

CONDUCTORES Y AISLADORES

1. CONDUCTORES.

Cuando los electrones se pueden mover con facilidad de un átomo a otro en determinado material, éste se puede considerar como *conductor*.

En general, todos los metales son buenos conductores, sin embargo en cierto orden la plata es el mejor conductor y el cobre ocupa el segundo lugar. La estructura atómica de estos elementos permite el libre movimiento de los electrones que se encuentran en sus capas más externas. El material más empleado en cable es el cobre ya que su costo es bajo con respecto a la plata. El propósito de utilizar conductores es permitir que la corriente eléctrica fluya con la menor resistencia posible.

El alambre conductor se emplea sólo como un medio para proporcionar corriente (que se genera por una fuente de tensión) a elementos que requieran de ella para operar.

Cualquier material en que los electrones tiendan a permanecer en su órbita alrededor de los átomos es un *aislador*, ya que no conducirá la electricidad con facilidad. Sin embargo, los aisladores son capaces de retener o almacenar la electricidad mejor que los conductores. Un material aislante como el vidrio, plástico, papel, aire o mica recibe el nombre de *dieléctrico*¹ lo que significa que puede almacenar electricidad. Los aisladores son útiles cuando se desea evitar el flujo de electricidad.

2. Coulomb.

El Coulomb (C) es una unidad práctica de carga. Un Coulomb es igual a la carga de 6.25×10^{18} electrones o protones almacenados en un dieléctrico. El análisis de las cargas estáticas y de las fuerzas que ejercen entre sí se conoce como *electrostática*. El símbolo empleado para denotar carga eléctrica es Q o q.

Una carga eléctrica debe tener una polaridad negativa o positiva, la cual se indica como $-Q$ o $+Q$ y que refleja un exceso de electrones o de protones. La condición de neutralidad se considera como carga Cero.

3. Volt

El potencial se refiere a la posibilidad de realizar un trabajo. Cualquier carga eléctrica tiene potencial para hacer trabajo al mover otra carga, Ya sea por atracción o repulsión. Cuando se consideran dos cargas diferentes, entre ellas existe una diferencia de potencial.

Cuando una carga difiere de otra, se establece una diferencia de potencial entre ellas. Por ejemplo, en la figura 1, la carga positiva de 3 C.

La carga tiene un determinado potencial, que corresponde a la cantidad de trabajo que aquella puede efectuar. Se ejemplifica entonces el trabajo que una carga realiza al mover varios electrones. Supóngase que una carga de 1C puede mover tres electrones. Entonces, la carga de +3C puede atraer nueve electrones, los que se desplazan de izquierda a derecha como se observa en la figura. Sin embargo, la carga de +1C, que se encuentra ubicada en el lado opuesto, atrae tres electrones que se mueven,

¹ Material aislante que puede almacenar electricidad como: vidrio, plástico, caucho, papel, aire mica.

en la figura de derecha a izquierda. El resultado neto de estos movimientos es el desplazamiento de solo seis electrones, de izquierda a derecha, hacia la carga más positiva.

En la figura 1b se tiene una carga de $2C$ y otra neutral, es decir de $0C$, la diferencia de carga es de $2C$ y, por lo tanto, 2×3 o sea seis electrones, son atraídos por la carga positiva.

En la figura 1c, la diferencia entre las cargas es, de nuevo, de $2C$. La carga de

