

DESEMPEÑO DEL EQUIPO CARGADOR DE PILAS

Alfredo Javier Zambrana Zelada

Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca

zambrana.alfredo@usfx.bo

Resumen

El presente estudio evaluó la funcionalidad del equipo cargador de pilas alcalinas REGENBOX (denominado “régénérateur de piles alcalines”), cuyo objetivo principal es prolongar la vida útil de las pilas no recargables. Este dispositivo, de diseño de código abierto y desarrollado por Thomas Ortiz y Cédric Carles, utiliza una patente de dominio público de Karl Kordesh. El RegenBox está diseñado para regenerar o recargar pilas alcalinas AA y AAA enviando corriente en forma de microimpulsos de carga lenta. La metodología incluyó el armado del circuito y el ensamblaje del equipo. Se recolectaron un total de 19 pilas alcalinas (4 AA y 15 AAA) de estado desconocido. El procedimiento de prueba consistió en medir la tensión inicial y someter las pilas (con voltajes iniciales menores a 1.5 Vcc) hasta tres ciclos de carga, con tiempos variables de hasta 560 minutos, y un lapso de espera final de tres días para la medición de la tensión resultante. Las características de salida del equipo medidas fueron una tensión pico a pico (V_{pp}) de 1.08 V y una frecuencia (F) de 7.78 Hz.

Los resultados demostraron que el voltaje de las pilas aumentó en función del tiempo de carga. De las 19 pilas evaluadas, 7 ya presentaban la carga nominal completa, dejando un banco de trabajo de 12 pilas. Se registró un incremento progresivo en la eficiencia del cargador, alcanzando un 41.7% de eficiencia en la primera carga (voltaje >1.40 V), un 75.0% en la segunda (>1.47 V), y un 83.3% con una tercera carga. Además, se observó que el 89.5% del total de pilas mantuvo su carga después de 30 días. Se concluyó que el equipo presenta un desempeño aceptable, incluso sugiriendo que pilas con voltajes menores a 0.9 V pueden ser sometidas a procesos de carga para regeneración. Se recomendó optimizar los parámetros, generalizar la tecnología a más tipos de pilas e implementar circuitos de automatización.

Palabras clave: Regeneración de pilas, Pilas alcalinas, RegenBox, Voltaje, Cargador de pilas, Eficiencia energética.

Abstract

The present study evaluated the functionality of the REGENBOX alkaline battery charger (referred to as “régénérateur de piles alcalines”), whose main objective is to extend the lifespan of non-rechargeable batteries. This open-source device, developed by Thomas Ortiz and Cédric Carles, uses a public-domain patent by Karl Kordesh. The RegenBox is designed to regenerate or recharge AA and AAA alkaline batteries by sending current in the form of slow-charge micro-pulses. The methodology included assembling the circuit and the device. A total of 19 alkaline batteries (4 AA and 15 AAA) of unknown condition were collected. The testing procedure consisted of measuring the initial voltage and subjecting the batteries (with initial voltages below 1.5 VDC) to up to three charging cycles, with variable charging times of up to 560 minutes, followed by a final waiting period of three days to measure the resulting voltage. The measured output characteristics of the device were a peak-to-peak voltage (Vpp) of 1.08 V and a frequency (F) of 7.78 Hz.

The results showed that the battery voltage increased as a function of charging time. Of the 19 batteries evaluated, 7 already had full nominal charge, leaving a working set of 12 batteries. A progressive increase in charger efficiency was recorded, reaching 41.7% efficiency in the first charge (voltage >1.40 V), 75.0% in the second (>1.47 V), and 83.3% with a third charge. Additionally, 89.5% of all batteries retained their charge after 30 days. It was concluded that the device exhibits acceptable performance, even suggesting that batteries with voltages below 0.9 V can be subjected to charging processes for regeneration. It was recommended to optimize the parameters, generalize the technology to more battery types, and implement automation circuits.

