

## VIII. CONCLUSIONES

☛ De manera general, por medio del acopio de baterías, se pudo observar que la mayoría de baterías utilizadas por la comunidad son las baterías alcalinas y no las recargables. Esto puede deberse al precio de las baterías recargables, ya que suelen ser un poco más caras. Las baterías recargables recolectadas en su mayoría fueron de níquel-cadmio y esto puede deberse a que la mayoría de estas fueron recolectadas en los centro de reparación de celulares en la ciudad y por lo tanto se observa que están siendo retiradas del mercado, para introducir las baterías de Ni-MH, las cuales son menos tóxicas.

☛ Las baterías por lo general contienen de 3 a 6 pilas en su interior. Estas a su vez están compuestas por partes metálicas, placas de níquel, placas de cadmio, separadores y partes plásticas. De acuerdo a la caracterización se concluyó que el 30.41% de una pila lo compone la placa de níquel, 28.69% lo compone la placa de cadmio, 29.87% la partes metálicas y 6.87% el papel separador, y 4.16% el plástico que la cubre.

☛ Las pruebas realizadas a una batería nueva de Ni-Cd comprobaron que el contenido de metales encontrados en una batería nueva es mucho mayor que el contenido de metales en una batería que ya ha sido utilizada. Una batería nueva contiene aproximadamente 3000 mg/ml de Ni en cuanto una batería ya usada contiene aproximadamente 2.28 mg/ml de Ni, lo cual representa solamente un 0.076%. Esto mismo ocurre con el Cd, dando resultados en una batería nueva de 4350 mg/ml Cd y en una batería ya usada, solamente 0.62 mg/ml Cd, o sea 0.845%.

☛ Haciendo pruebas de contaminación en las muestras, se concluyó que una batería nueva contiene 0.066% de contaminación en la placa que contiene en su mayoría Ni. En una batería ya utilizada, se presentó una contaminación de aproximadamente 85.09% en la placa de Ni. Se asume que

esto se puede deber a que entre más uso se le da a la batería, más migración de metales existe de placa a otra y que los metales existentes se desgastan.

✪ Para la extracción de los metales se concluye que entre el ácido acético y el ácido sulfúrico, el ácido que mejor extrae el cadmio es el ácido acético. Para el níquel, el ácido que mejor lo extrae es el ácido sulfúrico. Por lo que se concluye que el ácido sulfúrico no se recomienda en las extracciones de cadmio, y el ácido acético no es recomendable en la extracción de níquel.

✪ La cantidad de Cd que se puede extraer con ácido acético es aproximadamente el 2.67% contenido en una pila. El níquel extraído con ácido sulfúrico fue de aproximadamente el 2.01% de metal contenido en una pila. Asimismo se puede concluir que los tiempos de reacción son muy cortos ya que para el Cd, la máxima extracción se lleva a cabo a los 15 minutos de haberse agregado el ácido acético a 60°C y para el Ni la máxima extracción se lleva a cabo a los 10 minutos de reacción con el ácido sulfúrico a 40°C. Por lo tanto los métodos de purificación se realizaron únicamente para el Cd extraído en ácido acético por representar las concentraciones más altas.

✪ Las temperaturas máximas a las que llegó el Cd extraído con  $\text{CH}_3\text{COOH}$  fueron del orden de los 102°C, las cuales fueron mayores que las temperaturas a las que llegó el Cd con ácido acético, que fueron alrededor de 44°C. La reacción con ácido sulfúrico tarda más tiempo en llegar a la temperatura máxima, aunque alcance una temperatura más alta; esta también tarda más tiempo en regresar a la temperatura ambiente. Aun así, la reacción no se ve favorecida por el mantenimiento de una temperatura alta por más tiempo ya que no realiza una buena extracción del metal.

✪ Para el Ni, las temperaturas de extracción fueron más bajas llegando a una mayor temperatura con el ácido sulfúrico de 80°C. Por el contrario, el Ni extraído con ácido acético llegó a una temperatura máxima de extracción de

20°C, y por lo tanto se concluye que la reacción por si sola no es exotérmica y que se necesita imponer calor para lograr una mejor extracción.

✪ Los tiempos de reacción y las condiciones de temperatura óptimos, resultan ser muy adecuados y con pocas exigencias dentro del ámbito industrial. Tampoco implican muchos gastos ya que no consumen mucha energía, los ácidos utilizados pueden ser ácidos de desecho, y las reacciones se llevan a cabo rápido, por lo tanto no consumen demasiado tiempo.

✪ En los métodos para la purificación de los metales aplicados se obtienen sales que son de interés comercial. Las eficiencias de purificación más altas se obtienen en lo que se refiere a cambio de pH en donde se logra una mayor precipitación con la solución de hidróxido de calcio, además este reactivo es más barato que el hidróxido de sodio. Con  $\text{Ca(OH)}_2$  se obtuvo una eficiencia de 56.34%.

✪ Para el Cd extraído con ácido acético, la técnica de recuperación a través de la Resina Amberlite por intercambio iónico no cumplió su función y eso puede deberse a que la resina que se utilizó no fue selectiva de ese metal específico.

✪ La técnica de recuperación que más se recomienda es la técnica de evaporación y calcinación ya que es una manera de recuperar la mayor cantidad de metal. Se demuestra que las muestras de Cd extraído con ácido acético contienen un alto porcentaje de humedad (60.19%) y por lo tanto el total de sólidos es 39.81%.

✪ La extracción de los metales que componen a las baterías de Ni-Cd no es tan efectivo con los ácidos sulfúrico y acético ya que dan una eficiencia de recuperación de los metales muy bajos. Se recomienda realizar esta extracción de Ni y Cd con otros ácidos, ya sean ácido nítrico o ácido clorhídrico como lo demuestra Laura Teresa Morales en su trabajo de Tesis

realizado dentro del mismo proyecto industrial. Si esta realización no fuese posible, se recomienda utilizar otros métodos tales como la pirometalurgia.

✪ Para el desensamblaje de baterías en cantidades industriales, se requiere de un procedimiento más accesible y más viable, ya que esto si representa un consumo de tiempo considerable.