



Instituto Panamericano de Ingeniería Naval

Instituto Pan-americano de Engenharia Naval

Pan-american Institute of Naval Engineering

XI CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL, TRANSPORTE MARITIMO E INGENIERIA PORTUARIA.

PROCESO DE ACTIVACION DE BATERIAS TIPO PLOMO ACIDO DE GRAN CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA

PAPER N° **13**

LUIS SCHMIDT RUFF
ASMAR (T)
CHILE

PROCESO DE ACTIVACION DE BATERIAS TIPO PLOMO ACIDO DE GRAN CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA.

La energía eléctrica puede ser producida utilizando varias fuentes de energía, (hidráulica, térmica, etc.).

Esta energía que está siempre disponible puede sufrir interrupciones debido a fallas en los sistemas interconectados, desviaciones en los caudales de los ríos y disponibilidad de combustible (Plantas térmicas).

Esta energía que está disponible puede ser almacenada en pequeñas cantidades, ya que el único elemento de almacenamiento son las baterías; principalmente las de tipo Plomo Acido que por su bajo costo comparativo tienen mayor aplicación.

La energía acumulada es utilizada en equipos de emergencia, ejemplo: aeropuertos, computadores, radioemisoras y navegación submarina.

La instalación de este tipo de baterías tiene un alto costo, la cual requiere de un riguroso y estricto proceso de puesta en servicio; de la cual dependerá en forma definitiva la capacidad y vida útil.

1.- Construcción de una batería de Plomo Acido:

Estas baterías están compuestas con los siguientes elementos:

1.1. Placa positiva construida del tipo tubular en la cual la masa o dióxido de plomo va sostenida por un bolsillo de fibra de vidrio; la masa en estado de carga tiene una coloración café-oscura.

1.2. Placa negativa :

Es de tipo regilla donde interiormente se encuentra la masa activa formada por plomo poroso (Pb) distribuido uniformemente y tiene un aspecto gris en estado de carga.

1.3. Puentes de polos:

Formado por un núcleo de cobre con revestimiento de plomo que va soldado a las placas.

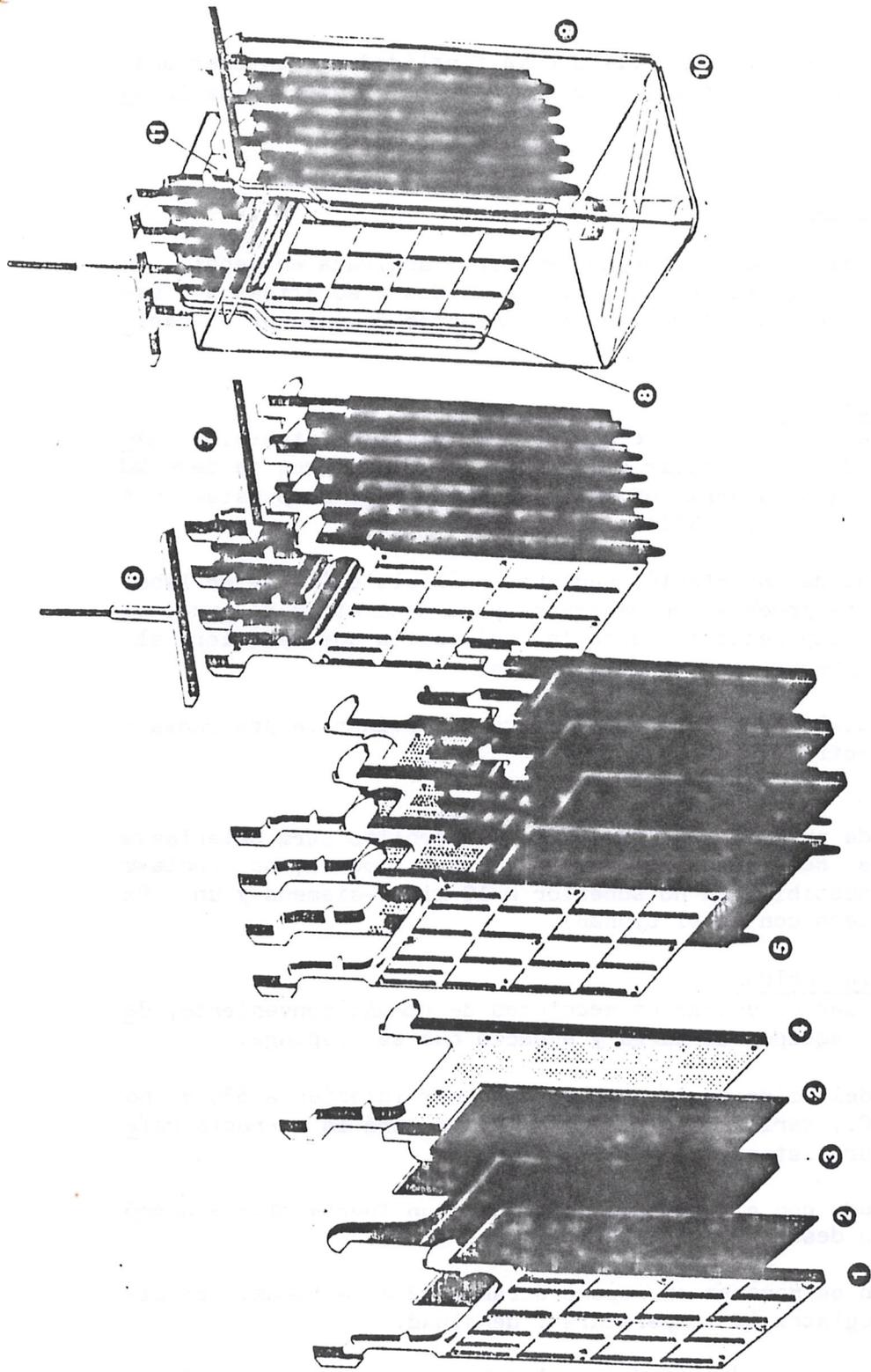
En algunos tipos de baterías estos puentes son perforados, lo que permite la circulación de agua destilada como medio de enfriamiento.

1.4. Separadores de placa:

El separador es el medio que se encuentra entre las placas positivas y negativas; es permeable al ácido, microporoso y no impide el intercambio de ácido en la zona de las masas activas de ambas placas, ni el paso de la corriente.

1.5. Recipiente de la celda:

Compuesto por plástico reforzado con fibra de vidrio, resistente al fuego y al ácido diluido.



1.6. Sistema de agitación de electrólito cuya finalidad es mantener una densidad uniforme tanto en la parte superior como inferior de la batería.

2.- Proceso de activación:

Las baterías de alto poder almacenan en forma activada en seco; en la cual la celda llega sin electrólito, selladas y sometidas a vacío con el fin de evitar el envejecimiento antes de iniciar el período de utilización.

2.1. Llenado con electrólito:

Debido a que una batería es un elemento químicamente estable, el electrólito de llenado debe cumplir con exigencias de valores de densidad referido a 15°C. y no superar un máximo de impurezas compuestas por elementos metálicos (tabla N°1).

El control de calidad se efectúa mediante análisis químicos de laboratorio o mediante pruebas con reactivos para determinar el grado de contaminación de impurezas mediante la coloración que adquiere el electrólito al agregar ciertos componentes.

Este método se utiliza principalmente para determinar la presencia de fierro en el electrólito.

2.2. Agua destilada:

El agua destilada para la fabricación de electrólito para baterías de plomo ácido debe ser limpia, clara, incolora e inodora, no contener aceite, una conductibilidad no superior a 10 micro-siemens y un PH entre 5 y 7 (Prueba con papel Lyphan).

2.3. Conexión de las celdas:

La batería debe ser conectada en secciones de tamaño conveniente, dependiendo de los equipos de carga y espacio que se disponga.

2.4. La temperatura del ácido de llenado no debe ser inferior a 5°C y no exceder los 30°C., verificando que la densidad será la correcta referida a temperaturas standard de 15°C.

Durante el llenado con electrólito se percibe un fuerte olor a hidrógeno, lo cual va desapareciendo lentamente.

Las celdas deben permanecer en reposo durante 12 a 24 horas. en dicho tiempo se registra la temperatura y densidad.

2.5. De las celdas con menos densidad se selecciona un grupo que serán las celdas representativas de todo el grupo, en lo que se refiere a valores de densidad, temperatura y tensión.

2.6. Primera descarga:

Con la primera descarga se inicia un proceso de carga y descarga que tienen como finalidad extraer la totalidad del electrólito que permanece depositado en las placas y que debe ser liberado.

Máximo nivel admisible de impurezas de ácido usado en celdas cargadas.

Nr.	Impurezas	mg/l
1	Metales del grupo platino.....juntos	0,05
2	Cobre.....	1,50
3	Metales del grupo arsénico, antimonio, bismuto, (excepto plomo).....c/u	3,00
	juntos	6,00
4	Antimonio	
	a) celdas Gro.....	3,00
	b) celdas Gis/Pzs.....	10,00
5	Manganeso, cromo, titanio.....c/u.	0,2
6	Hierro.....	100,00
7	Otros metales, como ser cobalto, níquel (excepto aluminio y cinc).....c/u.	1
	juntos	2
8	Fluor, cromo, yodo, bromo	
	a) celdas Gro.....juntos	15
	b) celdas Gis/OPzS.....juntos	200
	c) celdas PzS.....juntos	500
9	Nitrógeno, en forma de amoniaco	500
10	Nitrógeno, en otras formas, p ej. slaitre.....	10
11	Acidos orgánicos volátiles (medidos como vinagre).....	20
12	Substancias orgánicas oxidables, correspondiente a un consumo de $KMnO_4$	30
13	Al evaporar, desgasificar y quemar el ácido entre 600 y 800°C debe quedar un residuo de máximo 800 mg/l (princi palmente sales de sodio, potasio, calcio, bario y alumi nio).	

Esta primera descarga se efectúa hasta que la tensión de una de las celdas alcance una tensión de 1,60 Volts, momento en el cual se debe suspender la descarga y evitar que se produzca la inversión o cambio de polaridad.

2.7. Carga:

Terminada la descarga se efectúa una carga en forma inmediata con el fin de evitar la cristalización del electrólito sobre las placas.

La corriente de carga aplicada depende del tipo de celda, su capacidad y el valor de tensión de gaseo, ver fig. N°2.

La tensión de gaseo se denomina al valor de tensión aplicados en bornes al cual se produce la liberación de hidrógeno, llegado a este punto gaseo se debe disminuir la corriente de carga.

Curva de carga versus tensión de gaseo. Fig. N°3 y N°4.

