

Comité de Estudio: 11

IV SESEP: CE 11.07

SUBSTITUCIÓN DE CONJUNTOS DE ACUMULADORES ALCALINOS DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE ITAIPU

JORGE ANTONIO FLECHA ALMEIDA
 Itaipu Binacional

CARLOS LUIS FRUTOS CABRERA
 Itaipu Binacional

Jorge Antonio Flecha Almeida
 Central Hidroeléctrica de Itaipu – Teléfono: 061-5992693 – Email: jafa@itaipu.gov.py

RESUMEN

Este trabajo se propone describir las ventajas técnico-económicas obtenidas en la sustitución de los acumuladores alcalinos en uso, por otras de menor capacidad, en el Sistema de Iluminación de Emergencia de la Central Hidroeléctrica de Itaipu. Se muestra resumidamente la situación de las instalaciones, mantenimientos ejecutados y modificaciones en los equipos relacionados con los conjuntos de acumuladores alcalinos, describiendo los trabajos realizados hasta el momento, incluyendo pesquisas características y ensayos realizados, que llevaron a concluir en la aplicación de esta metodología de reducción de capacidad de los acumuladores alcalinos a ser adquiridos.

También se muestran comparativos de costos/ beneficios, resultantes de la utilización de estos nuevos equipos y sus alcances, incluyendo el retorno de la inversión efectuada.

Como conclusión se presenta un parecer definido, que justifica acabadamente la utilización de esta práctica en la Central Hidroeléctrica de Itaipu.

Palabras claves: Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC's), Fluctuación, Combate al Desperdicio de Energía, Central Hidroeléctrica de Itaipu (CHI), Itaipu Binacional (IB), Sistema de Corriente Continua (SCC)

1- INTRODUCCIÓN

El Sistema de Corriente Continua (SCC) es una fuente alternativa de energía con que cuenta la CHI. Esta destinado a suministrar energía para el Sistema de Control y Protección de las unidades generadoras, de otros equipamientos y la alimentación del Sistema de Iluminación de Emergencia.

Las instalaciones del Sistema de Servicios Auxiliares en Corriente Continua de la CHI, alimentadas por redes de

energía con tensión nominal de 125 Vcc, está constituida por cargadores de baterías, tableros de distribución y conjuntos de acumuladores, que se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

LOCAL	FUENTE ALIMENTACIÓN			APROVECHAMIENTO
	Cantidad	Cargador	Acumulador	
Casa de Máquinas	10	200 A	700 A/h	Iluminación de emergencia
	04	100 A	400 A/h	Iluminación de emergencia
	10	300 A	700 A/h	Control/protección
	02	75 A	330 A/h	Comunicaciones
	04	150 A	700 A/h	Comunicaciones
	04	60 A	250 A/h	Diesel de emergencia
Presa Principal	06	150 A	285 A/h	Ilum/Control/Protección
	02	75 A	160 A/h	Ilum/Control/Protección
Vertedero	02	35 A	100 A/h	Ilum/Control/Protección
	02	30 A	100 A/h	Grupo Diesel
Subestación MD	02	235 A	450 A/h	Ilum/Control/Protección
	01	15 A	100 A/h	Diesel de emergencia
	01	20 A	80 A/h	Diesel anti incendio
	02	50 A	235 A/h	Comunicaciones
Control Centralizado	02	150 A	400 A/h	Ilum/Control/protección
SAMD	01	24 A	140 A/h	Ilum/Control/Protección

Los conjuntos de acumuladores de la CHI, son en gran mayoría alcalina, debido a su mayor vida útil y facilidad de mantenimiento. Los acumuladores alcalinos tienen un periodo de vida útil que va de 15 a 20 años, toda vez que las mismas hayan sido sometidas a mantenimiento, transporte y almacenamiento, dentro de los parámetros exigidos.

