
	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

ÍNDICE M3

Capítulo 5. Fuentes de Corriente Continua

5.0. GENERALIDADES.....	3.5.3
5.1. CELDAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS, REACCIONES QUIMICAS BASICAS, PROCESO DE FABRICACION.	3.5.3
5.2. CELDAS ALCALINAS Y DE MERCURIO.....	3.5.5
5.3. CELDAS DE NIQUEL – CADMIO.	3.5.5
5.4. CELDAS CONECTADAS EN SERIE Y PARALELO.	3.5.6
5.5. CELDAS SECUNDARIAS DE PLOMO – ACIDO.	3.5.8
5.5. 0. Generalidades.	3.5.8
5.5.1. Batería de plomo. Teoría de funcionamiento.....	3.5.8
5.5.2 Construcción de una batería o acumulador de plomo.	3.5.9
5.6. CELDAS SECUNDARIAS DE NIQUEL – CADMIO.	3.5.13
5.6.0. Generalidades.	3.5.13
5.6.1. Construcción de una celda y de una batería Ni-Cd.	3.5.13
5.6.2. Teoría de funcionamiento de una Batería de Ni-Cd.	3.5.16
5.6.3. Efecto “memoria” o “fading” en una batería de Ni-Cd.	3.5.17
5.7. PARAMETROS DE LAS BATERIAS.....	3.5.18
5.7.1. Voltajes a circuito abierto y a circuito cerrado.	3.5.18
5.7.2 Capacidad de una batería.....	3.5.19
5.7.3. Resistencia interna y su efecto sobre una batería.	3.5.20
5.8. ESTADO DE CARGA DE UNA BATERIA.	3.5.21
5.9. REACONDICIONAMIENTO DE LAS BATERIAS.	3.5.21
5.9.1. Métodos para la carga de baterías.	3.5.21
5.9.2. Verificación del Nivel de Electrolito.	3.5.23
5.9.3. Análisis de las baterías.	3.5.24
5.9.4. Equilibrado de Celdas en Batería Ni-Cd.	3.5.24
5.10. INSTALACION DE BATERIAS A BORDO.	3.5.24
5.10.1. Compartimento de baterías.	3.5.25
5.10.2 Conexionado de las baterías.	3.5.26

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

5.11. MANTENIMIENTO DE LAS BATERIAS.3.5.26

5.11.0. Generalidades. 3.5.26

5.11.1. Inspección de las baterías a bordo.3.5.27

5.11.2. Precauciones para manejo en Taller de las Baterías. 3.5.28

5.11.3. Inspección de las baterías en Taller.3.5.29

5.11.4. Puesta en servicio de baterías usando el Comprobador RF80-K. 3.5.30

5.11.5. Puesta en servicio de una batería de plomo nueva.3.5.34

5.11.6. Espuma en el electrolito de las baterías de Ni-Cd.3.5.34

5.11.7. Almacenamiento de las baterías.3.5.34

5.12. FABRICACION, MATERIALES Y FUNCIONAMIENTO DE LOS


TERMOPARES.3.5.36

5.12.1. Funcionamiento de los termopares.3.5.36

5.12.2 Materiales usados en los termopares.3.5.36

5.12.3. Fabricación de los termopares.3.5.39

5.13. FUNCIONAMIENTO DE CELULAS FOTOELECTRICAS.3.5.39

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

CAPÍTULO 5

FUENTES DE CORRIENTE CONTÍNUA

5.0. GENERALIDADES.

Pila y Batería son los nombres genéricos con los que se conocen las fuentes de Corriente Continua por medios químicos.

Como se sabe, estas fuentes de energía eléctrica están basadas en el principio de que cuando ciertos metales diferentes se sumergen en una solución se produce una reacción química que hace cambiar el estado de los metales de modo que hace a uno más negativo que al otro, se crea una diferencia de potencial entre ellos y fluye una corriente eléctrica cuando ambos metales se conectan mediante una carga.

Esquemáticamente, una pila o batería se representa mediante trazos verticales paralelos de diferente altura y grosor, señalando el trazo largo y fino al electrodo positivo y el corto y grueso al electrodo negativo, como indica la figura siguiente.



5.1. CELDAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS, REACCIONES QUIMICAS BASICAS, PROCESO DE FABRICACION.

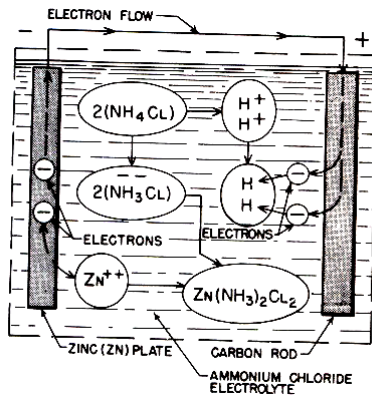
La celda primaria (primary cell) o pila seca más común es la pila de carbón que está constituida por una barra de carbón y una placa de zinc sumergidas en una solución de cloruro amónico. El carbón y el zinc son los electrodos, de los que el carbón es el electrodo positivo o ánodo mientras que la placa de zinc es el electrodo negativo o cátodo y la solución de cloruro amónico es el electrolito.

En cuanto la placa de zinc se sumerge en el electrolito, se liberan átomos de zinc en forma de iones positivos, cada uno de los cuales deja dos electrones en la placa, o sea que la placa queda cargada negativamente. Los iones, cargados positivamente por haber perdido dos electrones, quedan alrededor de la placa, atraídos por los electrones, en equilibrio al estar igualadas las cargas.

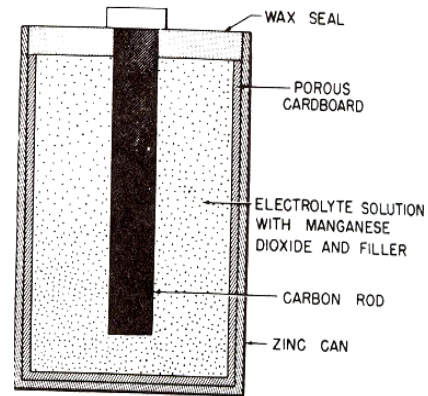
El cloruro amónico en solución, libera iones positivos de hidrógeno y se convierte en una combinación de cloro y amoniaco cargada negativamente, quedando los iones de hidrógeno rodeando la barra de carbón.

Si unimos con una carga la placa de zinc con la barra de carbón, se producirá un flujo de electrones desde la placa de zinc, con exceso de electrones a la barra de carbón, donde son atraídos los iones de hidrógeno que se recombinan con los electrones formando átomos de hidrógeno. Los iones de zinc positivos reaccionan con el compuesto de cloro y amoniaco de carga negativa, formando un compuesto de zinc, cloro y amoniaco. De este modo, la placa de

zinc sigue liberando iones de zinc positivos y el cloruro amónico se sigue descomponiendo en iones de hidrógeno y en la solución de cloro y amoniaco, que se seguirán recomponiendo mientras la placa de zinc y la barra de carbón estén unidas por un conductor, como se aprecia en a) de la figura 3.5.1 siguiente. La pila se considera agotada cuando la placa de zinc no libera iones positivos.



a) Reacción química



b) Construcción

Fig. 3.5.1 Pila seca de carbón


En b) de la figura 3.5.1 anterior se muestra la construcción típica de una pila seca, llamada así porque el electrolito es una pasta, que puede ser manejada con más facilidad al no tener riesgo de salpicaduras. La carcasa de zinc es el electrodo negativo o cátodo y se pone en contacto con el electrolito mediante un revestimiento de cartón poroso. El electrolito, formado por una pasta saturada con dióxido de manganeso, rellena el interior de la pila, entre la barra de carbón y la chapa de zinc. A esta pasta se añade grafito para reducir la resistencia interna de la pila. La parte superior de la pila se sella con un compuesto de parafina, que impide se pierda o seque el electrolito y permite que la pila se maneje en cualquier posición.

Finalmente, la pila se encapsula en una envoltura metálica para que sea más duradera, tras haber colocado una capa de material aislante entre el zinc y la funda exterior para evitar cortocircuitos.

El voltaje que se obtiene de una pila seca es normalmente de 1,5 V, aunque se puede obtener otros voltajes dependiendo de los materiales que se usen como electrodos. En general, se puede afirmar que dos metales diferentes siempre tendrán una polaridad definida el uno con respecto al otro. Por ejemplo, si se utilizan níquel y aluminio como electrodos, el níquel será positivo con respecto al aluminio. Sin embargo, si se utiliza el níquel con la plata, el níquel será negativo con respecto a la plata.

Una celda primaria no se puede recargar puesto que, según se ha estudiado en los párrafos precedentes, durante la descarga se destruyen los materiales activos limitándose la vida efectiva de la pila al tiempo que dura la descarga.

En una celda secundaria las sustancias empleadas se convierten en otras sustancias durante el proceso de descarga de modo tal que son capaces de retornar a su composición original mediante un proceso de recarga consistente en hacer circular la corriente eléctrica en sentido contrario, como se estudiará más adelante. Una celda secundaria se puede recargar.

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

5.2. CELDAS ALCALINAS Y DE MERCURIO.

Las celdas que utilizan un electrolito alcalino, como una solución de hidróxido de potasio (KOH), se conocen genéricamente como pilas alcalinas. Es necesario tomar precauciones con este electrolito, pues puede provocar quemaduras graves si se pone en contacto con la piel. Los electrodos utilizados en estas pilas son de distintos tipos de materiales, como dióxido de manganeso y zinc, óxido de plata y zinc, óxido de plata y cadmio, óxido de mercurio y zinc o níquel y cadmio. En función de los electrodos utilizados, se obtendrá una celda primaria no recargable o una celda secundaria recargable, así como un diferente voltaje de salida de la pila, aunque el voltaje habitual en la mayoría de estas pilas es de 1,5 V.

Las pilas de mercurio consisten en un electrodo positivo, o ánodo, de óxido de mercurio mezclado con material conductor y un electrodo negativo, o cátodo, de zinc muy finamente dividido. Los electrodos con el electrolito, del tipo cáustico, que se mezcla con un material absorbente, se ensamblan en un recipiente de acero hermético. Las pilas de mercurio, conocidas como pilas de botón, se usan habitualmente en equipos miniatura, como relojes o calculadoras.

5.3. CELDAS DE NIQUEL – CADMIO.

Las pilas y baterías de níquel – cadmio se han desarrollado con alto grado de eficiencia y fiabilidad de tal modo, que hoy día se fabrican en tamaño pequeño para sistemas en los que las pilas de carbón – zinc no cumplen con las exigencias de carga requeridas y en tamaño grande para uso en aviones en los que se precisan grandes cargas. Las baterías de níquel – cadmio se estudiarán en el apartado 5.6.

Las pilas de níquel – cadmio se fabrican con diferentes diseños de los electrodos, pero en todos los casos el elemento activo es el mismo: en estado de carga, el cátodo es cadmio metálico (Cd) y el ánodo es óxido - hidróxido de níquel (NiOOH). Durante la descarga, los electrodos alteran su composición química, de modo que el ánodo se convierte en hidróxido de níquel $Ni(OH)_2$ y el cátodo se convierte en hidróxido de cadmio (Cd OH). Durante el proceso de descarga, el electrodo negativo libera electrones, que fluyen por el circuito exterior hasta el electrodo positivo. Los iones positivos liberados por el electrolito se recombinan con los electrones que llegan al electrodo positivo. Durante el proceso de carga, se produce la reacción inversa y el electrodo negativo se reconvierte en cadmio metálico. En la parte final de este proceso, el electrodo negativo libera hidrógeno y el electrodo positivo libera oxígeno, por lo que en las pilas herméticas es preciso fabricar el electrodo cadmio con capacidad superior a la necesaria, de modo que el electrodo positivo alcance la carga total antes que el electrodo negativo. Cuando esto ocurre, el electrodo positivo está liberando oxígeno, mientras que el electrodo negativo no puede liberar hidrógeno por no estar totalmente cargado. Además, la pila se diseña de modo que el oxígeno se pueda desplazar hasta el electrodo negativo donde reacciona con el cadmio formando óxido de cadmio. Así, cuando la pila se sobrecargue el cadmio se oxida manteniéndose ésta en equilibrio cuando está a plena carga.

El proceso de construcción de una pila de níquel – cadmio más habitual consiste en disponer una especie de bolsa de acero perforado en la que se sitúan los materiales activos o unas placas de níquel perforado o unas pantallas de níquel entrelazado en las que los materiales activos se impregnan mediante un proceso de sinterizado consistente en calentar en un molde partículas de metal muy pequeñas unidas a otras partículas hasta aproximadamente el punto de

fusión, con lo que se consigue un material poroso. En el caso de los electrodos de níquel – cadmio, el material sinterizado es níquel o níquel carbonilo para las placas positivas y cadmio para las negativas.

La figura 3.5.2 siguiente muestra la sección de una pila de níquel – cadmio donde se aprecian detalles de su construcción.

