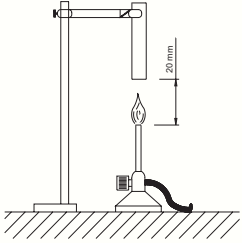
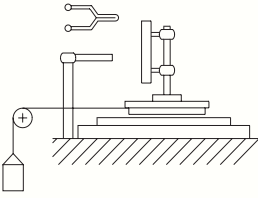
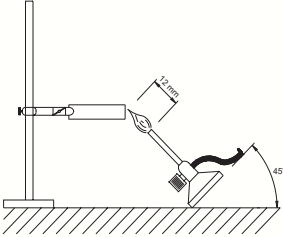

Información
Información
técnica



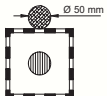
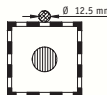
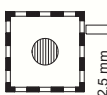
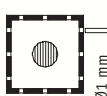
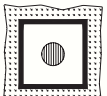
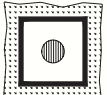
Grados de autoextinción y comportamiento al calor anormal y al fuego

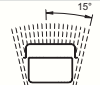
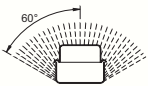

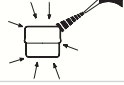
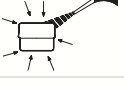

Aparatos de prueba				
Tipo de prueba	<ul style="list-style-type: none"> •UL (Underwriters' laboratories) 	Hilo incandescente (Glow- Wire Test)	Prueba de llama con aguja	
Normativa	UL 94	IEC 695-2-1 CEI 50-11	IEC 695-2-2 CEI 50-11	
Objetivo de la prueba	Suministra clasificación, en relación al comportamiento de los materiales después del contacto con la llama Bunsen.	Simula las exigencias térmicas que pueden ser producidas por las fuentes de calor o de encendido (elementos incandescentes o resistores sobrecargados por breves períodos), a objeto de valorar, a través de simulaciones, el peligro de iniciación de un incendio.	Simula el efecto de pequeñas llamas que pueden manifestarse por condiciones de daño en el interior de los productos, con en el fin de evaluar el riesgo de incendio.	
Resultado de la prueba	<p>V0: Si el material se quema medianamente por menos de 5s antes de autoextinguirse.</p> <p>V1: Si se quema medianamente por menos de 25s.</p> <p>V2: Si se quema medianamente, por menos de 25s, con goteado incandescente.</p> <p>HB: Si se quema por un tiempo mayor de 25s (prueba horizontal y velocidad de combustión inferior a 38 mm al minuto). Asimilable a ASTM D 635.</p>	<p>La eventual manifestación de la llama en el intervalo de 30s siguientes a la remoción del hilo incandescente.</p> <p>TEMPERATURAS DE PRUEBA</p> <ul style="list-style-type: none"> •650°C. •750°C •850°C. •960°C. <p>Ningún encendido del papel de copias provocado por la caída de gotas incandescentes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •El ejemplar no se incendia. • La llama y las partículas incandescentes no propagan el incendio. • La duración de la combustión es inferior de 30s, después de la separación del mechero Bunsen. 	
CONDICIONES DE PRUEBA	Fuente de calor	Llama a mechero Bunsen.	Hilo incandescente de 4mm de diámetro.	Llama a mechero Bunsen.
	Duración de la prueba	Llama aplicada durante 10s y dos (2) veces consecutivas.	Hilo aplicado durante 30 s.	Llama aplicada por el tiempo (TA) 5,10,20, 30, 60, 120s; según las normas particulares.
	Elementos característicos	Duración de la combustión.	Tiempo de apagado de la llama.	El grado de severidad: tiempo de aplicación llama (TA).









Grado de protección IPXX, según CEI en 60529 - IEC 529


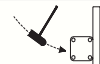



Indica el grado de protección que provee el empaque de dispositivos o equipos, contra penetración de cuerpos líquidos y sólidos.

1ª Cifra Protección contra penetración de cuerpos sólidos extraños	
IPOX	No protegido
IP1X	Protegido contra cuerpos sólidos de dimensiones superior a 50 mm. 
IP2X	Protegido contra cuerpos sólidos de dimensiones superior a 12 mm. 
IP3X	Protegido contra cuerpos sólidos de dimensiones superior a 2,5 mm. 
IP4X	Protegido contra cuerpos sólidos de dimensiones superior a 1 mm. 
IP5X	Totalmente protegido contra el polvo. 
IP6X	Totalmente protegido contra el polvo. 

2ª Cifra Protección contra penetración de líquidos	
IPX0	No protegido
IPX1	Protegido contra la caída vertical de gotas de agua. 
IPX2	Protegido contra la caída de gotas de agua con inclinación máxima de 15°. 
IPX3	Protegido contra gotas de agua. 
IPX4	Protegido contra tobos de agua. 
IPX5	Protegido contra chorros de agua a presión. 
IPX6	Protegido contra chorros de agua a alta presión. 
IPX7	Protegido contra los efectos de la inmersión temporánea, máximo 1m de profundidad. 
IPX8	Protegido contra los efectos de inmersión.

Grado de Protección mecánica a los golpes IK 8, según la norma CEI EN 50102

IK	Energía de impacto
00	Sin protección. 
01	0,15 Joules. 
02	0,20 Joules. 
03	0,35 Joules. 
04	0,5 Joules. 
05	0,7 Joules. 

IK	Energía de impacto
06	1 Joule. 
07	2 Joules. 
08	5 Joules. 
09	10 Joules. 
10	20 Joules. 

Nota: Las instalaciones de prueba previstas comprenden: martillo con resorte, martillo a péndulo y martillo vertical.

Clasificación NEMA

Clasificación de las cajas de equipos eléctricos o gabinetes, según la protección que ofrecen.

Tipo	Descripción
NEMA 1	Uso en interiores, provisto para proveer protección contra contacto con el equipo contenido dentro del gabinete. Condiciones de trabajo no severas.
NEMA 2	Utilización de propósito general en interiores, para proveer protección contra el polvo y derrames de agua, en cantidades limitadas.
NEMA 3	Uso en exteriores, resistente a la exposición de elementos naturales en condiciones normales. A prueba de polvo, agua y formación de hielo sobre el mismo.
NEMA 3R	Uso en exteriores, protección contra lluvia, formación de hielo sobre el mismo, acorde con los requerimientos UL 508, los cuales especifican "GABINETES A PRUEBA DE LLUVIA".
NEMA 4	Uso en interiores y exteriores, provee protección contra polvo, lluvia, tobos de agua, agua con manguera (65 galones por minuto a una distancia no menor de tres metros (3 m)), durante cinco (5) minutos. Utilizados en aplicaciones marinas, mostradores de verduras, etc.
NEMA 4X	Cumple con las mismas características NEMA 4 y adicionalmente, debe ser resistente a la corrosión.
NEMA 6	Utilización en interiores y exteriores, proveen protección contra inmersión temporal en agua. Resistentes a la formación de hielo.
NEMA 6P	Utilización en interiores y exteriores, proveen protección contra inmersión en agua, por largos períodos de tiempo a profundidad limitada. Resistentes a la formación de hielo.
NEMA 7	Utilización en interiores, áreas en donde están presentes sustancias inflamables con riesgo de explosión. Aplicaciones Clase I (gases), División 1, Grupos A,B,C o D del Código Eléctrico Nacional. (Interruptores de potencia en aire).
NEMA 8	Utilización en interiores/exteriores, áreas en las cuales están presentes sustancias inflamables con riesgo de explosión. Aplicaciones Clase I (gases), División 1, Grupos A,B,C o D del Código Eléctrico Nacional. (Interruptores en aceite).
NEMA 9	Utilización en interiores, áreas de peligro (presencia de sustancias inflamables con riesgo de explosión). Aplicaciones Clase II (polvo), División 1, Grupos E,F o G.
NEMA 10	En concordancia con las especificaciones del Bureau de Minas de los Estados Unidos para atmósferas explosivas.
NEMA 11	Utilización en interiores, resistentes a la corrosión y ofrecen protección contra inmersión en aceite.
NEMA 12	Utilización en ambientes interiores, protección a prueba de polvo, sucio y goteo de agua. Protección contra líquidos no corrosivos.
NEMA 13	Utilización en ambientes interiores, protección contra polvo, sucio, goteo de agua o aceite. Resistentes a líquidos no corrosivos.

Clasificación de sustancias inflamables según código eléctrico nacional

Grupo	Clase I (Gases)	Clase II (Polvos)
A	Acetileno.	
B	Hidrógeno, Óxido de Etileno, Óxido de Propileno.	
C	Éter, Sulfuro de Hidrógeno.	
D	Metanol, Acetona, Bencina, Gasolina, Naphtha.	
E		Polvos metálicos (todos los metales).
F		Polvos carboreos: carbón, asfalto, etc.
G		Polvos no conductores: granos, medicinas, pesticidas, plásticos.

División 1: Zonas de alto riesgo, ambiente en el cual existen condiciones de inflamabilidad con alta frecuencia.

División 2: Zonas de menor riesgo, ambiente inflamable presente ocasionalmente.



Normas de aislamiento

La operación y utilización de la electricidad en forma segura, tienen como base un buen aislamiento de las partes bajo tensión. Un aislamiento defectuoso genera averías y constituye un indudable peligro. A continuación se hace referencia a la norma VDE 0100-5:

“Deberá evitarse que se produzcan fallas de aislamiento, por ejemplo, por derivaciones a tierra, primordialmente por una construcción segura de los elementos de maniobra, utilizando materiales aislantes adecuados, así como aislando correctamente todas aquellas partes que estén bajo tensión en servicio (aislamiento de servicio) y por un cuidadoso montaje de la instalación eléctrica, empleando personal técnico para tales labores...”

Grupos de aislamiento

La sección 5 de las Normas VDE 0110 determina los grupos de aislamiento, “clasificando los elementos de mando Ao, A, B, C y D, en función de su utilización y la reducción del aislamiento debido a la acción del tiempo y el medio ambiente de trabajo (polvo, suciedad, humedad, condensación de agua, envejecimiento, corrosión, etc.), así como los posibles efectos de daño por fallo de aislamiento en el lugar de instalación y las sobretensiones que puedan alcanzarse”.

La siguiente clasificación es de gran interés por las indicaciones que dan, como consecuencia de los daños en caso de desaparición del aislamiento (Norma VDE 0110, tabla 2).

Grupo de aislamiento	Reducción del aislamiento por influencia del medio ambiente	Consecuencias a causa de las sobretensiones	Consecuencia de la desaparición del aislamiento por cortocircuitos
Ao	Reducida.	Muy débiles.	Pequeñas.
A	Reducida.	Muy débiles con medidas de protección.	Pequeñas.
B	Media.	Medias.	Medias.
C	Grande.	Grandes.	Grandes.
D	Muy grande.	Grandes.	Grandes.

Grupo de Aislamiento AO

Comprende los materiales para aparatos de poca potencia, que suelen estar en lugares climatizados, limpios y secos. Ejemplo: radios, dispositivos de pilas, etc.

Grupo de Aislamiento A

Corresponde a los aparatos de maniobra que van a estar ubicados en ambientes limpios y secos. Ejemplo: aparatos de medición, equipos de telecomunicaciones, etc.

Grupo de Aislamiento B

Corresponde a elementos de control y mando, que estarán ubicados en ambientes con poca influencia de polvo y humedad y poca variación de temperatura, como locales comerciales, viviendas, laboratorios, etc. Ejemplo: Luminarias, aparatos de uso doméstico, material de instalación, interruptores para protección de líneas, fusibles de rosca, etc.

Grupo de Aislamiento C

Corresponde a dispositivos que se emplean en la industria, almacenes, talleres, máquinas, etc.

