

S.
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIOS DE VOLTAMETRIA CICLICA DEL
SISTEMA GALENA-XANTATO ETILICO DE
POTASIO-DEXTRINA BAJO CONDICIONES DE
FLOTACION

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

P R E S E N T A :

JUAN MANUEL DE LA ROSA CANALES



MEXICO, D. F.



270449

1999

EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

Presidente: Prof. Genesca Llongueras Juan.
Vocal: prof. Huerta Cerdán Antonio.
Secretario: prof. Rodríguez Gómez Francisco Javier.
1er Suplente: prof. Rodríguez Rivera Carlos.
2do. Suplente: prof. Juárez Sánchez Faustino.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA.

Laboratorio de Metalurgia Extractiva. Edificio D. Facultad de Química.

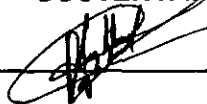
U.N.A.M.

ASESOR.



M. en C. Antonio Huerta Cerdán.

SUSTENTANTE.



Juan Manuel De La Rosa Canales.

A mis padres:

María Elena y Antonio.

Por el apoyo y cariño que me han dado durante toda mi vida y en todos los proyectos que he emprendido; por que han estado conmigo cuando más los he necesitado.

A mis hermanos:

José Gpe., Luis Daniel, Mónica M. y María A..

Por compartir conmigo tantos triunfos como derrotas y por motivarme a salir adelante.

A mis primos:

Alejandro, Cuauhtémoc, Achi, Tatiana, Bradimir, Bruno, Diana, etc.

A mis sobrinos:

Rodrigo, Carlos, Ana, Estefani, Fernando y Amed.

A mis amigos:

A todos los que tengo y he tenido, por lo que no mencionó los nombres para no olvidar a alguno. Gracias por darme su AMISTAD.

AGRADECIMIENTOS.

A el M. en C. Antonio Huerta por su paciencia, amistad y tiempo dedicado en mí y en la realización de este trabajo.

A el I.Q.M. Candido Atlenco , al I.Q.M. Adrián Amaro por su amistad y por haberme brindado la oportunidad de desarrollarme en la docencia y en la fundición.

A el Dr. Francisco Javier Rodríguez por su gran ayuda en la revisión y corrección ortográfica de este texto.

A mis compañeros de maestría: Rodrigo, Ruth, Eva y Nacho.

A mis compañeros del laboratorio de fundición: Agustín y Miguel Angel.

INDICE.

SIMBOLOGÍA.	0
RESUMEN.	1
INTRODUCCIÓN.	4
OBJETIVOS.	6

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

FUNDAMENTOS DE VOLTAMETRIA CÍCLICA.	7
FUNDAMENTOS DE FLOTACIÓN POR ESPUMA.	14
PROPIEDADES DEL SULFURO DE PLOMO.	19
OXIDACIÓN DE LA GALENA.	20
COLECCIÓN.	21
COLECTORES ANIÓNICOS.	22
XANTATOS.	22
INTERACCIÓN GALENA-XANTATO.	23
DEPRESIÓN.	25
DEXTRINA.	26
INTERACCIÓN GALENA-XANTATO-DEXTRINA.	29

CAPÍTULO II. DESARROLLO EXPERIMENTAL.

TÉCNICA EXPERIMENTAL.	30
PROCEDIMIENTO.	33
CONDICIONES EXPERIMENTALES.	34

CAPÍTULO III. RESULTADOS.

VOLTAMOGRAMAS DEL S. GALENA-SOLUCIÓN REGULADORA.	36
TABLAS DEL SISTEMA: GALENA-SOLUCIÓN REGULADORA.	37
VOLTAMOGRAMAS DEL SISTEMA: GALENA-XANTATO.	38
TABLAS DEL SISTEMA: GALENA-XANTATO.	41
VOLTAMOGRAMAS DEL SISTEMA: GALENA-DEXTRINA.	42
TABLAS DEL SISTEMA: GALENA-DEXTRINA.	45
VOLTAMOGRAMAS DEL SISTEMA: GALENA-XANTATO-DEXTRINA.	46
TABLAS DEL SISTEMA: GALENA-XANTATO-DEXTRINA.	55

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

SISTEMA: GALENA-SOLUCIÓN REGULADORA.	58
SISTEMA: GALENA-XANTATO.	60
SISTEMA: GALENA-DEXTRINA.	67
SISTEMA: GALENA-XANTATO-DEXTRINA.	74

SIMBOLOGÍA.

Ox .-- Oxidante.

red .-- Reductor.

E_i .-- Potencial inicial de barrido.

E_f .-- Potencial final de barrido.

v .-- Velocidad de barrido.

E° .-- Potencial normal.

E°' .-- Potencial normal condicional.

1_A .-- Primer pico de oxidación encontrado durante el barrido de potencial en dirección anódica.

2_A .-- Segundo pico de oxidación encontrado durante el barrido de potencial en dirección anódica.

3_A .-- Tercer pico de oxidación encontrado durante el barrido de potencial en dirección anódica.

4_A .-- Cuarto pico de oxidación encontrado durante el barrido de potencial en dirección anódica.

1_c .-- Primer pico de reducción encontrado durante el barrido de potencial en dirección catódica.

2_c .-- Segundo pico de reducción encontrado durante el barrido de potencial en dirección catódica.

3_c .-- Tercer pico de reducción encontrado durante el barrido de potencial en dirección catódica.

I_p .-- Intensidad de corriente de pico.

E_p .-- Potencial de pico

E'_h .-- Potencial condicional respecto a el electrodo de hidrógeno.

E'_{ECS} .--Potencial condicional respecto a el electrodo de calomel saturado.

ESH .-- Electrodo estándar de hidrógeno.

C^s_{ox} .-- Concentración de la especie ox en la superficie de el electrodo.

C^s_{red} .--Concentración de la especie red en la superficie de el electrodo.

D_{ox} .-- Coeficiente de difusión de la especie oxidante.

D_{red} .-- Coeficiente de difusión de la especie reductora.

C .--Capacitancia.

A .- Área del electrodo.

RESUMEN.

La Flotación es uno de los principales procesos que existen en la concentración de minerales la cual es caracterizada por su alta selectividad y se utiliza para llevar a cabo separaciones específicas de minerales complejos tales como plomo-zinc, cobre-zinc, entre algunas menas metálicas y de las no metálicas, barita-feldespato, fluorita-calcita, etc.

Un mineral sulfurado del tipo Plomo-Zinc está constituido por varios compuestos como lo son: Galena (PbS), Esfalerita (ZnS) y Cuarzo (SiO_2), de los cuales los valores son flotados, deprimiéndose los estériles como es el caso del cuarzo. Esto se logra a través de lo que se conoce como flotación selectiva.

La flotación selectiva consiste en adicionar un reactivo llamado depresor el cual actúa en contra de uno o varios compuestos, evitando que estos floten.

El objetivo de esta tesis es estudiar la interacción mineral-colector-depresor, con la hipótesis de trabajo de que el proceso de flotación es de naturaleza electroquímica, por lo que se realizarán pruebas de oxidación de un reactivo colector (Xantato Etilico de Potasio) y un reactivo depresor (Dextrina) sobre el mineral de Galena.

Estas pruebas se efectúan inicialmente en forma aislada y posteriormente en forma conjunta, utilizando la técnica de voltametría cíclica, y en condiciones cercanas a las de flotación (pH=9.2).

Los sistemas de trabajo son los siguientes:

- a) Galena-Solución reguladora.
- b) Galena-XEK
- c) Galena-Dextrina
- d) Galena-XEK-Dextrina.

Algunos resultados obtenidos son los siguientes:

En el primer proceso de oxidación se tiene la reacción:



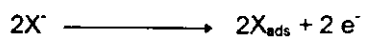
Esta reacción se presenta en todos los sistemas estudiados

Para el Xantato etílico de potasio se determinaron dos productos de reacción más:

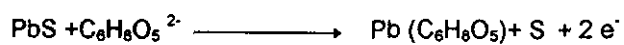
- a) Formación de xantato de plomo de acuerdo con la reacción:



b) El ión xantato adsorbido debido a la reacción:



Finalmente la interacción galena-dextrina da origen a la formación de un organometálico, a través de la siguiente reacción:



INTRODUCCIÓN.

México se encuentra en el quinto lugar en la producción mundial en lo que respecta a plomo ⁽¹⁾, posición que nos sitúa dentro de los principales productores de este metal a nivel mundial, siendo la galena el mineral de plomo más importante, la cual se beneficia a través del proceso de flotación, utilizando el xantato etílico de potasio como colector de la galena, y dicromato de potasio para deprimir la galena cuando se quiere flotar otro mineral (por ejemplo la esfalerita o bien la calcopirita)

Sin embargo, en México se procesa una gran cantidad de mineral de galena, prácticamente de manera empírica, es decir, no existe un control real en la adición de reactivos, lo que provoca un incremento en el costo de operación y junto con esto se presenta el problema de la contaminación ambiental que limita el uso del dicromato de potasio como depresor de la galena, teniéndose que hacer estudios para encontrar otros reactivos que funcionen como depresores de la galena, que no sean contaminantes del medio ambiente y que además sean, si es posible, más baratos y eficientes que los que se utilizan actualmente. Uno de estos reactivos es la dextrina, que es un compuesto orgánico no contaminante y muy barato (de 3 a 5 veces más barato que el dicromato de potasio ⁽²⁾), que se está tratando de utilizar actualmente para deprimir a la galena.

Por ende se han desarrollado estudios para poder controlar este proceso, analizando las interacciones presentes entre el mineral y los reactivos adicionados, es

decir, se trata de predecir los mecanismos de interacción de el mineral con los reactivos colectores y depresores utilizados en la flotación.

En la actualidad existen técnicas electroquímicas capaces de proporcionar información sobre el fenómeno de flotación, así como las interacciones entre el mineral y los reactivos.

Una de estas técnicas es la voltametría cíclica que permite conocer de manera indirecta a las especies responsables de la flotación y la depresión, así como la competencia de estas reacciones cuando se hace interactuar el mineral con el colector y el depresor.

OBJETIVOS.

Determinar a partir de estudios electroquímicos las especies responsables de la flotación y la depresión de la galena.

Estudiar la influencia de el xantato etílico de potasio sobre la galena en condiciones cercanas a la flotación.

Estudiar la influencia de la dextrina sobre la galena en condiciones cercanas a la flotación.

Estudiar el efecto de la dextrina sobre la galena en presencia del xantato etílico de potasio.

CAPÍTULO I
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

FUNDAMENTOS DE LA VOLTAMETRIA CÍCLICA.(VC)

La VC consiste en ciclar el potencial de un electrodo, el cual está sumergido en una solución y medir la corriente resultante ⁽³⁾⁽⁴⁾. El potencial del electrodo de trabajo es controlado contra un electrodo de referencia, por ejemplo un electrodo de calomel saturado (ECS). El potencial de control, el cual se aplica a través de estos dos electrodos, puede considerarse como una señal de excitación. La señal de excitación para la VC es un barrido de potencial lineal de forma de onda triangular. (Fig 1).

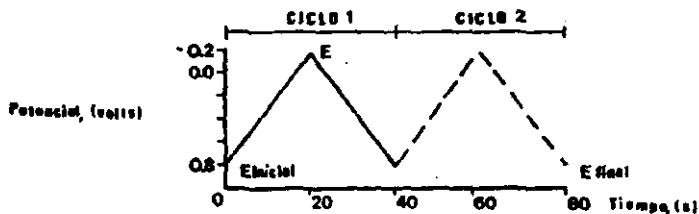


Fig 1 Típica señal de excitación para voltametría cíclica-onda triangular de potencial.

Esta señal de excitación barre el potencial del electrodo entre dos valores, algunas veces llamados potenciales de desvío (E_{λ}). En el caso mostrado en la figura 1, la señal de excitación consta de un primer barrido de potencial en dirección negativa, de +0.8 a -0.2V (contra el potencial del electrodo de referencia que se emplee), punto en el cual la dirección de barrido es invertida, haciendo un barrido de regreso al potencial inicial de +0.8V. La velocidad de barrido, reflejada en la pendiente, es de 50 mV/s.

Un segundo ciclo está indicado por la línea punteada. Pueden hacerse ciclos sencillos o múltiples.

Un voltamograma o voltagrama cíclico se obtiene midiendo la corriente del electrodo de trabajo durante el barrido de potencial. La corriente puede ser considerada como la señal de respuesta a la señal del potencial de barrido. El voltamograma muestra la corriente (eje vertical) contra el potencial (eje horizontal).

Un típico voltamograma cíclico se muestra en la fig. 2.

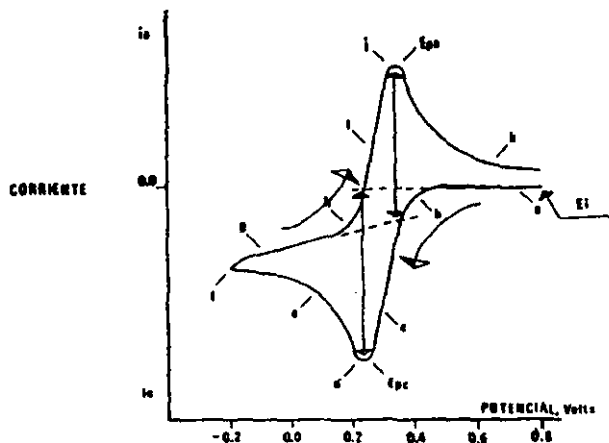


Fig 2. Típico voltagrama cíclico. Potencial inicial de 0.8V. Dirección negativa (Catódica) con potencial de desvío de 0.2V.

El potencial de excitación usado para obtener el voltamograma de la fig 2 está mostrado en la fig 1. Así, el eje vertical de la fig 1 es ahora el eje horizontal de la fig 2.

En la fig.2 se muestra que a partir de un potencial inicial E_i (a) se aplica un barrido en dirección catódica (en el sentido que marca la flecha) hasta que el cambio de pendiente se presenta (b), este cambio indica cuando comienza a consumirse la especie presente hasta agotarla (c), después el depósito es gobernado por la difusión de la especie presente del seno de la solución a la interfase metal-depósito, hasta el punto de inhibición, lo cual causa un cambio en el potencial (d); el paso (d \rightarrow e) representa la descarga del sistema, aun cuando no se lleve al potencial de equilibrio, por que se desestabiliza el sistema, en el punto (f) (potencial final E_f) se comienza un barrido en dirección anódica (en el sentido que marca la flecha) comenzando a reducir la especie oxidada denotando un drástico cambio de pendiente (h) y así mismo el aumento de corriente con una diferencia de potencial mínima causa una corriente pico (j) hasta su estabilización por encima del potencial inicial aplicado. Así el primer ciclo está completo cuando el potencial llega a E_i . En el voltamograma cíclico, los máximos que se observan describen la oxidación y la reducción, y las dos pequeñas transiciones verticales que ocurren en E_i y E_f representan la contribución de la corriente de carga, I_{carga} :

$$I_{carga} = CA \frac{dE}{dt} = CA v$$

en donde C es la capacitancia del electrodo por unidad de área y A es el área del electrodo, v es la velocidad de barrido.

Los ciclos siguientes dejan de dar corrientes idénticas, a causa de los cambios en las concentraciones en la superficie del electrodo.

La presencia de una segunda etapa de oxidación genera un segundo par de máximos, como se muestra en la fig 3

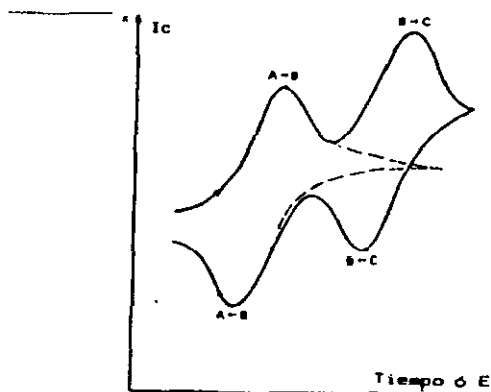


Fig 3. Voltagrama ciclico para un sistema redox de dos etapas.

La corriente en un experimento voltamperométrico es, en general, la resultante de diversos componentes.

$$I_{TOTAL} = I_{INDUCIDA} + I_{CARGA} + I_{ADSORCIÓN} + I_{CRUCE}$$

Estos describen la distribución de las corrientes inducidas, de carga y de adsorción, así como un término cruzado que se origina de la interacción de las tres primeras. Sólo la corriente inducida presenta un interés analítico y por lo común los otros términos pueden ser considerados como ruido o fondo.

La resolución, sensibilidad y utilidad general de la voltamperometría depende, en gran parte, de la posibilidad de minimizar o rectificar dichas contribuciones de fondo.

La ecuación de Nernst correspondiente a un sistema reversible, puede resolverse mediante la relación de las concentraciones de superficie:

$$C_{ox}^s / C_{red}^s = \exp \{ (nF/RT) (E - E^{o'}) \}$$

En un experimento de voltamperometría el potencial barre el voltaje aplicado, desde un valor inicial E_i a la velocidad v , de manera que $E = E_i + vt$, y la relación de concentración cambia con el tiempo:

$$C_{ox}^s / C_{red}^s = \exp \{ (nF/RT) (E - E^{o'} - vt) \}$$

$$C_{ox}^s / C_{red}^s = \exp \{ (nF/RT) (E - E^{o'}) \} \exp \{ -nF/RT (vt) \}$$

Esto se muestra en la figura 4.

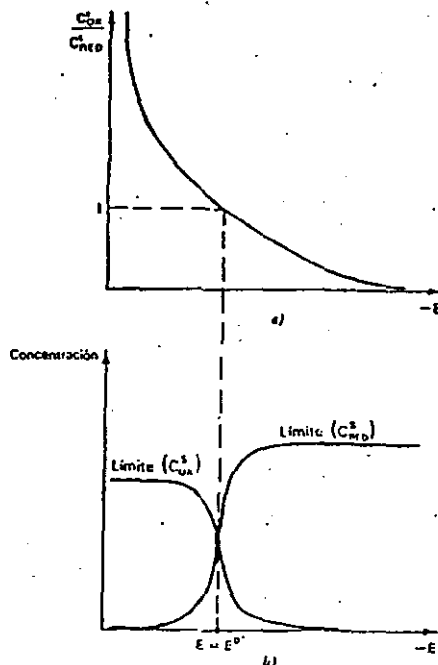


Fig. 4. Concentraciones en la superficie de un electrodo en función de el tiempo. a)relación de concentraciones. b)variación de las concentraciones individuales a medida que se hace el barrido.

Por lo tanto, a medida que se barre el voltaje, ox se convertirá en red, como puede verse en la figura 4 b

Las dos concentraciones límite aparecen como diferentes, al contrario de lo que se podría esperar en concentración de masa. En el ejemplo mostrado, la diferencia se origina por la rápida difusión de ox hacia el electrodo, con la transformación a la forma reducida, el coeficiente de difusión se hace más pequeño, de manera que red no se aleja tan rápidamente de la superficie del electrodo.

Finalmente el proceso de electrodo alcanza un equilibrio dinámico:

$$C_{ox}^* (\text{límite anódico}) / C_{red}^* (\text{límite catódico}) = \{ D_{red} / D_{ox} \}^{1/2}$$

El electrodo percibe solamente la concentración C^* , mientras que la corriente se determina por el gradiente de concentraciones $(dC/dt)^*$, como se define en la primera ley de Fick:

$$I = nFA\Phi^* = nFAD_{ox}(\partial C / \partial x)^*$$

En donde Φ^* , es el flujo de las especies activas en la superficie del electrodo.

En general si no está incluida la adsorción, los flujos de red y ox son mucho mayores que la velocidad a la que se acumulan sobre la superficie del electrodo. Por lo tanto se puede igualar los dos flujos.

Entonces:

$$I\phi_{ox}^* = D_{ox}(\partial C / \partial x)^* = I\phi_{red}^* = -D_{red}(\partial C_{red} / \partial x)^*$$

considerando que la adsorción se lleva a cabo, la ecuación pertinente es:

$$D_{ox}(\partial C_{ox} / \partial x)^* - \partial \tau t = -D_{red}(\partial C_{red} / \partial x)^* - \partial \tau t$$

Los trabajos de Sevcik ⁽⁵⁾ y Randles ⁽⁶⁾, permiten calcular la corriente máxima i_{pk} , mediante la ecuación:

$$i_{pk} = 269n^{2/3}AD^{1/2}v^{1/2}C_{ox}$$

Otro parámetro importante de la curva es el potencial de medio pico $E_{pk/2}$. Este se puede medir con precisión, mientras que el propio potencial de pico es difícil de medir, debido a la cumbre típicamente amplia, E_{pk} puede ser calculado a partir de $E_{pk/2}$, por la relación:

$$E_{pk} = E_{pk/2} \pm 56.5 \text{ (mV)}.$$

El signo negativo se aplica a los máximos anódicos. Esta ecuación se expresa también bajo su forma equivalente:

$$E_{pk} = E_{pk/2} \pm 2.2 \frac{RT}{nF} \text{ (mV)}.$$

La representación gráfica de estas cantidades se observan en la fig. 5.