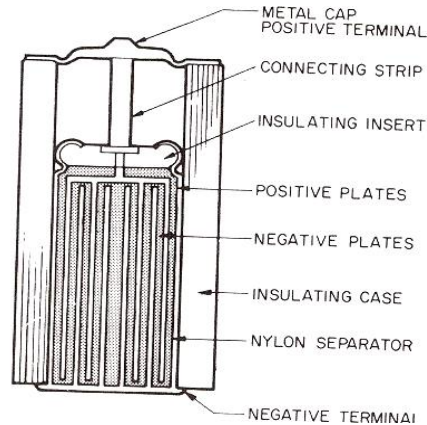


Fig. 3.5.2. Sección de una pila de níquel-cadmio

5.4. CELDAS CONECTADAS EN SERIE Y PARALELO.

Con el fin de conseguir los parámetros de voltaje e intensidad de corriente necesarios en una aplicación definida, las celdas se conectan en serie, en paralelo o en serie-paralelo.

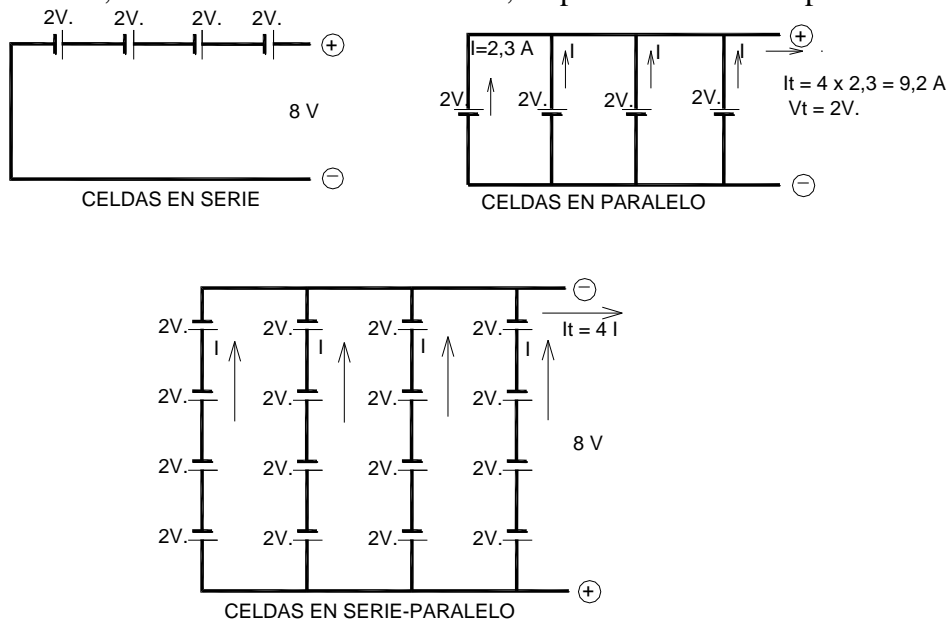


Fig. 3.5.3. Celdas conectadas en serie, en paralelo y en serie-paralelo

En el diagrama esquemático de las celdas conectadas en serie, se han conectado 4 celdas o pilas de la misma intensidad de corriente en serie dando lugar a un voltaje total de 8 V con una intensidad de corriente igual a la generada por cualquiera de las celdas. Esto se expresa matemáticamente:

$$V_T = n V$$

V_T el voltaje total obtenido,
 n el número de celdas conectadas
 V el voltaje de cada celda

Comoquiera que en esta disposición la corriente que circula por el circuito es la misma, las celdas a conectar en serie deben ser de la misma capacidad y tener el mismo estado de carga, evitando así que unas se descarguen a través de las otras.

Si se desea obtener el mismo voltaje y una mayor corriente de utilización, se dispondrán las celdas conectadas en paralelo. En la figura, se han conectado 4 celdas en paralelo, obteniéndose 2 V y una intensidad que es 4 veces la intensidad de cada celda. Matemáticamente se expresa:

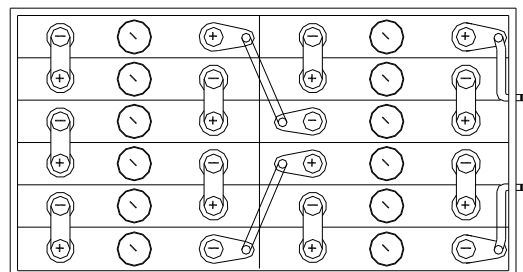
$$I_T = n I$$

I_T la intensidad total obtenida
 n el número de celdas conectadas
 I la intensidad de cada celda

Al estar conectadas en paralelo, es igual la diferencia de potencial entre extremos de cada pila, luego las celdas conectadas en paralelo deben ser del mismo voltaje nominal y presentar el mismo voltaje de carga, puesto que de no ser así, unas celdas se descargarían sobre otras hasta conseguir que todas tuvieran el mismo voltaje.

Para conseguir incrementar tanto voltaje como intensidad de corriente, la disposición será el conexionado en serie-paralelo. En el diagrama de la figura se han conectado en paralelo 4 grupos de 4 celdas conectadas en serie, con el resultado de haber obtenido un voltaje de salida que es 4 veces el de una celda y una corriente de salida que es, asimismo, 4 veces la corriente de una de las celdas.

Cuando se interconecten celdas o baterías es imprescindible observar la polaridad. Cuando se conecten en serie, como en la figura 3.5.4, se conectará el positivo de cada celda con el negativo de la siguiente, teniendo el conjunto así constituido como negativo, el negativo de la primera celda y como positivo, el positivo de la última celda. Cuando se conecten en paralelo, se conectarán negativos con negativos y positivos con positivos, teniendo el conjunto la polaridad de positivo, la unión de positivos y de negativo, la unión de negativos.



BATERIA DE 24 V. - 12 VASOS

Fig. 3.5.4. Interconexiones de celdas en baterías

5.5. CELDAS SECUNDARIAS DE PLOMO – ACIDO.

5.5.0. Generalidades.

Las celdas secundarias de plomo – ácido son comúnmente conocidas con el nombre de baterías de plomo.

En aviación se usan, fundamentalmente, dos tipos de baterías de plomo, las ventiladas y las herméticas. Las baterías herméticas tienen más capacidad y menos mantenimiento que las abiertas o ventiladas, por lo que se vienen empleando cada vez más para sustituir a las de níquel – cadmio, más caras, en algunos aviones de turbina. Sin embargo, a pesar del esfuerzo de investigación que se realiza, las baterías de plomo nunca alcanzarán las capacidades que logran las de níquel – cadmio, por lo que estas últimas se seguirán utilizando en aquellos aviones que precisen mayor potencia eléctrica.

5.5.1. Batería de plomo. Teoría de funcionamiento.

La reacción química que ocurre en una batería de plomo se muestra en la figura 3.5.5:

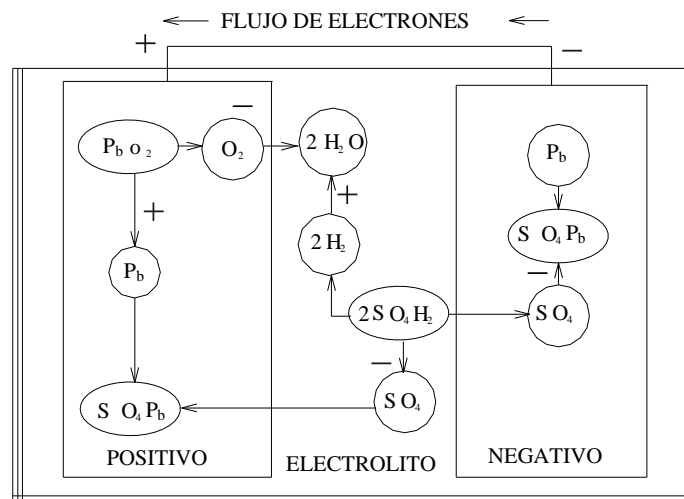


Fig. 3.5.5 Reacción química en celda de plomo

Las celdas secundarias que constituyen la batería consisten en una placa positiva recubierta de peróxido de plomo (PbO_2), en una placa negativa recubierta de plomo esponjoso puro (Pb) y un electrolito formado por una mezcla al 30% de ácido sulfúrico (SO_4H_2) y 70% de agua. Puestas en contacto estas tres sustancias se produce la siguiente reacción química:

El ácido sulfúrico se descompone en iones hidrógeno (H_2) portadores de una carga positiva y en iones sulfato (SO_4) que tienen una carga negativa.

Los iones SO_4 se dirigen a la placa de plomo que se convierte en negativa, aunque algunos se combinan con el plomo formando sulfato de plomo.

Los iones hidrógeno (H_2) se combinan con el oxígeno del peróxido de plomo (PbO_2) formando agua (H_2O) tomando electrones de la placa positiva, por lo que ésta queda con deficiencia de electrones. El resultado de esta reacción es que la placa positiva queda con deficiencia de electrones y la negativa con exceso de electrones.

Cuando las dos placas se pongan en contacto por medio de una carga, los electrones de la placa negativa fluirán hacia la placa positiva hasta que ambas placas queden recubiertas de sulfato de plomo, en cuyo momento se dice que la batería esta descargada.

En el proceso de carga, se emplea una fuente de corriente continua de voltaje ligeramente superior al de la batería a cargar, se conecta el positivo de la fuente con el positivo de la batería y el negativo de la fuente con el negativo de la batería. Esto hace que los iones SO_4 retornen al electrolito donde se recombinan con los iones H_2 del agua, formando ácido sulfúrico. Las placas, asimismo, vuelven a tomar su configuración original de Plomo esponjoso y de Peróxido de Plomo. Cuando se ha completado el proceso, se dice que la batería está cargada.

La tabla siguiente resume las reacciones químicas en una batería de plomo.

	<u>bat. cargada</u>	<u>proceso químico</u>	<u>bat. descargada</u>
Placa positiva	PbO_2	pierde O_2 gana SO_4	SO_4Pb
Placa negativa	Pb	gana SO_4	SO_4Pb
Electrolito	SO_4H_2	pierde SO_4 gana O_2	H_2O

Nótese que en una batería cargada el ácido sulfúrico tiene toda su concentración (30%), mientras que una batería de plomo descargada el ácido sulfúrico se ha descompuesto en iones SO_4 y en iones H_2 por lo que su concentración ha disminuido sensiblemente. Esto es importante pues define un medio para comprobar el estado de carga de la batería, que se puede hacer con un instrumento llamado densímetro. Así se puede decir:

Densidad del electrolito: de 1,27 a 1,30 - Batería cargada.

Densidad del electrolito: de 1,15 o menos - Batería descargada.

5.5.2 Construcción de una batería o acumulador de plomo.

Los acumuladores de plomo se constituyen mediante placas, como la que se muestra en a) de la figura 3.5.6. siguiente, con las que se forman los grupos de placas o electrodos como los que se ven en b) de la misma figura.

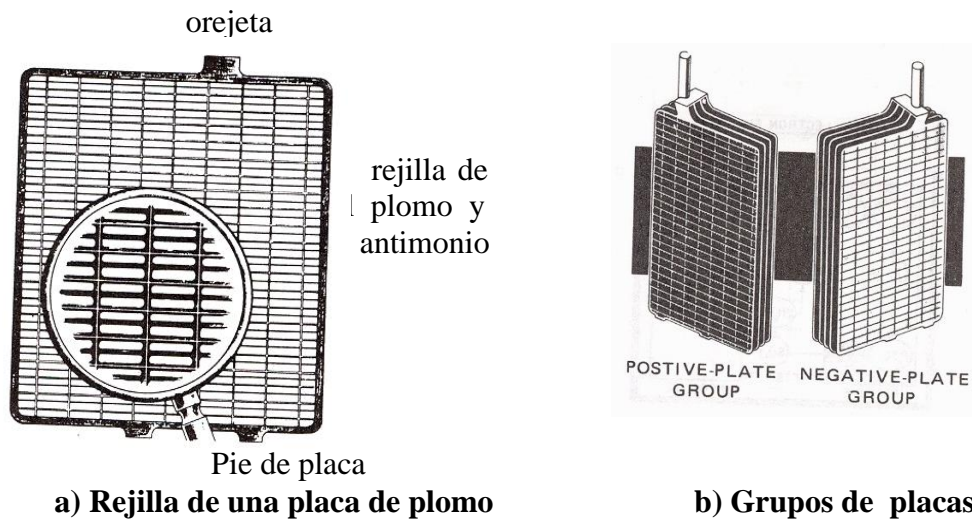


Fig. 3.5.6. Construcción de una batería de plomo

Cada celda de una batería está compuesta de un conjunto de placas positivas y otro de placas negativas colocadas alternativamente y aisladas cada una de la otra por separadores. Cada placa está fabricada con un bastidor, conocido como rejilla, y el material activo que se fija a la rejilla. Una fórmula normal para la fabricación de la rejilla es una aleación de plomo al 90% y antimonio al 10%. El propósito del antimonio es el de endurecer el plomo y hacerlo menos susceptible a la reacción química. Para aumentar la vida de la batería se pueden usar otros metales, como la plata, aleados con el plomo para la fabricación de las rejillas.

La placa positiva se consigue depositando, a presión, una pasta de peróxido de plomo mientras que en la placa negativa se deposita la pasta de plomo poroso. La adición de diversos materiales y el modo de combinarlos, tienen gran importancia en la definición de la vida y de la capacidad de la batería. Así, a la placa negativa se le adiciona un 1% de un material llamado expansor, relativamente inerte, cuya función es impedir la pérdida de porosidad al plomo durante la vida de la batería. Son expansores típicos, el sulfato de bario, el negro de humo, el grafito o el serrín fino.

