

Muy buen día tengan todos...



Serie de Charlas: “Hablemos de Baterías”

Amado Rodríguez Castrillo



Instituto Costarricense
De Electricidad I.C.E.



Tel: (506) 2000-9605



@mail:
amrodriguez@ice.go.cr



<https://www.linkedin.com/in/amado-rodriguez-313266b3/>

Experiencia

- Encargado de Montaje Eléctrico de la Planta Geotérmica Miravalles •
- Coordinador de sistemas de control y protecciones de Subestaciones de Transmisión
- Coordinador de Unidad de Verificación metrológica del Centro Nacional de Control de Energía • I.C.E.
- Área de Gestión Integral de Pérdidas de la red de distribución • I.C.E.

Especialista en sistemas de control y protección de sistemas eléctricos de Potencia desde 1992, 28 años de experiencia en labores de diseño, puesta en marcha y mantenimiento de sistemas de potencia en las redes de generación, distribución y transmisión. Encargado de sistemas de Corriente Directa de sistemas auxiliares de sistemas de potencia por más de 20 años.

Formación

Grado académico : Licenciatura en Ingeniería Eléctrica

Grado adicional: Maestría en Administración de Proyectos (MAP)

Liderazgo

Presidente del Sub-Comité Nacional de Vocabulario Eléctrico en Instituto de Normas técnicas de Costa Rica INTECO.

Miembro de Sub-Comité Nacional de Metrología eléctrica en Instituto de Normas técnicas de Costa Rica INTECO.

Instructor en temas de Control, Protecciones Eléctricas y Corriente Directa en el Instituto Costarricense de Electricidad

Profesor Universitario del curso de Diseño de Subestaciones Eléctricas por 12 períodos.

HABLEMOS DE BATERÍAS

- CHARLA 1: Principios Básicos de Acumuladores de Energía
- **CHARLA 2: BATERÍAS DE PLOMO Y BATERÍAS DE NIQUEL CADMIO**
- CHARLA 3: Baterías de Litio y nuevas tecnologías
- CHARLA 4: Cargadores de Baterías y nuevas aplicaciones

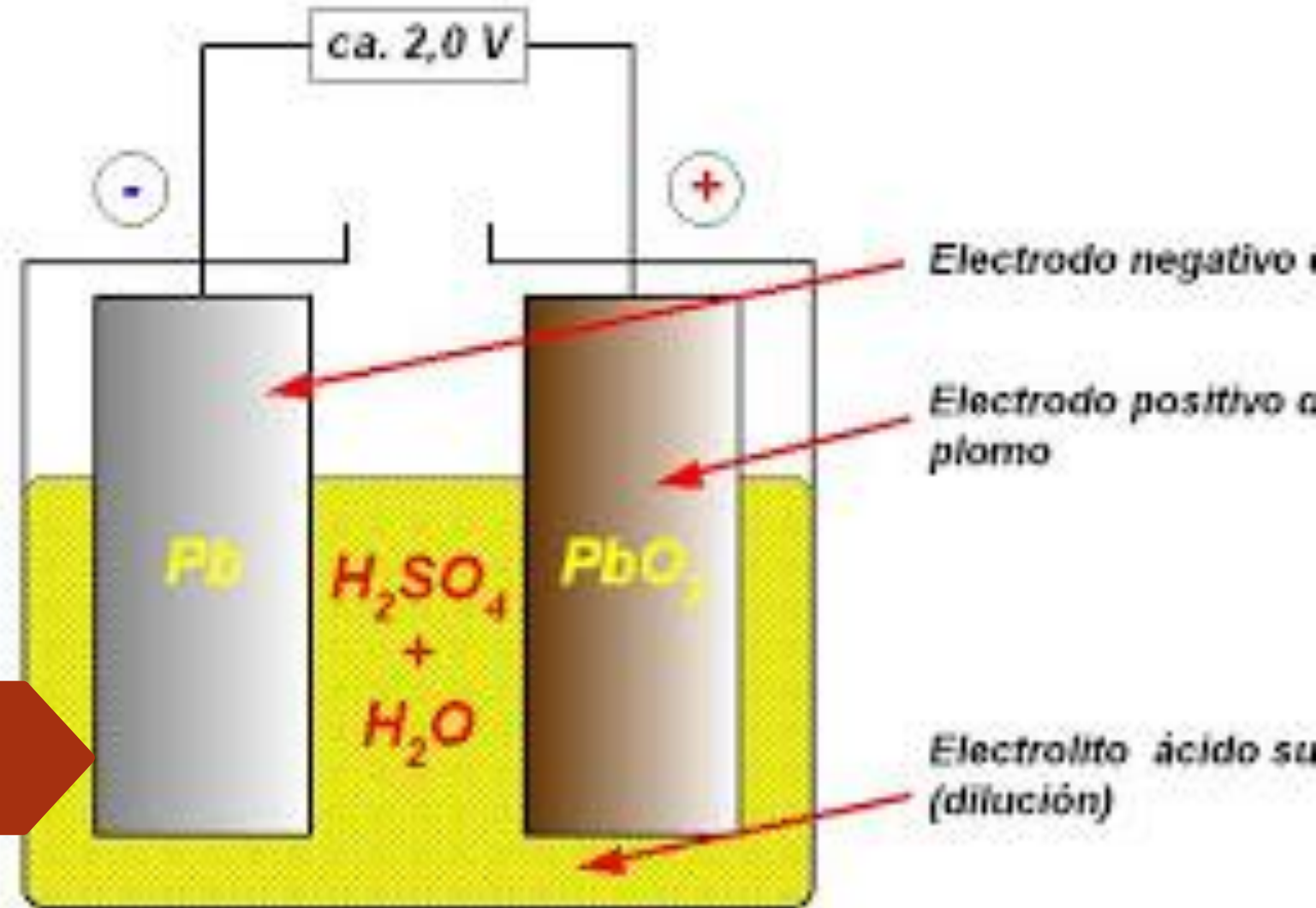




BATERÍAS DE PLOMO Y BATERÍAS DE NIQUEL - CADMIO

MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE BATERÍAS
EN APLICACIONES DE SISTEMAS DE POTENCIA.

BATERIAS DE PLOMO- ACIDO





GENERALIDADES DE BATERIAS DE PLOMO-ACIDO

- El desarrollo de la tecnología de baterías de plomo se da por el año de 1860, con la presentación de un diseño con razonable aplicabilidad presentado por Gastón Planté
- Las baterías de plomo pueden construirse en sistemas individuales por celda o por baterías Monobloque integradas por múltiples celdas
- Cada celda tiene un voltaje nominal de alrededor de 2 Voltios y las baterías de monobloque se pueden conseguir en recipientes de 6 voltios y 12 voltios. Estas baterías se construyen para aplicaciones de fuerza motriz o aplicaciones estacionarias
- Las baterías se fabrican con electrolito líquido o empastado o gel

Composición básica de la celda

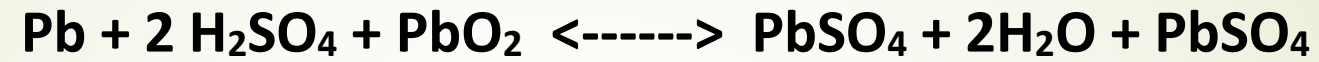
Los elementos básicos que constituyen una celda de una batería de plomo ácido son

- 1- Placa de terminal positivo
- 2- Placa de Terminal negativo
- 3- Postes de conexión
- 4- Electrolito de ácido diluido
- 5- Recipiente contenedor (PVC o Policarbonato)



Figura 10 “Celda de plomo”

REACCION QUIMICA



← Carga
Descarga →

Eq. 6 "Reacción química de Baterías de plomo"

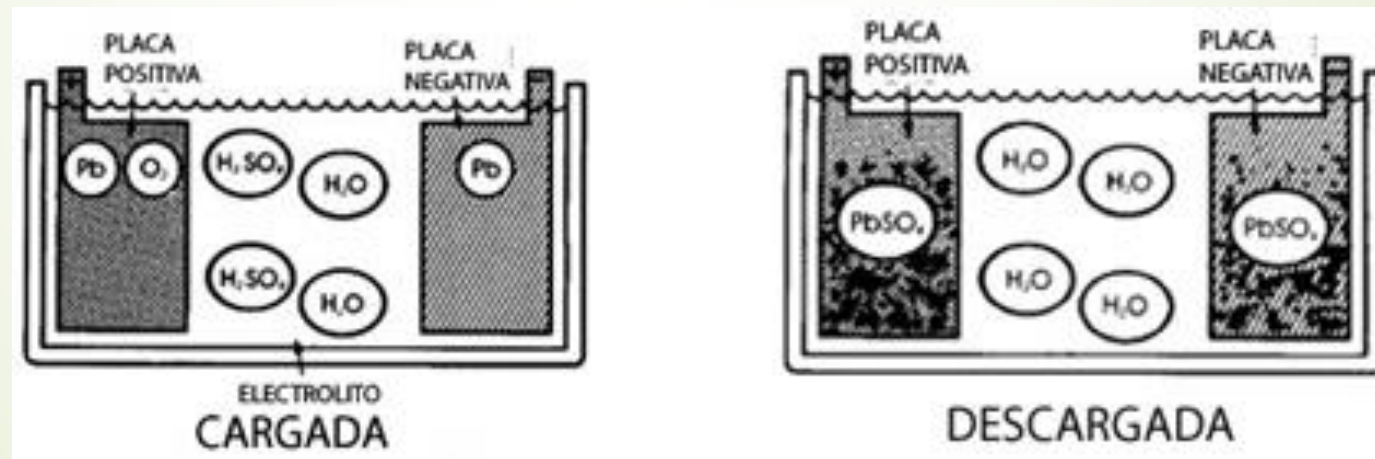


Figura 11 "Reacción química de batería de plomo"

