:** Fase R: castaño; Fase S: negro; Fase T: rojo y Neutro: celeste.

Curvado de caños metálicos

Las curvas a realizarse en caños metálicos no deberán efectuarse con ángulos menores a 90°. Además, deberán tener como mínimo los radios de curvatura de la siguiente tabla:

Designación comercial	Caño liviano	Radio de curvatura [mm]	
	Designación IRAM	Mínimo	Máximo
5/8"	CL/CR 16	35	45
3/4"	CL/CR 19	42	52
7/8"	CL/CR 22	50	55
1"	CL/CR 25	59	69
1 ¼"	CL/CR 32	74	84
1 ½"	CL/CR 38	90	100
2"	CL/CR 51	120	130

Tabla N° 44

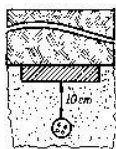
Conductores Subterráneos - Directamente Enterrados

Los cables subterráneos normalmente utilizados responden a la norma IRAM 2178-1 y se pueden instalar directamente enterrados o en conductos (cañerías metálicas cincadas, caños de fibrocemento o de PVC rígido pesado).

Las instalaciones enterradas presentan algunas ventajas, como el hecho de estar menos expuestas a daños durante la instalación y tienen de 10 a 20% más de capacidad de conducción de corriente que los cables en cañerías por su facilidad de disipación térmica. Como contrapartida, requieren un mayor tiempo de instalación y de reparación de fallas.

<i>Trayectoria</i>	• Debe ser lo más rectilínea posible para ahorrar conductor. • Debe tener en cuenta la edificación, las condiciones topográficas del lugar y las construcciones subterráneas (como gasoductos, conductos de agua, etc.) • De seguirse una trayectoria curva, se respetará el radio mínimo de curvatura del conductor. • Se evitará el cruce de terrenos inestables (pantanosos, corrosivos, etc.)
<i>Excavación</i>	• La excavación de zanjas en zonas urbanas o industriales se limita a una profundidad de 40 cm. para evitar dañar cualquier otro tipo de instalación subterránea, posteriormente se puede seguir la excavación con pala hasta alcanzar la profundidad recomendada (mín. 70 cm.), con un ancho acorde al número de cables a instalar. • Si la ruta de instalación pasa a través de calles deben colocarse conductos de PVC u otros elementos para ese propósito. Si los cruces tienen tráfico pesado se debe colocar una losa de concreto. • Se recomienda instalar por lo menos un conducto extra para dejarlo como reserva. • Una vez alcanzada la profundidad de proyecto, se limpiará el fondo de modo que quede libre de piedras, nivelado y compactado y, preferentemente con una capa de arena para mejorar la disipación térmica.
<i>Tipos de terrenos</i> (según el material)	• Tipo A: material suelto y seco, como cal, arena, etc. • Tipo B: conglomerado, que para extraerlo requiere el empleo de herramientas ligeras, como arcilla, etc. • Tipo C: conglomerado cementado, que para extraerlo requiere el empleo de herramientas pesadas, de barrenación o explosivos, como rocas, muros de mampostería, etcétera.

Como protección contra el deterioro mecánico, se utilizarán ladrillos o cubiertas dispuestas como las siguientes ilustraciones:



Recubrimiento de ladrillos y el espacio hueco recubierto con arena.

Factor de reducción de la corriente admisible: 0,84.



Recubrimiento con media caña de cemento y el espacio hueco relleno con arena.

Factor de reducción de la corriente admisible: 0,84.



Para cables armados se admite arena apisonada y recubrimiento de ladrillos.

Factor de reducción de la corriente admisible: 1.

Conductores Subterráneos en Conductos

Es la alternativa ideal cuando el sistema de cables tenga que atravesar zonas construidas, caminos u otros sitios donde no es posible abrir zanjas.

Trayectoria

- Debe ser lo más rectilínea posible para ahorrar conductor.
- Si debe seguir una trayectoria paralela a otras canalizaciones o estructuras subterráneas, no deben localizarse directamente por arriba o por abajo de ellas.
- Si existen cambios de dirección en la trayectoria, deben realizarse por medio de pozos de inspección.

Parámetros para la selección del conducto

- *Relleno:* Es el porcentaje ocupado del conducto, y su objetivo es permitir un adecuado nivel de disipación del calor.
- *Acuñamiento:* El acuñamiento de los cables se produce cuando se instalan tres cables en un conducto con curva.
- *Claro mínimo:* Es a efectos de evitar la presión de la parte superior del cable contra la parte superior del conducto.

Configuración

- El número de conductos en cada banco depende del proyecto, siendo recomendable dejar conductos adicionales como reserva.

- La colocación de los ductos en la trinchera se hace por medio de separadores, dejando un espacio de un diámetro entre ductos. Normalmente los espacios entre conductos se rellenan con concreto.

Materiales de los Conductos

- Deben ser resistentes a los esfuerzos mecánicos, a la humedad y al ataque de agentes químicos del medio.
- Deben impedir que la falla de un cable en un ducto se propague a los otros conductos.
- Deben tener una pendiente mínima del 1% para permitir que el agua drene.
- La unión de los conductos se realizará por medio de acoples que no dejen escalones.
- Los conductos que atraviesen los muros de un edificio deben estar provistos de sellos que impidan la entrada de gases o líquidos al edificio.
- Deben evitarse las curvas; cuando ello no sea posible, tendrán un radio de curvatura mínimo de 12 veces el diámetro del conducto.

Pozos de Inspección

- Deben preverse pozos de inspección en los cambios de dirección y en las longitudes rectas superiores a 100 metros.
- Cuando albergue empalmes, debe tener lugar suficiente para las maniobras.
- Las tapas deben estar construidas en materiales que resistan las cargas que se le impongan con un amplio margen de seguridad.
- Deberán tener facilidad para drenar el agua mediante drenajes en su interior.

Canaletas y Galerías

- Las canaletas son conductos con tapas removibles (macizas o ventiladas) a nivel del suelo. Los cables van directamente enterrados o en conductos.
- Las galerías se diferencian de las anteriores en que pueden ser recorridas en toda su extensión.

Conductores en Líneas Aéreas Exteriores - Requisitos Exigidos

Distancias mínimas exigidas:	<i>De azoteas transitables:</i> - Hacia arriba: 2,75 m. - Hacia abajo: 1,25 m.
Distancias mínimas:	<i>De ventanas o similares:</i> - Hacia arriba desde el alféizar: 2,50 m. - Hacia abajo desde el alféizar: 1,25 m. - Lateralmente desde el marco: 1,25 m.
Distancias mínimas:	<i>Del suelo:</i> - En líneas de acometidas de viviendas: 3,50 m. - Ídem, si atraviesan líneas de circulación de vehículos: 4,00 m.
Distancias mínimas:	<i>De accesos fijos como los previstos para la limpieza de chimeneas desde el exterior:</i> - Hacia arriba: 2,50 m. - Hacia abajo: 1,25 m.
Distancias mínimas:	<i>De instalación de telecomunicaciones:</i> - Hacia arriba: 1,00 m. - Hacia abajo: 1,00 m. - Lateralmente: 1,00 m.
Distancias mínimas:	<i>De árboles y antenas:</i> 1,00 m.
No se permite:	El tendido de líneas aéreas por encima de chimeneas, pistas de juego, campos de deportes y piletas de natación.
Tensión mecánica:	Las líneas serán tendidas de manera tal que, en la condición más desfavorable, la tensión mecánica resultante de los conductores no sea mayor de 60 N/mm ² .
Vanos máximos:	Según la sección de los conductores serán: - Hasta 5 m. para conductores de hasta 4 mm². - Hasta 10 m. para conductores de hasta 6 mm².
Pases de paredes y entradas de conductores a un edificio	Se deben realizar con pipetas de porcelana.

Bandejas portacables: Las bandejas portacables son estructuras rígidas y continuas especialmente realizadas para soportar cables eléctricos, construidas en metal (acero galvanizado o aluminio) o materiales no combustibles (resina epoxi o PVC).

Selección de bandejas: el ancho y la separación de los travesaños dependerán del número de cables y del peso de los mismos. Deben estar diseñadas para soportar todas las cargas estáticas (peso propio) o dinámicas (como del personal que ejecute la instalación) que puedan actuar sobre ellas.

Montaje de bandejas: las bandejas deben montarse de modo de quedar accesibles en todo su recorrido, con una altura mínima de 2,5 m. en interior, 3,5 m. en exterior y 4 m. donde exista paso vehicular, manteniendo una distancia mínima de 0,20 m. entre el borde superior y el techo del recinto. Se las puede montar de las siguientes maneras:

- 1) Colgante, anclado de la losa o estructura.
- 2) Empotrada sobre los muros, con una separación mínima de 30 cm. entre sí, cuando se instalan varias.
- 3) En canalizaciones a la intemperie o en lugares húmedos deberán tener una pendiente mínima del 1% en la dirección de drenaje.

Las uniones y derivaciones de los conductores dentro de las bandejas se deberá realizar utilizando métodos que aseguren la continuidad de las condiciones de aislación eléctrica del conductor de mayor tensión presente.

Todo el sistema de bandejas debe tener continuidad eléctrica y estar sólidamente conectado a tierra. No pueden considerarse como trayectoria de retorno para corrientes de falla.

Cálculo de la Sección del Conductor:

a) La intensidad de corriente no deberá ocasionar un calentamiento sobre el conductor que eleve su temperatura por encima de la especificada para cada tipo de cable.

b) La intensidad de corriente no deberá provocar caídas de tensión superiores a las indicadas a continuación:

- Instalación de alumbrado: 3% en todo momento y circunstancia.

- Instalación de fuerza motriz: 5% (en régimen) en todo momento y circunstancia.
- Máxima caída de tensión permitida: 15% (en el arranque), siempre que no afecte a servicios especiales que exijan condiciones más rigurosas (centro de cómputos, laboratorios, etc.).

La caída de tensión se calculará entre el origen de la instalación (acometida) y cualquier punto de utilización considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

c) Se deberán respetar las secciones mínimas para cada caso (líneas principales, seccionales, etc.) indicadas en las reglas de instalación.

Los cables a utilizar deben responder a la norma IRAM 2183, para los cuales la Asociación Electrotécnica Argentina ha establecido las corrientes admisibles por conductor, indicadas en la siguiente tabla:

Sección del conductor de cobre según Norma IRAM NM 247-3 [mm ²]	Corriente máxima admisible [A]	Sección del conductor de cobre según Norma IRAM NM 247 – 3 [mm ²]	Corriente máxima admisible [A]
1	9,6	50	117
1,5	14	70	149
2,5	18	95	180
4	25	120	208
6	32	150	228
10	43	185	260
16	59	240	290
25	77	300	340
35	96	400	385

Tabla Nº 45

La intensidad indicada en la tabla anterior corresponde a la corriente admisible por conductor para cables instalados en cañerías, embutidas o a la vista, en servicios permanentes y está referida a una temperatura ambiente de 40°C, 70°C en el conductor y para tres cables instalados por caño.

Temperatura ambiente (°C)	Factor de corrección (K _a)	
	En caños	Al aire
25	1,33	1,21
30	1,22	1,15
35	1,13	1,08
40	1	1
45	0,86	0,92
50	0,72	0,83
55	0,50	0,72

Tabla N° 46

Cuando la temperatura ambiente difiera de 40°C, las intensidades máximas admisibles resultarán de las indicadas en la tabla anterior multiplicadas por el factor de corrección por temperatura correspondiente. Asimismo, según la cantidad de conductores que se coloquen en un caño, se deberán aplicar los siguientes coeficientes de corrección.

Cantidad de conductores en un caño	K _a
1 a 3	1
4 a 6	0,8
7 a 9	0,7

Tabla N° 47

I_{Calc}: Corriente calculada

K_c: Factor de corrección

K_a: Factor de agrupamiento

$$I_{adm} = \frac{1,25 \cdot I_{Calc}}{K_c \cdot K_a}$$

4.5. Selección de Conductores

En resumidas cuentas, al tiempo de tener que seleccionar los conductores que se utilizarán en una instalación eléctrica, se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- 1) Identificación por tramo
- 2) Estimación de utilizadores
- 3) Cálculo de la corriente
- 4) Temperatura ambiente y agrupamiento
- 5) Corriente máxima admisible
- 6) Preselección de la sección
- 7) Sección mín. admisible por cada tramo
- 8) Verificación de la caída de tensión
- 9) Recálculo de la sección teniendo en cuenta la caída de tensión

4.6. Reglas de Instalación

Todos los elementos que formen parte de la instalación eléctrica deben responder a las correspondientes normas aprobadas por IRAM.

Los principales tipos de canalizaciones son los siguientes:

- Conductores aislados colocados en cañería, embutida o a la vista.
- Conductores enterrados, directamente o en conductos.
- Conductores preensamblados en líneas aéreas exteriores.
- Bandeja portacable.
- Blindobarras.
- Blindoducto.

No se deberán colocar los conductores directamente en canaletas de madera o bajo listones del mismo material, ni tampoco embutidos o sobre mampostería, yeso, cemento u otros materiales. No se efectuarán instalaciones aéreas en interiores.

Sección Nominal de los Conductores

La sección nominal de los conductores deberá calcularse en función de su intensidad de corriente máxima admisible y caída de tensión . Independientemente del resultado del cálculo, las secciones no podrán ser menores a las siguientes, que se ***considerarán secciones mínimas admisibles***:

Líneas principales	4,00 mm ²
Líneas seccionales	2,50 mm ²
Líneas de circuito para iluminación de usos generales	2,50 mm ²
Línea de circuito para tomacorrientes de usos generales	2,50 mm ²
Líneas de circuitos para usos especiales	2,50 mm ²
Líneas de circuito para usos específicos (excepto MBTF)	2,50 mm ²
Líneas de circuito para usos específicos (alimentación a MBTF)	1,50 mm ²
Alimentaciones a interruptores de efecto	2,50 mm ²
Retorno de los interruptores de efecto	1,50 mm ²
Conductor de protección	2,50 mm ²

En las uniones y derivaciones de conductores de secciones inferiores a 4,00 mm², se admitirán uniones de cuatro conductores como máximo, intercalando y retorciendo sus hebras. Las uniones y derivaciones de conductores de secciones de 4,00 mm² podrán efectuarse del mismo modo en tanto y en cuanto la unión no supere los tres conductores. Para agrupamientos de más de 4 conductores deberán utilizarse borneras normalizadas.

Las uniones y derivaciones de conductores de secciones mayores que 4,00 mm², deberán efectuarse por medio de borneras, manguitos de indentar o soldar, u otro tipo de conexión que asegure una conductividad eléctrica por lo menos igual a la del conductor original. Para los cables preensamblados deberán usarse conectores normalizados a tales efectos.

Prescripciones para Locales Especiales

Locales húmedos: son aquellos en los que las instalaciones están sometidas, en forma permanente, a los efectos de la condensación de humedad con formación de gotas. Los requisitos que deben cumplir las instalaciones en estos locales son los siguientes:

- Las cañerías y cajas serán preferentemente separadas y de material aislante como mínimo 0,02 m. de la pared.
- Los interruptores, toma corrientes, motores y artefactos en general deberán tener como protección mínima IPX1 (Norma IRAM 2444).
- Los gabinetes de los tableros, las cajas de derivación, de tomacorrientes y de alumbrado se sellarán en los puntos de entrada de los conductores. Estarán separadas, como mínimo, 0,008 m. de la pared.

Locales mojados: son aquellos donde las instalaciones eléctricas están expuestas en forma permanente o intermitente a la acción del agua proveniente de salpicaduras y proyecciones. Las instalaciones subterráneas, si son accesibles, deberán considerarse como emplazamientos mojados. Para estos locales rigen los mismos requisitos que para los anteriores más los indicados a continuación:

- Las cañerías serán estancas utilizando para los empalmes y conexiones dispositivos de protección contra la penetración de agua.
- Los aparatos de protección y maniobra y tomacorrientes estarán ubicados preferentemente fuera de estos locales, si ello no fuera posible tendrán como mínimo protección IPX5. Los artefactos de alumbrado, motores y aparatos eléctricos también tendrán protección mínima IPX5.
- Si en los locales existieran vapores corrosivos, todos los elementos de la instalación se protegerán con elementos resistentes a la acción de dichos vapores.

Instalaciones en cuartos de baño: para los cuartos de baño, el Reglamento de la A.E.A. establece las siguientes zonas de seguridad en función del nivel de riesgo que ocasiona el uso de la electricidad:

- **Zona 0:** el volumen interior a la bañera o receptáculo de la ducha y, por extensión, también el interior del bidet o del lavatorio
- **Zona 1:** limitada por un lado por la superficie vertical circunscripta a la bañera o receptáculo de la ducha o, en su ausencia, por la superficie vertical situada a 0,6 m. alrededor de la flor de la ducha, y por otro lado por el plano horizontal situado a 2,25 m. por encima del nivel del fondo de la bañera o receptáculo de ducha.

- **Zona 2:** limitada, por una parte, por la superficie vertical exterior a la Zona 1 y una superficie paralela a ella situada a 0,6 m. de la primera; y, por otra parte, por el piso y por el plano horizontal situado a 2,25 m. por encima del nivel del suelo. Por extensión, también la zona situada a 0,6 m. alrededor de la Zona 0 para bidet. Para lavatorios, la zona equivalente situada a 0,4 m. según se indica en la correspondiente figura.
- **Zona 3:** Limitada, en una parte, por la superficie vertical exterior a la Zona 2 y una superficie paralela situada a 2,4 m de la primera y, en la otra parte, por el piso y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del nivel del suelo. Por extensión, se aplican las mismas condiciones para definir la Zona 3. Para lavatorios, la altura es la indicada en la figura correspondiente.

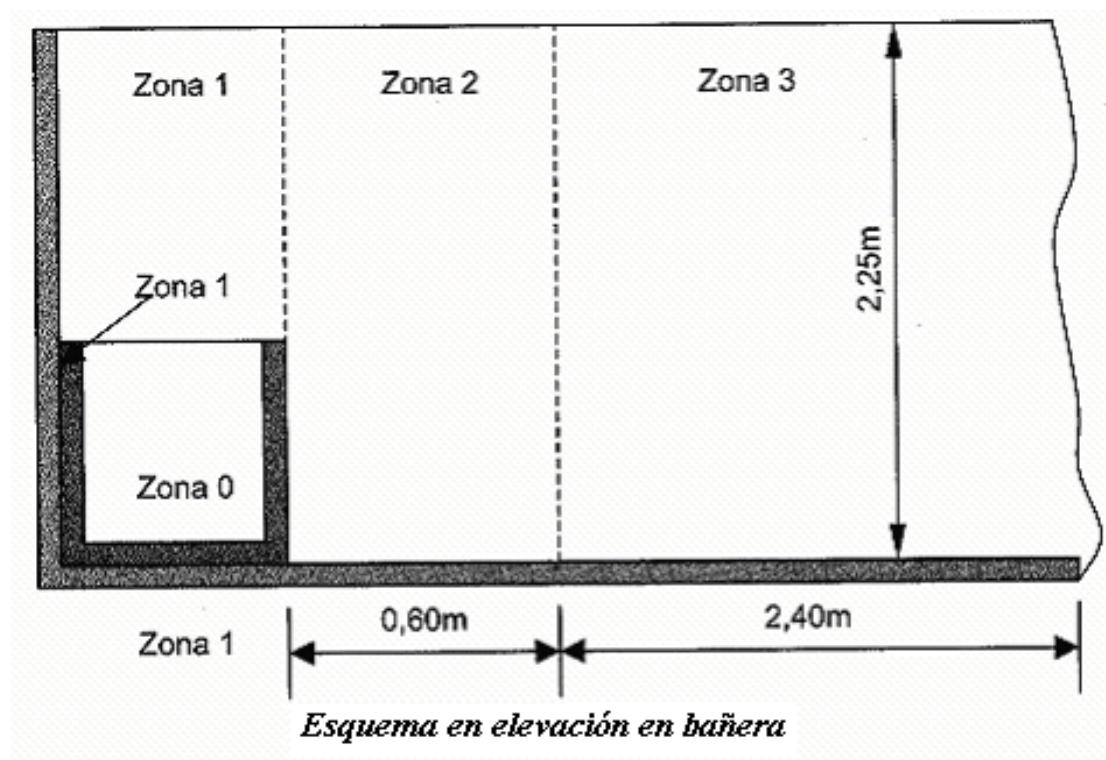
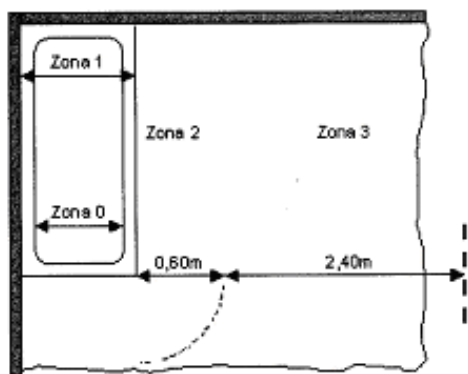
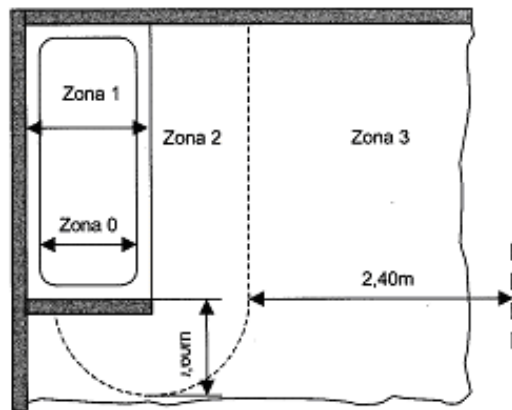


Figura Nº 187

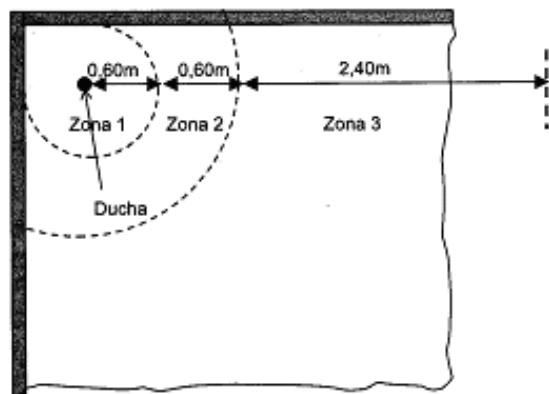
a) Bañera



b) Bañera con tabique fijo



c) Ducha sin receptáculo



d) Ducha sin receptáculo, con tabique fijo

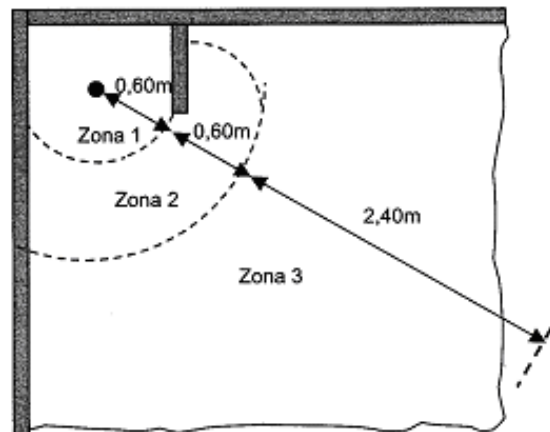


Figura N° 188

Protecciones para Seguridad

Dentro de la Zona 0 se admite sólo la protección por muy baja tensión de seguridad con tensiones no superiores a 12 Vca, estando la fuente de seguridad ubicada fuera de la zona y no se admite equipo eléctrico alguno

En las zonas 0, 1 y 2 no se admiten las cajas de paso ni las de derivación. Tampoco se admiten los tableros o dispositivos de maniobra, protección o conexión alguna.

En la Zona 3, se permiten sólo los tomacorrientes de 2 polos más puesta a tierra que estén alimentados por un transformador de aislamiento, por una fuente de MBTS o por el sistema normal de 220 Vca protegido por un dispositivo de protección por corriente diferencial de fuga de 30 mA máximo.