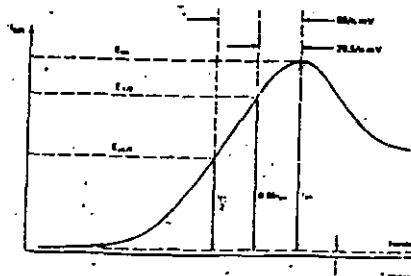


Fig. 5. Determinación gráfica de E_{pk} y $E_{pk/2}$

FUNDAMENTOS DE FLOTACIÓN POR ESPUMA.

En el procesamiento de minerales existen dos operaciones fundamentales, principalmente la liberación o desprendimiento de los minerales valiosos de los de desecho o ganga y la separación de estos valores de la ganga; este último proceso se le conoce como concentración.

La separación de minerales valiosos de la ganga se realiza por medio de la pulverización o molido lo cual implica trituración y molienda hasta un tamaño de partícula tal que el producto sea una mezcla de partículas de mineral y de ganga relativamente limpia. El grado correcto de liberación es la clave para el éxito en el procesamiento de minerales. Un proceso que sobremuela la mena es dañino, puesto que consume energía innecesariamente en la molienda y hace más difícil alcanzar una recuperación eficiente.

Después que los minerales han sido liberados de la ganga, la mena se somete a algún proceso de concentración que separa los minerales en dos o más productos. La concentración por lo general se logra utilizando alguna diferencia específica en las propiedades físicas o químicas entre el mineral valioso y los minerales de la ganga en la mena.

La flotación por espuma, que indudablemente es el método de concentración más importante, es afectado por el grado de afinidad de los minerales por las burbujas de aire ascendente dentro de la pulpa agitada. Ajustando las condiciones de la pulpa por medio de varios reactivos químicos es posible hacer que los minerales valiosos desarrollen avidez por el aire (aerofílicos) y que los minerales de la ganga busquen el

agua y rechacen el aire (aerofóbicos). Esto da por resultado una separación por la transferencia de los minerales valiosos a las burbujas de aire que forman la espuma flotante sobre la superficie de la pulpa.

Como se mencionó anteriormente el método de concentración más utilizado para los minerales sulfurados es el proceso de flotación, a continuación se mencionan los fundamentos de esta técnica:

La flotación por espuma aprovecha las diferencias en las propiedades físico-químicas de la superficie de las partículas minerales. Después del tratamiento con reactivos, las diferencias en las propiedades superficiales de los minerales que contienen la pulpa de flotación son aparentes y para que pueda existir la flotación, una burbuja de aire se debe adherir a partículas minerales y elevarlas hasta la superficie del agua (como se muestra en la figura 6).

El proceso se aplica únicamente a partículas relativamente finas (10-100 micrones) ⁽⁷⁾⁽⁸⁾, ya que si son demasiado grandes, la adhesión entre la partícula y la burbuja será menor que el peso de la partícula y por tanto la burbuja deja caer su carga ⁽⁹⁾.

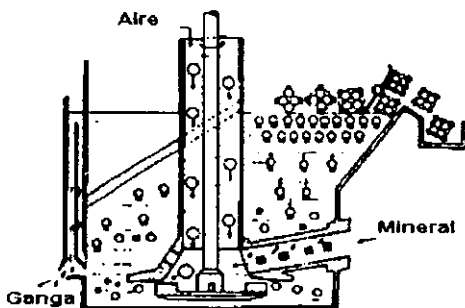


Fig 6 Celda de Flotación.

En la concentración por flotación el mineral normalmente es transferido a la espuma o fracción flotante, dejando la ganga en la pulpa o las colas, es decir, en el fondo de la celda. Esta es la flotación directa opuesta a la flotación inversa, en la cual la ganga se separa en la fracción flotada, dejando en el fondo el concentrado.

Las burbujas de aire solamente se adhieren a las partículas minerales si éstas desplazan agua de la superficie del mineral, lo cual unicamente sucede si el mineral repele al agua o es hidrofóbico.

Una vez que las burbujas de aire alcanzan la superficie, se puede continuar sosteniendo la partícula mineral si forma una espuma estable; de otro modo revierte y cae la partícula mineral.

Para alcanzar estas condiciones, es necesario utilizar algunos reactivos químicos conocidos como reactivos de flotación. La actividad de una superficie mineral en relación a los reactivos de flotación en el agua depende de las fuerzas que operan sobre esa superficie.

En la figura 7 se muestran las fuerzas que tienden a separar una partícula y una burbuja.⁽¹⁰⁾

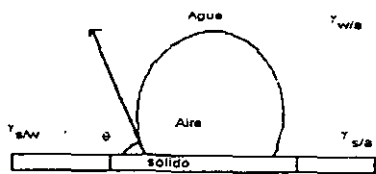


Fig.7.Ángulo de contacto entre burbujas y partículas en medio acuoso.

Las fuerzas de tensión conducen al desarrollo de un ángulo entre la superficie mineral y la superficie de la burbuja. En el equilibrio.

$$\gamma_{s/a} = \gamma_{s/w} + \gamma_{w/a} \cos \theta.$$

donde: $\gamma_{s/a}$, $\gamma_{s/w}$, $\gamma_{w/a}$ son las energías de superficie entre las fases sólido-aire, sólido-agua y agua-aire respectivamente y θ es el ángulo de contacto entre la superficie mineral y la burbuja.

Para que se lleve a cabo la flotación se requiere de un grupo de reactivos como son:

- | | |
|-----------------|--------------|
| a)Colectores | b)Depresores |
| c)Modificadores | d)Espumantes |

Por lo anterior se dará una breve descripción de cada uno de los reactivos antes mencionados con el objetivo de lograr una mejor comprensión del proceso de flotación.

A) COLECTORES.

Los colectores son compuestos orgánicos que convierten a un mineral seleccionado en hidrofóbico por la adsorción de moléculas o iones en la superficie del mineral. Ejemplos de estos reactivos para la concentración de el mineral de galena son los xantatos, los ditiofosfatos, etc; generalmente hablando, los colectores son usados en pequeñas cantidades, substancialmente lo necesario para formar una capa monomolecular en la superficie de las partículas.

B) DEPRESORES.

La función de un depresor es permitir la separación por flotación de dos minerales cuando ambos se comportan similarmente en presencia de una combinación específica de reactivo de flotación.

C) MODIFICADORES.

Son muy usados en la flotación para modificar la acción del colector, ya sea para intensificar o reducir el efecto sobre la superficie del mineral. Por lo que los modificadores hacen la acción del colector más selectiva hacia ciertos minerales. Pueden clasificarse como activadores, depresores o modificadores de pH.

D) ESPUMANTES.

La función de un espumante en la flotación es la de actuar como un medio de separación para segregar y remover las partículas minerales valiosas de las partículas de ganga, proporcionando a su vez resistencia a las burbujas.

PROPIEDADES DEL SULFURO DE PLOMO.

El cristal de galena tiene la estructura de el cloruro de sodio con parámetro de celda de 0.5986 nm.⁽¹¹⁾

Los cristales de galena son relativamente puros apareciendo las impurezas en cantidades de trazas, una de ellas es la plata que se presenta invariablemente ^{(7) (8)}

El sulfuro de plomo es un semiconductor, Frey ⁽¹²⁾ llegó a medir la resistividad eléctrica de el sulfuro de plomo obteniendo la siguiente relación:

$$\delta=0.00258(1+0.00895 T+ 0.00002T^2) \text{ (ohm-cm)}$$

donde T es la temperatura en grados centígrados.

Bloem ⁽¹³⁾ mostró que la galena podría aparecer como semiconductor de tipo -n- o de tipo -p-, siendo el tipo -p- el más común.

Las imperfecciones de la red cristalina, los defectos dentro de el sólido y en la superficie, dan como resultado una superficie con áreas de potencial electroquímico diferente.

Plaksin⁽¹⁴⁾ y Shafeev⁽¹⁵⁾ mostraron que los indicadores de área anódica y cátodica se depositan en forma heterogénea cuando la superficie era polarizada.

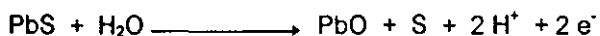
Plaksin ⁽¹⁴⁾ observó que el depósito selectivo de cobre sobre una sección iluminada de una superficie, llegaba a ser más cátodico que la parte no iluminada.

La oxidación del sulfuro de plomo se considerará a temperatura ambiente para el desarrollo del presente estudio.

OXIDACIÓN DE LA GALENA.

Gardner y Woods⁽¹⁶⁾ al utilizar la técnica de voltametría cíclica para realizar el estudio sobre la galena a un pH de 9.2 obtuvieron los siguientes resultados:

A pH=9.2 existen dos picos anódicos, el primero debido a que se forma un producto del plomo que se retiene en la interfase, presumiblemente con PbO, a través de la reacción:



Y un segundo pico anódico que Gardner y Woods, asignaron a la reacción:

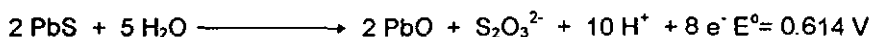


La onda anódica para la oxidación de la galena cambia a potenciales más positivos conforme la altura del pico Pb/PbO se incrementa (Fig 8). Entonces la acumulación de PbO en la superficie del mineral inhibe la oxidación de la galena en la misma forma que la monocapa de PbO + S.

La aparición de los picos Pb/PbO muestran que el azufre se pierde de la superficie de la galena durante el ciclo de potencial. Esto puede ocurrir a través de la oxidación de la galena:



O bien:



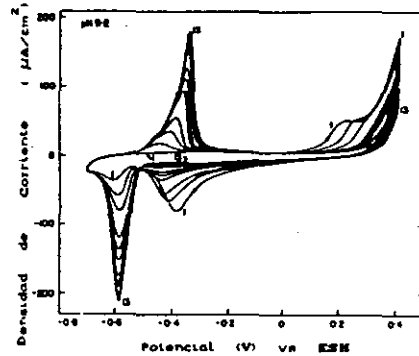


Figura 8. Voltamograma para la galena a pH= 9.2 ciclos de potencial consecutivos a 20 mv/s

Gardner y Woods concluyeron, que la oxidación de la galena da como resultado la formación de tiosulfato además de azufre.

COLECCIÓN.

Los agentes de colección química, llamados colectores, funcionan por reacción química, sus compuestos orgánicos pueden ser ácidos, bases o sales. Pueden ser solubles en agua, por lo menos en un grado pequeño. Si son del tipo ácido o sal se pueden ionizar en solución acuosa.

El ión que se combina con un componente de la superficie del mineral puede ser de una estructura hidrocarbonica en el extremo final de su enlace reactivo. El enlace reactivo del ión envolvente puede ser capaz de:

a)Reaccionar con un ión presente en la superficie del mineral.

b) De formar un compuesto que es insoluble bajo las condiciones de concentración de reactivo y otros iones existentes en la zona extremadamente delgada de licor de pulpa cercano a la superficie de la partícula del mineral.

Los grupos ácidos son usualmente carboxílicos y se clasifican respectivamente por sus ácidos más grandes y sus sales alcalinas, como los xantatos, los ácidos tiosfóricos y sus sales. Estos colectores se designan como aniónicos por el hecho de que el grupo hidrocarbonico está en el anión.

COLECTORES ANIÓNICOS.

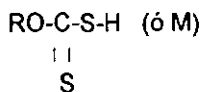
Los colectores aniónicos se usan en la gran mayoría de operaciones de flotación en nuestros días. Actualmente pueden clasificarse en un número pequeño de clases, basados en el grupo activo; por ejemplo, grupos ácidos, que determina su capacidad de atacar a las partículas minerales.

Las clases ácidas comunes y efectivas son el carboxílico $R-COOH$ y el sulfhídrico.

XANTATOS.

Los xantatos se usan para metales pesados o preciosos que se encuentran en minerales oxidados o sulfurosos. Se usan en forma de una sal generalmente de sodio o potasio.

Los xantatos son productos de reacción entre bisulfuro de carbón, un alcohol y una base fuerte como el hidróxido de sodio, el agua se disocia y el residuo de alcohol está enlazado al disulfuro de carbón:



Donde R es el grupo alkilo y M es un metal.

USOS:

Los xantatos se usan preferiblemente en soluciones débilmente alcalinas. El ataque de las partículas cubiertas con el colector es difícil de establecer en soluciones fuertemente alcalinas. En soluciones ácidas la sal da lugar al ácido relativamente insoluble, que requiere más reactivo y tiempo para cubrir la partícula.

En soluciones fuertemente ácidas el ácido xántico se descompone obteniéndose CS₂ y el alcohol correspondiente.

INTERACCIÓN GALENA-XANTATO.

Se han efectuado estudios para identificar las reacciones en los sistemas de flotación mediante el cálculo de las condiciones termodinámicas bajo las cuales varias especies son estables.

Tooperi y Tolun⁽¹⁷⁾ concluyeron que el contacto de burbuja fuerte se alcanza solamente en la región de el potencial de el electrodo y al pH en el cual el xantato de plomo, el dixantógeno y el ión adsorbido coexisten, Fig 9

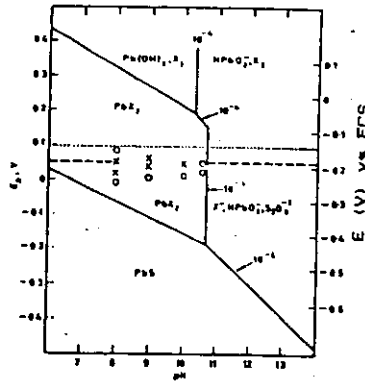
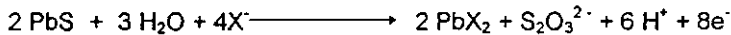


Figura 9. Diagrama potencial-pH para el sistema galena-xantato-oxígeno. -o- contacto de burbuja debil, -x- contacto de burbuja fuerte, -x- representa el etil xantato, --- formación del xantato de plomo, formación del dixantogeno.

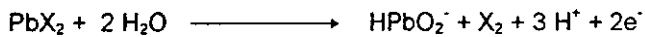
Los equilibrios estudiados por Toperi y Tolun son los siguientes:

Potenciales requeridos para la formación del xantato de plomo:

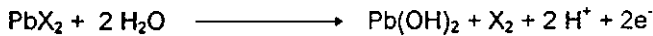


$$\text{Eh} = 0.194 - 0.044 \text{pH} + 0.007 \text{Log}(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) - 0.0295 \text{Log}(\text{X}^-)$$

Descomposición del xantato de plomo debido a la oxidación:

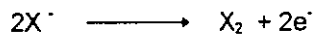


$$\text{Eh} = 1.225 - 0.0885 \text{pH} - 0.0295 \text{Log}(\text{HPbO}_2^-)$$



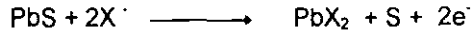
$$\text{Eh} = 0.800 - 0.059 \text{pH}$$

Oxidación del ión xantato a dixantógeno:



$$\text{Eh} = -0.81 - 0.059 \text{Log}(\text{X}^-)$$

Potencial de equilibrio dixantógeno-galena:

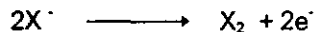


$$E_h = -0.124 - 0.059 \text{ Log}(\text{X}^-)$$

Woods⁽¹⁸⁾ realizó estudios con un electrodo de galena que había sido pretratado con sulfuro de sodio para asegurar que la galena no estaba oxidada. Concluyó que la interacción entre la galena y xantato ocurría en dos etapas. La primera etapa ocurría entre -0.2 y 0.2 V, donde se observaba una corriente anódica que se incrementa con la velocidad de barrido y Woods sugirió que en este intervalo de potencial ocurría el proceso de adsorción del ión xantato de acuerdo a la reacción:



La segunda etapa ocurrió a potenciales mayores a 0.2 V observando a este potencial una corriente anódica que correspondía a una reacción limitada por la superficie, ya que la corriente a potencial constante decae lentamente con el tiempo y sugirió que la reacción que ocurre a estos potenciales es:



DEPRESIÓN.

Comprende etapas para prevenir la flotación de un mineral particular o un grupo de minerales.

Se practica para frenar uno o más de los minerales normalmente flotables por un colector determinado en la flotación selectiva.

Los métodos de depresión son varios pero son agrupados de acuerdo al propósito de uso, en un pequeño número de clases.

- 1)Prevención de la activación debido a la renovación de la superficie por sales solubles presentes en la pulpa.
- 2)Cierre de superficie contra la acción del colector
- 3)Destrucción o nulificación de la capa del colector.
- 4)Dispersión
- 5)Renovación de la superficie para producir avidez por el agua.

DEXTRINA.

Cuando se trata almidón con una enzima en particular (la Amilasa de Bacillus) se genera una mezcla de dextrinas que son polisacáridos de peso molecular bajo.

Una dextrina consta de seis, siete, ocho o más unidades D-glucosa, mediante enlaces alfa-1,4 de modo que forman un anillo: un brazailete de cadena, en el que cada eslabón es hexágono piranósico. Estos anillos tienen forma de rosca, muy similar a la de los éteres corona pero con varias diferencias importantes. La menor de ellas, α -ciclodextrina, tiene un diámetro aproximadamente del doble que el de 18-corona-6, y su agujero (4.5 Å de apertura) es más o menos el doble de ancho.

Este agujero es ligeramente cónico, de manera que la molécula adquiere la forma de un pequeño balde al que se le ha arrancado el fondo (Figura 10).⁽¹⁹⁾ Sus lados los representan lazos de seis o más hexágonos, cada uno ubicado aproximadamente en el

plano de los lados; la profundidad del balde es así el ancho del anillo piranósico. Por fuera al borde superior mayor, se hallan los -OH secundarios de C-2 y C-3; en torno al borde menor inferior, se hallan los -OH primarios de C-6, esto es, los grupos -CH₂OH. El interior del balde consta de tres bandas superpuestas: dos unidades C-H y, en medio, una de unidades O glicosidas.

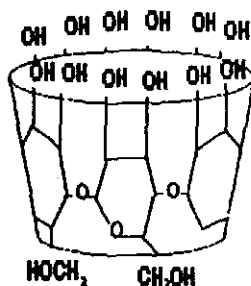


Fig. 10. Representación esquemática de la dextrina.

Al igual que un éter corona, una dextrina puede actuar como molécula anfitrión huésped. De hecho, fue en relación con esta propiedad de dextrina como se reconoció originalmente el fenómeno conocido ahora como la relación anfitrión-huésped. Sin embargo en contraposición con un éter corona, una dextrina tiene un exterior polar hidrófilo, mientras que su interior es lipófilo y relativamente no polar, lo que conduce de manera natural a dos resultados importantes: (a) una dextrina admite en su interior lipófilo una molécula orgánica no polar como huésped, en vez de un ion; (b) su exterior hidrófilo confiere al complejo resultante solubilidad en agua. La

bondad del acomodo de la molécula huésped depende de su tamaño y polaridad y del tamaño de la dextrina particular que se use.

La dextrina puede utilizarse para catalizar reacciones orgánicas.

Los efectos de dextrina sobre reacciones químicas pueden manifestarse de varias maneras.

(a) Simplemente puede ocultar ciertas partes de una molécula huésped y exponer otras.

(b) Puede modificar la conformidad del huésped.

(c) Su alineamiento lipofílico proporciona un medio no polar para el huésped, pero dentro de un disolvente polar.

(d) Sus grupos -OH pueden participar en la reacción ya sea directamente -como bases y nucleófilos. O como sitios para puentes de hidrógeno-, o bien por medio de intermediarios transitorios (ésteres, por ejemplo) generados por reacción con el anfitrión o con el reactivo atacante.

La utilidad particular de la dextrina como modelos de enzimas se debe al hecho de que ligan primero el sustrato y luego actúan sobre él mediante grupos sustituyentes.

INTERACI3N GALENA-XANTATO-DEXTRINA.