Key Words: Battery regeneration, alkaline batteries, RegenBox, voltage, battery charger, energy efficiency.

1. Introducción

Se procedió a la recepción de los componentes y partes del equipo cargador de pilas REGENBOX, denominado regenerador de pilas alcalinas “régénérateur de piles alcalines”, con el objetivo de generar un diagnóstico que permita comprobar su funcionalidad, principalmente de las siguientes recomendaciones de fábrica:

- Pilas alcalinas
- Tensión < 0.9 V → para reciclaje
- Tensión de 0.9 V a 1.3 V → para regeneración
- Tensión de 1.3 V a 1.5 V → para recargar

Una vez armado el circuito y ensamblado el equipo, se recolectaron 19 pilas de estado desconocido. Codificadas se procedió a la lectura de sus tensiones, en pares se fueron cargando variando tiempos y midiendo los voltajes alcanzados en cada etapa.

Los datos obtenidos fueron registrados y analizados para determinar el cumplimiento de su funcionalidad.

2. Marco

2.1 Pilas o Baterías

Una batería se compone de un conjunto de pilas interconectadas entre sí en serie o en paralelo, y a diferencia de algunas pilas, las baterías siempre son recargables.

Las baterías están compuestas por celdas, y cada una de ellas tiene los tres componentes que también encontramos en una pila: un cátodo, un ánodo y un electrolito. Además de estos tres elementos, contienen una cámara de aire y un contenedor para todos estos elementos.

¹Anexo 1

²Regenerar, recuperar sólo parte de su capacidad

³Recargar, consigue capacidad completa

Por tanto, las pilas conllevan un fuerte impacto ambiental y demandan un conocimiento adicional para desecharlas de forma correcta. No obstante, también es cierto que las baterías van perdiendo carga con el tiempo cuando no se utilizan. Las pilas, en cambio, mantienen su carga, aunque no estén en uso (aunque los componentes químicos que la constituyen sí se deterioran).

Las pilas serían generadores primarios de energía, ya que ellas mismas crean la electricidad a partir de la reacción química. Las baterías, sin embargo, son generadoras secundarias de energía, porque necesitan otro dispositivo primario, como es la pila, para generar energía.

Motivos por los cuales encontramos pilas o baterías recargables y pilas desechables, entre las desechables por su composición o por su forma.

➤ **Baterías o pilas recargables. -**

Como su nombre indica, pueden recargarse sin necesidad de desecharlas, por varias veces, lo que evita la contaminación. Entre las principales se tiene:

- **Níquel cadmio.** - Habitualmente de níquel cadmio (NiCd), pilas de níquel e hidruro metálico (NiMH) y pilas de ion de litio (Li-Ion). Las primeras suelen ser las menos habituales por su menor vida útil y cuentan con el gran problema del efecto memoria: la capacidad de carga se ve afectada si se la carga antes de que esté totalmente descargada y puede ser dañino si se libera en el medio ambiente.
- **Níquel metal hidruro.** - NiMH, son las más habituales por no presentar el efecto memoria.
- **Iones de litio.** - Populares debido a su alta capacidad de energía y su bajo efecto de memoria. Tasa de descarga más baja que las pilas NiMH y una vida útil más larga. Sin embargo, también son más costosas, degradación bastante rápida y pueden ser peligrosas si se dañan o se cargan incorrectamente, por su sensibilidad a temperaturas elevadas.
- **Polímero de iones de litio.** - Similares a las pilas de iones de litio, pero son más delgadas y flexibles, lo que las hace adecuadas para dispositivos que requieren una forma específica. Tienen una capacidad de carga alta y una vida útil más larga que las pilas NiMH, pero también pueden ser peligrosas si se dañan o se cargan incorrectamente.
- **Plomo-ácido.** - Las pilas de plomo-ácido son las pilas recargables más antiguas, tienen una vida útil más corta que otros tipos de pilas recargables. Además, contienen ácido sulfúrico, lo que las hace peligrosas si se dañan y pueden ser perjudiciales para el medio ambiente si no se reciclan adecuadamente.

