



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

ULTRAMICROVALORACIONES POTENCIOMÉTRICAS  
ÁCIDO-BASE

T E S I S

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO QUIMICO**  
P R E S E N T A:  
CELEDONIO PÉREZ RAMÍREZ

ASESORES:

M. en C. JOSÉ DE JESÚS PÉREZ SAAVEDRA  
Q. SONIA RINCÓN ARCE

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO. 2008

M 80774



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN



DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES  
ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis:

Ultramicrovaloraciones Potenciométricas Ácido-Base

que presenta el pasante: Celedonio Pérez Ramírez  
con número de cuenta: 084070102 para obtener el título de:  
Ingeniero Químico

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 19 de Mayo de 2008

PRESIDENTE MC. José de Jesús Pérez Saavedra

VOCAL Q. Ma. Eugenia Carbajal Arenas

SECRETARIO QFB. Salvador Zambrano Martínez

PRIMER SUPLENTE QFB. Dalia Bonilla Martínez

SEGUNDO SUPLENTE MC. Enrique Ramos López

## DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a la memoria de MÍ PAPÁ el Sr. FEDERICO PÉREZ SANTOS;

Por haberme dado tanto cariño y amor

Por haber sido el consentido todo el tiempo

Por haber pasado tanto tiempo juntos

Por haber creído y confiado en mí

Por haber sido muy trabajador

Por que nunca me llamaste la atención y ni un regaño

Por haber sido la fuerza impulsora de terminar este trabajo

Por sentirme muy orgulloso de que tú hayas sido mi PAPÁ

Le doy gracias a Dios por haberme dado un PAPÁ como tú, mil gracias.

A mi MAMÁ la Sra. FLORENCIA RAMÍREZ DAVILA; La flor más bella de mi jardín, gracias por apoyarme, por quererme, por jugar, por pelear, por hacer rica comida y porque, te quiero MAMÁ.

A mis hermanas Emma, Naty, Estela y muy en especialmente a Fede y Ofe por brindarme su ayuda cuando mas la necesite

A mis sobrinos el I.Q. Gustavo Contreras, Felipe, Gerardo, Fernando y Rosita, por su ayuda y confianza, gracias muchachos

A mi cuñado Gerardo por apoyarnos y convivir con nosotros

A mi tío Rey David, por haber convivido y reído mucho tiempo con él, un relajista de primera

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México de la cual me siento muy orgulloso de haber pertenecido a esta gran institución educativa que es la máxima casa de estudios.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan por haber dejado en mí un legado de conocimientos y haber conocido muchos amigos.

A mis asesores el M. en C. José de Jesús Pérez Saavedra por su gran ayuda desinteresada, por haberme dado la oportunidad de trabajar en este proyecto, por su confianza, pero sobre todo a esa gran persona y ser humano que es, gracias maestro; Y la Q. Sonia Rincón Arce por su ayuda incondicional, sus asesorías y por estar al pendiente de este trabajo, gracias maestra.

A mis sinodales Ma. Eugenia Carvajal Arenas, Salvador Zambrano Martínez, Dalia Bonilla Martínez y Enrique Ramos López, por su revisión, sus comentarios y sugerencias que realzaron y enriquecieron este trabajo.

A la M. en C. Graciela Romero Coronel profesora de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del I.P.N. por su apoyo para comenzar este trabajo y sus atenciones brindadas en todo momento, gracias maestra.

A mis profesores Ariel Bautista Salgado por su esfuerzo y dedicación de darle lo mejor a sus alumnos, a Arnulfo Chavando Ramírez por su catedra.

A mis tías Andrea y Felipa por alentarme, a mi tío Marce por su forma de ser.

A Landi una amiga muy inteligente, la cual admiro y le tengo un gran afecto.

A todos mis compañeros de la 15<sup>va</sup> (Chava, Heladio, Martín Castro, Chaparro, Patrick, Zeus, Enrique, Samayoa, Gustavo Adolfo, Bocho, Chueco, Richard, Chepo y todos los demás que sí los nombro, no termino), que pasamos muy buenos momentos, de la 14<sup>va</sup> (Michel, Toby, el Moreno, Canito), de la 13<sup>va</sup> (Bale, Colín) que conbebimos mucho.

Esta tesis se llevo a cabo en el laboratorio L-112 de la Sección de Química Analítica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan Campo 1; bajo la supervisión de Q. Sonia Rincón Arce y M. en C. José de Jesús Pérez Saavedra.