En la Zona 1 sólo se permiten los aparatos fijos calentadores de agua según normas IRAM específicas.

En la Zona 2 solamente podrán ser instalados aparatos calentadores de agua y luminarias Clase II, con una protección por lo menos equivalente a IP24, siempre que cumplan con las normas IRAM específicas.

Por otra parte, las canalizaciones deberán estar embutidas a una profundidad mayor que 5 cm con cables mecánicamente protegidos. En caso contrario, las canalizaciones deben proveer doble aislación y no deben contener ninguna cobertura metálica. En las zonas 0; y 2, las canalizaciones deben limitarse a las necesarias para la alimentación de los equipos ubicados en ellas, no estando permitida ningún tipo de canalización a la vista en las zonas 0 y 1.

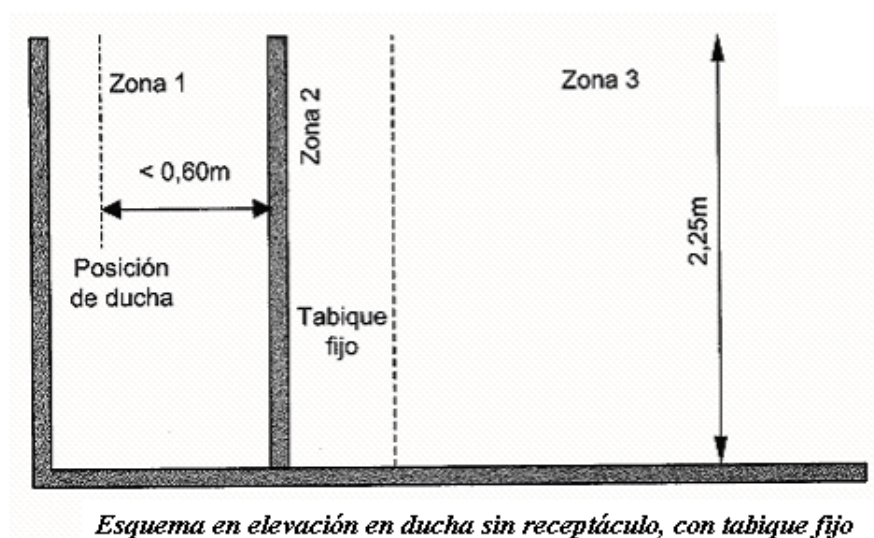


Figura Nº 189

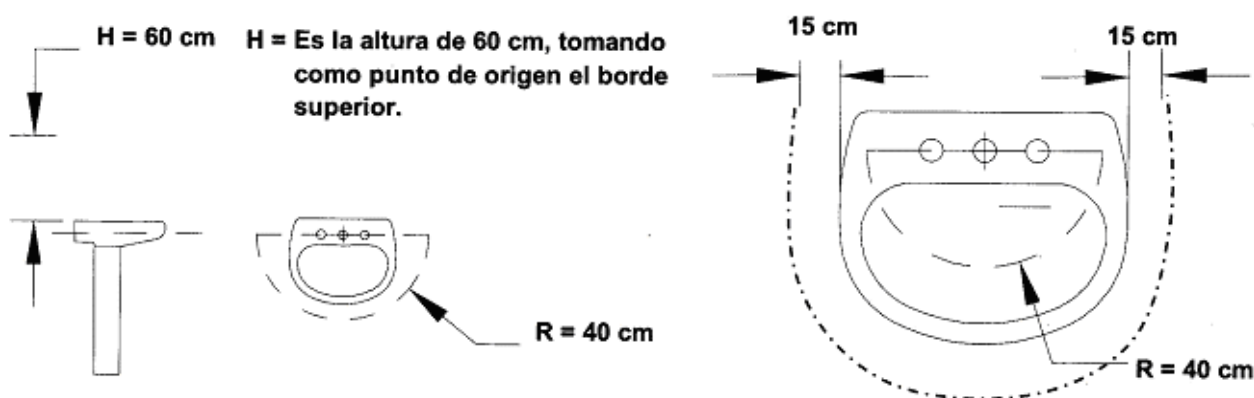


Figura Nº 190

Locales en ambientes peligrosos: son aquellos locales en los que se manipulan, procesan o almacenan materiales sólidos, líquidos o gaseosos susceptibles de inflamación o explosión.

- En la norma IRAM IAP A 20-1 se clasifican estos locales según su peligrosidad, en la 20-3 se cubren los requisitos para motores y generadores a ser utilizados en estos locales, en la 20-4 se tratan las condiciones de construcción de envolturas antideflagrantes y en la 20-5 las lámparas y artefactos de iluminación.
- Se procurará que los equipos estén situados en los lugares de riesgo mínimo o nulo.
- De ser necesario, se pueden reducir los riesgos por medio de ventilación con presión positiva.
- La temperatura superficial de los equipos y materiales eléctricos no debe sobrepasar la de inflamación de los elementos presentes. La instalación debe tener protección contra sobrecargas que aseguren no sobrepasar las temperaturas anteriores.
- Las canalizaciones deberán ser selladas herméticamente en los puntos de entrada a cajas y gabinetes, donde se instalen dispositivos de protección y maniobra.

Instalaciones Temporarias en Obra

Las condiciones de trabajo en edificios en construcción por lo general son de elevado riesgo, por lo que se requiere prestar especial cuidado a las condiciones de seguridad.

La ejecución de las mismas se ajustará al Reglamento General y a lo dispuesto por los códigos de edificación del municipio correspondiente, pero básicamente las mismas establecen:

- Los puntos de alimentación de las empresas distribuidoras de electricidad se ubicarán en el interior del predio.
- El comando de la instalación se efectuará desde un tablero principal en el que se instalarán el interruptor, los portafusibles principales y el protector diferencial. Si existieran varios circuitos se colocarán interruptores y protecciones individuales para cada uno de ellos.
- Los tableros serán aptos para uso en intemperie, con protección al ingreso de polvo (IP5X). No está permitida la colocación de cerraduras.

- La línea de alimentación podrá colocarse en los muros mediante el empleo de aisladores.
- Se deberá realizar la conexión a tierra de todas las masas de la instalación.
- Los interruptores y tomacorrientes deberán protegerse contra daños mecánicos y como mínimo contra goteo de agua (IP43).
- Los motores tendrán cubiertas de material aislante.
- Los aparatos de alumbrado fijo deberán protegerse contra goteo de agua y los portátiles contra salpicadura de agua (IP44).
- Las lámparas tendrán protección mecánica a través de portalámparas de material no higroscópico.

En el inicio de la obra, se solicita al concesionario de energía la colocación de una caja de toma y un medidor provisorio. Una vez terminada la misma, se retiran ambos elementos y se instala la alimentación del medidor o grupo de medidores necesarios.

Instalaciones de Muy Baja Tensión (MBT)

Instalaciones de Servicios Auxiliares de muy Baja Tensión

Comprende los sistemas que se caracterizan por su baja tensión (inferiores a 24 VCC o VCA) y poco consumo energético. Los más frecuentes en los edificios son:

- Instalación de alarma y protección contra incendio.
- Instalación de seguridad contra robo.
- Instalación de telecomunicaciones.
- Instalación de portero eléctrico o intercomunicadores.
- Instalación de señalización, llamada (timbres) y similares.
- Instalación de sistemas de relojes.
- Instalación de circuitos de antenas de TV y de radio.

Los circuitos de MBT exigen condiciones especiales de seguridad, entre las que se pueden mencionar:

- Para tensiones inferiores a 24 VCC o VCA no es necesario tomar medidas especiales de seguridad contra contactos directos o indirectos; no obstante es conveniente que estén protegidas contra sobre intensidades para evitar que se deterioren por esta causa.
- La alimentación se efectuará mediante transformadores con separación eléctrica entre los bobinados primario y secundario, cuyos elementos metálicos y núcleo estarán adecuadamente conectados al sistema de puesta a tierra.
- Los conductores de muy baja tensión deberán disponer de canalizaciones independientes del resto de los circuitos.
- Ninguna de las partes conductoras ni de masa tendrán contacto con partes activas, neutros o masas de los circuitos de potencia.

Instalaciones de Alarma y Protección Contra Incendios

Los sistemas de alarma tienen por objeto informar a una central y a otros repetidores que se está produciendo un siniestro, que debe combatirse antes que adquiera grandes proporciones. Las medidas de protección contra incendios que se pueden tomar son:

- Corte del circuito de aireación y cierre de la válvula de ventilación.
- Cierre de las puertas de protección contra incendios.
- Desconexión de máquinas y equipos.
- Puesta en marcha de una instalación de extracción de humos.
- Extinción automática con agua o gases especiales.

Los detectores automáticos más comunes que se pueden encontrar en el mercado son:

Detector de ionización: Determina la concentración de gases de combustión, visibles e invisibles. Actúa como pronto aviso.

Detector de llamas: Evalúa la claridad variable de un fuego.

Detector de temperatura máxima: Reacciona al sobrepasar una temperatura dada; se dispara por medio de una placa bimetálica.

Detector incremental: Actúa cuando el incremento de temperatura por unidad de tiempo sobrepasa de cierto valor.

Existen otros modelos que son una combinación de avisadores de temperatura máxima y diferencial.

Instalaciones de Seguridad Contra Robos

Su función es evitar automáticamente la entrada de personas a locales que tienen vedados, para lo cual se instalan los detectores que están unidos a una central. Esta central emite una alarma audio-luminosa, pudiendo tenerse repetidores en otros lugares.

Instalaciones de Telecomunicaciones

Una instalación telefónica es un sistema que permite convertir el sonido en corriente eléctrica y ésta nuevamente en sonido.

Las instalaciones telefónicas en interior de edificios normalmente se ajustan a las disposiciones de la concesionaria telefónica de la zona, pudiendo efectuarse la acometida a la red mediante sistemas aéreos o subterráneos.

Instalaciones de Portero Eléctrico e Intercomunicadores

Los circuitos de portero eléctrico en edificios constituyen un caso particular dentro de las instalaciones de comunicaciones en el cual la transmisión se realiza a través de un micrófono o altoparlante y la recepción mediante un altoparlante. Constan de tres partes principales:

- Circuito de accionamiento de puertas mediante cierra puertas magnético y pulsador de piso.
- Circuito de timbre en los pisos mediante pulsador en planta baja.
- Circuito de comunicación mediante micrófono y receptor en puerta de planta baja y microteléfono en los pisos.
- Adicionalmente se puede incorporar un sistema de vídeo que, mediante una cámara convenientemente orientada en las entradas, permita la visualización de la misma desde los pisos.

La cerradura automática y los timbres están conectados a un transformador común de baja tensión en corriente alterna; en cambio el sistema telefónico y los parlantes requieren corriente continua de baja tensión. Para ello, sobre el mismo transformador se coloca un rectificador de corriente que alimenta esta salida.

Todo el sistema debe contar con interruptores generales y protección contra sobre corrientes mediante llave termomagnética.

Instalaciones de Señalización y Llamada (timbres)

El timbre o campanilla consiste en un electroimán cuya armadura está unida a una lámina elástica de acero fijada a su soporte. Al cerrar el circuito con el pulsador, circula corriente por el electroimán, de modo que se forma un campo magnético que atrae la armadura hacia el núcleo.

La atracción brusca hace que el martillo dé un golpe, produciendo un sonido corto. En ese momento, se interrumpe la corriente, cesa el campo magnético y la lámina elástica vuelve a su posición original.

Las campanillas se alimentan de corriente continua o de alterna, a través de un transformador con secundario de 24 V. como máximo.

La reglamentación de instalaciones eléctricas domiciliarias establece que las campanillas, sistemas de alarmas y de señalización se alimenten por medio de circuitos independientes desde el tablero.

Las principales líneas de productos eléctricos para instalaciones domiciliarias cuentan con módulos específicos para estas aplicaciones, como ser:

Instalaciones con Motores

Diseño de una Instalación con Motores

En general los motores tienen "chapas de características" en las que figuran las condiciones nominales de funcionamiento; no obstante, para la instalación deben considerarse otras características que normalmente no se indican, como ser:

- Temperatura ambiente máxima de 40°C.
- Variación de tensión de red +/- %.
- Correcto acoplamiento mecánico con la carga.
- Adecuación de la protección al medio ambiente donde se instale el motor.

En las chapas de características puede leer: 380V., 220V., 380/220V. ó 660/380V. Se debe tener cuidado de conectar cada bobinado de forma tal que reciba independientemente la menor tensión indicada en la chapa. Un esquema característico de conexión trifásica es:



Figura N° 191

Cálculo de Conductores en Instalaciones con Motores

La alimentación de los motores debe diseñarse para evitar calentamientos o caídas de tensión excesivas. Para líneas cortas de alimentación de fuerza motriz se suelen utilizar tablas aproximadas como la siguiente:

Potencia del motor		Monofásicos (1 x 220 V.)			Trifásicos (3 x 380 V.)		
HP	Kw	I motor	I fusible	S del conduct.	I motor	I fusible	S del conduct.
		(A)	(A)	(mm²)	(A)	(A)	(mm²)
0,25	0,18	1,7	4	1,5	0,6	4	1,5
0,50	0,36	2,5	6	1,5	0,9	4	1,5
0,75	0,55	3,8	6	1,5	1,3	4	1,5
1	0,74	6,3	10	2,5	2	6	1,5
1,5	1,1	7,4	15	2,5	3	6	1,5
2	1,47	10,8	15	4	4	6	1,5
3	2,2	16	25	6	5,5	10	2,5
4	3	20	35	10	7,5	15	2,5
5	3,7	28	35	10	10	15	2,5
7,5	5,5	41	50	16	13	25	4
10	7,4	-	-	-	18	25	6

15	11	-	-	-	28	35	10
20	15	-	-	-	33	50	10

Tabla N° 48

Para líneas de mayor extensión se deben considerar las caídas máximas de tensión, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de la A.E.A.

Ensayos sobre las Instalaciones

Inspección Inicial de las Instalaciones

Las instalaciones eléctricas deberán ser objeto de una inspección inicial previa a su puesta en servicio o al realizar una alteración y revisiones periódicas a intervalos preestablecidos.

Durante la realización de los mismos, se deben tomar precauciones que garanticen la seguridad de las personas y que eviten daños a los equipamientos y propiedades. Las mismas se dividen en tres grandes grupos:

Inspección Visual

Comprende:

- Cumplimiento de las normas IRAM de todos los elementos componentes de la instalación, a través del grabado que presentan los materiales o de los catálogos de los fabricantes. Por ejemplo la verificación de que en los conductores embutidos se indique la norma IRAM NM 247 – 3.
- Correcto conexionado de la instalación de puesta a tierra (IRAM 2281).
- Existencia en todos los tomacorrientes de la conexión del conductor de protección de su borne de puesta a tierra (IRAM 2071).
- Operación mecánica correcta de los aparatos de maniobra y protección.
- Acción eficaz de los enclavamientos de los aparatos de maniobra y protección.
- Comprobación de la correcta ejecución de las uniones eléctricas de los conductores.
- Correspondencia entre los colores de los conductores activos, neutro y de protección con los establecidos en el código de colores, es decir colores castaño, negro, rojo y celeste para las fases R, S, T y Neutro, respectivamente; y color verde/amarillo para el conductor de protección. La reglamentación permite otros colores para los

conductores de fase que no sean celeste verde o amarillo, los que están expresamente prohibidos.

- Comprobación de la ubicación, características constructivas e inscripciones indicativas del tablero principal y tableros seccionales.

Conformidad con el proyecto: es un tipo de inspección visual que apunta a verificar la correspondencia de los elementos instalados con los indicados en los planos y las correspondientes memorias técnicas. Entre ellas se pueden mencionar:

- Verificación de la ubicación y destino de los circuitos, secciones de los conductores activos.
- Dimensiones y características de los materiales de las canalizaciones.
- Sección del conductor de protección.
- Características nominales de los aparatos de maniobra, seccionamiento y protección.

Mediciones: Permiten asegurar la confiabilidad de las instalaciones, así como comparar los valores obtenidos con los calculados. Las mediciones propuestas en el Reglamento de la A. E. A. y otros Reglamentos internacionales son:

- Continuidad eléctrica de los conductores activos y de protección.
- Resistencia de aislación de la instalación eléctrica. Permite constatar el estado de los conductores luego del cableado y conexión, previniendo así eventuales fallas de aislación. Adicionalmente, se recomienda verificar la resistencia eléctrica de pisos y paredes.
- Caída de tensión.
- Ensayo al calentamiento.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.

Frecuencia Recomendada para las Inspecciones

- Viviendas unifamiliares o en propiedad horizontal: cada 5 años.
- Edificios comerciales o de oficinas: cada 3 años.
- Cines, teatros u otros destinados a concentraciones de personas: cada 2 años.

- Edificios o locales con peligro de incendio: cada año.

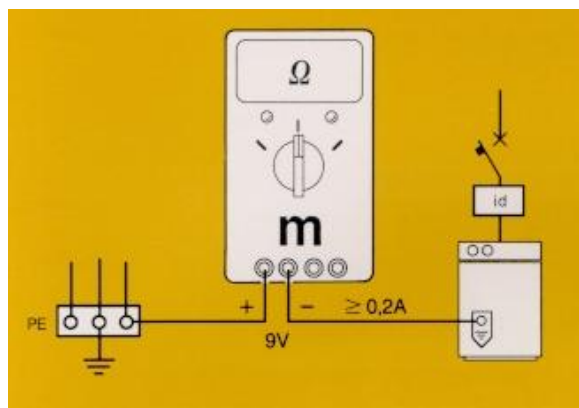


Figura Nº 192

Prueba de continuidad eléctrica: debe verificarse que los conductores no se hayan cortado durante su instalación, y que las cañerías y cajas tengan continuidad metálica para su puesta a tierra. Este ensayo se realiza con un óhmetro de tensión menor a 12 V., con una corriente superior a 0,2 A, debiendo verificarse que, colocando las puntas de prueba de dicho instrumento, en ambos extremos del circuito a medir, la lectura sea igual a cero.

Prueba de la aislación: Debe comprobarse si los conductores con respecto a tierra o a otro conductor están dentro de las normas, que establecen que la aislación debe tener una resistencia de 1000 ohm por volt de la tensión de servicio (por ejemplo, una tensión de 220 V. debe tener una resistencia de 220000 Ohm). Estas mediciones se hacen con un megóhmetro, que da directamente la medición de la resistencia.

Normalmente se verifica que una instalación, para estar correctamente realizada, tenga una resistencia de aislación de 500000 Ohm. (0,5 M Ohm).

Las mediciones a efectuar en sistemas trifásicos incluyen:

- Entre conductores de fase.
- Entre conductores de fase unidos entre sí y neutro.
- Entre conductores de fase unidos entre sí y conductor de protección.
- Entre conductor neutro y conductor de protección.

Para instalaciones monofásicas se realizan:

- Entre fase y neutro.
- Entre fase y conductor de protección.
- Entre neutro y conductor de protección.

Prueba de caída de tensión: debe verificarse a lo largo de las líneas seccionales. Se hace midiendo con un voltímetro la tensión de una fase con respecto a tierra o entre fases, primero en las cercanías del medidor y luego a lo largo de toda la línea hasta el final de los circuitos. Esta prueba debe hacerse a plena carga, es decir, con todos los aparatos funcionando; y, como ya se dijo, no debe superar al 3 % en instalaciones de iluminación y 5 % en fuerza motriz.

Ensayo al calentamiento: debe efectuarse a plena carga con todos los equipos conectados, a fin de verificar si se produce calentamiento en los conductores y en los interruptores como consecuencia de mal cálculo o de falsos contactos. El calentamiento, cuando es excesivo, deteriora rápidamente las aislaciones, siendo necesario proceder al recambio de los conductores afectados. El control se realiza con un termómetro, aunque normalmente se realiza al tacto, con la palma de la mano.

Resistencia del electrodo de tierra: debe comprobarse si la resistencia con respecto a tierra está dentro de las normas, esto es $<40 \text{ Ohm}$.

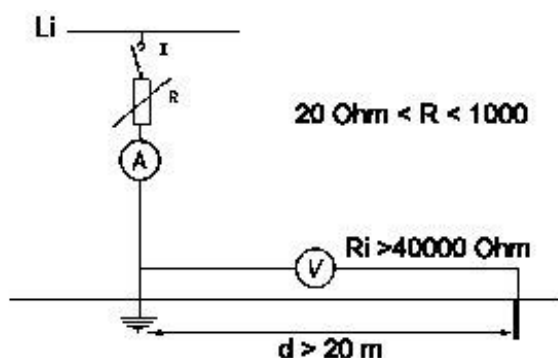


Figura N° 193

La medición de la resistencia de puesta a tierra se efectuará preferentemente de acuerdo a la norma IRAM 2281 - Parte I. Alternativamente, se podrá utilizar el método que se esquematiza en la figura, empleando una resistencia variable entre 20 y 100 Ohm, un amperímetro, un voltímetro con resistencia interna superior a 40000 Ohm (apto para medir una tensión entre 0 y 5 V) y una sonda enterrada a una profundidad de 0,5 m. y a una distancia no menor de 20 m. de la puesta a tierra.

El valor de la puesta a tierra se obtiene mediante el cociente entre la tensión y la intensidad de corriente, medidas con el voltímetro y el amperímetro respectivamente.

Cuando se aplica este método, se debe tener en cuenta que pueden existir tensiones espurias provocadas por corrientes vagabundas en el terreno, capaces de alterar la medición. Por ello, abriendo el interruptor debe verificarse que la lectura del voltímetro sea nula o despreciable; si no lo es el método no es aplicable.

Para partes de la instalación no cubiertas por protección diferencial se deben arbitrar los medios para que la tensión de contacto directo no supere los 24 V.

Trabajo Práctico N° 1 - Proyecto de una instalación unifamiliar

Descripción del proyecto

Se considerará el caso de una planta de vivienda unifamiliar con grado de electrificación media de aproximadamente 100 m², compuesta por living, comedor, 2 dormitorios, baño, cocina, habitación de servicio y galería, con alimentación de 220 V.

El primer paso consiste en ubicar en un plano de planta la entrada del medidor, el tablero principal, las cajas para salidas de iluminación, las cajas para tomacorrientes e indicar el respectivo número de circuito.

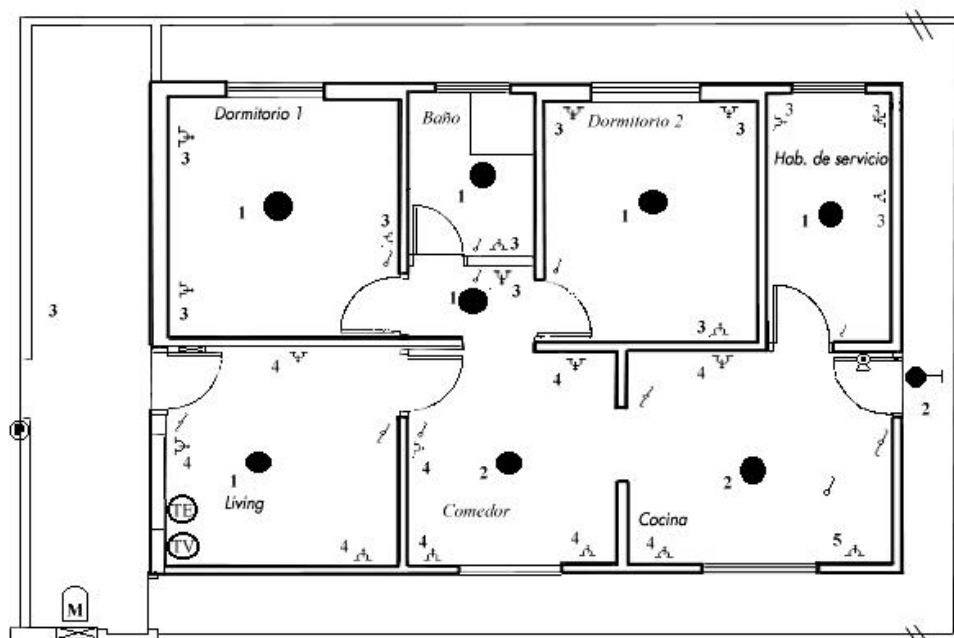


Figura N° 194

Para la designación de los elementos (Referencias) se ha empleado la simbología gráfica de la norma IRAM.