Durante esta carga se introducen a las celdas un 125% de los Amp. horas descargados.

2.8. Ajuste de la densidad de electrólito:

El ajuste de la densidad del electrólito consiste en volver la densidad de la celda al valor original o de llenado.

Un aumento del valor de la densidad se produce después de la primera carga debido a la liberación del ácido que se encontraba atrapado en el material microporoso de las placas y que pasa a sumarse al electrólito. Esto debe ser corregido ya que un alza en la densidad hace al ácido más corrosivo y puede producir daño en las placas y separadores.

La corrección de densidad se realiza extrayendo el ácido de la celda y agregando agua destilada pura en cantidad necesaria de acuerdo a cálculos y formulas apropiadas para cada tipo de baterías.

Durante este período se mantiene la agitación de electrólito funcionando con el fin de lograr una uniformidad en la densidad superior o inferior de la celda.

2.9. Ajuste de nivel de electrólito:

Se efectúa después de un prolongado período de reposo, durante el cual se produce uniformidad en la temperatura de las celdas y éstas se encuentra a temperatura ambiente.

Este ajuste se realiza rellenando la celda con agua destilada hasta un nivel que permite cubrir totalmente las placas con electrólito

FIGURA N°3

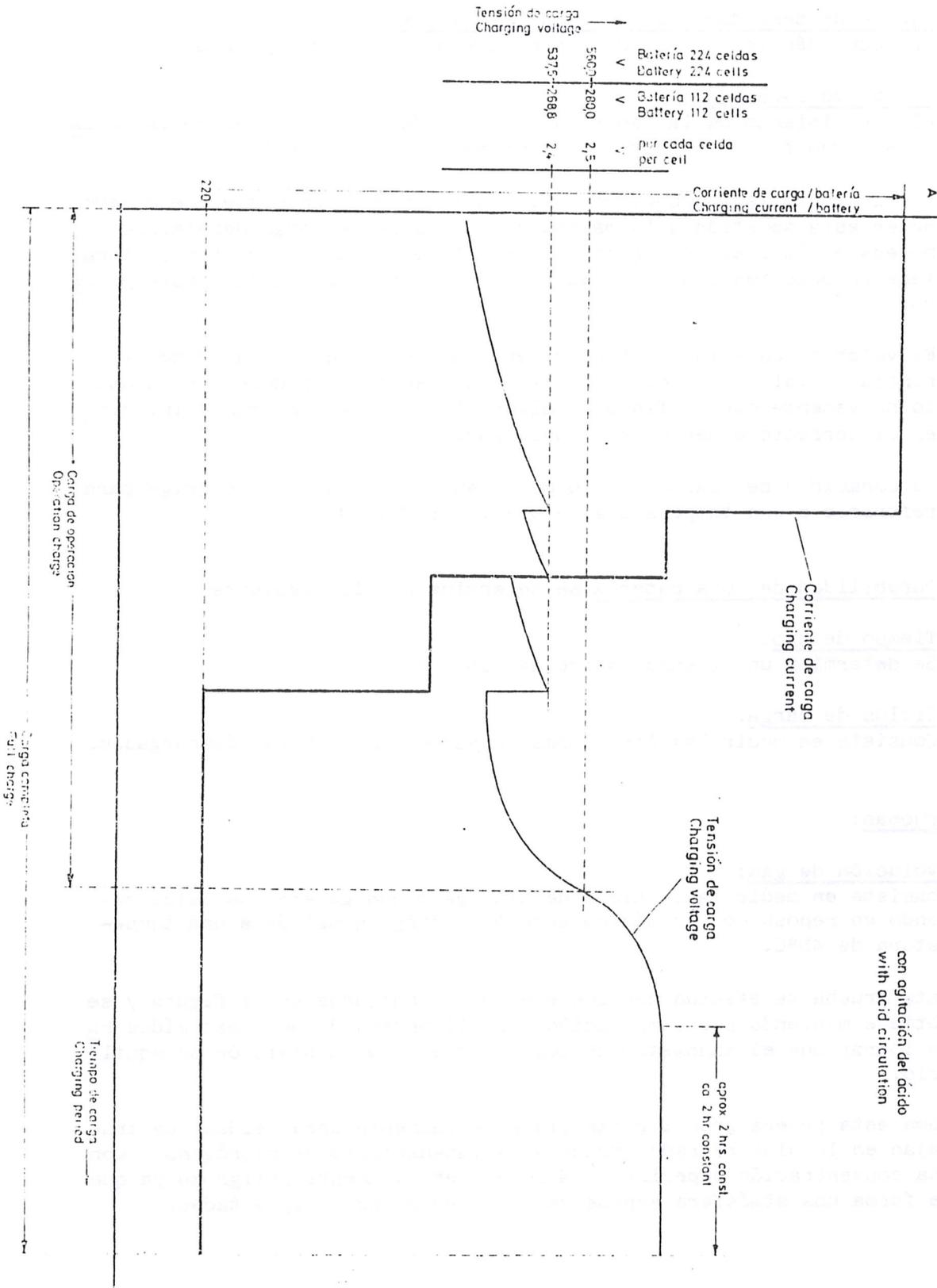
220

Corriente de carga / batería
Charging current / battery

A

la int
de cor
de for
is res
Inicio

FIGURA N°4



537.5	2.5	per cada celda per cell
537.5 - 2.588	2.5	
537.5 - 2.800	2.5	Batería 112 celdas Battery 112 cells
537.5 - 2.800	2.5	Batería 224 celdas Battery 224 cells

La intensidad de corriente de la 1ª etapa de carga depende de la capacidad (potencial) de los generadores
Initial current intensity in the 1st charging stage is results from the output of the generator

VARTA Batterie AG	Celda 25 UR8 Carga según característica III Cell 25 UR8 Charge according to the III-characteristic	6
-----------------------------	--	----------

con agitación del ácido
with acid circulation

aprox 2 hrs const.
ca 2 hr constant

Esta prueba se realiza para medir la capacidad a bajos regimenes de corriente de descarga.

2.11. Segunda carga:

La segunda carga es similar a la carga indicada en el punto 2.7.

2.12. Ajuste de densidad y corrección de niveles:

Proceso idéntico a lo indicado en los puntos (2.8.) y (2.9.).

2.13. Prueba de capacidad:

El conocimiento de la capacidad inicial de la batería es decisivo para el buen funcionamiento del sistema al cual alimenta.

Por lo tanto esta prueba consiste en medir el tiempo que pueda permanecer esta sometida a la máxima corriente de descarga permisible, prueba en la cual se registran los valores de densidad, temperatura, tensión obtenida individualmente de cada celda sometida a este proceso.

El valor de capacidad obtenido será la capacidad inicial o de referencia y valor límite. Periódicamente este valor debe ser obtenido nuevamente con el fin de evaluar si el proceso de mantenimiento es el correcto o merece ser modificado.

La capacidad se mide en tanto por ciento y su valor se corrige para referirlo a una temperatura de 30°C. Ver fig. N°6.

3.- Durabilidad de una batería: se determina por lo siguiente:

3.1. Tiempo de uso:

Se determina un tiempo máximo de uso.

3.2. Ciclos de carga:

Consiste en medir los Amp. horas cargados y Amp. horas descargados.

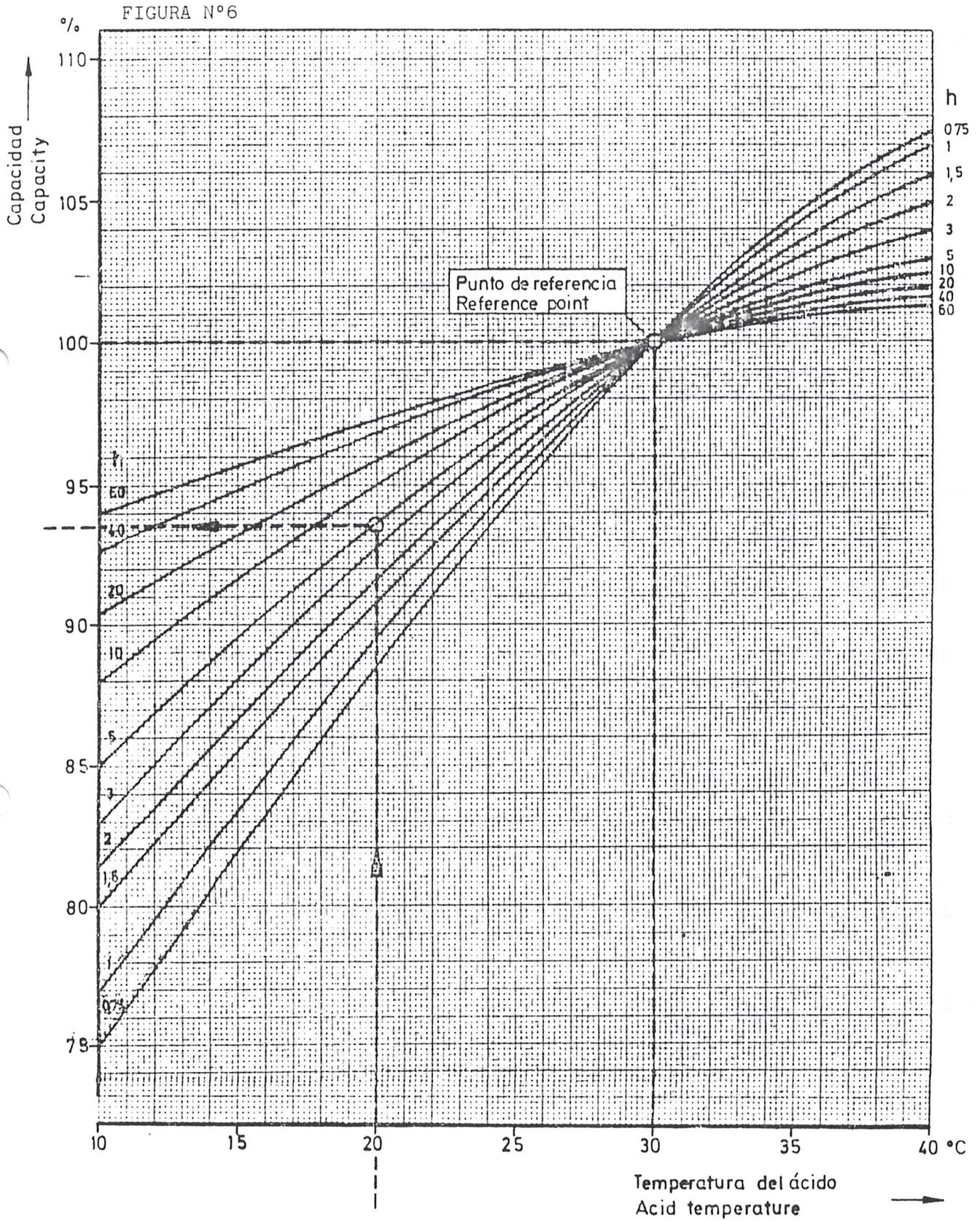
4.- Pruebas:

4.1. Evolución de gas:

Consiste en medir la cantidad de hidrógeno que genera una celda estando en reposo con su máximo estado de carga sometida a una temperatura de 45°C.