# ÍNDICE

TEMA	PÁGINA
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO 1. ANTECEDENTES.....	5
CAPITULO 2. OBJETIVOS.....	8
2.1) Objetivo general.....	8
2.2) Objetivos Particulares.....	9
CAPITULO 3. EXPERIMENTACIÓN.....	10
3.1) Material y Equipo.....	10
3.2) Metodología Experimental.....	12
3.2.1) <i>UMV (Ultramicrovaloración) de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico seguida potenciométricamente.....</i>	12
3.2.2) <i>UMV de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico seguida potenciométricamente.....</i>	13
3.2.3) <i>UMV de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico, seguida potenciométricamente.....</i>	13
3.2.4) <i>UMV de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio, seguida potenciométricamente.....</i>	14

<b>CAPITULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>16</b>
4.1) <i>Valoración de 200 µL de Hidróxido de Sodio de concentración aproximadamente 0.1N con Ácido Clorhídrico de concentración 0.1N..</i>	<b>20</b>
4.2) <i>Valoración de 200 µL de Hidróxido de Amonio de concentración aproximadamente 0.01N con Ácido Clorhídrico0.01N.....</i>	<b>22</b>
4.3) <i>Valoración de 200µL de Acetato de Sodio de concentración aproximadamente 0.1N con Ácido Clorhídrico de concentración 0.1N... </i>	<b>24</b>
4.4) <i>Valoración de 200 µL de Ácido Fosfórico de concentración aproximadamente 0.01N con Hidróxido de Sodio de concentración 0.01N.</i>	<b>26</b>
4.5) <i>Concentraciones de las Valoraciones Realizadas.....</i>	<b>30</b>
4.6) <i>Datos de las cantidades utilizadas para cada Ultramicrovaloración.....</i>	<b>32</b>
4.7) <i>Justificación del funcionamiento del electrodo de platino como electrodo indicador de pH.....</i>	<b>34</b>
<b>CAPITULO 5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>35</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO I: Tablas y gráficos del total de valoraciones efectuadas en cada sistema.....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXO II: Tablas y gráficos y obtención de la primera derivada para el total de las valoraciones efectuadas en cada sistema.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO III: CÁLCULOS.....</b>	<b>85</b>

## INTRODUCCION

La sección de Química Analítica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan, proporciona al estudiante en sus cursos a nivel licenciatura y sobre todo en los laboratorios de enseñanza experimental, la experiencia y el razonamiento crítico necesarios para abordar los problemas de trabajo, que se presenten en la práctica profesional.

En los Laboratorios de Enseñanza Experimental, está el analizar muestras. La Química Analítica identifica y mide el contenido de sustancias contenidas en una muestra problema, de forma cualitativa y cuantitativa mediante diferentes técnicas como son: La Volumétrica, Gravimetría, Espectrofotometría, etc.

La Volumétrica es el método de análisis mediante el cual la cantidad de la especie problema, se cuantifica adicionando mediante una bureta, el volumen de una sustancia de concentración conocida que reacciona estequiométricamente con la especie problema. De forma general, puede decirse que en el análisis volumétrico, la determinación cuantitativa de sustancias químicas se efectúa con la medición precisa de los volúmenes de las soluciones cuyas especies químicas, al ponerse en contacto, reaccionan cuantitativamente.

La ventaja de los métodos Volumétricos con respecto a los Gravimétricos es su rapidez, ya que no se requiere que el producto de la reacción sea filtrado, secado y pesado. En Volumétrica las reacciones se llevan a cabo de manera instantánea, disminuyendo considerablemente el tiempo empleado, en la realización del análisis.

Dentro de la Volumetría podemos citar a las Titulaciones Potenciométricas. La medición del potencial de un electrodo indicador apropiado se ha usado durante muchos años como método para detectar el punto de equivalencia en una gran variedad de titulaciones. Cuando se lleva a cabo una titulación Potenciométrica, el interés se centra en los cambios de la fuerza electromotriz de la celda electroquímica, a medida que se añade una solución titulante de concentración conocida a la solución del elemento analizado. Este método puede aplicarse a cualquier reacción volumétrica, para la cual se disponga de un electrodo indicador que pueda detectar la actividad de cuando menos una de las sustancias involucradas. (17)

Las principales ventajas de las titulaciones potenciométricas son su aplicabilidad a soluciones turbias, fluorescentes, opacas o coloridas o cuando no se dispone de indicadores visuales adecuados.

Uno de los principales problemas a que nos enfrentamos hoy en día, es el cuidado del medio ambiente que cada día se está deteriorando cada vez más. Por ello la gente dedicada al estudio de la química en universidades, cada vez trata este problema con mayor énfasis debido a que estas son generadoras, en menor escala de desechos y residuos peligrosos que incrementan el problema de la contaminación ambiental, por lo cual se está innovando con la microescala como proyecto para un método experimental de enseñanza, investigación y desarrollo.

Recientemente se ha desarrollado una nueva estrategia para minimizar el problema de la contaminación ambiental en los laboratorios de universidades donde se enseña química. Esta estrategia consiste en reducir los niveles de experimentación a valores de 1g para sólidos y 2 ml para líquidos como máximo- más exactamente, de 25 a 1000 mg para

sólidos y 100 a 2000 $\mu$ L para líquidos-. A esta estrategia se le ha denominado experimentación a nivel microescala.

Se tiene conocimiento de que la experimentación a nivel de microescala se aplica en países como Estados Unidos, Alemania, Finlandia, Rusia, Egipto y, por supuesto, México.