Después de aplicar el material activo a las rejillas, las placas se secan mediante un proceso cuidadosamente controlado que permite el endurecimiento de la pasta. Seguidamente, se procede a una serie de descargas y cargas lentas con un cargador de baterías hasta que la pasta de las placas se convierte en material activo realmente. Entonces, la placa positiva tiene una textura dura y de color marrón chocolate, mientras que la placa negativa tiene una textura esponjosa y de color gris perla.

A continuación, las placas se unen entre sí soldando las orejetas a un terminal y formando un grupo de placas, según se mostró en b) de la figura 3.5.6 anterior, que se conectan a un terminal. La capacidad de la batería vendrá determinada por el área de material activo expuesto al electrolito, luego estará definida por el número de placas que se unan entre sí.

Las placas se entrelazan entre sí, con separadores entre las placas positivas y las negativas, de modo que una placa positiva quede entre dos placas negativas, lo que supone que el número de placas negativas supere al de las positivas en una unidad. Esto se hace así porque las placas positivas están más sujetas a torsión que las negativas. Con esta disposición, la acción química se distribuye equitativamente a ambos lados de la placa positiva y se reduce la torsión y el deterioro de esa placa.

La figura 3.5.7 siguiente expresa la disposición de las placas descrita anteriormente.

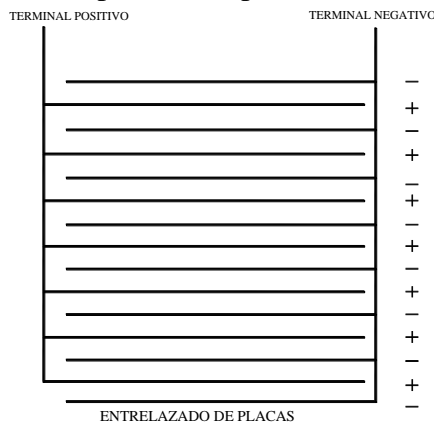


Fig. 3.5.7. Entrelazado de placas en batería de plomo

La función de los separadores es la de aislar una placa de otra, previniendo así, la posibilidad de cortocircuitos internos, que se pueden producir por arqueo de las placas positivas o por dilatación de las placas negativas.

Los separadores tienen que ser de fibra de vidrio, goma u otro material aislante y lo suficientemente poroso como para que ofrezca mínima resistencia a la corriente que pasa a través de él. Téngase en cuenta que los separadores están saturados de electrolito durante el funcionamiento de la batería y es el electrolito el que conduce la corriente eléctrica. Además, los separadores tienen que resistir la acción química del electrolito. Algunos fabricantes utilizan separadores de lana de vidrio que se coloca en las placas adyacentes a las placas positivas. Otro medio de aislar las placas positivas es envolverlas en una funda de polietileno microporoso. Esto aumenta la eficacia de la batería puesto que permite disponer las placas más juntas (del orden de 1,25 mm.) de lo que estarían con otro tipo de separadores. Estas fundas también impiden el desprendimiento de material activo de las placas.

La celda, una vez ensamblada, se monta en el interior de una carcasa o contenedor fabricado con un compuesto de goma endurecida o de plástico. Las carcasas se fabrican con tantos alojamientos como celdas tenga la batería. En la parte inferior de la carcasa hay cuatro nervaduras, dos de las cuales soportan las placas positivas y las otras dos las placas negativas. De este modo, queda un espacio, en la parte inferior de la carcasa, donde se recogen los sedimentos impidiendo que éstos se pongan en contacto con las placas y provoquen un cortocircuito.

La figura 3.5.8 siguiente muestra la disposición de los nervios y el espacio para sedimentos existentes en la carcasa de una batería de plomo.

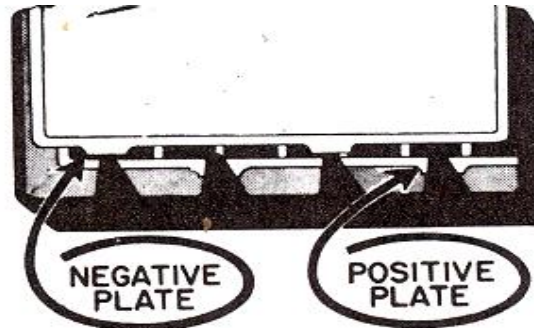


Fig. 3.5.8. Nervaduras y espacios para sedimentos

El espacio que queda para que se depositen los sedimentos es de tal capacidad que no es necesario abrir la batería para eliminar los sedimentos, sino que cuando estos espacios se han llenado, la celda se considera inservible.

La carcasa de la batería se cierra con una tapa fabricada en material igual al de la carcasa. Esta tapa tiene dos huecos por los que pasan los terminales de la celda y un agujero roscado en el que se rosca la caperuza de ventilación o venteo. La tapa se une a la carcasa con un sellante especial para evitar que se salga el electrolito.

Durante el proceso de carga, y cuando la batería se encuentra casi cargada, se producen gases de oxígeno y de hidrógeno. Es necesario proporcionar un medio de salida a estos gases y esto se hace mediante el venteo. Se fabrican diversos tipos de venteo, de los que es el más normal el consistente en una válvula de plomo que se mantiene abierta mientras la batería esta en posición vertical y que se cierra cuando la batería se inclina o se invierte.

En la figura 3.5.9 siguiente se muestran un tipo de venteos. Dentro de los círculos, se ve una cápsula de plomo que deja abierta la válvula en posición vertical pero cierra la válvula en posición lateral o invertida y en las flechas negras, se aprecia otro tipo de ventilación, consistente en un tubo que llega casi hasta la parte superior de las placas y deja en la parte superior un espacio suficiente para que el electrolito no se pierda con el venteo cuando la batería esté de lado o invertida.

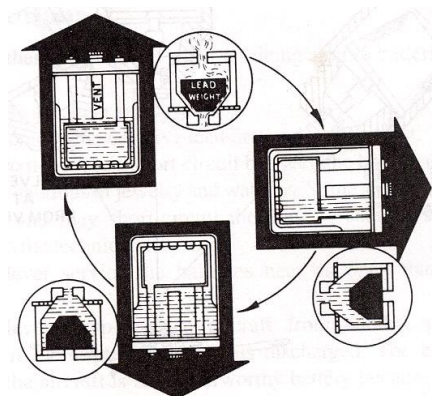



Fig. 3.5.9. Venteos en baterías de plomo

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

5.6. CELDAS SECUNDARIAS DE NIQUEL – CADMIO.

5.6.0. Generalidades.

Las celdas secundarias de níquel – cadmio, con nombre común de baterías de níquel-cadmio, conocidas normalmente por su abreviatura ni-cd presentan sobre las baterías de plomo las ventajas de que tienen una mejor relación potencia-peso y que el voltaje entre bornas permanece casi constante durante todo el ciclo de descarga pero tienen la desventaja de ser más caras que las baterías de plomo, de aquí que se utilicen habitualmente en aviones con motores de turbina en los que esta justificado el superior costo.

5.6.1. Construcción de una celda y de una batería Ni-Cd.

Cada una de las celdas de una batería consta de placas positivas, placas negativas, separadores, electrolito, carcasa o contenedor de la celda, tapa de la celda y caperuza o tapón de ventilación. Las placas están hechas con unas planchas de metal sinterado impregnadas con el material activo constitutivo de las placas negativas y las positivas. Las planchas se hacen con polvo de níquel carbonilo sinterado a alta temperatura sobre una base de acero niquelado, lo que da lugar a un material poroso con un 80-85% de volumen abierto y un 15-20% de material sólido. Esta plancha porosa se impregna con sales de níquel para las placas positivas y con sales de cadmio para las negativas. Una vez que las planchas han absorbido el material activo suficiente para que adquieran la capacidad necesaria, se colocan en el seno de un electrolito y se les somete a una corriente eléctrica que convierte las sales de níquel y de cadmio en su composición final. Se lavan y se secan las planchas para finalmente cortarlas con el tamaño deseado. A las placas obtenidas se suelda una orejeta de níquel que servirá posteriormente para unir las placas que formen un grupo de placas.

El separador de una celda Ni-Cd es una delgada y porosa multilamina de nylon urdido con una capa de celofán. Los separadores se colocan entre placas como si se tratara de una placa más. El nylon aísla las placas para evitar cortocircuitos mientras que el celofán actúa como una membrana barrera que impide que el oxígeno liberado por la placa positiva, cuando se sobrecarga la celda, alcance la placa negativa en la que combinaría con el cadmio con alto desprendimiento de calor, lo que se conoce con el nombre de embalamiento (thermal runaway) que sobrecalentaría la celda hasta el punto de destruirla o incluso hacer que explote.

También se produce thermal runaway de una batería ni-cd principalmente por uso impropio. El uso impropio se produce cuando se somete a la batería a descargas rápidas y profundas, como con continuados intentos de arranque en periodos de tiempo cortos. El calor almacenado en la batería puede debilitar o destruir los separadores que originan cortocircuitos y más incremento de la corriente con más incrementos de temperatura. Por esta razón, las baterías se equipan tanto con unos sensores de temperatura que desconectan la batería del cargador, como con controladores de la carga de batería que también desconectan la batería cuando la corriente de carga sobrepasa determinados niveles.

La carcasa de la celda consiste en un recipiente en forma de tarro de plástico con una tapa que se acopla al recipiente. Ambos, tapa y recipiente se unen formando un conjunto completo hermético que impide se salga o contamine el electrolito. Sobre la tapa se rosca la caperuza de ventilación, hecha de plástico y de diferentes formas, según los fabricantes. Un tipo de caperuza se muestra en la figura 3.5.10 siguiente.

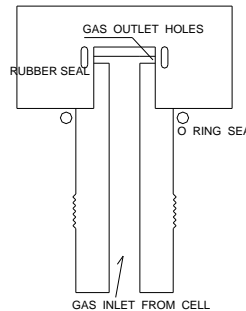
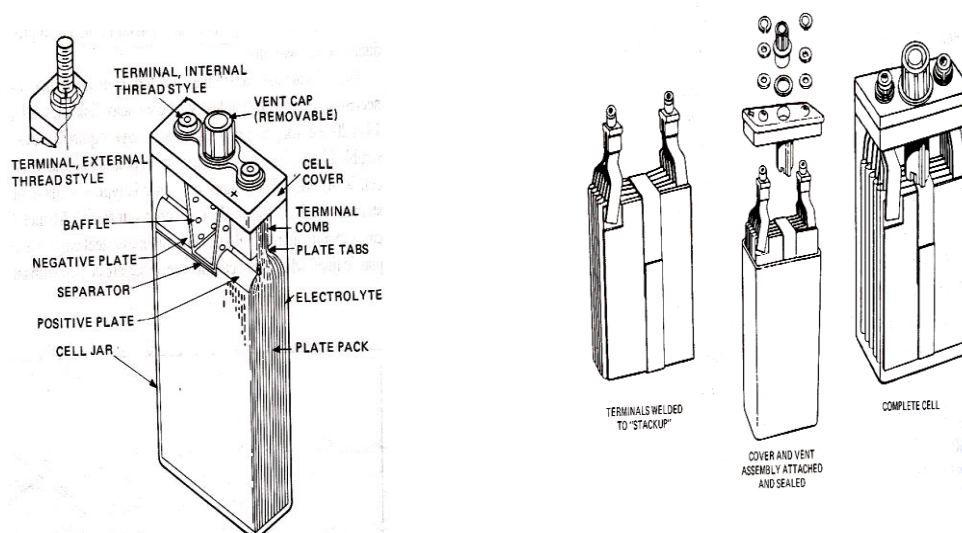


Fig. 3. 5.10. Caperuza de ventilación de la celda

Las caperuzas disponen de unos agujeros para salida de gases cerrados por la presión de un obturador de caucho. Cuando la presión de los gases generados en la celda supera la presión del obturador, éste se abre permitiendo la salida de gases al exterior.

El electrolito es una solución al 70% de agua destilada y al 30% de hidróxido de potasio, lo que da una densidad al electrolito de entre 1,24 y 1,30. La figura 5.11 muestra en a) los componentes de una celda de Ni-Cd y en b) cómo se construye esa celda.