Esta prueba se efectúa con los elementos indicados en la figura y se obtiene midiendo por comparación los milímetros de agua extraídos para lograr que el manómetro de columna vuelva a su posición de equilibrio.

Toma esta prueba gran importancia especialmente para celdas que trabajan en locales cerrados donde un almacenamiento de hidrógeno con una concentración superior a 2% puede ser altamente peligroso ya que se forma una atmósfera explosiva con consecuencias ilimitadas.



4.2. Prueba de sellado de la celda:

Consiste en aplicar una presión con aire, estando la celda conectada a un manómetro de columna y verificar si la presión aplicada se mantiene durante un tiempo determinado garantizando el sellado de esta.

Fig. N°7 (Prueba evolución de hidrógeno).

4.3. Prueba del sistema de agitación del electrolito:

Permite verificar el correcto funcionamiento del sistema de agitación de electrolito asegurando que el aire de agitación llegue a todas las celdas en volumen y presión adecuada.

Se realiza intercalando un rotámetro en el indicador de nivel de electrolito de la celda indicado en la figura (8 sistema circulación de ácido).

5.- Factores que afectan la duración de las baterías:

El rendimiento que se puede obtener de un acumulador de plomo-ácido, depende única y exclusivamente del manejo y cuidado que se tenga con las especificaciones técnicas de cada batería. Luego, no respetar estas especificaciones traerá como consecuencia un deterioro que llevará a acortar la vida cíclica de la batería. Entre las causas más usuales están:

5.1. Sobrecarga:

La sobrecarga en una batería es perjudicial ya que provoca los siguientes daños:

- a) Las regillas de las placas son severamente corroidas, con consecuente debilitamiento mecánico y pérdida de conducción eléctrica.
- b) El agua del electrólito se descompone en sus elementos gaseosos: oxígeno e hidrógeno. Las burbujas de este último gas tienden a desprender la materia activa de las placas. La descomposición del agua aumenta la concentración del ácido en el electrólito. La concentración de ácido exagerada a elevadas temperaturas y durante largo tiempo perjudica los componentes de las celdas.
- c) El elevado calor generado en el interior del acumulador acelera la corrosión de las placas positivas y negativas y además de los separadores.
- d) La sobrecarga por si sola o bien en combinación de deficiencias de carga anteriores, puede causar severas deformaciones y pandeos de las placas.

5.2. Carga insuficiente:

Un acumulador que trabaja durante un largo tiempo con cargas insuficientes, puede llegar a formar en las placas un tipo de sulfato duro, denso y cristalino que es muy difícil de volver a transformar por medio de la acción electroquímica en materia activa normal.

FIGURA N° 7

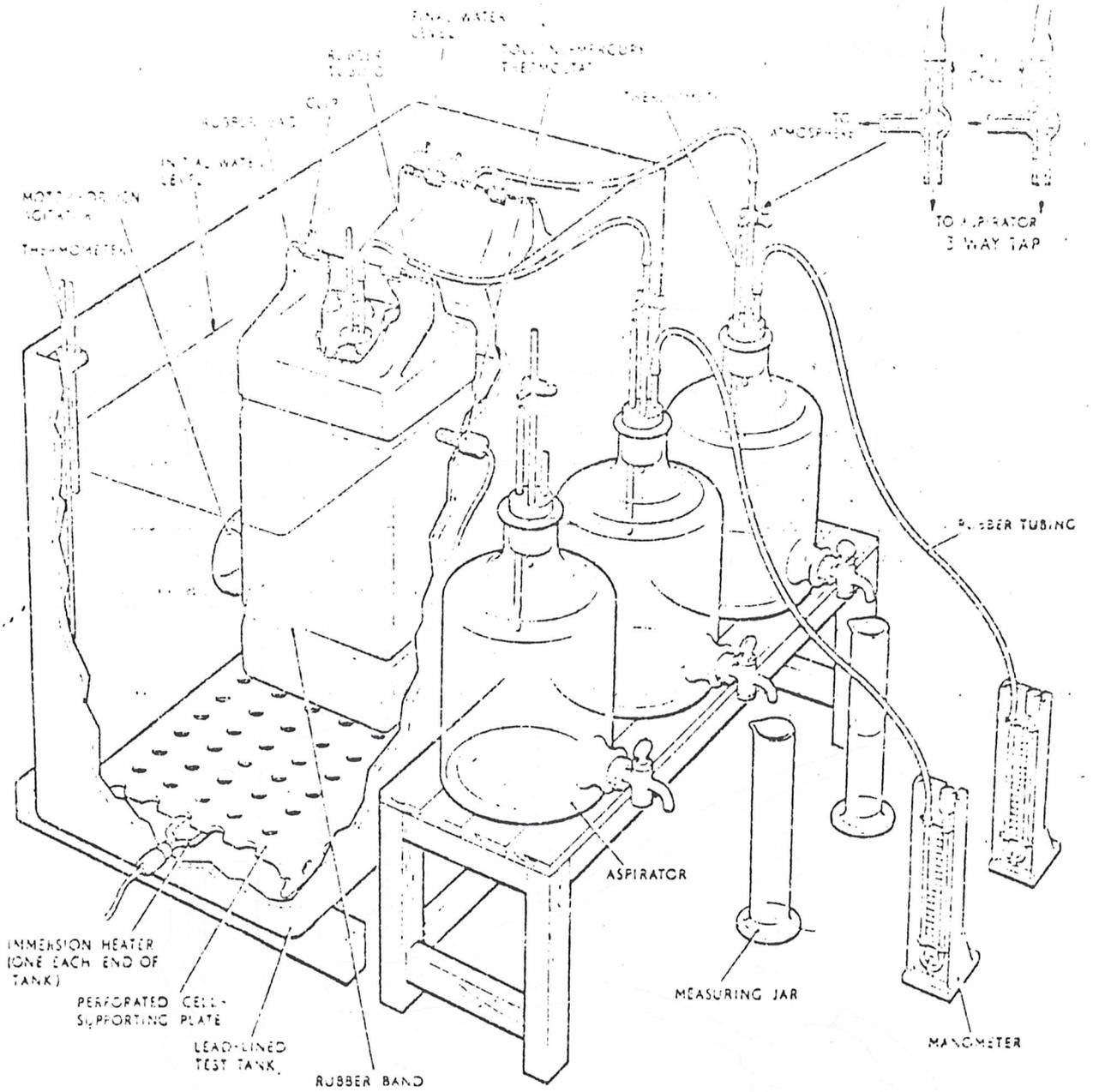
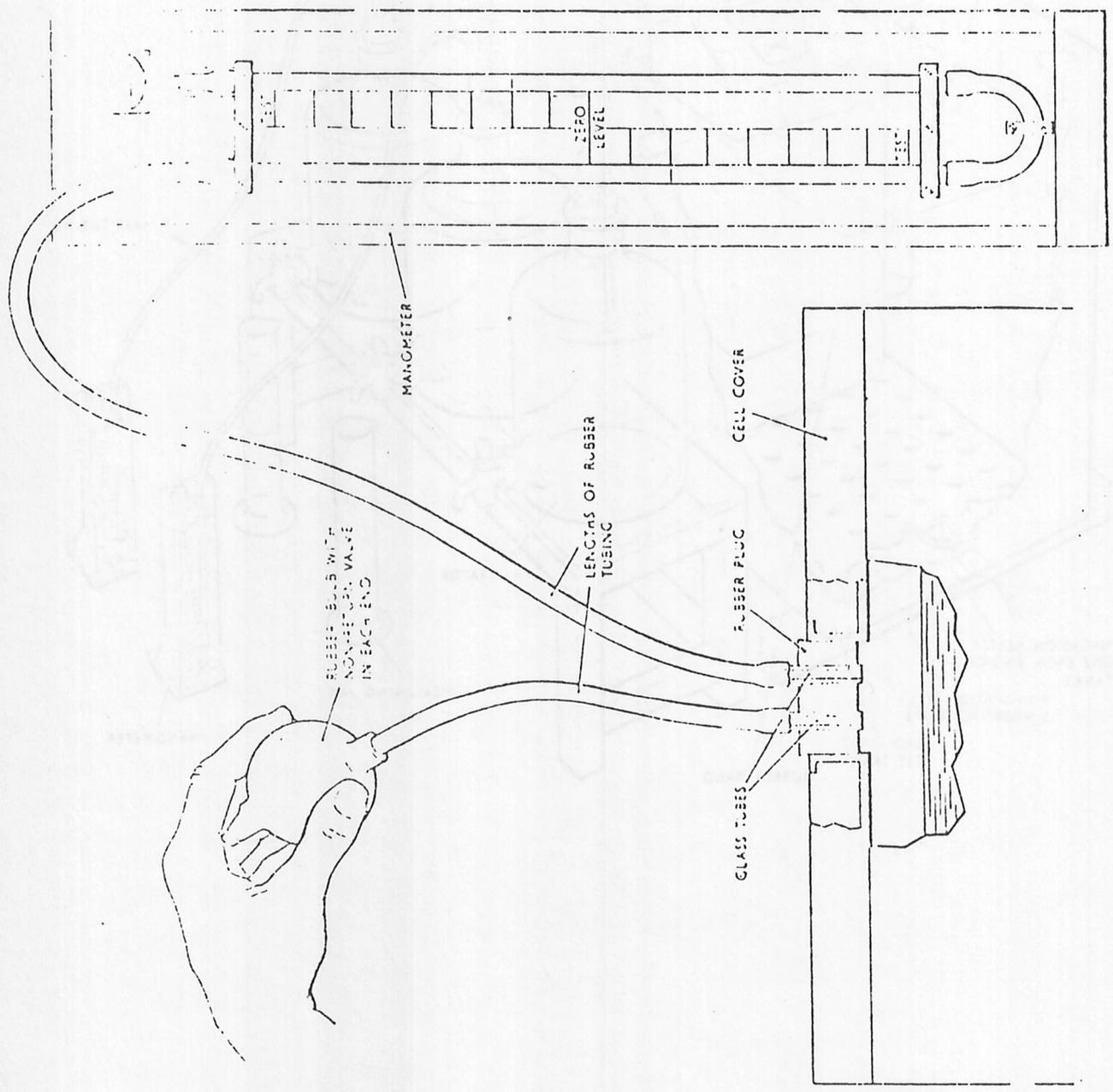
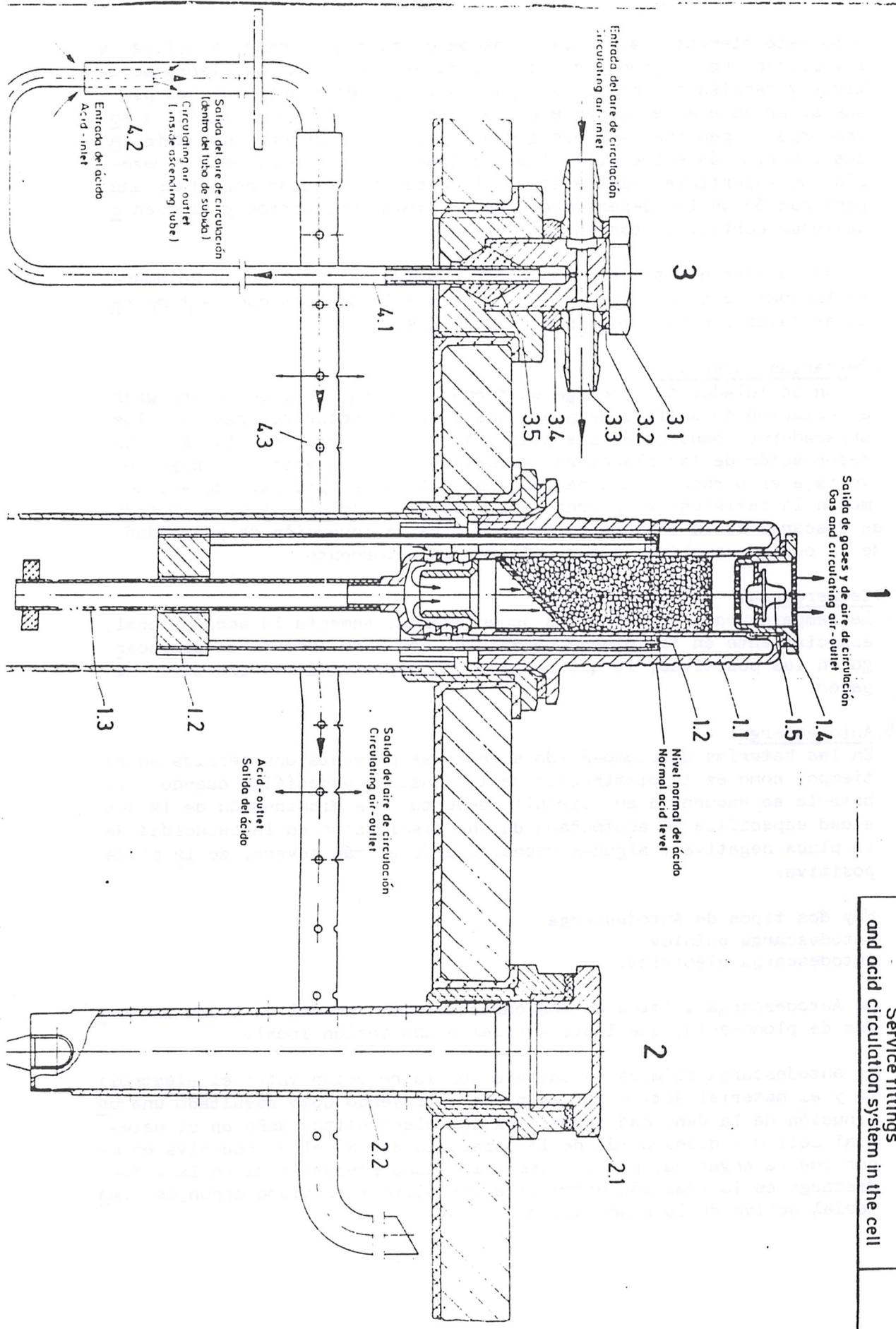