En los 52 conjuntos de acumuladores alcalinos en uso, están disponibles 4.108 acumuladores, con aproximadamente 2.045.850 Amper/hora latentes o fluctuantes.

Por otro lado en los 05 conjuntos ácidos existentes, se disponen de 250 acumuladores con 61.400 Amper/hora fluctuantes.

Actualmente en la CHI, todo el Sistema de acumuladores esta pasando por procesos de reordenamiento, recuperación y en caso final de sustitución, ya sea por procesos normales de mantenimiento (trimestral o anual) o por necesidad perentoria, debido a su bajo rendimiento.

Estos elementos acumuladores, utilizados no solamente para iluminación de emergencia, como también para otras funciones (control/protección), por sus años de utilización u otros motivos, ya llegaron en su gran mayoría al limite de vida útil, y ya fueron realizadas las sustituciones de algunos, todos ellos en uso en iluminación de emergencia; por otras de capacidades reducidas, tomando en cuenta la reducción de las cargas en estos conjuntos a través del fuerte impulso del Programa de Combate al Desperdicio de Energía, que la IB viene implementando en la CHI.

Dentro de las actividades que la IB viene desarrollando, en concordancia con el Programa de Combate al Desperdicio de Energía, está la sustitución gradual de las lamparas incandescentes en uso en el Sistema de Iluminación de Emergencia, por otras lamparas fluorescentes compactas (LFC's), que reducen considerablemente las cargas instaladas, lo que por lógica consecuencia acarrea una reducción de la capacidad de los acumuladores que fueron y serán adquiridos futuramente.

La IB tiene pensado promover la sustitución de todos los demás conjuntos de acumuladores, de acuerdo a la necesidad impuesta al Sistema, sobre todo por la progresiva perdida de capacidad, por otro nuevos que serán dimensionados acorde con las necesidades reales de la red (demanda, autonomía y tensión final de descarga)

Este procedimiento, una vez acabado plenamente, representará no solamente una fuerte reducción de la carga a ser sustentada por los diferentes conjuntos de acumuladores, sino también una considerable reducción en la carga presupuestaria.

2- MANTENIMIENTO/TRABAJOS REALIZADOS

La confiabilidad operativa de que disponen los acumuladores alcalinos instalados en la CHI, es tal en cuanto su capacidad acumulada sea \geq que 60 % de la nominal.

En el Sistema de Corriente Continua de la CHI, se tiene marcado un estricto cumplimiento de las rutinas de mantenimientos preventivos (trimestrales, anuales, cuadrienesales)

En los conjuntos acumuladores, el mantenimiento preventivo trimestral radica en especial en la medición de la tensión de fluctuación, temperatura y densidad del electrolito (hidróxido de potasio) de cada uno de los elementos.

En el mantenimiento anual, la rutina se centra en el ensayo de descarga del conjunto, lo que acabadamente nos dará la capacidad de cada uno de los elementos a lo largo de las 05 horas que durará este proceso. En este periodo también es tomada muestra de electrolito, por medio del cual se conocerá la densidad actual y el grado de componentes impuros con que cuenta.

Se considera un elemento alcalino en situación crítica, cuando en el mantenimiento trimestral, la tensión de fluctuación alcanzara un valor \leq 1,32 Vcc, con temperatura en torno a los 27°C y con una densidad de 1,17/1,19 g/cm³

De la misma manera un acumulador alcalino se considerará en estado delicado cuando en un tiempo no mayor de 03 horas, la tensión de descarga del mismo sea \leq 1,00 Vcc.

Tomando en cuenta el intenso proceso de perdida de capacidad que vinieron sufriendo los acumuladores, hizo necesario un acompañamiento permanente de sus condiciones de funcionamiento.

Considerando que los conjuntos de acumuladores que sustentan la carga de iluminación de emergencia de la CHI son las mas comprometidas, los seguimientos realizados se han centrado en las mismas y los resultados a fines de 1.996, se muestran en el cuadro de abajo.