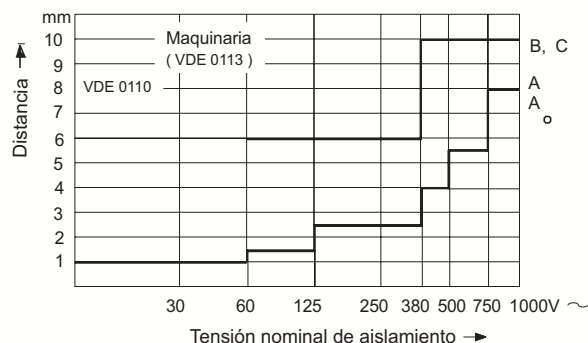
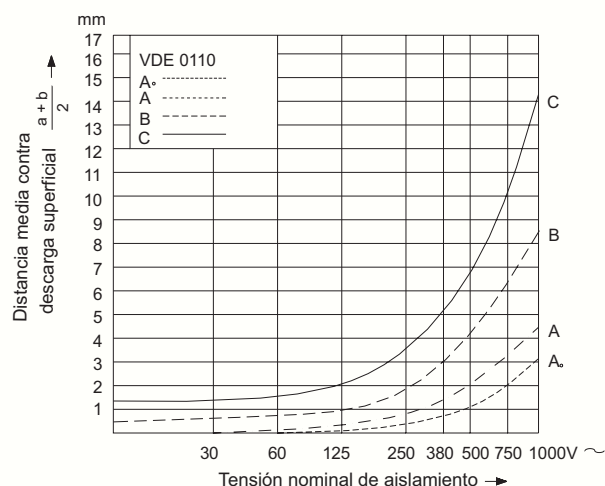
En caso de elevados niveles de humedad, polvo y/o vapores, se convierten en insuficientes las distancias contra descarga superficial y al aire, siendo entonces necesario utilizar una envoltura apropiada. Ejemplo: máquinas, transformadores, aparatos de control y señalización, fusibles NH y todos aquellos equipos y dispositivos que no posean un grado de aislamiento elevado.

Grupo de Aislamiento D

Corresponde a aplicaciones especiales. Aparatos en unidades de transporte que estén bajo la influencia de polvo y humedad (agua sucia, nieve) y que no puedan ser protegidos de forma suficiente por su envoltura. Ejemplo: trenes, aviones, etc.

Valores de las distancias contra descarga superficial y al aire

El grupo de aislamiento determina, en relación a la tensión nominal de aislamiento, los valores mínimos de distancias contra descarga superficial y al aire. Existen diferencias importantes para la misma tensión nominal de aislamiento, en los diversos grupos de aislamiento. Las curvas que se muestran a continuación indican los valores medios de distancias contra descarga superficial para los tres (3) grupos de aislamiento principales, en relación a la tensión nominal de aislamiento.



Ecuaciones de potencia

Fórmulas para determinar: Corriente (I); HP; kW y kVA

Dato requerido	Datos conocidos		
	Corriente directa (DC)	Corriente alterna (AC)	
		Circuitos Monofásicos	Circuitos Trifásicos
I	$= \frac{HP \times 746}{E \times \%eff}$	$= \frac{HP \times 746}{E \times fp \times \%eff}$	$= \frac{HP \times 746}{1,73 \times E \times fp \times \%eff}$
I	$= \frac{kW \times 1000}{E}$	$= \frac{kW \times 1000}{E \times fp}$	$= \frac{kW \times 1000}{1,73 \times E \times fp}$
I		$= \frac{kVA \times 1000}{E}$	$= \frac{kVA \times 1000}{1,73 \times E}$
kW	$= \frac{I \times E}{1000}$	$= \frac{I \times E \times fp}{1000}$	$= \frac{I \times E \times fp \times 1,73}{1000}$
kVA		$= \frac{I \times E}{1000}$	$= \frac{I \times E \times 1,73}{1000}$
HP	$= \frac{I \times E \times \%eff}{746}$	$= \frac{I \times E \times fp \times \%eff}{746}$	$= \frac{I \times E \times 1,73 \times fp \times \%eff}{746}$

Ecuaciones para motores

Torque (lb-ft)	$= \frac{HP \times 5250}{rpm}$
Fatiga de Eje (lb/sq inches)	$= \frac{HP \times 321.000}{rpm \times (\text{diámetro del eje})^3}$

Ecuaciones para bombas

Caballos de Fuerza (HP)	$= \frac{gpm \times Head \text{ in Feet} \times \text{gravedad específica}}{3960 \times \text{eff mecánica de la bomba}}$
Porcentaje de deslizamiento	$= \frac{\text{Velocidad sincrónica (rpm)} - V \text{ elocidad a plena carga}}{\text{Velocidad sincrónica (rpm)}}$
Velocidad (rpm)	$= \frac{\text{Hertz} \times 120}{N^\circ \text{ polos}}$

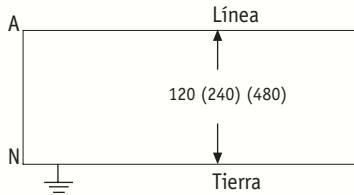
Términos comunmente utilizados en electricidad

Amperios (I):	Unidad de intensidad .
Voltios (E):	Unidad de fuerza electromotriz.
Ohmios (R):	Unidad de resistencia.
Ley de Ohm:	$I = E/R$ (DC ó 100% fp).
%eff:	Eficiencia del motor.
En caso de que se desconozca el dato se puede asumir:	
eff=	0,7 para motores de hasta 25HP. 0,8 para motores mayores de 25HP.
Voltio-Amperio(VA):	Unidad de Potencia Aparente.
Factor de potencia(fp):	Relación entre potencia activa y aparente. $\text{COS}\phi = \frac{W}{VA}$ kW/kVA
Vatio-Hora(Wh):	Unidad de energía eléctrica. 3,413 BTU.
Kilovatio-Hora(kWh):	1000 Vatios-Hora.
Caballo de Fuerza(HP):	Potencia. 746 Vatios.

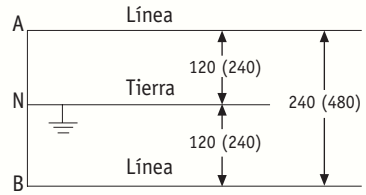


Esquemas eléctricos típicos

Sistemas monofásicos

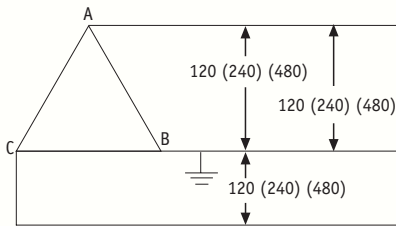


Dos hilos

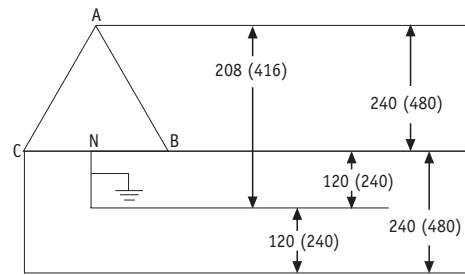


Tres hilos

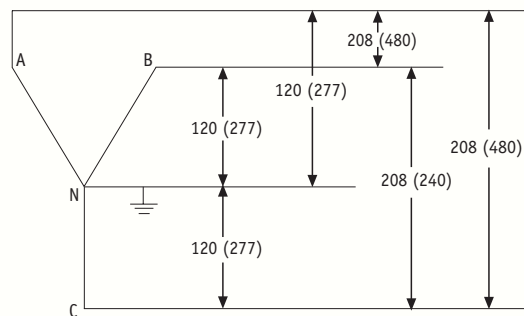
Sistemas polifásicos



Trifásico - tres hilos



Trifásico - cuatro hilos



Trifásico - cuatro hilos

Factores de conversión

PSI	=	pulgadas de H2O	X	0,0361
PSI	=	pies de H2O	X	0,4335
PSI	=	mm de H2O	X	0,0014
PSI	=	cm de H2O	X	0,0142
PSI	=	Pulgadas de Hg	X	0,4912
PSI	=	mm de Hg	X	0,0193
PSI	=	cm de Hg	X	0,193
PSI	=	kg/cm ²	X	14,22
PSI	=	bar	X	14,5
PSI	=	mbar	X	0,0145
PSI	=	Pascales	X	1,45 X 10 ⁴
PSI	=	kiloPascales	X	0,1450
PSI	=	atm	X	14,696

pulgadas de H2O	=	PSI	X	27,71
pies de H2O	=	PSI	X	2,31
mm de H2O	=	PSI	X	703,1
cm de H2O	=	PSI	X	70,31
Pulgadas de Hg	=	PSI	X	2,036
mm de Hg	=	PSI	X	57,71
cm de Hg	=	PSI	X	5,771
kg/cm ²	=	PSI	X	0,0703
bar	=	PSI	X	0,0689
mbar	=	PSI	X	68,95
Pascales	=	PSI	X	6895
kiloPascales	=	PSI	X	6,895
atm	=	PSI	X	0,068

Ecuaciones de presión

$$V = 4004 \sqrt{P_v}$$

$$P_v = (V/4004)^2 \quad **$$

$$P_v = P_t - P_s$$

$$V = 1096 (\sqrt{P_v/D}) \text{ (pcm)}$$

$$D = 1,325 X (P_b/T)$$

**Nota: P_v debe ser determinada a través de un tubo Pitot.

Donde:

V = Velocidad (pies/min).

P_v = Presión de Velocidad (pulgadas de H2O).

P_t = Presión Total (pulgadas de H2O).

P_s = Presión Estática (pulgadas de H2O).

D = Densidad del aire (lb/p³).

P_b = Presión barométrica (pulgadas de Hg).

T = Temperatura absoluta (°F + 460).

Definiciones de presión

Presión absoluta	Suma de la presión barométrica más la presión atmosférica.
Presión atmosférica	Presión existente en la superficie terrestre, debida a la columna de aire que se encuentra sobre el punto de medición. La presión atmosférica varía en función de la altitud y las condiciones climatológicas. Sin embargo, es aceptable asumir el valor 14,696 PSIA como presión atmosférica, excepto en localidades de gran altitud.
Presión barométrica	Lectura de presión por encima de la presión atmosférica. La mayoría de los instrumentos miden presión barométrica.
Tubo pitot	Tubo inserto en un ducto para medir las presiones total y estática. Provisto de conexiones independientes, para medir y supervisar cada presión.
Transductor de presión	Dispositivo utilizado para convertir una señal de presión en una señal eléctrica.
"Snubber"	Dispositivo utilizado para minimizar o eliminar golpes de presión sobre los instrumentos de medición.
Presión estática	Presión que genera un fluido hacia las paredes del recipiente en el cual se encuentre contenido.
Presión total	Suma de la presión estática y la presión de velocidad.
Presión de velocidad	Presión generada por la velocidad de un fluido. La presión de velocidad se obtiene, generalmente, midiendo las presiones Total y Estática y restando la Presión Estática de la Presión Total.



Fórmulas para conversión de temperatura

Fahrenheit °F	= 1,8°C + 32
Centígrados °C	= (°F - 32)/1,8
Rankine°	= °F + 459,7
Kelvin °K	= °C + 273,2

Utilización de la tabla

Buscar en la columna señalada con una flecha, la temperatura en °C o en °F que se desee convertir. Léase en la columna de la izquierda la conversión a °C y en la columna de la derecha la conversión a °F.