FIGURA N° 8



Aparatos de operación
y sistema de circulación del ácido en la celda
Service fittings
and acid circulation system in the cell



Como este elemento (sulfato) es menos denso que la materia activa de las placas que lo producen, ocasionará esfuerzos en las placas positivas y también distorsiones o pandeos. La deformación de las placas se produce especialmente si se somete la batería sulfatada a sobrecargas repentinas y prolongadas. Las placas severamente deformadas comprimirán entre ellas las esquinas de los separadores y rozarán las superficies centrales. Esto puede tener como resultado una perforación de los separadores que no llevan protección y también ocasionar cortocircuitos en las celdas.

Un acumulador que se hace funcionar a mitad de carga no es solamente incapaz de suministrar su potencia completa, sino que, a temperaturas bajas son más propensos a congelarse.

5.3. Descargas excesivas:

Si un acumulador se descarga en forma excesiva, se produce una gran acumulación de sulfato de plomo que puede provocar roturas en los separadores, pandeos en las placas e incluso cortocircuitos si la deformación de las placas es excesiva. Debido a esto disminuye el voltaje en bornes y la capacidad nominal de las placas, además, aumenta la resistencia interna de las celdas. Además si un acumulador se descarga hasta cero Volts se producirá la inversión de polaridad de la cual se explicaron sus efectos anteriormente.

5.4. Temperatura:

La temperatura elevada en los acumuladores, aumenta la acción local, especialmente en las placas negativas, con esto aumenta la sobrecarga en las positivas, lo que origina un desprendimiento excesivo de gases.

5.5. Autodescarga:

En las baterías de plomo-ácido siempre se presenta una pérdida en el tiempo, como es la disminución de la densidad específica cuando la batería se encuentra en circuito abierto. La disminución de la densidad específica es acompañada de una disminución en la capacidad de la placa negativa y algunas veces, cuando es más severa, de la placa positiva.

Hay dos tipos de Autodescarga:

- a) Autodescarga química.
- b) Autodescarga eléctrica.

- a) La Autodescarga Química es una característica normal en todas las celdas de plomo-ácido que lleva a veces a una acción local.

La autodescarga química es causada por la reacción entre el electrolito y el material activo de las placas, trayendo como resultado una disminución de la densidad específica del electrolito, daño en el material activo y disminución de la capacidad de las placa positiva es menor que la negativa, por lo mismo, la causa predominante en la autodescarga es la reacción entre el electrólito y el plomo esponjoso (material activo de la placa negativa).

La reacción normal (debido a la autodescarga) en la placa negativa, es la formación de sulfato de plomo ($PbSO_4$) y una evolución de hidrógeno. Como la cantidad de ácido y plomo transformados en la reacción es proporcional a la cantidad de hidrógeno producido, se llega a que el rango de disminución de densidad específica, evolución de hidrógeno y autodescarga son proporcionales. Estos disminuyen o aumentan en proporción con cada uno u otro.

El rango de autodescarga química es más rápido luego de haber finalizado la carga y va decreciendo poco a poco, hasta un valor más o menos constante, siempre que la batería haya sido ciclada lo suficiente hasta haber desarrollado su máxima capacidad. También es incrementada fuertemente con la presencia de cantidades extremadamente pequeñas de impurezas en el electrólito, las impurezas más notorias en la aceleración de este proceso son: el hierro, el níquel, el cloro, ácidos orgánicos y el cobre. Además el antimonio, que es un constituyente de las placas, es también una de las impurezas más dañinas para la celda. Cuando se encuentra como una contaminación en el electrólito se incrementa notablemente la autodescarga química, este generalmente migra de la estructura de la placa positiva a la placa negativa incrementando el rango de reacción entre el electrólito y el material activo de la placa negativa (Pb), por esto se incrementa el rango de autodescarga.

el rango de autodescarga química se ve incrementado además, con el aumento de la densidad específica y temperatura del electrólito.

El rango de evolución de hidrógeno en la puesta en circuito abierto incrementa en proporción con el rango de autodescarga y puede ser usado como muestra del incremento de la autodescarga con la temperatura. Pruebas en laboratorio han demostrado que el nivel de hidrógeno liberado es un buen factor para determinar el grado de autodescarga química en baterías mantenidas en buenas condiciones. Una buena pauta es la siguiente:

T (° F)	Hidrógeno desarrollado en porcentaje con relación a 100° F.
80°.....	40%
90°.....	60%
110°.....	150%
130°.....	300%

Aunque la cantidad normal de hidrógeno desarrollado actualmente por las diferentes baterías es extremadamente variable, la rapidez con que evoluciona el hidrógeno y la autodescarga con la temperatura se puede observar claramente con los valores mostrados anteriormente.

La pérdida de capacidad producto de la autodescarga se incrementa con el tiempo en que la batería permanezca en la condición de almacenamiento o circuito abierto (sin una conexión de una carga en sus terminales).

Como las placas están sulfatadas contienen gruesos cristales de sulfato en la superficie, en contraste con el sulfato de plomo finamente cristalino formado durante la descarga. La gruesa capa de sulfato hace bajar fuertemente la capacidad del acumulador ya que no conduce corriente eléctrica.

La fijación de sulfato descrita anteriormente es encontrada solamente en las placas negativas. Los sulfatos formados en las placas positivas son muy fáciles para convertirlos nuevamente en materia activa y no se llegan a fijar a menos que la permanezca en la condición de descarga por períodos largos.

Puesto que es muy difícil inspeccionar las placas para determinar el estado de sulfatación, es necesario confiar en las manifestaciones externas para detectar su presencia. Los indicios típicos de una batería sulfatada son: Una considerable deficiencia en el rendimiento, disminución de la densidad específica al final de la carga, disminución de la tensión en bornes y un aumento de la temperatura tanto en carga como en descarga.

5.6. Tratamiento para la sulfatación:

La falla por sulfatación puede ser remediada si el tratamiento es realizado a tiempo. Antes de decidir que es necesario realizar el tratamiento, se debe estar seguro que las lecturas en las cuales está basado el diagnóstico, hallan sido comprobadas usando densímetro e indicadores de nivel de electrólito; los cuales han sido probados y encontrados en perfecto estado. Se debe realizar más de una lectura, para así comprobar las mediciones.

Una falla por sulfatación puede resultar también de una contaminación del electrólito, por lo tanto, se debe hacer un análisis químico. Antes de realizar el tratamiento de recuperación se procederá a la renovación del electrólito en los casos que se encuentre algún tipo de contaminación.