Liu y Laskowski ⁽²⁰⁾ estudiaron la interacci3n entre la dextrina y el hidr3xido de plomo en soluci3n acuosa y concluyeron que la dextrina tiene el prop3sito de deprimir a la galena en presencia de calcopirita y asumieron que la qu3mica de uni3n entre la macromol3cula de dextrina y galena ocurre particularmente a pH=10.8 donde el hidr3xido de plomo es estable.

liu y Laskowski concluyeron que las condiciones 3ptimas para la depresi3n del PbS por la dextrina ocurre en el punto donde el pH del hidr3xido de plomo es estable, particularmente a pH=10.8 como corresponde para el punto isoel3ctrico del hidr3xido met3lico y sugieren la existencia de la uni3n qu3mica entre la dextrina y la superficie del mineral.

Diversos resultados muestran que la uni3n qu3mica de la dextrina con la galena se lleva a cabo en presencia del xantato ya que la macromol3cula de la dextrina es hidrof3lica polar, no i3nica y un fuerte donador de hidr3geno. Estos autores asumen que la adsorci3n de la dextrina sobre la galena ocurre cuando el hidr3xido de plomo es muy estable y espec3ficamente cuando los iones libres de Pb^{2+} son capaces de formar un complejo estable con la dextrina, a3n en presencia del xantato.

CAPÍTULO II
DESARROLLO EXPERIMENTAL.

TÉCNICA EXPERIMENTAL.

Para la realización del presente trabajo se utilizó la técnica de voltametría cíclica, con el propósito de estudiar la interacción mineral-colector-depresor, en forma aislada y en forma conjunta.

El sistema experimental utilizado en este trabajo se muestra en la figura 11.

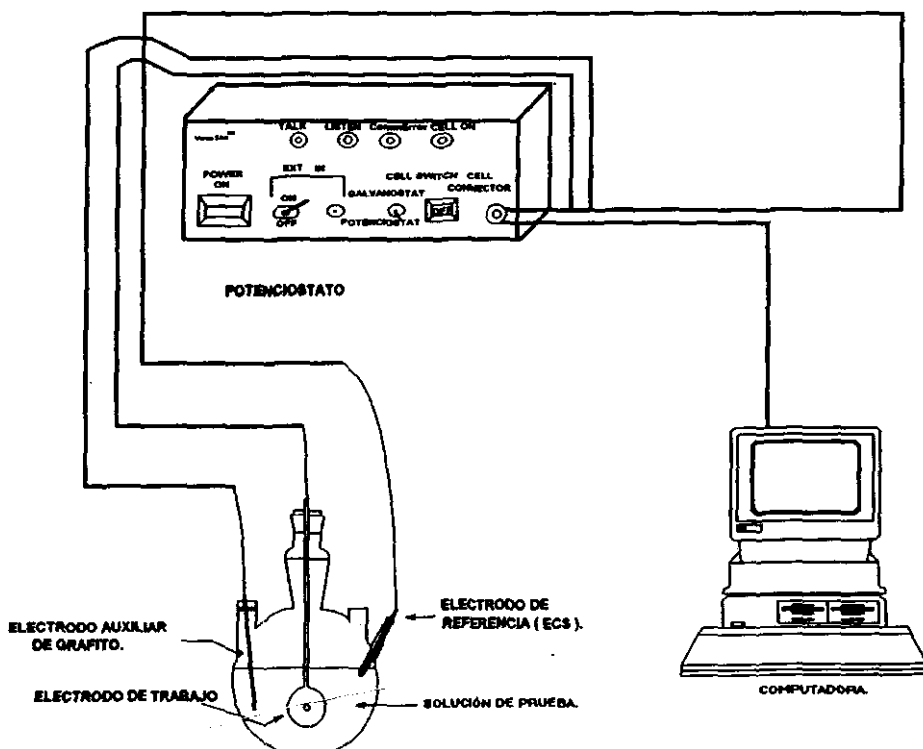


Fig 11. Sistema electroquímico experimental.

El sistema experimental está constituido por un generador de barrido, un potencióstato, una celda electroquímica y un registrador.

La celda electroquímica está constituida por tres electrodos, además de la solución de estudio; los electrodos son:

- a) Un electrodo de trabajo (electrodo de galena).
- b) Un contraelectrodo (electrodo de grafito).
- c) Un electrodo de referencia, el cual tiene un potencial constante e invariable. (Calomel).

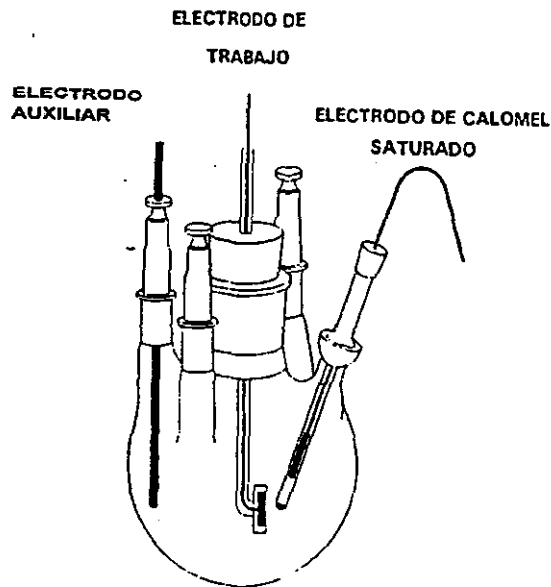


Fig. 12. Celda de trabajo.

Los métodos experimentales consisten en medir la respuesta del sistema a una señal impuesta ⁽²¹⁾. Esto se realiza con el fin de perturbar al equilibrio del sistema en estudio.

Para hacer uso de la técnica de voltametría cíclica se utiliza la variación de potencial con el tiempo, al aplicar por medio de un generador de barrido una señal de potencial con forma de onda triangular suministrada a través de un potencióstato, teniendo como la respuesta un cambio en la intensidad de la corriente, dando origen a un pico cuando se alcanza el potencial de oxidación o reducción de las especies en estudio ⁽²²⁾. Estos cambios de corriente con respecto al potencial se observan en una gráfica que se obtiene a través de un registrador.

Las ventajas ⁽²³⁾ que se obtienen al utilizar la técnica de voltametría cíclica son:

- a) La detección de especies absorbidas en la interfase electrodo-solución.
- b) Esta técnica permite detectar productos de reacción intermedios durante un proceso electroquímico.

PROCEDIMIENTO.

-Fabricación del electrodo de Galena:

Se fabrica cortando un trozo de galena de alta pureza, caracterizada previamente por la técnica de absorción atómica, para obtener un cubo con dimensiones de un centímetro por lado.

Este cubo de galena se une a un alambre de cobre por medio de una pintura de grafito y posteriormente se adiciona en una resina no conductora de colada en frío, permitiendo un área de exposición o de trabajo de 1 cm^2 .

-Preparación de la solución reguladora de pH 9.2:

Se obtiene por la disolución del par ácido bórico-borato de sodio, para obtener una concentración de 0.025 M.

La solución se electroliza durante una hora, con el propósito de eliminar la mayor cantidad de impurezas posibles.

-Preparación de la solución de xantato etílico de potasio:

Se realiza utilizando como solvente a la solución reguladora.

-Preparación de la solución de dextrina:

Al igual que las soluciones de xantato, se utiliza como solvente a la solución reguladora.

CONDICIONES EXPERIMENTALES.

Las condiciones aquí operadas se encuentran en el intervalo de flotación industrial.

El experimento se realizó en cuatro partes:

- 1)Galena-Solución Reguladora.
- 2)Galena-Xantato. (0.01, 0.001,0.0001 M)
- (3)Galena-Dextrina. (50, 100, 150 p.p.m.)
- 4)Galena-Xantato-Dextrina.

Se realizo el experimento utilizando un potenciostato VersaStat 250, acoplado a una computadora 486 Acer, con tarjeta GPIB, a partir de una interfase IEEE. Este arreglo permitió dar las instrucciones de barrido cíclico, con una velocidad de barrido de 5 mV/s y 10 mV/s.

Intervalo de potencial:

$E_i = -1300$ mV, con este valor de potencial se asegura que la galena está completamente limpia.

$E_f = 0.0$ V, cuando se llega a este valor de potencial, los cambios de interés ya han ocurrido, por lo que no es necesario aplicar más potencial.

Se debe de aclarar que antes de cada prueba se crea una nueva superficie en el electrodo de galena al desbastar con una lija 600, y posteriormente se hace un lavado con agua destilada, con lo cual se obtiene la superficie de galena limpia.

MATERIAL.

- 1) Electrodo de galena
- 2) Electrodo de grafito.
- 3) Electrodo de calomel.
- 4) Generador de barrido.
- 5) Potenciostato.
- 6) Registrador.
- 7) Multimetro.

SOLUCIONES.

- a) Solución reguladora de pH=9.2
- b) Solución de Xantato Etílico de Potasio
- c) Solución de Dextrina

Electrodo de Galena:

CAPÍTULO III
RESULTADOS.

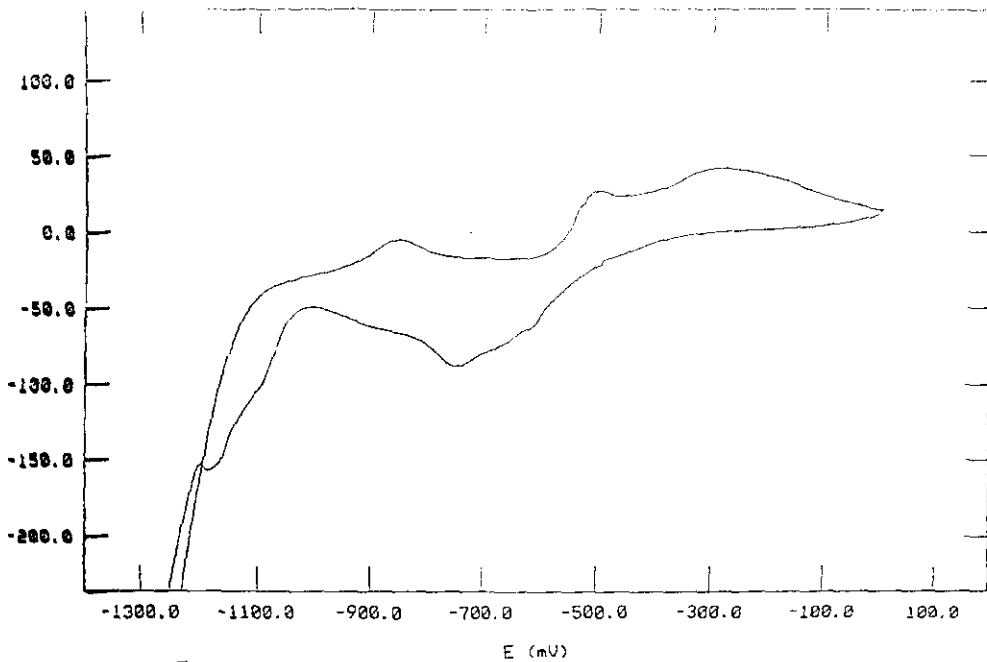


Fig. 13. Voltamograma Galena-Solución Reguladora $v=5$ mV/s.

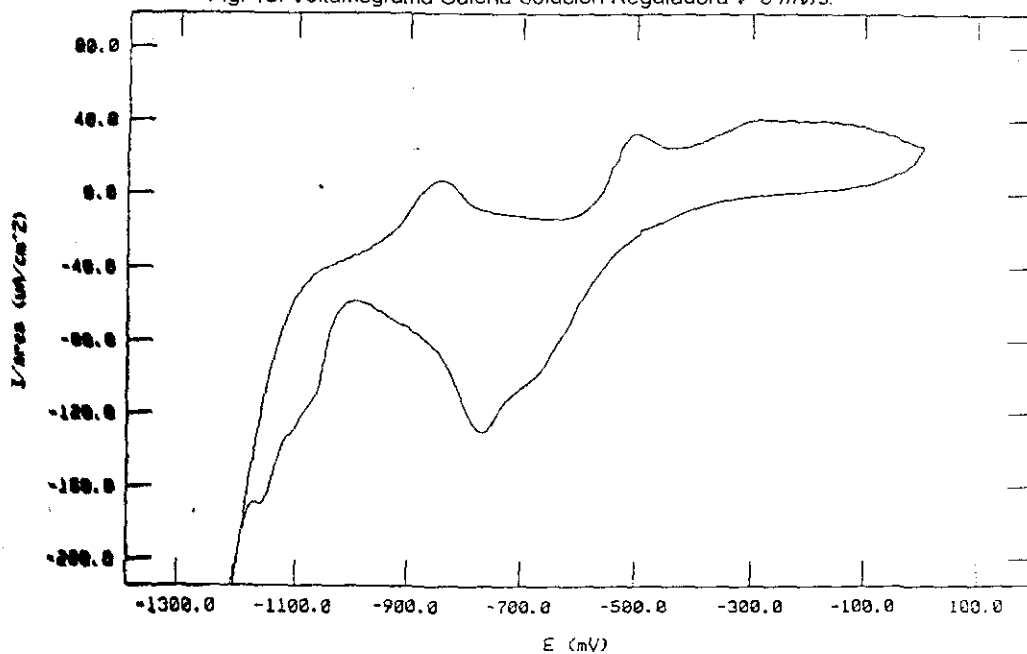


Fig. 14. Voltamograma Galena-Solución Reguladora $v=10$ mV/s.

Sistema: Galena-S.Reguladora v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	5.4	26.9	41.7	***	-48.7	-152	***
(μ A)							
Ep	-853	-498	-284	***	-999	-1119	***
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 1. Sistema: Galena-Solución Reguladora v=5 mV/s

Sistema: Galena-S.Reguladora v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	7.96	33.5	41	***	-57.9	-168	***
(μ A)							
Ep	-842	-502	-287	***	-987	-1168	***
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 2- Sistema: Galena-Solución Reguladora v=10 mV/s

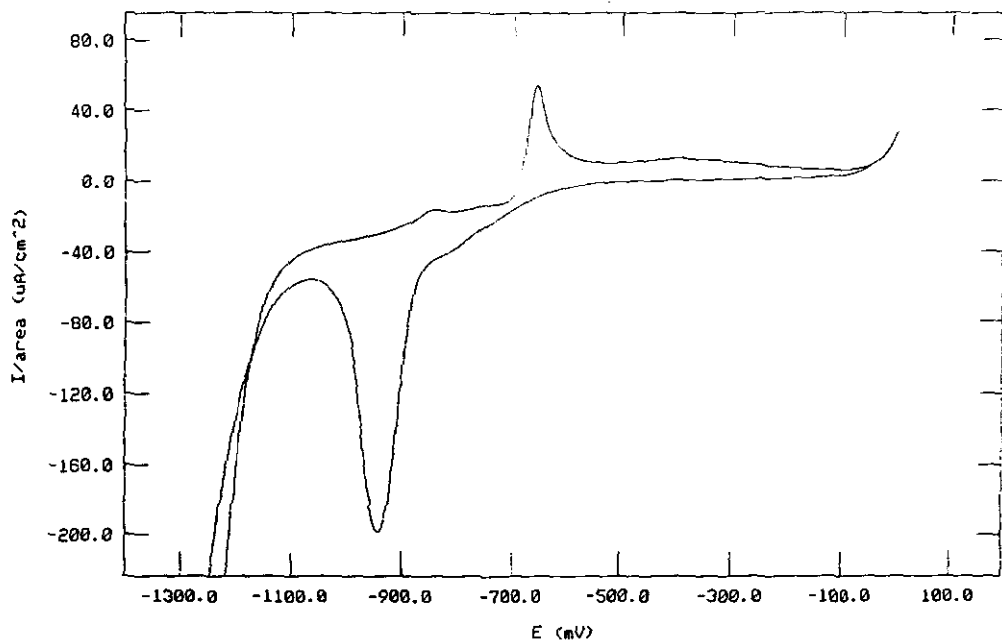


Fig. 15. Voltamograma Galena-Xantato 0.01 M $v=5$ mV/s.

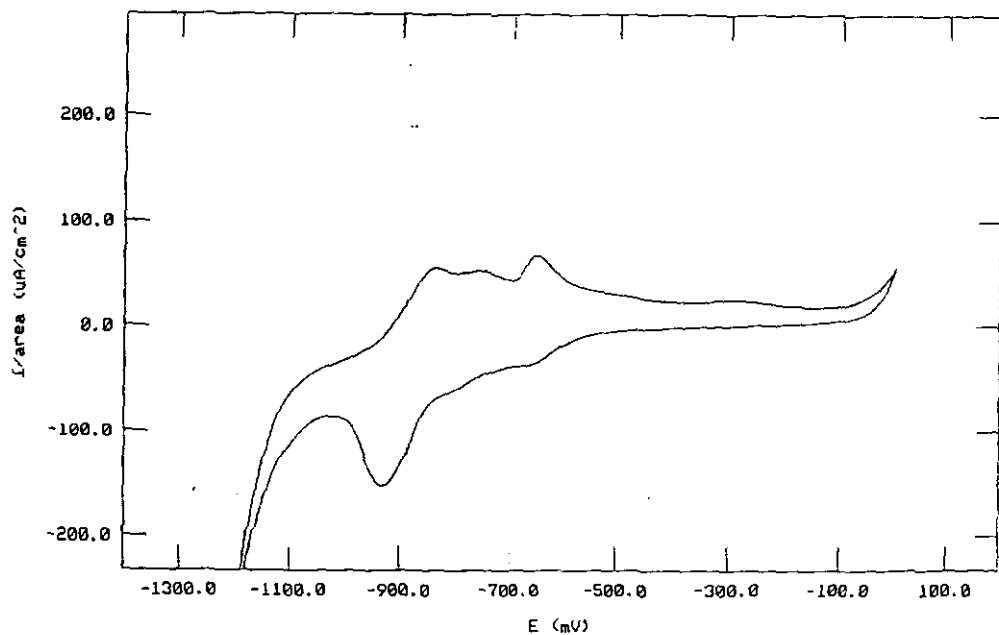


Fig. 16 Voltamograma Galena-Xantato 0.01 M $v=10$ mV/s.

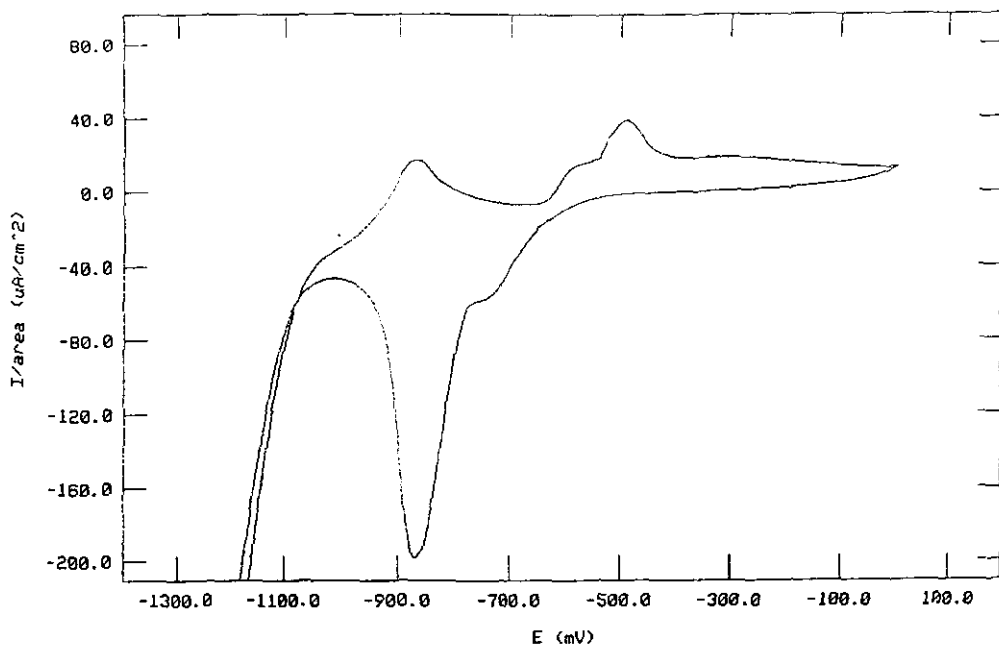


Fig. 17 Voltamograma Galena-Xantato 0.001 M $v=5$ mV/s.