LOCAL	CAPACIDAD NOMINAL	CANTIDADDE ACUMULADORES CARGA EN % DE LA NOMINAL		
		<60	60 < < 70	>70
CASA DE MÁQUINAS	700 Ah	88	52	800
	400 Ah	19	19	338
PRESA PRINCIPAL	285 Ah	80	19	465
	160 Ah	--	26	162
VERTEDERO	100 Ah	42	40	106
SEMD	450 Ah	--	---	188
CONTROL CENTRAL	400 Ah	05	09	174

La preocupante visión que nos mostraba en eso entonces esta tabla, impulsó de sobremanera los diferentes procesos de recuperación, reordenamiento y sustituciones de elementos, que a partir de ahí comenzaron a ser ejecutados. Esto es desde la óptica de los propios conjuntos de acumuladores, como así también los diferentes programas relativos al Combate al Desperdicio de Energía.

Para los casos en que los acumuladores presentaban tensiones de fluctuación reducida, en principio se han probado recuperarlos con la limpieza de placas, acción esta que resultó exitoso técnicamente hablando, pero con alto costo financiero, motivo que llevó a descartarlo, ya que el poco tiempo de vida útil que les quedaba implicaría en una inversión de bajo retorno económico.

Se han realizado también cambio total de electrolitos con excelentes resultados y bajo costo operativo. Para este proceso se ha digramado todo un cronograma de trabajos y rutinas de ensayos, que llevado al campo a redundado en excelentes resultados.

El Cambio de Electrolito (Hidróxido de Potasio), consiste básicamente en desalojar o vaciar totalmente el contenido del acumulador en cuestión y volver a llenarlo con electrolito nuevo, con densidad adecuada. Este proceso del cambio no deberá exceder los 10 minutos y la densidad comprendida entre los 1,17 y 1,19 g/cm³

Una vez cambiado el electrolito, el elemento acumulador deberá ser sometido a una carga de equalización (nivelación) de 04 horas, y la tensión medida al final de la recarga no deberá ser <1,37 Vcc.

Considerando la descarga de estos acumuladores en los que fueron cambiados los electrolitos, nos han demostrado excelente rendimiento.

En cuanto a los ensayos de descarga (mantenimiento anual), fue ampliado en un periodo de 05 horas, de modo a tener una visión más amplia y futurista del comportamiento de cada elemento y poder así programar mantenimientos preventivos. Fue establecido que la descarga de los bancos no paren hasta que solo se tenga el 20 % de lo acumuladores con tensión >1,00 Vcc.

Normalmente el parámetro de mediciones realizadas en descarga es basado en la 3ª hora, pues por principio de seguridad, el Sistema de Emergencia de la CHI, deberá estar en condiciones de suministrar energía por no menos de 03 horas. El Sistema Operativo de la CHI, garantiza la reposición de energía en un tiempo no mayor que en 30 minutos, a través del Sistema de Generación de Emergencia, no obstante este periodo nos bastó para evaluar la respuesta que pueda dar un elemento acumulador a este tipo de eventualidades.

Fue desarrollado en la IB, un software que nos permitirá tener un banco de datos de los diferentes conjuntos acumuladores, n° de series, tipos de elementos, datos de mantenimientos trimestrales, datos de mantenimiento anuales, que sometidos al programa en cuestión, nos dará una tendencia de la vida útil

de cada elemento en los siguientes años, permitiéndonos con eso tomar medidas predictivas de mantenimiento.