Las acciones que deben llevarse a cabo para realizar este tratamiento son las siguientes:

- a) A continuación de una carga normal, se debe realizar periódicamente una carga ecualizadora o de compensación, para así asegurar que las placas no se sigan sulfatando, con esto se logra al mismo tiempo, una recuperación uniforme de la capacidad de las placas. Las condiciones para dar una carga ecualizadora o de compensación, serán las necesarias para satisfacer las necesidades de los distintos tipos de celdas fabricados, para lo cual, los operadores deben recurrir a los manuales de instrucción conocer las características de cada una.
- b) La recuperación normal de las celdas demorará de 12 a 24 horas. Se deberán tomar numerosas lecturas de densidad, temperatura y voltaje durante el proceso.
- c) Se debe recurrir a pruebas de descarga, con tiempo de 6 horas, hasta llegar al límite de voltaje de las celdas. En caso de que el límite de tensión se produzca en un tiempo inferior, elevar el tiempo de descarga a 20 horas y continuar la operación hasta el límite de tensión.

Una batería que esté libre de impurezas y que haya sido cargada hasta la tensión final de carga, mostrará usualmente una pequeña autodescarga química. Debido a que un bajo voltaje en la carga disminuye el proceso natural en donde el antimonio es eliminado de la placa negativa como gas de antimonio, durante la fase de gaseo en la carga. Cargando parcialmente y persistiendo en el uso de la carga ecualizadora, también en forma parcial, traerá como consecuencia un bajo voltaje al final de la carga y por razones mencionadas anteriormente, un marcado incremento en la autodescarga.

- b) Un cortocircuito dentro de la celda, da como resultado una autodescarga eléctrica, cuando la batería se encuentra en circuito abierto y se debe generalmente, a que un elemento metálico conductor se ha depositado entre dos placas de distinta polaridad.

El origen de los cortocircuitos es la formación de partículas de plomo esponjoso provenientes de la placa negativa que quedan en suspensión entre el separador y las placas, formando una pasta conductora que puede ocasionar un cortocircuito, si llega a poner en contacto dos placas de distinta polaridad. Un cortocircuito interno ocurre normalmente solo en las celdas próximas a su puesta fuera de servicio o que tengan un defecto, como por ejemplo, que los separadores vengan fallados de fábrica, con una grieta u orificio en donde se deposita el material activo y como esta falla se encuentra entre las placas, puede ocasionar un cortocircuito franco en cualquier momento o formar una baja resistencia que provocaría una autodescarga mayor de lo normal en un breve tiempo. Este tipo de falla en una celda es un proceso lento, pero con el transcurso de los años puede llegar a ser de mucha importancia.

Una falla de este tipo en las celdas es ocasionada generalmente por una carga o descarga excesivamente rápida, esto provoca un desprendimiento de la materia activa de las placas. En el caso de que la batería presente un cortocircuito, al momento de desconectarla de la red y se deje en circuito abierto, la autodescarga se realiza muy rápidamente.

El voltaje de la celda será más bajo que las otras en carga, descarga y en la condición de circuito abierto. En el caso de carga y descarga la celda defectuosa se calentará más de lo normal.

Una autodescarga rápida, cuando los análisis muestren que no hay una excesiva contaminación en el electrólito de la celda, es una buena indicación de que existe un cortocircuito interno.

- 5.7. La sulfatación es una condición donde algunos de los sulfatos de plomo formados durante la descarga no se reconvierten en materia activa con la carga.

La condición de sulfatación aparece siempre que la batería haya sido cargada en forma incompleta por períodos que exceden los 30 días, ya que en este caso el sulfato de plomo no se ha transformado completamente, o bien aparece en las baterías que han sido descargadas a fondo. De lo anterior se puede concluir que las causas principales de la sulfatación son debido a la negligencia, prematura terminación de la carga o el llenado de la celda con electrólito contaminado.

d) Repetir a,b,c.

En el curso de las descargas mantener la temperatura de las celdas lo más bajo posible, no excediendo los 130°F.

El grado de sulfatación no es usualmente uniforme en cada celda, cuidar atentamente el estado individual.

Las mediciones son un beneficio en el proceso de recuperación de la batería si se progresa en el aumento de la densidad específica al final de las sucesivas cargas ecualizadoras. Puesto que las ganancias son usualmente pequeñas, a menos que el grado de sulfatación sea mas alto que el estimado, es vital que las lecturas de densidad específica sean lo más exactas posibles.

Se recomienda, si es posible, pedir los catálogos de fabricación, para instrucción, puesto que estos tratan sobre la sulfatación en forma específica. Estos requerimientos deben ir acompañados del libro de registros de las acciones realizadas en las baterías o una fotocopia de ellos y anotar en un anexo los problemas suscitados en la carga de la batería con precedencia de 6 meses.

Si el tratamiento para recuperar la batería sulfatada falla, en la condición que quedará la batería, una futura recuperación prácticamente no dará resultados.

Se debe comprender que aún cuando la densidad y capacidad son recuperadas con el anterior tratamiento, el desempeño subsiguiente de la batería no será bueno si llegan a formarse nuevamente cristales de sulfato. Se requerirá entonces de cargas extras después de la carga normal como medio de prevención frente al resto de la sulfatación.

En general la mejor manera de asegurar que la batería no sufra fallas por sulfatación es conocer las causas que la originan.

Para la localización de la sulfatación la exactitud de las mediciones de densidad específica y voltaje es vital. Una disminución en la densidad específica y voltaje puede ser controlado (si las lecturas se realizan en cargas a diferentes tiempos no se puede comparar realmente). Como la sulfatación en la mayoría de los casos progresa lentamente, es de mucha importancia que tanto las lecturas como los instrumentos sean exactos. Esta práctica también evitará un tratamiento innecesario a las baterías o algunas celdas que ya no tengan posibilidad de recuperarse.

6.- Impurezas que afectan las celdas.

Cuando una batería se encuentra en funcionamiento ocurren efectos internos que acortan la vida de ésta, en algunos casos estos efectos pueden ser controlados mediante una mantención adecuada y en otros es imposible, debido a las características propias de la celda y del medio en el cual se encuentran funcionando.

La causa más común de envejecimiento prematuro de una batería es debido a la contaminación del electrólito. El electrólito debe tener un especial cuidado en la operación con baterías ya que este puede en algún momento contener impurezas, que al principio pueden ser de índice bajo, pero con el tiempo y la adición de otros elementos pasa a convertirse en el peor enemigo de las placas, tanto las positivas como las negativas.

Es de vital importancia obtener información acerca del efecto de las impurezas en el electrólito de las celdas, para luego usar esta información como una base en la preparación de informes y especificaciones futuras y también, como un medio para determinar el tipo de tratamiento a efectuar en las celdas ya contaminadas.

A continuación se darán los efectos más notorios a que están sometidas las placas estando presentes impurezas importantes.

6.1. Impurezas que afectan a la placa negativa

Los elementos tales como el platino (Pt), cobre (Cu), plata (Ag), estaño (Sn), tungsteno (W), bismuto (Bi), bicromato de sodio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), arsénico (As), antimonio (Sb) y los nitratos (NO_3), se depositan rápidamente en la placa negativa produciendo un considerable gaseo.

El hidrógeno se deposita sobre la superficie de la impureza metálica y el potencial requerido para su liberación es diverso en varios metales. El hidrógeno es más fácilmente liberado en los metales que tienen un bajo sobrevoltaje para la liberación de hidrógeno, tales como el platino y otros metales del mismo grupo. Estos son por consiguiente dañinos para la celda.

El cobre y el estaño teniendo un bajo sobrevoltaje son menos dañinos, otros; teniendo un voltaje superior al potencial de liberación de hidrógeno (cadmio (Cd), Zinc (Zn), y mercurio (Hg)) producen daños pequeños o en algunos casos no tienen efectos.

A modo de ejemplo, la tabla que se da a continuación muestra la acción producida por las impurezas que afectan solamente la placa negativa. Los resultados son expresados como la ganancia en peso de la placa, en gramos y a intervalos de 50 a 500 horas.

IMPUREZA	MATERIAL ADHERIDO	PORCENTAJE DE IMPUREZA	TIEMPO EN HORAS					
			50	100	200	300	400	500
PLATINO	IrCl ₄	0,00001	0,7	1,4	3,0	4,8	6,8	8,4
	"	0,00003	13,2	19,3	26,1	29,9	32,4	34,2
COBRE	"	0,00005	27,4	28,1	28,8	29,2	29,3	29,5
	CuSO ₄	0,008	1,1	2,1	4,0	6,1	8,1	---
PLATA	"	0,04	7,3	10,7	15,6	19,5	23,5	---
	Ag ₂ SO ₄	0,1	15,5	18,6	24,0	---	---	---
ESTANCO	SnSO ₄	0,1	4,6	7,0	9,4	11,0	12,5	13,9
TUNGSTENO	W ₃	0,003	0,3	1,7	3,3	10,0	15,0	20,0
BISMUTO	Bi ₂ O ₃	0,2	4,5	5,8	8,2	---	---	---
Ac. SULFURICO	H ₂ SO ₄	0,05	5,1	6,4	8,5	10,2	11,8	13,6
Bicrom. de SODIO	K ₂ Cr ₂ O ₇	0,05	3,3	5,2	8,4	11,4	14,1	---
ARSENICO	As ₂ O ₃ (+)	0,001	1,3	2,6	4,8	6,9	8,8	10,9
ANTIMONIO	As ₂ O ₃	0,10	0,8	---	---	---	---	---
	Sb ₂ (SO ₄) ₃	0,001	3,8	8,8	16,3	---	---	---
NITRATOS	HNO ₃	0,001	1,3	2,0	3,6	---	---	---
	HNO ₃	0,004	3,1	4,0	5,2	---	---	---
	HNO ₃	0,008	5,3	6,4	7,7	---	---	---
	HNO ₃	0,035	23,0	25,3	27,3	---	---	---

(+) = Estos resultados no son tan confiables como los otros.

--- = A los 50 minutos, la placa gasea y la solución se torna café, y la prueba es abandonada.

La determinación de los efectos de las impurezas se efectuaron mediante ensayos experimentales, realizados en laboratorios. Estos se realizaron en forma cuidadosa y paciente, agregando impurezas al electrolito, previamente medida y analizada, antes de sumergir las placas en el ácido.

Para este efecto, las concentraciones de impurezas son expresadas en porcentaje de peso, existiendo un probable error para la placa negativa, que varía de 0,15 gramos a 50 horas hasta 0,6 gramos a 500 horas.