Cálculo de la Demanda

El siguiente paso consiste en determinar la demanda de potencia máxima simultánea.

A los efectos del cálculo se considera la potencia aparente, por lo que se mide en Volt Ampere (V A). La corriente se calcula de la fórmula $I = P / U$, por lo que a modo de ejemplo el circuito 1 sería: $I = 1000 / 220 = 4,5$ A. Posteriormente se vuelcan estos datos en una tabla a efectos de comenzar el proceso de cálculo; en nuestro caso sería:

Circuito Nro.	Local	Potencia (VA)	Potencia total (VA)	Corriente (A)	Factor de agrupa- miento	Corriente corregida (A)	Secc. Cond. mm2
1	Living	1 x 150					
1	Dorm. 1	1 x 150					
1	Baño	1 x 150					
1	Pasillo	1 x 150					
1	Dorm. 2	1 x 150					
1	Hab. serv	1 x 150	900	4.1			
2	Comedor	1 x 150					
2	Cocina	1 x 150					
2	Galería	1 x 150	450	2.1			
3	Dorm. 1	3 x 125					
3	Baño	1 x 1000					
3	Pasillo	1 x 125					
3	Dorm. 2	3 x 125	1875	8.5			
4	Living	3 x 125					
4	Comedor	3 x 125					
4	Cocina	1 x 500 2 x 125					
4	Hab. Serv.	2 x 125 1 x 400	2150	9.8			
5	Cocina	3 x 600	1800	8,2			

Línea seccional							
-----------------	--	--	--	--	--	--	--

Tabla N° 49

Nota: las columnas en blanco se completarán más adelante.

Cálculo de los Electroductos

Para el diseño de los electroductos, se parte del tablero en dirección a la caja de luz en el techo del living y desde allí a los interruptores y tomas de esta dependencia. A continuación podemos ver esta representación en el plano de planta y en tres dimensiones.

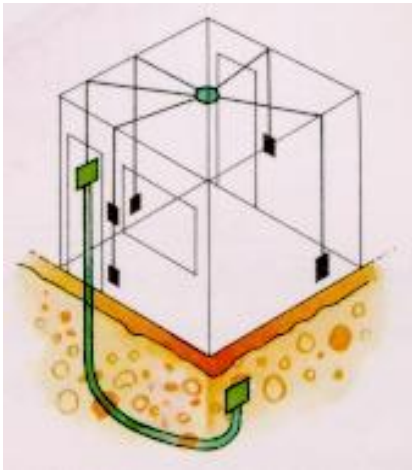


Figura N° 195

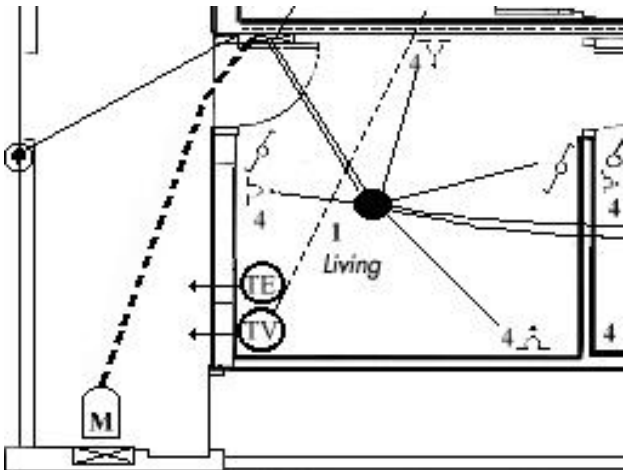


Figura N° 196

Desde la caja de luz en el techo del living se parte con un electroducto hacia la caja de luz en el techo del comedor y desde allí hacia los interruptores y tomas. Para la cocina se procede de igual forma. Obsérvese el diseño en planta y en tres dimensiones.

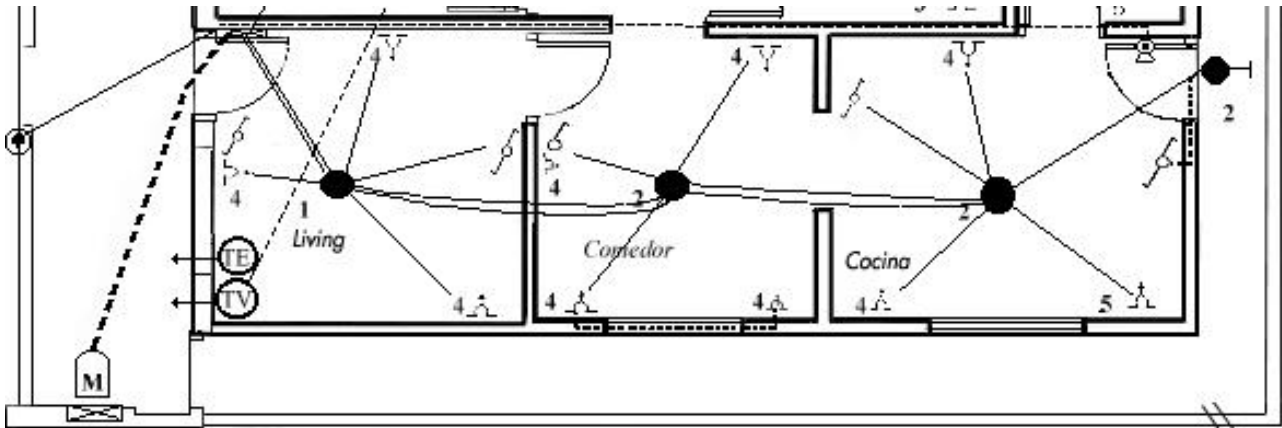


Figura N° 197

Para las demás dependencias se parte con otro electroducto desde el tablero, como se puede ver en el plano adjunto:

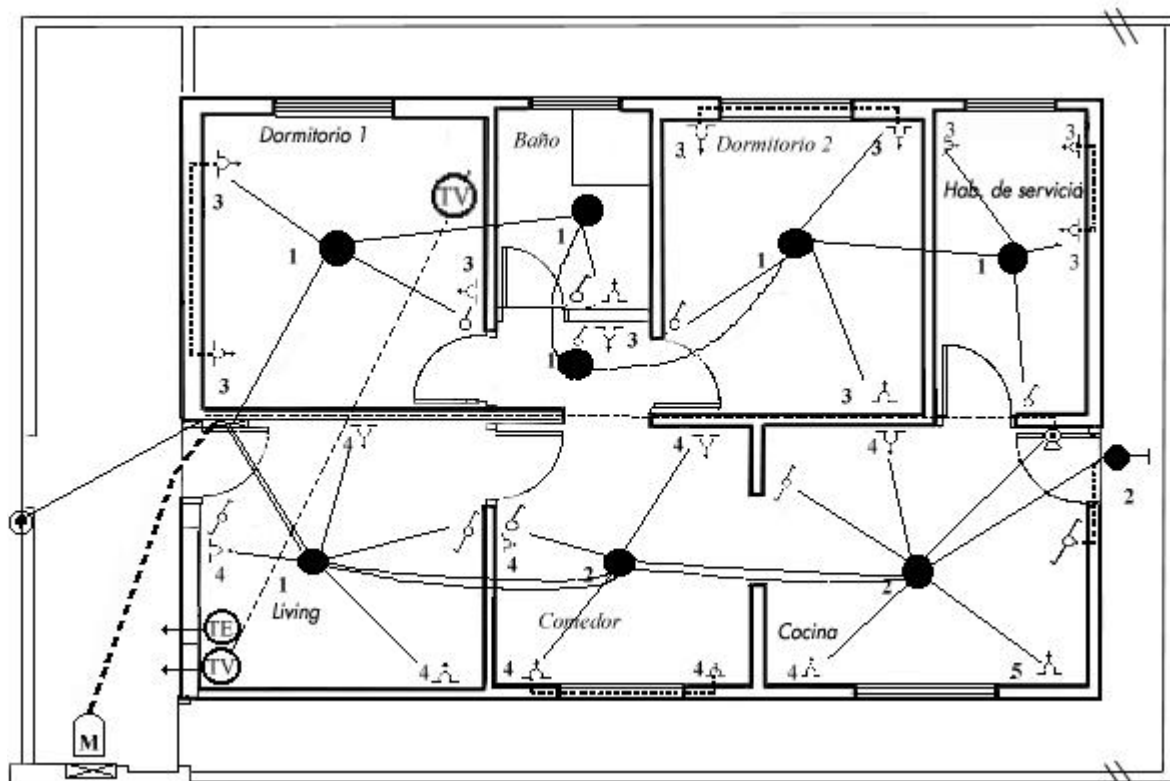


Figura N° 198

Cálculo del Circuito Seccional

Para el cálculo del circuito seccional (el que va del medidor al tablero), en primer lugar, se debe recalcular la potencia en base a los valores mínimos y a los coeficientes de simultaneidad de uso establecidos por el Reglamento de la A. E. A., o sea:

- Para los circuitos generales y de iluminación (circuitos 1 y 2) se considera el 66% de la potencia instalada. En este caso:

$$1350 \text{ V A} \times 0,66 = 891 \text{ V A.}$$

- Para los circuitos de tomacorrientes de uso general (circuitos 3 y 4), se puede adoptar un factor de simultaneidad de 0,75. Dado que en todos los casos estamos por debajo del mínimo exigido de 2200 VA en un toma corriente por circuito se adopta dicho valor. Es decir que la potencia a considerar será de 4400 V A por tratarse de dos circuitos.
- Para los circuitos especiales ó con cargas puntuales (circuito 5), se toma un mínimo de 3300 V A.

Por lo tanto, la potencia total será:

- Circuitos de iluminación: 891 V A.
- Circuitos de toma corrientes de uso general: 4400 V A.
- Circuitos de toma corrientes de uso específico: 3300 V A.
 - Total 8591 V A.

Por lo tanto, la corriente será

$$I = \frac{P}{U} = \frac{8591}{220} = 39,05A.$$

Cálculo de la Potencia de los Circuitos de Distribución

Para calcular la sección de los conductores en los circuitos de distribución, se debe corregir el valor de la corriente calculada por el factor de agrupamiento de cada circuito, a efectos de contemplar el efecto del calentamiento mutuo de los conductores. Para ello, la Reglamentación prevé que si se colocan de 4 a 6 conductores activos en un mismo caño la corriente admisible de los conductores (indicada en tablas) debe multiplicarse por 0,8.

Por ello, se debe consultar el plano de planta con la representación de los electroductos, observando el número de conductores que lo atraviesan. El coeficiente de reducción es el correspondiente al tramo con mayor número de cables en cada circuito.

Una vez determinado este coeficiente se aplica a las corrientes admisibles de los conductores a emplear de modo de obtener la sección mínima apta para la corriente a transmitir.

Como ejemplo se puede citar que la corriente calculada para el circuito 1 es de 4,5 Amper; de acuerdo con la norma IRAM 2183 un conductor de 1 mm² de sección conduce 9,6 Amper, a los que se debe aplicar el coeficiente de reducción de 0,8 (9,6 x 0,8 = 7,7 A). Por lo tanto en esas condiciones de instalación un cable de 1 mm² transmite 7,7 Amper que superan la corriente de la línea (4,5 Amper) por lo que *teóricamente* es apto para la misma.

Circuito	Local	Potencia	Potencia total	Corriente	Factor de agrupamiento	Corriente corregida	Secc. Cond.
Nro.		(VA)	(VA)	(A)		(A)	mm²
1	Living	1 x 150					
1	Dorm. 1	1 x 150					
1	Baño	1 x 150					
1	Pasillo	1 x 150					
1	Dorm. 2	1 x 150					
1	Hab.Serv	1 x 150	900	4.1	0.8	7.7	1
2	Comedor	1 x 150					
2	Cocina	1 x 150					
2	Galería	1 x 150	450	2.1	0.8	7.7	1
3	Dorm. 1	3 x 125					
3	Baño	1 x 1000					
3	Pasillo	1 x 125					
3	Dorm. 2	3 x 125	1875	8.5	0.8	10.4	1.5
4	Living	3 x 125					
4	Comedor	3 x 125					
4	Cocina	1 x 500 2 x 125					
4	Hab. Serv.	2 x 125 1 x 400	2150	9,8	0.8	10.4	1.5
5	Cocina	3 x 600	1800	8,2	0.8	10.4	1.5
Línea seccional			7175	32,6	1.0	59	16

Tabla N° 50

Una vez determinadas las secciones teóricas de los conductores, se debe verificar las secciones mínimas impuestas por el Reglamento de la A. E. A., en este caso es:

<u>Número de circuito</u>	<u>Sección adecuada</u> <u>mm²</u>	<u>Sección mínima</u> <u>mm²</u>	<u>Sección adoptada</u> <u>mm²</u>
1	1,0	2,5	2,5
2	1,0	2,5	2,5
3	2,5	1,5	2,5
4	1,0	1,5	1,5
5	1,0	2,5	2,5
Línea seccional	16	4	16

Tabla Nº 51

Para el conductor de tierra, se adopta la sección mínima indicada en el Reglamento (es decir 2,5 mm²).

Dimensionamiento de los Electroductos

Dimensionar los electroductos es determinar el tamaño nominal (externo) de las cañerías para cada tramo de la instalación.

Estas dimensiones se establecen para que los conductores puedan ser fácilmente instalados o retirados y para contemplar el efecto del calentamiento mutuo; para ello la Reglamentación prevé que la sección de los conductores no supere el 35% de la sección de la cañería, brindando una tabla para determinar los mismos.

Se debe respetar que el diámetro mínimo de las cañerías en líneas seccionales sea de 15 mm. (3/4") y de 13 mm (5/8") para las líneas de circuitos. En este caso resulta:

Tramo	Sección máxima del conductor (mm²)	Número de conductores	Diámetro interior de la cañería (mm)
• Del medidor al tablero	16	2	15
• Del tablero a la boca de techo en el living	2,5	6	15

• De la boca de techo en el living a los tomacorrientes	2,5	3	13
• De la boca de techo en el living a los interruptores	1,5	2	13
• De la boca de techo en el living a la boca de techo en el comedor	2,5	6	15
• De la boca de techo en el comedor a los interruptores	1,5	2	13
• De la boca de techo en el comedor a la boca de techo en la cocina	2,5	6	15
• Entre los tomacorrientes en el comedor	2,5	3	13
• De la boca de techo en la cocina al interruptor	1,5	2	13
• De la boca de techo en la cocina a la boca de salida de la luz exterior	2,5	5	15
• De la boca de salida de la luz exterior al interruptor	1,5	2	13
• De la boca de techo en la cocina al timbre	1,0	2	13
• Del tablero a la boca de techo en el dorm.1	2,5	5	15
• De la boca de techo en el dormitorio 1 a la boca de techo en el baño	2,5	5	15
• De la boca de techo en el dormitorio 1 a los tomacorrientes	2,5	3	13
• Entre tomacorrientes en dormitorio 1	2,5	3	13
• De la boca de techo en el dormitorio 1 al tomacorrientes y el interruptor	2,5	5	15
• De la boca de techo en el baño a la boca de techo en el pasillo	2,5	5	15
• De la boca de techo en el pasillo al tomacorrientes y al interruptor	2,5	5	15
• De la boca de techo en el pasillo a la boca de techo en el dormitorio 2	2,5	5	15
• De la boca de techo en el dormitorio 2 a los tomacorrientes	2,5	3	13
• De la boca de techo en el dormitorio 2 al interruptor	1,5	2	13
• Entre los tomacorrientes en dormitorio 2	2,5	3	13
• De la boca de techo en el dormitorio 2 a la habitación de servicio	2,5	5	15

• De la boca de techo en el dormitorio 2 a los tomacorrientes	2,5	3	13
• De la boca de techo en el dormitorio 2 al interruptor	1,5	2	13
• Entre los tomacorrientes en habitación de servicio	2,5	3	13
• Del timbre al pulsador	0,5	2	13

Tabla N°52

Con estos elementos, se está en condiciones de incluir en el plano los datos faltantes, es decir, la cantidad y sección de los conductores (por debajo de la representación de las cañerías) y el tipo y sección de las cañerías (sobre la representación de las mismas). Asimismo, permite, en caso de ser necesario, efectuar el cómputo de los materiales necesarios para la instalación.

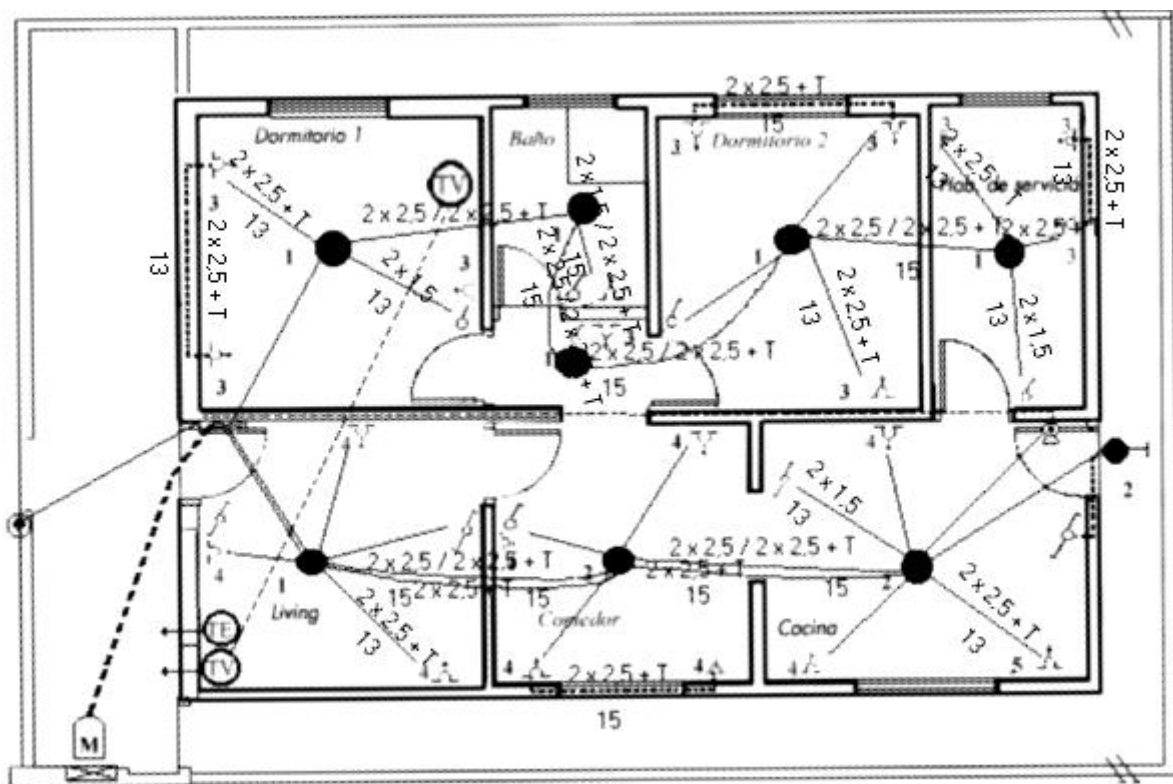


Figura N° 199

Nota: por razones de espacio, sólo se incluyeron algunos de los datos de cañerías y conductores.

Dimensionamiento de las Protecciones

Consiste en determinar el valor de la corriente nominal de los elementos de protección adoptados (Ej. disyuntor + interruptores termomagnéticos) a forma de evitar el recalentamiento de los conductores por sobrecargas y cortocircuitos.

En el tablero principal, la protección puede consistir en un interruptor automático termomagnético bipolar de 63 A.

En el tablero seccional, la protección se conforma con un interruptor diferencial bipolar de 63 A. y corriente de fuga de 30 mA, respaldados por interruptores termomagnéticos bipolares, cuyo dimensionamiento se puede realizar con las tablas prácticas indicadas en el capítulo 12, o sea:

- Para los circuitos 1, 2, 3 y 5, con conductor de 2,5 mm², con capacidad nominal de conducción de 18 A un interruptor con rango de 15-20 A., y.
- Para el circuito 4 con conductor de 1,5 mm² uno de rango 10-15 A.

En base a ellos el esquema general de la instalación sería:

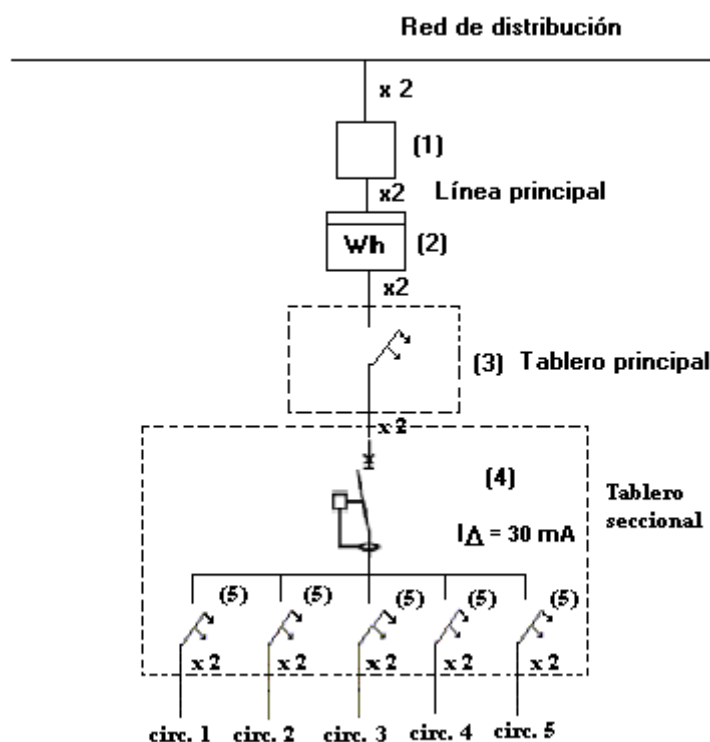


Figura N° 200

Donde:

1. Fusible de la proveedora de electricidad 100 A.
2. Medidor de energía eléctrica.

3. Interruptor bipolar termomagnético de 63 A.
4. Interruptor diferencial bipolar de 63 A. y $I\Delta = 30 \text{ mA}$.
5. Interruptor bipolar termomagnético de 15 A para el circuito 4 y de 20 A para los demás.

Lista de materiales

Consiste en medir, relacionar y sumar todos los materiales necesarios para la instalación.

Para medir las cañerías y cables, se procede directamente sobre el plano de planta y sumar, cuando sea necesario los tramos que suben o bajan de las cajas. Dado que los planos están a escala basta con sumar los metros de cañerías y conductores y convertirlos luego a su valor real.

Para la altura de las cajas de pared, se pueden considerar las siguientes alturas:

- Salida alta: 2,20 m.
- Interruptores y tomacorrientes a media altura: 1,10 m.
- Tomacorrientes a baja altura: 0,30 m.
- Tablero de distribución. 1,10 m.

Una vez que se han determinado la sección de las cañerías, se cuenta el número de cajas (en sus distintos tipos), curvas, codos, boquillas, tuercas, interruptores, tomas, etc.