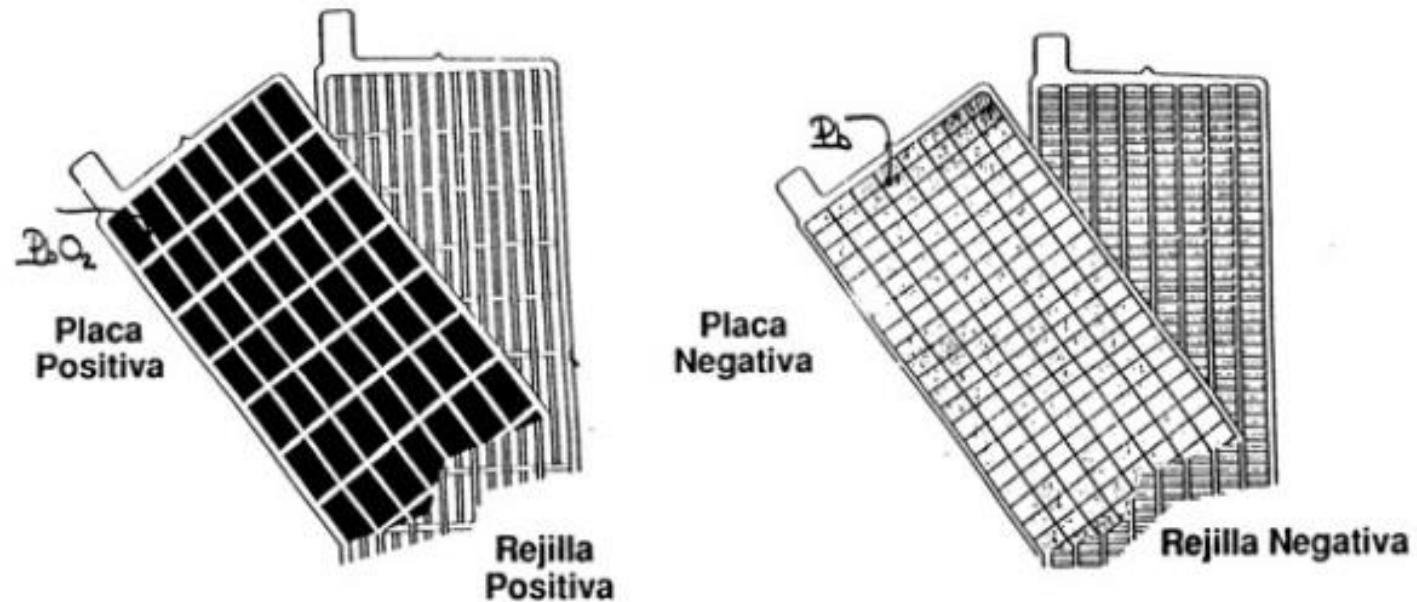
ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN LA REACCION

Material Placa Positiva	Electrolito	Material de Placa Negativa	
Dioxido de Plomo PbO_2 239 g	Ácido Sulfúrico Diluido $2 H_2SO_4$ 196 g	Plomo Pb 207 g	Batería Cargada
PbO_2 239 g SO_2 64 g $2 H_2O$ 36 g SO_4 96 g Pb 207 g			Voltaje nominal = 2 V Voltaje de reposo = 0.84V + Densidad(Kg/l)
Sulfato de Plomo $PbSO_4$ 303 g	Agua $2 H_2O$ 36 g	Sulfato de Plomo $PbSO_4$ 303 g	Batería Descargada
			Masa Total descargada = 642 g

PLACAS POSITIVA Y NEGATIVA

Construcción de la celda de la Batería

Construcción Típica de una Celda de Placa Plana



ESTRUCTURAS DE PLACAS

- Es la estructura que soporta los materiales constituyentes de las placas negativas y positivas, se construyen según sea la celda para baja o alta corriente, para bajo o alto mantenimiento, todo esto dependiendo de la forma y materiales con los que se produce esta estructura base
- En general la estructura base es construida de plomo duro. Debido a la necesidad de dotar de cierta resistencia mecánica estas estructuras, la base de la estructura no suele ser de plomo puro, sino que suele dopar con algunos elementos que además de darle características mecánicas más apropiadas, disminuyen los fenómenos de corrientes de fuga y autodescarga de la batería
- El material base de la rejilla que soporta las estructuras de la placa negativa y positiva se suele combinar con otros elementos tales como:
 - Antimonio (PbSb) → Mayor corriente de fuga, mayor mantenimiento
 - Calcio (PbCa)
 - Selenio (PbSe)
 - Calcio – Estaño (PbCaSn)
 - Calcio - Estaño –Plata (PbCaSnAg) → Menor corriente de fuga, menor mantenimiento

GEOMETRIA DE PLACAS

- **Placa de rejilla:** La placa en forma de rejilla es bastante común, pues permite obtener corrientes de salida y de carga en valores desde bajos a valores altos según las dimensiones que se otorguen a los marcos de las rejillas. El efecto de corrientes de fuga y pérdida de agua es moderado a largo plazo.
- **Placa Plana (Planté):** Esta es una placa plana recubierta de plomo y óxidos de plomo diseñada para altos niveles de corriente, es un modelo que, aunque no es muy eficiente tiene propiedades que lo hacen ser una opción principalmente en aplicación de fuerza motriz, donde se requieren altas corrientes en tiempos cortos.
- **Placa tipo Tubular:** En algunos sitios se le llama placa acorazada, presenta excelentes cualidades para aplicaciones estacionarias que requieren tiempos largos de respaldo con corrientes bajas y medias de trabajo, además que permiten una mayor cantidad de ciclos de uso en volúmenes más pequeños. Esta placa es denominada **OPzS**. Este tipo de placa es muy utilizable en sistemas de control, subestaciones, plantas solares, plantas eólicas o sistemas de recolección de energía de forma lenta (más de 5 horas)



Placa positiva

- Esta placa se construye de forma similar a la placa negativa, sobre una estructura de plomo “duro”, ya sea Pb-Sb, Pb-Ca, Pb-Sn o cualquiera de las demás aleaciones, previamente citadas
- A esta estructura se la recubre con óxido de plomo (PbO_2) generalmente en laminaciones delgadas de hasta unas décimas de milímetro
- Si la placa positiva es plana, la batería tomará el nombre dado por el fabricante para esta serie, ya sea GroE, OGi o cualquier otra designación dada. Si es de tipo tubular, la batería será de tipo tubular y tomará el nombre dado por el fabricante para esta serie, generalmente incluyen las siglas OPzS para designar baterías de placa positiva tubular.

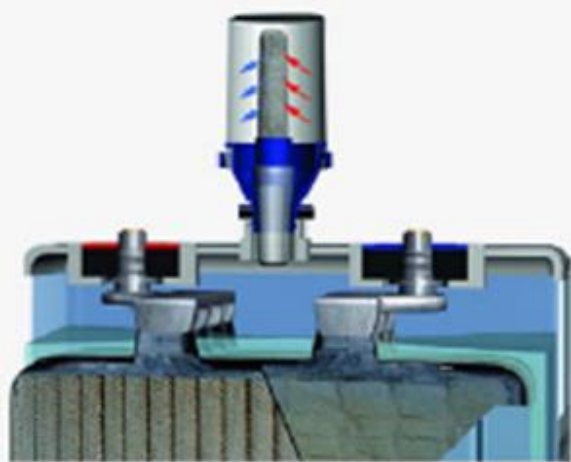
BATERIAS SEGÚN SU USO Y MANTENIMIENTO

- no hay almuerzo gratis , como se dice popularmente y la disminución en los costos de mantenimiento, tiene su contraparte en otras propiedades de las baterías.
- **Baterías ventiladas:** Estas baterías poseen una apertura por la que se realiza el relleno de agua en la celda, agua que se pierde durante los procesos de carga y descarga y por evaporación simple. Las baterías ventiladas suelen ser las más baratas pero poseen mayor tolerancia a las condiciones de trabajo y al ambiente, a merced que se debe monitorear su estado y realizar la reposición de agua cuando esto lo amerite.



ING. AMADO RODRIGUEZ CASTRILLO





BATERIAS SEGÚN SU USO Y MANTENIMIENTO

- **Batería Ventilada de bajo mantenimiento:** esta batería es prácticamente igual a la anterior, pero en lugar de un tapón de acceso, suele tener un dispositivo que recupera casi todo el vapor de agua que se escapa de la celda, lo recombina y lo reinyecta a la celda
- Estos dispositivos suelen ser tapones con una cavidad laberíntica que condensa y recombina la mayoría de los gases emitidos para obtener agua. El agua perdida, para recuperarla. Este tipo de baterías pueden extender los períodos de relleno hasta 5 años inclusive

BATERIAS SEGÚN SU USO Y MANTENIMIENTO

- **Baterías Libres de mantenimiento:** Estas baterías poseen una válvula que minimiza la pérdida de gases hacia el exterior e imposibilitan la entrada de aire desde afuera hacia la celda
- Sin embargo, moléculas ligeras y pequeñas como la del Hidrógeno disociado (H_2) podrían, y de hecho así sucede, escaparse del contenedor.
- no requieren relleno o reposición de agua pues el electrolito está basado en una mezcla en gel o algún tipo de material de fibra absorbente, por lo que se suele decir que son libres de mantenimiento



INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE BATERIAS DE PLOMO-ACIDO

Una perspectiva basada en la
normativa IEEE.



Normativa aplicable

- La norma de la IEEE para la instalación de bancos de batería es la llamada IEEE-484-2002 para baterías ventiladas o abiertas y la IEEE-1187-2013 para la instalación de baterías selladas.
- Para mantenimiento y tratamiento a lo largo de la vida útil de la batería rigen las normas IEEE-450-2010 para baterías abiertas y IEEE-1188-2005 para baterías selladas.



CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

- La norma recomienda los siguientes equipos de seguridad:
 - Anteojos de seguridad o careta transparente
 - Guantes para resistentes a los ácidos
 - Delantal de cuero o neopreno
 - Cobertores para los zapatos
- Sistema portátil o la facilidad de agua para enjuagues, lavado de ojos y piel en caso de derrame o contacto con el electrolito.
- Bicarbonato de sodio ($\text{Na}(\text{CO}_3)_2$) en cantidades de 0.1 kg/L de mezcla de agua para neutralizar. Esto es más o menos una libra de bicarbonato por galón de agua. La aplicación de esta mezcla a derrames de ácido sulfúrico produce $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaCO}_3 = \text{NaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ que como derivados tienen al CO_2 y al Sulfato de Sodio..
- Extinguidor clase C.



HERRAMIENTAS ADECUADAS



- Dispositivos de levantamiento para manipular las celdas, la estructura, los contenedores de ácido y los de agua y cualquier otro accesorio o herramienta pesada

EL RECINTO DE BATERIAS O CUARTO DE BATERÍAS

- El espacio donde se albergan las baterías debe ser suficiente para el uso actual y las proyecciones posibles a futuro. Esto incluye no solo aspectos de espacio en cuanto al área sino también el peso y la capacidad del piso o los soportes.
- Evitar ambientes con vibraciones fuertes
- Ventilación Natural y Forzada
- Capacidad de soportar derrames , con drenajes y pisos resistentes de cemento,
- Libre de fuentes de chispa
- Doble acceso por seguridad
- Ducha lavaojos y pileta para lavado



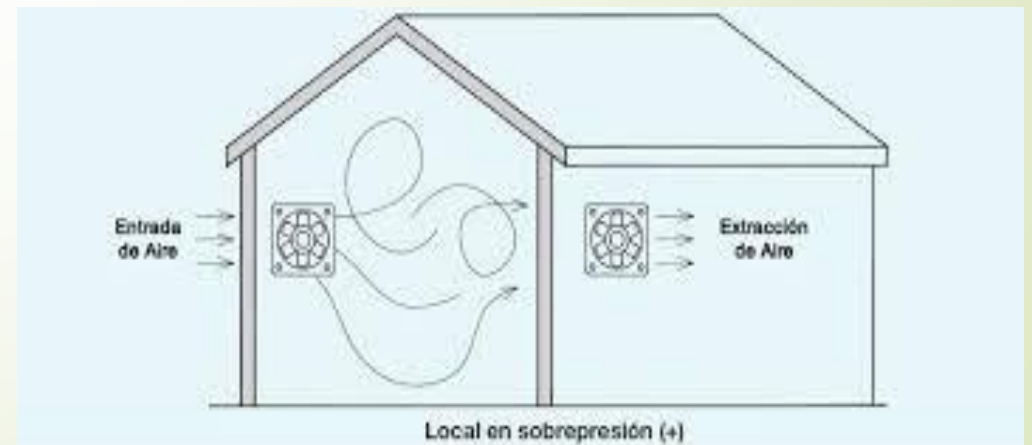
SISTEMA DE VENTILACION

- Debido a que durante el proceso de carga y descarga de las baterías existe una producción de Hidrógeno y oxígeno desasociados. El alto nivel de inflamabilidad que posee el Hidrógeno requieren evitar en todo momento la formación de concentraciones que alcancen el nivel de riesgo de llama o de explosión



SISTEMA DE VENTILACION...