► Pilas desechables. -

Por su composición:

- **Pilas salinas.** - Las pilas salinas funcionan con cloruro de cinc y cloruro de amonio como electrolito. Por lo general son las más baratas y las que menos duran, apenas utilizadas por ser casi siempre las pilas alcalinas las que decide comprar cada consumidor.
- **Pilas alcalinas.** - Tienen una mejor vida útil, durarán más y tienen mayor densidad de energía o lo que es lo mismo, más potencia si el aparato lo requiere. Se diferencian por su composición: utiliza hidróxido de potasio como electrolito encargado de producir la energía, en lugar del cloruro que utilizan las anteriores.
- **Pilas de zinc-carbono.** - Las pilas de zinc-carbono son una alternativa económica a las pilas alcalinas. Tienen una vida útil más corta que las pilas alcalinas y no son tan efectivas en dispositivos de alta potencia.
- **Pilas de litio.** - Las pilas de litio son más ligeras y tienen una vida útil más larga que las pilas alcalinas y de zinc-carbono. Se utilizan en dispositivos electrónicos de alta potencia, como cámaras digitales, marcapasos y audífonos, debido a su capacidad para proporcionar una tensión constante durante un período prolongado de tiempo.
- **Pilas de mercurio.** - Las pilas de mercurio se utilizan en dispositivos electrónicos de baja potencia, como cámaras de película y medidores de glucemia. Sin embargo, están siendo eliminadas gradualmente debido a preocupaciones ambientales ya que el mercurio es un metal pesado tóxico que puede ser dañino si se libera en el medio ambiente

Por su forma:

- **Las más comunes son las Pilas AA:** (UM3 o LR3), también conocidas como “doble A”, son el tamaño de pila más popular, tienen un voltaje de 1,5 V y se usan en una multitud de aplicaciones que requieren un consumo algo alto, pero no constante o demanda energética mínima de uso constante **como calculadoras o relojes de pared, respectivamente.**
- **Las Pilas AAA:** (UM4 o LR6), tienen el mismo voltaje que las AA, pero son más pequeñas. También conocidas como “triple A”, son el segundo tipo de batería más popular. Se utilizan para dispositivos pequeños como controles remotos, temporizadores que consumen menos energía debido a su menor tamaño.
- **Pilas AAAA:** no son tan comunes como las AA y AAA, utilizadas a menudo en linternas LED y punteros láser, medidores de glucosa, controles remotos de audífonos y lápices ópticos, por su buena potencia y tamaño reducido.
- **Pilas C:** perfectas para aparatos que requieren un uso frecuente como juguetes, linternas y radios portátiles, con energía segura y confiable.
- **Pilas D:** Son las más grandes de las cilíndricas, se utilizan en dispositivos que requieren un período prolongado e intensivo de energía, estas pilas funcionan mejor en linternas grandes, dispensadores de toallas de papel, sistemas de ambientadores, calefones y dispensadores de jabón.
- **Pilas de botón:** Son redondas y chatas, y pueden tener un voltaje de 1.5 V o 3 V. Se usan en relojes y calculadoras.
- **Pilas de petaca:** Son rectangulares, grandes y tienen un voltaje de 4.5 V.
- **Pilas PP3:** Son rectangulares y tienen un voltaje de 9 V.

3. Contexto

En el mercado sólo existen equipos para pilas recargables.