Las ventajas y posibilidades de la química en microescala en México han sido presentadas por muchas personas en diversos foros y publicaciones, de los intentos tempranos para implementarla, sobresale el de la Universidad Nacional Autónoma de México en la década de los setenta, aunque ningún intento sobrevivió por mucho tiempo.

A raíz de la visita del doctor Zvi Szafran-entonces director del National Microscale Chemistry Center (NMCC) de Estados Unidos - en octubre de 1990 a México, un grupo de personas de las diferentes instituciones que asistieron al taller que impartió se interesó en la microescala, otras instituciones cobraron entonces conciencia de la importancia y las posibilidades de la microescala.

En la década actual ha resurgido un movimiento en todo nuestro país para emplear la química en microescala en los laboratorios de enseñanza en los niveles medio-superior y superior. Esto se debe a la generación de una conciencia ambiental que lleva a cuestionar los métodos tradicionales de vivir y de hacer las cosas.

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), la Escuela Superior de Ingeniería Química e Ingeniería Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional (ESIQIE-IPN) y la Universidad Iberoamericana (UIA) han dedicado los principales esfuerzos a ofrecer capacitación en la filosofía y las técnicas de microescala con su propio personal en sus laboratorios y a promover su propia capacitación en el NMCC; estas instituciones mexicanas también han producido ya manuales de laboratorio con enfoque a nivel de microescala. (2)

Además de las ventajas ecológicas que tiene la microescala también es importante mencionar las ventajas económicas. Es importante considerar los precios de las sustancias químicas en cursos con un gran número de estudiantes, utilizando la microescala se reducen en un gran porcentaje los gastos.

En el presente trabajo se tomaron en cuenta antecedentes de microescala así como las ventajas que esta implica, se llevaron a cabo Ultramicrovaloraciones (UMV) para Hidróxido de Sodio, Hidróxido de Amonio, Acetato de Sodio con Acido Clorhídrico y Acido Fosfórico con Hidróxido de Sodio. Con la finalidad de demostrar que esta técnica puede ser implementada como técnica analítica válida de cuantificación.

La técnica de ultramicrovaloración es una innovación que se esta llevando a cabo en los laboratorios de Química Analítica de la FES- Cuautitlan, dado que en potenciometría, a la escala de valores que se manejan en este trabajo, donde se utilizo un electrodo de platino como electrodo indicador, no hay nada reportado en la literatura (tesis, manuales de Química, trabajos de congresos, etc.).

# CAPITULO 1

## ANTECEDENTES

Por la década de 1960 en los laboratorios de Química General la determinación de puntos de fusión se hacía con muestras de unos pocos miligramos, en un capilar adosado a un termómetro que se introducía en el tubo de Thiele; en los laboratorios de Química Analítica el reconocimiento de aniones y cationes se realizaba frecuentemente a través de ensayos a la gota y la determinación complejométrica de metales con EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) requería utilizar muestras inferiores a 0.1g; en Química Física, con la aparición de las modernas técnicas espectroscópicas, las medidas, cuando era posible el acceso a los equipos, se realizaban con dispersiones de unos pocos miligramos de producto, en un soporte inerte o en celdas de pocos mililitros con disoluciones muy diluidas. Pero del mismo modo, se puede recordar con qué frecuencia se utilizaban matraces de destilación de 250 y 500ml, en los laboratorios de Química Orgánica, y vasos y cristalizadores de volumen, incluso mayor en Química Inorgánica. Es decir, en química preparativa, lo habitual era seguir las recetas descritas en los manuales de prácticas de la época, que raramente partían de cantidades de reactivos inferiores a 5g.

Hasta bien entrada la década de 1980 se incorporaron en los laboratorios experimentos en microescala.

El nacimiento de la moderna química en microescala se produjo en Estados Unidos a comienzos de la década de los 80 y se debió fundamentalmente al esfuerzo de los profesores S.S. Butcher y D.W. Mayo del Bowdoin College (Brunswick, Maine) y R.M. Pike del Merrimack College (North Andover, Massachusetts). Como reconocen los

protagonistas, surgió, al menos en parte, para dar solución al problema de renovación, a un costo asequible, de un laboratorio de química orgánica obsoleto que no cumplía con la reglamentación vigente. Las técnicas y materiales necesarios fueron desarrollados en 1982, los primeros resultados se dieron a conocer en 1984 (Pike et al., 1984; Butcher et al., 1984) (3) y fueron publicados el año siguiente (Butcher et al., 1985; Mayo et al., 1985). (4)

Desde la aparición del libro *Microscale Organic Laboratory* (Mayo et al., 1986) (5) han aparecido más de treinta manuales de prácticas de química en microescala, la mayoría de ellos referidos a química orgánica. Si no fuera por el excelente libro *Microscale Inorganic Chemistry* (Szafran et al., 1991) (6) se tendría la impresión de que microescala pertenece en exclusiva al dominio de la química orgánica. (7)