En cuanto a la aplicación del Programa de Combate al Desperdicio de Energía en la CHI, se ha emprendido el trabajo de implementación de LFC's en substitución de las lamparas incandescentes existentes. Estas LFC's son instaladas juntamente con inversores/reactores, adaptados convenientemente. En la tabla siguiente presentamos la cantidad de lamparas incandescentes existentes a ser substituidas

Lampara	40 W	60W	100W	150W	300 W	500W
Cantidad	1.045	62	3.129	02	565	09

Las experiencias realizadas llevaron a concluir en la tabla de substitución siguiente:

Lampara incandescente existente	< 150 W	> 300 W
LFC's a instalar	9 W	4 x 11 W

Este trabajo es el comienzo de un proceso que busca mas allá del Programa de Combate al Desperdicio de Energía, economizar mano de obra en la reposición de lamparas quemadas (vida útil prolongada de LFC's) y reducción presupuestaria en la compra de nuevos elementos acumuladores.

3- DIMENSIONAMIENTO DE LOS NUEVOS CONJUNTOS DE ACUMULADORES

Para el dimensionamiento de los nuevos conjuntos de acumuladores adquiridos, fueron tomados en cuenta los siguientes puntos:

- . La reducción de la carga a 1/7 por cuenta de la substitución de lamparas incandescentes por fluorescentes compactas.
- . Normas de Sistemas Contra Incendio que establecen para el Sistema de Iluminación de Emergencia, una autonomía mínima de 1,5 horas.
- . Factor de depreciación igual a 0,6 por cuenta del criterio de substituir acumuladores con capacidad menor a 60 % de la nominal.

. La condición de operación más desfavorable consistente en dos áreas de iluminación dependientes de un solo conjunto de acumuladores. En condiciones normales de operación, un conjunto de acumuladores alimenta un solo sector de iluminación.

Esto resultó en un valor de 1/3 de la capacidad prevista por el proyecto original.

Para los cargadores asociados a estos conjuntos de acumuladores fueron tomadas las siguientes providencias:

. Fue reajustada la limitación de corriente en condición de fluctuación a 0,4 C; siendo C la capacidad nominal de los acumuladores.

. Como el conjunto de acumuladores actúa como un capacitor que filtra las componentes armónicas de la tensión de salida, al reducir la capacidad de los acumuladores se tuvo que aumentar el valor de los capacitores del filtro de salida para poder mantener la tensión de rizado (ripple) dentro de la franja de 2,5 Vpp (2 % de la tensión nominal)

Los 4 capacitores electrolitos de 3.700 µF cada uno, fueron sustituidos por 4 capacitores de 10.000 µF cada uno.

4- COSTOS/BENEFICIOS **RETORNO DE INVERSIONES**

Considerando la expectativa de reducción de la carga instalada para el Sistema de Iluminación de Emergencia conforme se mencionó, y la similaridad en el tipo y la autonomía para los nuevos acumuladores que sustituirán a los ahora existentes en uso, obtendrán como beneficio financiero de la implantación de la técnica de Combate al Desperdicio de Energía, la reducción de los gastos con la reposición de los acumuladores a cada periodo de su vida útil admitido en 20 años en media.

El beneficio financiero que se tendrá en la sustitución de los acumuladores alcalinos de la Casa de máquinas se muestra en la tabla siguiente:

LOCAL	CAPACIDAD (A/h) EN USO	CAPACIDAD (A/h) A INSTALAR	TOTAL INSTALADO	TOTAL A INSTALAR
.....				

CASA DE	700 Ah	287 Ah	658.000 Ah	269.780 Ah
MÁQUINAS	400 Ah	161 Ah	150.400 Ah	60.535 Ah

Total de capacidad en uso: **808.400 Ah**

Total de capacidad a instalar: **330.316 Ah**

Considerando un costo medio 2,00 Us\$ por Ah de acumuladores alcalinos, resulta en un beneficio financiero del orden de **956.168 Us\$**, provenientes de la compra de elementos nuevos. Esto es sin tomar en cuenta los beneficios provenientes de la mano de obra que se estará ahorrando en la aplicación de las nuevas técnicas luminotécnicas.