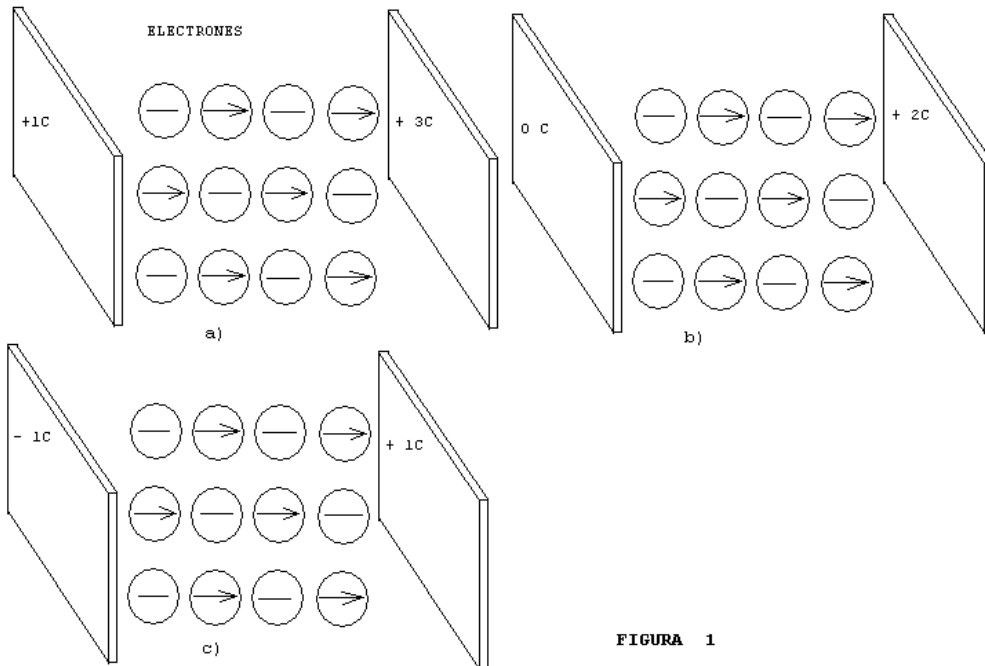


FIGURA 1

$+1C$ atrae tres electrones, mientras que la de $-1C$ repele tres electrones. El efecto neto de estas dos cargas es el mismo que el de atraer seis electrones.

Por lo tanto, el número neto de electrones que se mueven en la dirección en que se encuentra la carga más positiva depende de la diferencia de potencial que exista entre las dos cargas.

El volt (v) es una medida de trabajo que se necesita efectuar para mover una carga eléctrica. Cuando se requieren 0.7376 pies-libras ($ft\text{-}lb$) de trabajo para mover 6.25×10^{18} electrones entre dos puntos, cada uno con su propia carga, entonces la diferencia de potencial es de $1V$, lo que equivale a decir que un volt es igual a un *Joule de trabajo por Coulomb de carga*.

En circuitos prácticos, el voltaje determina cuanta corriente se puede generar.

4. CORRIENTE (carga en movimiento)

Se establece una corriente eléctrica cuando la diferencia de potencial que existe entre dos cargas provoca que una tercera se ponga en movimiento.

En materiales sólidos, como el alambre de cobre, los electrones libres son cargas que pueden moverse con mayor facilidad cuando se aplica una diferencia de potencial, ya que se necesita muy poco trabajo para desplazarlos. Este desplazamiento que es una corriente eléctrica, comienza en un punto de carga negativa en uno de los extremos del

alambre, prosigue por éste y regresa al punto que tiene una carga positiva, que se encuentra en el otro extremo del alambre.

La corriente es un flujo continuo de electrones. Estos son los únicos que se mueven.

Dado que la corriente es un movimiento de cargas, la unidad para medir el movimiento de carga se define en función de la rapidez de flujo de ésta. Cuando la carga se mueve con una rapidez tal que por un punto dado pasan 6.25×10^{18} electrones por segundo, el valor de la corriente es de un ampere (A). Este valor es igual al flujo de un coulomb por segundo. El símbolo para la corriente es I o i .

De acuerdo a lo anterior la carga es la cantidad de electricidad acumulada en un dieléctrico. La carga es electricidad estática, en reposo, sin ningún movimiento. Cuando la carga se mueve, por lo general en un conductor, la corriente I indica la intensidad de la electricidad en movimiento. Esta característica es una definición fundamental de la corriente:

$$I = Q / T$$

Donde I es la corriente en (A), Q es la carga en Coulombs, y T es el tiempo en segundos (s).

Cuando fluye una corriente, existe un campo magnético asociado con ella, véase figura 2.