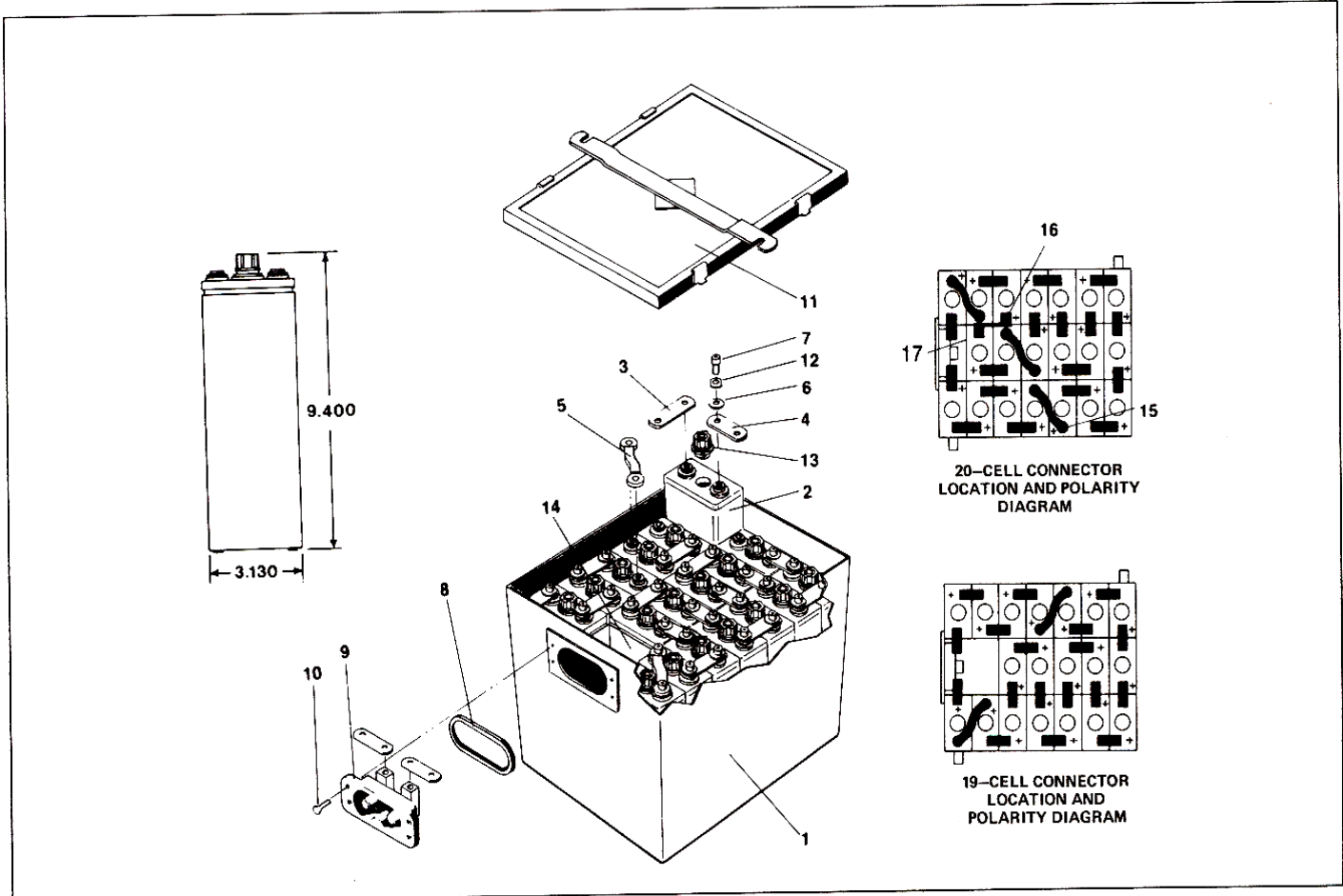
a) Componentes celda ni-cd.

b) Construcción celda ni-cd.

Fig. 3.5.11. Construcción Celda de Ni – Cd

Las celdas así terminadas se introducen en la carcasa de la batería y se interconectan mediante enlaces de acero inoxidable. Normalmente se ensamblan 19 ó 20 celdas, dependiendo del voltaje requerido, interconectándolas en serie, en el modo y con las precauciones que se exponen en los párrafos siguientes. La carcasa de la batería se fabrica en acero inoxidable o en

fibra de vidrio. Si la carcasa es metálica, es preciso disponer de un aislante interno que separa las celdas, que puede ser un material plástico o un recubrimiento epóxico con altas propiedades dieléctricas.



Item	Description	Part Number CA-5, CA-5-1 CA-5-20	Part Number CA-5H CA-5H-20, CA-16	Quantity
1	Can Assembly	26604	26604	1
2	Cell Assembly	36M220	36H120	19 (20)
3	Connector	16102-6	16102-6	12
4	Connector	16102-7	16102-7	6
5	Connector	16167-1	16167-3	2
6	Belleville Spring	16128-1	16128-1	40
7	Socket Head Cap Screw	10488-20	10488-20	40
8	Rectangular Ring	24583	24583	1
9	Receptacle Assembly	16163-7	16163-7	1

Item	Description	Part Number CA-5, CA-5-1 CA-5-20	Part Number CA-5H CA-5H-20, CA-16	Quantity
10	Phillips Head Screw	23084-1	23084-1	4
11	Cover Assembly	23147-3	23147-3	1
12	Double "D" Washer	23591-1	23591-1	40
13	Filler Cap & Vent Assembly	18318-1	16934-1	1
14	Spacer	27292	27292	1
15	Connector	16167-2*	16167-3*	3
16	Connector	25091*	25091*	1
17	Spacer	27291*	27291*	1

19-cell to 20-cell Conversion Kit – part number 29005

NOTE: The batteries are 19- and 20- cell versions of Marathon's 36-40 Ah units. This figure does not necessarily represent the design of other batteries produced by Marathon.

*Used only on 20-cell batteries.

Fig. 3.5.12. Despiece de una batería de níquel – cadmio típica.

En la figura 3.5.13 se muestra, ampliado, el conexionado en serie de las celdas de la batería, en formato de 19 y de 20 celdas, que aparece en la parte derecha de la figura 3.5.12.

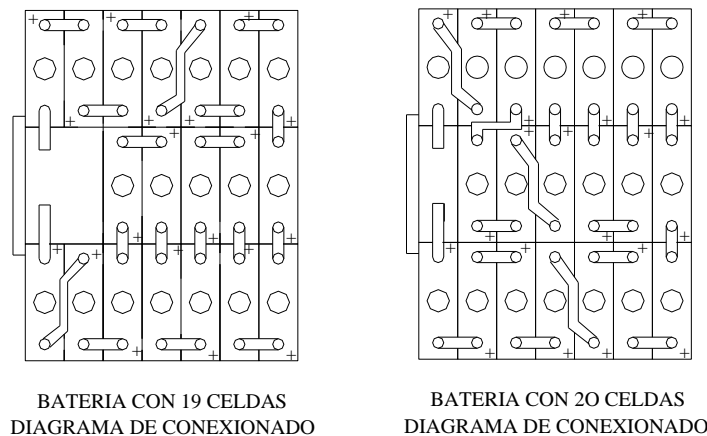


Fig. 3.5.13. Batería de Ni – Cd. Conexionado de 19 y 20 celdas

Nótese el conexionado serie de las celdas o vasos y la disposición de los vasos para que los terminales finales queden enfrentados y muy próximos al punto de conexión del conector rápido. Téngase en cuenta que la intensidad entregada por la batería es alta y es conveniente hacer los latiguillos puente lo más corto posibles para evitar pérdidas por caídas de tensión en conductores.

Otro posible conexionado, para baterías de plomo, de 12 celdas o vasos para conseguir una batería de 24 V. se muestra en el apartado 5.4 , figura 5.4.

5.6.2. Teoría de funcionamiento de una Batería de Ni-Cd.

En su estado descargado la batería de Ni-Cd tiene una placa negativa de Hidróxido de Cadmio, $Cd(OH)_2$, un electrolito, o solución al 70% de agua destilada, H_2O , y al 30% de Hidróxido de Potasio, KOH , y una placa positiva de Hidróxido de Níquel $Ni(OH)_2$.

Durante el proceso de carga, los iones hidróxido son forzados a dejar la placa negativa y entrar en el electrolito. Así, el hidróxido de cadmio de la placa negativa se vuelve a convertir en cadmio metálico. De otro lado, los iones hidróxido del electrolito combinan con el hidróxido de níquel de la placa positiva haciendo que el material activo alcance un alto estado de oxidación conocido con el nombre de oxihidróxido de níquel. Este proceso continua hasta que todo el material de las placas se ha reconvertido. Si continúa el proceso, se descompone el agua del electrolito, por electrolisis, formándose oxígeno e hidrógeno a la vez que se libera oxígeno de la placa positiva e hidrógeno de la placa negativa. Si el oxígeno liberado alcanza la placa negativa, se recombina con el Cadmio en una reacción muy exotérmica que puede provocar la destrucción del separador, lo que provocaría cortocircuitos, más incremento de temperatura y la destrucción de la batería. Durante la carga, se pierde agua tanto por electrolisis como por partículas de agua que se pierden por el venteo al salir atrapadas por las burbujas de los gases.

Durante el proceso de descarga, los iones hidróxido (OH) del electrolito se combinan con el cadmio de la placa negativa formando hidróxido de cadmio y liberando electrones en la placa. Al mismo tiempo, los iones oxígeno del oxihidróxido de níquel, que hay en la placa positiva, combinan con el electrolito portando electrones extra. Así los electrones se eliminan de la placa positiva y se entregan a la placa negativa. La composición del electrolito sigue siendo una solución de hidróxido de potasio puesto que los iones hidróxido se suman al electrolito según se liberan, de aquí que la densidad del electrolito permanezca constante durante la descarga y no pueda ser utilizado como comprobación del estado de carga de estas baterías. Es importante hacer notar que la comprobación de la densidad del electrolito no es determinante para verificar el estado de carga de una batería de Ni-Cd.

Nótese que los materiales activos de las placas no cambian su estado físico sino tan solo su estado de oxidación, con lo que la batería se puede recargar numerosas veces sin deterioro apreciable de sus placas. Esto significa que es muy larga la vida de estas baterías.

La tabla 5.1 resume las reacciones químicas en la celda de una batería de níquel-cadmio.

Tabla 5.1. Reacciones químicas en batería Ni-Cd				
Batería tipo	Estado de carga	Placa positiva	Placa negativa	electrolito
Níquel-cadmio	cargada	Ni O OH Oxihidróxido de níquel	Cd Cadmio metálico	K OH Hidróxido de potasio No afectado por la carga.
	descargada	Ni (OH) ₂ Hidróxido de níquel	Cd (OH) ₂ Hidróxido de cadmio	

5.6.3. Efecto “memoria” o “fading” en una batería de Ni-Cd.

El efecto memoria se define como la característica de una batería de Ni-Cd de “recordar” la cantidad de carga remanente cuando se inicia un ciclo de recarga de modo que en el siguiente ciclo de descarga la batería se “cree” descargada cuando alcanza el punto memorizado. Realmente, este efecto memoria solo se produce cuando la batería se descarga una y otra vez hasta el mismo nivel y se recarga desde ese nivel sin sobrecarga.

El efecto memoria está provocado por la formación cristalina del cadmio. En una celda nueva el material del cadmio está formado por cristales finamente divididos. Como consecuencia del calentamiento de la batería o por cargas incompletas esos cristales aumentan considerablemente de tamaño con el consiguiente incremento de la resistencia interna. El efecto memoria se suprime efectuando cargas completas tras haber descargado por completo la batería lo que se consigue empleando el Analizador de Baterías adecuado.

5.7. PARAMETROS DE LAS BATERIAS.

Toda batería o pila queda definida por los siguientes parámetros: voltaje, capacidad y resistencia interna.

5.7.1. Voltajes a circuito abierto y a circuito cerrado.

Hay dos diferentes modos de medir el voltaje de una batería o celda. El voltaje que se mide cuando la batería no tiene carga se llama voltaje a circuito abierto – OCV – (open-circuit voltage) mientras que el voltaje que se mide cuando la batería tiene una carga aplicada se llama voltaje a circuito cerrado – CCV – (closed-circuit voltage). El OCV es siempre mayor que el CCV debido a la resistencia interna de la batería como se verá en el punto siguiente.

En una batería de plomo, los voltajes disminuyen con el estado de carga de la batería y más rápidamente el CCV que el OCV, mientras que en una batería de Ni-Cd los voltajes permanecen constantes durante la descarga de la batería hasta que está totalmente descargada, en cuyo momento cae bruscamente. Esto supone una ventaja de las baterías de Ni-Cd sobre las de plomo. Igualmente, en una batería de plomo el CCV disminuye notablemente con el régimen de descarga debido a que la resistencia interna aumenta con el régimen de descarga, como se puede apreciar en las figuras siguientes.