- El alto nivel de inflamabilidad que posee el Hidrógeno requieren evitar en todo momento la formación de concentraciones que alcancen el nivel de riesgo de llama o de explosión. Se dice que los niveles aceptados son de 4% por volumen en el ambiente. De este modo la recomendación es tener sistemas de alarma y detección a partir de al menos el 2% y si es posible una pre alarma al 1% de H₂ por volumen
- . Debido a la poca densidad del H₂ , este tiende a ubicarse en la parte alta del recinto, sin embargo se corre el riesgo de tener acumulaciones puntuales de H₂



SISTEMA DE VENTILACION...

- la producción de H₂ es de $1.27 * 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$ por amperio por celda. La práctica recomienda utilizar sistemas de ventilación, natural o forzado que garanticen una evacuación de aire suficiente para no llegar a densidades de acumulación peligrosas (no mayor al 2%)

$$Q = 55 * N * I \quad (\text{lt/h}) \rightarrow Q = 1.53 * 10^{-5} * N * I \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Q = flujo de aire

N = número de celdas conectadas

I = corriente en amperios

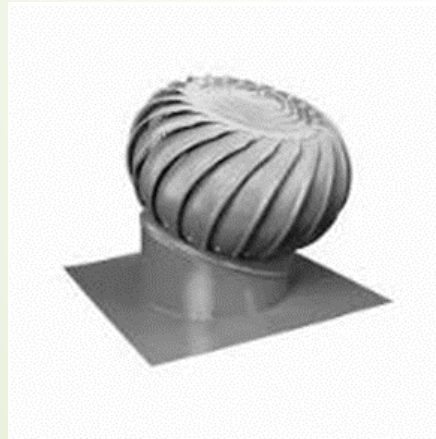
TIPO DE VENTILACIÓN...

- El extractor de aire deberá estar por tanto en el punto de salida del aire, o sea el punto alto a nivel del techo o cielo raso. Los extractores deben garantizar al igual que los demás equipos , la ausencia de producción de chispas , principalmente en un flujo de aire que podría, potencialmente estar a nivel de inflamabilidad del hidrógeno. Es por eso que se recomienda lo siguiente:
- No se debe utilizar motor universal o de corriente directa o síncrono, pues el chisporroteo de las escobillas es prohibido en estos ambientes.



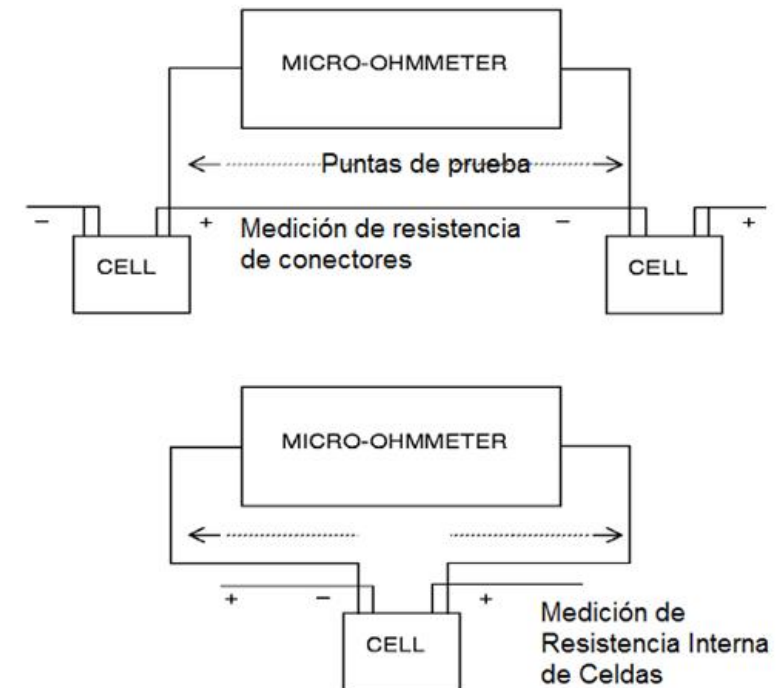
TIPO DE VENTILACIÓN...

- Se usará motores de inducción
- El sistema de arrastre se preferirá de faja con poleas sobre el directo, ya que así se evita que el flujo de aire extraído pase por el motor.
- Si se usa acople directo se debe garantizar que el motor es sellado para ambiente peligroso, potencialmente inflamable (doble aislamiento).

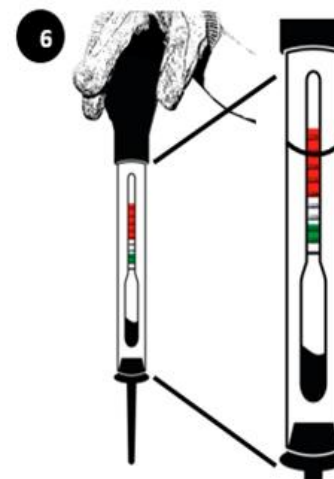
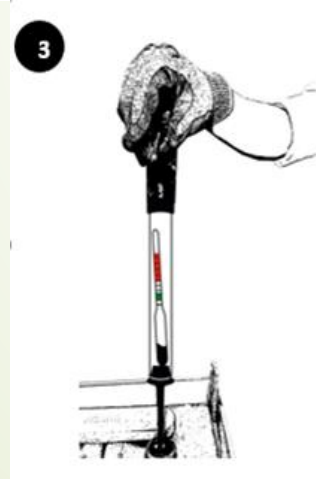
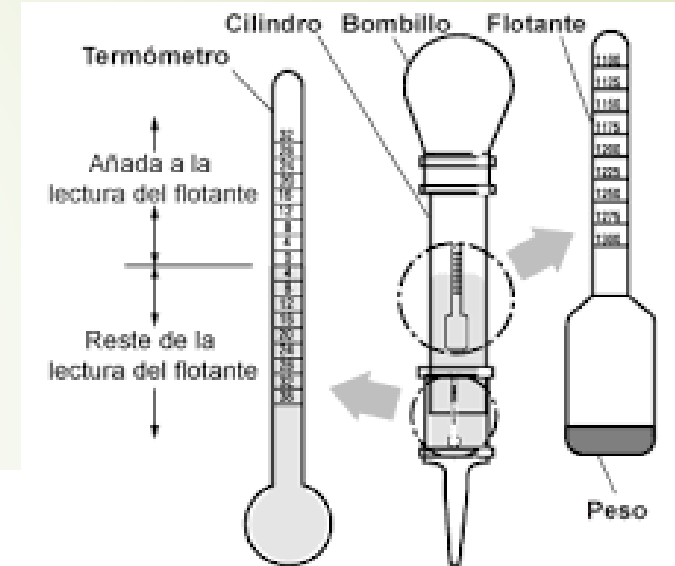


Instalación de un banco de baterías abierto-húmedo

- Es recomendable que de contar con el equipo, se mida las resistencias de los conectores con Micro óhmetro de precisión. Se recomienda el uso de un medidor de resistencia interna de las Baterías que tiene la función de medir además de las resistencias internas de las celdas, las resistencias de los conectores



Equipos de toma de datos..



PUNTO DE LECTURA



Ajuste de la densidad del electrolito

- El electrolito de las baterías de plomo es en esencia una mezcla de Ácido Sulfúrico y agua
- Se suele usar agua tridestilada y desionizada. La densidad, es decir el peso del agua por litro es de 1 kilogramo por litro ($D_a=1 \text{ kg/l}$).
- El ácido sulfúrico es un compuesto de un PH muy bajo, altamente corrosivo que se debe manejar con suma precaución, pues suele producir reacciones químicas de cierta violencia. El ácido sulfúrico o H_2SO_4 posee una densidad de 1.84 kg/l.
- Para las baterías estacionarias el valor de la densidad de los electrolitos empleados suele tomar valores de entre 1.22 a 1.24 kg/l, para Baterías de aplicación en fuerza motriz se suele usar valores más altos de hasta 1.28 kg/l.

Ajuste de la densidad del electrolito

$$V_{\text{celda}} = 0.84 + D_{\text{elec}} \text{ (a } 20^{\circ}\text{C)} \rightarrow \text{Si } D_{\text{elec}} = 1,22 \text{ kg/l, se espera } V_{\text{celda}} = 2.06 \text{ Voltios}$$

Eq. 8 "Voltaje de celda de plomo"

- En forma opuesta si una batería se descarga hasta 1.75 V (voltaje final por celda) la densidad del electrolito en este punto es prácticamente 1 kg/l o sea agua

Ajuste de la densidad del electrolito

- ▶ Por ejemplo un fabricante "x" indica que sus Baterías deben ser llenadas con un electrolito de 1.22 Kg/l de densidad. Este dato corresponde a electrolito a 20 grados, si las baterías se van a instalar en Orotina donde la temperatura promedio anual ronda los 35°C, se debe realizar la corrección de la densidad con la tabla que da el fabricante. Si el Fabricante no proporciona una tabla , se puede aplicar lo siguiente:
 - ▶ DT1 = densidad de referencia a 20°C
 - ▶ DT2= densidad deseada a la temperatura T2

$$DT2 = DT1 + 0.0007(T1 - T2)$$

Eq. 9 " corrección de densidad por temperatura"