EJEMPLO:
 16°C = 60,8°F.
 16°F = -8,9°C

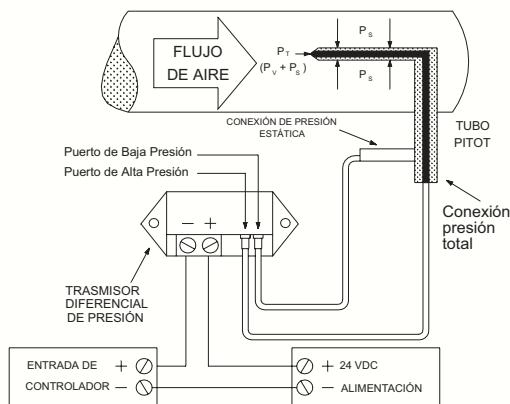
°C	↓	°F	°C	↓	°F	°C	↓	°F	°C	↓	°F	°C	↓	°F	°C	↓	°F	°C	↓	°F	°C	↓	°F						
-273	↓	-459	-39,4	↓	-39	-38,2	-10	↓	14	57,2	19,4	↓	67	152,0	48,9	↓	120	248,0	78,3	↓	173	343,4	107,8	↓	226	438,8	282	↓	540
-268	↓	-450	-38,9	↓	-38	-36,4	-9,4	↓	15	59,0	20,0	↓	68	154,4	49,4	↓	121	249,8	78,9	↓	174	345,2	108,3	↓	227	440,6	288	↓	550
-262	↓	-440	-38,3	↓	-37	-34,6	-8,9	↓	16	60,8	20,6	↓	69	156,2	50,0	↓	122	251,6	79,4	↓	175	347,0	108,9	↓	228	442,4	293	↓	560
-257	↓	-430	-37,8	↓	-36	-32,8	-8,3	↓	17	62,6	21,1	↓	70	158	50,6	↓	123	253,4	80,0	↓	176	348,8	109,4	↓	229	444,2	299	↓	570
-251	↓	-420	-37,2	↓	-35	-31,0	-7,8	↓	18	64,4	21,7	↓	71	159,8	51,1	↓	124	255,2	80,6	↓	177	350,6	110,0	↓	230	446,0	304	↓	580
-246	↓	-410	-36,7	↓	-34	-29,2	-7,2	↓	19	66,2	22,2	↓	72	161,6	51,7	↓	125	257,0	81,1	↓	178	352,4	110,6	↓	231	447,8	310	↓	590
-240	↓	-400	-36,1	↓	-33	-27,4	-6,7	↓	20	68,0	22,8	↓	73	163,4	52,2	↓	126	258,8	81,7	↓	179	354,2	111,1	↓	232	449,6	316	↓	600
-234	↓	-390	-35,6	↓	-32	-25,6	-6,1	↓	21	69,8	23,3	↓	74	165,2	52,8	↓	127	260,6	82,2	↓	180	356,0	111,7	↓	233	451,4	321	↓	610
-229	↓	-380	-35,0	↓	-31	-23,8	-5,6	↓	22	71,6	23,9	↓	75	167,0	53,3	↓	128	262,4	82,8	↓	181	357,8	112,2	↓	234	453,2	327	↓	620
-223	↓	-370	-34,4	↓	-30	-22,0	-5,0	↓	23	73,4	24,4	↓	76	168,8	53,9	↓	129	264,2	83,3	↓	182	359,6	112,8	↓	235	455,0	332	↓	630
-218	↓	-360	-33,9	↓	-29	-20,2	-4,4	↓	24	75,2	25,0	↓	77	170,6	54,4	↓	130	266,0	83,9	↓	183	361,4	113,3	↓	236	456,8	338	↓	640
-212	↓	-350	-33,3	↓	-28	-18,4	-3,9	↓	25	77,0	25,6	↓	78	172,4	55,0	↓	131	267,8	84,4	↓	184	363,2	113,9	↓	237	458,6	343	↓	650
-207	↓	-340	-32,8	↓	-27	-16,6	-3,3	↓	26	78,8	26,1	↓	79	174,2	55,6	↓	132	269,6	85,0	↓	185	365,0	114,4	↓	238	460,4	349	↓	660
-201	↓	-330	-32,2	↓	-26	-14,8	-2,8	↓	27	80,6	26,7	↓	80	176,0	56,1	↓	133	271,4	85,6	↓	186	366,8	115,0	↓	239	462,2	354	↓	670
-196	↓	-320	-31,7	↓	-25	-13	-2,2	↓	28	82,4	27,2	↓	81	177,8	56,7	↓	134	273,2	86,1	↓	187	370,4	115,6	↓	240	464,0	360	↓	680
-190	↓	-310	-31,1	↓	-24	-11,2	-1,7	↓	29	84,2	27,8	↓	82	179,6	57,2	↓	135	275,0	86,7	↓	188	372,2	116,1	↓	241	465,8	366	↓	690
-184	↓	-300	-30,6	↓	-23	-9,4	-1,1	↓	30	86,0	28,3	↓	83	181,4	57,8	↓	136	276,8	87,2	↓	189	374,0	116,7	↓	242	467,6	371	↓	700
-179	↓	-290	-30,0	↓	-22	-7,6	-0,6	↓	31	87,8	28,9	↓	84	183,2	58,3	↓	137	278,6	87,8	↓	190	372,2	117,2	↓	243	469,4	377	↓	710
-173	↓	-280	-29,4	↓	-21	-5,8	-0	↓	32	89,6	29,4	↓	85	185,0	58,9	↓	138	280,4	88,3	↓	191	374,0	117,8	↓	244	471,2	382	↓	720
-169	↓	-273	-28,9	↓	-20	-4,0	0,6	↓	33	91,4	30,0	↓	86	186,8	59,4	↓	139	282,2	88,9	↓	192	375,8	118,3	↓	245	473,0	388	↓	730
-168	↓	-270	-28,3	↓	-19	-2,2	1,1	↓	34	93,2	30,6	↓	87	188,6	60,0	↓	140	284,0	89,4	↓	193	377,6	118,9	↓	246	474,8	393	↓	740
-162	↓	-260	-27,8	↓	-18	-0,4	1,7	↓	35	95,0	31,1	↓	88	190,4	60,6	↓	141	285,8	90,0	↓	194	379,4	119,4	↓	247	476,6	399	↓	750
-157	↓	-250	-27,2	↓	-17	1,4	2,2	↓	36	96,8	31,7	↓	89	192,2	61,1	↓	142	287,6	90,6	↓	195	381,2	120,0	↓	248	478,4	404	↓	760
-151	↓	-240	-26,7	↓	-16	3,2	2,8	↓	37	98,6	32,2	↓	90	194,0	61,7	↓	143	289,4	91,1	↓	196	383,0	120,6	↓	249	480,2	410	↓	770
-146	↓	-230	-26,1	↓	-15	5,0	3,3	↓	38	100,4	32,8	↓	91	195,8	62,2	↓	144	291,2	91,7	↓	197	384,8	121	↓	250	482	416	↓	780
-140	↓	-220	-25,6	↓	-14	6,8	3,9	↓	39	102,2	33,3	↓	92	197,6	62,8	↓	145	293,0	92,2	↓	198	386,6	122	↓	260	500	421	↓	790
-134	↓	-210	-25,0	↓	-13	8,6	4,4	↓	40	104,0	33,9	↓	93	199,4	63,3	↓	146	294,8	92,8	↓	199	388,4	132	↓	270	518	427	↓	800
-129	↓	-200	-24,4	↓	-12	10,4	5	↓	41	105,8	34,4	↓	94	201,2	63,9	↓	147	296,6	93,3	↓	200	390,2	128	↓	280	536	432	↓	810
-123	↓	-190	-23,9	↓	-11	12,2	5,6	↓	42	107,6	35,0	↓	95	203,0	64,4	↓	148	298,4	93,9	↓	201	393,8	143	↓	290	554	438	↓	820
-118	↓	-180	-23,3	↓	-10	14,0	6,1	↓	43	109,4	35,6	↓	96	204,8	65,0	↓	149	300,2	94,4	↓	202	395,6	149	↓	300	572	443	↓	830
-112	↓	-170	-22,8	↓	-9	15,8	6,7	↓	44	111,2	36,1	↓	97	206,6	65,6	↓	150	302,0	95,0	↓	203	397,4	154	↓	310	590	449	↓	840
-107	↓	-160	-22,2	↓	-8	17,6	7,2	↓	45	113,0	36,7	↓	98	208,4	66,1	↓	151	303,8	95,6	↓	204	399,2	160	↓	320	608	454	↓	850
-101	↓	-150	-21,7	↓	-7	19,4	7,8	↓	46	114,8	37,2	↓	99	210,2	66,7	↓	152	305,6	96,1	↓	205	401,0	166	↓	330	626	460	↓	860
-95,6	↓	-140	-21,1	↓	-6	21,2	8,3	↓	47	116,6	37,8	↓	100	212,0	67,2	↓	153	307,4	96,7	↓	206	402,8	171	↓	340	644	466	↓	870
-90,0	↓	-130	-20,6	↓	-5	23,0	8,9	↓	48	118,4	38,3	↓	101	213,8	67,8	↓	154	309,2	97,2	↓	207	404,6	177	↓	350	662	471	↓	880
-84,4	↓	-120	-20,0	↓	-4	24,8	9,4	↓	49	120,2	38,9	↓	102	215,6	68,3	↓	155	311,0	97,8	↓	208	406,4	182	↓	360	680	477	↓	890
-78,9	↓	-110	-19,4	↓	-3	26,6	10	↓	50	122,0	39,4	↓	103	217,4	68,9	↓	156	312,8	98,3	↓	209	408,2	188	↓	370	698	482	↓	900
-73,3	↓	-100	-18,9	↓	-2	28,4	10,6	↓	51	123,8	40,0	↓	104	219,2	69,4	↓	157	314,6	98,9	↓	210	410,0	193	↓	380	716		↓	
-67,8	↓	-90	-18,3	↓	-1	30,2	11,1	↓	52	125,6	40,6	↓	105	221,0	70,0	↓	158	316,4	99,4	↓	211	411,8	199	↓	390	734		↓	
-62,2	↓	-80	-17,8	↓	0	32,0	11,7	↓	53	127,4	41,1	↓	106	222,8	70,6	↓	159	318,2	100,0	↓	212	413,6	204	↓	400	752		↓	
-56,7	↓	-70	-17,2	↓	1	33,8	12,2	↓	54	129,2	41,7	↓	107	224,6	71,1	↓	160	320,0	100,6	↓	213	415,4	210	↓	410	770		↓	
-51,1	↓	-60	-16,7	↓	2	35,6	12,8	↓	55	131,0	42,2	↓	108	226,4	71,7	↓	161	321,8	101,1	↓	214	417,2	216	↓	420	788		↓	
-45,6	↓	-50	-16,1	↓	3	37,4	13,3	↓	56	132,8	42,8	↓	109	228,2	72,2	↓	162	323,6	101,7	↓	215	419,0	221	↓	430	806		↓	
-45,0	↓	-49	-15,6	↓	4	39,2	13,9	↓	57	134,6	43,3	↓	110	230,0	72,8	↓	163	325,4	102,2	↓	216	420,8	227	↓	440	824		↓	
-44,4	↓	-48	-15,0	↓	5	41	14,4	↓	58	136,4	43,9	↓	111	231,8	73,3	↓	164	327,2	102,8	↓	217	422,6	232	↓	450	842		↓	
-43,9	↓	-47	-14,4	↓	6	42,8	15,0	↓	59	138,2	44,4	↓	112	233,6	73,9	↓	165	329,0	103,3	↓	218	424,4	238	↓	460	860		↓	
-43,3	↓	-46	-13,9	↓	7	44,6	15,6	↓	60	140,0	45,0	↓	113	235,4	74,4	↓	166	330,8	103,9	↓	219	426,2	243	↓	470	878		↓	
-42,8	↓	-45	-13,3	↓	8	46,4	16,1	↓	61	141,8	45,6	↓	114	237,2	75,0	↓	167	332,6	104,4	↓	220	428,0	249	↓	480	896		↓	
-42,2	↓	-44	-12,8	↓	9	48,2	16,7	↓	62	143,6	46,1	↓	115	239,0	75,6	↓	168	334,4	105,0	↓	221	429,8	254	↓	490	914		↓	
-41,7	↓																												

Medición de flujo de aire

Los sistemas de automatización y control para edificaciones, requieren de la medición del flujo de aire en los sistemas de climatización (Aire acondicionado y calefacción).

Entre los dispositivos existentes para medición de flujo de aire que miden presión de velocidad, se encuentran los tubos pitot y los tubos promediadores. El tubo pitot debe ser utilizado en conjunto con un transmisor de presión diferencial, para determinar el flujo de aire a un relativo bajo costo. Sin embargo, el controlador del sistema debe tener la capacidad de hacer cálculos, implementando raíces cuadradas para determinar la raíz cuadrada de la presión de velocidad.

Medición de Caudal de Aire Mediante Tubo Pitot



La figura representa un tubo pitot. Donde:

Ps es la presión estática ejercida en todas direcciones, (análogamente a la presión existente en el interior de un globo). Ésta es sensada a través de orificios radiales en el tubo pitot.

Pv es la presión de velocidad causada por el momentum del aire en movimiento, en el interior del ducto.

Pt es la presión total y es la suma de las presiones estáticas y de velocidad.

$$P_t = P_s + P_v$$

Para calcular el flujo de aire o caudal, únicamente se requiere conocer la presión de velocidad. La presión total es conectada al puerto de alta presión de un transmisor diferencial de presión, y la presión estática es conectada al puerto de baja presión del transmisor.

$$P_v = P_t - P_s$$

Una vez determinada la presión de velocidad, la velocidad del aire viene expresada a través de la siguiente ecuación:

$$V \text{ (pcm)} = 1096 \sqrt{\frac{P_v}{D}}$$

Donde:

P_v = Presión de velocidad en pulgadas de agua.