La figura 3.5.14 muestra los voltajes de una batería de plomo en función de la carga aplicada, en a), y en función de su estado de carga, en b)

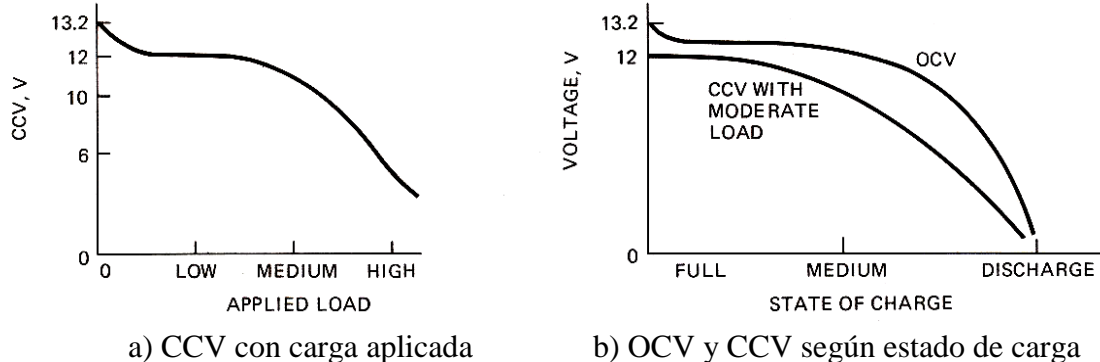


Fig. 3.5.14. Curvas de Voltaje en una batería de plomo

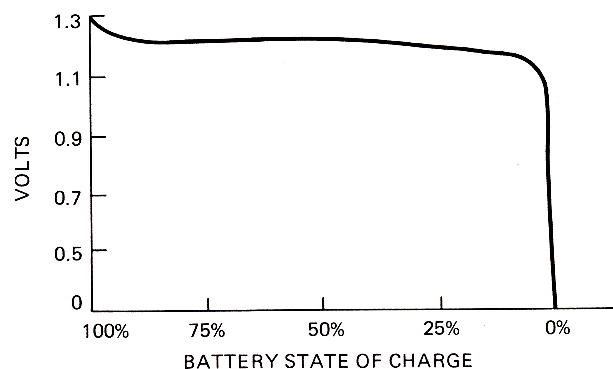



Fig. 3.5.15. Curva de voltaje de una batería Ni-Cd

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

La figura 3.5.15 muestra el CCV de una batería de Ni-Cd en función del estado de carga de la batería, para una descarga a régimen moderado. Nótese la diferencia entre los voltajes de una y otra batería.

Los voltajes normalizados para las baterías son los siguientes:

Baterías de plomo

Baterías de 24 V. formadas con 12 vasos.

Vaso cargado: OCV = 2,1 V.

CCV = 2,0 V. bajo una carga moderada (9 A para 45 A/h)

1,6 V. bajo una carga alta (50 A para 45 A/h)

Vaso descargado: CCV = por debajo de 1,75 V.

Baterías de Niquel-Cadmio

Baterías de 24 V. formadas con 19 o 20 vasos.

Vaso cargado: OCV = de 1,25 a 1.30 V. (hasta 1,5 V. en los últimos instantes de la recarga).

CCV = de 1,20 a 1,25 V.

5.7.2 Capacidad de una batería.

La capacidad es la medida de la corriente total disponible en la batería. La capacidad de una batería o pila se mide en unidades de intensidad de corriente por unidad de tiempo. En las pilas o baterías pequeñas se mide en miliamperios-hora (mAh) y en las baterías de a bordo se mide en amperios-hora (Ah). La capacidad de una batería es, pues, igual al tiempo necesario para la descarga total de una batería multiplicado por la intensidad de descarga, lo que quiere decir que si una batería tiene una capacidad de 20 Ah se descargará totalmente suministrando 20 A durante 1 h. Sin embargo, la capacidad de una batería varía en función del tiempo de descarga. Dada la naturaleza química de las baterías, si las celdas se descargan muy rápidamente, la batería entregará menos energía que si las celdas se descargan lentamente. Esto ocurre porque en una descarga rápida no todo el material químico ha tenido tiempo de reaccionar y parte del mismo no ha producido energía eléctrica. La capacidad se representa por la letra C.

La tabla 5.2 siguiente muestra las capacidades de dos baterías a las que se aplican regímenes de descarga de 7 A. ó 7,2 A. (capacidades de 35 ó 36 A/h ya que tardan 5 horas en descargarse), de 66 A ó 70 A (capacidades de 22 ó de 23,3 A/h pues se han descargado en 20 minutos) o de 180 A para ambas (capacidad de 15 A/h pues se han descargado de 5 minutos)

Tabla 5.2.Experimental. Capacidades de una batería						
volt	descarga A/5 horas	Ah	descarga A/20 min.	Ah	descarga A/5 min.	Ah
12	7	35	66	22	180	15
24	7,2	36	70	23,3	180	15

Las baterías de ni-cd, considerado el mismo tamaño y peso, tienen bastante más capacidad que las baterías de plomo, por lo que son las normalmente utilizadas para el arranque de los motores de turbina. La capacidad de una batería Ni-Cd es una función de la superficie total de las placas contenidas en el interior de las celdas, de modo que a mayor área mayor capacidad. La mayoría de las baterías ni-cd son de 24 V. con capacidades entre 22 y 80 Ah., determinadas, al igual que las de plomo, tras una descarga a 5 h., excepto que se especifique otra cosa.

5.7.3. Resistencia interna y su efecto sobre una batería.

Se define la resistencia interna de una batería como la oposición que ofrece la batería a la circulación de la corriente eléctrica en su interior. La resistencia interna de una batería es una función del estado de carga. La resistencia interna es tanto menor cuanto mayor es el estado de carga y mayor cuanto mayor es el régimen de descarga. Es lógico puesto que, en una batería descargada, los principios activos están saturados y son pocos los iones que se desplazan de una a otra placa.


La resistencia interna de una batería se puede obtener matemáticamente:

$$R_i = \frac{OCV - CCV}{I \text{ de la carga}}$$

O sea, es la diferencia entre los voltajes a circuito abierto y a circuito cerrado dividida por la intensidad de la carga. Así la resistencia interna de una batería cuyo voltaje a circuito abierto es de 14 V. y el voltaje a circuito cerrado es de 12 V., con una carga de 100 A., sería:

$$R_i = \frac{14 - 12}{100} = 0,02 \text{ ohmios}$$

La R_i de una batería no tiene gran importancia mientras la batería no se descarga hasta el 75%, en cuyo momento la R_i se hace demasiado alta pudiendo afectar a los circuitos que alimenta al reducirse sensiblemente el CCV.

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

5.8. ESTADO DE CARGA DE UNA BATERIA.

En toda batería existen indicaciones que ayudan a determinar su estado de carga y, consecuentemente, su estado de “útil” o “revisable”. Estas indicaciones se han estudiado en párrafos precedentes y se puede decir que una batería está en servicio:

a) Baterías de plomo.

- Voltaje a circuito cerrado bajo una carga moderada: 2,0 V. por vaso.
- Densidad del electrolito: de 1,27 a 1,30.

b) Baterías de Níquel-Cadmio.

- Voltaje a circuito cerrado bajo una carga moderada: 1,2 V. por vaso.
- El electrolito no se altera durante el proceso de descarga, luego su densidad no es indicación de su estado de carga.

5.9. REACONDICIONAMIENTO DE LAS BATERIAS.

El reacondicionamiento de una batería consiste, fundamentalmente, en la Carga, en la verificación del nivel de electrolito y en la determinación de su capacidad mediante un Análisis de la batería. En las baterías de Ni-Cd puede ser necesario efectuar un Equilibrado de celdas.

5.9.1. Métodos para la carga de baterías.


Toda batería se puede recargar siguiendo los pasos siguientes:

- a). Conectar el positivo del Cargador/Analizador a la borna positiva de la batería y el negativo del Cargador/Analizador a la borna negativa de la batería.
- b). Conectar el Analizador/Cargador a la red y poner sus controles en la posición que corresponda, según tipo de batería e instrucciones del fabricante.
- c). Activar el Analizador/Cargador.

PRECAUCION

Nunca alterar el orden de los pasos anteriores.
Si se activa el Analizador/Cargador antes, al conectar a la batería puede saltar chispazo y existe riesgo de incendio en la sala de carga de baterías.

Los dos métodos fundamentalmente empleados para la recarga de una batería son el método de Carga a Corriente Constante y el de Carga a Potencial Constante, con el conexionado que se muestra en la figura 3.5.16.

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

- a) Carga a Corriente Constante (para baterías o celdas independientes de Ni-Cd y para baterías de Plomo).

Ver figura 3.5.16 a)

Este método de carga consiste en la aplicación a la batería de una intensidad de corriente constante durante un tiempo determinado. A estos efectos, se ha definido:

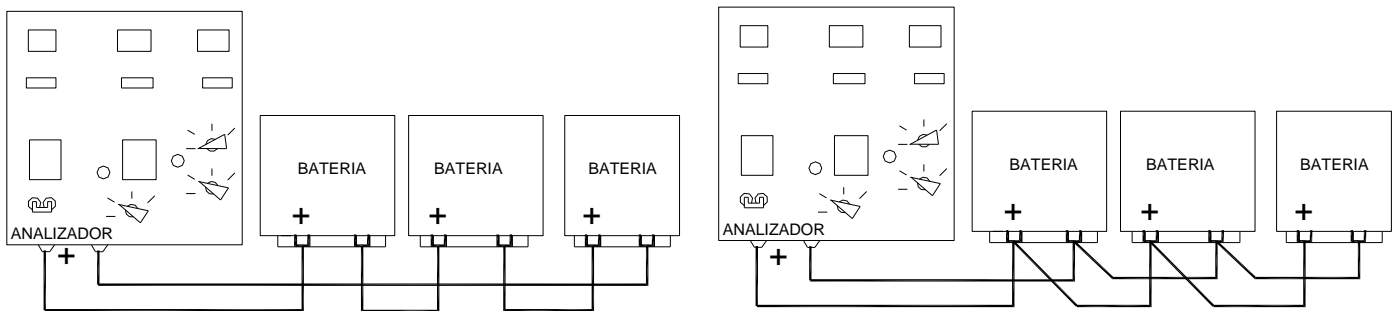
1. Carga larga o normal (OVERNIGHT CHARGE). Carga a C/10 en 14 ó 16 horas (ó la décima parte de la capacidad en amperios, durante ese tiempo). Método recomendado.
2. Carga rápida (QUICK CHARGE). Carga a C/3 en 4 ó 6 horas. (Método no recomendado por disminuir la vida de la batería).
3. Carga acelerada (FAST CHARGE). Carga a 3C durante 15 minutos o menos. (Sólo se admite este tipo de carga cuando se dispone de Analizadores adecuados).

La carga a corriente constante está recomendado por los fabricantes de baterías para la recarga de baterías de Ni-Cd, a su recepción, y para el equilibrado de celdas Ni-Cd. Los fabricantes de baterías de Ni-Cd suelen recomendar se verifique el nivel de electrolito en estas baterías en los últimos 10 minutos del ciclo de carga. Otra recomendación es la de medir el voltaje de los vasos o celdas en el inicio de la carga (no debe ser inferior a 1,25 V.) y durante los diez últimos minutos del ciclo (debe ser de aproximadamente 1,5 V. Con las tolerancias dadas por el fabricante).

Celdas independientes de Ni-Cd pueden ser recargadas siguiendo este método tras ser descargadas para su análisis. El voltaje medido entre sus terminales en los últimos diez minutos del ciclo de carga debe ser igual para todas las celdas, con las tolerancias dadas por el fabricante. En ambos casos, si el voltaje medido en todas y cada una de las celdas no es correcto, puede ser necesario hacer un equilibrado de celdas.

Las baterías de plomo también se pueden recargar con este método, pero cuando se aplique a baterías de plomo herméticas hay que tener la precaución de vigilar el voltaje de los vasos en la etapa final de carga, ya que no debe sobrepasar los 2,4 V. por vaso por riesgo de daño irreversible.

Mediante este método se pueden cargar varias baterías conectadas en serie siempre que el Cargador disponga del voltaje de salida conveniente al número de baterías conectadas. Es importante reseñar que todas las baterías que se conecten en serie tienen que ser de la misma capacidad y es recomendable que sean del mismo fabricante.



a) Carga a Corriente Constante

b) Carga a Potencial Constante

Fig. 3.5.16. Conexión de baterías para carga a corriente y potencial constante.

b) Carga a Potencial Constante (solo baterías de Plomo).

Ver figura 3.5.16b)

Todos los cargadores elementales de baterías emplean este método de carga, que consiste en la aplicación de un voltaje determinado a la batería hasta que la corriente de carga, de valor alto en el inicio, se reduzca a 1 A. o menos en cuyo momento se considera la batería cargada. En los Analizadores de baterías se limita la corriente de carga inicial y están preajustados a finalizar la carga cuando la batería ha alcanzado un voltaje de 2,4 V. por vaso. Al final del proceso de carga, se debe comprobar el nivel de electrolito y añadir agua destilada si es necesario.


Los cargadores a potencial constante permiten la carga de baterías en paralelo, con la única precaución de verificar si la intensidad máxima demandada por las baterías en el inicio de la carga es inferior a la máxima que puede entregar el Cargador. Todas las baterías a conectar en paralelo tienen que ser del mismo voltaje nominal.

5.9.2. Verificación del Nivel de Electrolito.

En toda batería, el electrolito debe cubrir completamente las placas de las celdas para permitir que se efectúen las reacciones químicas de descarga y carga con plena efectividad. Es habitual que las baterías dispongan de un indicador de nivel de electrolito. Otras baterías son herméticas y no precisan se verifique el nivel del electrolito.

ATENCIÓN

Nunca añadir ácido a una batería. El nivel de electrolito se ajustará siempre añadiendo agua destilada

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

El nivel de electrolito se verificará y ajustará conforme a las especificaciones siguientes:

a) Baterías de plomo. El nivel de electrolito se puede revisar en cualquier momento y añadir agua destilada también en cualquier momento, aunque es aconsejable se efectúe al final de un ciclo de carga. Téngase en cuenta que durante el proceso de recarga se forman burbujas por ebullición del agua y, si el nivel es alto, se pueden producir salpicaduras con pérdida de ácido.

b) Baterías de Ni-Cd. Los fabricantes de baterías suelen recomendar que, si no se efectúa este paso en la batería recién desconectada del Cargador, se espere un tiempo mínimo de dos horas para verificar el nivel y, sobre todo, para añadir agua destilada hasta el nivel indicado.