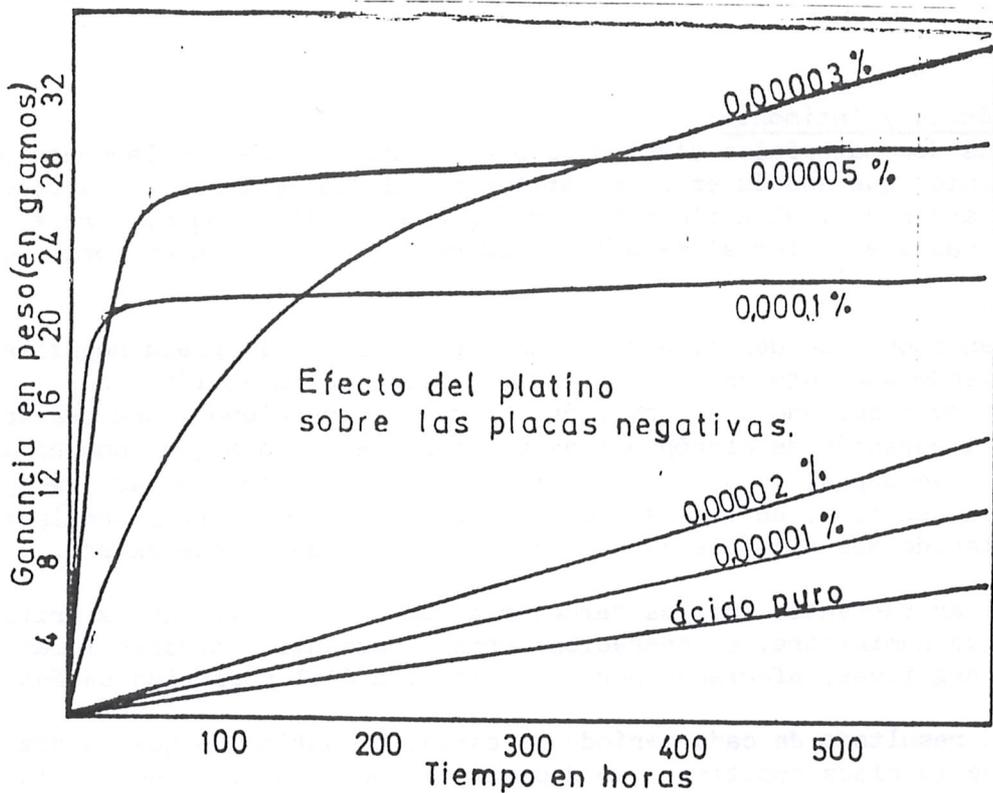
A continuación citaremos algunas impurezas importantes, dando a conocer sus efectos.

6.1. Platino:

El platino fue considerado siempre como una de las impurezas más nocivas, pero esto no es tan común ahora como antes, ya que el ácido sulfúrico actualmente no es concentrado en vasos o jarras de platino.

Cuando la placa negativa es sumergida en electrolito contaminado con platino durante varios minutos, tan pronto comienza el gaseo, la placa es rápidamente descargada.

La presencia de 0,0001 por ciento de platino producirá tal violento gaseo, que la superficie de la placa será aparentemente carcomida y buena parte del platino será removido. Sin embargo, una cantidad menor como un 0,00003 por ciento ataca más lentamente la placa en un principio, pero con el tiempo llega a producir una descarga mayor de la placa, como la siguiente figura (figura N° 10).



Las placas negativas contaminadas con platino quedan inutilizables.

Las curvas de la figura anterior hace posible una estimación de la acción local, en la placa negativa contaminada con platino.

6.2. Cobre y Plata:

Los efectos de estos materiales son menos dañinos cuando se encuentran en una pequeña cantidad. Para que estos efectos sean notorios tiene que haber una gran cantidad de estos metales en la celda.

Una gran cantidad de cobre y plata se deposita en la placa como una masa esponjosa, que después de un tiempo se desprenderá y pasará a formar parte del sedimento en el fondo del recipiente. La ganancia en peso de las placas, será por esto, principalmente sulfato de plomo producido en la autodescarga y, un análisis de electrólito al final del proceso mostrará solamente un muy pequeño rastro de cobre residual.

Estas impurezas no pueden ser eliminadas por cargas y descargas sucesivas, pero su efecto mayor en algunos casos se aliviará con el transcurso del tiempo.

6.3. Bismuto:

El trióxido de bismuto (Bi_2O_3) reacciona con el ácido sulfúrico formando sulfato de bismuto, ($\text{Bi}_2(\text{SO}_4)_3$), éste a su vez se reduce en la placa negativa formándose bismuto nuevamente, con una formación de una cantidad equivalente de sulfato de plomo.

El bismuto se deposita sobre la placa como un polvo de color café.

6.4. Arsénico y Antimonio:

Estos dos materiales afectan la placa negativa, particularmente el antimonio (que además es un constituyente de las grillas). La reacción del arsénico y el antimonio es análoga a la del bismuto, porque en ambos casos el material reducido produce sus efectos en un corto período.

El antimonio se deposita sobre la superficie de la placa negativa produciendo una autodescarga en ésta, a causa de la acción local, trayendo como resultado una formación de sulfato de plomo y una perceptible liberación de hidrógeno (hay que tener en cuenta que como el antimonio se deposita en un muy corto período sobre la masa activa de la placa negativa, un análisis de electrólito lo mostrará generalmente un contenido más bajo que el contenido que verdaderamente existe.).

Los más recientes ensayos demuestran que la corrosión de la grilla positiva suministra, en operación normal, bastante antimonio a las placas negativas, afectando por ende, la vida útil y cíclica de ésta.

Como resultado de cada período de carga, el antimonio que se desprende de la placa positiva, se deposita en pocos minutos en la placa negativa, sin embargo, también en este período el antimonio es liberado al medio ambiente en estado gaseoso. Además el antimonio, que es muy activo, mediante cargas y descargas sucesivas a la celda se cubre con plomo o sulfato de plomo y este efecto asociado con el mencionado anteriormente (liberación de antimonio en forma de gas), se ve disminuido con transcurso del tiempo, afortunadamente para la operación de la celda.

Las placas negativas usadas contienen más antimonio en el material activo que las placas nuevas y por esto es que están sujetas a una mayor acción local, pero esta acción local no es proporcional a la cantidad de antimonio depositado en el material activo.

El máximo voltaje de carga de una celda sin antimonio (u otro material de bajo sobre voltaje para la liberación de hidrógeno) es normalmente mayor que para las celdas comunes, porque la polarización de las placas negativas, que es catódica durante la carga, es mayor cuando el antimonio está ausente. El voltaje máximo de la celda en el proceso de carga no debe superar los 3,0 volts, (recomendándose como máximo de seguridad 2,8 volts) pero este valor en cualquier caso particular dependerá de la intensidad de corriente, resistencia y edad de la batería. Este voltaje excesivo fue citado antiguamente como una posible causa de la corrosión y fallas de la placa positiva. Esto no es muy correcto, de cualquier modo, de un excesivo voltaje resulta una alta polarización solo de las placas negativas, mientras que los potenciales de las positivas no son muy afectados.

Esto es ilustrado en la tabla siguiente, la cual muestra algunas condiciones típicas.

6.4. Arsénico y Antimonio:

Estos dos materiales afectan la placa negativa, particularmente el antimonio (que además es un constituyente de las grillas). La reacción del arsénico y el antimonio es análoga a la del bismuto, porque en ambos casos el material reducido produce sus efectos en un corto período.

El antimonio se deposita sobre la superficie de la placa negativa produciendo una autodescarga en ésta, a causa de la acción local, trayendo como resultado una formación de sulfato de plomo y una perceptible liberación de hidrógeno (hay que tener en cuenta que como el antimonio se deposita en un muy corto período sobre la masa activa de la placa negativa, un análisis de electrólito lo mostrará generalmente un contenido más bajo que el contenido que verdaderamente existe.).

Los más recientes ensayos demuestran que la corrosión de la grilla positiva suministra, en operación normal, bastante antimonio a las placas negativas, afectando por ende, la vida útil y cíclica de ésta.

Como resultado de cada período de carga, el antimonio que se desprende de la placa positiva, se deposita en pocos minutos en la placa negativa, sin embargo, también en este período el antimonio es liberado al medio ambiente en estado gaseoso. Además el antimonio, que es muy activo, mediante cargas y descargas sucesivas a la celda se cubre con plomo o sulfato de plomo y este efecto asociado con el mencionado anteriormente (liberación de antimonio en forma de gas), se ve disminuido con transcurso del tiempo, afortunadamente para la operación de la celda.

Las placas negativas usadas contienen más antimonio en el material activo que las placas nuevas y por esto es que están sujetas a una mayor acción local, pero esta acción local no es proporcional a la cantidad de antimonio depositado en el material activo.

El máximo voltaje de carga de una celda sin antimonio (u otro material de bajo sobre voltaje para la liberación de hidrógeno) es normalmente mayor que para las celdas comunes, porque la polarización de las placas negativas, que es catódica durante la carga, es mayor cuando el antimonio está ausente. El voltaje máximo de la celda en el proceso de carga no debe superar los 3,0 volts, (recomendándose como máximo de seguridad 2,8 volts) pero este valor en cualquier caso particular dependerá de la intensidad de corriente, resistencia y edad de la batería. Este voltaje excesivo fue citado antiguamente como una posible causa de la corrosión y fallas de la placa positiva. Esto no es muy correcto, de cualquier modo, de un excesivo voltaje resulta una alta polarización solo de las placas negativas, mientras que los potenciales de las positivas no son muy afectados.

Esto es ilustrado en la tabla siguiente, la cual muestra algunas condiciones típicas.

DESCRIPCION DE LA PLACA	NUMERO CICLOS	PORCENTAJE DE ANTIMONIO ENCONTRADO EN EL MATERIAL ACTIVO	VOLTAJES DE LA CELDA EN VOLTS (V)	POTENCIAL DE LAS PLACAS CON RESPECTO CON ELECTRO POSITIVA NEGATIVA (V)	
				POSITIVA (V)	NEGATIVA (V)
GRILLA POSITIVA CON PLOMO PURO	1	----	2,61	2,44	-0,15
	50	----	2,79	2,52	-0,24
	115	0,04	2,82	----	-0,25
GRILLA POSITIVA CON 7 % DE ANTIMONIO	1	----	2,61	2,46	-0,13
	50	----	2,73	2,49	-0,22
	115	0,24	2,59	2,52	-0,06
GRILLA POSITIVA CON 10 % DE ANTIMONIO	1	----	2,60	2,44	-0,13
	50	----	2,70	2,51	-0,16
	115	0,46	2,52	2,52	0,00

Estudios sobre el hidruro de amonio (SbH_3), están avanzando los conocimientos acerca de sus efectos.