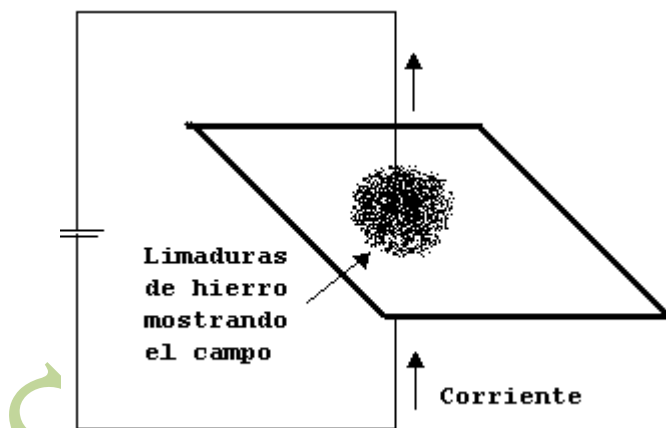


FIGURA 2

En donde se muestra cómo se alinean las limaduras de hierro en un patrón circular que corresponde a las líneas de fuerza del campo magnético alrededor de un alambre, cuando circula por éste una corriente eléctrica. El campo magnético se encuentra en un plano perpendicular al del flujo de corriente. El campo magnético de cualquier corriente constituye la base para muchas de las aplicaciones de electromagnetismo como imanes, relevadores, altavoces, transformadores y bobinas en general.

La razón de que un alambre que conduce corriente se caliente es una evidencia de que el voltaje aplicado efectúa trabajo para mover electrones contra cierta forma de oposición. Esta oposición, que limita la cantidad de corriente que puede producir el

voltaje, recibe el nombre de resistencia. Los conductores tienen una resistencia muy baja, mientras que los aisladores presentan una muy alta.

La corriente en los alambres y una “carga” en un circuito en serie es la misma. Sin embargo, la caída de voltaje IR en el conductor es prácticamente cero, pues su resistencia R es casi nula.

De la misma manera, la potencia I^2R disipada por los conductores es despreciable y esto permite que cada conductor opere de manera normal sin calentarse. Por consiguiente el conductor permite que la fuente de voltaje entregue energía a la carga con pérdidas mínimas.

Aunque la resistencia de los conductores es muy pequeña, en algunas ocasiones una corriente excesivamente grande a lo largo de ellos da como resultado una caída de voltaje IR apreciable.

5. DIAMETROS ESTANDAR PARA ALAMBRES CONDUCTORES

En la tabla 1 se encuentra una lista de los diámetros estándar para conductores de acuerdo con el sistema conocido como *American Wire Gage* (AWG) o calibración *Brown and Shape* (B&S). El número de calibre indica el tamaño del alambre en términos de su diámetro y del área de la sección transversal.

Tabla 1

Calibre Num	Diámetro Mil	Área, mil Circular	Ω por cada 1000 ft de alambre de cobre a 25 ° C ²²	Corriente soportada (A)
1	289.3	83 690	0.1264	120
2	257.6	66 370	0.1593	96
3	229.4	52 640	0.2009	78
4	204.3	41 740	0.2533	60
5	181.9	33 100	0.3195	48
6	162.0	26 250	0.4028	38
7	144.3	20 820	0.5080	30
8	128.5	16 510	0.6405	24
9	114.4	13 090	0.8077	19
10	101.9	10 380	1.018	15
11	90.74	8 234	1.284	12
12	80.81	6 530	1.619	9.5
13	71.96	5 178	2.042	7.5
14	64.08	4 107	2.575	6.0
15	57.07	3 257	3.247	4.8
16	50.82	2 583	4.094	3.7
17	45.26	2 048	5.163	3.2
18	40.30	1 624	6.510	2.5
19	35.89	1 288	8.210	2.0
20	31.96	1 022	10.35	1.6
21	28.46	810.1	13.05	1.2
22	25.35	642.4	16.46	0.92
23	22.57	509.5	20.76	0.73
24	20.10	404.0	26.17	0.58
25	17.90	320.4	33.00	0.46
26	15.94	254.1	41.62	0.37
27	14.20	201.5	52.48	0.29
28	12.64	159.8	66.17	0.23
29	11.26	126.7	83.44	0.18
30	10.03	100.5	105.2	0.15

²² La temperatura promedio se considera entre 20 a 25 °C

31	8.928	79.70	132.7	
32	7.950	63.21	167.3	
33	7.080	50.13	211.0	
34	6.305	39.75	266.0	
35	5.615	31.52	335.0	
36	5.000	25.00	423.0	
37	4.453	19.83	533.4	
38	3.965	15.72	672.6	
39	3.531	12.47	848.1	
40	3.145	9.88	1069	

Conforme el número del calibre aumenta de 1 a 40, tanto el diámetro del alambre como el área de la sección circular disminuyen. Entre más grande es el número de calibre, más delgado es el alambre.