5.9.3. Análisis de las baterías.

Algunos cargadores de baterías disponen de la función “Análisis” que consiste en un ciclo de Carga – Descarga – Recarga programado en función del tipo de batería (Ni-Cd o Plomo), del número de vasos y de la capacidad de la batería. Se selecciona, pues, el tipo de batería y el número de vasos, se selecciona el tipo de carga (lo habitual es Carga Reflex para Ni-Cd y Carga a Potencial Constante para Plomo) y se seleccionan los tiempos de carga y de descarga. Una vez encendido el Cargador, se ajusta la corriente de carga y, en su momento, se ajusta la corriente de descarga. Lógicamente, los tiempos de carga y descarga y las corrientes de carga y descarga dependen de la capacidad de la batería y estarán determinados por el fabricante.

Los cargadores que disponen de la función “Análisis” suelen disponer, también, de indicadores del estado de la batería señalando si la batería es aceptada (se enciende luz verde) o la batería es rechazada (e enciende luz roja).

5.9.4. Equilibrado de Celdas en Batería Ni-Cd.

Si el voltaje medido en cada una de las celdas de una batería de Ni-Cd no se corresponde con el indicado por el fabricante, puede ser necesario efectuar un equilibrado de celdas, que se lleva a cabo mediante una Descarga y carga profunda. Para ello, se efectuará la descarga de la batería y, cuando las celdas contengan aproximadamente 0,5 VDC, se cortocircuitarán sus bornas para obtener 0 VDC por celda. Finalmente, se efectuará una carga profunda siguiendo las instrucciones del fabricante.

5.10. INSTALACION DE BATERIAS A BORDO.

Toda aeronave tiene instalada a bordo una o más baterías con algunas de las siguientes funciones:

1. Arranque de los motores cuando no hay disponible un generador o fuente de alimentación de tierra.

2. Como fuente de alimentación de emergencia, en caso de fallo eléctrico total, para alimentación de los sistemas esenciales de vuelo, combustible, tren de aterrizaje, comunicaciones, etc.

3. Como suministro de energía eléctrica adicional en altos consumos puntuales, como la puesta en marcha de actuadores o bombas, siempre que el consumo supere la capacidad de los generadores.

5.10.1. Compartimento de baterías.

Las baterías están instaladas en compartimentos especialmente localizados y apropiados para una buena disipación de calor y una adecuada ventilación de gases y protección del fuselaje del avión contra elementos corrosivos. Estos compartimentos se sitúan lo más cerca posible de los puntos de utilización para evitar largas longitudes de conductores con riesgos y pérdidas de energía.

Las baterías se anclan a una base fijada sólidamente a la estructura de la aeronave con un máximo de seguridad para evitar su desprendimiento en caso de aterrizaje forzoso, virajes o vuelo invertido.

Los compartimentos de batería están habitualmente ventilados para drenar los gases y/o el calor producidos durante el funcionamiento normal de la batería. La figura 3.5.17 siguiente muestra sistemas de ventilación que se suelen encontrar en los aviones.

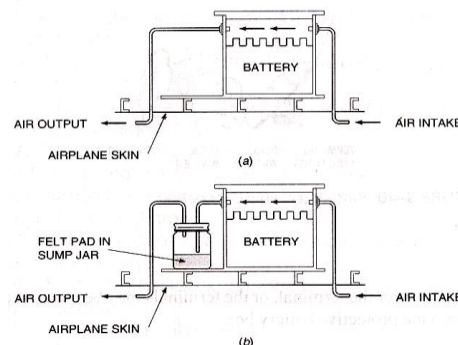


Fig. 3.5.17. Sistemas de ventilación de baterías.

En a) de la figura 3.5.17 se muestra un sistema característico para baterías Ni-Cd. En algunos aviones, el sistema de ventilación viene equipado con una válvula termostática que abre el sistema a la temperatura a la que la batería requiere ventilación.

En antiguos aviones con baterías de plomo se ventilaba el compartimento de batería con un sistema similar al mostrado en b) de la figura 3.5.17. Un recipiente conteniendo una solución de bicarbonato sódico se usaba para neutralizar los gases ácidos de las baterías impidiendo la corrosión de la chapa del avión en la salida del venteo.

5.10.2 Conexión de las baterías.

Ciertas baterías de plomo y las de Ni-Cd se conectan a la aeronave mediante una clavija de desconexión rápida (Quick-disconnect Plug) como la mostrada en la figura 3.5.18.

El conector mostrado consta de dos piezas principales: el terminal que está fijado a la batería o receptor y la clavija a la que se conectan los cables de la batería. La clavija se inserta en el receptor y se aprieta fuertemente con el tornillo central de la clavija. Los contactos se fabrican en cobre plateado y de la sección conveniente para que presenten baja resistencia eléctrica. Tanto las patillas como los receptáculos tienen que ser convenientemente revisados y sustituidos si presentan quemaduras o roturas.

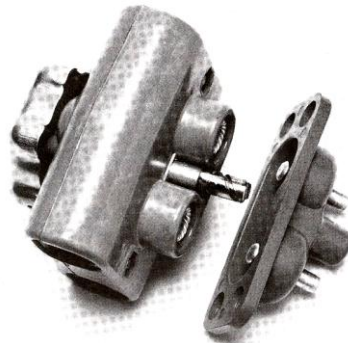


Fig. 3.5.18. Conector de desconexión rápida


Otros terminales son del tipo orejeta, están fabricados en metal duro y se fijan fuertemente al cable de batería generalmente a presión o engarzados. Estos terminales se fijan a los terminales de la batería con arandela plana, arandela de bloqueo y tuerca de mariposa para asegurar firmemente el contacto.

5.11. MANTENIMIENTO DE LAS BATERIAS.

5.11.0. Generalidades.

Una vez al mes o cada 50 horas de vuelo, lo que ocurra antes, se deben inspeccionar las baterías, excepto que los manuales de mantenimiento de la aeronave especifiquen otra cosa.

En general, se deben seguir las especificaciones del fabricante de la batería y el manual de mantenimiento de la aeronave. No obstante, se da, a continuación, una guía con algunas de las operaciones que se pueden efectuar para la comprobación del estado de las baterías.

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

5.11.1. Inspección de las baterías a bordo.

A bordo, efectuar las operaciones siguientes:

1. Verificar la carcasa y el soporte de la batería para roturas y apriete de los tornillos.

2. Si la batería es del tipo cubierto, desmontar la tapa e inspeccionar su interior visualmente.

En las baterías de plomo puede apreciarse la presencia de sulfato de plomo en los terminales. Limpiar con brocha y sosa cáustica y, seguidamente, con agua limpia evitando que la sosa penetre en el interior de la batería pues neutralizaría el ácido sulfúrico y reduciría la capacidad de la batería.

En las baterías de Ni-Cd se puede formar carbonato de potasio, en forma de polvo blanco, sobre las celdas. Limpiarlo cuidadosamente con una brocha no metálica. Si es excesiva cantidad de polvo puede ser necesario desmontar la batería y verificarla en Taller.


3. Inspeccionar si en el sistema de ventilación, si lo hay, circula el aire libremente. Inspeccionar la zona de la aeronave próxima a la descarga de los conductos de aire, puesto que esta zona es susceptible de presentar corrosión y tiene que ser limpiada y neutralizada periódicamente.

4. Inspeccionar las conexiones a los terminales de la batería. Ver si están bien apretados y sin corrosión. Si la batería dispone de una clavija de conexión rápida, desmontarla e inspeccionar los contactos. Si están sucios o con corrosión, limpiarlos bien y poner un poco de lubricante de terminales. Volver a instalar verificando queda bien apretada.

5. Inspeccionar los cables de la batería, verificando que tienen bien el aislamiento y que están bien conectados.

6. Verificar el estado de carga de la batería midiendo el voltaje a circuito cerrado de la batería. Para ello, conectar el sistema de batería de la aeronave y encender alguna de las luces (p.e. las de rodaje y las de aterrizaje) hasta que el amperímetro marque unos 10 A. El voltímetro de abordaje debe marcar de 1,9 a 2,0 V. por celda para las baterías de plomo y de 1,2 V. para las de Níquel-Cadmio.

8. SOLO EN LAS BATERÍAS DE Ni-Cd. Medir, con un miliamperímetro, la intensidad de corriente entre el terminal positivo de la batería y la chapa de la carcasa. Si el miliamperímetro marca más de 100 mA. es preciso desmontar la batería y limpiarla concienzudamente, pues indica una pérdida elevada de corriente eléctrica. (ATENCIÓN: Verificar este dato con el fabricante de la batería).

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

9. SOLO EN LAS BATERÍAS DE PLOMO. Comprobar el nivel del electrolito en la batería. Para ello, quitar el tapón que cubre la celda y verificar que no se ven las placas. Si el electrolito está por debajo de las placas, hay que rellenar con agua destilada hasta que cubra las placas 1 cm. aproximadamente. Hay baterías que tienen un indicador de nivel del electrolito, en cuyo caso se debe rellenar hasta ese nivel.

PRECAUCION

No añadir agua destilada a una batería de Ni-Cd
excepto en los momentos especificados.

No añadir nunca ácido sulfúrico a una batería de
Plomo.

Si se sospecha que el estado de la batería no es satisfactorio, deberá ser desmontada y entregada en taller para su revisión o reparación.

5.11.2. Precauciones para manejo en Taller de las Baterías.

1. Ser precavidos en el manejo de una batería, pues el electrolito es muy corrosivo y puede inflamarse. Usar siempre gafas de seguridad cuando se trabaje con baterías, para prevenir salpicaduras de ácido o de hidróxido a los ojos. Si se produce alguna salpicadura sobre la piel, lavar inmediatamente con agua corriente en fuente lavajos.


2. La sala que se dedique al mantenimiento de las baterías ni-cd debe ser diferente al que se emplee para las de plomo ya que el electrolito de las baterías ni-cd puede neutralizar al de las de plomo y viceversa. Tampoco se deben emplear las mismas herramientas con los dos tipos de baterías.

3. Las salas de carga de baterías tienen que estar equipadas con extractores de aire, la instalación eléctrica tiene que ser antideflagrante y tiene que estar fabricada con material resistente a los ácidos, ya que, durante el proceso de carga, se liberan gases de hidrógeno y oxígeno que forman una mezcla explosiva en presencia de chispas o de llama.

4. Tener apagado el cargador de baterías antes de conectar o desconectar una batería, impidiendo, así, la posibilidad de que se produzca una chispa en el instante de la conexión.

5. Atención a relojes y pulseras que pueden ser buenos conductores de la electricidad y pueden provocar un cortocircuito entre los terminales de los vasos de una batería.

6. Asegurarse de que se han quitado los tapones de las celdas de las baterías para que se liberen los gases producidos por la carga. Limpiarlos adecuadamente antes de volver a montarlos.

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

5.11.3. Inspección de las baterías en Taller.

Como norma fundamental, seguir siempre los procedimientos recomendados por el fabricante de las baterías cuando se tengan que inspeccionar o seguir alguna acción correctora. Se pueden considerar como generales las normas siguientes:

a) Inspección visual de Baterías de Ni-Cd. Verificar que no está sucia ni presenta ninguna rotura externa. Quitar la tapa y verificar que los vasos están limpios y no están dañados. Comprobar si los vasos están correctamente interconectados y que los latiguillos están convenientemente apretados. Verificar si todos los vasos son del mismo tipo y del mismo fabricante. Comprobar si las caperuzas tienen expeditos los orificios de ventilación.

b) Inspección eléctrica de Baterías de Ni-Cd. En las baterías de Ni-Cd es preciso verificar si existe derivación entre las celdas y la carcasa de la batería. Un método sencillo consiste en, utilizando un miliamperímetro analógico de 500mA y un fusible de 0,5 A. conectado en serie con el miliamperímetro, medir la corriente entre la carcasa y el terminal positivo de la batería y entre la carcasa y el terminal negativo de cada vaso. La intensidad de corriente entre vaso y carcasa debe ser inferior a 1 mA por capacidad de la batería, o sea para una batería de 45 A/h, la corriente debe ser inferior a 45 mA. Seguidamente, efectuar las pruebas pertinentes con el Analizador RF80-K.

c) Inspección de Baterías de Plomo. Comprobar el estado general de carcasa, cubierta, conectores, terminales y caperuzas de ventilación. Limpiar y corregir según se necesite. Efectuar una prueba de su carga con el hidrómetro o con el Analizador RF80-K. Si se ve que la batería está descargada, recargarla y repetir la prueba del hidrómetro una vez que la batería se haya estabilizado (aproximadamente 1 hora después de la recarga). Tener presente que, aunque la prueba del hidrómetro es la mejor determinación del estado de la batería, no es fiable si se acaba de añadir agua destilada. La lectura será errónea ya que hay que esperar a que el agua se haya mezclado totalmente con el electrolito.