Ajuste de la densidad del electrolito

Para el ejemplo

$$T1 = 20^{\circ}\text{C} ; T2 = 30^{\circ}\text{C}; DT1 = 1.22 \text{ kg/l}$$

$$DT2 = 1.22 \text{ kg/l} + 0.0007(20-35)\text{kg/l}$$

$$DT2 = 1.22 \text{ kg/l} - 0.0105\text{kg/l}$$

$$DT2 = 1.21 \text{ kg/l}$$

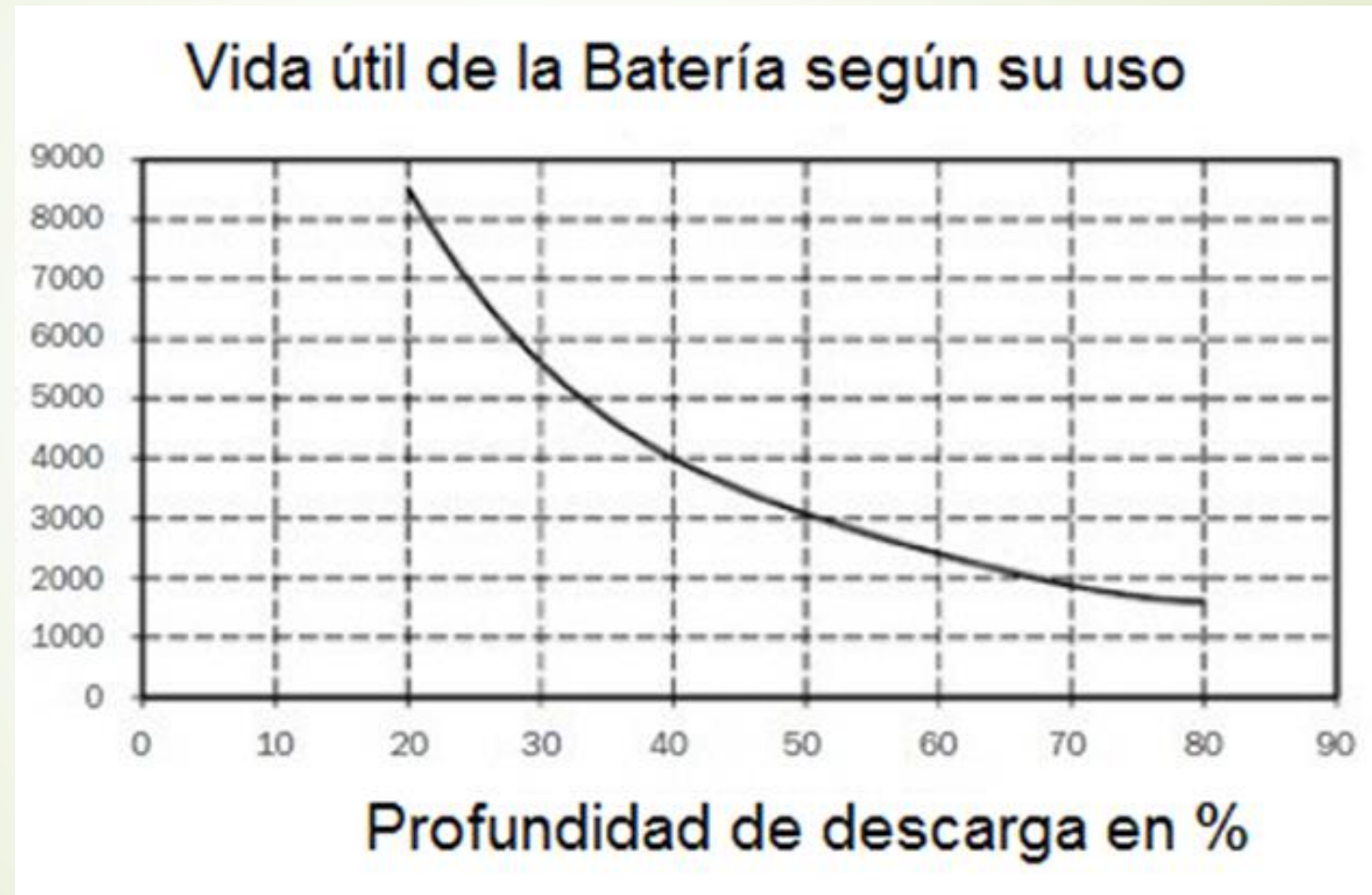
De esta forma en sitio se debe medir la densidad en 1.21 kg/l, esto para corregir el efecto de la temperatura en el electrolito suministrado.



Ciclos de operación y vida útil

- Se denomina ciclo de operación a la acción de cargar y luego descargar la batería o celda. Estos ciclos inician en fábrica con la prueba del fabricante y continúan durante su vida útil, cada vez que el usuario sufre un corte de energía que requiere la energía supletoria de las baterías
- La vida útil de las baterías se suele expresar en años, sin embargo es más efectivo expresarlo en ciclos. Aunque las baterías se pueden descargar poco o mucho, es recomendable por la mayoría de los fabricantes que se dé al menos una descarga del 80% cada año
- De este modo la profundidad de la descarga determina también la vida útil de la batería pues condiciona la cantidad de ciclos de uso de la misma.