A modo de ejemplo, se desarrolla el cálculo del dormitorio Nro. 1:

Medida de los electroductos en el plano horizontal:

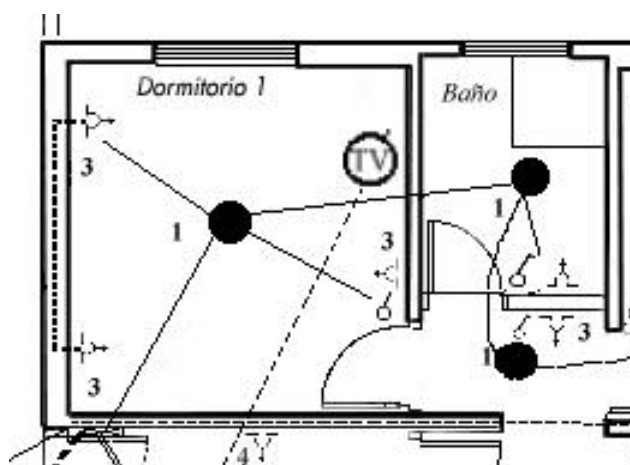


Figura N° 201

Trecho	Tramo horizontal (m)	Subidas Bajadas (m)	Total (m)
Del tablero a la boca de techo en el dormitorio 1 (caño 15 mm)	2.5	1.3	3.8
De la boca de techo en el dormitorio 1 a la boca de techo en el baño (caño 15 mm)	2.7	-	2.7
De la boca de techo en el dormitorio 1 a los tomacorrientes (caño 13 mm).	1.8	1.8	3.6
Entre tomacorrientes en dormitorio 1 (caño 13 mm).	3.0	0.5	3.5
De la boca de techo en el dormitorio 1 al tomacorriente y al interruptor (caño 13 mm).	1.8	1.2	3.0

Tabla N° 53

Sumando las cantidades, queda:

caño de 15 mm.: 6,5 m.

caño de 13 mm.: 10,1 m.

Con igual criterio, se pueden calcular las cantidades de los cables:

Tramo	Tramo horizontal (m)	Subidas Bajadas (m)	Total (m)	Total cable (m)
Del tablero a la boca de techo en el dormitorio 1: 4 conductores de fase de 2,5 + conductor de tierra de 2,5.	2,5	1,3	3,8	f = 15,2 t = 3,8
De la boca de techo en el dormitorio 1 a la boca de techo en el baño: 4 conductores de fase de 2,5 + conductor de tierra de 2,5.	2,7	-	2,7	f = 10,8 t = 2,7

Tabla N° 54

Tramo	Tramo horizontal (m)	Subidas Bajadas (m)	Total (m)	Total cable (m)
De la boca de techo en el dormitorio 1 a los toma corrientes: 2 conductores de fase de 2,5 + conductor de tierra de 2,5.	1,8	1,8	3,6	f = 7,2 t = 3,6
Entre tomacorrientes en dormitorio 1: 2 conductores de fase de 2,5 + conductor de tierra de 2,5.	3.0	0.5	3,5	f = 7,0 t = 3,5

De la boca de techo en el dormitorio 1 al toma corriente y al interruptor: 2 conductores de fase de 2,5 + conductor de tierra de 2,5 y 2 conductores para retorno de 1,5	1,8	1,2	3,0	f=6,0 + f=6,0 t=3,0
--	-----	-----	-----	---------------------------

Tabla N° 55

Sumando todas las cantidades resulta:

- Cable de fase de 2,5 mm²: 46,2 m.
- Cable de fase de 1,5 mm²: 6,0 m.
- Cable de protección de 2,5 mm²: 16,6 m.

Medidas de las cajas, curvas, interruptores, etc.: estando definidas las dimensiones de los caños y el tipo de salidas, sólo es necesario proceder a su recuento. En este caso resulta:

- 1 caja octogonal de 4" x 4".
- 4 cajas de 4" x 2".
- 3 tomas de 2P + T.
- 1 interruptor simple.
- 7 curvas de 90° de diámetro 15 mm.
- 9 boquillas.

Efectuando estas operaciones para todas las dependencias, se suele hacer una tabla resumen con cantidades (referidas a la unidad de medida de cada producto), precios y montos totales, por ejemplo:

<u>Lista de componentes</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio unitario</u>	<u>Monto</u>
Caños rígidos de diam. 15	4 tiras		
Caños rígidos de diam. 13	2 tiras		
Conductor de 2,5 mm ²	20 rollos		
....			

....			
------	--	--	--

Tabla N° 56

Completando esta lista de materiales se puede considerar concluido el proyecto.

Pliego de Instalación Eléctrica

Es común acompañar los proyectos de un pliego técnico que abarque la descripción de los trabajos y equipos.

Trabajo Práctico N° 2 - Proyecto de un edificio pequeño

Descripción del Proyecto

Para la realización de este caso práctico emplearemos un método más simplificado que el empleado en el TP N° 1. Supongamos un edificio de departamentos de las siguientes características:

Subsuelo	• Sala de medidores de luz. • Sala de medidores de gas. • Sala de cisterna y bombas de agua.
Planta baja	• Un local de 40 m². • Hall de entrada.
Planta tipo	• Diez pisos con dos unidades de vivienda cada uno de 81 m², con la siguiente disposición: • comedor: 18 m². • living-comedor: 12 m². • 2 dormitorios: 20 m². • baño: 4,5 m². • cocina: 8,5 m². • lavadero: 3,5 m². • pasillo: 2 m². • Hab. de servicio: 9 m². • Baño de servicio: 3,5 m².

Azotea	Sala de máquinas (2 ascensores).
---------------	--

Tabla N° 57

Se supone un grado de electrificación media con alimentación de 220 V.

Cálculo de la Demanda de las Unidades de la Vivienda

Para calcular los consumos de cada unidad se debe recurrir al "número mínimo de puntos de utilización" indicado en el Reglamento de la A.E.A., para viviendas con grado de electrificación medio. En nuestro caso sería:

- Uno para bocas de alumbrado.
- Uno para tomacorrientes de usos generales.
- Uno para tomacorrientes de usos especiales.

Para los "Puntos mínimos de utilización" se considerará:

Habitación	Requisitos del reglamento	Alumbrado	Tomas de uso general	Tomas de uso específico
Comedor (18 m²)	Bocas de alumbrado (mín. 1 c/20 m²): se adoptan 2 Tomacorrientes (mín. 1 c/6 m²):	2	3	-
Living-comedor (12 m²)	Bocas de alumbrado (mín. 1 c/20 m²): se adoptan 2 Tomacorrientes (mín. 1 c/6 m²)	2	2	-
Habitación	Requisitos del reglamento	Alumbrado	Tomas de uso general	Tomas de uso específico
Dormitorios (10 m²)	Independientemente de su superficie llevarán 1 boca de alumbrado y 3 tomacorrientes de usos generales: se adoptan el doble.	2	6	-
Cocina (8,5 m²)	Bocas de alumbrado (mín. 2) Tomacorrientes (mín. 3)	2	5	1
Pasillo (2 m²)	Una boca de alumbrado y un tomacorriente de usos generales.	1	1	-

Baño (4,5 m²)	Una boca de alumbrado y un tomacorriente de usos generales.	1	1	-
Lavadero (4,5 m²)	No está contemplado en la reglamentación, por lo que se adopta 1 boca de alumbrado y un tomacorriente de usos generales.	1	1	1
Habitación de servicio (9 m²)	Bocas de alumbrado (mín. 1 c/20 m²) Tomacorrientes (mín. 1 c/6 m²)	1	2	-
Baño de servicio (3,5 m²)	Una boca de alumbrado y un tomacorriente de usos generales.	1	1	-
Total		13	22	-

Tabla N° 58

Dado que la cantidad de tomacorrientes supera los 15, se deben prever dos circuitos para los mismos. Luego, el cálculo de la demanda será:

- 13 bocas de alumbrado a razón de 150 VA por boca:

$$13 \times 150 = 1950 \text{ VA}$$

Siendo la demanda simultánea de:

$$1950 \times 0,66 = 1287 \text{ VA}$$

- Para la demanda en los circuitos de tomacorrientes, en tanto no se cuente con datos más precisos, se debe considerar 2200 VA por circuito, en este caso sería:

$$2200 \times 2 = 4400 \text{ VA}$$

- Análogamente, para el circuito de tomacorrientes especiales se considera el mínimo de 3300 VA.
- En total resulta:

$$1287 + 4400 + 3300 = 8987 \text{ VA}$$

Dado que este valor supera los 6000 VA, la vivienda debe ser considerada como de grado de electrificación elevado, por lo que deben revisarse los números mínimos de bocas y de circuitos previstos originalmente.

Recálculo de la demanda de las unidades de vivienda para una vivienda de grado de electrificación elevado, se deben prever los siguientes circuitos:

- Dos para bocas de alumbrado.
- Dos para tomacorrientes de usos generales.
- Dos para tomacorrientes de usos especiales.

Para los "Puntos mínimos de utilización" se considerará:

Habitación	Requisitos del reglamento	Alumbrado	Tomas de uso general	Tomas de uso específico
Comedor (18 m²)	Bocas de alumbrado (mín. 1 c/20 m ²): Tomacorrientes (mín. 1 c/6 m ²):	2	3	1
 Living-comedor (12 m²)	Bocas de alumbrado (mín. 1 c/20 m ²) Tomacorrientes (mín. 1 c/6 m ²)	2	2	1
Dormitorios (10 m²)	Independientemente de su superficie llevarán 1 boca de alumbrado y 3 tomacorrientes de usos generales.	2	6	2
Cocina (8,5 m²)	Bocas de alumbrado (mín. 2) Tomacorrientes (mín. 3)	2	5	1
Pasillo (2 m²)	Una boca de alumbrado y un tomacorriente de usos generales.	1	1	-
Baño (4,5 m²)	Una boca de alumbrado y un tomacorriente de usos generales.	1	1	-
Lavadero (4,5 m²)	No está contemplado en la reglamentación, por lo que se adopta 1 boca de alumbrado y un tomacorriente de usos generales.	2	1	1
Habitación de servicio (9 m²)	Bocas de alumbrado (mín. 1 c/20 m ²) Tomacorrientes (mín. 1 c/6 m ²): se adoptan 3	1	2	1
Baño de servicio (3,5 m²)	Una boca de alumbrado y un tomacorriente de usos generales.	1	1	-
Total		14	22	7

Tabla N° 59

Dado que la cantidad de tomacorrientes supera los 15, se deben prever dos circuitos para los mismos. Luego, el cálculo de la demanda será:

- 7 bocas de alumbrado:

$$7 \times 150 = 1050 \text{ VA por circuito}$$

Siendo la demanda simultánea de:

$$1050 \times 0,66 = 693 \text{ VA}$$

- Para los dos circuitos resulta = 1386 VA.
- Para la demanda en los circuitos de tomacorrientes, se mantiene el criterio de considerar 2200 VA por circuito, en este caso sería $2200 \text{ VA} \times 2 = 4400 \text{ VA}$.
- Análogamente, para los circuitos de tomacorrientes de usos especiales se considerará 3300 VA. c/u, o sea 6600 VA.
- La potencia máxima simultánea total de cada vivienda resulta: $1386 + 4400 + 6600 = 12386 \text{ VA}$.

Dado que en nuestro ejemplo tenemos 20 unidades de vivienda, el coeficiente de simultaneidad a considerar entre las mismas es del 50%; ello nos daría una potencia total simultánea de:

$$12386 \times 20 \times 0,5 = 123860 \text{ VA.}$$

Cálculo de la Demanda Total del Inmueble

A) Cálculo de la Demanda para el Local

Si no se cuenta con mayores precisiones, se considera que presenta un grado de electrificación medio, por lo que se deben prever los siguientes circuitos:

- Un circuito para bocas de alumbrado = 1190 VA (*).
- Un circuito para tomacorrientes de usos generales = 2200 VA.
- Un circuito para tomacorrientes de usos especiales = 3300 VA.

(*) Este valor se eligió para no sobrepasar el valor de 6000 VA correspondiente al grado de electrificación elegido y, considerando 150 VA por boca y un coeficiente de simultaneidad de 0,66 equivale a 12 bocas, que se considera un valor aceptable.

B) Cálculo de la Demanda para los Servicios Generales

Para su cálculo se suponen conocidas las potencias de todas las cargas instaladas, que en nuestro caso serán:

- Ascensores (2) = 4000 VA (2 circuitos) = 8000 VA.
- Circuito de luz de coches = 250 VA (2 circuitos) = 500 VA.
- Circuitos de bombas de agua = 2 x 1000 VA = 2000 VA.
- Circuito de iluminación de palieres (fijo) = 1200 VA.
- Circuito de iluminación de palieres (automático) = 1200 VA.
- Circuito de tomacorrientes en palieres = 2200 VA.
- Iluminación del Hall de entrada = 700 VA.
- Iluminación sala de máquinas, bombas y medidores = 700 VA.
- Total = 16500 VA.

Para el cálculo de la potencia simultánea se adopta un coeficiente de simultaneidad de uno para los ascensores; de 0,5 para las bombas de agua (sólo funciona una por vez); y de 0,66 para el resto. Ello da una potencia total simultánea de = 13460 VA = $(700+700+2200+1200+1200) \times 0,66 + 2000 \times 0,5 + 8000 + 500$

C) Cálculo de la Demanda Total del Inmueble

- Viviendas = 123860 VA
- Local comercial = 6000 VA
- Servicios generales = 13460 VA
- Total = 143320 VA.

Si se considera un factor de potencia de 0,85 resulta:

- Viviendas (c/u) $12386 \times 0,95 / 1000 = 11,76$ kW
- Local $6000 \times 0,95 / 1000 = 5,7$ KW
- Servicios generales $13460 \times 0,95 / 1000 = 12,8$ kW

Dimensionamiento de los Conductores

A título de ejemplo, sólo se realizará el cálculo para las unidades de vivienda y considerando la caída de tensión sólo para la línea seccional. Obviamente, en una instalación real se debe realizar este cálculo para todos los circuitos.

A) Cálculo de los Circuitos de Alumbrado

La corriente de proyecto es $I_p = S / U = 577,5 \text{ VA} / 220 \text{ V} = 2,63 \text{ A}$.

Siendo la corriente de proyecto inferior a la del conductor mínimo admisible para este tipo de circuitos (13 Amper para $1,5 \text{ mm}^2$), se adopta esta sección para los mismos.

B) Cálculo de los Circuitos de Tomacorrientes de Uso General

De la misma forma resulta $I_p = S / U = 2200 \text{ VA} / 220 \text{ V} = 10 \text{ A}$

Siendo menor a la corriente admisible del cable de $1,5 \text{ mm}^2$ (13 A), también se adopta cable de $1,5 \text{ mm}^2$.

C) Cálculo de los Circuitos de Tomacorrientes de Uso Especial

$I_p = S / U = 2750 \text{ VA} / 220 \text{ V} = 12,5 \text{ A}$

Siendo menor a la corriente admisible del cable de $2,5 \text{ mm}^2$ (18 A), se adopta cable de $2,5 \text{ mm}^2$.

D) Cálculo de la Línea Seccional

Colocándonos en la situación más desfavorable, la corriente sería:

$I_p = S / U = 11055 \text{ VA} / 220 \text{ V} = 50,25 \text{ A}$

Este valor, al igual que el del TP N° 1, resulta claramente exagerado, por lo que se debe efectuar un análisis mucho más acabado de los coeficientes de simultaneidad a efectos de realizar una instalación segura pero económicamente razonable. Despreciando estas consideraciones calcularemos la sección de conductor suponiendo una alimentación por los montantes de los ascensores, donde no hay peligro de sobre elevaciones de temperatura.

Por lo tanto, el coeficiente de corrección a aplicar a los valores de tablas será de 1,22; ello significa que para un conductor de 10 mm^2 cuya corriente nominal es de 43 A para esta modalidad de instalación será $43 * 1,22$, o sea 52,5 Amper.

Siendo este valor superior a la corriente de cálculo de 50,25 A es válida la sección de 10 mm².

E) Verificación de la Caída de Tensión

Se aplica la expresión:

$$\Delta U_s = I_p \times R_s$$

- ΔU_s es la caída de tensión de la línea seccional (en V)
- R_s la resistencia del conductor correspondiente a dicha línea (en Ω), expresada por la fórmula:

$$R_s = \frac{\rho \times L_s}{S}$$

con $\rho = 0,0178 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ (resistividad del cobre)

L_s = longitud de los conductores activos, considerando la distancia más comprometida será 10 pisos x 2,8 m. por piso = 28 m. Pero al ser dos los conductores activos (fase y neutro) esa longitud resulta ser de 56 metros.

S es la sección del conductor.

Por lo tanto será:

$$R_s = \frac{0,0178 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \times 56\text{m}}{10\text{mm}^2} = 0,10\Omega$$

Siendo el valor absoluto $\Delta U = 50,25 \text{ A} \times 0,10 \Omega = 5,03 \text{ V}$

y en forma porcentual:

$$\Delta U\% = \frac{5,03}{220} = 2,3\%$$

Valor que está por debajo del valor exigido del 3%, por lo que la sección de 10 mm² cumple la verificación de caída de tensión.

F) Verificación por Corriente de Cortocircuito

Se debe cumplir la fórmula:

$$S \geq \frac{I_{cc} \sqrt{T}}{C}$$

donde:

t = duración del cortocircuito (sec.)

S = sección del conductor (mm²)

I_{cc} = corriente de cortocircuito (A)

C = 115 para cables en cobre aislados en PVC (160°C)

= 74 para cables en aluminio aislados en PVC (160°C)

= 143 para cables en cobre aislados en XLPE (250°C)

= 92 para cables en aluminio aislados en XLPE (250°C)

Si consideramos que las corrientes de cortocircuito de las compañías prestadoras están en el orden de los 3000 A, y que los tiempos de actuación de las protecciones (interruptores automáticos) están en el orden de los 20 milisegundos, resulta que S = 3,72 mm² para C=115; valor muy inferior al adoptado de 10 mm².

Dimensionamiento de las Protecciones

Si bien el Reglamento admite el empleo del conjunto interruptor con fusibles, en la práctica se emplean protectores automáticos que deben verificar que su corriente nominal (I_n) sea menor que la corriente admisible del conductor (I_c) y mayor que la corriente total del circuito (I_p).

A) Tablero Seccional

Se admiten dos variantes:

- Un interruptor diferencial para el corte general y tantos interruptores automáticos como circuitos existan. Es el más sencillo y económico pero ante una falla a tierra deja fuera de servicio a todos los circuitos.

- Un interruptor automático o manual como corte general y para cada circuito un conjunto diferencial con interruptor automático.

Para nuestro ejemplo se adoptará la primera variante, siendo:

- Circuitos de alumbrado: Interruptores automáticos bipolares de 6 A. de corriente nominal, con capacidad de ruptura de 3 KA, con lo que se cumple que $I_p < I_n < I_c$, en nuestro caso $2,63 \text{ A} \leq 6 \text{ A} \leq 13 \text{ A}$.
- Circuitos de tomacorrientes de uso general: análogamente se elegirán interruptores automáticos bipolares de 10A, verificándose que $I_p < I_n < I_c$, en nuestro caso $10 \text{ A} \leq 10 \text{ A} \leq 13 \text{ A}$.
- Circuitos de tomacorrientes de uso especial: análogamente se elegirán interruptores automáticos bipolares de 16A, verificándose que $I_p < I_n < I_c$, en nuestro caso $12,5 \text{ A} \leq 16 \text{ A} \leq 18 \text{ A}$.
- Interruptor general: se elegirá un interruptor por corriente diferencial de fuga de las siguientes características:
 - Corriente nominal de actuación = 30 mA.
 - Tiempo de actuación = 20 ms.
 - Corriente nominal = debe soportar la corriente simultánea de todos los circuitos conectados a él; en nuestro caso se debe elegir uno de 63 A, ya que los equipos comerciales son de 25, 40 ó 63 Amper.

B) Tablero Principal:

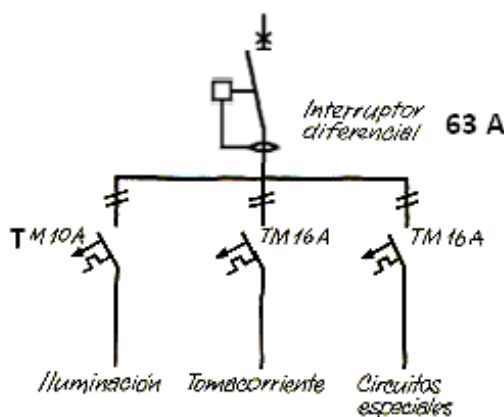


Figura N° 202

Se debe instalar un interruptor como aparato de maniobra principal y un dispositivo de protección contra sobrecargas y cortocircuitos, eligiéndose en este caso un interruptor automático bipolar, clase C ó D, con capacidad de ruptura de 3 KA y 50 A de corriente nominal. Al igual que en el caso anterior se debe verificar que $I_p < I_n < I_c$, en nuestro caso $50 A \leq 50 A \leq 52,5 A$

Con estos elementos se está en condiciones de realizar el esquema unifilar de la instalación, que se indica en la figura adjunta.

Por simplicidad, sólo se representó un circuito de iluminación, de tomacorrientes y de usos especiales (en la práctica son dos de cada uno de ellos).

Selección de Cañerías

Para una instalación de tipo embutido como la del presente proyecto se puede optar por:

- Caños de acero tipo RL (livianos) o RS (semipesados)
- Caños termoplásticos según IRAM 62386 (rígidos no flexibles).

Una vez definido el tipo de canalización y el material a emplear, se debe realizar el tendido sobre el tablero, partiendo desde el tablero seccional hasta el último de los consumos. Luego, se indican la cantidad de conductores a cablear en cada una de ellas y a través de las tablas respectivas se elige la sección de las cañerías.

Si bien es factible cablear en una misma cañería conductores correspondientes a distintos circuitos, por razones de seguridad y por lo pautado en el Reglamento de la A.E.A., se establecen tantas limitaciones que se recomienda no emplear este tipo de tendido.

4.7. Seguridad en las Instalaciones Eléctricas

Protección contra Contactos Directos e Indirectos

Una de las medidas fundamentales para la seguridad eléctrica es proteger a las personas y animales de un contacto con un elemento con tensión que puede ser en forma directa cuando se toca una parte activa bajo tensión, o en forma indirecta cuando se produce una falla de la aislación y pone en riesgo a la vida.

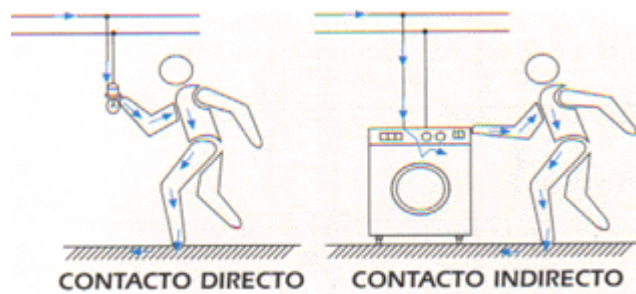


Figura N° 203

Todos los equipos, instalaciones y materiales eléctricos deben ser objeto, como mínimo, de una o más de las medidas de protección contra los contactos directos.

Las protecciones contra los contactos directos recomendadas por la reglamentación de A.E.A. son:

- a) Protección por aislación de las partes activas;
- b) Protección por medio de barreras o por medio de envolturas;
- c) Protección parcial por medio de obstáculos;
- d) Protección parcial por puesta fuera de alcance por alejamiento;
- e) Uso de dispositivos diferenciales de $I \Delta n \leq 30 \text{ mA}$.

La protección contra los contactos indirectos se basa en las siguientes medidas:

- a) Protección por desconexión automática de la alimentación;
- b) Protección por uso de equipos, materiales e instalaciones de Clase II de aislación;
- c) Protección por ubicación en un local no conductor;
- d) Protección por conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra;
- e) Protección por separación eléctrica.

Toda instalación o equipo eléctrico debe ser objeto de protección contra contactos directos e indirectos sin excepción.

La protección en forma simultánea contra los contactos directos y contra los contactos indirectos se puede lograr también mediante el uso de fuentes y circuitos de Muy Baja Tensión sin puesta a tierra (MBTS). La Muy Baja Tensión sin puesta a tierra (MBTS) no hay que confundirla con la Muy Baja Tensión Funcional (MBTF), ya que esta solamente comparte los valores de la tensión pero no el resto de los requisitos y que se utiliza en alimentación de

equipos (intercomunicadores, alarmas, etc.) que, por sus características constructivas, requieren muy baja tensión para su funcionamiento (pero no por razones de seguridad).