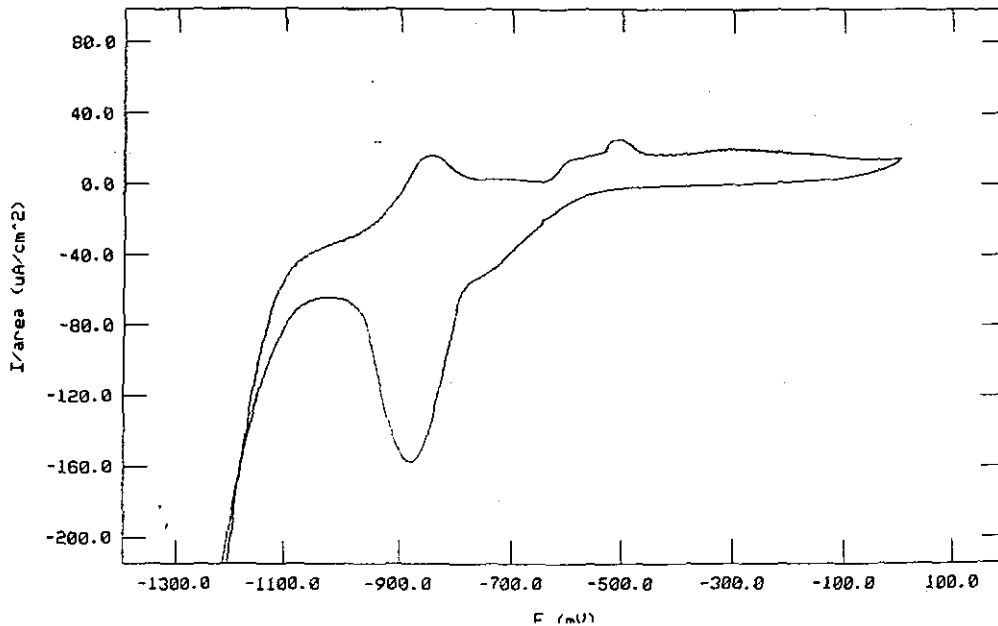


Fig. 18 Voltamograma Galena-Xantato 0.001 M $v=10$ mV/s.

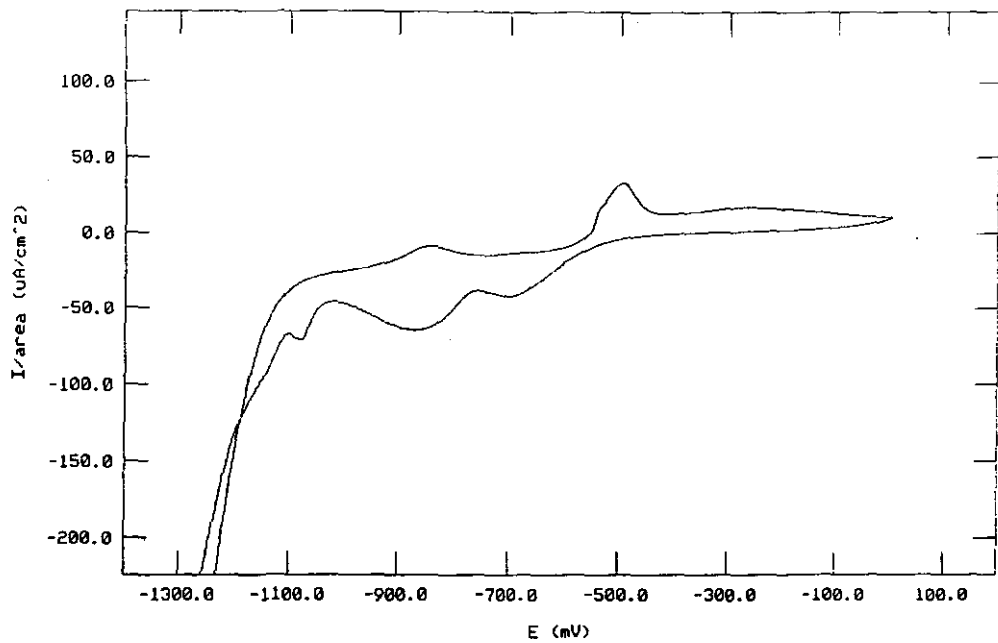


Fig. 19 Voltamograma Galena-Xantato 0.0001 M $v=5$ mV/s.

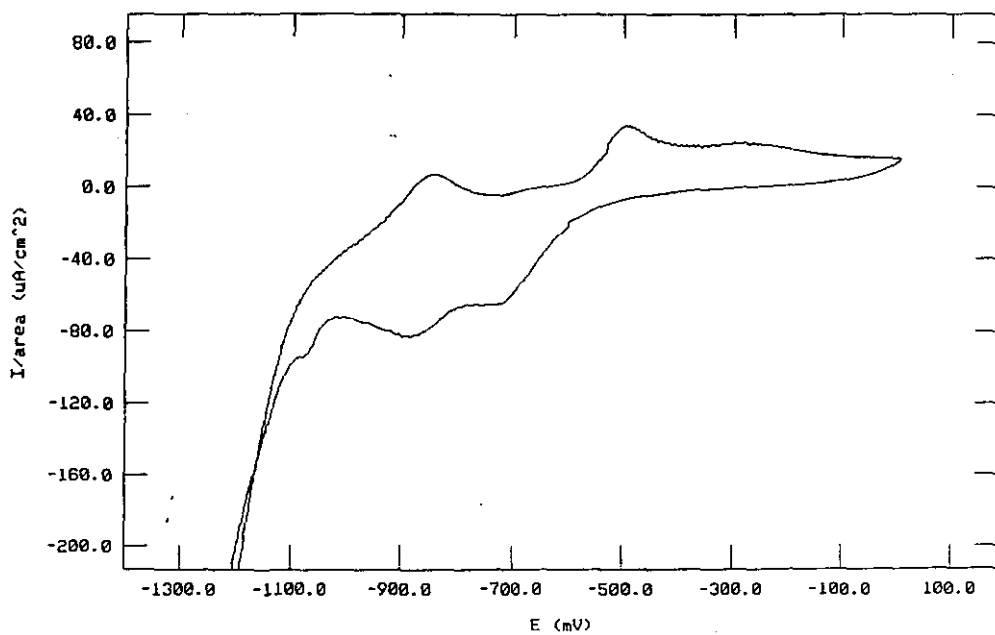


Fig. 20 Voltamograma Galena-Xantato 0.0001 M $v=10$ mV/s.

Sistema: Galena-Xantato 0.01 M. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	16.7	54.2	12.4	***	-55.7	---	---
(μ A)							
Ep	-844	-656	-401	***	-1066	---	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 3.Sistema:Galena-Xantato 0.01 M v=5 mV/s

Sistema: Galena-Xantato 0.01 M. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	55.7	68.2	25.2	***	-86.4	---	---
(μ A)							
Ep	-838	-651	-310	***	-1031	---	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 4.Sistema:Galena-Xantato 0.01 M v=10 mV/s.

Sistema: Galena-Xantato 0.001 M v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	1.3	33.3	22.5	***	-44.6	---	---
(μ A)							
Ep	-868	-511	-240	***	-1031	---	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 5.Sistema:Galena-Xantato 0.001 M v=5 mV/s

Sistema: Galena-Xantato 0.001 M v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	16.4	25.9	---	***	-63.6	---	---
(μ A)							
Ep	-846	-505	---	***	-1022	---	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 6.Sistema:Galena-Xantato 0.001 M v=10 mV/s.

Sistema: Galena-Xantato 0.0001 M. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	9.13	33	---	***	-67.5	-46	---
(μ A)							
Ep	-847	-494	---	***	-1101	-1017	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 7. Sistema:Galena-Xantato 0.0001 M v=5 mV/s

Sistema: Galena-Xantato 0.0001 M. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	6.81	34.2	---	***	-72.1	---	---
(μ A)							
Ep	-841	-496	---	***	-1006	---	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 8.Sistema:Galena-Xantato 0.0001 M v=10 mV/s.

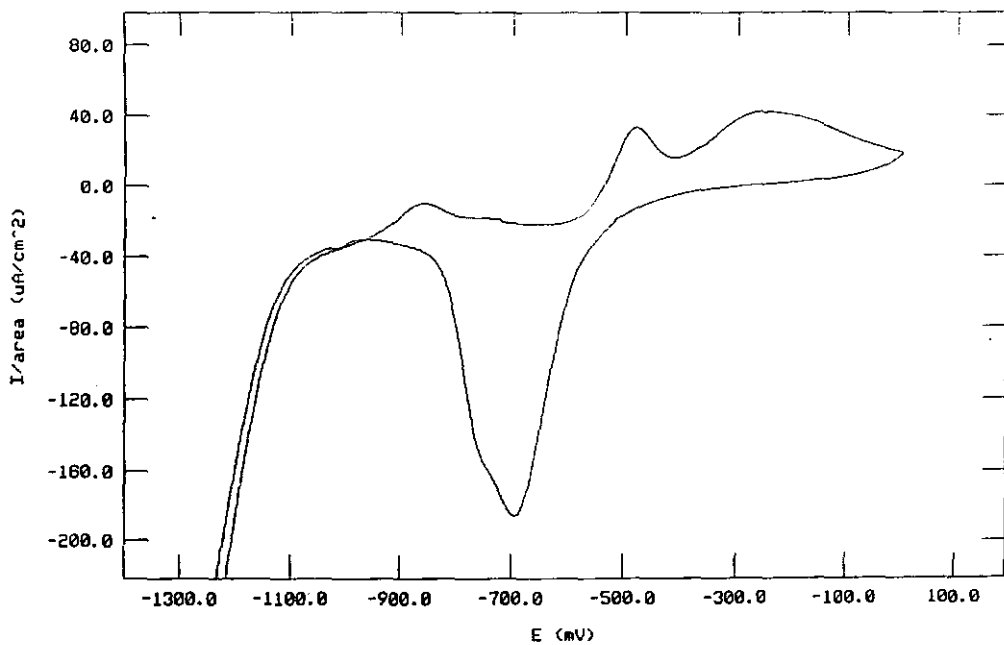


Fig. 21 Voltamograma Galena-Dextrina 50 ppm. $v=5$ mV/s.

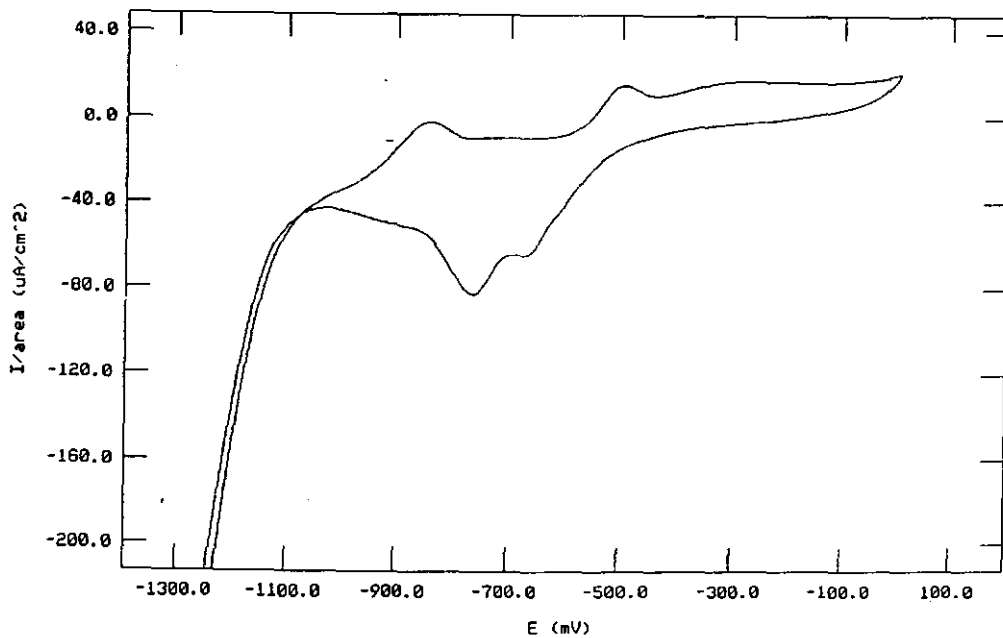


Fig. 22 Voltamograma Galena-Dextrina 50 ppm. $v=10$ mV/s.

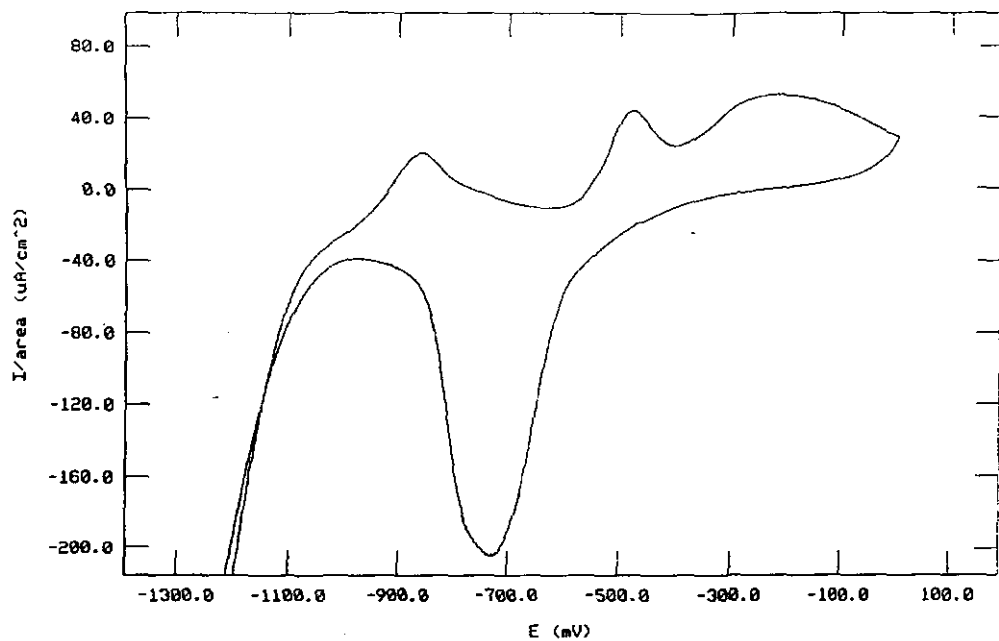


Fig. 23. Voltamograma Galena-Dextrina 100 ppm. $v=5$ mV/s.

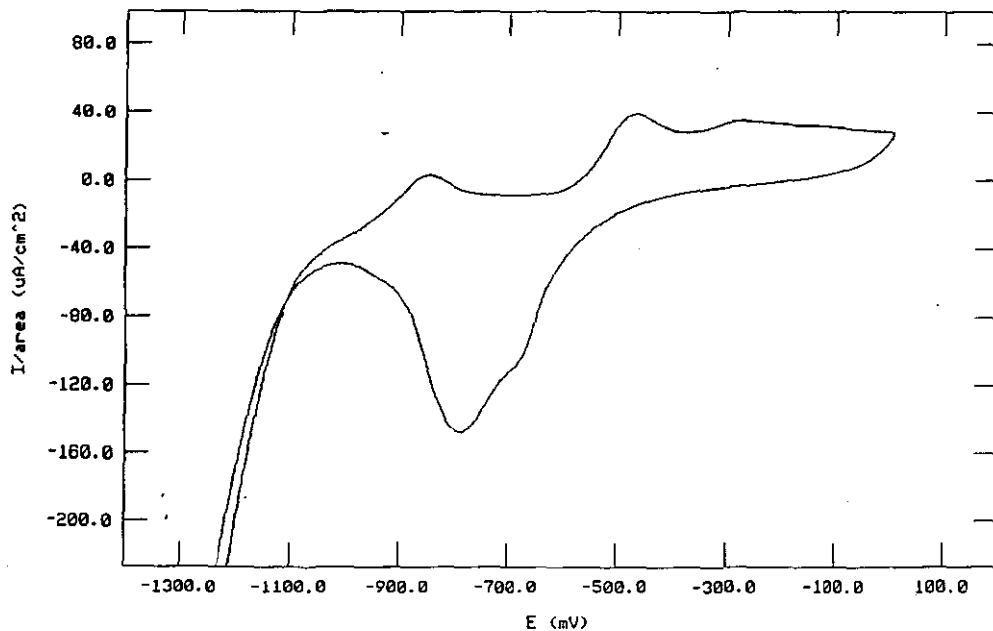


Fig. 24 Voltamograma Galena-Dextrina 100 ppm. $v=10$ mV/s.

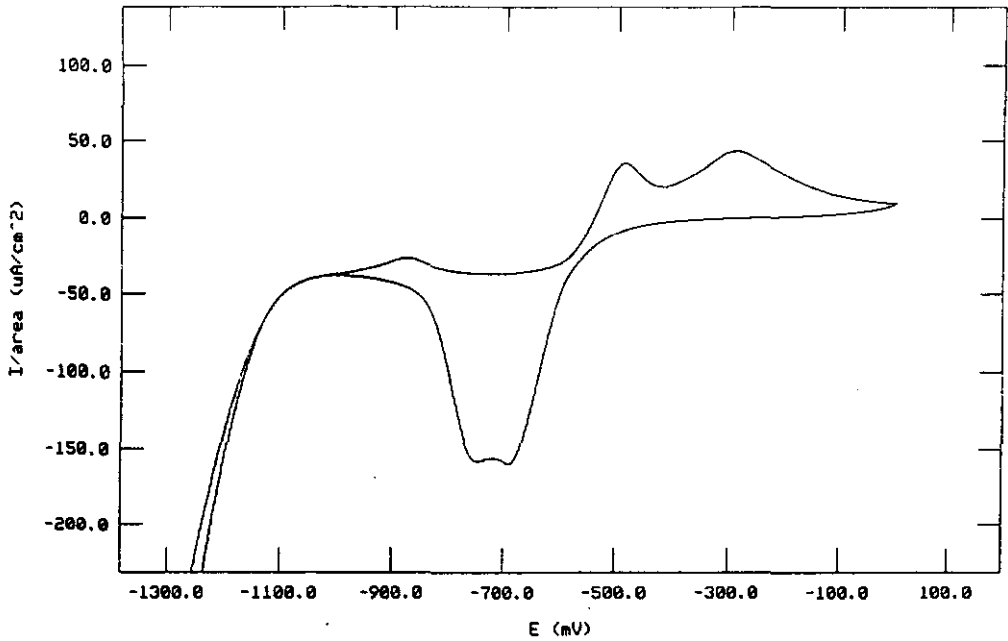


Fig. 25. Voltamograma Galena-Dextrina 150 ppm. $v=5$ mV/s.

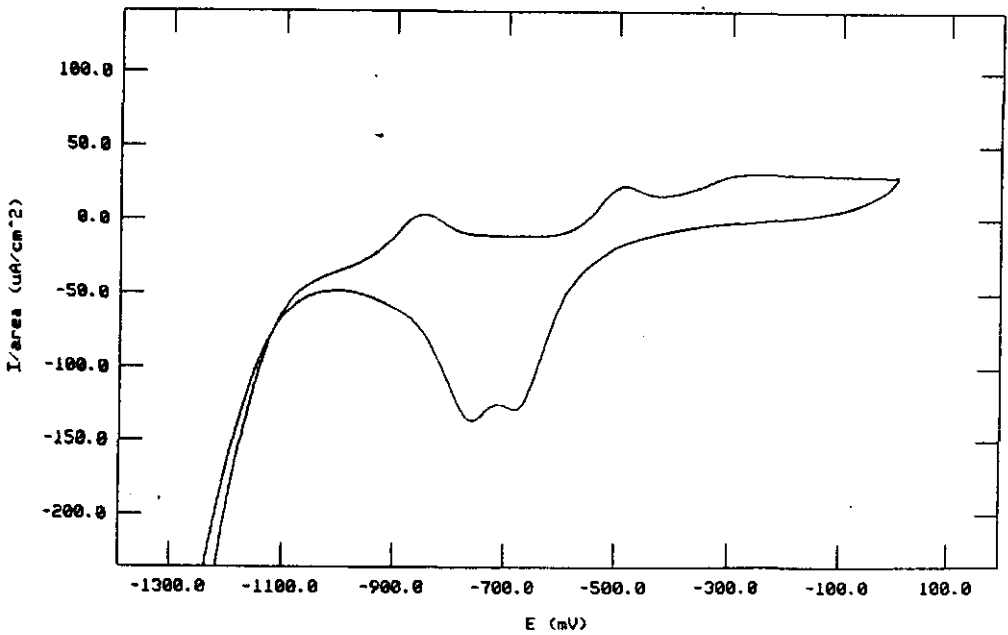


Fig. 26 Voltamograma Galena-Dextrina 150 ppm. $v=10$ mV/s.

Sistema: Galena-Dextrina 50 ppm. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	10.5	33.3	42.3	***	-30.3	---	---
(μ A)							
Ep	-858	-480	-257	***	-968	---	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 9. Sistema:Galena-Dextrina 50 ppm. v=5 mV/s

Sistema: Galena-Dextrina 50 ppm. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	9.3	15.3	17.6	***	-42.3	-64	---
(μ A)							
Ep	-840	-497	-289	***	-1023	-693	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 10. Sistema:Galena-Dextrina 50 ppm. v=10 mV/s.