D = Densidad del aire en lb/p^3 .

La densidad del aire normalmente se asume $0,075 \text{ lb/p}^3$, con base a un aire seco 70°F y a una presión barométrica de $29,9'' \text{ Hg}$.

Densidad del aire

$$D = 1,325 \times P_b/T$$

Donde:

P_b = Presión barométrica en pulgadas de Mercurio ($'' \text{ Hg}$).

T = Temperatura absoluta ($^\circ\text{F} + 460$).

Flujo de aire o caudal

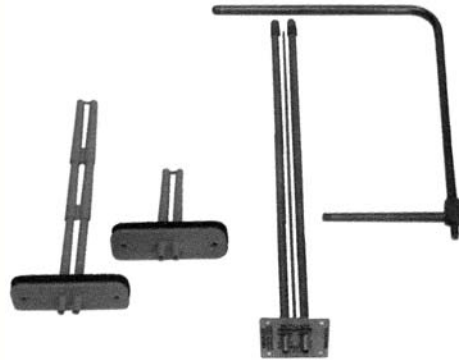
$$\text{Flujo de aire (pcm)} = V \times A$$

Donde:

V = Velocidad promedio en el ducto (p/min).

A = Sección transversal del ducto (p^2).

Es importante citar que V , es velocidad promedio en el ducto. Cuando se utiliza un tubo pitot, la velocidad es medida solamente en un punto del ducto. En un ducto de traza recta, la velocidad del aire será mayor en la parte central y menor cercana a las paredes del ducto, donde los efectos de la fricción disminuyen el caudal. El tamaño y forma del ducto determinarán cuánto se desvíe la velocidad promedio, de la velocidad medida en el centro del ducto. Para obtener una buena aproximación de la velocidad promedio cuando un tubo pitot es instalado en el centro de un ducto de trayectoria recta, reducir la velocidad en un 10%, lo cual arrojará un resultado con una precisión de $\pm 5\%$.



Otro elemento para medir el caudal de aire en un ducto, es un tubo promediador el cual opera básicamente en la misma forma que un tubo pitot, con la diferencia de que la medición se hace en múltiples puntos dentro del ducto, lo cual arroja como resultado una verdadera velocidad promedio.

Cuando se mide caudal de aire con un tubo pitot o un tubo promediador, se recomienda ubicarlo a una distancia de $7\frac{1}{2}$ veces el diámetro del ducto aguas abajo y $1\frac{1}{2}$ veces aguas arriba, distancias relativas a perturbaciones en el interior del ducto (obstrucciones, curvas, codos, etc.).



Medición del nivel de líquidos

Otra de las aplicaciones frecuentemente encontradas en sistemas de control y automatización de edificaciones, es la medición del nivel de líquido en un tanque.

El Sistema de la Burbuja es un método usualmente implementado. Requiere de la inyección de aire comprimido a través de un tubo, el cual es colocado dentro del tanque. La presión requerida para forzar la salida del aire a través del tubo, es equivalente a la presión ejercida por el líquido existente en el tanque. Al obtener esta presión, el nivel en el tanque puede ser determinado.

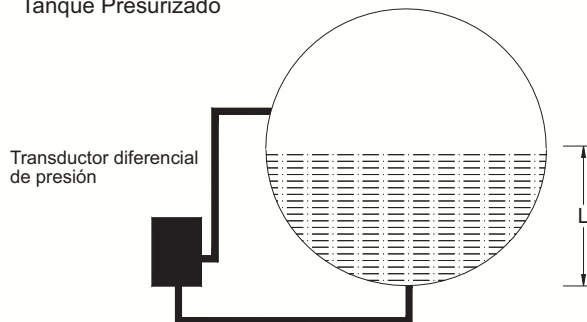
Un segundo método para determinar el nivel del líquido contenido en un tanque, es instalar un transmisor de presión en el fondo del tanque, ubicado en el nivel más bajo de líquido que se desee detectar en el interior del tanque. Si la gravedad específica del líquido contenido en el tanque es conocida, el nivel de líquido puede ser calculado.

Cuando se hacen mediciones en un tanque ventilado (no presurizado), el puerto de alta presión es canalizado hasta el líquido en el fondo del tanque y el puerto de baja presión, es dejado a la atmósfera, entonces el transductor determinará la diferencia de presión, la cual corresponde a la presión ejercida por el líquido contenido en el tanque.

Una vez conocida la presión ejercida por el líquido, se puede calcular el nivel del mismo debido a la gravedad.

Una columna de agua @ 70°F de altura 2,31 pies, genera una presión equivalente a 1 PSI.

Tanque Presurizado



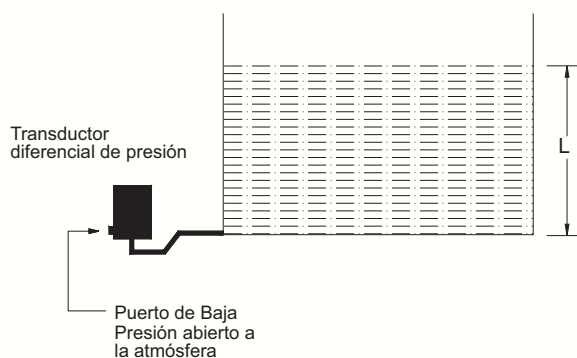
$$L = P \times 2,31p/PSI$$

Donde:

L = Nivel de líquido (pies).

P= Presión ejercida por el líquido dada por el transductor diferencial de presión. (PSI)

Tanque Ventilado



Temperatura (°F)	ft/PSI Agua
32	2,307
40	2,307
60	2,309
80	2,314
100	2,323
120	2,333
140	2,346
160	2,361
180	2,377
200	2,396
210	2,406

Válvulas

Dimensionamiento de válvulas: agua y vapor

Información requerida para seleccionar una válvula

- 1.- **Fluido a controlar**
 - Agua helada, agua caliente o vapor.
- 2.- **Temperatura**
 - Fluido: máxima y mínima.
 - Ambiente para el actuador.
- 3.- **Presión**
 - Estática.
 - Presión cuando la válvula está completamente cerrada.
 - Presión diferencial: Caída de presión entre los terminales de la válvula, en posición completamente abierta.
- 4.- **Conexiones**
- 5.- **Tipo de válvula en función de la condición de actuación**
 - Normalmente abierta.
 - Normalmente cerrada.
 - Actuador con resorte para retorno.
- 6.- **Cv (Coeficiente de flujo)**

Calculado a partir del caudal y la presión diferencial (Ver fórmulas pág. 12).

Caída de presión recomendada

Fluido : Agua

Válvulas de dos (2) posiciones:

Normalmente seleccionada del tamaño de la tubería a objeto de mantener la caída de presión al mínimo. Como criterio, seleccionar la válvula a un 10% de la presión existente.

Válvulas de dos (2) vías control proporcional:

Normalmente seleccionadas para producir una caída de presión de al menos 50% de la presión existente o disponible. (Esto es, la presión diferencial en la bomba entre las tuberías de suministro y retorno, a caudal de diseño en la válvula) Sin embargo, como la presión disponible generalmente es difícil de calcular, el procedimiento será seleccionar la válvula, utilizando una caída de presión como mínimo igual a la caída de presión existente en la carga controlada.

Válvulas de tres (3) vías control proporcional:

Caída de presión recomendada aplicaciones tipo "By-pass"

50% de la presión disponible, o igual a la caída de presión a través de la carga a máximo caudal. Las válvulas de tres (3) vías son utilizadas para controlar la temperatura del agua, regulando el flujo de agua a la carga (aplicaciones tipo "by-pass"). Controlan la salida en la misma forma en que lo hacen las válvulas de regulación de dos (2) vías y deben ser seleccionadas con el mismo criterio de alta caída de presión, si se desea obtener buenos resultados en el control.

Caída de presión recomendada para aplicaciones de caudal constante:

20% de la presión disponible o equivalente a 1/4 de la caída de presión, a través de la carga a pleno caudal. Las válvulas de tres (3) vías son utilizadas para controlar la temperatura de suministro a la carga, mezclando dos (2) suministros de agua a diferente temperatura. No se requiere de grandes caídas de presión para obtener buenos resultados en el control.

En la mayoría de los casos, el Cv disminuye entre dos (2) tamaños consecutivos de válvulas. Si la caída de presión de la válvula más pequeña es aceptable para la aplicación, entonces se seleccionará la válvula más pequeña.



Dimensionamiento de válvulas: agua y vapor

Coefficiente de flujo Cv

Las tablas para dimensionar las válvulas están basadas en la siguiente fórmula:

$$Cv = \frac{gpm}{\sqrt{\Delta P}}$$

Donde:

Cv: Coeficiente de flujo.

gpm: galones por minuto @15,6°C.

ΔP = Presión diferencial en PSI.

Caída de presión recomendada para vapor

Válvulas de dos (2) posiciones

Mínimo 10% de la presión de entrada (PSIG).

Válvulas de control proporcional

Para sistemas de baja presión (15PSIG o menor), 80% de la presión existente en el manómetro de entrada.

Cuando el Cv requerido se encuentre en el medio de dos (2) tamaños de válvulas, dimensionar nuevamente para un Cv correspondiente al 42% de la presión absoluta de entrada como caída de presión.

Para sistemas de vapor operando a presiones superiores a los 15 PSIG: utilizar 42% de la presión absoluta de entrada.

Cuando el Cv requerido esté entre dos (2) tamaños de válvula, seleccionar la válvula de mayor tamaño.

Nota: No dimensionar válvulas para vapor en sistemas de alta presión, utilizando una caída de presión mayor al 42% de la presión absoluta de entrada.

Coefficiente de flujo (Cv)

$$Cv = \frac{QK}{3\sqrt{\Delta P \times P2}}$$

Cv= Coeficiente de flujo.

Q= Libras de vapor por hora.

ΔP =Presión diferencial PSI (Caída de presión).

P2=Presión de salida PSIA (Absoluta).

PSIA= PSIG +14,7.

K= (1 + (0,0007 X °F)).

K=1, para vapor saturado.

Protección de motores mediante relés térmicos

Usualmente se utilizan aparatos de desconexión por bimetal o relés térmicos para la protección de motores. La característica principal de estos elementos es su respuesta a la desconexión, retardada y dependiente de la intensidad que por ellos circula.

Los relés térmicos son utilizados para proteger motores contra:

- Rápida destrucción en caso de arranque con rotor bloqueado.
- Reducción inadmisibles de la vida útil durante el funcionamiento.
- Evitar falsas desconexiones del motor.

Los relés térmicos deberán proteger el motor tanto en condiciones normales de la red, como en caso de falla de fase.

Los relés térmicos no desconectan el motor (a pesar de que esté en peligro) cuando se dificulta su ventilación, o bien, cuando la temperatura ambiente sea demasiado elevada. En estos casos se recomienda la utilización de sondas térmicas o termistores en el motor, que puedan ser acoplados al circuito de control en serie con el contacto auxiliar del relé térmico.

Respuesta de un relé térmico según VDE 0660

Intensidad de corriente (X corriente ajustada)	Retardo a la desconexión	Estado de servicio
1,05	> 2 Horas	Frío.
1,2	> 2 Horas	Caliente.
1,5	< 2 minutos	Caliente.
6	> 5 seg (CI.5)	Frío.
	> 10 seg (CI.10)	Frío.
	> 20 seg (CI.20)	Frío.

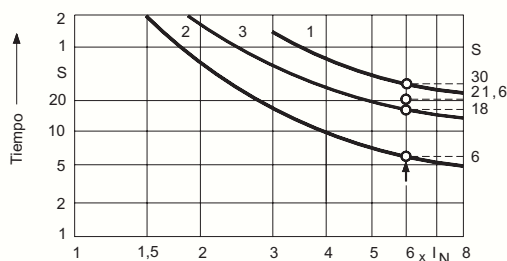
Los relés térmicos, AEG, son clase 10, lo que implica que el retardo a la desconexión o el tiempo de respuesta es de 10 segundos a las corrientes de rotor bloqueado.

Protección de motores contra sobrecargas

Para determinar la correcta protección de un motor con rotor bloqueado, deberá conocerse con exactitud la corriente pico que éste puede alcanzar en dicha condición o disponer de la curva carga-corriente que deberá confrontarse con la curva de operación del térmico.

En la siguiente figura se presentan las curvas típicas de:

- Curva de corriente del motor (1).
- Curva de un relé térmico Clase 5, partiendo de frío (2).
- Curva de un relé térmico tipo W (retardado),(3).