Ciclos de operación y vida útil

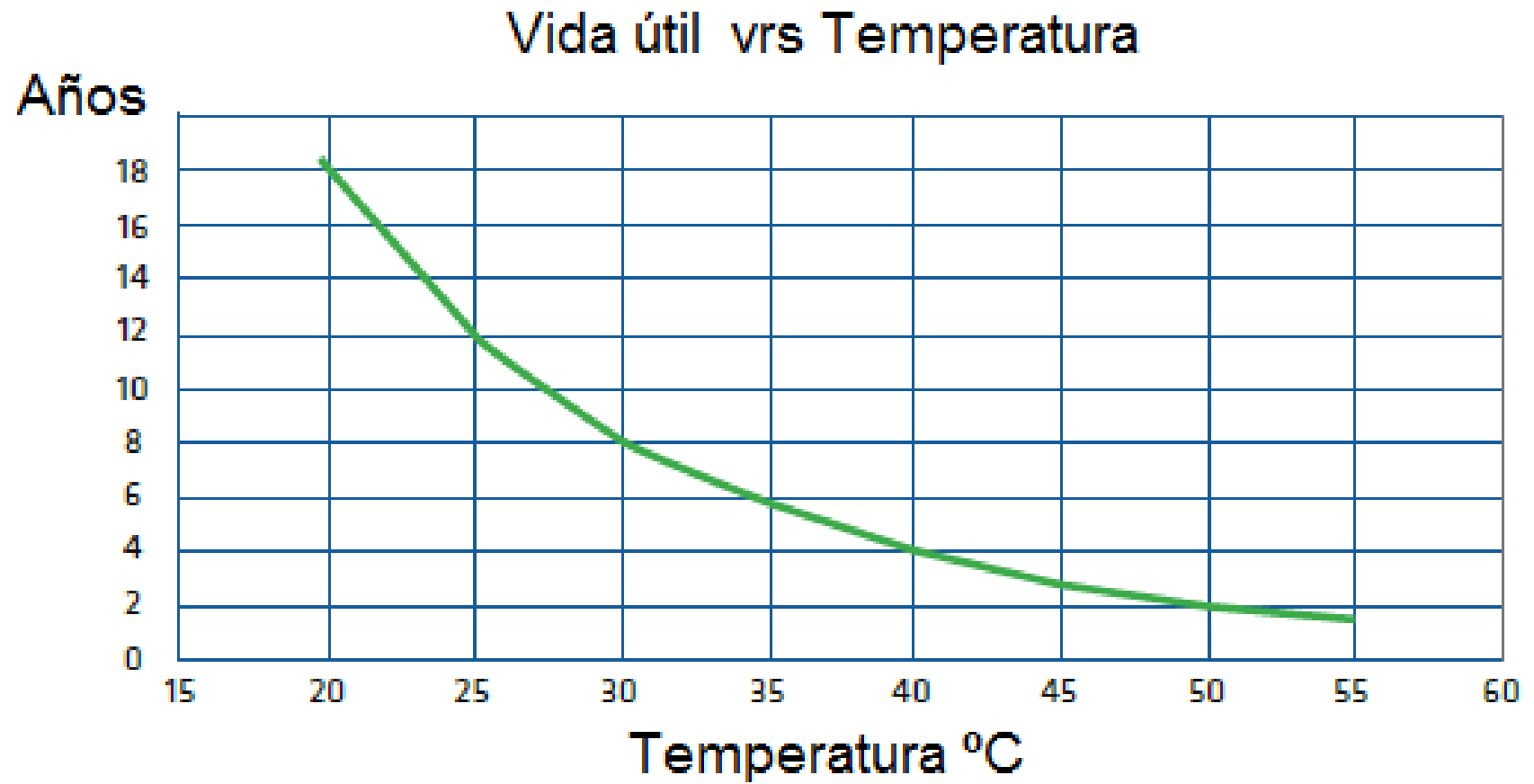




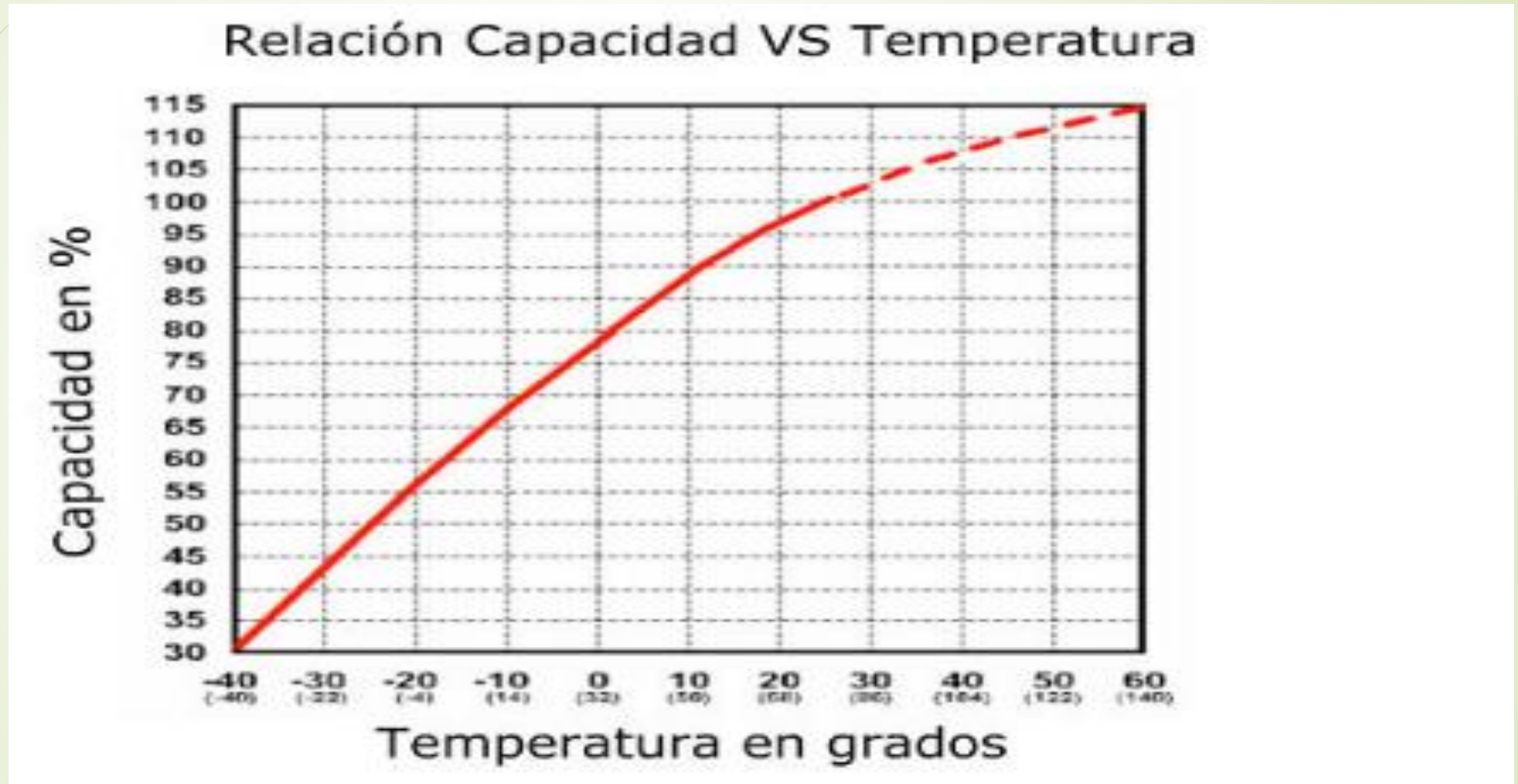
Ciclos de operación y vida útil

- La vida útil de las baterías depende de varios factores adicionales, de modo que se deben tener en cuenta para establecer con cierta fidelidad la esperanza de vida de los bancos de baterías estacionarios
- Vamos a establecer que la vida útil de las baterías es el periodo de tiempo desde que la batería se pone en operación por primera vez hasta el día donde su capacidad de entrega llega al 80% de su capacidad inicial en AH. Factores tales como
- Corriente de salida durante operación normal
- **Frecuencia de ciclos de carga-descarga**
- Características de densidad y pureza del electrolito
- **Temperatura ambiente**

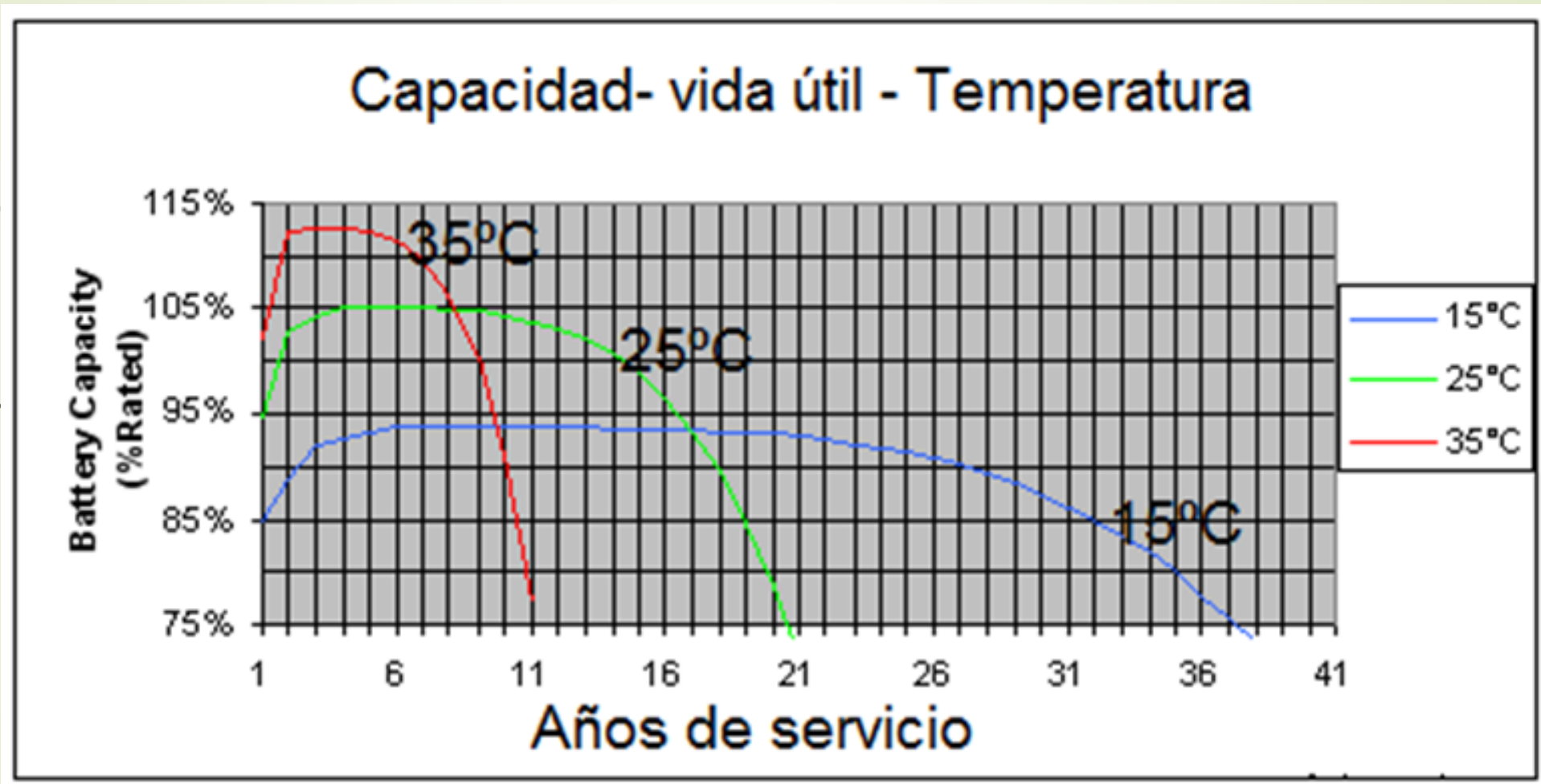
Ciclos de operación y vida útil



Ciclos de operación y vida útil



Ciclos de operación y vida útil



MANTENIMIENTO DE BANCOS DE BATERIAS DE PLOMO

BASADO EN NORMA IEEE 450

ING. AMADO RODRIGUEZ CASTRILLO



INSPECCION DE LOS SISTEMAS

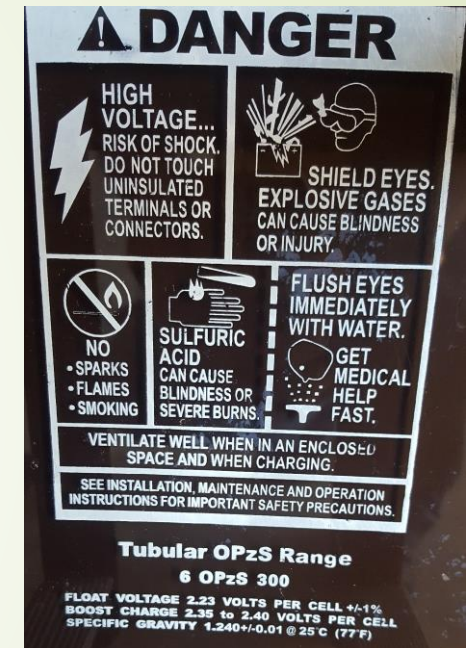
- La norma establece rutinas de chequeo para ser aplicadas :
 - Mensualmente
 - Cada tres meses
 - Cada año
- Las inspecciones periódicas de los bancos de baterías son obligatorias por la naturaleza de las mismas, se debe verificar el estado físico general y algunos parámetros de operación mínimos



TIPOS DE FALLAS DE BATERIAS PB-ACIDO

Tipos de fallo de baterías de plomo-ácido (inundada)

- Corrosión de la rejilla positiva
- Sedimento incrustado (pulido)
- Corrosión del conductor superior
- Sulfatación de la placa
- Cortos duros (pedazos de pasta)



La corrosión de rejillas positivas es el tipo de fallo de baterías de plomo-ácido inundadas esperado. Las rejillas son aleaciones (plomo-calcio, plomo-antimonio, plomo-antimonio-selenio) que se convierten en óxido en el transcurso del tiempo. Como el óxido es un cristal más grande que la aleación de plomo metal, la placa crece.

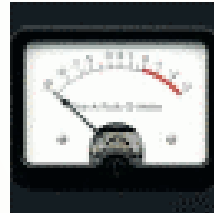


TIPOS DE FALLAS DE BATERIAS PB-ACIDO

- La impedancia crecerá en el transcurso del tiempo en correspondencia con el incremento en la resistencia eléctrica de las rejillas para llevar la corriente .
- El sedimento es la segunda razón por la que los fabricantes de baterías dejan espacio en el fondo de los vasos para permitir una determinada cantidad de sedimento hasta que llegue al punto de producir un corto en la parte inferior de las placas dejando inutilizable la batería.
- La sulfatación se debe a configuraciones bajas de voltaje de carga o recarga incompleta después de un apagón. Los sulfatos se forman cuando el voltaje no está establecido lo suficientemente alto.

VOLTAJE DE FLOTACION

- Si se toma como referencia la temperatura a 25 °C y una densidad de 1215 g/l, el voltaje normal de flotación es de 2.21 voltios por celda para baterías de plomo-Calcio y 2.19 voltios por celda para baterías de plomo antimonio o plomo selenio. Voltajes de flotación por debajo de 2.13 voltios por celda pueden afectar el desempeño y la esperanza de vida de dicha celda



$$V_{\text{flot a T2}} = V_{\text{flot 25}^{\circ}\text{C}} - 0.005(T2-25)$$

Eq. 12 " Corrección Voltaje Flotación por temperatura"

Voltajes de Flotación

V flotación de referencia		2.21
T °C	V flotación	V flot Normalizado
15	2.260	1.023
20	2.235	1.011
25	2.210	1.000
30	2.185	0.989
35	2.160	0.977
40	2.135	0.966

VOLTAJE DE IGUALACION

- Cuando se mide los voltajes de celda individuales y estos difieren entre la mínimo y el máximo en más de 40 mV se recomienda aplicar una carga de igualación.
- El voltaje de igualación debe aplicarse cuando menos a partir de 2.33 voltios por celda y de ahí hasta el valor indicado por el fabricante, en todo caso no se recomienda sobrepasar los 2.50 voltios por celda
- Es importante indicar que se debe monitorear que las temperaturas de las celdas no sobrepasen los 45°C y que el sistema de ventilación opere durante todo el proceso de carga de igualación
- Los valores de aplicación no suelen tener parámetros de exigencia y cuidado más allá de lo ya indicado, por lo que aplicar voltajes de 2.40, 2.45 o 2.50 voltios por celda es casi decisión del usuario cuidando solamente que el voltaje total del banco de baterías durante el proceso de igualación no afecte otras cargas conectadas al banco de baterías

MEDICION DE RESISTENCIA INTERNA

- Uno de los parámetros que más recientemente se usa para determinar el estado de las baterías es el valor de resistencia interna de cada celda
- Las baterías en buen estado interno, con poca o nula contaminación y deterioro interno , tiene un valor característico de resistencia interna
- Aunque este dato del fabricante es de cierto interés , la experiencia demuestra que lo realmente importante es la evolución del valor de la resistencia interna de cada celda a lo largo del tiempo
- Un aumento del 20% de la resistencia interna suele corresponder con una disminución del 20% de la capacidad del banco de baterías



CONDICIONES PARA MEDIR LA RESISTENCIA INTERNA.