Tabla 1. Equipos para pilas recargables

Especificaciones del Producto	Detalle Visual
• Energizer 639837 - Cargador para 4 pilas AA con luz LED, sonido de estado y apagado automático por sobrecarga. (23.98 EUR)	
• Amazon Basics - Cargador para 4 pilas AA con protección contra sobrecargas y tecnología de alimentación conmutada. (13.76 EUR)	
• POWEROWL - Cargador para 8 pilas recargables AA y AAA con indicador LED de carga lenta. (25.99 EUR)	

Fuente: Elaboración propia, 2025

El equipo del presente proyecto, RegenBox indica presentar las siguientes funcionalidades y peculiaridades (mayo 2017)

- Invento de Karl Kordesh, químico y científico austriaco
- Desarrollado por Thomas Ortiz y Cédric Carles, gracias a una financiación colectiva.
- Prolonga la vida de las pilas no recargables
- Minimiza el efecto contaminante
- Dispositivo capaz de recargar o, más exactamente, regenerar las pilas de un solo uso
- Open source basado en una patente que ya pertenece al dominio público.
- Para uso en pilas alcalinas AA y AAA.
- Regenera o recarga, enviando corriente en forma de micro-impulsos, en una carga lenta.

Figura 2 Características del Equipo RegenBox



⁴Fuente abierta que cualquiera puede inspeccionar, modificar y mejorar

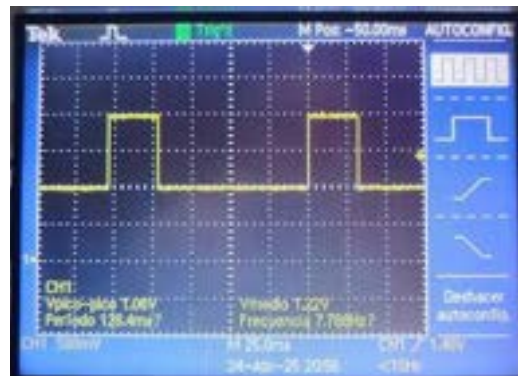


4. Metodología

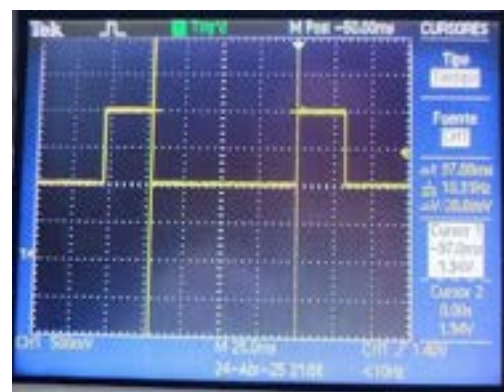
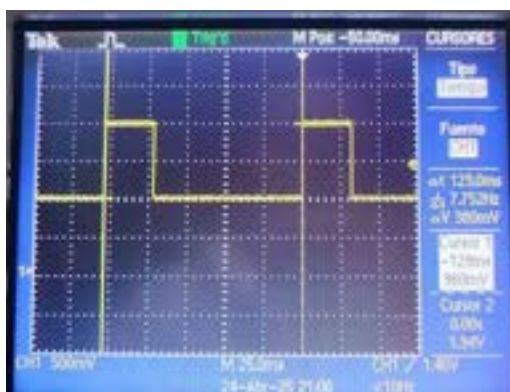
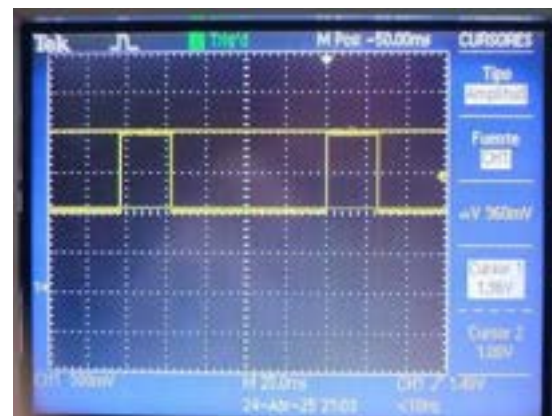
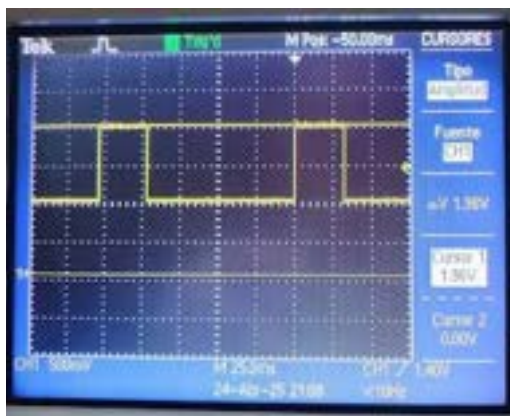
4.1 Características del equipo⁵:

- Temperatura: Ambiental: 22 °C, servicio 0 a 40 °C
- Dimensiones: 172 * 92 * 25 mm
- Entrada: Alimentación vía adaptador USB, conector tipo B, 5 Vcc
- Salida: $V_{pp} = 1.08 \text{ V}$, $F = 7.78 \text{ Hz}$

Figura 3 Señales del equipo



⁵Mediciones realizadas con el Osciloscopio Tektronix TDS 2014B, Anexo 4



4.2 Banco de pilas:

- Se recolectó un banco de 14 pilas (3 AA y 11 AAA) al que adiciona 5 pilas (1 AA y 4 AAA), de estado igualmente desconocido.
- Entrada: Alimentación vía adaptador USB, conector tipo B, 5 Vcc
- Salida: $V_{pp} = 1.08 \text{ V}$, $F = 7.78 \text{ Hz}$

4.3 Procedimiento:

⁶ Anexo 3

- Se toma el Voltaje Inicial “Vo” y se procede a una primera carga en pares de pilas por un tiempo variable desde 120 minutos hasta 560 minutos (pilas con $V_i > 1.5 \text{ Vcc}$ no se cargan) midiendo el voltaje resultante “Vo”.
- A aquellas que no alcanzaron la carga, se procede a un nuevo cargado T1 por 120 minutos, obteniéndose las respectivas resultantes V1.
- Posteriormente para las que no lograron la su tensión nominal, un nuevo proceso de carga por 360 minutos, registrando el voltaje alcanzado V2
- Finalmente, un lapso de espera de tres días para realizar el registro final y proceder a analizar los datos obtenidos.

5. Registro

Tabla 2 Registro

Pilas	Voltaje Inicial (V)	Tiempo T0 (h:min:s)	Voltaje 0 (V)	Tiempo T1 (h:min:s)	Voltaje 1 (V)	Tiempo T2 (h:min:s)	Voltaje 2 (V)	20/02/25
A1	1.57	0:00:00						1.58
A2	1.51	0:00:00						1.52
A3	1.45	3:32:00	1.48	3:30	1.52			1.48
A4	1.46	3:32:00	1.48	3:30	1.52			1.49
A5	1.54	0:00:00						1.56
A6	1.33	3:26:00	1.39	3:30	1.47	6:00	1.474	1.38
A7	1.33	4:50:00	1.38	3:30	1.46	6:00	1.479	1.4
A8	1.31	3:26:00	1.39	3:50	1.49			1.39
A9	1.22	9:19:00	1.26	3:50	1.29	6:00	1.299	1.27
A10	1.21	9:19:00	1.25	3:50	1.30	6:00	1.218	0.01
A11	0.07	4:50:00	1.25	3:50	1.56			1.28
A12			1.50					1.5
A13			1.54					1.55
A14			1.41	3:50	1.50			1.43
A15			1.41	3:50	1.50			1.43
B0	1.16	10:33:00	1.35	3:30	1.44	6:00	1.504	1.24
B1	1.61	0:00:00						1.5
B2	1.61	0:00:00						1.67
B3			1.49	7:30	1.57			1.5
					Nota: No requieren carga			