Curvas características de desconexión

Las normas VDE 0660 describen las curvas de desconexión de relés térmicos, como curvas que relacionan los tiempos de desconexión y la intensidad de desconexión. Se admite como estado inicial, el estado frío o bien un "estado de carga previa", no se mencionan tolerancias.

IEC 292 exige una característica de tiempo intensidad, partiendo del estado frío para 20°C o bien 40°C de temperatura ambiente, no menor a ocho (8) veces la intensidad regulada y la indicación de tolerancias.

Sobrecargas admisibles

Según VDE 0660, si un relé térmico sufre una maniobra de intensidad de desconexión máxima (6 veces I_N), no debe producirse daño alguno en el elemento sensor o bimetal y se mantendrá su curva de desconexión característica. No se ha previsto un ensayo a una intensidad permanente en su valor máximo, sin que ocurra la desconexión.



Fusibles

Los fusibles son los elementos de protección más antiguos empleados en electrotecnia, teniendo todavía hoy, un vasto campo de aplicación. Los fusibles interrumpen la corriente al fundirse una cinta conductora. Para ello es necesario un aumento determinado de la intensidad, correspondiente a la integral $I^2 \cdot t$. Para adaptar los fusibles a aplicaciones específicas, se han desarrollado diversas curvas tiempo-corriente en estos dispositivos.

Los fusibles deben cumplir con dos (2) funciones: protección contra sobrecargas y protección contra cortocircuitos, requiriendo de soluciones intermedias, desde el punto de vista de construcción y uso práctico.

Clasificados según VDE 0660-4 en dos (2) características:

- g: fusibles para uso general, protección contra sobrecarga y cortocircuito.
- a: fusible de acompañamiento, únicamente para la protección contra cortocircuitos.

Las clases de servicio corresponden a las características de funcionamiento del fusible:

- gF, gT/gL: Se utilizan para proteger conductores contra sobrecargas y cortocircuitos, de acuerdo con los conceptos "rápidos" y "lentos".
- aM: Protección de cortocircuitos, utilizados en combinación con otros dispositivos de protección, como por ejemplo: relé térmico.

Fusibles aM

Los fusibles aM, son los ideales para la protección de motores, según sus características especificadas en VDE 0660-4 e IEC 269.

- Hasta cuatro (4) veces la intensidad nominal, la protección del motor está gobernada por el relé térmico.
- En condición de sobrecarga de 4-6 veces I_n , el fusible actuará con un tiempo de disparo aproximado 40s. Para este intervalo tiempo-intensidad, el relé térmico estará gobernando la apertura del circuito, puesto que su tiempo de respuesta es inferior a los 40s.
- Para valores de intensidad 8-15 veces I_n , el fusible aM debe actuar en menos de 200 ms.

Los fusibles aM, son de menores pérdidas que los de tipo gF o gT/gL, debido a su característica de cortocircuito rápido. El valor nominal que deberá seleccionarse para la protección de un motor será igual a I_n (corriente nominal del motor), la cual corresponderá al valor del relé térmico.

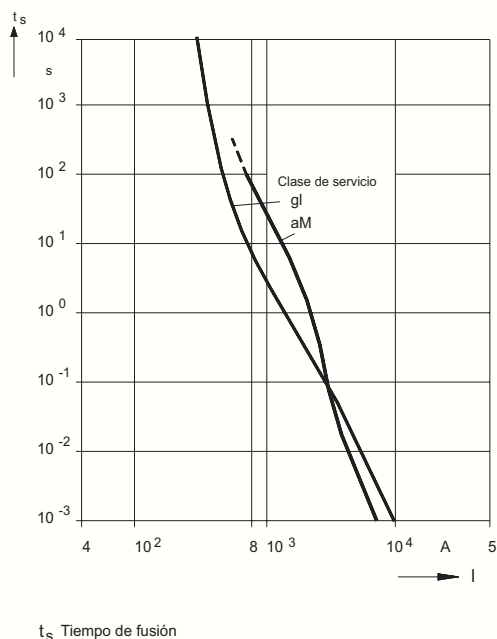
Protección contra sobrecargas

Los fusibles son totalmente inadecuados para la protección contra sobrecarga. Según VDE 0635, un fusible de valor nominal 10A deberá actuar a 19 A después de una hora. El valor mínimo de la intensidad de respuesta de fusibles NH es 1,3 veces la intensidad nominal del cartucho. En el caso de una sobre intensidad del 50%, un conductor adquiere en un corto período de tiempo un aumento inadecuado de la temperatura. La protección contra sobrecargas debe realizarse tomando en cuenta los tiempos de respuesta de los fusibles.

Protección contra cortocircuitos

Los fusibles se dimensionan para que actúe primero un interruptor manual o automático en caso de sobrecarga, actuando el fusible únicamente en caso de cortocircuito.

Para tiempos de fusión inferiores a 5 ms, los fusibles actúan como limitadores de corriente. En el caso de cartuchos NH gT/gL de intensidad nominal 25 A, la limitación de corriente comienza aproximadamente a 30 veces I_n . En el caso de fusibles de mayor amperaje, la limitación comienza a partir de 5 veces I_n , aproximadamente.



t_s Tiempo de fusión

Clasificación de fusibles según VDE 0636

Denominación	Corriente de desconexión	Tipo	Protección
g	I_{min}	gF	Protección general.
		gT/gL	Cables y conductores.
		gR	Semiconductores.
a	$>4I_n$	gB	Equipos de minas.
		aM	Motores.
		aR	Semiconductores.

I_{min} : Corriente mínima de desconexión, señalada por el fabricante.
 I_n : Corriente nominal del fusible.

Transformadores de control

La norma VDE 0113, recomienda el empleo de un transformador de control cuando se emplean más de cinco (5) bobinas electromagnéticas.

La caída de tensión provocada por las bobinas de contactores, debido a su carga fuertemente inductiva ($\cos\phi = 0,3 - 0,4$), puede generar perturbaciones fuertes en la línea del circuito principal. El empleo de los transformadores de control aísla y minimiza estos efectos. El transformador de control deberá dimensionarse para mantener una caída de tensión admisible, aún bajo condiciones desfavorables. Para determinar la potencia del transformador de control, deberán sumarse las potencias de consumo nominal de todos los contactores, lámparas de señalización y otros dispositivos conectados al secundario del mismo, valor que deberá multiplicarse por 1,2, determinando así la mínima potencia del transformador.

Debido a que los transformadores de control, son elementos difícilmente reemplazables en el corto plazo y de vital importancia para el funcionamiento de los equipos a los cuales estén alimentando, deberá ser protegido contra sobrecargas y contra influencias de cortocircuitos en maniobra.

Esta protección puede realizarse mediante fusibles, sin embargo se recomienda utilizar magnetotérmicos o guardamotores, los cuales tienen ajuste más fino para protección y son reseteables manual o automáticamente, respectivamente.

Tensión de maniobra

La norma VDE 0113, ha fijado como valor máximo recomendable para tensión de maniobra, 220 Vac. Esta tensión de mando es la que se emplea en la mayor parte del mundo, el valor de 110 V, recomendado por IEC, es utilizado principalmente en EE.UU, Canadá y algunos países suramericanos.

En relación a la tensión de maniobra de 220 Vac se tienen las siguientes ventajas:

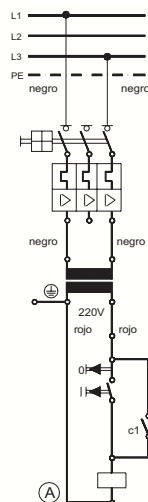
- Menor caída de tensión (en caso de trabajar a 24 Vac, la caída de tensión sería 84 veces superior).
- Mayor confiabilidad.
- Menor sección para el conductor de maniobra.
- Posibilidad de conexión directa a la red principal, en caso de que el suministro sea en 220 Vac.

Tensiones : 48 Vac, deben emplearse únicamente en casos excepcionales. En este caso la caída de tensión sería aproximadamente cincuenta (50) veces mayor que en 220Vac. Así por ejemplo, si un contactor de gran calibre debe ser accionado a 48 Vac, se recomienda el empleo de un contactor auxiliar accionado a 48 Vac.

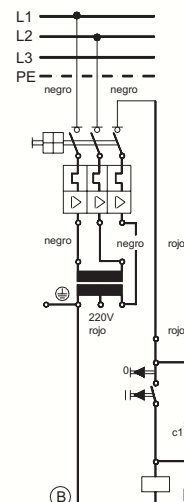
La tensión de maniobra de 220 Vac puede ser tomada directamente de la red trifásica, empleando respectivamente dos (2) fases o bien una (1) fase y neutro. La derivación de la tensión de maniobra entre dos (2) fases presenta los siguientes inconvenientes:

- Un falla a tierra accidental, puede ocasionar un cortocircuito en la red principal. Si la derivación es fase-neutro, una falla a tierra puede impedir la desconexión de los elementos de mando o control.
- En caso de una falla de fase, la tensión de maniobra desciende solamente a un valor comprendido entre el 40 y 80%, no desconectando entonces la mayoría de los contactores. La razón es que el motor que queda operando en dos (2) fases produce una tensión en el devanado separado de la red; dependiendo del tamaño del motor, esta tensión que se genera podrá ser de tal magnitud que el circuito de control no interprete una falta de tensión.

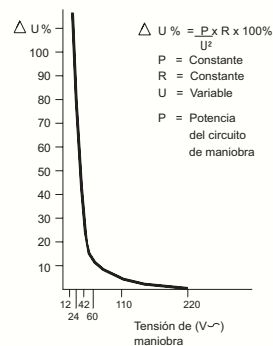
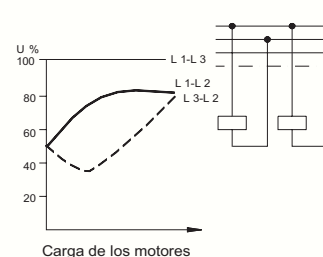
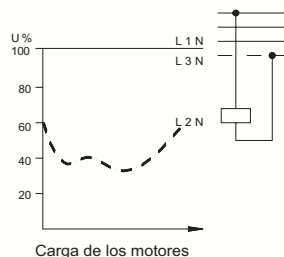
Los siguientes diagramas ilustran diversas formas de proteger un transformador de control:



Protección del primario. Protección contra sobrecarga y cortocircuito.



Protección combinada Secundario: contra sobrecargas y cortocircuito.



Esfuerzos por vibraciones y choques

Los aparatos de maniobras se utilizan, entre otras aplicaciones para conectar molinos, compresores de pistones y máquinas similares. Pudiendo los mismos, estar instalados en vehículos automotores, grúas, plataformas, etc., donde los aparatos de maniobra podrían estar sometidos a sacudidas fuertes, bien vale decir sometidos a oscilaciones e impactos.

Las oscilaciones se describen mediante su frecuencia f y su amplitud A , con la siguiente fórmula:

$$f = (1/2\pi) \times (a/A)^{1/2}$$

Donde:

f = Frecuencia de oscilación.

a = Aceleración.

A = Amplitud de oscilación.

A lo largo de este catálogo se indica la resistencia de los aparatos a vibraciones y choques. Normalmente se define al plano que corresponda: X, horizontal, perpendicular al plano de montaje; Y, horizontal, paralela al plano de montaje y Z, en dirección vertical. Cuando estos planos no son especificados, se puede suponer que el valor dado como resistencia, se conserva en todas las direcciones.

Los aparatos de maniobra deben ser instalados, preferiblemente, en paredes libres de vibraciones y sacudidas. En el caso de que las perturbaciones no puedan ser evitadas, deberán minimizarse a través de la utilización de resortes, amortiguadores, etc. Otra solución es cambiar la posición de montaje de los aparatos, de manera que no queden instalados en la posición crítica.

Influencia de la frecuencia en los aparatos de maniobra

Debe prestarse particular atención a la utilización de aparatos de maniobra diseñados para 50 ó 60Hz, cuando van a utilizarse en aplicaciones donde la frecuencia de operación es diferente, incluyendo aplicaciones DC.

- Capacidad de las vías de corriente.
- Capacidad de ruptura.
- Vida útil de los contactos.
- Comportamiento de los disparadores (trips) de los interruptores.
- Comportamiento de los accionamientos magnéticos.