Sistema: Galena-Dextrina 100 ppm. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	20.2	44	52.3	***	-38.9	---	---
(μ A)							
Ep	-865	-476	-225	***	-917	---	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 11. Sistema:Galena-Dextrina 100ppm.v=5 mV/s

Sistema: Galena-Dextrina 100 ppm. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	3.03	39.4	35.6	***	-48.5	---	---
(μ A)							
Ep	-845	-464	-265	***	-1010	---	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 12. Sistema:Galena-Dextrina 100ppm.v=10 mV/s.

Sistema: Galena-Dextrina 150 ppm. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	26.6	36	43.7	***	-38.5	-125	---
(μ A)							
Ep	-872	-484	-288	***	-1010	-716	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 13. Sistema:Galena-Dextrina 150ppm.v=5 mV/s

Sistema: Galena-Dextrina 150 ppm. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	3.17	23.2	31.4	***	-48.1	-125	---
(μ A)							
Ep	-848	-484	-272	***	-1005	-714	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 14. Sistema:Galena-Dextrina 150ppm.v=10 mV/s.

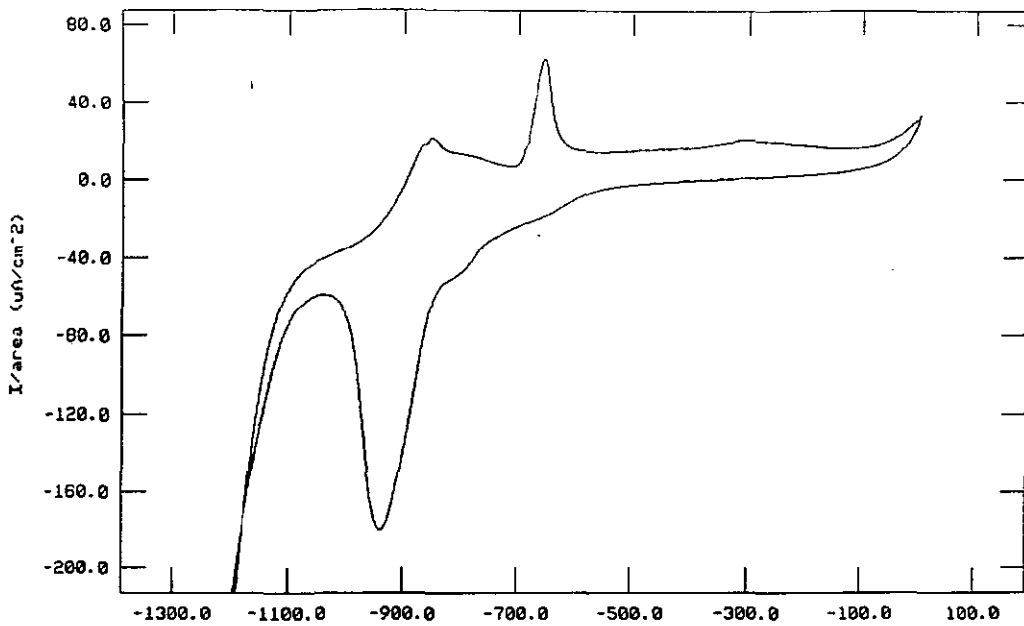


Fig. 27. Voltamograma Galena-Xantato 0.01 M-Dextrina 50 ppm. $v=5$ mV/s.

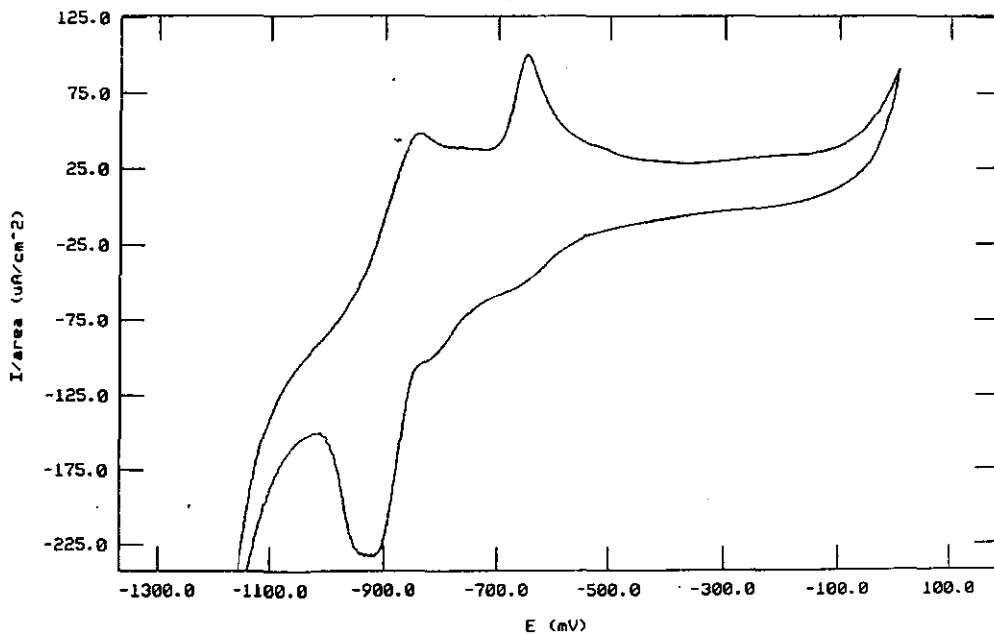


Fig. 28 Voltamograma Galena-Xantato 0.01 M-Dextrina 50 ppm. $v=10$ mV/s.

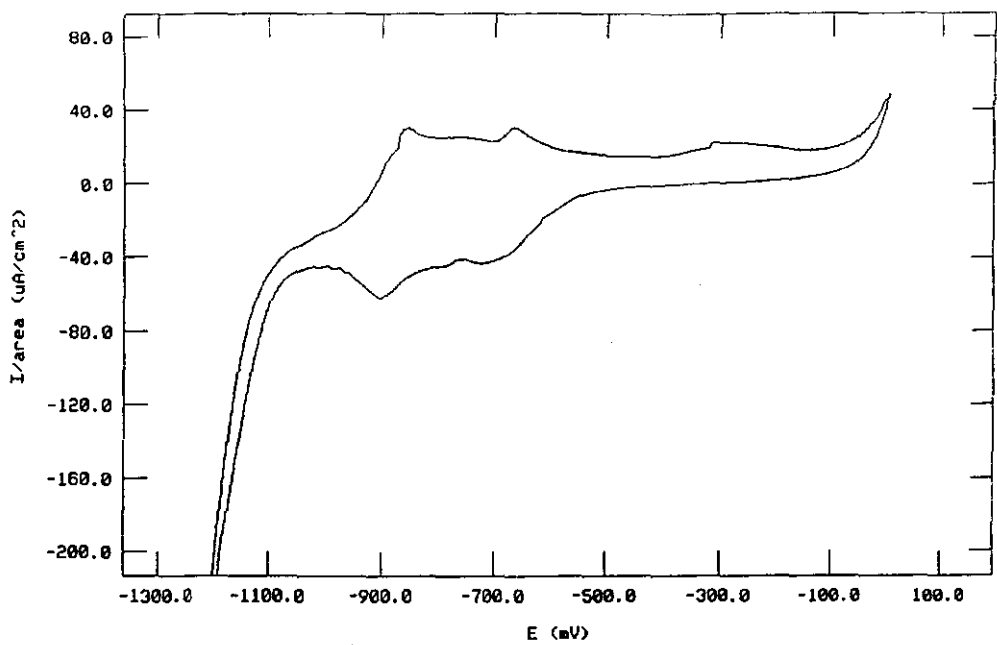


Fig. 29. Voltamograma Galena-Xantato 0.01 M-Dextrina 100 ppm. $v=5$ mV/s .

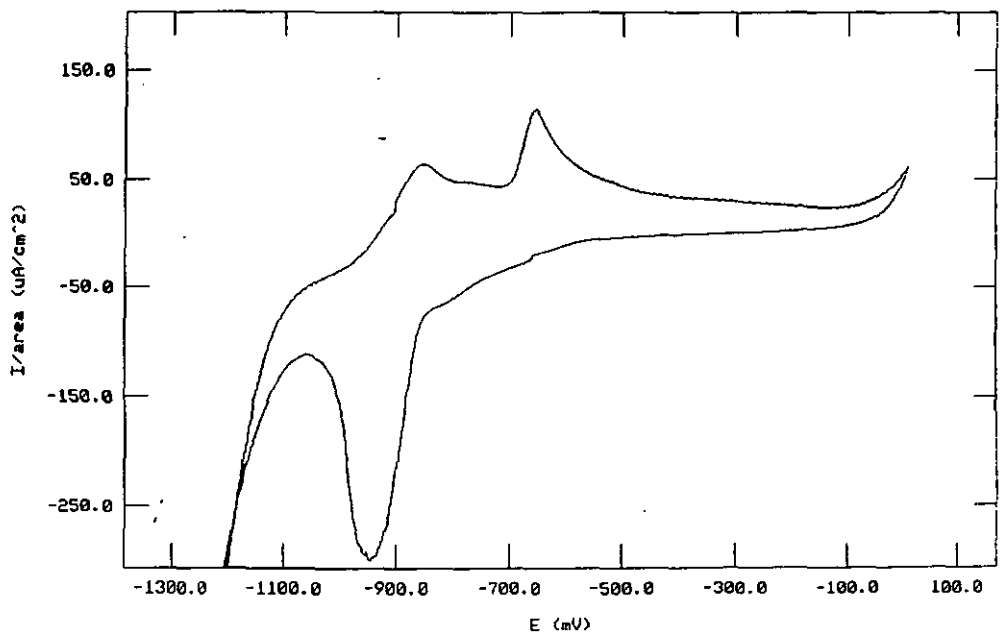


Fig. 30 Voltamograma Galena-Xantato 0.01 M-Dextrina 100 ppm. $v=10$ mV/s .

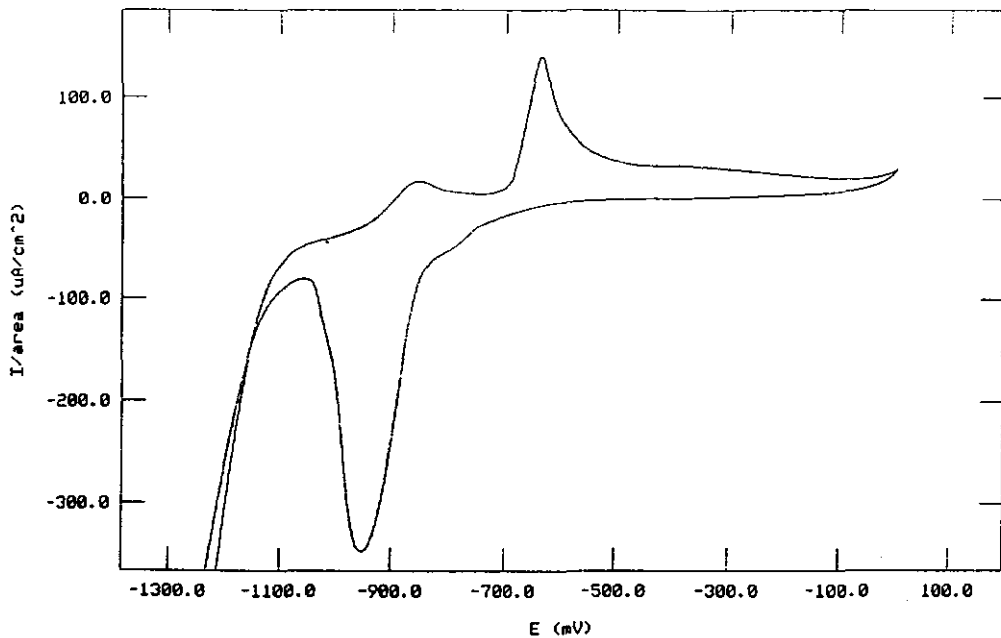


Fig. 31. Voltamograma Galena-Xantato 0.01 M-Dextrina 150 ppm. $v=5$ mV/s.

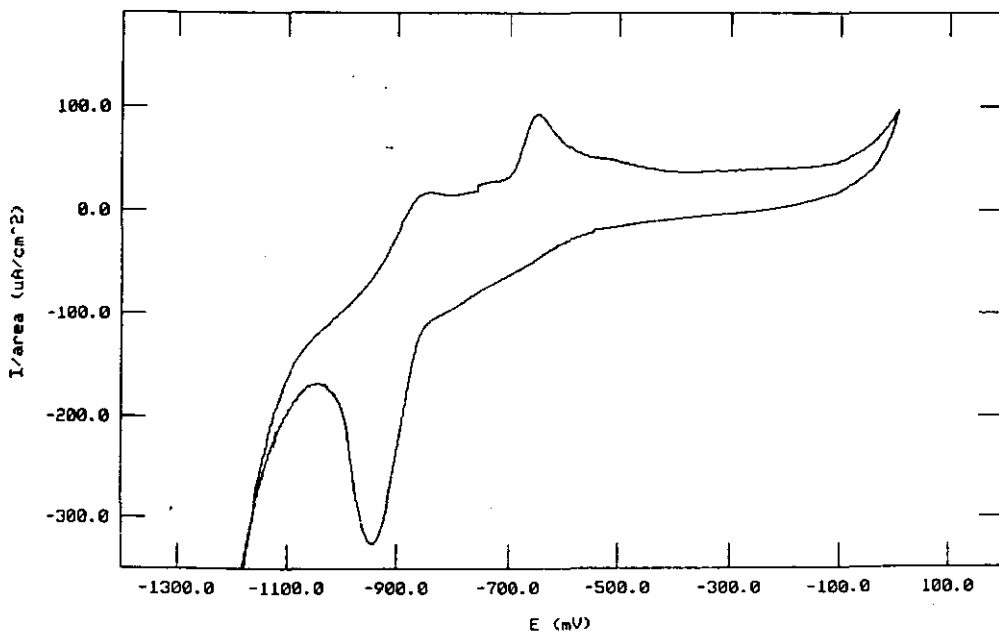


Fig. 32 Voltamograma Galena-Xantato 0.01 M-Dextrina 150 ppm. $v=10$ mV/s.

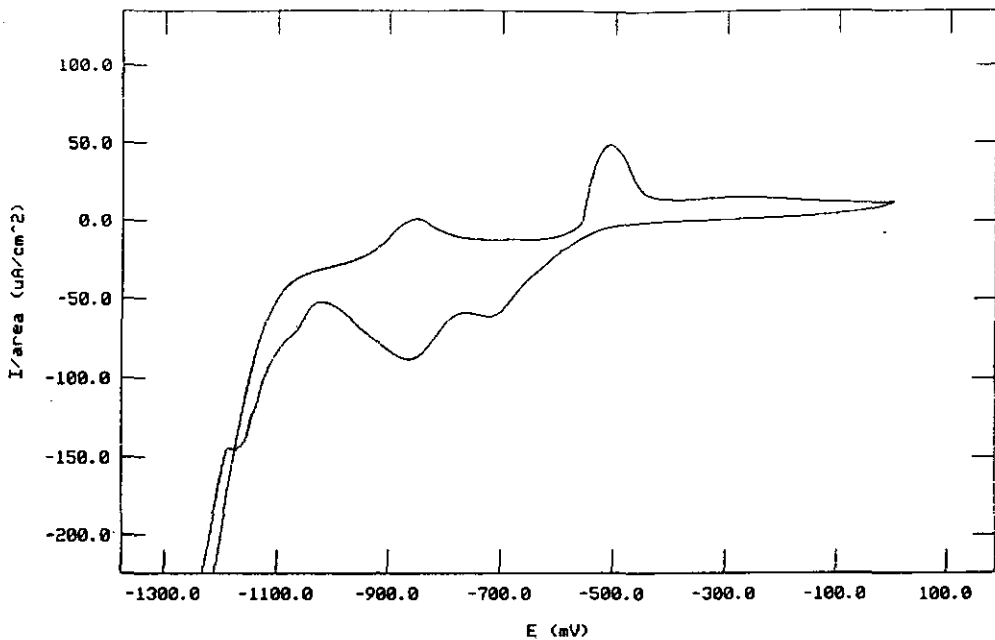


Fig. 33. Voltamograma Galena-Xantato 0.001 M-Dextrina 50 ppm. $v=5$ mV/s.

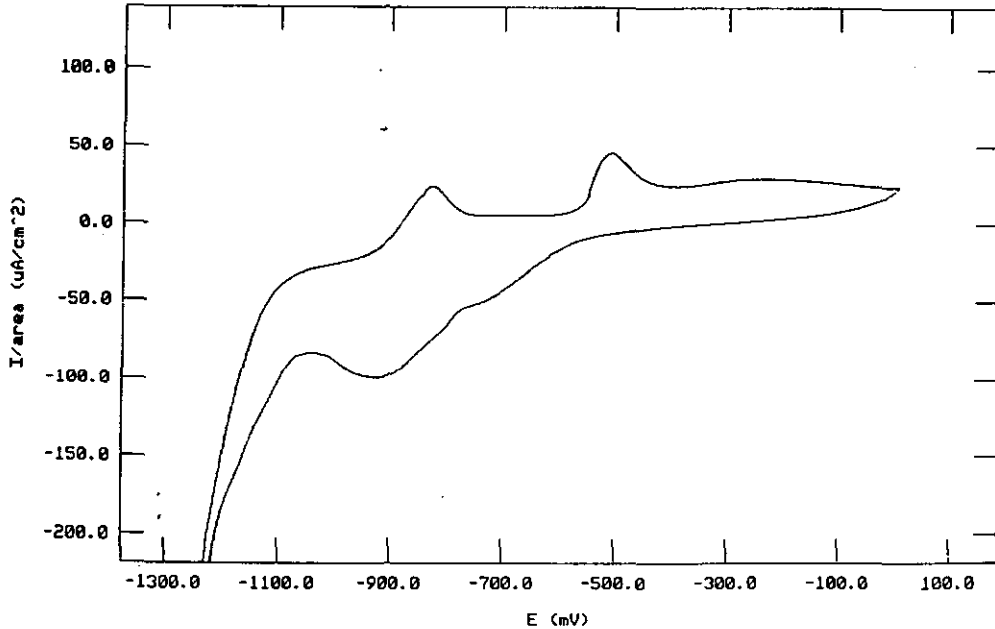


Fig. 34 Voltamograma Galena-Xantato 0.001 M-Dextrina 50 ppm. $v=10$ mV/s.

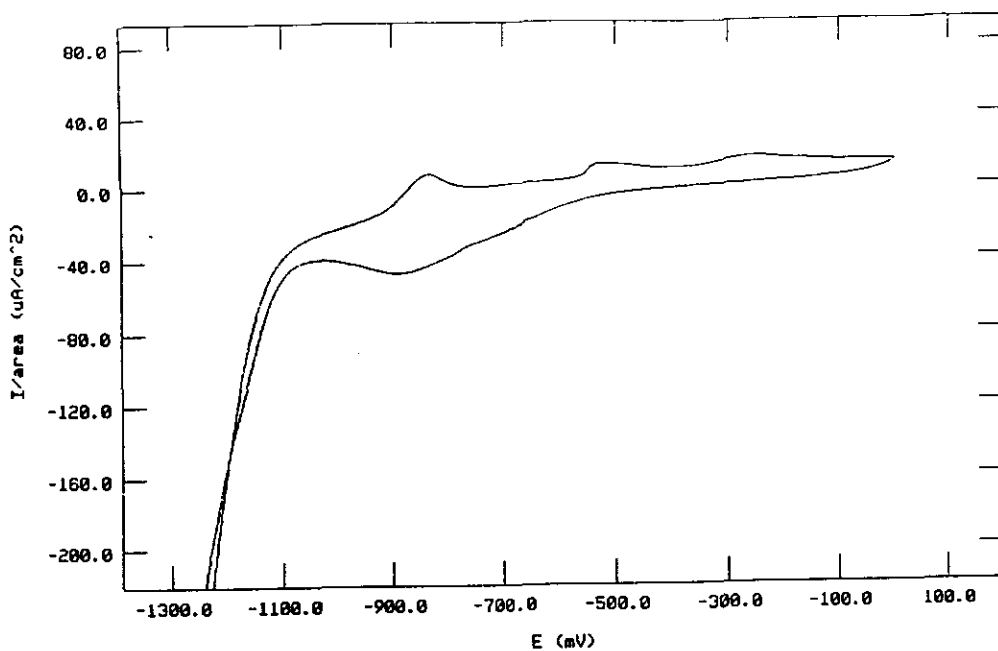


Fig. 35. Voltamograma Galena-Xantato 0.001 M-Dextrina 100 ppm. $v=5$ mV/s.