La protección contra los contactos directos e indirectos se logra cuando la tensión nominal no supera los 24 voltios en lugares secos. En lugares húmedos o mojados no debe superar los 12 voltios. En forma práctica esto se puede lograr con un transformador de seguridad que no supere los 24 V de salida.



Figura N° 204

Resistencia de aislación: voltaje máximo al que puede exponerse un material sin provocarle perforación alguna; expresado en voltios o kilovoltios por unidad de grosor. También llamada resistencia dieléctrica.

Para medir de la resistencia de aislación en 380V/220 V, debe utilizarse un instrumento de corriente continua de una tensión igual a 500 V o 1000 V.

La medición de la resistencia de aislación debe hacerse desconectando la línea de alimentación, los artefactos y aparatos de consumo, debiendo quedar cerrados todos los aparatos de maniobra y protección.

Se efectuarán las mediciones siguientes:

- 1) Entre conductores de fase.
- 2) Entre conductores de fase unidos entre sí y neutro.
- 3) Entre conductores de fase unidos entre sí y conductor de protección.
- 4) Entre conductor neutro y conductor de protección.

El valor de la resistencia de aislación mínima será de $1000 \Omega/V$ de tensión aplicada por cada tramo de la instalación de 100 m o fracción.

Por ejemplo, si aplicamos una tensión de corriente continua de 500 V, el valor de la resistencia de aislación nos deberá dar un valor $\geq 0,5 M \Omega$.

El instrumento a utilizar se denomina Megohmetro, cuya escala viene graduada en $M \Omega$., pudiendo llegar a $G \Omega$.

Todas las herramientas y máquinas herramientas utilizadas deben cumplir con un grado de aislación que soporte 1,1 kV.

Además, es obligatorio el uso de EPP (Elementos de protección personal).

4.8. Puesta a Tierra

OBJETIVOS DE UNA PUESTA A TIERRA

Se ha visto, al analizar el fenómeno del contacto directo e indirecto, que en los circuitos es necesario mantener ciertos puntos de los mismos o de envoltentes de sus equipos, conectados un potencial fijo y estable denominado "potencial de tierra". Tal necesidad obedece principalmente a razones de seguridad y por ello los objetivos de una Puesta a Tierra o, más correctamente de un Sistema de Puesta a Tierra, los podemos definir como:

- Permitir la circulación (descarga) a tierra de corrientes de falla a tierra, de la naturaleza que sean.
- Mantener los potenciales producidos por las corrientes de falla dentro de los límites de seguridad.
- Contribuir a que la actuación de los sistemas de protección lo sea en el tiempo adecuado, para seguridad de las personas y del equipamiento.
- Mantener un potencial de referencia en algún punto, que por razones técnicas requiera un sistema eléctrico o electrónico.

Se puede concluir en que la o las puestas a tierra se diseñan y ejecutan para cumplir con prescripciones de seguridad y requerimientos técnicos funcionales de las instalaciones eléctricas.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN UNA PUESTA A TIERRA

Una puesta a tierra está formada por un electrodo o jabalina, un toma cable, una tapa de inspección y cable bicolor que sale de la jabalina.

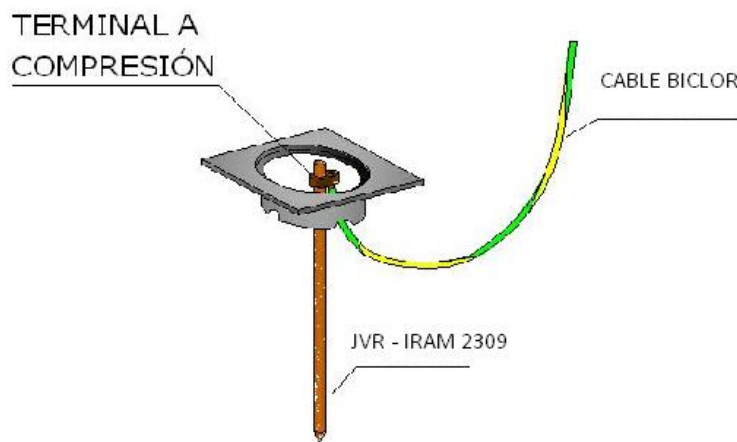


Figura N° 205

Su función es garantizar la seguridad de las personas ante los contactos. Facilita la actuación de las protecciones. Cada compañía de energía o cooperativa provee el instructivo con las características y lugar de implantación.

El Reglamento de la A.E.A. establece las siguientes disposiciones generales:

- El conductor de protección (denominado comúnmente conductor de tierra) será eléctricamente continuo y no será eléctricamente seccionado en punto alguno de la instalación ni pasará por el disyuntor diferencial.
- Tendrá la capacidad de soportar la corriente de cortocircuito máxima coordinada con las protecciones instaladas en el circuito. Como conductores de protección en instalaciones domiciliarias deben utilizarse cables unipolares aislados, con sección no menor a 2,5 mm².
- En todos los casos, deberá efectuarse la conexión a tierra de todas las masas de la instalación.
- Las masas que sean simultáneamente accesibles y pertenecientes a la misma instalación eléctrica estarán unidas al mismo sistema de puesta a tierra. La instalación se realizará de acuerdo a las directivas de la norma IRAM 2281

4.9. Protectores de Sobretensión

Los protectores de sobretensión protegen a las instalaciones contra las sobretensiones transitorias originas por rayos, o por maniobras o defectos en las líneas de distribución.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones se basan en un varistor (resistencia variable en función de la tensión aplicada) conectado entre cada fase, neutro y tierra. Cuando se produce una sobretensión, el varistor reduce su resistencia interna y desvía la sobretensión a tierra. Posteriormente vuelve a su estado normal de funcionamiento, donde su resistencia es muy alta. Si el protector ha sufrido una sobrecarga superior a la que puede soportar, es posible que salga de servicio e indica su cambio de estado con algún indicador luminoso, por lo cual debe ser reemplazado.

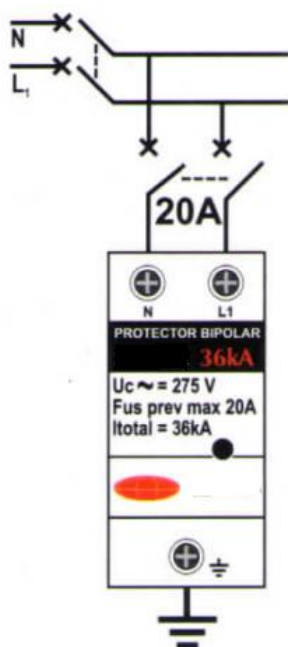


Figura N° 206

El valor de tensión de trabajo se lo elije como mínimo un 40% de la tensión de fase. Comercialmente viene bipolares y tetrapolares. De valor de tensión de trabajo 275 VAC, 300 VAC, 420 VAC, etc.

4.10. Puesta en Servicio de Instalaciones

Consultar 771.23 y subsiguientes. Para mayor información consultar Parte 6 de AEA 90364.

Se deberán recomendar las siguientes pruebas y ensayos para la puesta en funcionamiento de las instalaciones.

- a) Medición de la continuidad eléctrica de conductores.
- b) Medición de la resistencia de puesta a tierra.
- c) Prueba de aislamiento de los conductores entre si y contra tierra.
- d) Prueba de funcionamiento de todas las instalaciones ejecutadas una vez colocados los artefactos de iluminación demás instalaciones especiales.
- e) Medición de las corrientes de fases y establecimiento del correspondiente equilibrio de las mismas para las instalaciones trifásicas.
- f) Medición de las tensiones de suministro y verificación de la caída de tensión en los tableros.
- g) Prueba de funcionamiento/disparo de algunos dispositivos de protección.

En la actualidad, en el mercado existe instrumental para la medición de Interruptores Diferenciales, el cual posibilita metodológicamente realizar verificaciones de la Protección Eléctrica Diferencial comprobando si funciona dentro de los parámetros (Tiempo de Corte – Corriente Diferencial de Fuga a Tierra) exigidos por la Normativa Nacional e Internacional.

Con el uso de este instrumental, es posible realizar una prueba y detectar de manera sencilla si una instalación eléctrica (nueva o antigua) cuenta con Protección Diferencial en óptimo estado de funcionamiento. (Además de corroborar la continuidad del Conductor de Protección Eléctrica (o de Puesta a Tierra), la correcta polarización de la instalación en el Punto de Prueba (Tomacorriente) y que la Tensión de Contacto no supere los 24 Voltios determinados en la Reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina RAEA 90364-7-771).

4.11. Nociones de Distribución Eléctrica

La Red de Distribución de la Energía Eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico cuya función es el suministro de energía desde la subestación de distribución hasta los usuarios finales (medidor del cliente). Se lleva a cabo por los Distribuidores de Distribución Eléctrica.

Los elementos que conforman la red o sistema de distribución son los siguientes:

- Subestación de Distribución: conjunto de elementos (transformadores, interruptores, seccionadores, etc.) cuya función es reducir los niveles de alta tensión de las líneas de transmisión) hasta niveles de media tensión para su ramificación en múltiples salidas.

- Circuito Primario.

- Circuito Secundario.

La distribución de la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación de la red de transporte se realiza en dos etapas.

La primera está constituida por la red de reparto, que, partiendo de las subestaciones de transformación, reparte la energía, normalmente mediante anillos que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. Las tensiones utilizadas están comprendidas entre 25 y 132 kV. Intercaladas en estos anillos están las estaciones transformadoras de distribución, encargadas de reducir la tensión desde el nivel de reparto al de distribución en media tensión.

La segunda etapa la constituye la red de distribución propiamente dicha, con tensiones de funcionamiento de 13,2 a 33 kV y con una característica muy radial. Esta red cubre la superficie de los grandes centros de consumo (población, gran industria, etc.), uniendo las estaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación, que son la última etapa del suministro en media tensión, ya que las tensiones a la salida de estos centros es de baja tensión (220/380 V).

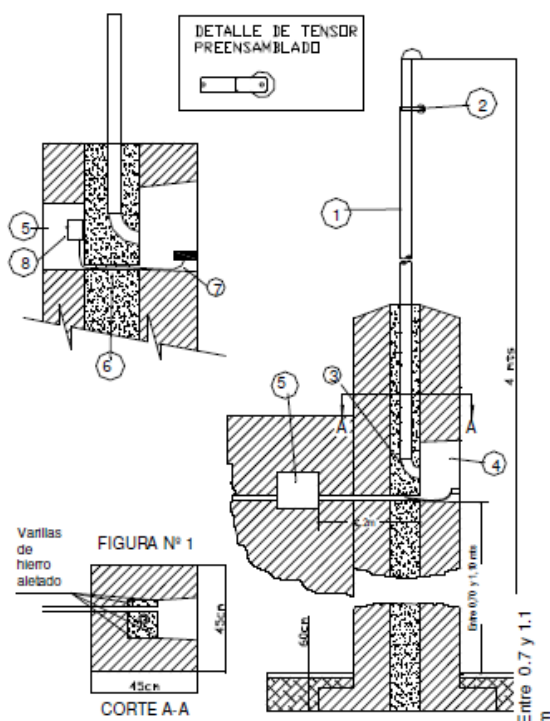
Las líneas que forman la red de distribución se operan de forma radial, sin que formen mallas en media tensión, al contrario que las redes de transporte y de reparto. Cuando existe una avería, un dispositivo de protección situado al principio de cada red lo detecta y abre el interruptor que alimenta esta red. En baja tensión la distribución se realiza generalmente con cable preensamblados o subterráneos, que distribuyen de manera trifásica la energía eléctrica entre los usuarios.

4.12. Acometidas

Las acometidas en la provincia se realizan según norma ET 21, aprobada por Resolución General ERSeP N° 06/2009.

La reglamentación de la A.E.A. explica las acometidas clase 1 y clase 2. La clase uno es todo metálico (caño de bajada, gabinetes, etc.) con puesta a tierra. La acometida clase 2 tiene caño metálico de bajada asilado por dentro y usa gabinetes plásticos de aislación reforzada. No usa puesta a tierra. La ET vigente indica para acometidas hasta 10kW los siguientes tipos constructivos:

PILAR PARA MEDIDOR AEREO MONOFASICO CON SALIDA EN MEDIANERA

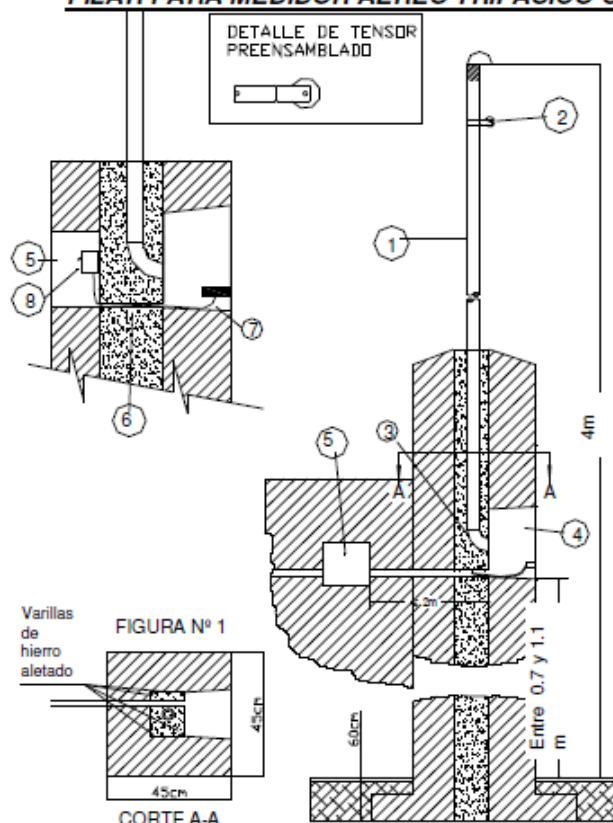


NOTAS:

- El caño de entrada de acero debe estar conectado a tierra, o se hundará interior y exteriormente con un caño de material sintético en toda su longitud con conexión a tierra.
- La caja de medidor, caja para tablero de cliente podrán ser de material sintético aislante o metálicas indistintamente. Las canalizaciones serán de material aislante.
- El cable de acometida deberá ingresar sin empalmes al alojamiento del medidor.
- El punto de medición debe conectarse a una puesta a tierra equipotencial. Además de los dispositivos de seccionamiento y protección reglamentados se recomienda la instalación de un interruptor con apertura por corriente diferencial de fuga (IRAM2301), siempre dentro de las normas de la reglamentación AEA90364-7-771.

Pos	Descripción	Cant.	Unidad
1	Caño de acero cincado de 1½", Largo 3 metros conectado a tierra o aislado y exteriormente conectado a tierra	1	Pza
2	Tensor con aislador MN16	1	Pza
3	Curva de PVC Ø 400mm	1	Pza
4	Caja para medidor de material sintético o metálico con puesta a tierra con dispositivo de corte y bloqueo	1	Pza
5	Caja para tablero de cliente (IP43)	1	Pza
6	Caño flexible en PVC ¾" ignífugo	1	M
7	Cable unipolar aislado en PVC de 4mm ²	3	M
8	Interruptor termomagnético Bipolar de 25 A –		

PILAR PARA MEDIDOR AEREO TRIFÁSICO CON SALIDA EN MEDIANERA

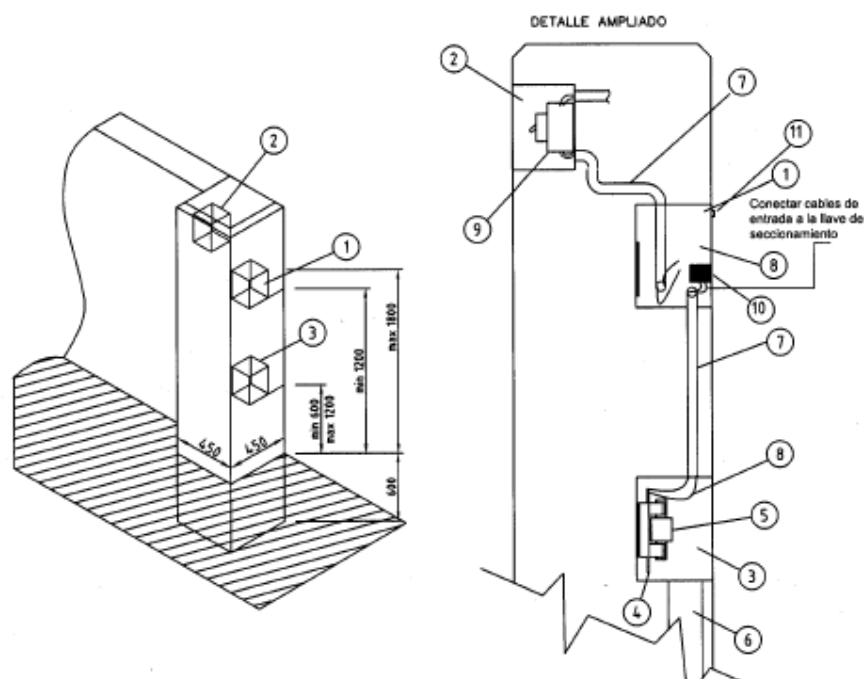


NOTAS:

- El caño de entrada de acero debe estar conectado a tierra, o se enfundara interior y exteriormente con un caño de material sintético en toda su longitud con conexión a tierra.
- La caja de medidor, caja para tablero de cliente podrán ser de material sintético aislante o metálicas indistintamente. Las canalizaciones serán de material aislante.
- El cable de acometida deberá ingresar sin empalmes al alojamiento del medidor.
 - El punto de medición debe conectarse a una puesta a tierra equipotencial En ningún caso debe conectarse la puesta a tierra al conductor neutro. Además de los dispositivos de seccionamiento y protección reglamentados se recomienda la instalación de un interruptor con apertura por corriente diferencial de fuga (IRAM2301), siempre dentro de las normas de la reglamentación AEA90364-7-771.

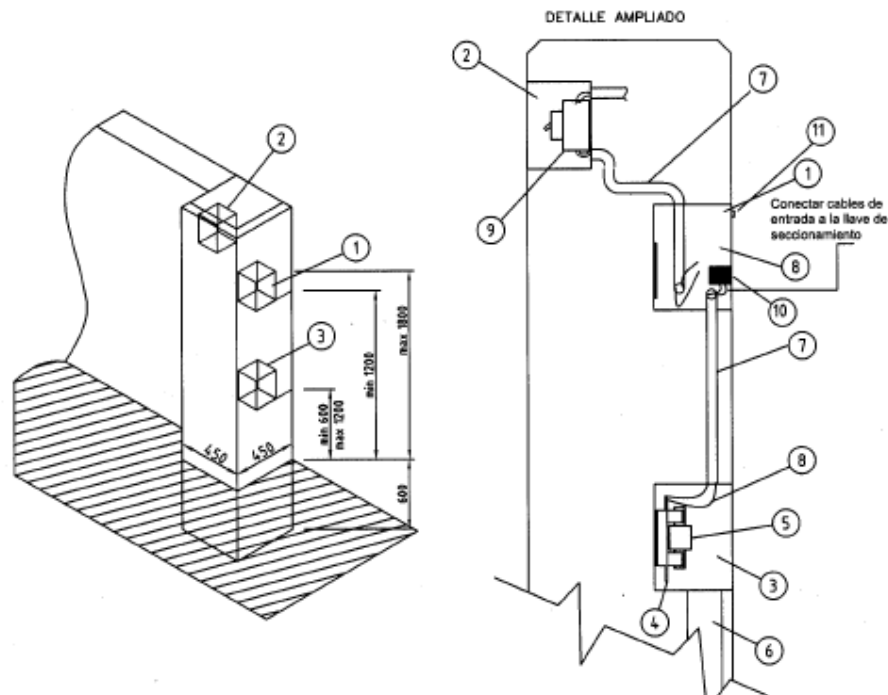
Pos	Descripción	Cant.	Unidad
1	Caño de acero cincado de 1½", Largo 3 metros conectado a tierra o aislado interior y exteriormente con conexión a tierra.	1	Pza
2	Tensor con aislador MN16	1	Pza
3	Curva de PVC Ø 400mm	1	Pza
4	Caja para medidor de material sintético o metálico con puesta a tierra con dispositivo de corte y bloqueo	1	Pza
5	Caja para tablero de cliente IP 43	1	Pza
6	Caño flexible en PVC 1½" ignífugo	1	M
7	Cable unipolar aislado en PVC de 6mm2	6	M
8	Interruptor termomagnético Tetrapolar de 25 A		

PILAR PARA MEDIDOR MONOFASICO – LINEA SUBTERRÁNEA



Pos	Descripción	Cant.	Unid
1	Caja para medidor monofasico con dispositivo de corte y bloqueo – tipo MN127 de policarbonato o metálica conectada a tierra.	1	Pza
2	Caja para tablero del cliente	1	Pza
3	Caja de toma	1	Pza
4	Seccionador fusible NH-00	1	Pza
5	Fusible NH 63 Amperes.	1	Pza
6	Caño de PVC rígido diámetro 90mm, largo 1,20 m.	1	Pza
7	Caño de PVC de 19mm de diámetro interior mínimo	2	Pza
8	Cable unipolar aislado en PVC de 4mm ² .	6	Pza
9	Interruptor termomagnético bipolar 20 Amperes	1	Pza
10	Llave de seccionamiento bipolar 63 Amperes	1	Pza

PILAR PARA MEDIDOR TRIFÁSICO – LINEA SUBTERRÁNEA



Pos	Descripción	Cant.	Unid
1	Caja para medidor trifásico con dispositivo de corte y bloqueo – tipo MN128 de policarbonato o metálica conectada a tierra.	1	Pza
2	Caja para tablero del cliente	1	Pza
3	Caja de toma	1	Pza
4	Seccionador fusible NH-00	3	Pza
5	Fusible NH 63 Amperes.	3	Pza
6	Caño de PVC rígido diámetro 90mm, largo 1,20 m.	1	Pza
7	Caño de PVC de 32mm de diámetro interior mínimo	2	M.
8	Cable unipolar aislado en PVC de 6mm ² .	12	M.
9	Interruptor termomagnético tetrapolar 20 Amperes.	1	Pza
10	Llave de seccionamiento tetrapolar 63 Amperes.	1	Pza

Varias cooperativas utilizan puntos de conexión clase II (doble aislación), se debe consultar en cada caso.

4.13. Nociones de Presupuesto y Programación de Tareas

Se entiende por presupuesto una estimación previa o cálculo anticipado del costo de una obra o servicio. Esto incluye materiales y mano de obra por todo concepto.

Cuando se empieza a realizar el Presupuesto Eléctrico, que ha sido encargado por el cliente, y a través del cual deseamos ejecutar un trabajo o una obra, debemos de tener en cuentas conceptos muy variados, y que a su vez son términos que pueden ser clave a la hora de tener conciencia de todo lo presupuestado.

A la hora de elaborar el presupuesto de una instalación eléctrica, se tiene que tener en cuenta varios factores, que pueden afectar directamente a la hora de obtener los beneficios esperados antes del comienzo de la obra.

No solo consiste en dar un buen precio de mano de obra y de material a instalar, sino que consiste en dar al cliente final un presupuesto en el cual estén incluidos todos los conceptos que se puedan encontrar a la hora de la ejecución.

Vamos a empezar a detallarlos uno a uno y así explicarlos lo más claramente posible:

Uno de los conceptos más importantes, a la hora del Presupuesto, es la altura de trabajo a la que se puede encontrar. En los presupuestos destinados a pequeñas industrias, éste es el concepto más importante, pues hay que tener en cuenta que llevan una gran cantidad de líneas de alimentación y generalmente van tendidas sobre bandejas a una altura de 8, 9, 10 mts. dependiendo de la altura a la que se encuentre la cubierta. El gasto de plataformas está formado por gastos de desplazamiento, gastos de residuos, seguros de accidente de trabajo, seguro de vehículo y gastos de plataforma o andamios, etc., en obra.

Otro concepto sería la energía que se va a utilizar en obra. Muchas veces en lugar de utilizar un suministro de obra, se hace uso de Grupos Electrógénos, que llevan un gasto asociado de combustible.