Las ventajas de la química en microescala ya han sido analizadas y publicadas por numerosos autores; las ventajas más importantes son el cuidado del ambiente, el ahorro en reactivos y la reducción de productos de desecho, lo que abate el riesgo de accidentes y aumenta la seguridad en el manejo de material y reactivos al trabajar con cantidades menores. El uso de microcantidades provee un gran avance en la manipulación segura de sustancias potencialmente peligrosas, por lo que el margen de seguridad se incrementa. (8)

Es importante mencionar que en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan ya se han realizado diversos trabajos a nivel microescala en los laboratorios de Química Analítica, entre los trabajos realizados tenemos algunas tesis como la de Díaz Ricart Luis Fernando "*Microvaloración Potenciométrica de Cafeína en Cafegot y Cafiaspirina Mediante la Técnica USP, Utilizando Películas de Oxido Sobre Acero Inoxidable 316, como Electrodo Indicador*" y la de Trejo Albarran Miriam "*Microvaloración Potenciométrica de Diazepam en medio no acuoso, con un electrodo indicador alternativo POSAI – POSAI*" en estos trabajos los volúmenes no eran tan pequeños como los volúmenes utilizados para la realización de esta tesis (se utilizaron volúmenes de 2 a 5 mL). Y la de Valencia Ahedo Yazmin Ivette "*Ultramicrovaloración*

*potenciométrica de Sulfato Ferroso Amoniacal con Tres Diferentes Sistemas Oxidantes*” en donde ya se utilizaron volúmenes de 200 $\mu$ L.

Los profesores Q. Sonia Rincón Arce y M. en C. José de Jesús Pérez Saavedra publicaron un artículo llamado *“Potenciométrica con volúmenes a nivel de microescala en educación”* el cual habla de los beneficios de la potenciométrica con volúmenes a nivel microescala como una metodología de enseñanza experimental generadora de preguntas, este trabajo presenta la opción de desarrollar la potenciométrica con volúmenes a nivel microescala, lo cual presenta cualidades como reducción de desperdicios, de desechos tóxicos, y la minimización de riesgos en los laboratorios y la reducción de costos, esto por los volúmenes tan pequeños que se manejan. (9)

## CAPITULO 2

### OBJETIVOS

#### 2.1) Objetivo general:

Realizar ultramicrovaloraciones potenciométricas ácido-base, utilizando un diseño experimental apropiado (que incluye un electrodo de platino como electrodo indicador) que permita manejar volúmenes de 200  $\mu\text{L}$ , con la finalidad de minimizar el uso de reactivos y la consiguiente generación de desechos.

## 2.2) Objetivos particulares:

- Efectuar ultramicrovaloraciones potenciométricas, utilizando un montaje físico experimental apropiado, para reproducir reacciones empleadas en estrategias didácticas, a nivel microescala a muy bajo costo.
- Establecer nuevas técnicas de cuantificación experimentales en metodologías convencionales mediante sistemas de medición apropiados, para efectuar ultramicrovaloraciones e implementarlas a nivel de laboratorio.
- Contribuir en la disminución de la contaminación ambiental, usando cantidades de reactivo muy pequeñas en la actividad experimental para obtener una mínima cantidad de desechos.
- Motivar el uso de ultramicrovaloraciones en el trabajo experimental, para generar una conciencia ambiental en docentes y alumnos.

## **CAPITULO 3**

### **EXPERIMENTACIÓN**

#### **3.1) MATERIAL Y EQUIPO**

##### **MATERIAL**

- Soporte universal completo
- 2 Buretas de 5ml marca Pyrex
- 1 Pipeta volumétrica de 2ml marca Pyrex
- 1 pipeta volumétrica de 1ml marca Pyrex
- 4 matraces volumétricos de 100ml marca Pyrex
- 2 vasos de precipitados de 5 ml marca Kimax
- 4 vasos de precipitados de 50 ml marca Kimax
- 2 vasos de precipitados de 100 ml marca Kimax
- 3 Tubos 3cm. de largo x 1cm. de diámetro
- Puente salino agar-agar
- Piseta
- 1 espátula de acero

## EQUIPO

- 1 Alambre de platino tratado\*<sup>1</sup> calibre 22.
- 1 Agitador Magnético marca Corning
- 1 pHmetro marca Oakton
- 1 Electrodo referencia (plata, cloruro de plata).
- 1 Barra magnética pequeña de 5 x 2 mm.
- 2 Barras magnéticas medianas de 1.3 x 0.8 cm.
- 1 Balanza analítica
- 1 Micro pipeta marca Transferpette (100-1000 µL)