Para poder tomar una lectura correcta de resistencia interna de una celda se deben cumplir algunos requisitos:

- El banco debe estar en reposo o con una circulación muy baja de corriente, preferiblemente cero.
- El banco de baterías debe estar cargado al 100%, por lo que se recomienda un proceso de carga de igualación previo.
- Las terminales de las celdas deben estar muy limpias
- Debe ser efectuado por el mismo operador con el mismo equipo preferiblemente.
- La prueba se debe realizar a 25°C o se debe aplicar un factor de corrección.
- El equipo de prueba debe estar bien cargado o tener las baterías internas nuevas, nunca se debe efectuar esta prueba con un equipo de prueba que indique "Batería baja".

DENSIDAD ENERGETICA

- La densidad de energía , es un factor que indica la efectividad del diseño pues establece un factor de energía por unidad de volumen o de peso.
- Esto en aplicaciones móviles es vital para el desempeño del producto completo, pero aunque no es un parámetro para el desempeño de un sistema estacionario , indica el estado de la tecnología ofrecida.
- Densidad de energía = Watt-Hora / Volumen
- Un valor típico para este aspecto es 50 kwh/m^3 para tecnología abierta y sellada. Los avances en la tecnología y baterías de mayor tamaño pueden alcanzar densidades de hasta 75 kWh/m^3
- Relación Energía/ peso : $\text{REP} = \text{Wh} / \text{Peso (kg)}$
- Valores deseables o típicos para este rubro son de 25 Wh/kg para bancos estacionarios y de 75 Wh/kg para aplicaciones de fuerza motriz

Ejemplo...



Technical Data

Part No.	8 Hr Ah Rate	Voltage (V)	Battery Dimensions L x W x H (in.)	Weight w/ Electrolyte (lbs.)	Electrolyte Weight (lbs.)	Electrolyte (Gallons)	I.R. (mOhms)	Max. Current Amps (5 sec)	No. of Pos. Plates
STT12V50	55	12	10.7 x 8.08 x 15.1	86.0	23.8	2.3	17.3	694	1
STT12V100	110	12	10.7 x 8.08 x 15.1	107	22.5	2.2	10.5	1143	2
STT12V150	165	12	15.0 x 8.08 x 15.1	149	31.7	3.1	7.17	1690	3
STT6V200	220	6	10.7 x 8.08 x 15.1	101	24.2	2.3	2.47	2500	4
STT6V250	275	6	15.0 x 8.08 x 15.1	130	31.9	3.1	2.16	2857	5
STT6V300	330	6	15.0 x 8.08 x 15.1	144	30.4	2.9	1.88	3333	6

- Por ejemplo la batería STT6V300 tiene 330AH en un peso total de 144 lbs o sea 65 kg, lo que indica que tiene una relación energía-peso de 30Wh/kg.
- Además tiene volumen de 1800 pulg³, o sea 29000 cm³, para una densidad de energía de 70 kwh/m³

BATERIAS DE NIQUEL CADMIO

BATERIAS ALCALINAS DE USO ESTACIONARIO

ING. AMADO RODRIGUEZ CASTRILLO



GENERALIDADES...

- La primera celda de un acumulador de Niquel-Cadmio se fabrica en 1899 por el físico Waldemar Jungner en Suecia
- Esta batería consiste en un arreglo donde los electrodos son de Cadmio y Niquel sumergidos en un electrolito o medio alcalino
 - específicamente KOH (Hidróxido de Potasio) , también conocido como POTASA.
- Se empieza a comercializar en 1910 y en ese momento empiezan los intentos por mejorar el desempeño de la batería Ni-Cd.

En general los conceptos descritos para la batería de plomo referentes a Capacidad de batería, voltaje final por celda, voltaje de flotación, igualación y arreglos de baterías serie-paralelo aplican a las baterías de NiCd pero con los valores que se describirán en esta sección.

COMPOSICION DE LA BATERIA NiCd.

- En la batería de NiCd el ánodo(+) está compuesto de una aleación de Níquel (Ni) e Hidróxido de Níquel (NiOH), el cátodo (-) por otro lado está compuesto de Cadmio que depende de cada fabricante generalmente en un sistema poroso de acero inoxidable
- Estos electrodos están inmersos en una disolución de KOH y Agua en concentraciones del 20% al 40% por peso

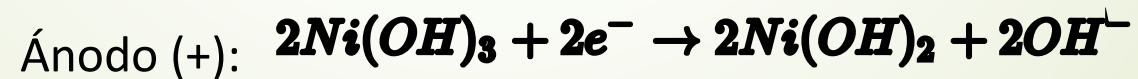


REACCION QUIMICA...

- La reacción química que describe el proceso de carga y descarga de la batería de Niquel Cadmio se describe en forma simple en la siguiente expresión
- $\text{Cd} + 2\text{Ni OH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cd(OH)}_2 + 2\text{Ni(OH)}_2$
- Lo primero que destaca en esta ecuación es la ausencia del elemento Potasio en ella. Esto es una característica clave en el funcionamiento de esta celda , donde a diferencia de la batería de plomo el electrolito no forma parte de la reacción química, es solamente un medio conductor/catalizador

BATERIAS NiCd...

- Los procesos de carga o descarga de las celdas de NiCd se restringen a hidrolizar los elementos de los electrodos, esto es el Cadmio y el Niquel. Utilizando para ello una pequeña porción del agua circundante (No el hidróxido de Potasio). Esto hace que sea imposible determinar el estado de la batería o su estado de carga desde la medición del electrolito como si ocurre en las baterías de plomo-ácido.
- Durante el proceso de descarga o de uso de la batería se dan las siguientes reacciones en los electrodos:



BATERIAS NiCd...

- El voltaje natural que produce la celda de NiCd es de 1.2 voltios.
- En esta batería el componente esencial y característico es el Níquel ubicado en el terminal positivo. La placa negativa que contiene Cadmio podría ser de otro metal como hierro, zinc, etc.
- El electrolito de las baterías de NiCd es una mezcla hecha de 3 partes de KOH y 10 partes de Agua destilada en proporción por peso. Esto da una densidad media de entre 1.18 kg/l y 1.2 kg/l
- En ocasiones cuando la batería debe instalarse en ambientes de alta temperatura se le agrega un pequeño porcentaje de Hidróxido de Litio (LiOH) para mejorar el rendimiento. En general los fabricantes establecen el detalle de operación de sus productos pero en ausencia de una referencia oficial el electrolito debe tener una densidad de 1.18 kg/l +/- 0.01 kg/l.

VENTAJAS DEL USO DE BATERIAS NiCd

- El proceso es totalmente reversible en carga y descarga
- Se pueden someter a regímenes de descarga profunda total sin que la batería sufra daño
- **Se puede descargar hasta 0 voltios sin problema.**
- Se puede someter a procesos de carga que sobrepasen la capacidad de la batería sin problemas (Se puede sobrecargar).
- El electrolito solamente se pierde por evaporación, por lo que requiere poco mantenimiento



VENTAJAS DEL USO DE BATERIAS NiCd

- Tiene una resistencia interna muy baja lo que permite extraer corrientes altas.
- Mantiene un voltaje muy constante durante el ciclo de descarga.
- Soporta ambientes de trabajo de muy altas temperaturas, muy por encima de las baterías de plomo-ácido.
- Pueden alcanzar una vida útil de 20 a 25 años.

DESVENTAJAS DEL USO DE BATERIAS NiCd.

- Al ser el voltaje de celda de 1.2 V se requieren más celdas para formar los bancos de baterías.
- El Cadmio es un metal pesado y considerado altamente contaminante por lo que su desecho es controlado.
- Alto efecto de auto-descarga por lo que se descarga más rápido que otras baterías si está almacenada.
- El costo suele ser varias veces (3 veces) el costo de su equivalente plomo-ácido.
- Por la presencia de acero en su construcción se presenta el efecto de contaminación por grafito (carbón), lo cual hace que se deba reemplazar el electrolito cada 10 años.

OTROS ASPECTOS...

- La batería de NiCd se debe almacenar totalmente descargada y seca. Esto es que se debe descargar totalmente y luego vaciar el electrolito para almacenarla por más de 3 meses.
- Se caracterizan por estar construidas en recipientes opacos o translucidos, nunca transparentes.
- Para las Baterías de NiCd se establecen los siguientes valores de voltaje de carga:
- $V_{\text{celda nominal}}$: 1.20 Volt
- $V_{\text{celda flotación}}$: 1.41-1.45 Volt : Voltaje de Flotación o mantenimiento de carga
- $V_{\text{celda carga rápida}}$: 1.55 – 1.65 Volt : Voltaje de Igualación, o de carga rápida.



CAUTION

CUIDADO !!!!!

- Se debe observar que los voltajes de Flotación y de Carga rápida son porcentualmente más altos que en las baterías de plomo por lo que al momento de someter un banco de baterías a un proceso de carga, los equipos conectados en ese momento podrían estar sometidos a voltajes mucho mayores de los soportables.

Proceso de descarga de baterías NiCd

- El proceso de descarga inicia con la batería totalmente cargada. En ese momento en bornes de la celda hay 1.2 voltios. La Batería de NiCd permite ser descargada a valores de corriente relativamente altos, dependiendo del tipo de construcción y lo que indique el fabricante

Performance Data																				
Part No.	Discharge currents in Amperes at 20 ± 5° C for a fully charged cell																			
	to ECV 1.00 V/cell						to ECV 0.85 V/cell						to ECV 0.65 V/cell							
	1 sec	5 sec	10 sec	30 sec	1 min	5 min	1 sec	5 sec	10 sec	30 sec	1 min	5 min	10 min	1 sec	5 sec	10 sec	30 sec	1 min	5 min	10 min
KFX11P	262	227	207	172	145	90	367	324	296	275	234	104	53	480	435	405	345	280	108	54
KFX16P	380	330	300	250	211	131	534	471	431	400	340	152	77	750	640	590	520	440	157	78
KFX25P	594	500	450	375	330	205	835	736	673	550	475	237	120	1050	972	908	790	690	245	123
KFX38P	898	760	684	570	501	312	1269	1119	1023	836	722	360	182	1600	1480	1380	1220	1050	372	186
KFX45P	1042	882	794	662	581	369	1505	1325	1211	1019	855	427	216	2040	1800	1680	1470	1250	441	221
KFX60P-2	1237	1147	1045	880	750	474	1653	1493	1402	1231	1112	552	282	2320	2230	2120	1840	1560	570	294
KFX75P-2	1503	1280	1157	972	861	593	2066	1867	1753	1539	1389	690	353	2800	2650	2500	2100	1840	713	368
KFX90P-2	1770	1498	1347	1123	987	711	2479	2240	2103	1847	1667	828	423	3480	3300	3100	2720	2260	855	441
KFX100P	1883	1594	1434	1196	1050	790	2755	2489	2337	2052	1853	920	470	3800	3620	3410	3000	2450	950	490
KFX120P	2124	1797	1618	1349	1185	948	3306	2987	2804	2462	2223	1104	564	4500	4300	4000	3600	2900	1140	588

RENDIMIENTO Y EFICIENCIA...