El hidrómetro, ver figura 3.5.19, consiste en un tubo de cristal con cánula y jeringa tipo bola que permite extraer el electrolito del interior de la batería. En el interior del tubo hay otro pequeño tubo de cristal contrapesado en el extremo que puede flotar en posición vertical. El contrapeso a colocar en el tubo depende de la densidad del líquido a medir. En el caso de las baterías de plomo, la densidad está en el margen de 1,00 a 1,30. La lectura se toma en el tubo del hidrómetro cuando éste está flotando libremente en el electrolito.



Fig. 3.5.19. Hidrómetro

5.11.4. Puesta en servicio de baterías usando el Comprobador RF80-K.

El Analizador – Comprobador de Baterías CHRISTIE RF80-K efectúa una carga y análisis del estado de las baterías de plomo y Ni-Cd de las aeronaves, además de algunas comprobaciones adicionales recomendadas por los fabricantes de baterías de avión. En este apartado se estudiarán los procedimientos para la inspección, carga, análisis y opcionales a desarrollar con este equipo de pruebas. La figura 3.5.20 muestra el panel frontal del RF80-K con sus controles y medidores.

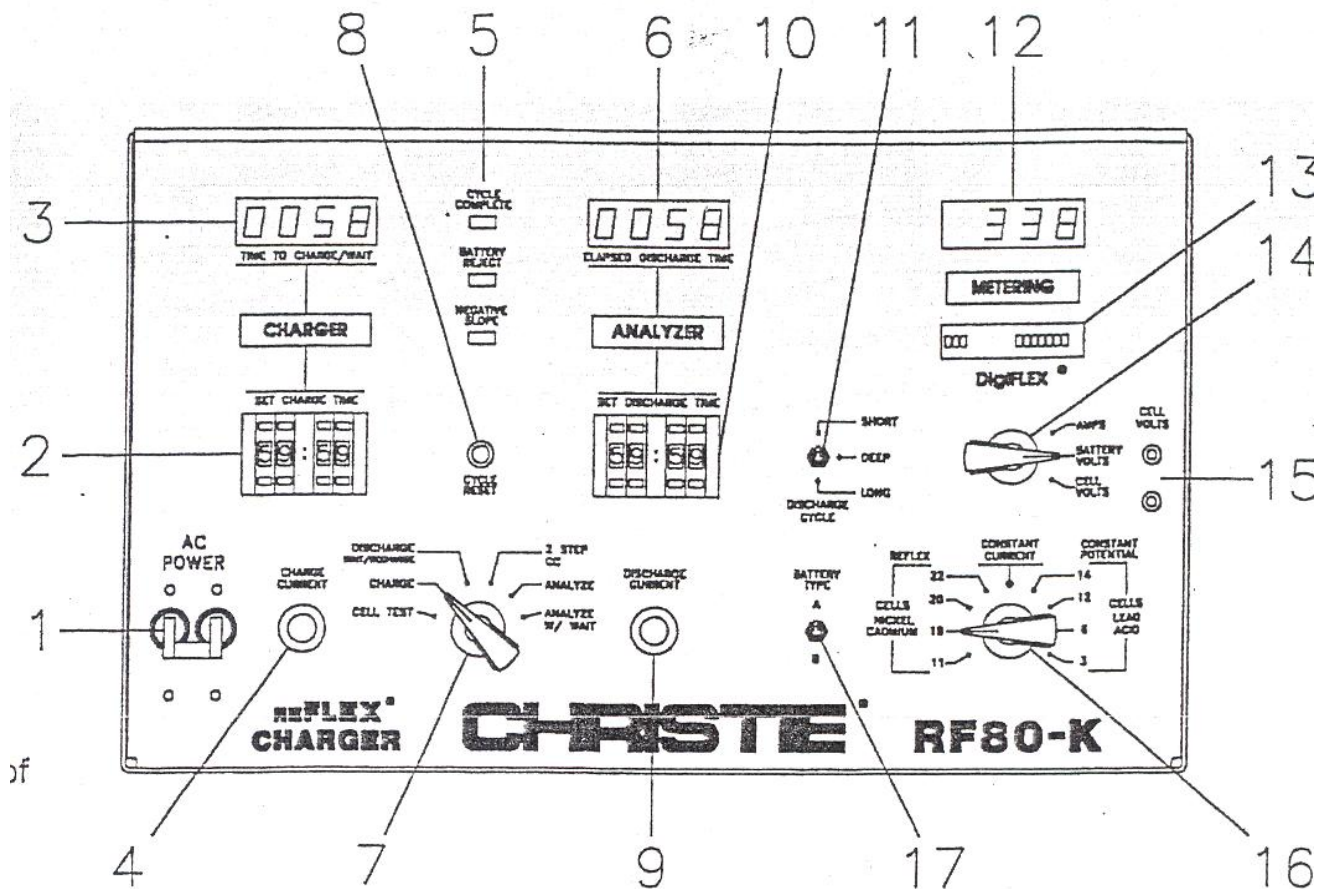


Fig. 3.5.20. Analizador RF80-K. Panel frontal

El panel frontal del RF80-K está dividido en tres grupos: A la izquierda, la sección CHARGER para la recarga de las baterías. En el centro, la sección ANALYZER para el análisis de las baterías. A la derecha, la sección METERING para medida e indicación de las baterías. Entre las secciones de carga y análisis, el selector MODE permite la selección del modo de trabajo. Bajo el sector de medida, el selector de modo de carga elige el procedimiento para el mantenimiento de la batería.

Tabla 5.3. Controles e Indicadores del Analizador RF80-K		
Nº	NOMBRE	PROPÓSITO
1	Interruptor AC POWER	Conecta-desconecta la energía de CA primaria al Analizador.
Sección CARGADOR		
2	SET CHARGE TIME	Establece el tiempo de carga, ajustable hasta 59 horas, 59 minutos.
3	TIME TO CHARGE / WAIT	Muestra el tiempo que falta para el fin de la carga / espera.
4	Ajuste CHARGE CURRENT	Ajusta, tras encender el equipo, la corriente de carga al valor deseado y presentado en el medidor 12. Límites de la corriente de carga: REFLEX : 2 – 80 ADC ajustable CC : 1 – 65 ADC ajustable CP : 1 – 65 ADC ajustable
Sección ANALIZADOR		
5	Indicadores CYCLE COMPLETE (verde) BATTERY REJECT (rojo) NEGATIVE SLOPE (amarillo)	Verde. Ciclo completado. Batería Aceptada. Rojo. Batería rechazada. Amarillo. Sensor pendiente negativa. Posible calentamiento de la batería.
6	ELAPSED DISCHARGE TIME	Presenta el tiempo de descarga transcurrido.
7	Selector de modo	Selecciona la operación a efectuar por el Analizador en la Batería.
8	Pulsador CYCLE RESET	Reinicia automáticamente el funcionamiento del analizador en el modo seleccionado.


Tabla 5.3. Controles e Indicadores del Analizador RF80-K (Cont.)

Nº	NOMBRE	PROPÓSITO
Sección		MEDIDOR
9	Ajuste DISCHARGE CURRENT	Ajusta, tras encender el equipo, la corriente de descarga al valor deseado y presentado en el medidor 12. Límites corriente descarga: 0,2 – 50 ADC ajustable
10	SET DISCHARGE TIME	Establece el tiempo de descarga, ajustable hasta 59 horas, 59 minutos.
11	Selector DISCHARGE CYCLE	Selecciona las opciones de descarga SHORT, LONG o DEEP, con las especificaciones: * SHORT (Corta). * LONG (larga). * DEEP (profunda).
12	Display del Medidor	Presenta el voltaje o de la Batería o el voltaje de las celdas o las corrientes de Carga o de Descarga.
13	Indicador DigiFLEX ^R	Presentación en forma de barras el estado de carga y temperatura de la batería cuando se ha seleccionado la carga en modo REFLEX.
14	Selector del Medidor 12	Selecciona la lectura del medidor 12: A – BATTERY VOLTS – CELL VOLTS.
15	Jacks CELL VOLTS	Jacks donde insertar las puntas de prueba para medida de voltaje de las celdas una por una.

Tabla 5.3. Controles e Indicadores del Analizador RF80-K (Cont.)		
Nº	NOMBRE	PROPÓSITO
Sección MEDIDOR (Cont.)		
16	Selector de Método de Carga	Selecciona tanto el tipo de carga a efectuar como el número de vasos de la batería: REFLEX (CELLS NICKEL CADMIUM – 11 – 19 – 20 – 22) / CONSTANT CURRENT / CONSTANT POTENTIAL (CELLS LEAD ACID – 3 – 6 – 12 – 14)
17	Conmutador BATTERY TYPE (solo para Ni-Cd)	Selecciona el tipo de batería conectada bajo prueba: A – Celdas de baja impedancia. B – Celdas de impedancia media.

La tabla 5.4 muestra los tipos de baterías que se pueden revisar con este analizador y las pruebas que se pueden hacer a cada tipo de batería.

Tabla 5.4. Baterías revisables y métodos utilizables con analizador RF80-K	
Batería tipo	Métodos
Baterías Ni-Cd de 11, 19, 20 y 22 celdas tipo ventiladas. Celdas de Ni-Cd independientes (hasta 24 unidades)	ANALYZE (REFLEX): Análisis tipo Reflex con Carga – Descarga – Recarga ANALYZE W/WAIT (REFLEX): Análisis tipo Reflex con Carga – Descarga – Espera – Recarga . CHARGE (REFLEX): Sólo Carga Reflex. DISCHARGE: Sólo Descarga. DISCHARGE / WAIT / RECHARGE (REFLEX) 2 STEP CC : Carga a corriente constante en dos etapas CONSTANT CURRENT : Carga a corriente constante.
Baterías de Plomo de 3, 6, 12 y 24 celdas, herméticas ó ventiladas.	ANALYZE (CONSTANT POTENTIAL): Análisis con Carga – Descarga – Recarga a voltaje constante. ANALYZE W/WAIT (CONSTANT POTENTIAL): Análisis con Carga – Descarga – Espera – Recarga a voltaje constante. CHARGE (CONSTANT POTENTIAL) : Sólo Carga a voltaje constante. DISCHARGE: Sólo Descarga. DISCHARGE / WAIT / RECHARGE (CONSTANT POTENTIAL) 2 STEP CC : Carga a corriente constante en dos etapas CONSTANT CURRENT : Carga a corriente constante.

	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

5.11.5. Puesta en servicio de una batería de plomo nueva.

La norma principal a seguir cuando se vaya a poner en servicio una batería nueva, es seguir escrupulosamente las instrucciones del fabricante.

Generalmente, cuando se fabrica una batería de plomo, es normal que permanezca almacenada bastante tiempo. Por ello, las placas se montan cargadas en seco y las celdas no se rellenan de electrolito. Lo habitual es que el fabricante suministre la batería seca y el electrolito ya formado, con la adecuada proporción de agua destilada y ácido sulfúrico.

PRECAUCION

Si el electrolito no se recibe formado, verter siempre el ácido sobre agua, **NUNCA AGUA SOBRE ACIDO**

El proceso de formación de la batería consiste en rellenar esa batería de electrolito hasta el nivel marcado en la batería. Seguidamente es recomendable dar una carga lenta a la batería. El régimen de carga depende de la capacidad y del tipo de batería de que se trate. Esta información debe estar incluida en las instrucciones del fabricante.

5.11.6. Espuma en el electrolito de las baterías de Ni-Cd.

Durante el proceso de carga se puede apreciar la presencia de espuma en el electrolito, lo que puede ser normal, sobre todo si se ha añadido agua recientemente. Esto disminuirá más tarde y no significa que la celda esté defectuosa. Sin embargo, si se sigue produciendo espuma y continuas salpicaduras del electrolito, la celda puede estar contaminada con algún material inadecuado. En este caso, la celda debe ser sustituida.

5.11.7. Almacenamiento de las baterías.

A diferencia de las baterías de plomo, las baterías ni-cd se pueden almacenar cargadas o descargadas sin que sufra su estado durante 6 meses, supuesto que la batería se almacena perfectamente limpia.

Si la batería se va a almacenar durante un largo periodo de tiempo, es recomendable se almacene completamente descargada. En el almacén, es conveniente que la batería tenga cortocircuitados los terminales positivo y negativo de cada celda, para impedir desequilibrios entre celdas, y debe ser impregnada de grasa no conductora para evitar la corrosión.