Tener en cuenta los viáticos desplazamientos si el lugar de realización de la obra es fuera de la ciudad, porque además de alojamiento, desayunar, comer y cenar, se debe tener en cuenta que en el desplazamiento de los oficiales, el costo del km. por uso del vehículo y combustible como horas de trabajo.

Los últimos conceptos son claves a la hora de realizar una obra. Estos son los Gastos Generales y la ganancia o beneficio. La ganancia es algo elegido por uno mismo, en función de lo que interese la realización de la obra, la forma de pago del cliente o contratista, carga de trabajo, etc. El precio de la mano de obra se puede calcular como un porcentaje del costo de los materiales, o en función del tiempo que demora hacer el trabajo, el precio por boca, también existen precios de referencia del mercado, etc. En cambio el Gasto General es un gasto fijo que se tiene derivado de la utilización de móviles, furgonetas, alquiler de local, nominas, pagos de luz, agua, gas, monotributo, etc.

A partir de aquí todo lo que se consiga será gracias a la negociación con el cliente final y al trabajo bien hecho.

Planilla de ejemplo

Nº PTO

FECHA

Mano Obra

<i>MATERIAL</i>	<i>IMPORTE</i>		<i>MANO OBRA</i>		<i>COSTO</i>	<i>TOTAL</i>
	<i>UNIT.</i>	<i>MATERIAL</i>	<i>H.M.O.</i>	<i>Total H.M.O.</i>		
				0,00		
				0,00		
				0,00		
				0,00		
				0,00		
				0,00		
				0,00		
				0,00		
				0,00		
				0,00		

Organización del trabajo

Los primeros pasos consisten en haber visitado el trabajo a ser realizado en futuro inmediato, confeccionar el presupuesto en forma detallada y completa (para evitar sorpresas o inesperados) y, una vez aprobado el presupuesto, realizar un cronograma. Por supuesto que en el presupuesto al cliente debe haber un estimado de tiempo de ejecución de dicho trabajo.

El cronograma se puede hacer en secuencia de días o semanas. Su representación es en una gráfica de tiempo, donde la cronología de un hecho o trabajo que se representa en un par de ejes de coordenadas, el eje de abscisas se divide en fracciones de tiempo (por ejemplo, días, semanas, meses), y en el eje de coordenadas se describe la tarea a realizar o la tarea realizada marcando el tiempo como se muestra en el ejemplo.

	DÍAS / SEMANAS
ACTIVIDAD	1 2 3 4 5 6
VISITA CLIENTE	
CONFECCIÓN PRESUPUESTO	
COMPRA DE MATERIALES	
TRABAJO 1	
"	
"	
"	
TRABAJO n	
VERIFICACIÓN DEL TRABAJO	
GARANTÍA DEL TRABAJO	

MÓDULO V

NORMATIVAS Y REGLAMENTOS DEL SECTOR

5.1. Ley Provincial de Seguridad Eléctrica N° 10.281 y su decreto reglamentario N° 1.022

Esta ley fue sancionada por la Legislatura de Córdoba el 17 de junio de 2015, por unanimidad, y el 1° de octubre de 2015 fue firmado el decreto reglamentario que complementa a la ley.

Los conceptos más importantes relacionados con los instaladores electricistas y su habilitación en los artículos de la ley y el decreto, son que toda instalación eléctrica del usuario, pública o privada, en el interior o en la vía pública, deberá contar con "Certificado de Instalación Eléctrica Apta" para obtener el servicio eléctrico; que el "Certificado de Instalación Eléctrica Apta" resultará exigible a las instalaciones nuevas, como así a las anteriores a la entrada en vigencia de la Ley, ante la reanudación del servicio; y que el "Certificado de Instalación Eléctrica Apta" deberá ser extendido por "Instalador Electricista Habilitado" y presentado ante la Distribuidora Eléctrica para que se otorgue el servicio.

La ley establece como objetivos y fines preservar la seguridad de las personas, los bienes y el medio ambiente.

El ERSeP es la Autoridad de Aplicación de la Ley y desarrolla las siguientes actividades:

- Define la normativa aplicable a las instalaciones alcanzadas.
- Crea y lleva el "Registro de Instaladores Electricistas Habilitados".
- Define las condiciones de las habilitaciones a otorgar.
- Establece el "Régimen de Infracciones y Sanciones" aplicable.

Establece los requisitos que deberá cumplimentar el "Certificado de Instalación Eléctrica Apta" que extenderá todo Instalador Habilitado.

Instrumenta un proceso de administración de los "Certificados de Instalación Eléctrica Apta" que se emitan.

Se crea la figura del “Instalador Electricista Habilitado”. Los Electricistas Habilitados se registrarán ante el ERSeP según las siguientes categorías:

Categoría I: Profesionales con Título de Grado (matriculados en sus respectivos Colegios).

Categoría II: Técnicos con Título Habilitante (matriculados en sus respectivos Colegios).

Categoría III: Personas idóneas en actividades eléctricas con capacitación relacionada acreditada (a desarrollar según disponga el ERSeP).

Los de Categoría I y II son habilitados por el ERSeP y por la matrícula de sus colegios, mientras que los de Categoría III deberán rendir y aprobar el examen de habilitación. Una vez aprobado tal examen, se inscribirá en el registro del Ersep (autoridad de aplicación de la ley) quien le dará un número de habilitación para trabajar. Los Electricistas de Categoría III (Idóneos) estarán habilitados para intervenir en instalaciones domiciliarias y pequeñas instalaciones comerciales o industriales, en todos los casos en Baja Tensión y con potencia no mayor a 10 kW.

En cuanto al Registro de Instaladores de la Categorías III (Idóneos) se deberá tener en cuenta que:

- 1) Los interesados presentarán su solicitud directamente ante el ERSeP.
- 2) Deberá acreditar la aprobación de la evaluación pertinente, establecida en el marco de la Ley Nº 10281.
- 3) Para acreditar su registración, deberá exhibir la certificación o carnet expedido por el ERSeP, más su publicación por parte de dicho Ente en la página oficial de internet.
- 4) En la Categoría III, previo examen y/o capacitación, podrán registrarse ante el ERSeP, Técnicos o Profesionales no matriculados en sus respectivos Colegios.

La seguridad eléctrica se consigue utilizando en el diseño, en el dimensionamiento y en el cálculo las directivas de la AEA 90364 y con la utilización de materiales eléctricos normalizados por IRAM y según corresponda certificado por el sello de Seguridad Eléctrica de la secretaria de Comercio de la Nación, aplicando la reglamentación para la ejecución de las instalaciones eléctricas en inmuebles de AEA en su construcción, la capacitación del personal

técnico interviniente y responsable de su ejecución, y extendiéndose al mantenimiento y control de la misma en el tiempo.

Las instalaciones eléctricas que contempla la ley son las instalaciones eléctricas fijas siempre del usuario (cliente) del servicio eléctrico, ya sean públicas o privadas en inmuebles o en la “vía pública”. Este aspecto último es lo que hace novedosa a la ley.

Estas instalaciones eléctricas pueden ser nuevas o existentes. Las instalaciones nuevas deben ser realizadas en el marco de la Reglamentación para Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la AEA para garantizar la seguridad eléctrica. En cuanto a las instalaciones existentes, la ley exige condiciones de seguridad mínima. El instalador electricista puede intervenir en todas ellas de acuerdo a su incumbencia.

Cada vez que se intervenga en una instalación eléctrica, el instalador electricista deberá emitir un “Certificado de Instalación Eléctrica Apta” en base a todos los requerimientos de seguridad antes mencionado y en el marco de la RG N° 5/2016 del ERSeP. Dicho certificado le permitirá al usuario de la instalación eléctrica realizar los trámites que necesite, ya sea contratar por primera vez el servicio eléctrico o la reanudación del mismo, etcétera.

5.2. Ley Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo N° 19.587

Esta ley fue sancionada por el congreso de la nación argentina en el año 1972. El decreto reglamentario n° 351 que está vigente fue publicado en el año 1979.

Esta ley y sus decretos se aplican a las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo, a todos los establecimientos y explotaciones, persigan o no fines de lucro, cualquiera sea la naturaleza económica de las actividades, el medio donde ellas se ejecuten, el carácter de los centros y puestos de trabajos y la índole de la maquinaria, elementos, dispositivos o procedimientos que se utilicen o adopten, y sus medidas de seguridad personal y laboral (EPP, EPC), tanto pública como privada, a fin de preservar la salud laboral (psicofísica) y minimizar los riesgos laborales. Art.1.

Seguridad: Evalúa el grado de aceptabilidad del Riesgo.

Tiene como objetivo: Preservar la integridad psicofísica de las personas que desarrollan actividades en una empresa y de los bienes de la misma.

Higiene: Identifica, evalúa y controla aquellos factores del medio ambiente laboral que pueden afectar la salud de los individuos o de la comunidad.

Objetivos de la Seguridad e higiene del trabajo: Preservar la integridad psicofísica y la salud de los trabajadores (incluyendo personal propio, contratado, visitas, proveedores, etc.)

Preservar los bienes de la empresa: Evitar daños a la comunidad y medio ambiente derivados de la actividad de la empresa.

Las máquinas y herramientas usadas deberán ser seguras y en caso de que originen riesgos, no podrán emplearse sin la protección adecuada.

Las partes de las máquinas y herramientas en las que existan riesgos mecánicos y donde el trabajador no realice acciones operativas, dispondrán de protecciones eficaces, tales como cubiertas, pantallas, barandas y otras, que cumplirán los siguientes requisitos:

- 1) Eficaces por su diseño.*
- 2) De material resistente y aislante.*
- 3) Desplazamiento para el ajuste o reparación.*
- 4) Permitirán el control y engrase de los elementos de las máquinas.*
- 5) Su montaje o desplazamiento sólo podrá realizarse intencionalmente.*
- 6) No constituirán riesgos por sí mismos.*

Frente al riesgo mecánico se adoptarán obligatoriamente los dispositivos de seguridad necesarios, que reunirán los siguientes requisitos:

- 1) Constituirán parte integrante de las máquinas*
- 2) Actuarán libres de entorpecimiento.*
- 3) No interferirán, innecesariamente, al proceso de trabajo normal.*
- 4) No limitarán la visual del área operativa.*
- 5) Dejarán libres de obstáculos dicha área.*
- 6) No exigirán posiciones ni movimientos forzados.*
- 7) Protegerán eficazmente de las proyecciones.*

8) No constituirán riesgo por sí mismos y deberán estar protegidas por cubiertas según corresponda

9) Todas las operaciones de comprobación, medición, ajuste, etc., deben realizarse con la máquina parada.

Importante: manejar la máquina - herramienta sin distraerse y con los EPP necesarios.

PELIGROS COMUNES:

- Puntos de rozamiento*
- Puntos calientes*
- Superficies rotativas de máquinas*
- Maquinaria automática*
- Relojes, anillos, pulseras, ropas sueltas, cabellos sueltos y largos, barbas largas*

Orden y limpieza

- La máquina – herramienta, debe mantenerse en perfecto estado de conservación, limpia y correctamente engrasada.*
- Asimismo, debe cuidarse el orden y conservación de las herramientas, útiles y accesorios.*
- La zona de trabajo y las inmediaciones de la máquina deben mantenerse limpias y libres de obstáculos y manchas de aceite. Los objetos caídos y desperdigados pueden provocar tropezones y resbalones peligrosos.*
- Las averías de tipo eléctrico en una máquina herramienta solamente pueden ser investigadas y reparadas por un servicio técnico.*
- Las conducciones eléctricas deben estar protegidas contra cortes y daños producidos por las virutas y/o herramientas.*

Aquí queremos destacar que los EPP son de uso obligatorio, tratándose de relación de dependencia, y deben ser suministrados por el empleador al igual que las capacitaciones pertinentes exigidas por los decretos y resoluciones de la SRT (Superintendencia de Riesgo de Trabajo, entidad encargada del cumplimiento de la ley de S e H en el Trabajo).

También es obligatorio el uso de los elementos de protección colectiva y los protocolos de trabajo que nos indican los pasos a seguir a fin de no olvidarnos nada y cumplir correctamente con todas las medidas de seguridad con el trabajo y con el cliente final.



Elementos de protección personal para trabajo en electricidad

- *Casco: provee protección y seguridad contra impactos y penetración de objetos que caen sobre la cabeza. Internamente con suspensión regulable, diseñada para alto impacto y resistente a la electricidad.*
- *Lentes: protección de ojos contra impactos, calor, productos químicos, polvos, chispas, astillas duras y salpicaduras.*
- *Guantes: protección de manos que nos mantienen aislados cuando: trabajamos en contacto, a distancia, y en tensión. Vienen en distintos rangos de tensión.*
- *Zapatos de seguridad: protección de pie contra humedad y sustancias calientes, contra superficies ásperas, contra pisadas de objetos filosos y agudos y caídas de objetos, y contra riesgo eléctrico. En trabajos eléctricos no lleva punta metálica y debe ser totalmente aislante.*
- *Buzo piloto: para proteger el cuerpo de contacto de la electricidad, no debe tener nada metálico.*

- *Protectores auditivos: cuando el nivel de ruido exceda los 85 dBA, deben ser utilizados como protección del oído.*
- *Protección respiratoria: para evitar el ingreso de contaminantes como polvos, gases, vapores, humos, etc.*
- *Pinzas de bloqueo: en tableros y/o salas eléctricas que permiten cortar la energía y trabar el interruptor, de esta manera se evitan posibles electroshock y/o electrocuciones.*
- *Tarjetas de bloqueo: como advertencia para señalar que el tablero, maquina o circuito, está bloqueada, así evitamos que alguien por error de energía.*
- *Candado de bloqueo: permite bloquear el interruptor y que otra persona por error no energice.*

"Estos últimos tres artículos se utilizan en conjunto para hacer efectivo el bloqueo."

"Todos los elementos de protección personal tienen fecha de vencimiento por uso o vida útil, y deben ser cambiados por otros nuevos."

Actualmente, se complementa con varios decretos reglamentarios como los Números 351/79, 911/96, 617/97, 249/07.

El D.R. 351/79 de Seguridad e Higiene en el trabajo, en el art.3 establece las condiciones de Seguridad de las Instalaciones Eléctricas del Anexo VI, se indica en características constructivas (3.1.): "Se cumplimentará lo dispuesto en la Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles, de la Asociación Electrotécnica Argentina".

En el art. 3.1 indica también que "para la instalación de líneas aéreas y subterráneas, se seguirán las directivas de las reglamentaciones para líneas eléctricas aéreas y exteriores en general de la citada asociación".

El D.R. 911/96 para la Industria de la Construcción. Capítulo 6. Normas Generales de Aplicables en Obra Instalaciones Eléctricas:

ARTICULO 86. — Toda instalación deberá proyectarse como instalación permanente, siguiendo las disposiciones de la ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ELECTROTÉCNICA (AEA),

utilizando materiales que se seleccionarán de acuerdo a la tensión, a las condiciones particulares del medio ambiente y que respondan a las normas de validez internacional...

El D.R. 617/97 para la Actividad Agraria, Título V. Riesgos Eléctricos, Art. 18 expresa:

«Las instalaciones eléctricas deben cumplir con la reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina. Será de aplicación supletoria la normativa establecida por el ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD.»

El D.R. 249/07 para la Actividad Minera, en el Capítulo 8. Electricidad – Instalaciones Eléctricas, Art. 99 expresa:

«Las instalaciones eléctricas deben cumplir con la reglamentación de la ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA y con carácter supletorio, las emitidas por el ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD.»

La S.R.T., a su vez, emite resoluciones relacionadas al trabajo eléctrico, como la medición del nivel de iluminación, nivel de ruido, valor de la puesta a tierra, Trabajo con Tensión, que deben ser realizados por profesionales.

Por último, tenemos la nueva resolución de la secretaria de comercio nº 508/2015 que reemplaza a la resolución 92/98. Es necesario garantizar a los consumidores la seguridad en la utilización del equipamiento eléctrico de baja tensión en condiciones previsibles o normales de uso. Los productos eléctricos de uso domiciliario, según corresponda, deben llevar el sello de seguridad eléctrica en forma visible. Este sello debe estar sobre el mismo producto o, en su defecto, con la primera envolvente. Por ejemplo, un interruptor automático tiene en un costado el sello de seguridad eléctrica, en cambio un cable no lo tiene sobre el aislante pero si lo debe tener sobre el plástico o caja que lo contiene.



Respecto del tema de los sellos, es importante agregar que todos los materiales eléctricos y componentes eléctricos y/o electromecánicos utilizados en las instalaciones fijas deben

cumplir con las certificaciones de las normas IRAM correspondientes. Estas también deben estar impresas en el producto eléctrico según corresponda el tipo de certificación. No está permitido utilizar materiales eléctricos que no cumplan normas IRAM de calidad y queda bajo responsabilidad del instalador el uso de materiales no permitidos y/o no normalizados.



5.3. Interrelación de la Ley Nacional con Ley Provincial

Cuando se trabaja en relación de dependencia, el ámbito legal es la ley nacional Nº 19.587 de S e H L. Cuando se trabaja en forma independiente, el ámbito legal es la ley provincial Nº 10.281 de S.E. Sin perjuicio de que se puedan superponerse ambas leyes, se deben cumplir en ese orden por todas las categorías de instaladores electricistas según su incumbencia.

Veamos un ejemplo. Un instalador electricista categoría III puede a su vez tener empleados, donde obligatoriamente debe cumplir la ley nacional, y este a su vez debe cumplir la ley provincial también. Otro caso es cuando un instalador electricista categoría III es contratado para realizar las instalaciones de casas de un barrio nuevo. A través de su contratación, le corre la Ley de Seguridad e Higiene, pero puede darse que emita los certificados de instalación apta de cada inmueble por separado. Cada caso deberá ser analizado por los profesionales a cargo.

5.4. Consideraciones Generales

Las instalaciones eléctricas deben ser ejecutadas con la mayor seguridad posible, dentro del llamado riesgo tolerable, cumpliendo las leyes y reglamentaciones vigentes. Se debe tener presente que quien usa la instalación eléctrica de un inmueble es una persona sin conocimiento de electricidad, considerada por la reglamentación de AEA como persona normal y no técnica, y a ellos debemos proteger, siendo la responsabilidad legal por toda

intervención que se haga. Estos conceptos también son aplicables al alumbrado público y a la distribución pública.

Ningún trabajo ni ninguna tarea son tan importantes para que no se pueda tomar el tiempo necesario para utilizar los elementos de protección obligatoria, para que así realicemos un trabajo con seguridad, no sólo para los primeros actores sino para los segundos y terceros actores.



Vale aclarar que los EPP en la Ley Provincial de Seguridad Eléctrica no son mencionados, pero sí se consideran necesarios para el trabajador independiente que le da seguridad en su trabajo, y garantía a su cliente para evitar posibles accidentes en su casa.

Los Accidentes pueden ocurrir por:

Actos inseguros, Condiciones inseguras, Ambos.

Actos Inseguros

Mantenimiento de equipos en movimiento o presurizados;

El no uso de los equipos de protección personal;

Juegos/peleas;

Posición insegura;

Falta de señalizaciones;

Uso indebido de herramientas;

Violación de normas o procedimientos.

Condiciones inseguras

Instalaciones inadecuadas;

Procedimiento inadecuado;

Señalización deficiente;
Falta de espacio;
Herramientas en mal estado;
Iluminación inadecuada;
Ventilación inadecuada.

“El fin principal de la seguridad tiende a eliminar las causas de los accidentes y evitar las posibles lesiones producidas por éstos.”

“No debería existir ningún motivo para exponer a un ser humano ante peligros tan graves que puedan provocarle la muerte.»

«El conocimiento es inversamente proporcional al riesgo que se corre.»



Herramientas para electricistas e instaladores

Deben ser de alta calidad y máxima seguridad con test de comprobación de tensión 10.000 V, pieza por pieza, en herramientas bajo norma VDE 90.100 – DIN EN 60.900, de 1000 V.

Todas las máquinas – herramientas ya sean portátil o de banco de trabajo, también deben cumplir con la misma tensión de seguridad más la protección de la persona según corresponda.



5.5. Reglamentación de AEA N° 90.364

Esta reglamentación fue adoptada por la Ley Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, y por la Ley de Seguridad Eléctrica. Su decreto reglamentario y resolución general N° 26/2015 del ERSeP está conformada por varias partes. Sólo mencionaremos las consideraciones generales de la reglamentación y sus partes.

En las consideraciones generales de la parte 7 dice:

"A pesar de los esfuerzos de las autoridades de aplicación, de los organismos de control y de la tarea de difusión por parte de la Comisión de Capacitación de la AEA, de instituciones educativas universitarias, terciarias y secundarias y de empresas relacionadas con la fabricación y comercialización de productos del área eléctrica, los accidentes originados en fallas en las instalaciones eléctricas en inmuebles, continúan en un número inaceptable para el estado actual de la tecnología."

.....

"El cumplimiento de las disposiciones de la Reglamentación para la Ejecución de las Instalaciones Eléctricas en Inmuebles (AEA 90364) de la Asociación Electrotécnica Argentina, en cuanto al proyecto y la ejecución de las instalaciones, y la utilización de materiales normalizados y certificados (cuando corresponda según la Resolución 92/98 – hoy 508/15- de la ex Secretaría de Industria, Comercio y Minería), todo bajo la responsabilidad de profesionales con incumbencias o competencias específicas, con la categoría que determine para cada caso la autoridad de aplicación correspondiente, da garantía que la instalación eléctrica cuenta con un nivel adecuado de seguridad."

Detallamos a continuación las partes de la reglamentación vigente que se aplican en las instalaciones eléctricas fijas de baja tensión:

- Guía AEA, Instalación Eléctrica en Inmuebles hasta 10 kW – 2011
- Reglamentación AEA – 90364, Parte 0 a 7, 2006:
 - Guía de Aplicación. Parte 0 - 2006
 - Alcance, objeto y principios fundamentales. Parte 1 - 2006
 - Definiciones. Parte 2- 2006
 - Determinación de las características generales de las instalaciones. Parte 3
 - Protecciones para preservar la seguridad. Parte 4 – 2006
 - Elección e instalación de los materiales eléctricos. Parte 5 – 2006
 - Verificaciones de las Instalaciones eléctricas (iniciales y periódicas) y su mantenimiento. Parte 6 – 2006

- Baños, Lugares y Locales Conteniendo Bañeras, Duchas u Otros Artefactos con Grifería Emisora de Agua. Parte 7 – 701 – 2012
- Lugares y Locales de Pública Concurrencia. Parte 7 – 718 – 2008
- Viviendas, Oficinas y Locales (Unitarios). Parte 7 – 771 – 2006

5.6. Reglamento de Comercialización de la Energía Eléctrica

Contenidos relacionados a la seguridad eléctrica de la Resolución General 11/2005 del ERSeP son:

PERTURBACIONES, DAÑOS, SEGURIDAD:

El usuario deberá arbitrar los medios para que sus instalaciones eléctricas no produzcan perturbaciones en el servicio, ni desperfectos o deterioros en los bienes de la Empresa o de otros usuarios, o ponga en peligro la vida de personas, en cuyo caso se podrá interrumpir el suministro de energía hasta tanto se subsanen las fallas comprobadas.

El usuario deberá colocar y mantener en condiciones operativas, en el tablero principal, los dispositivos de protección y maniobra adecuados a la capacidad y características del suministro, conforme a los requisitos establecidos en la "Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles" de la Asociación Electrotécnica Argentina, o la norma que disponga el ERSEP en el futuro.

El usuario deberá mantener las instalaciones propias en perfecto estado de conservación. Si por responsabilidad del usuario o por haber utilizado éste, valores de demanda de potencia superiores a los autorizados, se produjera el deterioro o destrucción total o parcial de los medidores y/o instrumentos de control u otras instalaciones de propiedad de EPEC, el usuario deberá abonar los costos originados para la reparación o reposición de los mismos

REGLAMENTO DE SUMINISTROS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA LOS SERVICIOS PRESTADOS POR LA CONCESIONARIA

Contenidos relacionados a la seguridad eléctrica

PILARES PROVISORIOS PARA SUMINISTROS TRANSITORIOS

En este caso, debido a la precariedad del sistema, la medición en esta condición será por un tiempo determinado y la Distribuidora vigilará las condiciones de seguridad y mantenimiento, las que, de no cumplirse, significarán el inmediato corte de suministro por parte de la Distribuidora.