- Para la Batería KXP-100 de 100 AH a 5 horas de descarga (descarga a 20 amperios) , se tiene que a diferentes voltajes finales por celda a un tiempo de 5 minutos, se obtiene incluso eficiencias de hasta el 66%, comparado con baterías de Plomo que suelen rondar por 30% de eficiencia en estos regímenes de alta descarga.

	1 Vpc	0.85 Vpc	0.65 Vpc
I amp.	790	920	950
Cap AH	66	77	79
Efic	66%	77%	79%

Aunque la Batería se puede descargar hasta 0 voltios, sin embargo el objetivo es que alimente un conjunto de cargas, de ahí que el voltaje de descarga lo brinda pues, el valor mínimo de tensión requerido por las cargas involucradas o conectadas a dicho banco de baterías.

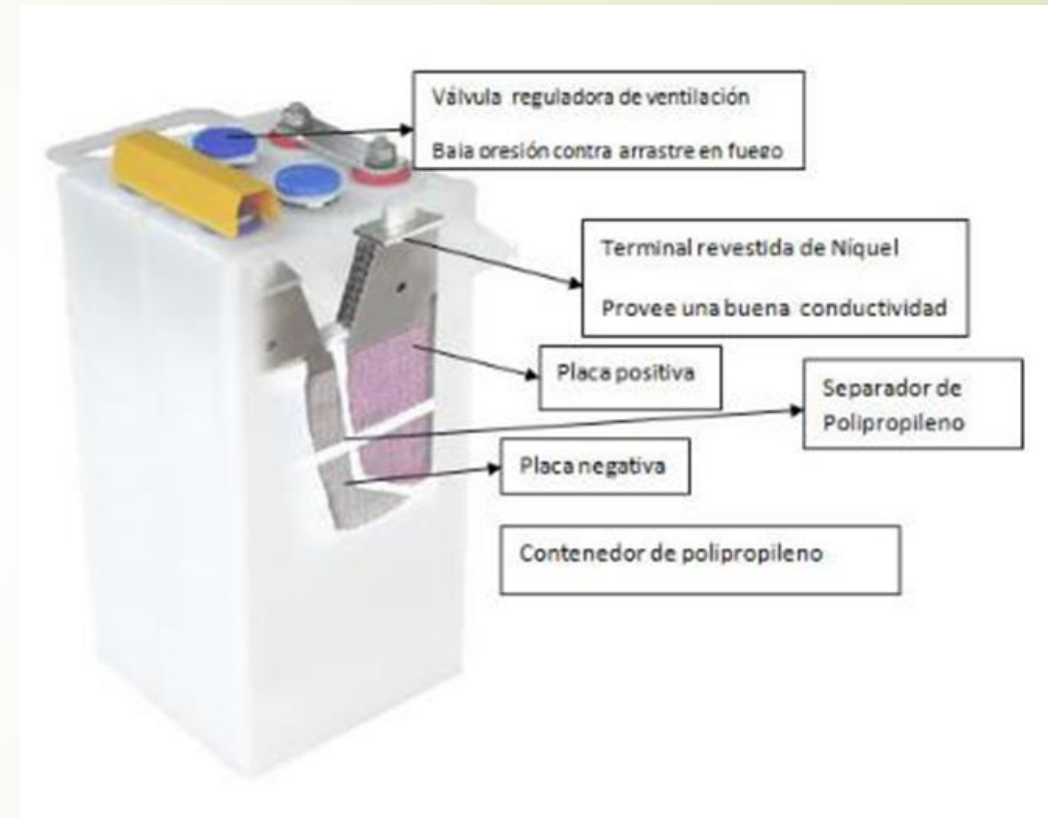
RENDIMIENTO Y EFICIENCIA...



- uno de los problemas que tiene el uso de baterías de Niquel es que su eficiencia por volumen o su rendimiento es bastante bajo.
- Estas son baterías de mucho volumen y mucho peso para la energía que entregan, esto hace que se puedan obtener rendimientos de entre 20 Wh/Kg a 30 Wh/Kg, en comparación con las baterías de plomo que pueden tener hasta 40 Wh/kg o mayor
- Aunque estas baterías son las favoritas de los sistemas de tracción en trenes en Europa, no reúnen las condiciones para su uso en aplicaciones motrices de vehículos eléctricos
- Solo para tener un punto de comparación los vehículos eléctricos tipo Tesla , que cuentan con baterías de Litio – Ion (Ion-Li) alcanzan hoy densidades de hasta 150 Wh/Kg,(lo único es que cuentan con una vida útil de tan solo unos 5 años

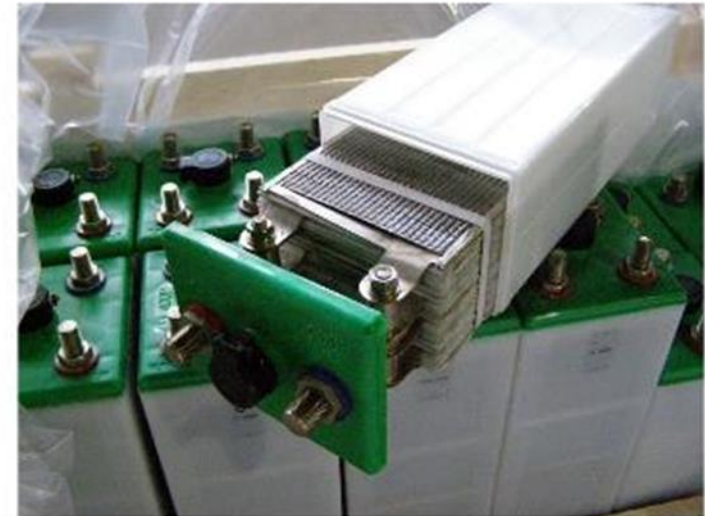
TIPOS DE PLACAS...

- En general existe dos formas de construir las placas de las baterías NiCd, una es llamada “Placas de Bolsillo” y la otra “Placas de Fibra”
- **Tipo L:** para aplicaciones de largo tiempo de respaldo y poca corriente, como por ejemplo monitoreo, alarmas, control o similares.
- **Tipo M:** Para aplicaciones de Tiempo de respaldo medio de 5 a 10 horas y corrientes dentro de los regímenes C_5 a C_{10} . Para uso en Control, Telecomunicaciones, subestaciones y centros de comando industrial.
- **Tipo H:** este tipo de placa de alto volumen se fabrica para alimentaciones de consumos altos en tiempos cortos, suele usarse para regímenes de C_3 a C_5 o incluso menores, según los tiempos de respaldo. Por sus características también se usa en aplicaciones de tracción y fuerza motriz.



PLACAS POSITIVAS...

- La placa positiva, está constituida de una estructura rígida que soporta un componente de Hidróxido de Níquel o aleación con muy alto contenido de Níquel
- Los elementos activos de las placas, en este caso el NiOH (Hidróxido de Níquel) se encuentra en una especie de bolsillos micro porosos de acero inoxidable donde esta permeabilidad hacia el electrolito, permite la reacción química necesaria.



PLACAS NEGATIVAS...

- Las placas negativas, están conectadas al borne negativo de la celda y están , al igual que la placa positiva, formadas por una estructura de acero inoxidable con bolsillos porosos dentro de los cuales se encuentra una pasta de CdO (Óxido de Cadmio) o CdOH (Hidróxido de Cadmio)
- El número de placas negativas es siempre $n+1$ (una más) respecto a la cantidad de placas positivas, esto porque los extremos de los arreglos están siempre hechos de placas negativas
- Las placas de Bolsillo son ideales para aplicaciones de alta confiabilidad y prácticamente libres de mantenimiento. Según algunos fabricantes los períodos de relleno de agua son cada 8 o más años. Pueden operar a temperaturas desde los -20°C hasta los 50°C manteniendo sus prestaciones dentro de límites tolerables. Muy utilizadas en aplicaciones de monitoreo, control ,señalización y telecomunicaciones

INSTALACION Y DISEÑO DE BATERIAS NiCd.

BASADO EN LA NORMATIVA IEEE
1106 Y IEEE 1145

ING. AMADO RODRIGUEZ CASTRILLO



HERRAMIENTA ADECUADA...



- Voltímetro de corriente directa de buena precisión
- Detector de fugas a tierra
- Amperímetro de corriente directa





AJUSTE DE LA DENSIDAD...

- En esta caso se aplicará exactamente lo mismo que se indicó para baterías de plomo.
- Aunque la densidad del electrolito no es tan crítica , si se debe homogenizar lo más posible con lo indicado por el fabricante para poder tener un punto de partida en las comparaciones con lecturas futuras. La densidad típica de una batería de NiCd ronda los valores de 1.18 Kg/lt a 1.20 Kg/lt.

MANTENIMIENTO DE BATERIAS DE NiCd.

BASADO EN LA NORMATIVA IEEE 1106

ING. AMADO RODRIGUEZ CASTRILLO





INSPECCION SEMESTRAL

- Medir y anotar el voltaje de cada celda
- Medir y anotar la densidad de cada celda (No olvidar colocar los tapones al finalizar)
- Medir y anotar la temperatura del 10% de las celdas.

INSPECCION ANUAL...

- Limpiar y resocar cada terminal de cada batería respetando los valores de torque que recomienda el fabricante, para ello se debe usar un torquímetro de no más de 25 Nm.
- El torque recomendado por el fabricante suele andar de 10 a 20 Nm.
- Limpiar y resocar los elementos de la estructura de soporte de las baterías.
- La limpieza es preferible que se con agua limpia, sin abrasivos ni cepillos.
- Medir y anotar la resistencia interna de cada celda
- Medir y anotar las resistencia de contacto de cada conexión entre celdas





CADA 2 Y LUEGO CADA 5 AÑOS...

- Determinar por medio de prueba de descarga la capacidad en AH que entrega el banco de baterías. La recomendación es probar la capacidad del banco a los 2 años de servicio y luego cada 5 años. Si se detecta un comportamiento no deseado , se le dará seguimiento cada año. Se preferirá el equipo de descarga a corriente constante. Al realizar esta prueba es posible que se requiera un banco auxiliar para la continuidad del proceso productivo

INSPECCIONES VISUALES...

- Las baterías se instalan sobre estructuras de soporte, en ellas se suele colocar unos cobertores aislantes de plástico o neopreno, se debe revisar entre este protector y la estructura si existe humedad, pues esto provocará corrosión, ya que esta humedad suele ser derrames de electrolito por condensación o por fuga
- Los recipientes de las baterías son generalmente opacos, por lo que puede ser difícil determinar el nivel real del electrolito. Se recomienda usar un tubito de vidrio, se introduce hasta tocar la estructura de la celda, se tapa el extremo superior y se extrae. Ahí se revisa el nivel de líquido.
- Estas Baterías con los años presentan un problema de contaminación por grafito, o sea carbón. Esto se traduce en una nata de color negro en la superficie del electrolito que se puede ver por la tapa de llenado

VOLTAJE DE FLOTACIÓN..