En contraposición a los sistemas DC, en los sistemas AC la corriente no fluye uniformemente por toda la sección del conductor. La densidad de corriente (A/mm^2) disminuye desde la superficie hacia el centro, siendo esta merma mayor a medida que se aumenta la frecuencia. Para el caso de frecuencias muy altas, se tiene que el centro del conductor prácticamente no transporta corriente alguna y la misma circula por una superficie muy fina, fenómeno denominado efecto superficial o efecto "skin". Por ejemplo a 1000Hz, sólo se aprovecha el 20% de la sección del conductor, a 10 kHz el aprovechamiento de la misma queda reducido a 8%.

Otro fenómeno generado por sistemas AC de alta frecuencia es la inducción magnética en las partes metálicas cercanas a los conductores, generándose pérdidas en forma de calor, las cuales aumentan con la frecuencia. Estas pérdidas junto con las ocasionadas por las mismas corrientes de los conductores, se conocen como pérdidas por corrientes parásitas o corrientes de Foucault.

Los valores de resistencia especificados con los equipos, hacen referencia a la magnitud de las vibraciones que los aparatos pueden soportar sin sufrir daños permanentes y cuando las mismas finalizan, deben encontrarse aptos para su funcionamiento regular.

Las oscilaciones producen en los aparatos esfuerzos mecánicos que se repiten constantemente. Un choque, por otra parte, produce un esfuerzo mecánico aislado. Los choques se describen por su forma trapezoidal, semi-sinusoidal, etc., por su aceleración (generalmente múltiplo de la gravedad) y por su duración. Estos datos se suministrarán bajo consulta. Para mayor información sobre las pruebas y medios para determinar este parámetro, puede consultarse la norma DIN 40046 sección 6 o también IEEE 344.

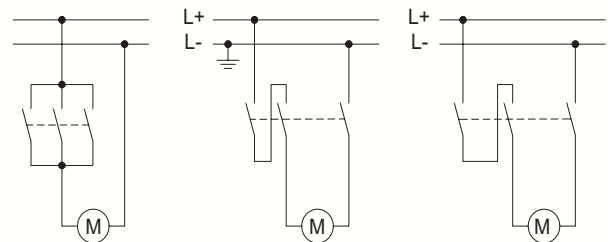
En concordancia con estas normas, cuando un dispositivo de maniobra se encuentra sometido a oscilaciones de varias frecuencias, aceleraciones y amplitudes en las direcciones de los tres (3) ejes se denomina "sacudidas inducidas". Algunos ejemplos, pueden ser impactos de grandes masas, terremotos, etc. En estos casos se requiere de especificaciones bien definidas por parte de los fabricantes, sobre las pruebas de esfuerzo mecánico y sus resultados, los cuales determinan qué soportarán los aparatos a utilizar.

Los valores de resistencia especificados con los equipos hacen referencia a la magnitud de las vibraciones que los aparatos pueden soportar sin sufrir daños permanentes y cuando las mismas finalizan deben encontrarse aptos para su funcionamiento regular.

En contraposición con la corriente alterna, el efecto "skin" no se presenta en aplicaciones DC, la corriente circula uniformemente por la sección de un conductor recto. Tampoco se presentan otros fenómenos propios de la corriente AC, como son las pérdidas por corriente de Foucault.

De esto se deduce que los aparatos de maniobra para corriente AC pueden transportar, como mínimo, la misma corriente nominal cuando se utilizan para corriente continua. Sin embargo, se recomienda verificar las especificaciones técnicas de los aparatos y las posibles variaciones en su respuesta, antes de ser utilizados en una red con características diferentes para las cuales fueron diseñados.

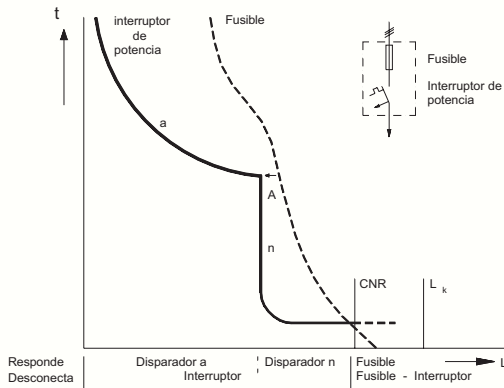
Esquemas de conexión de aparatos tripolares AC en redes de corriente continua



Combinaciones de maniobra

Fusibles e interruptores

En caso de que la corriente de cortocircuito prevista en el lugar de instalación del interruptor sea mayor que su capacidad de ruptura, se conectará un fusible en serie. En este caso el fusible gobierna la interrupción a partir de una corriente de cortocircuito, menor que la correspondiente a la capacidad nominal del interruptor. La siguiente figura ilustra curvas típicas de esta situación.



- a= Disparador con retardo dependiente de la corriente.
- n= Disparador sin retardo (instantáneo).
- CNR= Capacidad Nominal de Ruptura.
- IK= Corriente de cortocircuito en el sitio de la instalación.
- A= Distancia entre las curvas características.

Cada dispositivo de protección posee un rango determinado a proteger. Las corrientes de sobrecarga son despejadas por medio de la curva de disparo termomagnética (a), las corrientes de cortocircuito hasta un valor aproximado a la capacidad nominal de ruptura del interruptor, las despeja el mismo interruptor por medio de su elemento magnético (n), que actúa en forma instantánea.

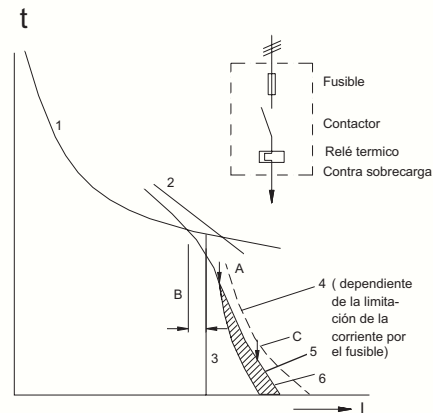
Todas las sobreintensidades hasta alcanzar la capacidad de ruptura del interruptor, son despejadas por el interruptor mismo. De esta manera, sus características específicas, como lo son desconexión en todos los polos, y disponibilidad para reconexión inmediata, son aprovechadas completamente. Únicamente en los casos de corrientes de cortocircuito más altas, es el fusible quien realiza la desconexión. En este caso el interruptor no sufre alteraciones en sus características.

Fusible, contactor y relé térmico de sobrecarga

El contactor se utiliza para conectar y controlar el motor. La protección contra sobrecargas del motor, de los alimentadores y del mismo contactor es función del relé térmico. La protección del motor y demás aparatos, en caso de cortocircuito, la da el fusible. Para lograr una adecuada protección, las características de cada uno de los componentes deben ser analizadas y coordinadas apropiadamente.

- Las curvas características de fusión del fusible y el disparo del relé, deben permitir el arranque del motor.
- El fusible debe proteger al relé contra sobrecargas de destrucción por corrientes de aproximadamente $10I_n$.
- El fusible debe despejar las sobreintensidades que el contactor no esté en capacidad de interrumpir ($8-10 I_n$).

- El fusible debe proteger al contactor y al relé en caso de cortocircuito. Para este tipo de protección deben considerarse los siguientes aspectos:
- No se permiten soldaduras en los contactos del contactor o se permiten hasta cierto grado.



- 1- Curva de disparo del relé térmico.
- 2- Curva de destrucción del relé.
- 3- Capacidad de ruptura del contactor.
- 4- Curva de daños del contactor.
- 5- Curva de fusión del fusible aM.
- 6- Curva de tiempo máximo del fusible aM.

Tipos de protección según VDE 0660-104

- Clase a:** Todo tipo de daño es permisible, esto implica, que podría ser necesario cambiar el arrancador completo o algunas de sus partes.
- Clase b:** Los valores característicos de disparo del relé térmico contra sobrecargas, pueden cambiarse permanentemente, soldaduras de los contactos son permitidas.
- Clase c:** No se permite daño alguno en el arrancador, con excepción de soldadura de los contactos, la cual debe ser reconocida fácilmente.

Las determinaciones no contemplan una clase de protección en la cual no se admita soldadura de los contactos. Si en alguna aplicación no se admite esta falla, la coordinación de protecciones debe realizarse de acuerdo a especificaciones del fabricante.



Selectividad

En caso de falla, los dispositivos de protección contra sobrecorrientes, deben desconectar de la red, solamente la parte afectada en el menor tiempo posible.

De esta forma, se reduce al mínimo el número de dispositivos eléctricos afectados y el suministro de energía al resto de los consumidores no se ve afectado. Es decir, los dispositivos de protección "contra sobrecorrientes" deben ser selectivos en la desconexión.

Selectividad entre interruptores conectados en serie

La selectividad a través del escalonamiento de las corrientes de respuesta de los disparadores instantáneos (trips), únicamente puede realizarse cuando las corrientes de cortocircuito previstas en los puntos de instalación, difieren suficientemente. La corriente de desconexión del interruptor pre-conectado, debe ser ajustada a un valor mayor que la máxima corriente de cortocircuito posible en el punto de instalación del interruptor post-conectado.

Cuando las corrientes de cortocircuito previstas en los puntos de instalación de los interruptores pueden alcanzar valores semejantes, la selectividad se logra con la ayuda de un disparador (trip), con retardo independiente de la corriente, instalado en el interruptor pre-conectado. Con este disparador se retarda la apertura del interruptor principal, para que el interruptor post-conectado, tenga suficiente tiempo para interrumpir la corriente de cortocircuito.

Un escalonamiento en el tiempo, de aproximadamente 150 ms para los disparadores electromagnéticos y a partir de los 70 ms para los disparadores electrónicos, puede considerar todas las tolerancias.

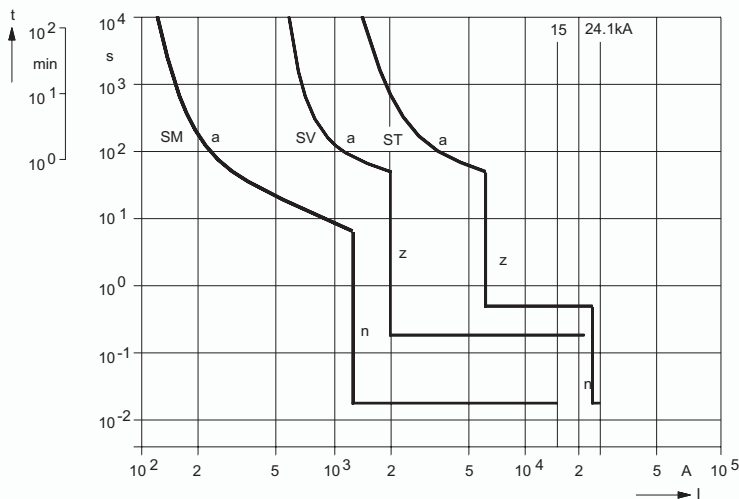
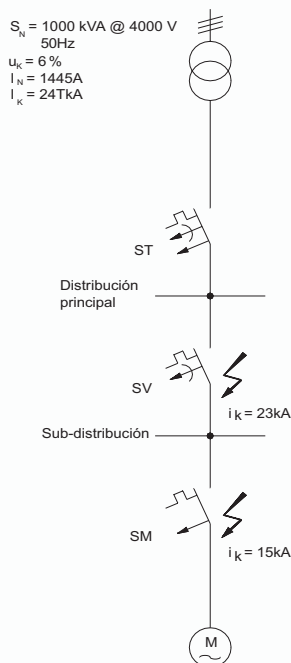
La corriente de reacción del disparador del interruptor principal, debe ajustarse como mínimo a 1,25 veces la corriente ajustada en el disparador del interruptor secundario. Esto es válido, solamente, cuando las tolerancias de las corrientes de los disparadores no sean mayores al 10% de la corriente ajustada.

El retardo de 500 ms permite el escalonamiento de 4 o más interruptores conectados en serie.

Los interruptores pueden proveerse adicionalmente con disparadores sin retardo, para reducir los esfuerzos que sufren las instalaciones en caso de cortocircuito pleno, en los bornes de los interruptores principales al retardarse la interrupción. La corriente de reacción de estos disparadores adicionales, debe ajustarse a un valor lo suficientemente alto, de manera que sólo reaccionen en caso de cortocircuito pleno y que no afecten la selectividad lograda por el escalonamiento del tiempo de disparo.