El área circular se duplica cada tres números de calibre.

Para cualquier longitud dada, entre más grande es el número del calibre y menor el diámetro del alambre, es mayor su resistencia.

En las figuras 3 y 4 se muestra un calibrador y un micrómetro para medir el diámetro de los alambres.



Figura 3



Figura 4

El área de la sección transversal de un alambre se mide en unidades mil circular. Un mil es una milésima de pulgada (0.001 in). Un mil circular es el área de la sección transversal de un alambre que tiene un diámetro de un mil. El número de mil circulares en cualquier área de sección transversal es igual al cuadrado del diámetro, expresado en mils.

Las unidades mil circular son convenientes, ya que permiten que el área de la sección transversal se especifique sin la necesidad de emplear la fórmula πr^2 o $\pi d^2 / 4$ para el área de un círculo.

La mayor parte de los alambres son de cobre, aunque también se emplean de plata y aluminio, el alambre puede ser de una sola pieza o trenzado. El alambre trenzado es flexible y menos susceptible a romperse. Los tamaños de los alambres trenzados son equivalentes a la suma de las áreas de los hilos individuales de la trenza.

En general, los alambres de mayor diámetro tienen un recubrimiento aislante que puede ser de caucho, algodón o de cualquier plástico.

Dos o más conductores forman un cable dentro de un recubrimiento común.

Se pueden distinguir algunos tipos de cobre con los que se fabrica conductores eléctricos como son:

Cobre de temple Duro

El cual presenta una conductividad del 97% respecto a la del cobre puro.

Capacidad de ruptura a la carga entre 37 y 45 kg/mm²

Este tipo de cobre es utilizado en la fabricación de conductores desnudos, para líneas aéreas de transporte de energía eléctrica en donde se requiere de una buena resistencia mecánica.

Cobre recocido o de temple blando

Conductividad del 100%

Carga de ruptura media de 25 kg/mm²

Es dúctil y flexible el cual es utilizado en la fabricación de conductores aislados.

Entre más largo es un alambre, mayor es su resistencia así como la cantidad de trabajo que debe realizarse para desplazar los electrones de un extremo a otro. Sin embargo, entre más grueso es un alambre, menor es su resistencia, ya que existe una mayor cantidad de electrones libres en el área de sección transversal, como se puede apreciar en la siguiente fórmula.

$$R = \rho (l / A) \quad \text{con } l \text{ dada en (cm) y } A \text{ en (cm}^2\text{)}$$

Donde R es la resistencia total, l la longitud del alambre, A el área de la sección transversal de éste y ρ la resistencia específica o resistividad del material del que está hecho el elemento. El factor ρ permite comparar la resistencia de varios materiales de acuerdo con su naturaleza, sin considerar áreas y longitudes diferentes. Un valor grande de ρ significa una resistencia mayor.

En la tabla 2 se encuentran varios valores de resistencia para diferentes metales con un tamaño estándar de 1 ft de longitud y un área de sección transversal igual a un mil circular.

Tabla 2

Material	Descripción y símbolo	P = resistencia específica a 20°C	Coeficiente de temperatura α	Punto de fusión, °C
Aluminio	Elemento (AL)	17	0.004	660
Carbono	Elemento (C)	2500 a 7500	-0.0003	3000
Constantán	Aleación, 55% Cu, 45% Ni	295	0	1210
Cobre	Elemento (CU)	10.4	0.004	1083
Oro	Elemento (AU)	14	0.004	1063
Fierro	Elemento	58	0.006	1535

	(Fe)				
a	Manganin	Aleación, 84% Cu 12% Mn, 4% Ni	270	0	910
	Nicrón	Aleación 65% Ni, 23% Fe, 12%Cr	676	0.0002	1350
	Niquel	Elemento (Ni)	52	0.005	1452
	Plata	Elemento(Ag)	9.8	0.004	961
	Acero	Aleación, 99.5% Fe, 0.5% C	100	0.003	1480
	Tungsteno	Elemento (W)	33.8	0.005	3370

El coeficiente térmico de la resistencia se simboliza con la letra griega α , la cual indica como cambia la resistencia con forme cambia la temperatura.