## REACTIVOS ANALÍTICOS

Acido clorhídrico estandarizado marca JT Baker

PM 36.461 gr/mol

Pureza 38%

Hidróxido de Sodio marca JT Baker

PM 40.00 gr/mol

Pureza 99.00%

Amoniaco\*<sup>2</sup> marca JT Baker

PM 17.03 gr/mol

Pureza 29%

Acetato de Sodio Trihidratado marca JT Baker

PM 136.08 gr/mol

Pureza 99%

Acido Fosfórico marca JT Baker

PM 98 gr/mol

Pureza 85.3%

Agua Destilada

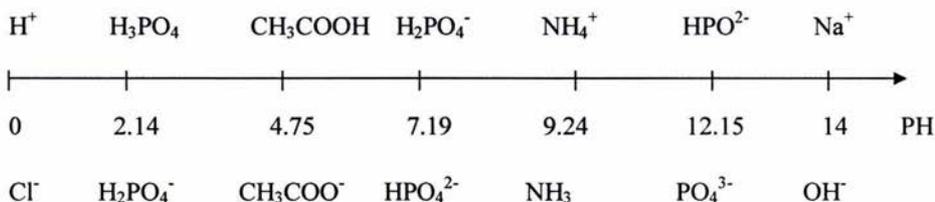
\*<sup>1</sup> Al mezclar  $\text{Fe}^{2+}$  con la mitad equivalente de  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , queda en solución una mezcla de  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$

además de  $\text{Cr}^{3+}$  y  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , como la reacción redox se lleva a cabo en los alrededores del Platino queda incrustado en el electrodo de platino el  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$  (en una reacción física), al secar el electrodo de platino al medio ambiente, se forman los óxidos de  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$ .

\*<sup>2</sup> Gas disuelto contenido en la solución de Hidróxido de Amonio.

### 3.2) METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Considerando que:



se realiza :

#### 3.2.1) *UMV de Hidróxido de sodio con Ácido Clorhídrico, seguida potenciométricamente.*

Para el experimento se utilizó Ácido Clorhídrico de concentración 0.1N marca JT Baker, PM 36.461 gr/mol, pureza 38%, e Hidróxido de Sodio de concentración aproximadamente 0.1N marca JT Baker, PM 40 gr/mol, Pureza 99.00%. Se tomo una alícuota de 200  $\mu\text{L}$  de Hidróxido de sodio de concentración aproximadamente 0.1N, con una micropipeta y se titulo potenciométricamente, con la solución de Acido Clorhídrico de concentración 0.1N, con una bureta de 5 mL, esta teniendo como escala mínima 10  $\mu\text{L}$  y con la cual se agrega un volumen de 20  $\mu\text{L}$ , por punto hasta obtener la curva de valoración y fin de la misma, se realizo por décima vez.

Esto se realizo mediante el montaje fisico experimental que se muestra en la fig. No. 1.

### ***3.2.2) UMV de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico, seguida potenciométricamente.***

Para el experimento se utilizó Hidróxido de Amonio de concentración aproximadamente 0.01N, preparado como se indica en el anexo III. Se tomo una alícuota de 200  $\mu$ L de Hidróxido de Amonio de concentración aproximadamente 0.01N, con una micropipeta y se titulo potenciométricamente, con la solución de Acido Clorhídrico de concentración 0.01N, esto se realizo mediante el procedimiento descrito anteriormente y se hizo por quintuplicado.

Se realizo mediante el montaje físico experimental que se muestra en la fig. No. 1.

### ***3.2.3) UMV de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico, seguida potenciométricamente.***

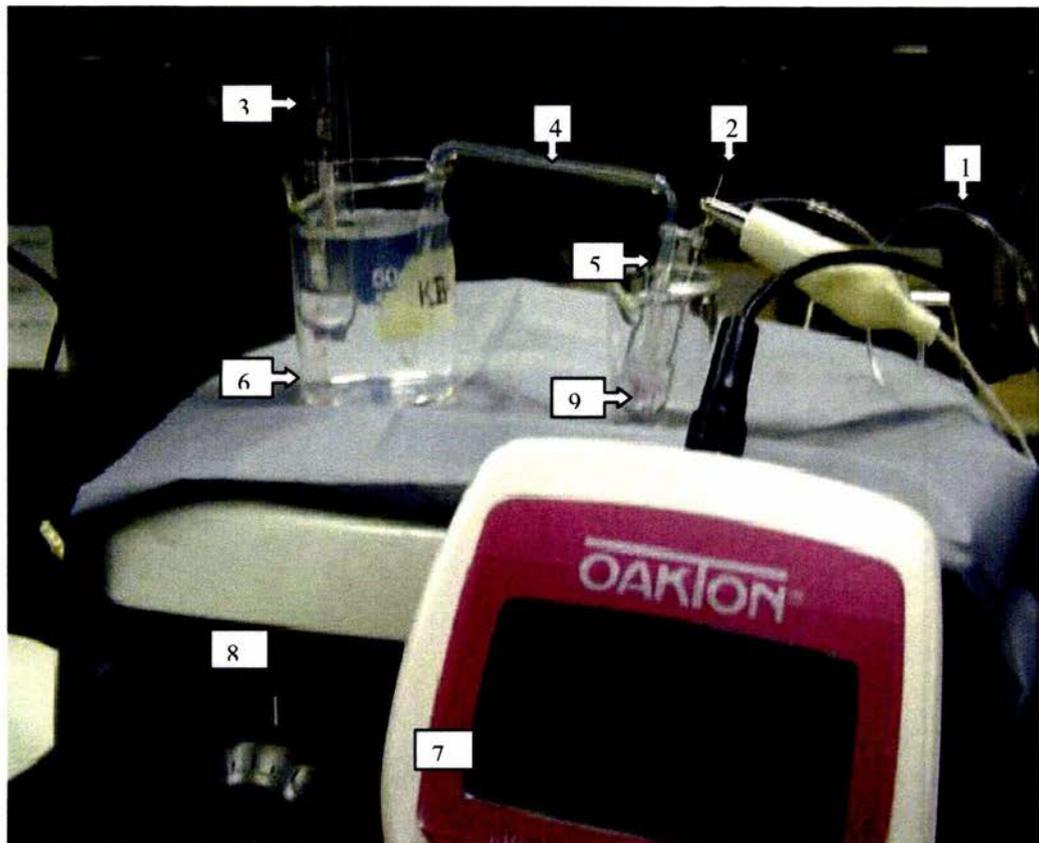
Para el experimento se utilizó Acetato de Sodio de concentración aproximadamente 0.1N, preparado como se indica en el anexo III. Se tomo una alícuota de 200  $\mu$ L de Acetato de Sodio de concentración 0.1N, con una micropipeta y se titulo potenciométricamente, con la solución de Acido Clorhídrico de concentración 0.1N, esto se realizo mediante el procedimiento descrito anteriormente y se hizo por quintuplicado.