Ejemplo:

La figura representa el diagrama de escalonamiento de tres (3) interruptores conectados en serie. Los interruptores limitadores de la corriente interrumpen la corriente de cortocircuito en pocos milisegundos, cuando ésta alcanza el valor de reacción del disparador.



Categorías de servicio para la conexión de motores (según IEC 158-1, VDE 0660)

Operación AC

Categoría	Aplicaciones típicas	Funcionamiento normal						Funcionamiento temporal						
		Conexión			Desconexión			Conexión			Desconexión			
		I/In	V/Vn	Cos φ	I/In	V/Vn	Cos φ	I/In	V/Vn	Cos φ	I/In	V/Vn	Cos φ	
AC-1	Cargas no inductivas o ligeramente inductivas.	1	1	0,95	1	1	0,95	1,5	1,1	0,95	1,5	1,1	0,95	
AC-2	Motores de anillos rozantes: arranque, parada, inversión del motor.	2,5	1	0,65	2,5	1	0,65	4	1,1	0,65	4	1,1	0,65	
AC-3	Motores de jaula de ardilla: arranque, parada, (sin inversión).	In < 17A	6	1	0,65	1	0,17	0,65	10	1,1	0,65	8	1,1	0,65
		In < 100A	6	1	0,35	1	0,17	0,35	10	1,1	0,35	8	1,1	0,35
		In > 100A	6	1	0,35	1	0,17	0,35	8	1,1	0,35	6	1,1	0,35
AC-4	Motores de jaula de ardilla: arranque, parada (con inversión en marcha).	In < 17A	6	1	0,65	6	1	0,65	12	1,1	0,65	10	1,1	0,65
		In < 100A	6	1	0,35	6	1	0,35	12	1,1	0,35	10	1,1	0,65
		In > 100A	6	1	0,35	6	1	0,35	10	1,1	0,35	8	1,1	0,35
AC-11	Relés y dispositivos de control. Contactos auxiliares	10	1	0,70	1	1	0,4	11	1,1	0,70	11	1,1	0,70	

Operación DC

Categoría	Aplicaciones típicas	Funcionamiento normal						Funcionamiento temporal					
		Conexión			Desconexión			Conexión			Desconexión		
		I/In	V/Vn	L/R	I/In	V/Vn	L/R	I/In	V/Vn	L/R	I/In	V/Vn	L/R
DC-1	Cargas no inductivas o ligeramente inductivas.	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-
DC-2	Motores Shunt, arranque, parada del motor en marcha.	2,5	1	2	1	0,1	7,5	4	1,1	2,5	4	1,1	2,5
DC-3	Motores Shunt: arranque, parada, inversión del motor, conexiones rápidas y frecuentes.	2,5	1	2	2,5	1	2	4	1,1	2,5	4	1,1	2,5
DC-4	Motor serie: arranque y parada del motor en marcha.	2,5	1	7,5	1	0,3	10	4	1,1	15	4	1,1	15
DC-5	Motor serie: arranque, parada o inversión del motor. Conexiones rápidas y frecuentes.	2,1	1	7,5	2,5	1	7,5	4	1,1	15	4	1,1	15
DC-11	Relés y dispositivos de control.	1	1	6P	1	1	6P	1,1	1,1	6P	1,1	1,1	6P

In= Corriente nominal.

Vn= Tensión nominal.

I= Corriente de conexión y desconexión.

V= Tensión de conexión y desconexión.

P = Vn x In = Consumo en W, régimen estacionario.

R/L medido en ms.



Categorías de empleo de interruptores bajo carga (según IEC 408, VDE 0660)

Operación AC

Categoría	Aplicaciones típicas	Requisitos de operación					
		Conexión			Desconexión		
		I/In	V/Vn	Cos φ	I/In	V/Vn	Cos φ
AC-20	Cerrar y abrir sin carga. (*)		1,1			1,1	
AC-21	Conexión de cargas resistivas, incluyendo pequeñas sobrecargas.	1,5	1,1	0,95	1,5	1,1	0,95
AC-22	Conexión de cargas mixtas, resistivas e inductivas, incluyendo pequeñas sobrecargas.	3	1,1	0,65	3	1,1	0,65
AC-23	Conexión de motores y otras cargas sumamente inductivas.						
	In hasta 100 A	10	1,1	0,35	8	1,1	0,35
	In > 100 A	8	1,1	0,35	6	1,1	0,35

(*) Cuando el aparato tiene capacidad de conexión y ruptura, el fabricante deberá especificar los datos.

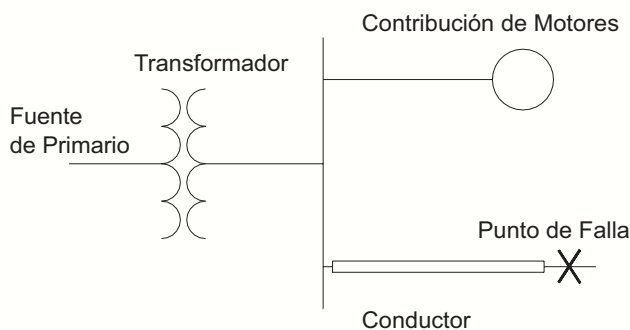
Operación DC

Categoría	Aplicaciones típicas	Funcionamiento Normal					
		Conexión			Desconexión		
		I/In	V/Vn	L/R	I/In	V/Vn	L/R
DC-20	Cerrar y abrir sin carga (*).		1,1			1,1	
DC-21	Conexión cargas resistivas, incluyendo pequeñas sobrecargas.	1,5	1,1	1ms	1,5	1,1	1ms
DC-22	Conexión de cargas mixtas resistivas e inductivas, incluyendo pequeñas sobrecargas.	4	1,1	2,5ms	4	1,1	2,5ms
DC-23	Conexión de cargas altamente inductivas.	4	1,1	15ms	4	1,1	15ms

(*) Las capacidades de conexión y ruptura deberán ser especificadas por el fabricante.

Cálculo de corriente de cortocircuito

Para determinar los requerimientos de capacidad de interrupción de los interruptores, es necesario determinar la magnitud de la corriente de cortocircuito en el punto donde estos dispositivos van a ser utilizados. Las curvas que a continuación se presentan, indican la corriente de falla de cortocircuito para aplicaciones de uso común, tomando en cuenta el tamaño del transformador de suministro y la distancia desde éste al punto de cálculo. Los valores que se obtienen son suficientemente precisos, para la mayoría de las aplicaciones.



El diagrama anterior muestra los factores que deben ser considerados en la determinación de las corrientes de falla de cortocircuito.

Fuente de primario disponible: Cantidad de energía que puede ser entregada por la fuente, al primario del transformador. Este valor puede obtenerse de la compañía eléctrica que suministra el servicio, generalmente está en el rango de 50.000 hasta 500.000 kVA.

Tamaño del transformador: Las curvas que se presentan en las páginas contiguas, cubren el rango de transformadores más utilizados en las industrias medias y grandes, desde 150 a 2.000 kVA. Cabe citar que los de menor tamaño poseen curvas de impedancia de 1,5%, 2% y 4,5%, para los de mayor tamaño las curvas se presentan para transformadores con 4,5% de impedancia.

Voltaje del circuito: Las curvas corresponden a sistemas de tensión de 208 Vac y 480 Vac, 3 fases, 60 Hz.

Contribución de motores: En sistemas de tensión de 120/208Vac es razonable asumir que la carga conectada está constituida en un 50% por motores, y que éstos contribuirán con cuatro (4) veces su corriente nominal a plena carga en la corriente de falla de cortocircuito. En sistemas de 240 y 480 Vac, es perfectamente aceptable asumir que el 100% de la carga conectada corresponde a motores y que los mismos contribuyen con cuatro (4) veces su corriente nominal en caso de falla de cortocircuito. Esta contribución de corriente ha sido considerada en las diferentes curvas que se presentan.

Alimentadores: Se reseñan los conductores mayormente empleados en las acometidas industriales. Cuando el calibre del conductor no está indicado, puede entonces interpolarse para obtener resultados precisos.

Corriente de cortocircuito leída: La corriente resultante al aplicar las curvas, corresponde a la intensidad rms simétrica disponible en el punto de cortocircuito a la distancia preseleccionada.

Curvas de corriente de cortocircuito

Deben tenerse los siguientes datos:

- 1.-Voltaje de operación del circuito.
- 2.-Tamaño del transformador en kVA.
- 3.-Impedancia del transformador (valor en placa).
- 4.-Energía primaria disponible (valor suministrado por la empresa de suministro de energía eléctrica).

PASO 1:

Seleccionar la curva aplicable según el sistema de voltaje, tamaño del transformador y la impedancia del mismo. Estos datos se expresan en el título de cada curva.

PASO 2:

Seleccionar la familia de curvas más cercana al valor de energía primaria disponible, veáanse las letras B o F en el eje vertical. Si el valor suministrado por la empresa de suministro no corresponde con las curvas, puede interpolarse o bien asumir la inmediata superior.

PASO 3:

Seleccione la curva que corresponda al conductor que se esté utilizando. Si el conductor es otro, se deberá interpolar.

PASO 4:

Entrar a la curva a través del eje horizontal, buscando el valor correspondiente a la distancia (en pies), desde el transformador hasta el punto donde se desea conocer el valor de la corriente de cortocircuito. Trace una curva vertical que corte la curva seleccionada. Trace luego una horizontal, desde el punto de intersección anterior, hasta el eje vertical.

PASO 5:

El valor obtenido en la escala del eje vertical, corresponde al valor de la corriente de cortocircuito disponible en el punto de falla. Obsérvese, que los valores en las curvas de pequeños transformadores, deben ser multiplicados por un factor de 100.

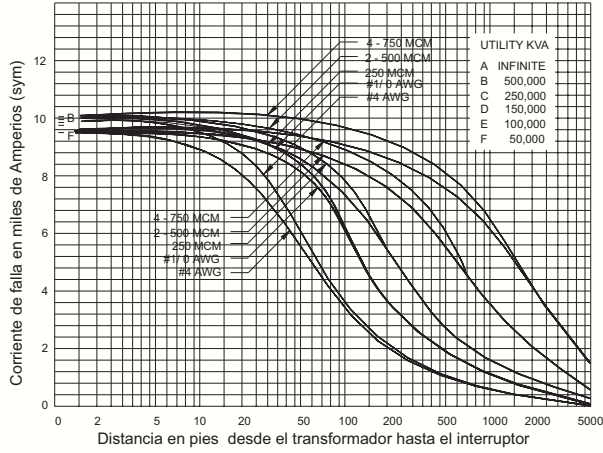
Tablas de conversión de conductores

Conductor utilizado	Conductor equivalente
3 x 4/0	2 x 500 MCM
4 x 2/0	2 X 500 MCM
3 x 200 MCM	4 X 750 MCM
5 X 400 MCM	4 X 750 MCM
6 X 350 MCM	4 X 750 MCM
Barras de 800A	2 X 500 MCM
Barras de 1000 A	2 X 500 MCM
Barras de 1600 A	4 X 750 MCM