Todos los metales en su forma pura, como el cobre, tienen un coeficiente de temperatura positivo. Aunque α no es exactamente una constante, es posible calcular, de manera aproximada, el aumento de la resistencia de un alambre cuando se incrementa la temperatura de acuerdo a la fórmula:

$$R_1 = R_0 + R_0(\alpha \Delta t)$$

Donde R_0 es la resistencia a 20 °C, R_1 es el valor de la resistencia a la temperatura deseada y Δt , es la diferencia entre la temperatura de interés y 20°C.

6. Partes que componen a los conductores eléctricos.

Se pueden identificar tres.

A. Alma o elemento conductor, el cual puede ser fabricado en cobre cuyo objetivo es servir de camino a la energía eléctrica. De la forma como esté constituida esta alma se pueden clasificar a los conductores eléctricos como: Alambre (Alma conductora formada por un solo elemento), Cable (Alma conductora formada por una serie de hilos conductores).

Mono conductor (una sola alma conductora), multiconductor (conductor de dos o más almas, envueltas cada una por su respectiva capa de aislamiento y con una o más cubiertas protectoras comunes Figura 5.

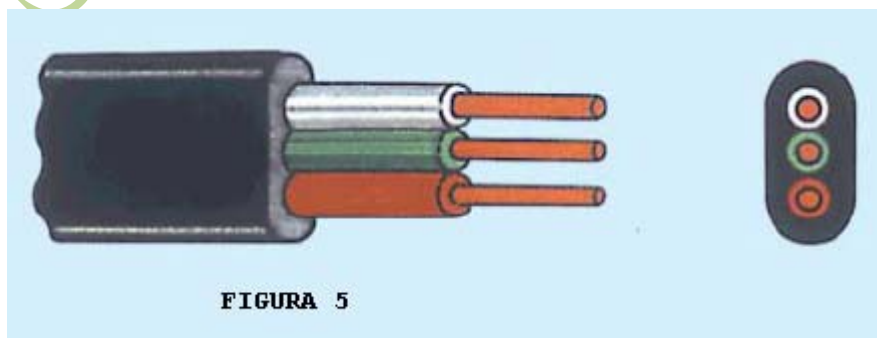


FIGURA 5

B. Aislamiento

Cuyo objetivo es aislar el conductor y evitar que la energía eléctrica que circule por él entre en contacto con las persona o con objetos. Los materiales aislantes usados son sustancias poliméricas el cual se define como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa. Los diferentes tipos de aislamientos están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen. Resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, humedad, altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados se puede mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno PE, el caucho, la goma, el neoprén y el nylon.

A manera de ejemplo un cable puede estar señalado como sigue:
12/3W/G NM

Esto indica que dentro de una aislación no metálica (NM) hay tres cables AWG12 (12/3), uno de ellos siendo el de tierra (W/G) (with ground) el que no tiene aislación.

Si el diseño del conductor no consulta otro tipo de protección se le denomina aislamiento integral, por que el aislamiento cumple su función y la de revestimiento a la vez.

Cuando los conductores tienen otra protección polimérica sobre la aislación, esta última se llama revestimiento o cubierta.

C. Cubiertas protectoras

Su objetivo es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc.

Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina “armadura” la cual puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados.

Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina “pantalla” o “blindaje” figura 6.