	MASTER DE FORMACIÓN B1.1 y B1.3 MÓDULO 3 FUNDAMENTOS DE ELECTRICIDAD	Edición: 3 Revisión: 9 Fecha: 31/07/2017
---	---	--

TABLA 5.6 COMPARATIVO ENTRE BATERÍAS Pb Y BATERIAS Ni-Cd

BATERIA Pb	BATERIA Ni – CD
El material activo de las placas cambia de estado físico en cada ciclo de carga y descarga deteriorándose con cierta rapidez. Menor vida.	El material activo de las placas solo cambia en su estado de oxidación, permitiendo numerosos ciclos de carga y descarga, incluso con altas intensidades de descarga, sin gran deterioro. Mayor vida.
Durante la descarga el ácido sulfúrico del electrolito reacciona con las placas formando sulfatos y la concentración del electrolito disminuye hasta la unidad. La medida con el densímetro muestra el estado de la batería. Por debajo de 0°C el ácido aumenta su viscosidad reduciéndose notablemente la capacidad de la batería.	Durante la descarga el hidróxido potásico del electrolito recibe y entrega iones hidróxido por lo que la concentración del electrolito no se altera. La medida con el densímetro no indica el estado de la batería. La temperatura no afecta al electrolito.
Conjunto hermético, no accesible. Un vaso dañado exige la sustitución de la batería.	Conjunto formado por 19 o 20 vasos intercambiables. Un vaso dañado es sustituido por uno bueno y la batería sigue en servicio.
Se debe recargar con el método de tensión constante. Puede continuar el proceso de carga estando ya cargada, sin riesgo de sobrecarga, aunque se debe vigilar que el voltaje de cada vaso no supere los 2,4 V. Se puede añadir agua destilada después de la recarga.	Se debe recargar con el método de corriente constante, o método Reflex. Se puede sobrecargar y dañar la batería si se prolonga la carga más del tiempo necesario produciendo “inestabilidad térmica”, THERMAL RUNAWAY. Se puede añadir agua destilada durante la recarga, según los fabricantes.
El voltaje decrece casi linealmente con el estado de carga de la batería.	El voltaje permanece constante hasta que está casi descargada, en cuyo momento cae bruscamente.
No se almacenan cargadas.	Se pueden almacenar cargadas por 6 meses. Para periodos de tiempo mayores, descargar a 0 V y puentear los terminales de los vasos y proteger contra corrosión.
Voltaje de, aproximadamente, 2 V. por vaso a plena carga.	Voltaje de, aproximadamente, 1,3 V. por vaso a plena carga.

5.12. FABRICACION, MATERIALES Y FUNCIONAMIENTO DE LOS TERMOPARES.

5.12.1. Funcionamiento de los termopares.

Según se vio en el apartado 3.4, cuando dos metales diferentes, como el antimonio y el bismuto, se unen y se les somete a diferentes temperaturas pueden producir un voltaje. Este conjunto de un par de metales capaces de transformar directamente el calor en corriente eléctrica se conoce con el nombre de termopar y producen voltaje debido al efecto termoeléctrico, producido por la estructura atómica de los metales empleados. El bismuto libera menos electrones que el antimonio.

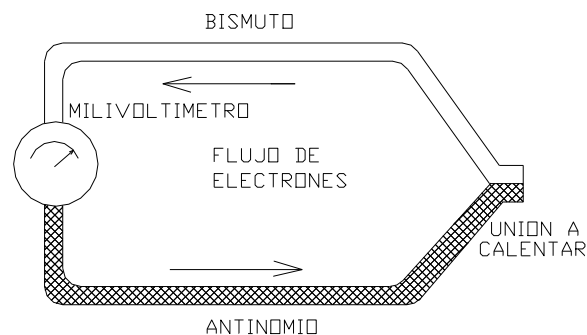


Fig. 3.5.21. Principio de funcionamiento del termopar

Si, tal como se muestra en la figura 3.5.21 anterior, se unen esos dos metales en sus dos extremos, hay un momentáneo flujo de electrones desde el antimonio al bismuto. No obstante, si las dos uniones están a la misma temperatura, el flujo de electrones cesará. Pero, si se calienta la unión y en la otra parte se coloca un medidor suficientemente sensible, como un milivoltímetro, se apreciará la presencia de un flujo de electrones debido a la diferencia de potencial existente entre la unión caliente y la unión fría. La emf en la unión caliente es mayor que la emf en la unión fría. Como la diferencia de potencial existente entre las uniones de los dos metales es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre esas uniones, este efecto se utiliza para medir temperaturas comparativamente altas, como la temperatura de los cilindros de un motor o el escape de gases en un reactor.

5.12.2 Materiales usados en los termopares.

Los materiales usados para fabricar los termopares existentes en el mercado son los listados en la tabla siguiente:

Tabla 5.7. Materiales de los termopares

TIPO	MATERIAL	POLARIDAD	DESIGNACION	
	+	-	IEC, ISA,ANSI	DIN
T	cobre / cuproníquel		cobre – constantan	Cu – Cu Ni
J	hierro / cuproníquel		hierro – constantan	Fe – Cu Ni
E	níquel-cromo / cuproníquel		chromel –constantan	
K	níquel-cromo/níquel-aluminio		chromel – alumel	Ni Cr–Ni Al
R	platino rhodio 13% / platino		Pt 13 Rh / Pt	
S	platino rhodio 6 % / platino		Pt 13 Rh / Pt	Pt 13 Rh / Pt
B	platino rh 30% / platino rh 6%		Pt 30 Rh – Pt 6 Rh	

Las razones para la elección de estos materiales para la fabricación de los termopares son las siguientes:

1. Resisten las temperaturas extremas que deben medir, sin deterioro significativo durante un largo periodo de tiempo.
2. Por cada grado de variación en la temperatura la f.e.m. generada es suficiente para ser detectada por el instrumento.
3. La relación entre la variación de la f.e.m. y de la temperatura es la misma en todo el margen de actuación del termopar.
4. Los materiales son homogéneos, fácil normalización, sin necesidad de recalibración del instrumento de medida en cada sustitución de un termopar.

Para la elección del termopar más adecuado, que depende fundamentalmente de su temperatura de utilización, se da la tabla siguiente.

Tabla 5.8. Características de los termopares

TIPO	INTERVALO DE MEDIDA	F.E.M. mV/°C	LIMITES DE ERROR DEL TERMOPAR		CABLE DE EXTENSION		
			REGULAR	PREMIUM	TEMP.	LIMITES DE ERROR	
						REGULAR	PREMIUM
Tipo T (Cobre-Constant)	-185 °C a -60 °C	0,052	± 2 %	± 1 %	-60 °C a +95 °C	±0,8 °C	
	-60 °C a +95 °C		±0,8%	±0,4%			
	95 °C a 370 °C		±0,75%	±0,37%			
Tipo J (Hierro-constant)	0 °C a 425 °C	0,055	±2,2 °C	±1,1 °C	0 °C a 200 °C	±2,2 °C	±1,1 °C
	425 °C a 750 °C		±0,5 °C	±0,3 °C			
	0 °C a 300 °C						
	300 °C a 550 °C						
Tipo K (Cromel-Alumel)	0 °C a 400 °C	0,04	±3 °C		0 °C a 200 °C		±3 °C
	400 °C y superior		±0,75 °C				
Hilo de extensión (Cobre-constant)					0 °C a 200 °C	±5 °C	
Tipo R (Pt / Rh13 - Pt)	0 °C a 1.100 °C	0,012	±1 °C		25 °C a 200 °C	±6 °C o ±5 °C	
	1.100°C a 1.400°C		±2 °C				
	1.400°C a 1600°C		±3 °C				
Tipo S (Pt / Rh10 - Pt)	0 °C a 1.100 °C	0,010	±1 °C		25 °C a 200 °C	±6 °C o ±5 °C	
	1.100°C a 1.400°C		±2 °C				
	1.400°C a 1600°C		±3 °C				

5.12.3. Fabricación de los termopares.

Si algo caracteriza a un termopar respecto de otros elementos de medición de temperatura es la sencillez de su composición.

Las tres partes fundamentales que componen un termopar son:

- Los hilos termopares unidos mediante soldadura caliente realizada normalmente por fusión.
- La protección de los hilos termopares.
- El elemento o parte de conexión.

La figura 3.5.22 siguiente muestra dos tipos de termopares con sus tres componentes.

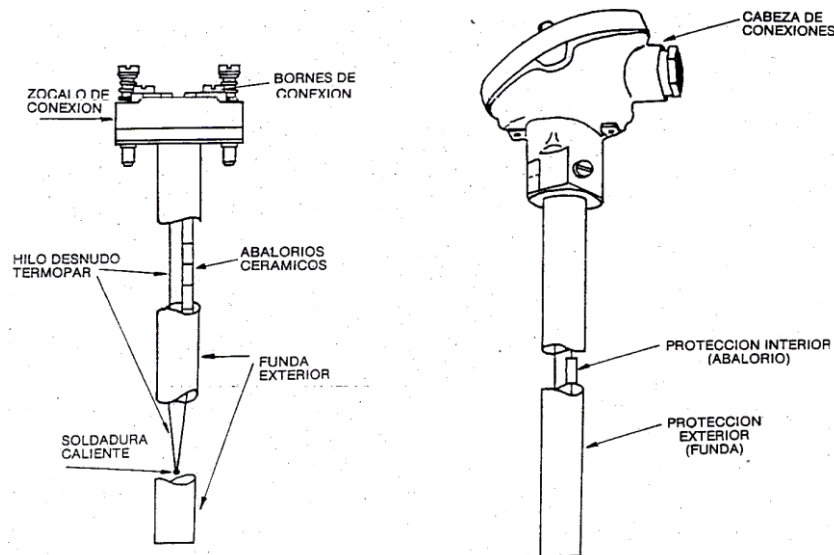


Fig. 3.5.22. Partes de un termopar standard

Uno de los termopares que se fabrican habitualmente son los termopares encamisados o de aislamiento mineral, que consisten en el aislamiento de los dos hilos y los del termopar con Oxido de Magnesio altamente compactado y metidos dentro de una delgada funda de metal, como se muestra en la figura 3.5.23

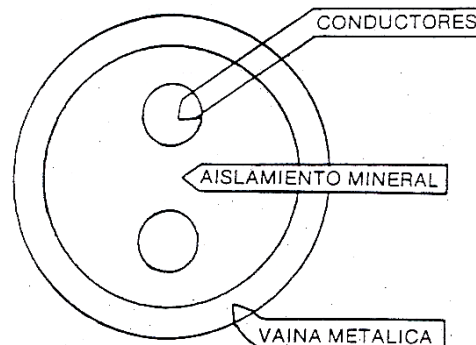


Fig. 3.5.23. Termopar encamisado

Finalmente, otro detalle importante a considerar en los termopares encamisados son los acabados de los cables de conexión o extensión y las terminaciones para conexión del termopar al sistema de medida.

Como se ha dicho anteriormente, es muy importante la estanqueidad del óxido de magnesio, que se puede conseguir con Araldit, con limitación de 80°C, con cera o con una funda termorretráctil.

5.13. FUNCIONAMIENTO DE CELULAS FOTOELECTRICAS.

Ciertos metales alcalinos (cesio, potasio), conocidos como células fotosensitivas, tienen la propiedad de liberar electrones cuando sobre ellos incide un rayo de luz. Una unión PN (o unión de dos materiales semiconductores dopados con exceso de protones o de electrones respectivamente), cuando recibe luz en las proximidades de la unión de los materiales, provoca también la generación de electrones. Los dos métodos usados para concentrar la luz en las proximidades de la unión se muestran en la figura 3.5.24 siguiente:

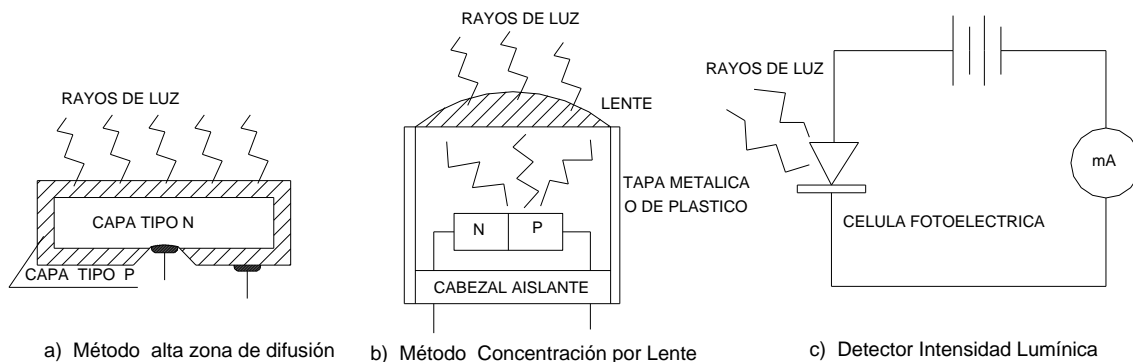


Fig. 3.5.24. Células fotoeléctricas

En a) se hace que la superficie de la unión sea muy grande para facilitar la difusión de los electrones entre material P y N. Una célula de este tipo puede proporcionar un voltaje a circuito abierto de 0,5 V. y puede desarrollar una intensidad de corriente de 25 mA cuando se expone a la luz solar.

En b) se usa una lente para concentrar la luz solar en las proximidades de la unión.

Otras sustancias (selenio, sulfato de cadmio), conocidas como células fotorresistentes o fotorresistencias, presentan la propiedad de acusar una variación en su resistencia eléctrica o resistencia óhmica cuando incide la luz sobre ellas. En este caso, si se introducen en un circuito, como el mostrado en la figura 5.26c) anterior, alimentado por una batería, la corriente que circule por el circuito será una función de la intensidad de luz que incida sobre la célula. Una célula de este tipo puede producir una corriente de 0,3 mA si está alimentada por una pila de 30 VDC. La relación de resistencia entre “oscuro” y “luz” puede ser mayor de 100 a 1, por lo que las hace muy útiles en circuitos para apertura o cierre de puertas.