Fuente: Elaboración propia, 2025

6. Análisis

- **Desempeño General:** El voltaje alcanzado aumentó con el tiempo de carga, lo que sugiere una relación positiva entre el tiempo de carga y la potencia final del sistema.
- **Eficiencia:** De 19 pilas, 7 presentan la carga completa nominal, por lo que el banco de trabajo es de 12 pilas.
 - Se midió la eficiencia del sistema cargador, obteniendo un porcentaje de 41.7 % en la primera carga (>1.40 V), y con la segunda carga de 75.0 % (>1.47 v), alcanzando el 83.3 % con una tercera carga.
 - Del total de pilas, 89.5 % siguen manteniendo su carga a los 30 días.
 - 5.3 % presentan corrosión y sulfatación pese haber pasado todo el proceso de carga

7. Conclusiones

El equipo cargador demuestra un desempeño aceptable, más considerando el estado desconocido de las pilas, proporcionando un incremento en el voltaje a medida que transcurre el tiempo.

Por lo que se concluye que incluso pilas alcalinas con voltajes menores a 0.9 V pueden ser sometidas a procesos de carga, para regeneración y pilas con una tensión de al menos 1.31 V en 7 horas alcanzan su carga completa

⁷ Sustancia ácida que reacciona con el plomo, formando cristales de sulfato de plomo

8. Recomendaciones

Optimizar los parámetros de operación con una mayor cantidad de equipos.

Generalizar la tecnología para más tipos de pilas.

Activar un sistema de selección de pilas previo, para determinar condiciones de las pilas.

Implementar circuitos adicionales como voltímetros y cronómetros que faciliten los procedimientos con miras a la automatización

9. Referencias

- Alkalay, A. (2015). Recuperación de la energía de las baterías alcalinas: el método de descarga de corriente pulsada. *Journal of Power Sources*, 283 , 468-472. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2015.03.012>
- Castillo-Velázquez, JI (2018). Tecnología para el tratamiento de pilas y baterías desechadas a partir de equipos electrónicos portátiles. IV Congreso Internacional de Ciencias Ambientales ANCA 2005. <https://www.researchgate.net/publication/324273111>
- Chen, Z., Ma, Y., Zhou, Y., Yan, Z., Liu, S., Li, H., y Chen, G. (2023). Regeneración de baterías de vehículos híbridos y eléctricos: revisión del estado del arte, desafíos actuales y perspectivas futuras. *Batteries*, 10 (3), 101 <https://doi.org/10.3390/batteries10030101>
- Chen, G., Liu, B., Xu, J., Zhang, C., Cheng, X., Zhang, S., Zhang, W. y Feng, Z. (2024). Gestión sostenible y ecológica de baterías de iones de litio usadas mediante el reciclaje de hidroxácidos y la regeneración directa del material activo del electrodo positivo: una revisión. *Batteries*, 11 (2), 68. <https://doi.org/10.3390/batteries11020068>
- Egelkamp, M., & Egle, L. (2024). Almacenamiento de energía libre de PFAS: investigación de alternativas para las baterías de iones de litio. *Environmental Science & Technology*, 58 (5), 2465-2475. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c06083>
- Jaimes Páez, CD, y Sequeda León, EM (2017). Valorización de la pasta anódica de pilas alcalinas gastadas a través de un proceso consecutivo de lavado, lixiviación y calcinación . Universidad Industrial de Santander. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/36590>
- Hernández Hernández, OE (2019). Reciclaje de pilas alcalinas e ion litio para recuperación de metales. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000788065>
- Normas Técnicas para SST, https://www.mintrabajo.gob.bo/?page_id=434
- Pérez-Rodríguez, A., Álvarez-García, C. y Rivas-Vázquez, I. (2020). Estudio comparativo del proceso de regeneración de baterías alcalinas usadas mediante una técnica de corriente pulsada. *Journal of Energy Chemistry*, 45, 24-31 <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2019.10.019>
- Wang, R., Huang, S., Chen, Y., Fan, Y. y Liang, B. (2020). Regeneración de materiales catódicos de baterías de iones de litio usadas con degradación mixta procedente de aplicaciones de energía y consumo. *Journal of Hazardous Materials*, 397 , 122756 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122756>
- <https://www.regenbox.org>
- <https://ecoinventos.com>