Se determina en noventa (90) días corridos el plazo máximo para la utilización de un pilar provisorio, pasado dicho período si el Usuario no hubiera solicitado la conexión definitiva la Distribuidora se reserva el derecho de desconexión, previo aviso de intimación de corte de cuarenta y ocho (48) horas, aplicando luego los cargos por reconexión al solicitar el Usuario la nueva conexión definitiva.

A pedido del Usuario por única vez, la Distribuidora podrá extender por igual plazo de utilización del pilar provisorio, siempre y cuando a su criterio se mantengan las condiciones de seguridad expresadas en el primer párrafo.

PERTURBACIONES

El Usuario deberá utilizar la energía provista por la Concesionaria en forma tal de no provocar perturbaciones en sus instalaciones o en las de otros Usuarios; deberá arbitrar los medios para que sus instalaciones eléctricas y aparatos eléctricos no produzcan perturbaciones en el servicio, ni desperfectos o deterioros en los bienes de Concesionaria o de otros Usuarios, o ponga en peligro la vida de personas, en cuyo caso se podrá previo emplazamiento por medio fehaciente interrumpir el suministro de energía hasta tanto se subsanen las fallas comprobadas.

Los aparatos a utilizar deberán cumplir con las condiciones mínimas fijadas a nivel nacional, existentes al momento o las que en el futuro se dicten, sobre contaminación armónica, emisiones electromagnéticas, perturbaciones cíclicas y resistencia a huecos de tensión, y la Resolución N° 92/98 – hoy 508/15- de la Secretaría de Industria, Comercio y Minería de la Nación, las Especificaciones Técnicas ET21 inc.9. o las que en el futuro las reemplacen. Al efecto, serán válidas las disposiciones que establezca el ERSeP conforme al Contrato de Concesión - Anexo VI - Normas de Calidad del Servicio Público y Sanciones.

SUSPENSIÓN DEL SUMINISTRO

Sin notificación fehaciente previa al Usuario:

- Cuando exista peligro inminente que pueda afectar la seguridad de las personas o de las instalaciones de la Concesionaria, con notificación fehaciente posterior por parte de ésta al ERSeP en un plazo de cuarenta y ocho (48) horas corridas.

5.7. Tramites Solicitud de Servicio de Suministro de Energía Eléctrica

Para los trámites de solicitud del servicio eléctrico, aparte de cumplir con la RG 05/2016 del ERSeP, existen otros requisitos que solicitan las distribuidoras sean éstas cooperativas o la EPEC. En el caso de EPEC se tienen los siguientes requisitos:

Categoría Vivienda Familiar

Requisitos para solicitar el suministro eléctrico CATEGORÍA RESIDENCIAL (VIVIENDA FAMILIAR EXCLUSIVAMENTE)

Al respecto, se recuerda algunos detalles que deberá cumplimentar para posibilitar el conexionado.

Propietario:

A- Escritura de Dominio o Certificado Notarial de Escritura en Trámite, o Boleto de Compra y Venta u otra documentación certificada por Autoridad Competente que lo acredite propietario.

B- Cedulón de impuesto inmobiliario municipal, año en curso, o anteriores, pagos o no.

C- Documento de identidad.

D- La Tasa de Servicios correspondiente al trámite solicitado será debitada en su próxima factura por Venta de Energía.

No propietario:

A- Contrato de locación sellado por el Banco Provincia de Córdoba, o contrato de comodato u otro título de ocupación certificado por autoridad competente.

B- Cedulón de impuesto inmobiliario municipal, año en curso, o anteriores, pagos o no.

C- Documento de identidad.

D- La Tasa de Servicios correspondiente al trámite solicitado será debitada en su próxima factura por Venta de Energía.

Recomendaciones para agilizar su trámite

A- El trámite es personal. Los terceros que tramiten en nombre del titular, deberán estar debidamente habilitados por autoridad competente.

B- Toda tramitación se verá facilitada si acompaña recibo de luz de la propiedad afectada o del inmueble colindante.

Categoría Residencial Combinada (Vivienda y Negocio) - Comercial - Industrial - Especial

Propietario:

A- Escritura de Dominio o Certificado Notarial de Escritura en Trámite, o Acta de Remate, o Auto Interlocutorio (por declaratoria de herederos), o Acta de Tenencia Precaria del Inmueble otorgada por organismos oficiales (Banco Hipotecario Nacional - I.P.V. - Fo.Na.Vi.).

B- Cedulón de impuesto inmobiliario municipal, año en curso, o anteriores, pagos o no.

C- Documento de identidad.

D- Personas jurídicas: Estatutos - Contrato Social - Personería Jurídica - Inscripción en Registro de Cultos - según corresponda.

E- Presentar:

1.- Comprobante de situación ante I.V.A. - copia firmada para E.P.E.C.

2.- Constancia de Inscripción de IIBB (Formulario F-376, si es inscripto obtenerlo desde: <http://deudasrentas.cba.gov.ar/itax/>) y en caso de corresponder, documentación que acredite la exclusión o exención al régimen descargando la DDJJ de exención de IIBB (el presente formulario debe ser firmado ante personal de EPEC en nuestras oficinas o en su defecto, la firma deberá estar certificada).

El número de agente de percepción de Ing. Brutos de EPEC es: 300000592

F- La Tasa de Servicios correspondiente al trámite solicitado será debitada en su próxima factura por Venta de Energía.

G- En caso de presentar boleto de compra-venta u otra documentación (certificada por autoridad competente) que lo acredite propietario y que no se encuentre entre las mencionadas en el primer párrafo, además de los requisitos ya citados, deberá contar con garantía personal.

Trámite de Presupuesto de carga total

Edificios, complejos edilicios, predios con más de dos (2) conexiones eléctricas

Además de los requisitos ya citados, presentar planos conforme a obra visados por la Municipalidad de Córdoba, o plano de relevamiento, acotado y firmado por profesional, para edificios de hasta seis (6) unidades.

No propietario:

A- Contrato de locación sellado por el Banco Provincia de Córdoba, o contrato de comodato u otro título de ocupación certificado por autoridad competente.

B- Cedulón de impuesto inmobiliario municipal, año en curso, o anteriores, pagos o no.

C- Documento de identidad.

D- Personas jurídicas: Estatutos - Contrato Social - Personería Jurídica - Inscripción en Registro de Cultos - según corresponda.

E- Presentar:

1.- Comprobante de situación ante I.V.A. - copia firmada para E.P.E.C.

2.- Constancia de Inscripción de IIBB (Formulario F-376, si es inscripto obtenerlo desde: <http://deudasrentas.cba.gov.ar/itax/>) y en caso de corresponder, documentación que acredite la exclusión o exención al régimen descargando la DDJJ de exención de IIBB (el presente formulario debe ser firmado ante personal de EPEC en nuestras oficinas o en su defecto, la firma deberá estar certificada).

El número de agente de percepción de Ing. Brutos de EPEC es: 300000592

F- La Tasa de Servicios correspondiente al trámite solicitado será debitada en su próxima factura por Venta de Energía.

G- Garantía personal.

Garantías

E.P.E.C. exigirá la fianza personal y solidaria de un propietario (con escritura de dominio) y titular del servicio eléctrico (prestado por la E.P.E.C.) en la misma propiedad que ofrece en garantía. A tal efecto el garante debe presentarse con escritura de la propiedad, recibo de luz y documento de identidad (Decreto Ley 5467/88).

Recomendaciones para agilizar su trámite

A- El trámite es personal. Los terceros que tramiten en nombre del titular, deberán estar debidamente habilitados por autoridad competente.

B- Toda tramitación se verá facilitada si acompaña recibo de luz de la propiedad afectada o del inmueble colindante.

5.8. Sanciones Previstas en Resolución General ERSeP 05/2016

Se establece en el Artículo N° 8 de la RG N° 05/2016 el "Régimen de Infracciones y Sanciones", aplicable ante el incumplimiento de las disposiciones de la Ley N° 10281, su Decreto Reglamentario y las Resoluciones que el ERSeP dicte al respecto.

Las sanciones establecidas por el presente Régimen son el apercibimiento y la multa; como así también, la suspensión e inhabilitación del "Registro de Instaladores Electricistas Habilitados" para los casos que correspondan:

Apercibimiento: Se sancionará con apercibimiento toda infracción que no tenga un tratamiento sancionatorio más grave. Del mismo quedará constancia en el legajo respectivo que lleve el ERSeP.

Multas: Las multas se determinarán en Unidades de Multa (UM). El valor de la Unidad de Multa será equivalente a cien (100) veces el valor unitario del kilowatthora (kWh) de la mayor tarifa de la categoría residencial del cuadro tarifario vigente aprobado para la prestadora dentro de cuyo ámbito se haya cometido la infracción.

Suspensión: El ERSeP podrá suspender del Registro a una persona por un plazo máximo de seis (6) meses, la que no podrá realizar las actividades comprendidas en la Ley Provincial N° 10.281 durante ese lapso.

Inhabilitación: Implicará la exclusión definitiva del “Registro de Instaladores Electricistas Habilitados” previsto en el artículo 4º de la Ley N° Provincial N° 10.281.

La aplicación de las sanciones previstas en este régimen, será independiente de toda otra normativa y penalidades que pudieran corresponder al infractor, como también de toda medida que pudiera adoptarse en resguardo de la seguridad. Si alguna conducta sancionada recibiere represión penal, ambas sanciones serán independientes una de otra.

En cuanto a las Infracciones y sus sanciones, son aplicables tanto al Electricista Habilitado, como a la Prestadora como al Titular del Inmueble.

Los **prestadores del servicio público** de distribución de energía eléctrica podrán ser sancionados:

- 1) Con multa de entre 20 y 60 unidades, por un incumplimiento de las mismas características de otro que haya sido sancionado anteriormente con apercibimiento.
- 2) Con multa de entre 40 y 160 unidades, por otorgar la conexión del suministro de energía eléctrica sin exigir “Certificado de Instalación Eléctrica Apta” (artículo 6º, Ley N° 10.281).
- 3) Con multa de entre 30 y 90 unidades, por otorgar la conexión del suministro de energía eléctrica con “Certificado de Instalación Eléctrica Apta” que no cumpla los requisitos establecidos en la Ley y/o su Reglamentación, o que haya sido otorgado por persona no habilitada a tal efecto.
- 4) El monto de la multa correspondiente se duplicará por la reincidencia en el plazo de dos (2) años del incumplimiento que hubiere sido sancionado anteriormente.

Los **Electricistas Habilitados que realicen actividades comprendidas en la Ley 10.281**, podrán ser sancionados:

- 1) Con multa de entre 20 y 40 unidades, por incumplimiento de las mismas características de otro que haya sido sancionado anteriormente con apercibimiento.
- 2) Con multa de entre 25 y 50 unidades por no mantener actualizados los datos e información personal recurrida por el “Registro de Instaladores Electricistas Habilitados” (artículo 4º, Ley Provincial N° 10.281).

- 3) Con multa de entre 40 y 120 unidades, por la realización de instalaciones eléctricas sin la correspondiente inscripción en el "Registro de Instaladores Electricistas Habilitados" (artículo 4º, Ley Provincial Nº 10.281).
- 4) Con multa de entre 30 y 90 unidades, por la falta de emisión del "Certificado de Instalación Eléctrica Apta", cuando el mismo sea exigible (artículo 6º, Ley Provincial Nº 10.281).
- 5) Con multa de entre 50 y 150 unidades, por emitir "Certificado de Instalación Eléctrica Apta" que no cumpla con los requisitos formales y/o sustanciales establecidos en la reglamentación (artículo 6º, Ley Provincial Nº 10.281).
- 6) Con multa de entre 60 y 180 unidades, por emitir "Certificado de Instalación Eléctrica Apta" sin tener inscripción válida y vigente en el "Registro de Instaladores Electricistas Habilitados" (artículo 6º, Ley Provincial Nº 10.281).
- 7) El monto de la multa correspondiente se duplicará por la reincidencia en el plazo de dos (2) años de incumplimiento que hubiere sido sancionado anteriormente.
- 8) Con suspensión de hasta seis (6) meses, cuando ya hubiere sido sancionado con multa en tres oportunidades.
- 9) Con inhabilitación del Registro, cuando ya hubiere recibido sanción de suspensión.

Los **usuarios del servicio público de distribución** de energía eléctrica podrán ser sancionados:

- 1) Con multa de entre 10 y 30 unidades, por un incumplimiento de las mismas características de otro que haya sido sancionado anteriormente con apercibimiento.
- 2) Con multa de entre 10 y 50 unidades, cuando contraten la realización de instalaciones eléctricas con personas que no cuenten con la correspondiente inscripción en el "Registro de Instaladores Electricistas Habilitados".
- 3) El monto de la multa correspondiente se duplicará por la reincidencia en el plazo de dos (2) años de incumplimiento que hubiere sido sancionado anteriormente.

Los **municipios, comunas o titulares de instalaciones de alumbrado público o señalización** existentes podrán ser sancionados:

- 1) Con multa de entre 20 y 60 unidades, por un incumplimiento de las mismas características de otro que haya sido sancionado anteriormente con apercibimiento.
- 2) Con multa de entre 60 y 200 unidades, cuando no adecuen las referidas instalaciones a la normativa prevista en la Ley Provincial Nº 10.281 en el plazo y condiciones previstas en su artículo 7º.
- 3) El monto de la multa correspondiente se duplicará por la reincidencia en el plazo de dos (2) años de incumplimiento que hubiere sido sancionado anteriormente.

El **Procedimiento** de la determinación de las Infracciones y aplicación de las Sanciones tiene el siguiente curso:

APERTURA: El sumario se iniciará por denuncia y/o mediante Acta de Constatación realizada de oficio por funcionarios del ERSeP.

DESCARGO: La denuncia formulada y/o el Acta de Constatación pertinente deberá ser notificada al presunto infractor por el término de siete (07) días para que comparezca en el expediente, constituya domicilio en el radio legal, produzca descargo y realice el ofrecimiento de las pruebas que considere procedentes.

RESOLUCIÓN: Producido el descargo o vencido el término para hacerlo y producida la prueba que el ERSeP considere pertinente, éste resolverá la cuestión sin otra sustanciación, notificando fehacientemente la sanción aplicada o la inexistencia de la infracción o de la responsabilidad del presunto infractor.

IMPUGNACIÓN: Las resoluciones que impongan una sanción serán recurribles en los términos y por los medios establecidos en la Ley de Procedimientos Administrativos Nº 6658 y la normativa interna del ERSeP.

CADUCIDAD: Las infracciones previstas en el presente régimen caducarán a los tres (3) años a partir del momento en que el ERSeP tome conocimiento en forma fehaciente del hecho generador.

SUSPENSIÓN DE LA CADUCIDAD: Los plazos de caducidad establecidos en el artículo precedente se suspenden en el caso que el sancionado interponga cualquier tipo de acción recursiva o judicial.

5.9. Certificado de Instalación Eléctrica Apta. Resolución General ERSeP 05/2016

Las definiciones que se fijan en la Resolución General N° 05/2016 del ERSeP son:

Suministro eléctrico: es la provisión de energía eléctrica al usuario.

Instalación del usuario: instalación eléctrica bajo responsabilidad del usuario del servicio eléctrico, según lo dispuesto por el Reglamento de Comercialización de la Energía Eléctrica de EPEC o el Reglamento de Suministros aplicable por las Cooperativas Concesionarias (ANEXO VIII del Contrato de Concesión del Servicio Público de Distribución de Energía), según corresponda, el o los que lo/s modifique/n o reemplace/n.

Instalación nueva: es toda instalación del usuario que pretenda vincularse por primera vez a la red de distribución de energía eléctrica.

Instalación existente: es toda instalación del usuario que pretenda vincularse a la red de distribución de energía eléctrica y que haya contado con suministro eléctrico en forma previa.

Instalación de uso circunstancial y de carácter provisorio: es toda instalación del usuario que pretenda vincularse a la red de distribución de energía eléctrica y que pertenezca a obras en construcción, exposiciones, puestos ambulatorios y toda otra de similares características.

El “Certificado de Instalación Eléctrica Apta” deberá ser extendido por todo Electricista Habilitado en los siguientes casos:

Artículo	Alcance	Profesional
2°	Instalaciones nuevas, modificaciones o ampliaciones de instalaciones existentes e instalaciones nuevas de usuarios que internamente generen su propia energía eléctrica y se vinculen a la red de distribución.	Electricista Categoría III
3°	Intervenga en relación a instalaciones existentes, ya sea de usuarios que internamente generen o no su propia energía eléctrica y se vinculen a la red de distribución como así también cuando corresponda a instalaciones de uso circunstancial y de carácter provisorio.	Electricista Categoría III
4°	Intervenga en instalaciones nuevas, instalaciones existentes, sus modificaciones o ampliaciones, ya sean de usuarios que internamente generen o no su propia energía eléctrica y se vinculen a la red de distribución, como así también ante instalaciones de uso circunstancial y de carácter provisorio.	Electricista Categoría I y II

El Certificado deberá ser extendido por triplicado (original para ser presentado por el solicitante del servicio ante la distribuidora, duplicado para quedar en poder del solicitante y triplicado para el instalador).

A partir de la respectiva entrada en vigencia de la Ley N° 10.281, las distribuidoras eléctricas del territorio provincial también deberán requerir el “Certificado de Instalación Eléctrica Apta”, extendido por “Instalador Electricista Habilitado” con incumbencias específicas a tales fines, en los casos de cambio de tarifa y/o aumento de potencia del suministro que impliquen la adecuación de las instalaciones de alimentación y protección del usuario, salvo que al momento del referido cambio de tarifa y/o aumento de potencia, la instalación eléctrica en cuestión cuente con certificado vigente ya presentado, acorde a las características de la misma, y no requiera de readecuaciones.

Conexión de suministros eléctricos correspondientes a instalaciones nuevas:

El Certificado de Instalación Eléctrica Apta deberá ser emitido por Instalador Electricista Habilitado con incumbencia específica acorde al tipo, tensión y potencia de la instalación, sin perjuicio del cumplimiento de las reglamentaciones y normas definidas por los colegios profesionales correspondientes u órganos equivalentes, en virtud de la categoría que revista el instalador interviniente. El referido certificado deberá presentarse obligatoriamente para la obtención de todo suministro eléctrico correspondiente a instalaciones nuevas.

Ante la conexión de suministros correspondientes a instalaciones nuevas como las descriptas en el alcance de este capítulo, deberá verificarse mínimamente el cumplimiento de los siguientes requisitos para el resguardo de la seguridad pública:

- 1) Las instalaciones eléctricas de dichos suministros deberán cumplir con la reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) vigente, de acuerdo al tipo de instalación.
- 2) Los elementos que se utilicen para las instalaciones alcanzadas por este capítulo, debe estar identificados con el sello “S”, según el régimen de la Resolución MEyFP-SC N° 508/2015, y conforme a las normas IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) o IEC (International Electrotechnical Commission) correspondientes, en los casos que ello resulte aplicable.

Revisión de las instalaciones

Será responsabilidad del usuario, para su propio resguardo, controlar periódicamente la instalación eléctrica interior para la que solicita el suministro definitivo, mediante una inspección realizada por Instalador Electricista Habilitado con incumbencia específica, considerando los siguientes períodos para su realización:

- a) Viviendas unifamiliares o unidades de vivienda en propiedad horizontal: cada 5 años.
- b) Inmuebles destinados a oficinas, actividad comercial o industrial, e instalaciones eléctricas comunes en edificios de propiedad horizontal: cada 3 años.
- c) Lugares o locales de pública concurrencia, alumbrado público, cartelería y señalización: cada 2 años.
- d) Inmuebles o locales que presentan riesgo de incendio o explosión: cada año.

Los períodos indicados podrán diferir según requerimientos específicos que fije la autoridad de aplicación que regule el uso o destino de cada establecimiento en particular.

Conexión de suministros correspondientes a pequeñas instalaciones existentes

Comprende los suministros definitivos que se otorguen para instalaciones existentes e instalaciones existentes de usuarios que internamente generen su propia energía eléctrica y se vinculen a la red de distribución, para todos los casos, a partir de la correspondiente entrada en vigencia, tanto cuando ocurra por primera vez, como cuando suceda con posterioridad y en un plazo mayor de dos (2) años contados desde que se acreditó el previo cumplimiento de la Ley, siempre que dichas instalaciones sean destinadas a vivienda unifamiliar y/o pequeñas instalaciones comerciales o industriales, en todos los casos en baja tensión y con potencia máxima no mayor a diez kilowatt (10 kW).

Requisito obligatorio para la conexión de suministros

Sin perjuicio del cumplimiento de la normativa y/o procedimientos vigentes en cada jurisdicción, respecto de las habilitaciones y/o inspecciones de obra que las autoridades competentes pudieran exigir, se deberá presentar ante la distribuidora el Certificado de Instalación Eléctrica Apta, de conformidad con el punto 3 de este capítulo, como condición para que la misma otorgue el suministro. El Certificado de Instalación Eléctrica Apta deberá ser emitido por Instalador Electricista Habilitado con incumbencia específica acorde al tipo,

tensión y potencia de la instalación, sin perjuicio del cumplimiento de las reglamentaciones y normas definidas por los colegios profesionales correspondientes u órganos equivalentes, en virtud de la categoría que revista el instalador interviniente. El referido certificado deberá presentarse obligatoriamente para la reanudación de todo suministro eléctrico correspondiente a las instalaciones existentes.

Ante la conexión de suministros correspondientes a instalaciones existentes de características como las descritas en el alcance de este capítulo, deberá verificarse mínimamente el cumplimiento de los siguientes requisitos para el resguardo de la seguridad pública:

- 1) El tablero principal del usuario debe ser aislado, cumpliendo con el concepto de doble aislación.
- 2) Los tableros del usuario deben poseer un grado de protección (IP) de acuerdo al lugar y medio ambiente en donde se hallen emplazados
- 3) Se debe restringir el acceso a partes bajo tensión eléctrica, para evitar contactos accidentales con estas piezas energizadas.
- 4) Se debe instalar un sistema TT de puesta a tierra de protección que cumpla los requisitos de la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) en vigencia y las normas IRAM 2281-2 y 2281-3.
- 5) Se debe conectar a la tierra de protección (para equipotencializar) todas las partes conductoras.
- 6) Se debe instalar en el tablero principal del usuario un interruptor automático de maniobra con protección contra sobrecarga y cortocircuito para cada circuito eléctrico, con interrupción de fase/s y neutro, como así también un interruptor automático por corriente diferencial de fuga acorde al punto 3.7.
- 7) En el caso de instalaciones que posean únicamente tablero principal del usuario, se deberá instalar en el mismo un interruptor automático por corriente diferencial de fuga menor o igual a 30mA, debidamente protegido contra sobrecarga y cortocircuito.
- 8) En el tablero principal del usuario se prohíbe la utilización de fusibles para la protección de líneas seccionales y/o circuitos.

9) Los elementos enumerados precedentemente, utilizados en las instalaciones alcanzadas por este capítulo, deben estar identificados con el sello "S", según el régimen de la Resolución MEyFP-SC Nº 508/2015, y conforme a las normas IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) o IEC (International Electrotechnical Commission) correspondientes, en los casos que ello resulte aplicable.

Revisión de las instalaciones

Será responsabilidad del usuario, para su propio resguardo, la verificación del total de la instalación eléctrica interna del inmueble para el que requiere el suministro definitivo según la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) vigente.

Además, será responsabilidad del usuario realizar una inspección periódica llevada a cabo por Instalador Electricista Habilitado con incumbencia específica, según plazos previstos en el apartado 4 del Capítulo II.