Este gas es tóxico y se produce en el período de carga. La cantidad de este gas formado aumenta abruptamente cuando la carga es completa y empieza la sobrecarga, este gas es producido conjuntamente con la evolución de hidrógeno.

La placa negativa tiene un depósito de antimonio en el material activo que puede ser parcialmente limpiado por la sobrecarga de la celda con 2,55 volts o más.

Nitratos:

Los nitratos (NO_3) entran comunmente como una impureza en el agua que se le agrega a la celda. Estos iones aparecen y llegan a reducir la placa negativa formando el ión de amonio (NH_4), éste permanece en la solución (ver impurezas que afectan a ambas placas).

El efecto inicial de los nitratos produce un notable incremento de la autodescarga, donde se produce sulfato de plomo y sulfato de amonio.

El incremento en la autodescarga es temporal, desapareciendo en muchas partes, después de que los nitratos son convertidos en iones de amonio.

Cuando los nitratos son encontrados en el electrólito sobre un 0,002 por ciento, se debe hacer un análisis del electrólito 30 días después. Si esta condición persiste, la solución inmediata es la renovación del electrólito después de una carga ecualizadora o de compensación, para luego rellenar con electrólito puro de la misma densidad del electrólito extraído.

6.2. Impurezas que afectan la placa positiva

Entre las impurezas que afectan a la placa positiva se encuentran el ácido acético y algunos componentes orgánicos, tales como el almidón, la glucosa y los extractos provenientes de los separadores de madera (esto último, en las baterías construídas en años anteriores).

Todos estos agentes afectan la placa positiva produciendo un incremento en el rango de autodescarga y una corrosión de la grilla positiva. Especialmente el ácido acético (CH_3COOH). Cuando ésta presenta en la cantidad de un 1% (o más, si la temperatura no es demasiado alta) se podría encontrar en la celda sin causar efectos dañinos, pero a temperaturas mayores, muy pequeñas cantidades destruirían protamente la estructura de la placa positiva.

Ensayos que se han realizado, han demostrado que las placas positivas que están adecuadamente cubiertas con dióxido de plomo (PbO_2) son relativamente inmunes a la acción del ácido acético, pero porciones de la placa que están desnudas o cubiertas solamente son sulfato de plomo, son protamente atacadas.

Los efectos del ácido acético y de los otros componentes se presentan principalmente en el período de carga. El ácido acético como una impureza en el electrólito, tiene pequeños efectos en el rango de sulfatación de las placas (ver tabla siguiente, donde se muestran los efectos de este ácido y los otros componentes que afectan la placa positiva).

Los resultados son expresados como la ganancia en peso de la placa en gramos y a intervalos de 50 a 500 horas.

En este caso el error en porcentaje de peso de las concentraciones es muy pequeño (despreciable).

IMPUREZA	PORCENTAJE DE IMPUREZA	TIEMPO EN HORAS					
		50	100	200	300	400	500
ACIDO ACETICO	0,1	0,4	---	---	---	---	---
	1,0	---	0,9	1,6	---	---	---
	3,0	---	---	---	2,4	3,3	---
	---	3,2	5,2	7,7	9,4	---	---
EXTRACTOS DE SEPARADORES DE MADERA (TRATADOS)	---	8,9	13,5	18,6	21,1	---	---
EXTRACTOS DE SEPARADORES DE MADERA (SIN TRATAR)	---	---	---	---	---	---	---
GLUCOSA	2,0	23,6	26,4	26,8	---	---	---
ALMIDON	0,5	11,5	20,3	25,1	---	---	---

Cuando las placas están sujetas a ataques, se forma plomo acetato. Este es soluble y aumenta los iones de plomo, con tal resultado, que considerable cantidad de sulfato de plomo se deposita sobre la superficie de la placa.

El ión acetato (CH_3COO^-), viaja hacia la placa positiva de la celda y ataca el plomo repentinamente cuando éste se encuentra cubierto solo con sulfato de plomo, ya que este es menos denso que el dióxido de plomo. Ocurre entonces una expansión y la placa tiende a aumentar de tamaño, mientras que tiempo después, la placa perderá fuerza mecánica y posteriormente se desintegrará.

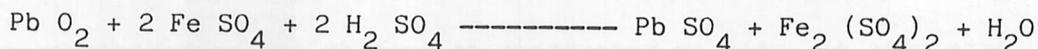
6.3. Impurezas que afectan a ambas placas

Entre las impurezas que afectan a ambas placas se encuentran:

Hierro

El hierro es talvez una de las impurezas más comunes. Cuando el hierro sobrepasa el límite determinado, actúa de tal forma en desventaja de las placas; que especialmente las positivas pierden su masa activa en forma prematura.

El hierro es oxidado en la placa positiva y reducido en la placa negativa, resultando de esto una descarga de ambas placas. El hierro se encuentra en la solución como sulfato ferroso (FeSO_4), este es sulfato por el material activo de la placa positiva formando sulfato férrico, acompañado con la formación de sulfato de plomo y agua. Esto es demostrado con la siguiente ecuación:



La ecuación muestra claramente como el sulfato ferroso es oxidado hacia la condición férrica y también como se produce la descarga de la placa positiva. El sulfato férrico así formado llega a la placa negativa reacciona con el plomo entregando el sulfato extraído de la reacción con la placa positiva, formándose de esta manera sulfato ferroso y sulfato de plomo en la placa negativa.

Este ir y venir de la condición ferrosa a la condición férrica produce una constante autodescarga de ambas placas y conduce a un desprendimiento violento y prematuro de la masa activa de la placa positiva y a una sulfatación de la placa negativa.

Cloros y Cloruros:

El ácido clorhídrico (HCl) es un solvente para el plomo. Este ataca conjuntamente el plomo esponjoso de la placa negativa y el dióxido de plomo de la placa positiva. En ambos casos se forma sulfato de plomo.

En la placa positiva se libera gas de cloro durante la carga, esto tiende a calmar los efectos del cloro en la celda, pero se sabe que algunos cloros son retenidos como perclorato cuando la celda es ciclada y para poder determinarlos se necesita un análisis químico del electrólito.

El efecto del cloro como una impureza, produce una baja capacidad en ambas placas, siendo mayor en la placa positiva.

El agua salada contiene coloro y en una batería causa autodescarga, formación de sulfato de sodio y gas de cloro.

Amonio:

El amonio (NH_4) se hace presente en el electrólito cuando se usa sulfato de amonio en la preparación de la pasta para las placas empastadas o desde la reducción de los nitratos.

Este produce la autodescarga de ambas placas. Ensayos han demostrado que el amonio estando presente en la cantidad de 0,5 milésimas de porcentaje, provoca una pérdida de un 8% en la capacidad de la batería, cuando ésta permanece en circuito abierto durante un período de 4 semanas después de que ha sido cargada totalmente.

A modo de ejemplo se muestra en la siguiente tabla la acción producida por las impurezas más notorias que afectan ambas placas. Los resultados son expresados como la ganancia en peso de las placas en gramos y a intervalos de 50 a 500 horas.

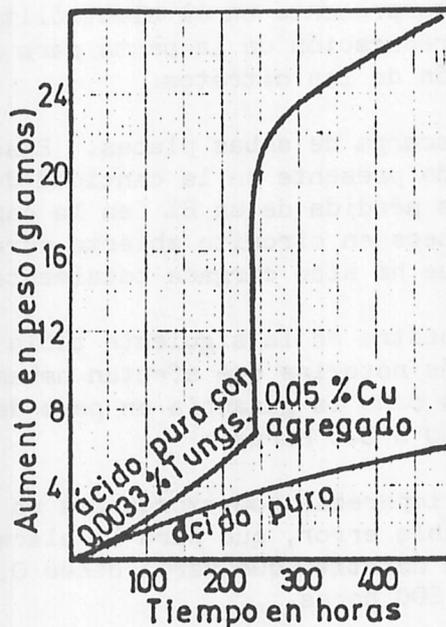
Las concentraciones de impurezas son expresadas en porcentaje de peso, existiendo un probable error, que para la placa positiva es muy pequeño y para la placa negativa que varía desde 0,15 gramos a 50 horas hasta 0,6 gramos a 500 horas.

	IMPUREZA	MATERIAL ADHERIDO	PORCENTAJE DE IMPUREZA	TIEMPO EN HORAS					
				50	100	200	300	400	500
PLACA POSITIVA	HIERRO	FeSO_4	0,012 0,08 0,4	0,8 1,5 5,6	0,9 1,8 6,8	1,1 2,2 7,2	1,5 2,3 7,5	---	---
	CLORO	HCl NaCl	0,5 1,0	5,5 23,7	7,1 25,4	8,2 26,0	11,9 26,2	13,5 ---	---
PLACA NEGATIVA	HIERRO	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	0,012 0,08 0,04	1,2 6,3 2,2	2,0 8,0 3,0	3,4 9,5 4,3	4,6 10,8 5,6	5,8 12,2 ---	7,0 13,6 ---
	CLORO	HCl NaCl	0,02 1,0	0,6 22,0	1,3 27,1	2,7 30,2	---	---	---

7.- Combinaciones de Impurezas

Se ha descubierto que combinaciones de impurezas, tal como tungsteno (W) y cobre (Cu), producen una acción local en la placa negativa, superando los efectos producidos por otras, esto se explica fácilmente si se tiene en cuenta que la presencia del tungsteno produce una disminución en el voltaje de liberación de hidrógeno del cobre, permitiendo la mayor liberación de éste, desde la superficie del cobre.

El tungsteno es una impureza inusual pero proporciona un interesante ejemplo, este ejemplo se representa en la Figura 11.



El dañino y peligroso efecto del cobre en una batería depende más de la combinación con otras impurezas, que de la combinación con otras impurezas, que de la combinación de los efectos producidos por si solo.

Algunas acciones locales son producidas por los gases oxígeno e hidrógeno, los cuales son producidos cuando las celdas están en carga, sin embargo, la reacción causada por estos gases, cuando el electrólito está saturado, en la parte final de la carga, es pequeño en comparación con la capacidad total de la celda.

A modo de ejemplo se dan algunas combinaciones de cobre con otros metales en la tabla N° 8.