Y se realizo mediante el montaje físico experimental que se muestra en la fig. No.1.

#### ***3.2.4) UMV de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio, seguida potenciométricamente.***

Para el experimento se utilizó Ácido Fosfórico de concentración aproximadamente 0.01N, preparado como se indica en el anexo III. Se tomo una alícuota de 200  $\mu$ L de Acido Fosfórico de concentración aproximadamente 0.01N, con una micropipeta y se titulo potenciométricamente, con la solución de Hidróxido de Sodio de concentración 0.01N, esto se realizo mediante el procedimiento descrito anteriormente y se hizo por quintuplicado.

Y se realizo mediante el montaje físico experimental que se muestra en la fig. No.1.



**Figura 1** Montaje físico experimental para las UMV que se realizaron para cada sistema.

- 1.- Catéter conectado a la bureta.
- 2.- Electrodo de platino.
- 3.- Electrodo de referencia.
- 4.- Puente salino agar-agar.
- 5.- Tubo de 4 cm. de largo x 1 cm. de diámetro (semicelda).
- 6.- Vaso de precipitados con solución de Nitrato de Potasio (semicelda).
- 7.- Potenciómetro Oakton.
- 8.- Agitador Magnético.
- 9.- Barra Magnética de 5 x 2 mm.

## CAPITULO 4

### RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la tabla No.1, se presentan los volúmenes de punto de equivalencia obtenidos mediante el método de la 1ª derivada para cada valoración de 200µL de Hidróxido de Sodio de concentración aproximadamente 0.1N con Ácido clorhídrico de concentración 0.1N. Utilizando un alambre de platino como electrodo indicador, el montaje se colocó como se muestra en la figura No.1; se llevaron a cabo 5 repeticiones.

RESULTADOS DE LAS VALORACIONES DE HIDRÓXIDO DE SODIO CON ÁCIDO CLORHIDRICO							
Valoración	1	2	3	4	5	Vol. Prom. (µL)	S Referido al Vol.
Vol. P.E. (µL)	190	190	190	190	190	190	0

**Tabla No. 1** Resultados de 5 Ultramicrovaloraciones de 200 µL de Hidróxido de Sodio (NaOH) de concentración aproximadamente 0.1N, con Ácido Clorhídrico (HCL) de concentración 0.1N. Utilizando un electrodo de platino.

En la tabla No.2, se presentan los volúmenes de punto de equivalencia obtenidos mediante el método de la 1ª derivada para cada valoración de 200µL de Hidróxido de Amonio de concentración aproximadamente 0.01N, con Ácido Clorhídrico de concentración 0.01N. Utilizando un alambre de platino como electrodo indicador, el montaje se colocó como se muestra en la figura No.1; se llevaron a cabo 5 repeticiones.

RESULTADOS DE LAS VALORACIONES DE HIDRÓXIDO DE AMONIO CON ÁCIDO CLORHIDRICO							
Valoración	1	2	3	4	5	Volumen Promedio (µL)	S Referido al Vol.
Vol. P.E. (µL)	230	230	230	230	230	230	0

**Tabla No. 2** Resultados de 5 Ultramicrovaloraciones de 200 µL de Hidróxido de Amonio (NH<sub>4</sub>OH) de concentración aproximadamente 0.01N, con Ácido Clorhídrico (HCL) de concentración 0.01N. Utilizando un electrodo de platino.