- El voltaje de flotación debe mantenerse entre 1.4 y 1.44 voltios por celda y el voltaje total del banco de Baterías será la suma de todos los voltajes de celda o el producto de $V_{\text{Celda Flotacion}} \times N^{\circ} \text{ Celdas}$. Si existe alguna corrección por temperatura se debe efectuar con lo indicado por el fabricante



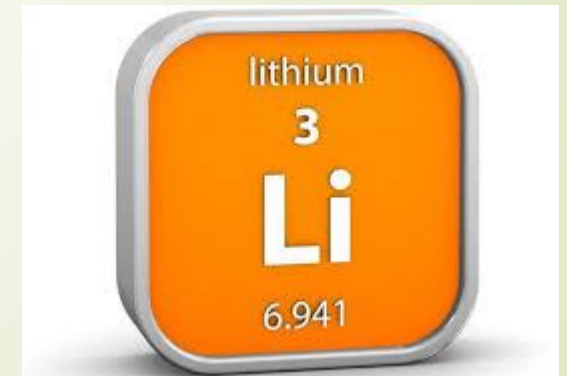
VOLTAJE DE IGUALACIÓN...

- El voltaje de igualación o carga rápida (Boost Charge) es el voltaje que al aplicarlo produce un efecto de burbujeo o de incremento en la producción de gases
- Para las baterías de NiCd este voltaje debe ser superior a 1.45 V pero inferior a 1.65 V por celda. Este voltaje se aplica cuando la batería a pasado por un proceso de descarga profunda o repetidos procesos de descargas parciales o incluso cuando se ha detectado que el voltaje de flotación ha estado más bajo de lo debido
- Cuando se mide los voltajes de celda individuales y estos difieren entre la mínimo y el máximo en más de 40 mV se recomienda aplicar una carga de igualación
- También se recomienda aplicar voltajes de igualación después de rellenar celdas con agua, para homogenizar la densidad interna



REEMPLAZO DEL ELECTROLITO...

- Aunque la mayoría de los fabricantes de baterías de NiCd hoy en día aseguran que sus productos no se contaminan con grafito, se debe revisar periódicamente para detectar la aparición o no de este efecto
- Si se presenta contaminación del electrolito se debe reemplazar por electrolito nuevo cada 10 años al menos
- El electrolito de las baterías de NiCd es una mezcla generalmente del 30% W/W de KOH y Agua con adición de un pequeño porcentaje de compuestos de Litio recomendados por el fabricante para mejorar el proceso



DESECHO DE BATERIAS

Reglamentos para el transporte de baterías en Estados Unidos (...cont.)

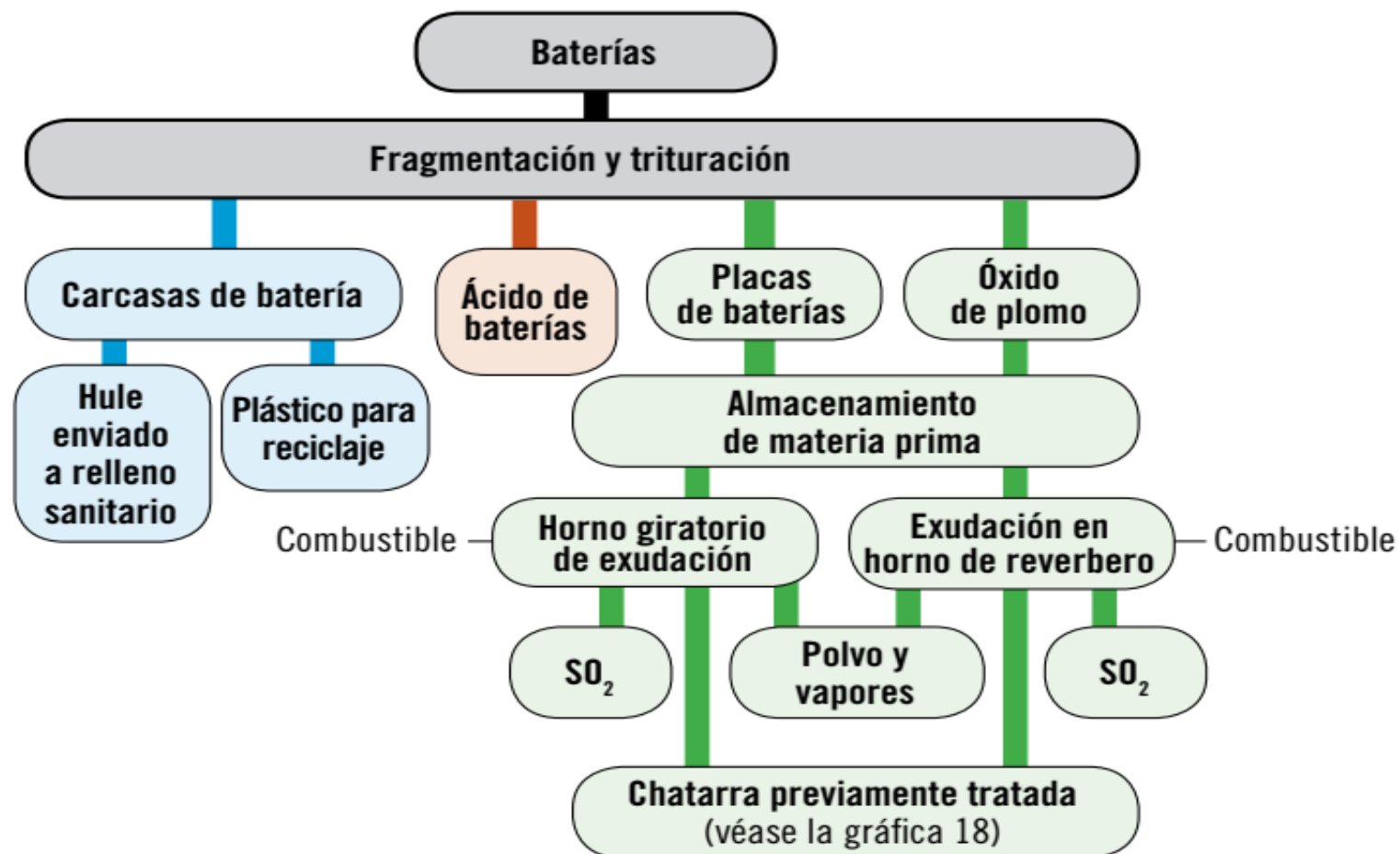
Si las BPAU se transportan por vía terrestre o por ferrocarril y se empacan conforme a las disposiciones previstas en el CFR, título 49, sección 173, subsección 159, y satisfacen las condiciones enumeradas a continuación, quedan exentas de cumplir con cualquier otro requisito del Departamento de Transporte (*Department of Transportation*, DOT):⁴⁴

- ✓ No se transporta ningún otro tipo de material peligroso en el mismo vehículo.
- ✓ Las BPAU se cargan o sujetan de tal manera que se eviten daños y cortocircuitos.
- ✓ Cualquier otro material transportado en el vehículo va asegurado de tal modo que se evite que entre en contacto con las baterías o las dañe.
- ✓ El vehículo transporta únicamente material suministrado por el transportista de baterías.

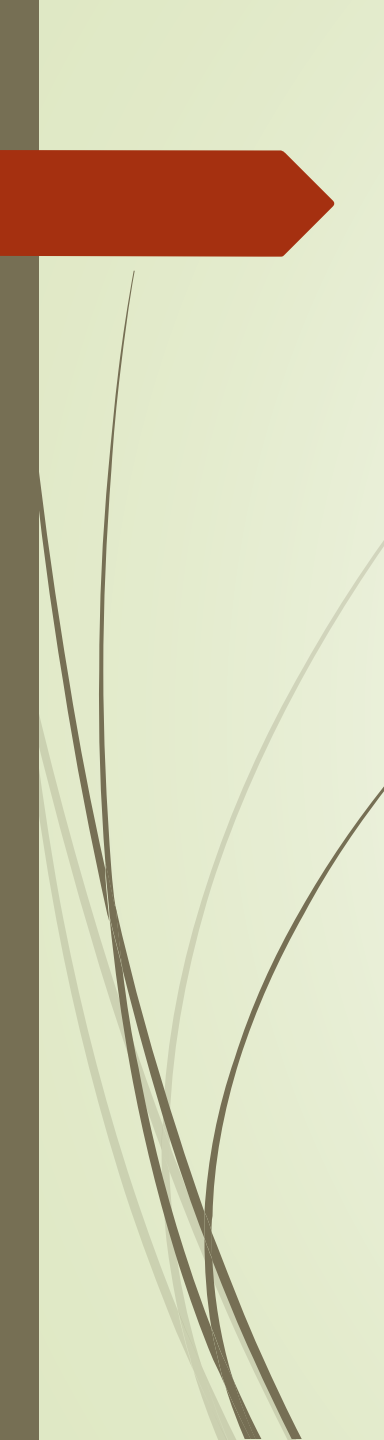
Tomado de Normativa 11665 de Norteamérica

Área de aplicación	Actividad clave de MAA	Acciones y consideraciones	apartado...
Fragmentación de baterías	Drenado de BPAU especializadas	☐ Drenar BPAU especializadas de gran capacidad antes de su trituración.	4.2.2
	Derrames de electrolito ácido	☐ Capacitar al personal para atender derrames. ☐ Utilizar el equipo de protección personal adecuado.	4.2.3
	Maquinaria para fragmentar BPAU	☐ Controlar las partículas de plomo y los vapores de ácido sulfúrico que puedan generarse en el proceso de trituración mecánica. ☐ Controlar los vapores de ácido sulfúrico que pueda producir la trituración mecánica, por medio de campanas de ventilación conectadas a un lavador húmedo. ☐ La descarga líquida del lavador húmedo puede ser ácida (si no se controla el pH), por lo que requiere un manejo adecuado. ☐ Lavar los residuos plásticos generados durante la fragmentación siguiendo el procedimiento apropiado.	4.2.3
	Cuando la instalación de fragmentación y la fundidora están separadas	☐ Si el agua del proceso de fragmentación no está dentro de la misma instalación que la fundidora, deberán tomarse todas las precauciones debidas al transportar el agua lodosa, a fin de evitar escurrimientos y derrames que puedan generar contaminación por polvo con plomo.	4.2.3

Flujo de procesos de una fundición secundaria de plomo típica: tratamiento previo



Fuente: Adaptación de US EPA (1995), *Compilation of air pollutant emission factors, Volume 1: Stationary point and area sources; Chapter 12: Metallurgical Industry*, 5a. ed., Environmental Protection Agency [Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos]; disponible en: <www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/final/c12s11_2010.pdf> (consulta realizada el 22 de mayo de 2015).



That's all Folks!