Conexión de suministros correspondientes a instalaciones existentes mayores

1. Alcance

Esta parte del reglamento comprende los suministros definitivos que se otorguen para instalaciones existentes e instalaciones existentes de usuarios que internamente generen su propia energía eléctrica y se vinculen a la red de distribución, para todos los casos, a partir de la correspondiente entrada en vigencia, tanto cuando ocurra por primera vez, como cuando suceda con posterioridad y en un plazo mayor de dos (2) años contados desde que se acreditó el previo cumplimiento de la Ley, siempre que dichas instalaciones sean destinadas a usos diferentes o con nivel de tensión y/o potencia máxima superior que los prescriptos en el Capítulo III.

2. Requisito obligatorio para la conexión de suministros

Sin perjuicio del cumplimiento de la normativa y/o procedimientos vigentes en cada jurisdicción, respecto de las habilitaciones y/o inspecciones de obra que las autoridades competentes pudieran exigir, se deberá presentar ante la distribuidora el Certificado de Instalación Eléctrica Apta, de conformidad con el punto 3 de este capítulo, como condición para que la misma otorgue el suministro. El Certificado de Instalación Eléctrica Apta deberá ser emitido por Instalador Electricista Habilitado con incumbencia específica acorde al tipo,

tensión y potencia de la instalación, sin perjuicio del cumplimiento de las reglamentaciones y normas definidas por los colegios profesionales correspondientes u órganos equivalentes, en virtud de la categoría que revista el instalador interviniente.

El referido certificado deberá presentarse obligatoriamente para la reanudación de todo suministro eléctrico correspondiente a las instalaciones existentes consideradas en el presente capítulo.

3. Requisitos técnicos para la conexión de suministros

Ante la conexión de suministros correspondientes a instalaciones existentes de características como las descritas en el alcance de este capítulo, deberá verificarse mínimamente el cumplimiento de los siguientes requisitos para el resguardo de la seguridad pública:

3.1) Los requisitos técnicos de los tableros eléctricos (tipo de aislamiento y grados de protección), las condiciones de restricción de la instalación respecto del acceso a partes bajo tensión eléctrica (para evitar contactos accidentales con piezas energizadas), el sistema de puesta a tierra de protección y conexión de las partes conductoras de los elementos de la instalación eléctrica que en condiciones normales no se encuentren bajo tensión eléctrica, la instalación de los dispositivos de maniobra y protección contra sobrecarga y cortocircuito para cada línea y/o circuito eléctrico, y la instalación de las protecciones por corriente diferencial de fuga que corresponda, deberán cumplir con las disposiciones al respecto de la reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) y las normas IRAM en vigencia que corresponda, acorde al nivel de tensión, potencia máxima, destino, uso y/o características de la instalación.

3.2) Los elementos contemplados en la enumeración precedente, utilizados en las instalaciones alcanzadas por este capítulo, deben estar identificados con el sello "S", según el régimen de la Resolución MEyFP-SC Nº 508/2015, y conforme a las normas IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) o IEC (International Electrotechnical Commission) correspondientes, en los casos que ello resulte aplicable.

4. Revisión de las instalaciones

Será responsabilidad del usuario, para su propio resguardo, realizar la verificación del total de la instalación eléctrica interna para la que requiere el suministro definitivo, según la reglamentación correspondiente de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) en vigencia.

Además, será responsabilidad del usuario realizar una inspección periódica llevada a cabo por Instalador Electricista Habilitado con incumbencia específica, según plazos previstos en el apartado 4 del Capítulo II.

Conexión de suministros correspondientes a instalaciones de uso circunstancial y de carácter provisorio

El Certificado de Instalación Eléctrica Apta deberá ser emitido por Instalador Electricista Habilitado con incumbencia específica acorde al tipo, tensión y potencia de la instalación, sin perjuicio del cumplimiento de las reglamentaciones y normas definidas por los colegios profesionales correspondientes u órganos equivalentes, en virtud de la categoría que revista el instalador interviniente.

El referido certificado deberá presentarse obligatoriamente para la obtención de todo suministro eléctrico correspondiente a las instalaciones consideradas en el presente capítulo, como así también para mantener el suministro cada vez que se efectúe su revisión en forma periódica.

Requisitos técnicos para la conexión de suministros

- 1) Todos los gabinetes y tableros, de los pilares de acometida y del usuario, poseerán un cierre de seguridad que dificulte su apertura por terceros no autorizados, de manera que resulte necesario para su cierre y apertura el uso de una herramienta especial (codificada o no).
- 2) El tablero principal del usuario debe ser aislado, cumpliendo con el concepto de doble aislación.
- 3) Los tableros del usuario deben poseer un grado de protección (IP) de acuerdo al lugar y medio ambiente en donde se hallen emplazados.
- 4) Se debe restringir el acceso a partes bajo tensión eléctrica, para evitar contactos accidentales con estas piezas energizadas.
- 5) Se debe instalar un sistema TT de puesta a tierra de protección.
- 6) Se debe conectar a la tierra de protección (para equipotencializar) todas las partes conductoras.

7) Se debe instalar en el tablero principal del usuario un interruptor automático de maniobra con protección contra sobrecarga y cortocircuito para cada circuito eléctrico, con interrupción de fase/s y neutro, como así también un interruptor automático por corriente diferencial de fuga acorde al punto 3.8.

8) En el caso de instalaciones que posean únicamente tablero principal del usuario, se deberá instalar en el mismo un interruptor automático por corriente diferencial de fuga menor o igual a 30mA debidamente protegido contra sobrecarga y cortocircuito.

9) En el caso de tratarse de instalaciones temporales y portátiles, tales como las utilizadas para alimentar equipos de consumo en ferias, circos, parques de diversión y toda otra de similares características, para la conexión de los equipos de consumo se utilizarán tableros seccionales, ubicados a la menor distancia posible de los puntos de consumo, en zonas de acceso restringido, debiendo cumplirse con los requisitos definidos en el punto 3.8 precedente.

10) Los elementos que se utilicen en las instalaciones alcanzadas por este capítulo, deben estar identificados con el sello "S", según el régimen de la Resolución MEyFP-SC Nº 508/2015, y conforme a las normas IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) o IEC (International Electrotechnical Commission) correspondientes, en los casos que ello resulte aplicable.

Requerimiento de revisión de las instalaciones

El usuario al que se le otorgue la conexión a la red de distribución mediante un suministro transitorio, deberá controlar anualmente sus instalaciones de uso circunstancial y de carácter provisorio mediante una inspección llevada a cabo por Instalador Electricista Habilitado con incumbencia específica, debiendo presentar el respectivo Certificado de Instalación Eléctrica Apta ante la distribuidora para mantener el suministro eléctrico en las condiciones descriptas.

Armado del Certificado Técnico para instalaciones nuevas, modificaciones o ampliaciones

Se muestran a continuación las planillas y documentación que forman parte del Certificado Técnico:

LEY N° 10281 Seguridad Eléctrica para la Provincia de Córdoba	CERTIFICADO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA APTA	 Edición: 01 Vigencia: 17/02/2016 Hoja 1 de 6
	INSTALACIONES NUEVAS, MODIFICACIONES O AMPLIACIONES de instalaciones existentes, instalaciones nuevas de usuarios que internamente generen su propia energía eléctrica y se vinculen a la red de distribución, en baja tensión y con potencia máxima no mayor a diez kilowatt (10 kW)	

Verificación según Resolución General ERSeP N° 05/2016

CÓDIGO ÚNICO DE IDENTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN CERTIFICADA (1):

DATOS DEL INSTALADOR ELECTRICISTA HABILITADO - CATEGORÍA III

Apellido y Nombre:

DNI N°:

Registro N°:

Domicilio Real:

N°:

Piso:

Dpto.:

Localidad:

CP N°:

DATOS DEL PROPIETARIO DE LA INSTALACIÓN/SOLICITANTE DEL CERTIFICADO

Apellido y Nombre:

DNI N°:

Domicilio Real:

N°:

Piso:

Dpto.:

DATOS DEL INMUEBLE PARA EL QUE SE EXTIENDE EL CERTIFICADO

Calle:

N°:

Piso:

Dpto.:

Localidad:

CP N°:

Instalación nueva:

☐

Modificación de instalación existente:

☐

Ampliación de instalación existente:

☐

SI/NO

a) La instalación CERTIFICADA cumple con la reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) vigente de acuerdo su tipo:

☐

b) Los elementos que conforman la instalación CERTIFICADA, en los casos que ello resulte aplicable, están identificados con el sello "S", según Resolución MEyFP-SC N° 508/2015, y conforme a IRAM o IEC:

☐

c) Se verifica la correcta instalación y características del tablero principal del usuario, del sistema de puesta a tierra de protección y de los interruptores automáticos con protección contra sobrecarga, cortocircuito y por corriente diferencial de fuga, según corresponda (sólo cuando se trate de modificaciones o ampliaciones de instalaciones existentes) (2):

☐

d) Puede extenderse la correspondiente certificación de aptitud de la instalación, en virtud de verificarse las condiciones de seguridad exigidas por la Ley N° 10281 (3):

☐

(1) Código a obtener a través de la página web del ERSeP (ersep.cba.gov.ar).

(2) Sólo en caso de tratarse de modificaciones o ampliaciones de instalaciones existentes, debe verificarse la correcta instalación y características del tablero principal y del sistema de puesta a tierra de protección del usuario involucrado en la ampliación o modificación; debe instalarse en el tablero principal del usuario y en cada tablero seccional, un interruptor automático de maniobra con protección contra sobrecarga y cortocircuito para cada línea o circuito eléctrico involucrado en la ampliación o modificación, con interrupción de fase/s y neutro; y debe asegurarse la protección de la ampliación o modificación con interruptor automático por corriente diferencial de fuga menor o igual a 30mA (interruptor diferencial), instalado en el tablero principal del usuario o en cada tablero seccional que corresponda, debidamente protegido contra sobrecarga y cortocircuito; de modo de garantizar la seguridad de la ampliación o modificación ejecutada.

(3) Indicar "SI" en caso que los ítems precedentes se verifiquen, o "NO" cuando alguno o todos los anteriores no verifiquen.

Observaciones: (En caso de tratarse de modificaciones o ampliaciones de instalaciones existentes, si el usuario/solicitante lo requiriera, especificar toda anomalía que pudiera advertirse en la instalación existente sobre la que el electricista no haya intervenido).

Fecha :

Firma y sello del Instalador Electricista Habilitado

Firma y aclaración del usuario/solicitante

NOTA: La firma del presente Certificado de Instalación Eléctrica Apta por parte del Instalador Electricista Habilitado verifica y certifica el cumplimiento de la Resolución General ERSeP N° 05/2016. De consignarse "NO" en alguno de los ítems "a" al "c", ello definirá a la instalación como NO APTA en "d", y no podrá ser ejecutada la conexión del suministro por parte de la distribuidora eléctrica.

LEY N° 10281 Seguridad Eléctrica para la Provincia de Córdoba	CERTIFICADO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA APTA INSTALACIONES NUEVAS, MODIFICACIONES O AMPLIACIONES de instalaciones existentes, instalaciones nuevas de usuarios que internamente generen su propia energía eléctrica y se vinculen a la red de distribución, en baja tensión y con potencia máxima no mayor a diez kilowatt (10 kW)	 Edición: 01 Vigencia: 17/02/2016 Hoja 5 de 6
--	---	--

Verificación según Resolución General ERSeP N° 05/2016

CÓDIGO ÚNICO DE IDENTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN CERTIFICADA:

[illegible]

LISTADO DE MATERIALES DE LA INSTALACIÓN CERTIFICADA (1)(2):

[illegible]

(1) Deben detallarse todos los materiales que el Electricista Habilitado instale o verifique en la instalación CERTIFICADA, incluyendo la especificación de marca, modelo y características técnicas principales.

(2) En caso de disponerse del listado de materiales de la instalación CERTIFICADA en un formato o tamaño diferente de este documento, consignar en el presente formulario que "se adjunta listado de materiales en otro formato".

Observaciones:

Fecha :

 /

 /

Firma y sello del Instalador Electricista Habilitado

Firma y aclaración del usuario/solicitante

NOTA: La firma del presente Certificado de Instalación Eléctrica Apta por parte del Instalador Electricista Habilitado verifica y certifica el cumplimiento de la Resolución General ERSeP N° 05/2016.

Armado del Certificado Técnico para instalaciones de uso circunstancial y provisorio

LEY N° 10281 Seguridad Eléctrica para la Provincia de Córdoba	CERTIFICADO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA APTA	 Edición: 01 Vigencia: 17/02/2016 Hoja 1 de 6
	PEQUEÑAS INSTALACIONES EXISTENTES Instalaciones existentes, instalaciones existentes de usuarios que internamente generen su propia energía eléctrica y se vinculen a la red de distribución e instalaciones de uso circunstancial y de carácter provisorio, en baja tensión y con potencia máxima no mayor a diez kilowatt (10 kW)	

Verificación según Resolución General ERSeP N° 05/2016

CÓDIGO ÚNICO DE IDENTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN CERTIFICADA (1):

DATOS DEL INSTALADOR ELECTRICISTA HABILITADO - CATEGORÍA III

Apellido y Nombre:

DNI N°: Registro N°:

Domicilio Real: N°: Piso: Dpto.:

Localidad: CP N°:

DATOS DEL PROPIETARIO DE LA INSTALACIÓN/SOLICITANTE DEL CERTIFICADO

Apellido y Nombre: DNI N°:

Domicilio Real: N°: Piso: Dpto.:

DATOS DEL INMUEBLE PARA EL QUE SE EXTIENDE EL CERTIFICADO

Calle: N°: Piso: Dpto.:

Localidad: CP N°:

Instalación para suministro definitivo: ☐ Instalación para suministro transitorio: ☐

SI/NO

- a) Correcta instalación y características del tablero principal del usuario:
- b) Correcta instalación del sistema de puesta a tierra de protección del usuario:
- c) Correcta instalación del interruptor automático de maniobra con protección contra sobrecarga y cortocircuito para cada línea o circuito eléctrico de la instalación (2):
- d) Correcta instalación del/los interruptor/es automático/s por corriente diferencial de fuga (3):
- e) Los elementos que conforman los sistemas precedentemente enumerados, en los casos que ello resulte aplicable, están identificados con el sello "S", según Resolución MEYFP-SC N° 508/2015, y conforme a IRAM o IEC:
- f) Se verifica continuidad en el sistema de puesta a tierra de protección del usuario:
- g) Correcta instalación de las canalizaciones, conductores, toma-corrientes y bocas en general (4):
- h) Puede extenderse la correspondiente certificación de aptitud de la instalación, en virtud de verificarse las condiciones mínimas de seguridad exigidas por la Ley N° 10281 (5):**

☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐

- (1) Código a obtener a través de la página web del ERSeP (ersep.cba.gov.ar).
- (2) Debe instalarse en el tablero principal del usuario y en cada tablero seccional, un interruptor automático de maniobra con protección contra sobrecarga y cortocircuito para cada línea o circuito eléctrico, con interrupción de fase/s y neutro.
- (3) Debe asegurarse la protección de la instalación con interruptor automático por corriente diferencial de fuga menor o igual a 30mA (interruptor diferencial), instalado en el tablero principal del usuario o en cada tablero seccional, debidamente protegido contra sobrecarga y cortocircuito.
- (4) Debe verificarse visualmente que la totalidad de los tomacorrientes se encuentren en buenas condiciones y sean de tres patas planas, que las bocas en general estén correctamente cerradas y que no existan cables a la vista. Todo ello mínimamente.
- (5) Indicar "SI" en caso que todos los ítems precedentes se verifiquen, o "NO" cuando alguno o todos los anteriores no verifiquen.

Observaciones: (especificar toda anomalía que pudiera advertirse en la instalación y que no se detallan más arriba)

Fecha : / /

Firma y sello del Instalador Electricista Habilitado

Firma y aclaración del usuario/solicitante

NOTA: La firma del presente Certificado de Instalación Eléctrica Apta por parte del Instalador Electricista Habilitado verifica y certifica el cumplimiento de la Resolución General ERSeP N° 05/2016. De consignarse "NO" en alguno de los ítems "a" al "g", ello definirá a la instalación como NO APTA en "h", y no podrá ser ejecutada la conexión del suministro por parte de la distribuidora eléctrica.

LEY N° 10281 Seguridad Eléctrica para la Provincia de Córdoba	CERTIFICADO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA APTA	 Edición: 01 Vigencia: 17/02/2016 Hoja 2 de 6
	PEQUEÑAS INSTALACIONES EXISTENTES Instalaciones existentes, instalaciones existentes de usuarios que internamente generen su propia energía eléctrica y se vinculen a la red de distribución e instalaciones de uso circunstancial y de carácter provisorio, en baja tensión y con potencia máxima no mayor a diez kilowatt (10 kW)	

Verificación según Resolución General ERSeP N° 05/2016

CÓDIGO ÚNICO DE IDENTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN CERTIFICADA:

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN CERTIFICADA (1)(2):

(1) Debe efectuarse una descripción pormenorizada de la instalación CERTIFICADA, a los fines de delimitar con exactitud la responsabilidad del Instalador Electricista Habilitado interviniente.

(2) En caso de disponerse de la descripción de la instalación CERTIFICADA en un formato o tamaño diferente de este documento, consignar en el presente formulario que "se adjunta descripción en otro formato".

Observaciones:

Fecha :

--	--

 /

--	--

 /

--	--	--	--

Firma y sello del Instalador Electricista Habilitado

Firma y aclaración del usuario/solicitante

NOTA: La firma del presente Certificado de Instalación Eléctrica Apta por parte del Instalador Electricista Habilitado verifica y certifica el cumplimiento de la Resolución General ERSeP N° 05/2016.

LEY N° 10281 Seguridad Eléctrica para la Provincia de Córdoba	CERTIFICADO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA APTA	 Edición: 01 Vigencia: 17/02/2016 Hoja 3 de 6
	PEQUEÑAS INSTALACIONES EXISTENTES Instalaciones existentes, instalaciones existentes de usuarios que internamente generen su propia energía eléctrica y se vinculen a la red de distribución e instalaciones de uso circunstancial y de carácter provisorio, en baja tensión y con potencia máxima no mayor a diez kilowatt (10 kW)	

Verificación según Resolución General ERSeP N° 05/2016

CÓDIGO ÚNICO DE IDENTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN CERTIFICADA:

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

REPRESENTACIÓN DEL ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN CERTIFICADA (1)(2):

--

(1) Debe efectuarse una representación del esquema unifilar de la instalación CERTIFICADA legible y respetando la simbología especificada en la reglamentación AEA en vigencia, a los fines de delimitar con exactitud la responsabilidad del Instalador Electricista Habilitado interviniente.

(2) En caso de disponerse del esquema unifilar de la instalación CERTIFICADA en un formato o tamaño diferente de este documento, consignar en el presente formulario que "se adjunta esquema unifilar en otro formato".

Observaciones:

Fecha :

--	--

 /

--	--

 /

--	--	--	--

Firma y sello del Instalador Electricista Habilitado

Firma y aclaración del usuario/solicitante

NOTA: La firma del presente Certificado de Instalación Eléctrica Apta por parte del Instalador Electricista Habilitado verifica y certifica el cumplimiento de la Resolución General ERSeP N° 05/2016.

LEY N° 10281 Seguridad Eléctrica para la Provincia de Córdoba	CERTIFICADO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA APTA	 Edición: 01 Vigencia: 17/02/2016 Hoja 4 de 6
	PEQUEÑAS INSTALACIONES EXISTENTES Instalaciones existentes, instalaciones existentes de usuarios que internamente generen su propia energía eléctrica y se vinculen a la red de distribución e instalaciones de uso circunstancial y de carácter provisorio, en baja tensión y con potencia máxima no mayor a diez kilowatt (10 kW)	

Verificación según Resolución General ERSeP N° 05/2016

CÓDIGO ÚNICO DE IDENTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN CERTIFICADA:

REPRESENTACIÓN DE LA VISTA EN PLANTA DE LA INSTALACIÓN CERTIFICADA (1)(2):

(1) Debe efectuarse una representación de la vista en planta de la instalación CERTIFICADA legible y respetando la simbología especificada en la reglamentación AEA en vigencia, a los fines de delimitar con exactitud la responsabilidad del Instalador Electricista Habilitado interviniente.

(2) En caso de disponerse de la representación de la vista en planta de la instalación CERTIFICADA en un formato o tamaño diferente de este documento, consignar en el presente formulario que "se adjunta vista en planta en otro formato".

Observaciones:

Fecha : / /

Firma y sello del Instalador Electricista Habilitado

Firma y aclaración del usuario/solicitante

NOTA: La firma del presente Certificado de Instalación Eléctrica Apta por parte del Instalador Electricista Habilitado verifica y certifica el cumplimiento de la Resolución General ERSeP N° 05/2016.

Procedimiento para la administración de Certificados de Instalación Apta

Todo Certificado de Instalación Eléctrica Apta emitido por Instalador Electricista Habilitado, independientemente de las características de la instalación y de la categoría del instalador electricista interviniente, deberá contar con un "Código Único de Identificación".

El Código Único de Identificación de una instalación contendrá datos relativos a la identificación del instalador electricista interviniente, su categoría y el tipo de instalación a la que corresponde.

Obtención del Código Único de Identificación de la instalación

1) El Código Único de Identificación será obtenido "on-line" por todo Instalador Electricista Habilitado, a través de la página web del ERSeP (www.ersep.cba.gov.ar), ingresando con el respectivo número de inscripción en el Registro de Instaladores Electricistas Habilitados, una vez concluida la tarea desarrollada por el instalador, como paso previo a la emisión del correspondiente Certificado de Instalación Eléctrica Apta a favor del usuario o solicitante.

2) Para la obtención del Código Único de Identificación, el Instalador Electricista Habilitado deberá ingresar la información que digitalmente se requiera, por medio del formulario que a tales fines se disponga, la que quedará almacenada como respaldo en la base de datos respectiva, administrada por el ERSeP. La referida información estará relacionada con el instalador interviniente (número de inscripción, datos personales, categoría, etc.) y de la instalación certificada (características técnicas del suministro en general, propietario o solicitante, nivel de tensión, potencia máxima, dirección y localidad o ciudad).

Utilización del Código Único de Identificación de la instalación

1) Obtenido el Código Único de Identificación de la instalación, el mismo deberá ser indicado en cada copia del Certificado de Instalación Eléctrica Apta que el Instalador Electricista Habilitado expida para dicha instalación en esa oportunidad.

2) En el caso de Certificados emitidos por Instaladores Electricistas Habilitados de las Categorías I y II, configurados a partir de las constancias emitidas por los Colegios Profesionales correspondientes u Órganos equivalentes, todas las copias que se generen de las mismas (la correspondiente al usuario o solicitante, la correspondiente a la distribuidora eléctrica y la correspondiente al instalador electricista), deberán contener el referido Código Único de Identificación.

3) La obtención del Código Único de Identificación de la instalación no exime al Instalador Electricista Habilitado de emitir el correspondiente Certificado de Instalación Eléctrica Apta (en la cantidad de copias especificadas), como así también de dar cumplimiento al resto de los requisitos y exigencias de todo marco normativo que resulte aplicable, según la jurisdicción u órganos intervinientes.

COLABORADORES EN LA CONFECCIÓN DEL MANUAL

| COORDINACIÓN

Esp. Ing. Miotti, Cristian Ariel

Gerencia de Energía Eléctrica - ERSeP

| COLABORACIÓN EN LA REDACCIÓN DEL TEXTO

Dr. Ing. Piumetto, Miguel

Universidad Nacional de Córdoba

Tco. Marchi, Oscar

Universidad Nacional de Córdoba

Lic. Ing. Pedraza, Dante

Fundación Relevando Peligros

Tco. Martinez, Sergio

Fundación Relevando Peligros

Ing. Gómez, Sergio Raúl

Gerencia de Energía Eléctrica - ERSeP

| REVISIÓN

Lic Spiridione, Virginia

Fundación Relevando Peligros

Martinez, Constanza

Fundación Relevando Peligros

| DISEÑO

Cormenzana, Julieta

Fundación Relevando Peligros

MAYO 2016 | CÓRDOBA