Los resultados son expresados como la ganancia en peso de las placas en gramos y a intervalos de 50 a 500 horas. Las concentraciones son expresadas en porcentaje de peso, existiendo un probable error, que para la placa positiva es muy pequeño y para la placa negativa que varía de 0,15 gramos a 50 horas hasta 0,6 gramos a 500 horas.

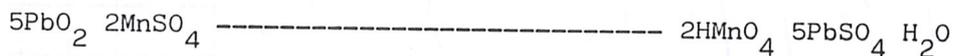
SOLUBLE EN ACIDE	MATERIAS ADHERIDAS	PORCENTAJE DE IMPUREZA	TIEMPO DE ADICION DE SOLUBLE EN ACIDE	TIEMPO EN HORAS					
				50	100	200	300	400	500
TURBIDIDAD ACIDE	Ag_2SO_4 CuSO_4	0,005 0,05	240	1,1	2,4	5,4	23,1	25,6	26,7
NEBLINADO ACIDE	Hg_2SO_4 CuSO_4	0,01 0,05	145	0,8	1,7	31,6	31,8	34,0	34,2
NEBLINADO ACIDE	KOC_2 CuSO_4	0,01 0,05	145	1,1	2,0	30,5	---	32,4	40,0
LINEA ACIDE	Zn CuSO_4	0,01 0,05	145	1,2	1,6	24,0	33,7	33,2	---
ARCOS ACIDE	As_2O_3 CuSO_4	0,001 0,05	145	1,0	2,0	23,2	25,8	28,0	29,2
ANTIPLACAS ACIDE	$\text{Sb}_2(\text{SO}_4)_3$ CuSO_4	0,001 0,05	145	3,0	6,8	28,0	28,5	28,0	36,0

OTRA IMPUREZA

Manganeso:

La fuente de donde proviene la contaminación del manganeso no ha sido establecida, pero se sabe que éste es encontrado en las aguas naturales, ésta tiende a ser ácida, por lo tanto, no puede ser usada en las celdas.

Cuando la celda está contaminada con manganeso, el electrólito se torna violeta en la carga, indicando la formación de ácido permangánico (HMnO_4). Esto se explicó con la siguiente ecuación:

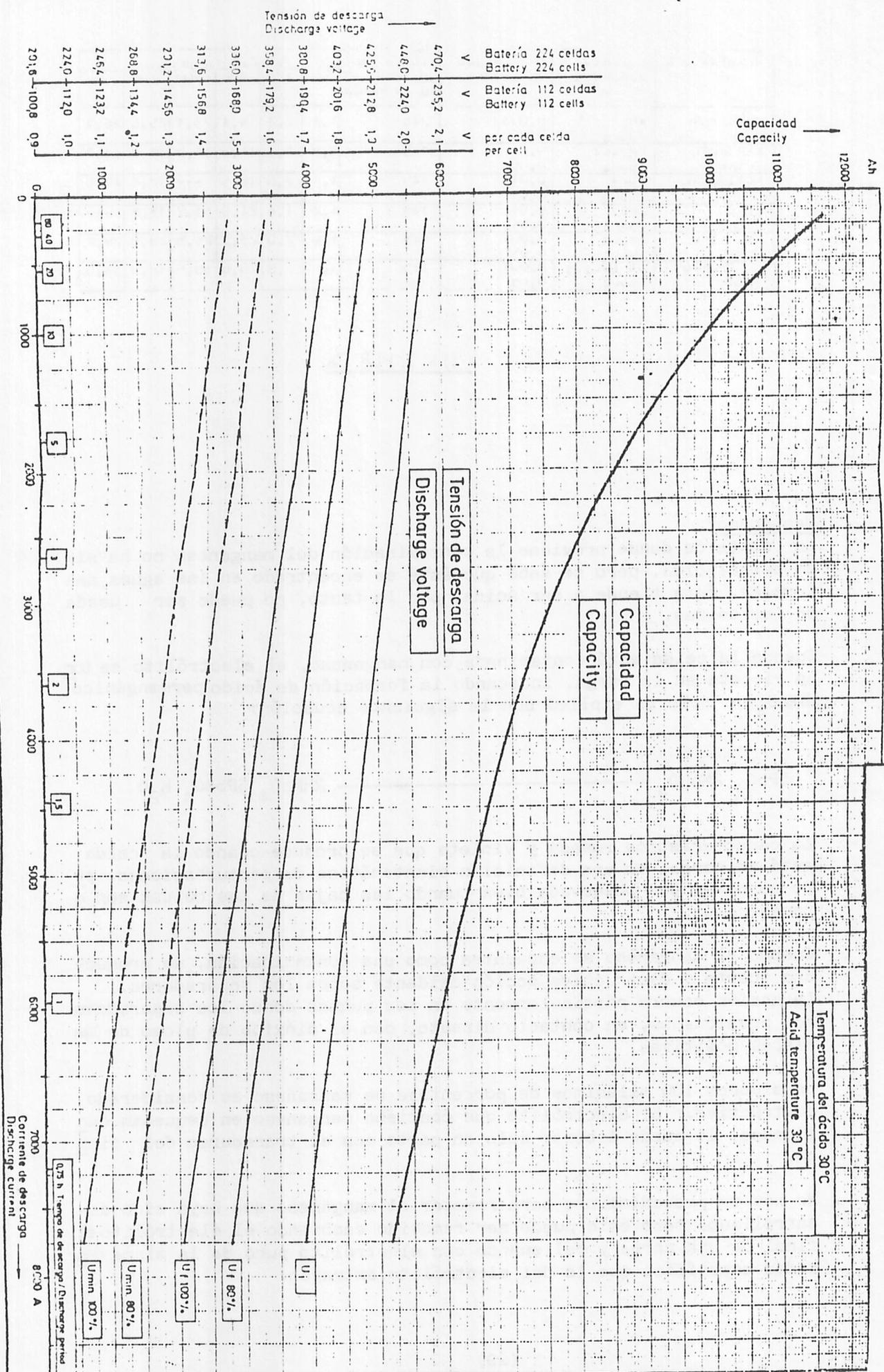


La característica rosada y violeta que se produce cuando la celda está en carga, es una definición sistomática de perturbaciones, pero no puede ser observada bien cuando las cajas de las celdas son opacas.

Cuando el manganeso se encuentra como una contaminación, se produce una fuerte y destructiva acción oxidante sobre los separadores. La acción ocurre particularmente en los puntos donde los separadores son presionados, en contacto directo, con el dióxido de plomo de las placas positivas.

Unos pocos 100 milésimos de porcentaje de manganeso es considerado destructivo. El electrólito que contiene manganeso en pequeñas cantidades, lo puede liberar solo en parte con el transcurso del tiempo.

No hay un procedimiento para remover el manganeso que haya sido desarrollado, pero éste puede ser removido cambiando el electrólito al final de una carga y rellenando con electrólito puro de la misma densidad específica que la del electrólito extraído.



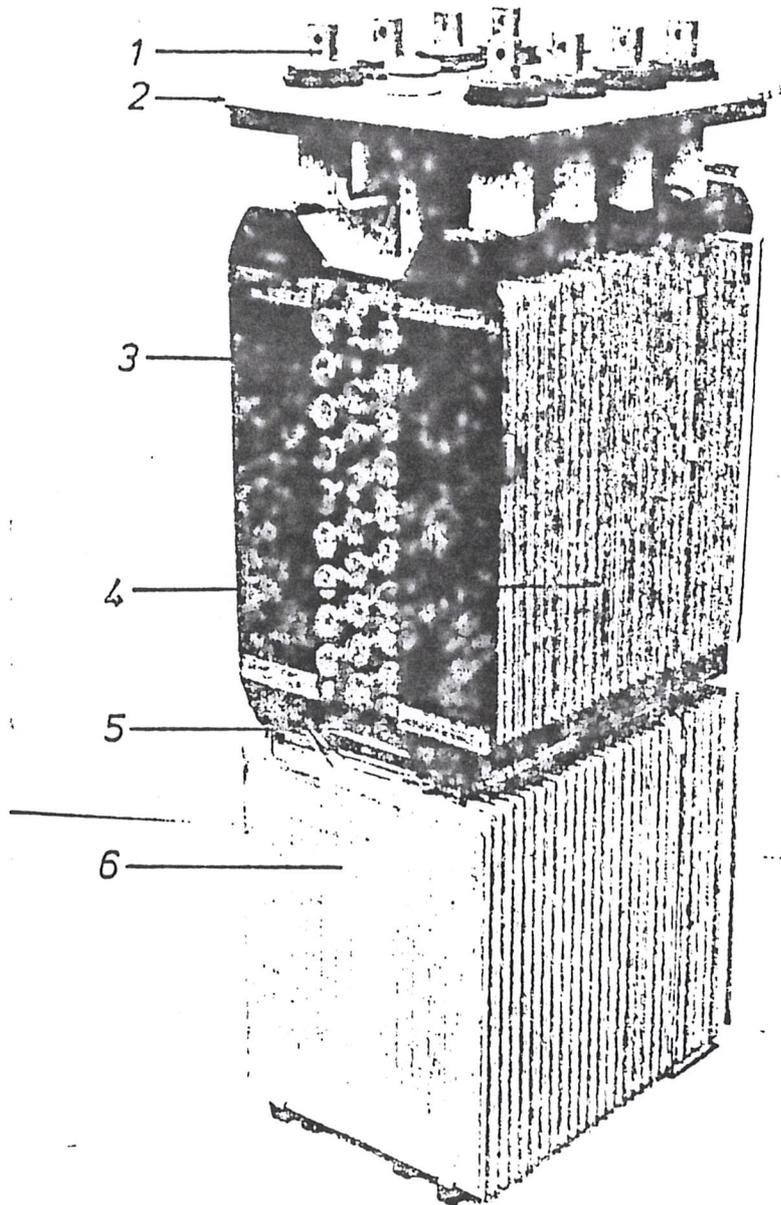
Bateria 224 celdas
 Battery 224 cells
 Bateria 112 celdas
 Battery 112 cells
 por cada celda
 per cell

Temperatura del ácido 30°C
 Acid temperature 30°C

Corriente de descarga
 Discharge current
 0.75 A
 8000 A

Elemento del tipo de construcción en pisos

Bloque de placas



- 1 Cobrejunta del borne
- 2 Tapa del recipiente
- 3 Conductor lateral
- 4 Bloque de placas superior
- 5 Cubeta colectora del sedimento
- 6 Bloque de placas inferior

Elemento del tipo de construcción en placas

Sección de placas



- 1 Capa de placas
- 2 Capa de placas
- 3 Conductor lateral
- 4 Bloque de placas superior
- 5 Cubeta colector del sedimento
- 6 Bloque de placas inferior