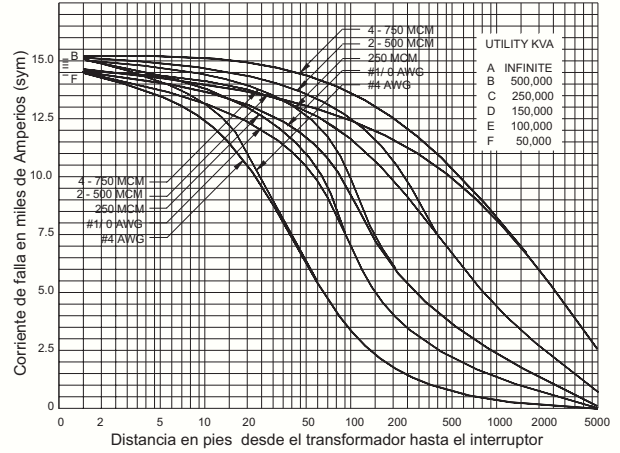
Curva 1 Corriente de cortocircuito

Tensión 208 Vac / Transformador: 150 kVA / Impedancia: 4,5%



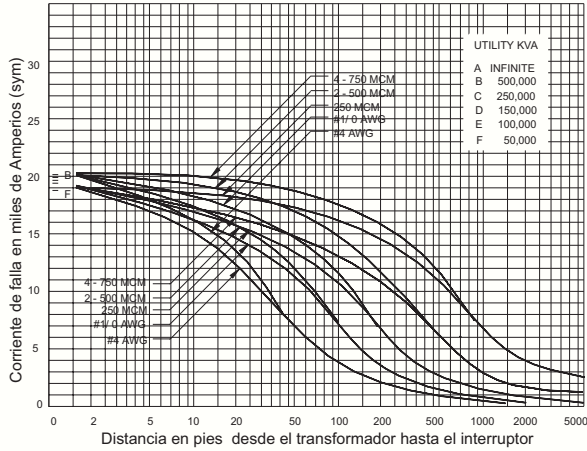
Curva 2 Corriente de cortocircuito

Tensión 208 Vac / Transformador: 225 kVA / Impedancia: 4,5%



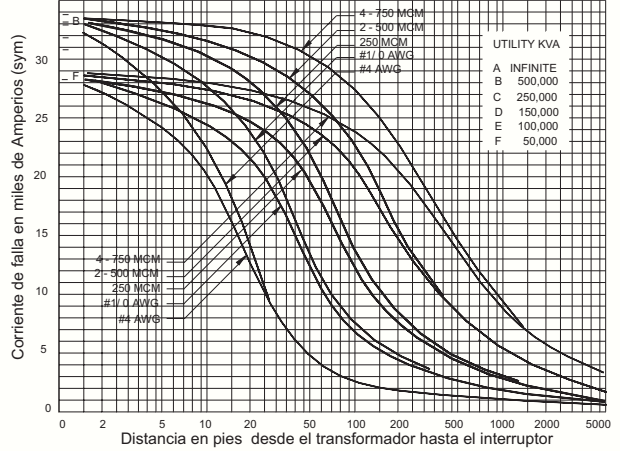
Curva 3 Corriente de cortocircuito

Tensión 208 Vac / Transformador: 300 kVA / Impedancia: 4,5%



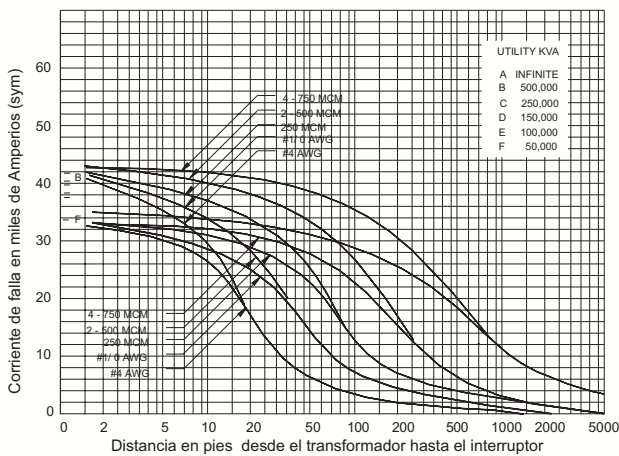
Curva 4 Corriente de cortocircuito

Tensión 208 Vac / Transformador: 500 kVA / Impedancia: 4,5%



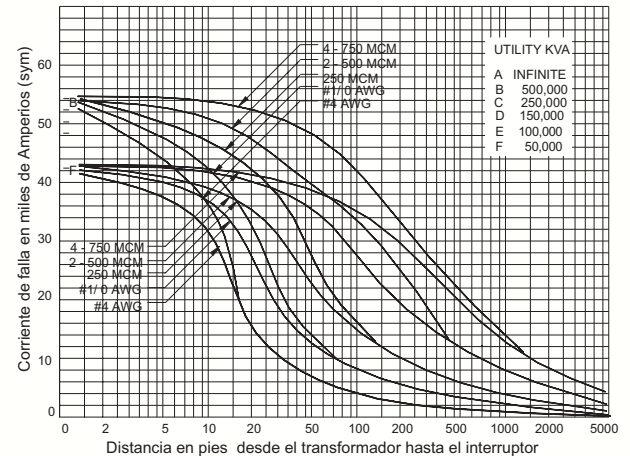
Curva 5 Corriente de cortocircuito

Tensión 208 Vac / Transformador: 750 kVA / Impedancia: 5,5%



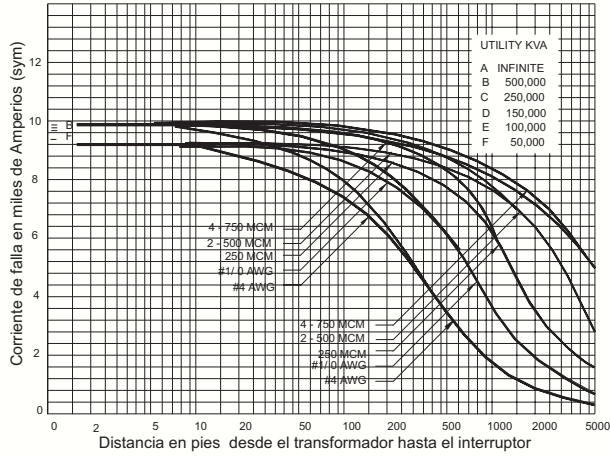
Curva 6 Corriente de cortocircuito

Tensión 208 Vac / Transformador: 1000 kVA / Impedancia: 5,5%



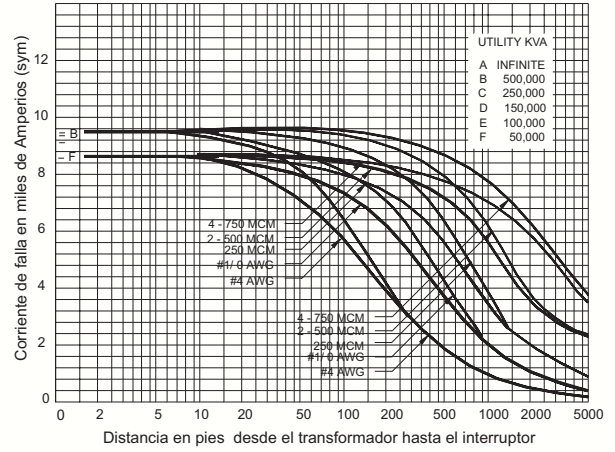
Curva 7 Corriente de cortocircuito

Tensión 480 Vac / Transformador: 150 kVA / Impedancia: 4,5%



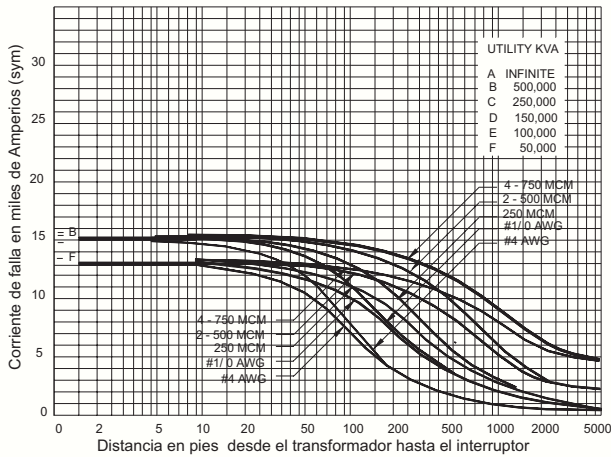
Curva 8 Corriente de cortocircuito

Tensión 480 Vac / Transformador: 300 kVA / Impedancia: 4,5%



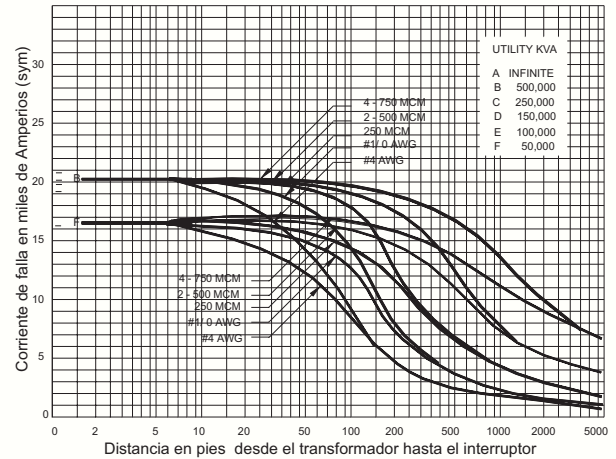
Curva 9 Corriente de cortocircuito

Tensión 480 Vac / Transformador: 500 kVA / Impedancia: 4,5%



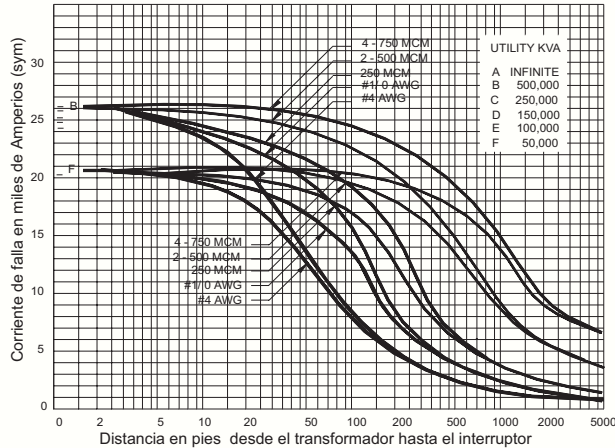
Curva 10 Corriente de cortocircuito

Tensión 480 Vac / Transformador: 750 kVA / Impedancia: 5,5%



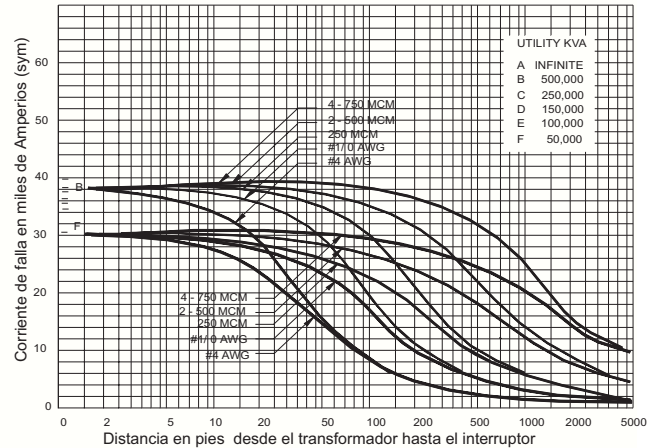
Curva 11 Corriente de cortocircuito

Tensión 480 Vac / Transformador: 1000 kVA / Impedancia: 5,5%



Curva 12 Corriente de cortocircuito

Tensión 480 Vac / Transformador: 1500 kVA / Impedancia: 5,5%



Longitud

1 pulgada =	25,4 mm =	2,54 cm
1 m =	39,37" (pulgadas)	
1 cm =	0,3937" (pulgadas)	

Masa

1 libra =	0,45359 Kg
-----------	------------

Energía

1 Pie-libra=	1,3558 Joules (J)
1 caloría =	4,184 J
1 BTU =	1,05435 kJ
BTU/Hr =	pcm x T (°F) x 1,1 (aire)
BTU/Hr =	gpm x T (°F) x 500,4 (agua)

Entropía

1 BTU/(lb x °F)=	4,184 kJ/(kg x °C)
------------------	--------------------

Temperatura

°F (Fahrenheit)	=	1,8°C + 32
°C (Centígrados)	=	(°F - 32) / 1,8
°R (Rankine)	=	°F + 459,7
°K (Kelvin)	=	°C + 273,2

Presión

1 PSI	=	6,8948 kPa (kilo-Pascales)
1 BAR	=	100 kPa = 14,504 PSI
1 pulgada Hg	=	3,38 kPa
1 pulgada de H2O	=	249 Pa
1 Pie de H2O	=	2,99 kPa

Superficie

1 Pie²	=	0,0929 m²
1 pul²	=	645 mm²

Volumen

1 Pul³ ("³)	=	0,0163871 Litros (L)=	16,4 mL.
1 Pie³	=	7,48055 Gal =	0,028317 m³
1 Galón	=	3,7854 L=	0,0037854 m³

Densidad

1 Lb/p³ =	16,018463 kg/m³
1 Lb/gal =	119,827 kg/m³

Entalpía

1 BTU/lb =	2,3244 kJ/kg
------------	--------------

Flujo

1 pcm	=	0,472 Lt/s	=	0,000472 m³/s
1 gpm	=	0,0631 Lt/s	=	0,0000631 m³/s

Capacidad (refrigeración)

1 Tonelada=	12.000 Btu/hr
-------------	---------------