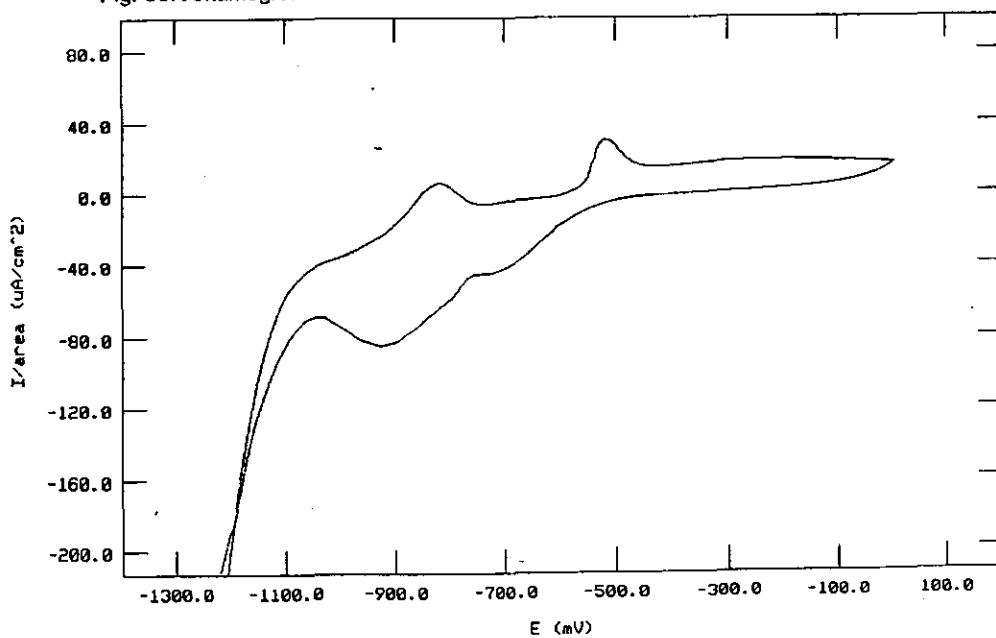


Fig. 36 Voltamograma Galena-Xantato 0.001 M-Dextrina 100 ppm. $v=10$ mV/s.

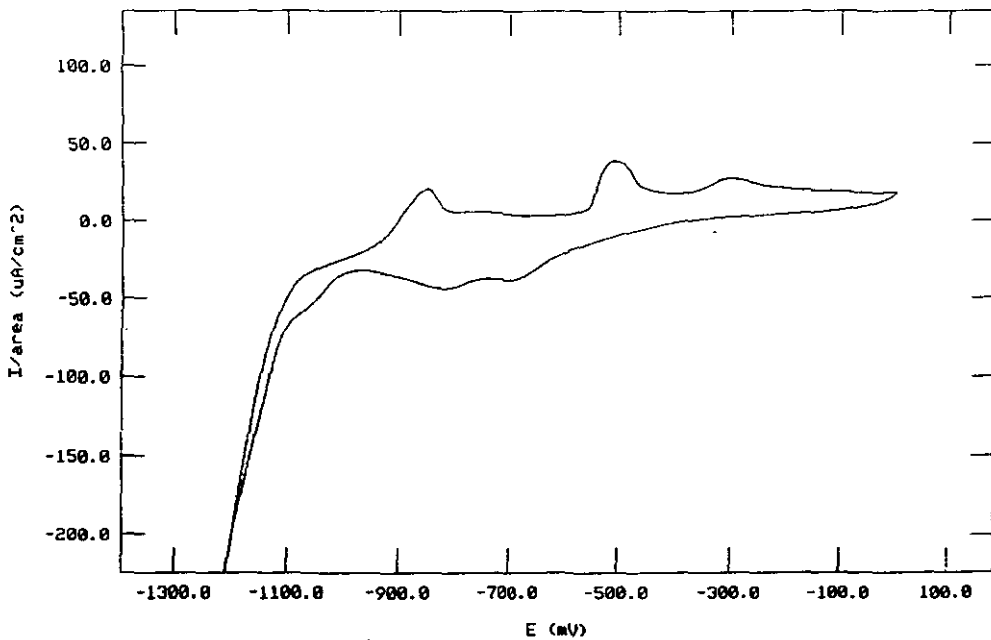


Fig. 37. Voltamograma Galena-Xantato 0.001 M-Dextrina 150 ppm. $v=5$ mV/s.

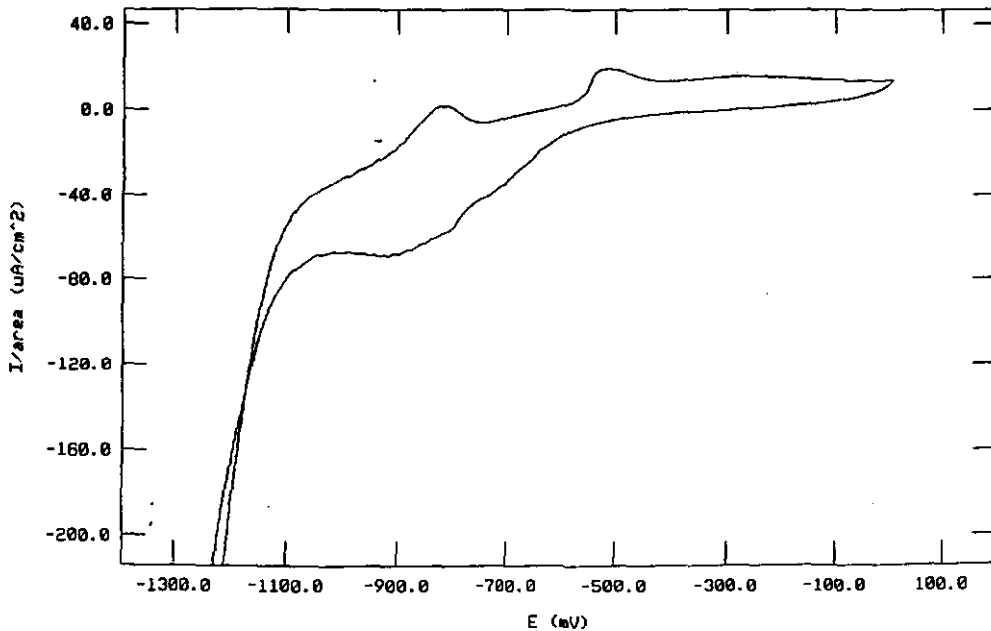


Fig. 38 Voltamograma Galena-Xantato 0.001 M-Dextrina 150 ppm. $v=10$ mV/s.

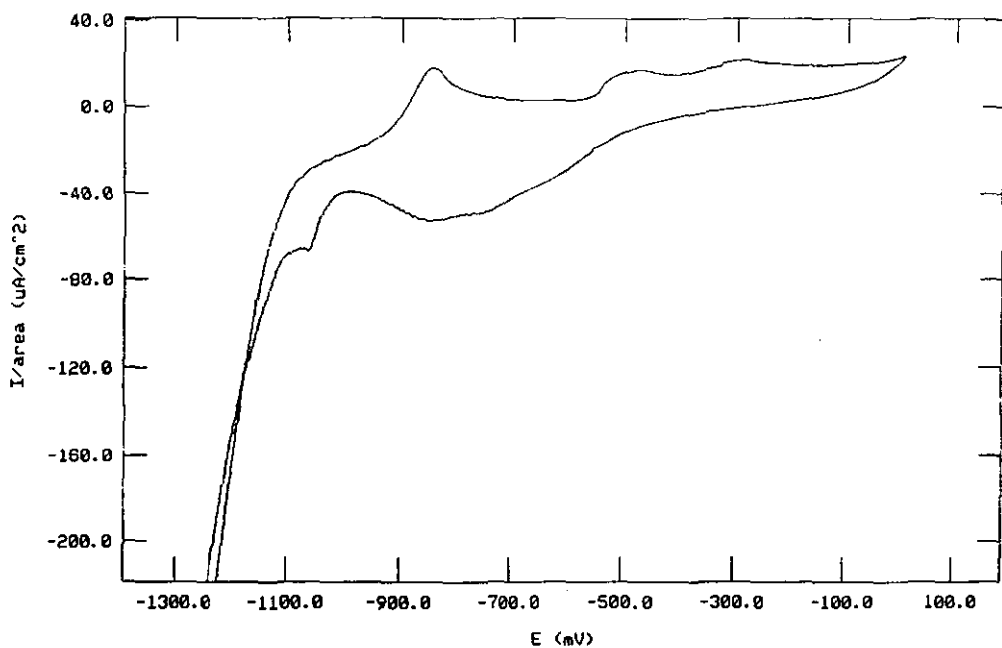


Fig. 39 Voltamograma Galena-Xantato 0.0001 M-Dextrina 50 ppm. $v=5$ mV/s .

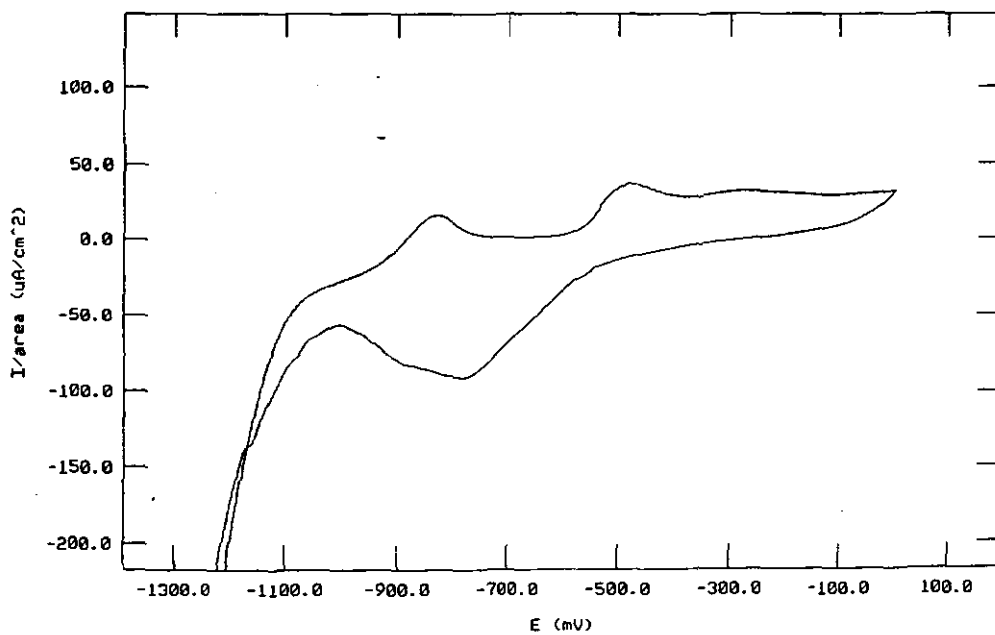


Fig. 40 Voltamograma Galena-Xantato 0.0001 M-Dextrina 50 ppm. $v=10$ mV/s .

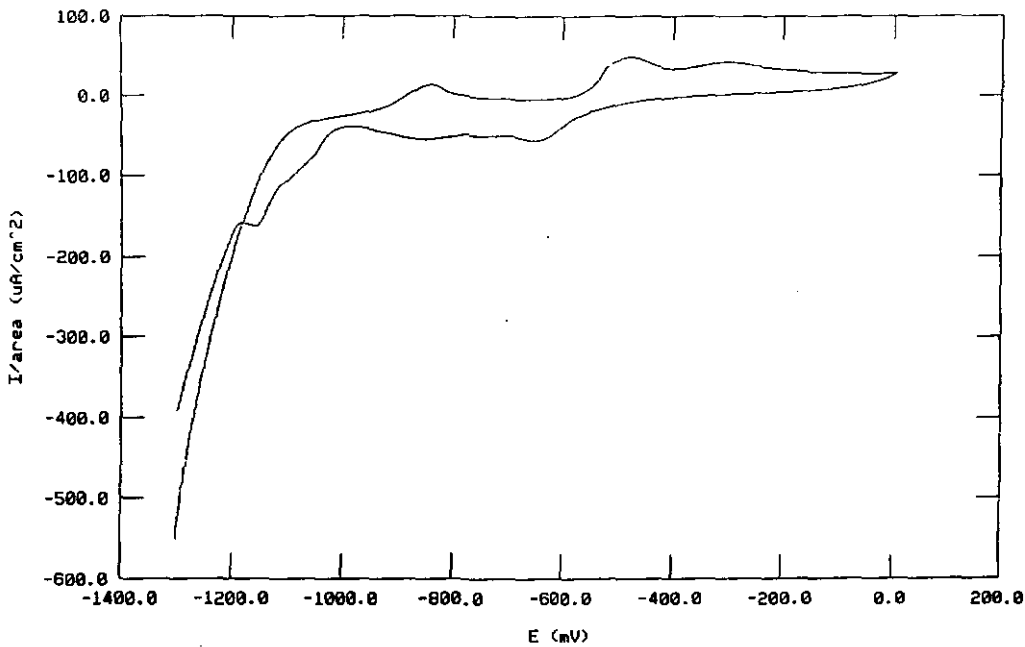


Fig. 41. Voltamograma Galena-Xantato 0.0001 M-Dextrina 100 ppm. $v=5$ mV/s.

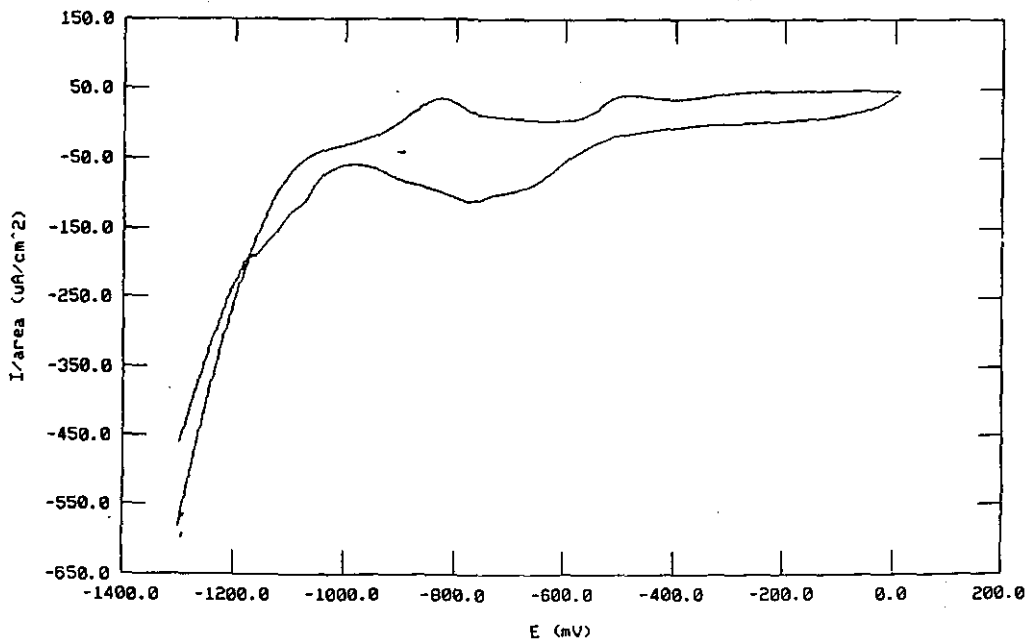


Fig. 42 Voltamograma Galena-Xantato 0.0001 M-Dextrina 100 ppm. $v=10$ mV/s.

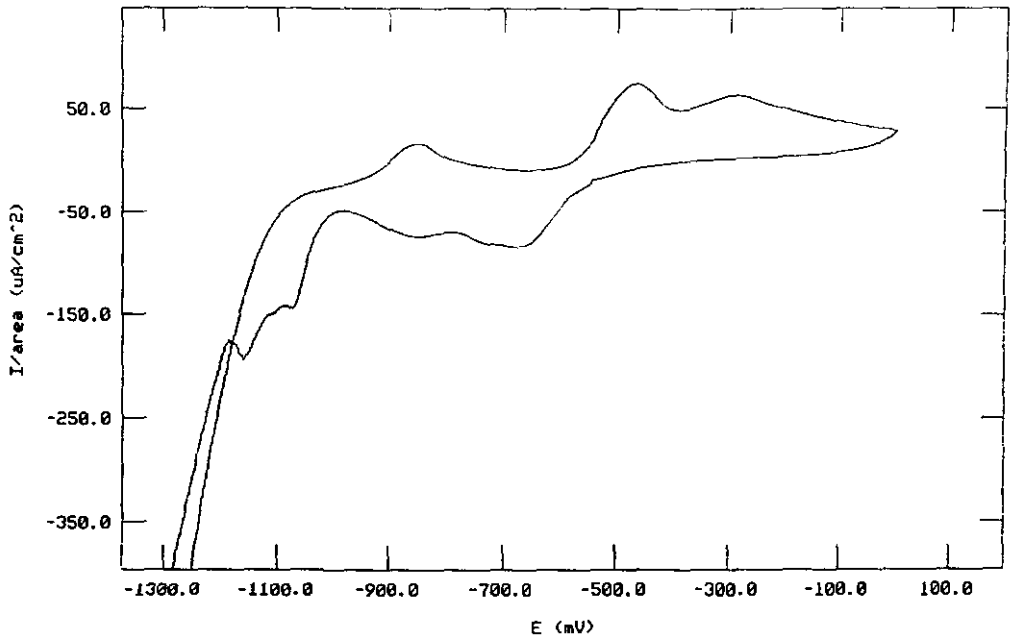


Fig. 43. Voltamograma Galena-Xantato 0.0001 M-Dextrina 150 ppm. $v=5$ mV/s.

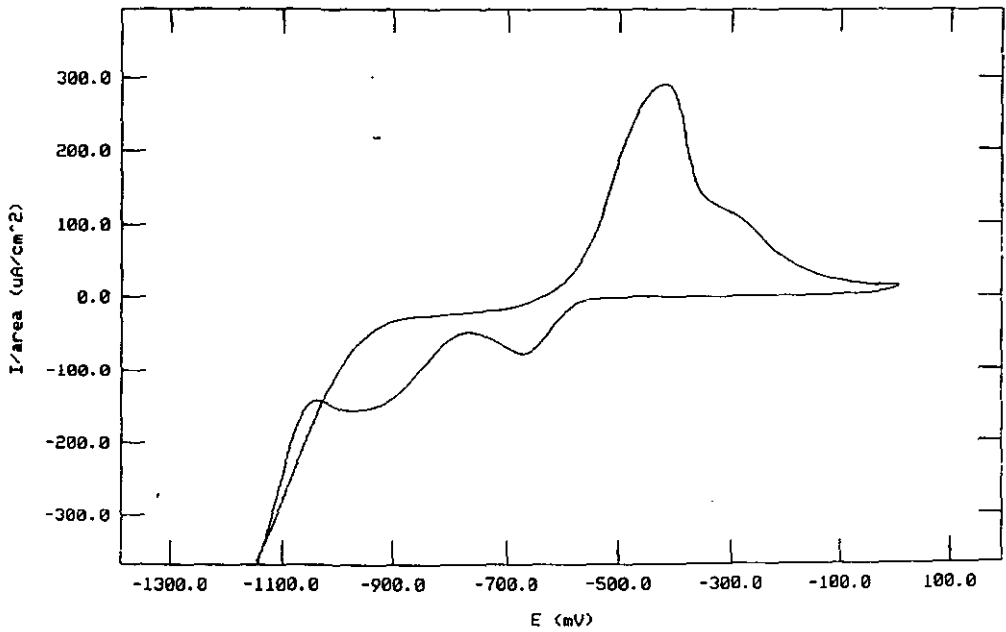


Fig. 44 Voltamograma Galena-Xantato 0.0001 M-Dextrina 150 ppm. $v=10$ mV/s.