En la tabla No.3 se presentan los volúmenes de punto de equivalencia obtenidos mediante el método de 1ª derivada para cada valoración de 200µL de Acetato de Sodio de concentración aproximadamente 0.1N con Ácido Clorhídrico de concentración 0.1N. Utilizando un alambre de platino como electrodo indicador y colocando el montaje como se muestra en la figura No. 1; se llevaron a cabo 5 repeticiones.

RESULTADOS DE LAS VALORACIONES DE ACETATO DE SODIO CON ÁCIDO CLORHIDRICO							
Valoración	1	2	3	4	5	Volumen Promedio (µL)	S Referido al Vol.
Vol. P.E. (µL)	190	190	190	190	190	190	0

**Tabla No. 3** Resultados de 5 Ultramicrovaloraciones de 200 µL de Acetato de Sodio (NaCH<sub>3</sub>COO) de concentración aproximadamente 0.1N, con Ácido Clorhídrico (HCL) de concentración 0.1N. Utilizando un electrodo de platino.

En la tabla No.4 se presentan los volúmenes de punto de equivalencia obtenidos mediante el método de 1ª derivada para cada valoración de 200µL de Ácido Fosfórico de concentración aproximadamente 0.01N con Hidróxido de Sodio de concentración 0.01N. Utilizando un alambre de platino, como electrodo indicador y colocando el montaje como se muestra en la figura No.1; se llevaron a cabo 5 repeticiones

RESULTADOS DE LAS VALORACIONES DE ÁCIDO FOSFÓRICO CON HIDROXIDO DE SODIO							
Valoraciones	1	2	3	4	5	Volumen Promedio (µL)	S Referido al Vol.
Vol. 1er P.E. (µL)	170	170	170	170	170	170	0

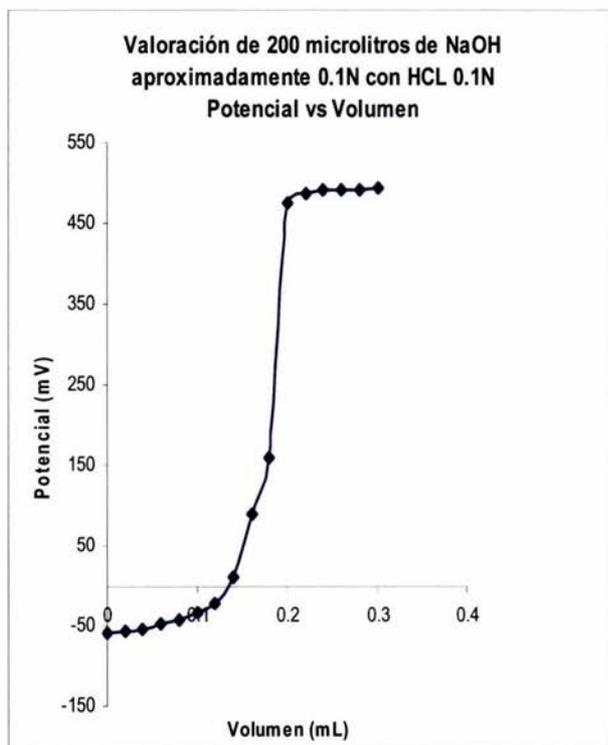
**Tabla No. 4** Resultados de 5 Ultramicrovaloraciones de 200 µL de Ácido Fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) de concentración aproximadamente 0.01N, con Hidróxido de Sodio (NaOH) de concentración 0.01N. Utilizando un electrodo de platino.

#### 4.1) Valoración de 200 $\mu\text{L}$ de Hidróxido de Sodio de concentración aproximadamente 0.1N con Ácido Clorhídrico de concentración 0.1N.

En la tabla No.5 se presentan los resultados experimentales obtenidos de una valoración de Hidróxido de Sodio con Ácido clorhídrico, seguida potenciométricamente utilizando un alambre de platino como electrodo indicador, (Se realizaron 5 valoraciones, las 4 valoraciones restantes se encuentran en el anexo 1). En la figura No.2 se observa el gráfico correspondiente a la tabla No.5.

**TABLA No. 5.** Resultado experimental obtenido de la valoración de Hidróxido Sodio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	-59
0.02	-58
0.04	-54
0.06	-48
0.08	-43
0.10	-34
0.12	-23
0.14	11
0.16	90
0.18	160
0.20	476
0.22	487
0.24	492
0.26	492
0.28	493
0.30	494