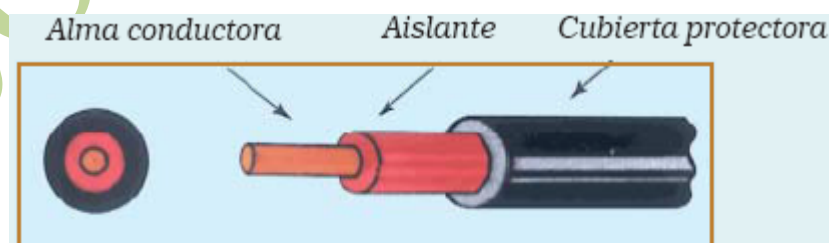


FIGURA 6

7. Aisladores

las sustancias que tienen una resistencia muy alta, del orden de varios mega ohms, se clasifican como aisladores. Con una resistencia de este orden, el aislador no

puede conducir una corriente apreciable cuando se encuentra sujeto a una diferencia de potencial. Como consecuencia, los aisladores pueden desempeñar cualquiera de dos funciones; a) aislar conductores para eliminar cualquier trayectoria de conducción entre ellos , b) almacenar carga eléctrica cuando se aplica un voltaje a través del aislador.

El aislador mantiene su carga gracias a que no puede fluir por él ninguna corriente capaz de neutralizarla. En general, los aisladores se conocen también como materiales dieléctricos, lo que significa que pueden almacenar carga.

Entre los mejores aisladores o dieléctricos se encuentran: el aire, agua, vacío, caucho, cera, laca, vidrio, mica, porcelana, aceite, papel seco, fibras textiles y los plásticos, podrá verse que muchos de estos materiales son empleados en la fabricación del dieléctrico en capacitores de distintos tipos lo cual en muchas ocasiones les da su nombre.

La tierra húmeda es muy buen conductor, mientras que la tierra arenosa es un aislador.

Cuando se aplica un voltaje lo suficientemente alto a través de cualquier aislador, puede provocarse una ruptura de la estructura interna del material que permita que éste conduzca corriente. La ruptura del dieléctrico es consecuencia de la formación de un arco que rompe la estructura física del material lo cual daña su característica como aislador.

En la tabla tres se comparan varios materiales en términos de su rigidez dieléctrica, que es igual al voltaje nominal de ruptura.

TABLA 3

Material	Intensidad dieléctrica, V/mil	Material	Intensidad dieléctrica, V/mil
Aire o vacío	20	Cera de parafina	200-300
Baquelita	150-180	Fenoles moldeados	300-700
Fibra	150-180	Poliestireno	500-760
Vidrio	335-2000	Porcelana	40-250
Mica	600-150	Caucho duro	450
Papel	1250	Laca	900
Aceite de parafina	380		

Entre más grande sea la rigidez dieléctrica mejor es el material como aislador, los voltajes de ruptura mostrados en la Tabla 3 son valores aproximados para un espesor estándar de 1 mil, o sea, 0.001 in, el valor del voltaje nominal de ruptura aumenta al incrementarse el espesor, como muestra obsérvese que el aire o vacío tiene un valor de rigidez de 20 V/mil que es igual a 20 kV/in.

Un aislador en contacto con una fuente de voltaje almacena carga eléctrica, lo cual produce una diferencia de potencial a través del aislador, la carga tiende a permanecer en el aislador , pero éste puede descargarse por:

- a) conducción a lo largo de una trayectoria para este fin.

b) Descarga en abanico. Este tipo de descarga ocurre con mayor frecuencia en los extremos aguzados de los conductores. El alto voltaje presente en estos sitios puede descargarse a través de la atmósfera que rodea a la punta por medio de la ionización de las moléculas del aire. Esta descarga es visible en la oscuridad y se manifiesta como un brillo azulado o rojo incandescente el cual se conoce como efecto corona.

c) Chispa de descarga. Es el resultado de la ruptura del aislador debida a una diferencia de potencial muy alta. La corriente que circula por el aislador en el momento de la ruptura es la que causa la chispa.

El efecto corona es indeseable, ya que reduce la magnitud del potencial por medio de una chispa de descarga en el aire. Además, es frecuente que el efecto corona sea un indicador de inicio de una chispa de descarga. Para que el efecto corona aparezca, se necesita una diferencia de potencial del orden de KiloVolts, ya que el voltaje de ruptura del aire es de aproximadamente 20kV/in. Con el fin de reducir el efecto corona, los conductores que se encuentran sujetos a voltajes muy grandes deben ser lisos, redondos y gruesos. De esta manera se equilibran las diferencias de potencial en todos los puntos del conductor con respecto al aire que lo rodea.

BIBLIOGRAFIA

GROB. ELECTRONICA BASICA.
McGraw-Hill. 5 Edición.

www.solecmexico.com