Sistema: Sol.Xan.0.01 M. Dex. 50 ppm. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	21.4	62.3	20.3	***	---	-57.3	***
(μ A)							
Ep	-854	-655	-298	***	---	-954	***
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 15. Sistema: Galena-Xantato 0.01 M-
Dextrina 50 ppm. v =5 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.01 M. Dex. 50 ppm. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	48.7	100.3	---	***	-149	-107	***
(μ A)							
Ep	-841	-648	---	***	-1013	-845	***
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 16. Sistema: Galena-Xantato 0.01 M-
Dextrina 50 ppm. v=10 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.01 M. Dex. 100 ppm. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	30.6	30.9	22.4	***	-45.3	-40.9	***
(μ A)							
Ep	-855	-667	-317	***	-1002	-759	***
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 17. Sistema: Galena-Xantato 0.01 M-
Dextrina 100 ppm. v =5 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.01 M. Dex. 100 ppm. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	64.3	114.8	---	***	-113	-67.5	***
(μ A)							
Ep	-855	-665	---	***	-1068	-829	***
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 18. Sistema: Galena-Xantato 0.01 M-
Dextrina 100 ppm. v=10 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.01 M. Dex. 150 ppm. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	16.82	141.1	---	***	-81.6	---	***
(μ A)							
Ep	-825	-636	---	***	-1060	---	***
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 19. Sistema: Galena-Xantato 0.01 M-
Dextrina 150 ppm. v =5 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.01 M. Dex. 150 ppm. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	17.5	93.8	---	***	-169	-107	***
(μ A)							
Ep	-840	-646	---	***	-1041	-841	***
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 20. Sistema: Galena-Xantato 0.01 M-
Dextrina 150 ppm. v=10 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.001 M. Dex. 50 ppm. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	0.93	48.8	---	---	-145	-52.4	-59.1
(μ A)							
Ep	-848	-508	---	---	-1185	-1022	-761
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 21. Sistema: Galena-Xantato 0.001 M-
Dextrina 50 ppm. v =5 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.001 M. Dex. 50 ppm. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	24.2	46	---	---	-83.4	---	---
(μ A)							
Ep	-828	-506	---	---	-1039	---	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 22. Sistema: Galena-Xantato 0.001 M-
Dextrina 50 ppm. v=10 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.001 M. Dex. 100 ppm. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	7.2	12.9	16.3	---	-39.5	---	---
(μ A)							
Ep	-834	-522	-255	---	-1042	---	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 23. Sistema: Galena-Xantato 0.001 M-
Dextrina 100 ppm. v =5 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.001 M. Dex. 100 ppm. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	6.09	29.9	---	---	-68.7	-45	---
(μ A)							
Ep	-818	-520	---	---	-1041	-731	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 24. Sistema: Galena-Xantato 0.001 M-
Dextrina 100 ppm. v=10 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.001 M. Dex. 150 ppm. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	20.5	38.1	27.4	---	32.2	37.4	---
(μ A)							
Ep	-849	-511	-298	---	-971	-741	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 25. Sistema: Galena-Xantato 0.001 M-
Dextrina 150 ppm. v =5 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.001 M. Dex. 150 ppm. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	1.6	18.8	15.5	---	67.2	---	---
(μ A)							
Ep	-818	-509	-275	---	-1013	---	---
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 26. Sistema: Galena-Xantato 0.001 M-
Dextrina 150 ppm. v=10 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.0001 M. Dex. 50 ppm. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	17.8	17	21.9	***	-38.9	---	***
(μ A)							
Ep	-845	-474	-290	***	-990	---	***
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 27. Sistema: Galena-Xantato 0.0001 M-
Dextrina 50 ppm. v = 5 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.0001 M. Dex. 50 ppm. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	16	36.9	38	***	-56.9	---	***
(μ A)							
Ep	-829	-481	-289	***	-1000	---	***
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 28. Sistema: Galena-Xantato 0.0001 M-
Dextrina 50 ppm. v=10 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.0001 M. Dex. 100 ppm. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	13.3	49.7	43.2	***	-159	-39.4	-49.5
(μ A)							
Ep	-840	-475	-298	***	-1184	-984	-774
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 29. Sistema: Galena-Xantato 0.0001 M-
Dextrina 100 ppm. v = 5 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.0001 M. Dex. 100 ppm. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	35.7	41.6	45.8	***	-58	---	***
(μ A)							
Ep	-826	-479	-258	***	-989	---	***
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 30. Sistema: Galena-Xantato 0.0001 M-
Dextrina 100 ppm. v=10 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.0001 M. Dex. 150 ppm. v=5 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	15.3	75.3	63.3	***	-175	-142	-48.5
(μ A)							
Ep	-847	-467	-288	***	-1185	-1085	-988
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 31. Sistema: Galena-Xantato 0.0001 M-
Dextrina 150 ppm. v = 5 mV/s

Sistema: Sol.Xan.0.0001 M. Dex. 150 ppm. v=10 mV/s							
	1A	2A	3A	4A	1C	2C	3C
Ip	---	291	---	***	-142	-48.3	-2.09
(μ A)							
Ep	---	-421	---	***	-1040	-767	-545
(mV)							
--- El pico existe pero no está definido							
*** El pico no existe							
A Pico anódico C Pico catódico.							

Tabla 32. Sistema: Galena-Xantato 0.0001 M-
Dextrina 150 ppm. v=10 mV/s

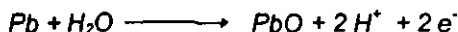
CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE RESULTADOS.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Los valores de potencial pico experimentados han sido comparados con los potenciales calculados a partir de datos termodinámicos para cada reacción propuesta y para las velocidades de barrido de 5 y 10 mV/s y los resultados obtenidos se muestran a continuación:

SISTEMA GALENA-SOLUCIÓN REGULADORA.

Para el primer pico anódico, Gardner y Woods ⁽¹⁶⁾ han operado este equilibrio y proponen la siguiente reacción:



Se verificara si el resultado obtenido experimentalmente corresponde a esta reacción de la siguiente manera:

$$\Delta G^{\circ}_R = 11.437 \text{ Kcal/mol}$$

$$E^{\circ} = -\Delta G^{\circ}_R / nF$$

$$E^{\circ} = -0.0592 \text{ V}$$

$$E' = E^{\circ} + 0.0591 \text{ Log } (H^+) = -0.0592 - 0.0591 \text{ pH}$$

$$\text{si pH} = 9.2$$

$$E'_R = -0.60292 \text{ V}$$

$$E_{ECS}' = -0.846 \text{ V} = -846 \text{ mV}$$

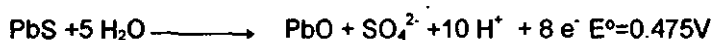
Comparando el potencial teórico con el obtenido experimentalmente, se obtiene:

E _{ECS} '(mV)		E _{ECS} '(mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-846	-853
v=10 mV/s		-842

Por tanto, el pico denominado 1A corresponde al equilibrio mencionado.

De acuerdo con Gardner y Woods⁽¹⁶⁾ este pico corresponde a un proceso de oxidación a nivel monocapa que probablemente ocurra solo en ciertas partes del electrodo de galena.

Al continuar con la oxidación se encuentra un segundo pico anódico *experimental* que se propone sea debido a la reacción:

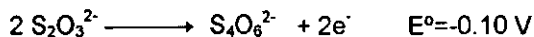


Realizando el mismo tipo de cálculos se obtiene el potencial teórico, el cual se compara con el obtenido experimentalmente:

E _{ECS} '(mV)		E _{ECS} '(mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-507	-498
v=10 mV/s		-502

Por lo que la reacción propuesta es muy probable que ocurra, ya que Gardner y Woods⁽¹⁶⁾ mencionan que esta reacción sí ocurre durante el proceso de oxidación de la galena.

Continuando con el proceso de oxidación se observa otro pico para el cual se propone la siguiente reacción:



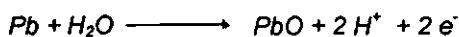
Determinando el potencial condicional respecto al electrodo de calomel y comparándolo con el obtenido experimentalmente se tiene:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
$v=5 \text{ mV/s}$	-284	-284
$v=10 \text{ mV/s}$		-287

Después de realizar la comparación podemos decir que el pico que se denominó 3A sí se debe a la reacción propuesta.

SISTEMA GALENA-XANTATO 0.01 M

Como primer pico anódico se proponen que es debido a la siguiente reacción:

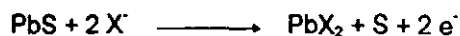


Esto se verifica comparando el potencial calculado teóricamente contra el obtenido experimentalmente obteniéndose el siguiente resultado:

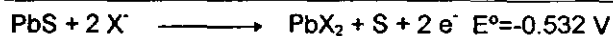
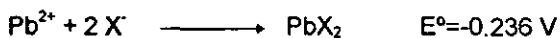
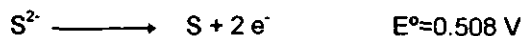
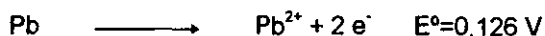
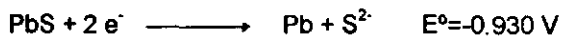
E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-846	-844
v=10 mV/s		-838

Después de comparar ambos potenciales podemos decir que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción propuesta.

Durante el barrido de potencial de oxidación se encuentra un segundo pico anódico, al cual Chmielewski y Lekki⁽²⁴⁾, lo atribuyen a el xantato de plomo de acuerdo a la reacción:



Esto se verifica de la siguiente manera:



$$E' = E^{\circ} - 0.0591 \text{ Log } (X^-)$$

$$\text{Si } (X^-) = 0.01 \text{ M}$$

$$E'h = -0.412 \text{ V}; \quad E'_{ECS} = -0.657 \text{ V} = -657 \text{ mV}$$

Se compara este potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente se tiene:

E _{ECS'} (mV)		E _{ECS'} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-657	-656
v=10 mV/s		-651

por tanto, si está presente el xantato de plomo en el sistema experimental durante el barrido de oxidación y corresponde a el pico denominado 2A.

Al continuar con el barrido de oxidación se encuentra un tercer pico anódico, que de acuerdo con Chmielewski y Lekki⁽²⁴⁾ corresponde a el xantato adsorbido , pudiéndose comprobar esto de la siguiente manera:

Rao⁽²⁵⁾ proporciona el valor de la energía libre para las especies adsorbidas del xantato:

$$\Delta G^{\circ}_R = 35.6 \text{ Kcal/mol}$$

$$E^{\circ} = -\Delta G^{\circ}_R / nF$$

$$E^{\circ} = -0.184 \text{ V}$$

$$E' = E^{\circ} + 0.0591/2 \text{ Log } 1/(x')^2 = -0.184 - 0.0591 \text{ Log } (X')$$

$$\text{Si } (X') = 0.01 \text{ M}$$

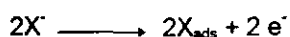
$$E_h' = -0.0662 \text{ V}$$

$$E_{ECS'} = -0.310 \text{ V} = -310 \text{ mV}$$

Comparando este resultado con el obtenido experimentalmente se tiene:

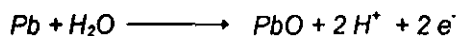
E _{ECS} '(mV)		E _{ECS} '(mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-310	-401
v=10 mV/s		-310

Por tanto el pico 3A corresponde al ión xantato adsorbido, según la reacción:



SISTEMA GALENA-XANTATO 0.001 M

En este sistema se encontró un primer pico anódico que al igual que en los otros sistemas se propone se deba a la reacción:

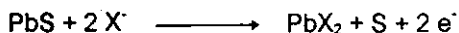


Se verifica que esto es cierto por la comparación de el potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente:

E _{ECS} '(mV)		E _{ECS} '(mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-846	-868
v=10 mV/s		-846

Después de comparar ambos potenciales se tiene que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción propuesta.

Al continuar con la oxidación se encuentra un segundo pico anódico experimental que se propone es debido a el xantato de plomo según la reacción:

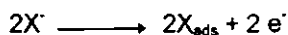


Se verifica de la misma manera que en los anteriores casos dando el siguiente resultado:

E_{ECS}' (mV)		E_{ECS}' (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-539	-511
v=10 mV/s		-505

Con lo que se puede decir que el pico denominado 2A sí corresponde al xantato de plomo aunque el pico es más pequeño comparado con el correspondiente a la concentración 0.01M, debido a que existe una menor concentración de xantato presente en solución.

Aparece un tercer pico anódico durante el barrido de potencial anódico, al cual se propone la siguiente reacción:



Se obtienen los siguientes resultados:

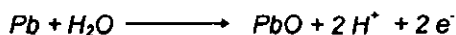
E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
$v=5$ mV/s	-250	-240

Cabe señalar que a una velocidad de barrido de 10 mV/s el pico no se define.

Sin embargo el pico 3A sí corresponde al ión xantato adsorbido.

SISTEMA GALENA-XANTATO 0.0001 M

En este sistema se encontró un primer pico anódico que al igual que en los otros sistemas se propone se deba a la reacción siguiente:



Se verifica por la comparación de el potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
$v=5$ mV/s	-846	-847
$v=10$ mV/s		-841

Después de comparar ambos potenciales podemos decir que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción propuesta..

Al continuar con la oxidación se encuentra un segundo pico anódico experimental que se propone que es debido a el xantato de plomo según la reacción:



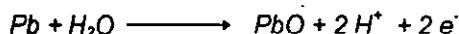
Lo podemos verificar de la misma manera que el anterior caso dando el siguiente resultado:

E_{ECS}' (mV)		E_{ECS}' (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-508	-494
v=10 mV/s		-496

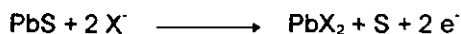
Con lo que se puede decir que el pico denominado 2A sí corresponde al xantato de plomo aunque el pico es más pequeño comparado con el correspondiente a la concentración 0.001M, debido a que existe una menor concentración de xantato presente en solución.

COMPARACIÓN GALENA-XANTATO 0.01M, 0.001 M y 0.0001 M.

Cuando se realizó el barrido de potencial para cada sistema se observó un pico que era consistente en los tres sistemas, este pico era el denominado como 1A, al cual se asignó la reacción:

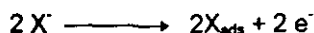


Como segundo pico anódico se propone que corresponde a el xantato de plomo según la reacción:



Este pico se desplaza hacia la dirección anódica conforme la concentración de xantato disminuye. Esto quiere decir que a mayor concentración de xantato se necesita un potencial menor para obtener el xantato de plomo y por lo tanto, a mayor concentración de xantato existe una actividad mayor.

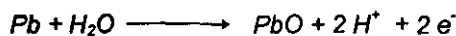
Finalmente se encuentra un tercer pico anódico debido a la reacción del ión xantato adsorbido de acuerdo a la reacción:



La cual sólo se observa a una concentración 0.01 M y 0.001 M.

SISTEMA GALENA-DEXTRINA 50 ppm.

Como primer pico anódico se proponen que es debido a la siguiente reacción:



Esto se verifica comparando el potencial calculado teóricamente contra el obtenido experimentalmente obteniéndose el siguiente resultado:

E _{ECS} ' (mV)		E _{ECS} ' (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-846	-858
v=10 mV/s		-840

Después de comparar ambos potenciales podemos decir que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción propuesta.

Durante el barrido de potencial de oxidación se encuentra un segundo pico anódico, que corresponde a la formación de un organometálico, que convierte a la superficie del mineral en hidrofílica llevando así la depresión de la galena, de acuerdo a la reacción:



$$\Delta G^\circ_R = 68.84 \text{ Kcal/mol}$$

$$E^\circ = -\Delta G^\circ_R / nF$$

$$E^\circ = -0.356 \text{ V}$$

$$E' = E^\circ - 0.0295 \text{ Log} (\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_5^{2-})$$

$$\text{Si } (\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_5^{2-}) = 0.000308 \text{ M}$$

$$E'_h = -0.253 \text{ V}; \quad E'_{\text{ECS}} = -0.496 \text{ V} = -496 \text{ mV}$$

Comparando este potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente se tiene:

	E_{ECS}' (mV) Calculado teóricamente	E_{ECS}' (mV) Obtenido experimentalmente
$v=5 \text{ mV/s}$	-496	-480
$v=10 \text{ mV/s}$		-497

Por tanto, podemos decir que si se forma el organometálico, que es el causante de la depresión de la galena en el sistema experimental durante el barrido de oxidación y corresponde a el pico denominado 2A.

Continuando el barrido de potencial en dirección anódica se encontró un tercer pico al que se le asignó la reacción:



Determinando el potencial condicional respecto al electrodo de calomel y comparandolo con el potencial obtenido experimentalmente se obtiene:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-240	-257
v=10 mV/s		-289

Después de realizar la comparación se puede decir que el pico denominado con 3A si se debe a la reacción propuesta.

SISTEMA GALENA-DEXTRINA 100 ppm.

Como primer pico anódico se propone que es debido a la siguiente reacción:



Esto se verifica comparando el potencial calculado teóricamente contra el obtenido experimentalmente obteniéndose el siguiente resultado:

E _{ECS} ' (mV)		E _{ECS} ' (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-846	-876
v=10 mV/s		-845

Después de comparar ambos potenciales se puede decir que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción propuesta.

Durante el barrido de potencial de oxidación se encuentra un segundo pico anódico, que corresponde a la formación de un organometálico, que convierte a la superficie de el mineral en hidrofílica llevando así a la depresión de la galena, de acuerdo a la reacción:



$$E' = -0.356 - 0.0295 \text{ Log} (\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_5^{2-})$$

$$\text{Si } (\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_5^{2-}) = 0.000617 \text{ M}$$

$$E'h = -0.261 \text{ V}; \quad E'_{\text{ECS}} = -0.505 \text{ V} = -505 \text{ mV}$$

Comparando este potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente se tiene:

E _{ECS'} (mV)		E _{ECS'} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-505	-476
v=10 mV/s		-464

Por tanto, podemos decir que si se forma el organometálico, que es el causante de la depresión de la galena en el sistema experimental durante el barrido de oxidación y corresponde al pico denominado 2A.

Continuando el barrido de potencial en dirección anódica se encontró un tercer pico al que se le asignó la reacción:



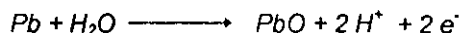
Determinando el potencial condicional respecto al electrodo de calomel y comparándolo con el potencial obtenido experimentalmente se obtiene:

E _{ECS'} (mV)		E _{ECS'} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-238	-225
v=10 mV/s		-265

Después de realizar la comparación se puede decir que el pico denominado como 3A si se debe a la reacción propuesta.

SISTEMA GALENA-DEXTRINA 150 ppm.

Como primer pico anódico se proponen que es debido a la siguiente reacción:

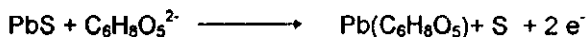


Esto se verifica comparando el potencial calculado teóricamente contra el obtenido experimentalmente obteniéndose el siguiente resultado:

E_{ECS}' (mV)		E_{ECS}' (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
$v=5$ mV/s	-846	-872
$v=10$ mV/s		-848

Después de comparar ambos potenciales podemos decir que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción propuesta.

Durante el barrido de potencial de oxidación se encuentra un segundo pico anódico, que corresponde a la formación de un organometálico, que convierte a la superficie del mineral en hidrofílica llevando así la depresión de la galena, de acuerdo a la reacción:



$$E' = E^{\circ} - 0.0295 \text{ Log } (C_6H_8O_5^{2-})$$

$$\text{Si } (C_6H_8O_5^{2-}) = 0.000925 \text{ M}$$

$$E'h = -0.266 \text{ V}; \quad E'_{ECS} = -0.510 \text{ V} = -510 \text{ mV}$$

Si se compara este potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente se tiene:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-510	-484
v=10 mV/s		-484

Por tanto, podemos decir que sí se forma el organometálico, que es el causante de la depresión de la galena en el sistema experimental durante el barrido de oxidación y corresponde a el pico denominado 2A.

Continuando el barrido de potencial en dirección anódica se encontró un tercer pico al que se le asignó la reacción:



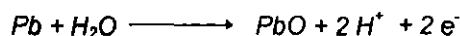
Determinando el potencial condicional respecto al electrodo de calomel y comparándolo con el potencial obtenido experimentalmente se obtiene:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-254	-288
v=10 mV/s		-272

Después de realizar la comparación podemos decir que el pico denominado como 3A sí se debe a la reacción propuesta.

COMPARACIÓN GALENA-DEXTRINA 50, 100 Y 150 ppm.

Al realizar el barrido de potencial se encontró un primer pico común a los 3 sistemas por lo que este pico es el correspondiente a la reacción:



Se encontró un segundo pico anódico correspondiente a la formación de un organometálico que es el responsable de la depresión de la galena, para los 3 sistemas de acuerdo a la reacción:

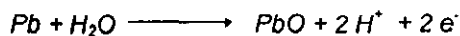


Como tercer pico anódico se observa, para los 3 sistemas el pico correspondiente a la reacción :



SISTEMA GALENA-XANTATO 0.01 M-DEXTRINA 50 ppm.