5- CONCLUSIONES

Tomando en cuenta:

- La necesidad inminente de sustitución de los conjuntos acumuladores de la CHI, en especial las pertenecientes al Sistema de Iluminación de Emergencia.
- El reconocimiento que los ensayos realizados en los diferentes acumuladores demuestran con certeza el estado actual de los mismos.
- Que las modificaciones técnicas que fueron y serán realizados en los diferentes equipamientos del Sistema de corriente continua, no ocasionaran perjuicios a los niveles de iluminación/funciones a los que están destinados.
- Que el redimensionamiento de los Conjuntos Acumuladores, aliviará en cierto grado la carga que representa al Sistema de Corriente Alternada los cargadores de acumuladores respectivos, lo que permitirá disponibilizar de esta energía para otras utilidades.
- Que quedan demostradas fehacientemente las ventajas financieras para la IB, con relación a costos/beneficios y a un posible retorno de inversión.

Se tiene entendido que la aplicación de esta técnica está plenamente justificada.

6- BIBLIOGRAFÍA

- Normas técnicas ABNT/DIN
- Catálogos de fabricante de la SAFT-NIFE

7- ANEXOS

ANEXOS

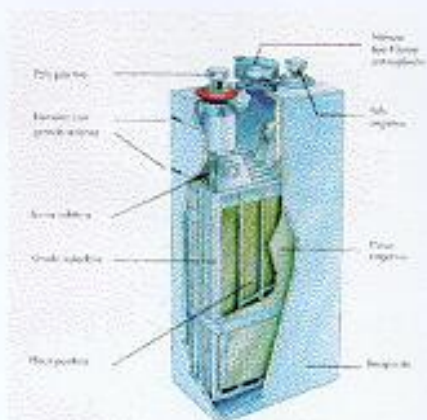


Fig. 1 - Estructura de un acumulador Alcalino utilizado en la CHI



Fig. 2 - Banco de resistencia utilizado como descargador del conjunto de acumuladores en un ensayo de descarga.



FIG. 3 - Instrumento de medición de tensión de acumuladores, con memoria; que permite transferir directamente al computador los datos para ser procesados y determinar así la perspectiva de vida de un acumulador.



Fig. 4- Cargador de acumuladores



Fig. 5 - Tablero de distribución de cargas de C.C de la CHI.



Fig. 6 - Vista interior de un cargador de acumuladores de la CHI.



Fig. 7 – En primer plano los nuevos acumuladores incorporados, en tanto mas al fondo se observan los acumuladores aun en uso.



Fig.10 – Capacitores electrolitos, que fueron sustituidos por otros para mejorar el factor de rizado (ripple)



Fig. 8 – Nos muestra claramente la diferencia de tamaño entre los dos grupos de acumuladores.



Fig. 9 – Una vez sustituido todos los acumuladores de este grupo, se reducirá notablemente el espacio físico ocupado.

Evolução da Capacidade do Elemento

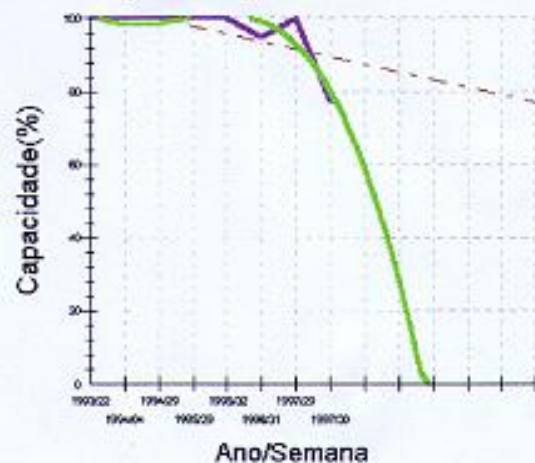


Fig. 11 - La gráfica nos muestra la perspectiva de vida útil de un acumulador alcalino, obtenida a partir de los resultados de los ensayos. La línea azul muestra la pérdida de vida útil, a partir de resultados reales. La línea verde muestra la tendencia de pérdida de capacidad a través de los próximos 5 años.