Como primer pico anódico se propone que es debido a la siguiente reacción:

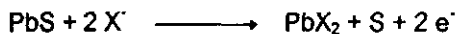


Esto se verifica comparando el potencial calculado teóricamente contra el obtenido experimentalmente obteniéndose el siguiente resultado:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-846	-854
v=10 mV/s		-841

Después de comparar ambos potenciales podemos decir que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción propuesta.

Durante el barrido de potencial de oxidación se encuentra un segundo pico anódico, el cual se atribuye a el xantato de plomo de acuerdo a la reacción:



Comparando este potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente se tiene:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-657	-655
v=10 mV/s		-648

Por tanto, se puede decir que sí está presente el xantato de plomo en el sistema experimental durante el barrido de oxidación y corresponde a el pico denominado 2A.

Al continuar con el barrido de oxidación se encuentra un tercer pico anódico, que corresponde a el xantato adsorbido, de acuerdo con la reacción:



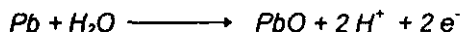
Comparando este resultado con el obtenido experimentalmente se tiene:

E_{ECS}^{\prime} (mV)		E_{ECS}^{\prime} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-310	-298

Cabe señalar que a un barrido de 10 mV/s no se observo esté pico, pero que con el obtenido a 5 mV/s se puede decir que el pico 3A corresponde al ión xantato adsorbido.

SISTEMA GALENA-XANTATO 0.01 M-DEXTRINA 100 ppm.

Como primer pico anódico se propone que es debido a la siguiente reacción:

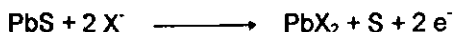


Esto se verifica comparando el potencial calculado teóricamente contra el obtenido experimentalmente obteniendose el siguiente resultado:

E_{ECS}^{\prime} (mV)		E_{ECS}^{\prime} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-846	-855
v=10 mV/s		-855

Después de comparar ambos potenciales podemos decir que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción propuesta.

Durante el barrido de potencial de oxidación se encuentra un segundo pico anódico, el cual se atribuye a el xantato de plomo de acuerdo a la reacción:

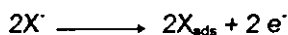


Comparando este potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente se tiene:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-657	-667
v=10 mV/s		-655

Por tanto, podemos decir que sí está presente el xantato de plomo en el sistema experimental durante el barrido de oxidación y corresponde a el pico denominado 2A.

Al continuar con el barrido de oxidación se encuentra un tercer pico anódico, que se propone corresponde a el xantato adsorbido , de acuerdo a la reacción:



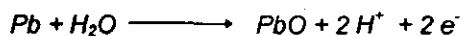
Comparando este resultado con el obtenido experimentalmente se tiene:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-310	-317

Cabe señalar que a un barrido de 10 mV/s no se observa este pico, pero con el obtenido a 5 mV/s se puede decir que el pico 3A corresponde al ión xantato adsorbido.

SISTEMA GALENA-XANTATO 0.01 M-DEXTRINA 150 ppm.

Como primer pico anódico se propone que es debido a la siguiente reacción:

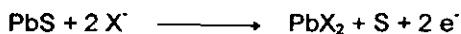


Esto se verifica comparando el potencial calculado teóricamente contra el obtenido experimentalmente obteniéndose el siguiente resultado:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-846	-852
v=10 mV/s		-840

Después de comparar ambos potenciales podemos decir que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción propuesta.

Durante el barrido de potencial de oxidación se encuentra un segundo pico anódico, el cual se atribuye a el xantato de plomo de acuerdo a la reacción:



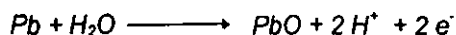
Comparando este potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente se tiene:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
$v=5$ mV/s	-657	-636
$v=10$ mV/s		-646

Por tanto, podemos decir que si está presente el xantato de plomo en el sistema experimental durante el barrido de oxidación y corresponde a el pico denominado 2A.

SISTEMA GALENA-XANTATO 0.001 M-DEXTRINA 50 ppm.

Como primer pico anódico se propone que es debido a la siguiente reacción:

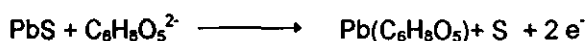


Esto se verifica comparando el potencial calculado teóricamente contra el obtenido experimentalmente obteniéndose el siguiente resultado:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-846	-846
v=10 mV/s		-828

Después de comparar ambos potenciales se puede decir que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción propuesta.

Durante el barrido de potencial de oxidación se encuentra un segundo pico anódico, que corresponde a la formación de un organometálico, que convierte a la superficie de el mineral en hidrofílica llevando así a la depresión de la galena, de acuerdo a la reacción:



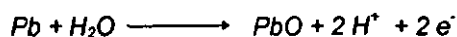
Comparando este potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente se tiene:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-496	-508
v=10 mV/s		-506

Por tanto, podemos decir que sí se forma el organometálico, que es el causante de la depresión de la galena en el sistema experimental durante el barrido de oxidación y corresponde al pico denominado 2A.

SISTEMA GALENA-XANTATO 0.001 M-DEXTRINA 100 ppm.

Como primer pico anódico se propone que es debido a la siguiente reacción:



Esto se verifica comparando el potencial calculado teóricamente contra el obtenido experimentalmente obteniéndose el siguiente resultado:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-846	-834
v=10 mV/s		-818

Después de comparar ambos potenciales se puede decir que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción propuesta.

Durante el barrido de potencial de oxidación se encuentra un segundo pico anódico, que corresponde a la formación de un organometálico, que convierte a la superficie del mineral en hidrofílica llevando así la depresión de la galena, de acuerdo a la reacción:



Comparando este potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente se tiene:

$E_{ECS'}(mV)$ Calculado teóricamente		$E_{ECS'}(mV)$ Obtenido experimentalmente
$v=5\text{ mV/s}$	-505	-522
$v=10\text{ mV/s}$		-520

Por tanto, podemos decir que sí se forma el organometálico, que es el causante de la depresión de la galena en el sistema experimental durante el barrido de oxidación y corresponde al pico denominado 2A.

Continuando el barrido de potencial en dirección anódica se encontró un tercer pico al que se le asignó la reacción:



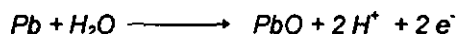
Determinando el potencial condicional respecto a el electrodo de calomel y comparándolo con el potencial obtenido experimentalmente se obtiene:

$E_{ECS'}(mV)$ Calculado teóricamente		$E_{ECS'}(mV)$ Obtenido experimentalmente
$v=5\text{ mV/s}$	-238	-225

Cabe señalar que a una velocidad de barrido de 10 mV/s no se observa este pico, pero con el obtenido a 5 mV/s se puede decir que el pico denominado como 3A si se debe a la reacción propuesta.

SISTEMA GALENA-XANTATO 0.001 M-DEXTRINA 150 ppm.

Como primer pico anódico se propone que es debido a la siguiente reacción:

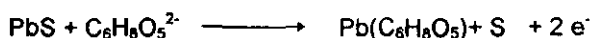


Esto se verifica comparando el potencial calculado teóricamente contra el obtenido experimentalmente obteniéndose el siguiente resultado:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-846	-849
v=10 mV/s		-818

Después de comparar ambos potenciales se puede decir que este pico denominado 1A si corresponde a la reacción propuesta.

Durante el barrido de potencial de oxidación se encuentra un segundo pico anódico, que corresponde a la formación de un organometálico, que convierte a la superficie del mineral en hidrofílica llevando así la depresión de la galena, de acuerdo a la reacción:



Comparando este potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente se tiene:

E _{ECS} ' (mV)		E _{ECS} ' (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-510	-511
v=10 mV/s		-509

Por tanto, podemos decir que si se forma el organometálico, que es el causante de la depresión de la galena en el sistema experimental durante el barrido de oxidación y corresponde al pico denominado 2A.

Continuando el barrido de potencial en dirección anódica se encontró un tercer pico al que se le asignó la reacción:



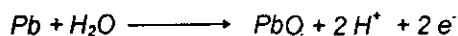
Determinando el potencial condicional respecto al electrodo de calomel y comparándolo con el potencial obtenido experimentalmente se obtiene:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
$v=5$ mV/s	-254	-298
$v=10$ mV/s		-275

Después de realizar la comparación podemos decir que el pico denominado como 3A sí se debe a la reacción propuesta.

SISTEMA GALENA-XANTATO 0.0001 M-DEXTRINA 50 ppm.

Como primer pico anódico se propone que es debido a la siguiente reacción:

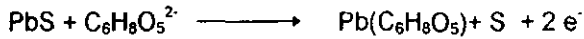


Esto se verifica comparando el potencial calculado teóricamente contra el obtenido experimentalmente obteniéndose el siguiente resultado:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
$v=5$ mV/s	-846	-845
$v=10$ mV/s		-829

Después de comparar ambos potenciales se puede decir que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción propuesta.

Durante el barrido de potencial de oxidación se encuentra un segundo pico anódico, que corresponde a la formación de un organometálico, que convierte a la superficie del mineral en hidrofílica llevando así la depresión de la galena, de acuerdo a la reacción:

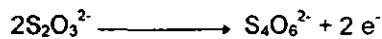


Comparando este potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente se tiene:

E_{ECS}' (mV)		E_{ECS}' (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-496	-474
v=10 mV/s		-481

Por tanto, podemos decir que sí se forma el organometálico, que es el causante de la depresión de la galena en el sistema experimental durante el barrido de oxidación y corresponde a el pico denominado 2A.

Continuando el barrido de potencial en dirección anódica se encontró un tercer pico al que se le asignó la reacción:



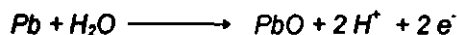
Determinando el potencial condicional respecto a el electrodo de calomel y comparándolo con el potencial obtenido experimentalmente se obtiene:

E _{ECS'} (mV)		E _{ECS'} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=15 mV/s	-238	-290
v=10 mV/s		-289

Después de realizar la comparación podemos decir que el pico denominado como 3A si se debe a la reacción propuesta.

SISTEMA GALENA-XANTATO 0.0001 M-DEXTRINA 100 ppm.

Como primer pico anódico se proponen que es debido a la siguiente reacción:

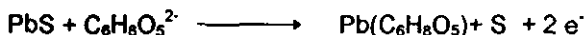


Esto se verifica comparando el potencial calculado teóricamente contra el obtenido experimentalmente obteniéndose el siguiente resultado:

E _{ECS'} (mV)		E _{ECS'} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-846	-840
v=10 mV/s		-826

Después de comparar ambos potenciales se puede decir que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción denominada.

Al continuar con la oxidación se encuentra un segundo pico anódico experimental que corresponde a la formación de un organometálico, que convierte la superficie del mineral en hidrofílica llevando así a la depresión de la galena, de acuerdo a la reacción:



Comparando este potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente se tiene:

E_{ECS}' (mV)		E_{ECS}' (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
v=5 mV/s	-505	-475
v=10 mV/s		-479

Después de comparar ambos potenciales se puede decir que el pico denominado 2A si corresponde a la reacción propuesta.

Continuando el barrido de potencial en dirección anódica se encontró un tercer pico al que se le asignó la reacción:



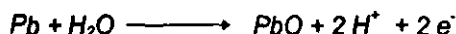
Determinando el potencial condicional respecto a el electrodo de calomel y comparándolo con el potencial obtenido experimentalmente se obtiene:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
$v=10$ mV/s	-238	-258

Después de realizar la comparación podemos decir que el pico denominado como 3A si se debe a la reacción propuesta y que a una velocidad de barrido de 5 mV/s no se observa esté pico.

SISTEMA GALENA-XANTATO 0.0001 M-DEXTRINA 150 ppm.

Como primer pico anódico se propone que es debido a la siguiente reacción:

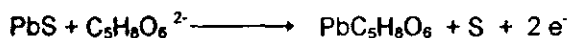


Esto lo verificamos comparando el potencial calculado teóricamente contra el obtenido experimentalmente obteniendose el siguiente resultado:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
$v=5$ mV/s	-846	-847

Después de comparar ambos potenciales podemos decir que este pico denominado 1A sí corresponde a la reacción denominada y que a una velocidad de barrido de 10 mV/s no se observa esté pico.

Al continuar con la oxidación se encuentra un segundo pico anódico experimental que corresponde a la formación de un organometálico, que convierte a la superficie del mineral en hidrofílica llevando así la depresión de la galena, de acuerdo a la reacción:

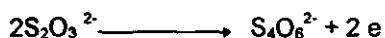


Comparando este potencial calculado teóricamente con el obtenido experimentalmente se tiene:

$E_{ECS'} \text{ (mV)}$ Calculado teóricamente		$E_{ECS'} \text{ (mV)}$ Obtenido experimentalmente
$v=5 \text{ mV/s}$	-510	-467
$v=10 \text{ mV/s}$		-421

Después de comparar ambos potenciales podemos decir que el pico denominado 2A si corresponde a la reacción propuesta.

Continuando el barrido de potencial en dirección anódica se encontró un tercer pico al que se le asignó la reacción:



Determinando el potencial condicional respecto a el electrodo de calomel y comparándolo con el potencial obtenido experimentalmente se obtiene:

E_{ECS} (mV)		E_{ECS} (mV)
Calculado teóricamente		Obtenido experimentalmente
$v=10$ mV/s	-254	-288

A una velocidad de barrido de 5 mV/s no se observa el pico denominado 3A, pero con el obtenido a una velocidad de 10 mV/s se puede decir que el pico sí se debe a la reacción propuesta.

VELOCIDAD DE BARRIDO.

Es importante mencionar el aspecto velocidad de barrido ya que influye en la resolución de los sistemas estudiados, esto es debido que a velocidades de barrido muy altas se puede perder información acerca de lo que ocurre en la superficie del electrodo de galena; las velocidades de barrido utilizadas para este estudio fueron las de 5 mV/s y 10 mV/s, y realizando una comparación entre estas velocidades se puede decir que existe una mejor definición cuando se barrió con la velocidad de 5 mV/s, ya que a concentraciones muy bajas de xantato (0.001 y 0.0001 M) no se define el pico denominado 3A, ocurriendo lo mismo en el caso cuando se tiene concentraciones bajas de dextrina en presencia del xantato etílico de potasio.

COMPARACIÓN XANTATO-DEXTRINA.

Si se comparan los voltamogramas obtenidos para el xantato y la dextrina con los obtenidos con las mezclas se observa que el xantato etílico de potasio desplaza los picos en dirección catódica (potenciales más negativos), llevándose la colección a través del ión xantato adsorbido, el cual forma una capa hidrófoba en la superficie de el mineral de galena, mientras que cuando se utiliza la dextrina se desplazan los picos en la dirección anódica (potenciales más positivos), llevándose la depresión a través de la formación de un organometálico hidrofílico en la superficie del mineral de galena. En las mezclas se observa que a una concentración de xantato etílico de potasio 0.01 M los picos se desplazan en dirección catódica, llevándose a cabo la colección del mineral, mientras que a concentraciones de xantato etílico de potasio de 0.001 M y 0.0001 M los picos se desplazan en dirección anódica llevándose a cabo la depresión del mineral.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES.

1) Se observó como primer proceso de oxidación a la especie Pb/PbO en todos los sistemas estudiados.

2) La velocidad de barrido influye en la resolución de los sistemas electroquímicos ya que a velocidades de barrido muy alta se puede perder información de lo que ocurre en la superficie del electrodo, por lo que se recomienda utilizar una velocidad de barrido de 5 mV/s

3) Cuando se trabajó el sistema galena-xantato se observó que se tenían dos productos de reacción: el xantato de plomo y el ión xantato adsorbido.

4) Al utilizar como reactivo colector al xantato etílico de potasio la colección se lleva a cabo a través del ión xantato adsorbido, el cual forma una capa hidrofóbica en la superficie de el mineral de galena.

5) La depresión por medio de la dextrina se lleva a cabo a través de la formación de un organometálico hidrofílico que se forma en la superficie del metal.

6) Cuando se tiene la combinación de galena-colector -depresor, la depresión se lleva a cabo cuando se tiene concentraciones de colector de 0.001 y 0.0001 M, desplazándose los picos en dirección anódica por la formación de un organometálico.

7) Cuando se tiene la combinación de galena-colector-depresor y se tienen concentraciones de xantato de 0.01 M, la colección se lleva a cabo a través del ión xantato adsorbido, desplazándose los picos en dirección cátodica.

8) Con los estudios realizados se da como verdadera a la hipótesis de trabajo, es decir, se comprobó que el proceso de flotación es de naturaleza electroquímica.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA.

BIBLIOGRAFIA.

1)Química Inórganica Descriptiva

Artículos de consulta, División de química, Departamento de Química Inorgánica y Nuclear, Facultad de Química 1986, pp. 39-40

2)Reactivos y productos químicos

Baker J.T. Catalogo 750, México 1996, pp. 95.

3)Kissinger P.T. and Heinemann W.R.

Laboratory Techniquess in Electroanalytical Chemistry, Editorial Dekker, New York 1984, Cap. 7

4)Rossiter B.W. and Hamilton J.H.

Physical Methods of Chemistry, vol II, Electrochemical Methods, John Wiley and Sons. USA 1986, Cap. 4

5) Sevicik A.

Collect. Czech. Chem. Commun. 1984, vol.13, pag.327.

6) Randles J.

Trans. Faraday Soc.1948, vol.44, pag 327-331.

7)Rabone P.

Concentración de minerales por flotación,4a edición, Comisión de Fomento Minero, México 1975, pp.102-105

8)Fuerstenau M.C.

Flotation, A.M.Gaudin, Memorial volume, 1ed, AIME, USA, 1976, Cap.13.

9)Morrall F. R., Jimeno E.

Metalurgia General, tomo 1, editorial Reverté, España 1982, pp. 60

10)Will B. A.

Mineral processing, technology an introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery, 4 edition, Maxwell Macmillan International edition, Oxford 1988, pp.125

11)Wyckoff R.

Cristal Estructures, vol. 1, Interscience, New York 1963, pp.89

12)Frey G.

Die elektrische Leitfähigkeit des kristallisierten Bleisulfides, Z. Electro. Che., 1930, vol.36, pp.511-523

13)Bloem J.

The p-t-x phase diagram of the lead-sulfur system, Z. Phys. Chem., 1956, vol.7, pp.1-14.

14)Plaksin I.N.

Study of superficial layers of flotation reagents on minerals and the influence of the structure on minerals on their interaction with reagents, In Int. Miner. Process. Congr, London 1960, pp. 253-268.

15)Shafeev R.

Relation between semiconductor properties of minerals and effect of flotation reagents, Chem. Abstr., 1967, vol. 66, pp. 107-124

16)Gardner and Woods

A study of the Surface Oxidation of Galena using Cyclic voltametry, J. of Electro. Anal. Chem., 1979, vol. 10, pp.447-453.

17)Toperi D. and Tolun R.

Electrochemical study and thermodynamic equilibria of the galena-oxygen-xanthate flotation system, Trans. Instn. Min. Metall. (secc. c: Mineral Process. Extr. Metall.), 1969, vol. 78, pp. C191-C197.

18)Woods R.

The oxidation of Ethil Xanthate on Platinum, Gold, Copper, and Galena Electrodes, Relation to the Mechanism of Mineral Flotation, J. of Phys. Chem., 1971, vol.75, pp.354-361.

19)Morrison and Boyd

Química Orgánica, Ed. Addison-Wesley Iberoamerica, New York 1987, pp.1325-1329.

20)Liu and Laskowski

Dielectrical Analysis of Xanthate Adsorption on Galena in the presence of Dextrin, Else Science Publisher B.V., Amsterdam, 1983

21)Huerta Antonio.

Tesis UNAM: Estudios de Cinética de Flotación en Menas Sulfuradas a partir de Métodos potenciodinámicos, México 1991.

22)Basil H. Vassos, Galen W. Ewing.

Electroquímica Analítica, 1a. ed., Ed. Limusa, México 1987, cap. 7

23)Costa M.J.

Fundamentos de electródica, Cinética electroquímica y sus aplicaciones, 1a. ed. Alhambra, España, 1981, pp.202-206

24)Chmielewski T. and Lekki J.

Electrochemical Investigation on Adsorption of KETX on Galena, Minerals Engineering, 1989, vol. 2, pp.387-492

25) Rao S. R.

Thermodynamic Analysis of Ethil Xanthate adsorbed at Galena Surface, Surface Science, 1970, vol. 21, pp. 413-425.