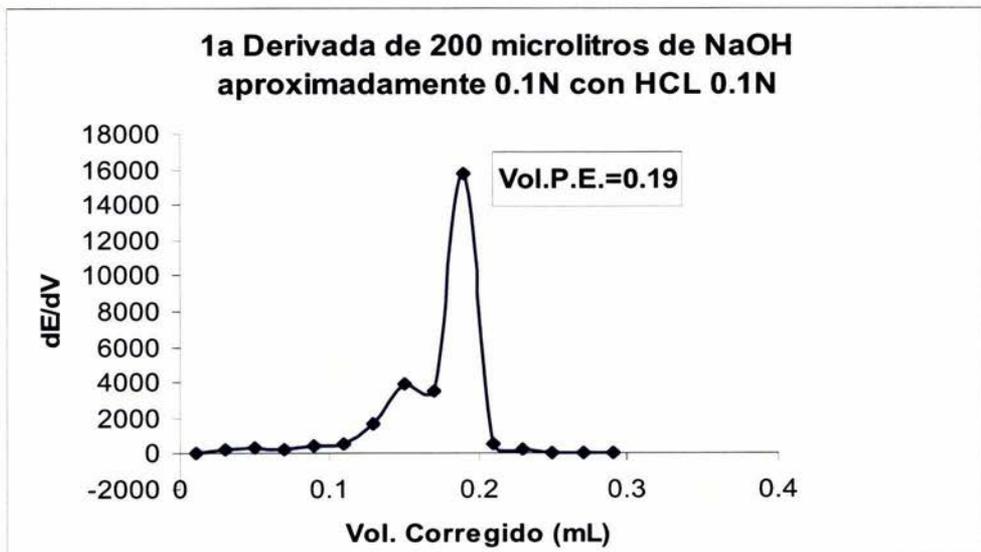


**Fig. No. 2** Curva de valoración de Hidróxido de Sodio aproximadamente 0.1N con Ácido Clorhídrico 0.1N. Utilizando un electrodo de platino.

En la tabla No.6 se presentan los valores que se utilizaron, para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones, de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico, mediante el método de la primera derivada y en la figura No.3 se muestra su respectiva grafica (Las 4 restantes se muestran en el Anexo 2).

Vol. (mL)	Vol. promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	-59	1	0.02	50
0.02	0.03	-58	4	0.02	200
0.04	0.05	-54	6	0.02	300
0.06	0.07	-48	5	0.02	250
0.08	0.09	-43	9	0.02	450
0.10	0.11	-34	11	0.02	550
0.12	0.13	-23	34	0.02	1700
0.14	0.15	11	79	0.02	3950
0.16	0.17	90	70	0.02	3500
0.18	0.19	160	316	0.02	15800
0.20	0.21	476	11	0.02	550
0.22	0.23	487	5	0.02	250
0.24	0.25	492	0	0.02	0
0.26	0.27	492	1	0.02	50
0.28	0.29	493	1	0.02	50
0.30	0.15	494	-494	-0.3	1646.66667

**Tabla No. 6** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.



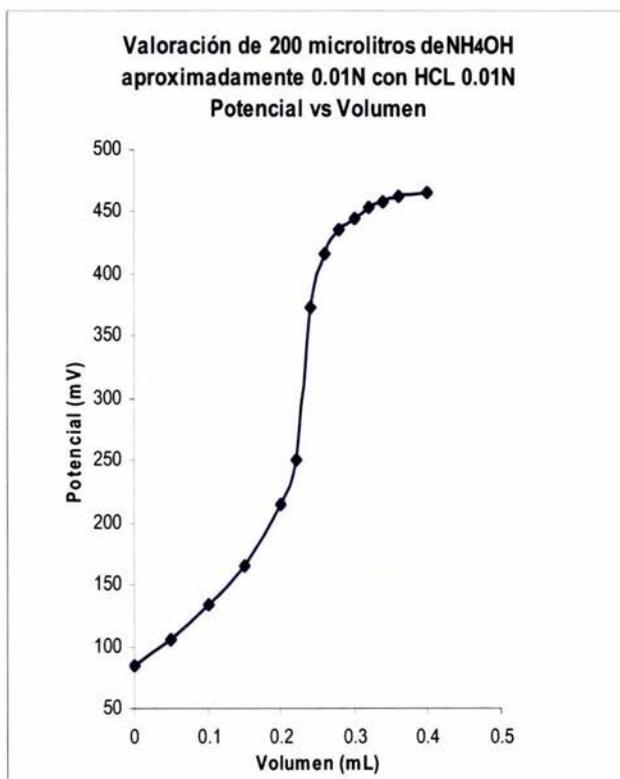
**Fig. No.3** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de 200µL Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

**4.2) Valoración de 200  $\mu$ L de Hidróxido de Amonio de concentración aproximadamente 0.01N con Ácido clorhídrico de concentración 0.01N.**

En la tabla No.7 se presentan los resultados experimentales obtenidos de una valoración de Hidróxido de Amonio con Ácido clorhídrico, seguida potenciométricamente utilizando un alambre de platino como electrodo indicador, (Se realizaron 5 valoraciones, las 4 valoraciones restantes se encuentran en el anexo 1). En la figura No.4 se observa el grafico correspondiente a la tabla No.7.

**TABLA No. 7.** Resultado experimental obtenido de la valoración de Hidróxido Amonio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	85
0.05	105
0.10	134
0.15	165
0.20	215
0.22	251
0.24	373
0.26	417
0.28	435
0.30	444
0.32	453
0.34	458
0.36	462
0.40	465

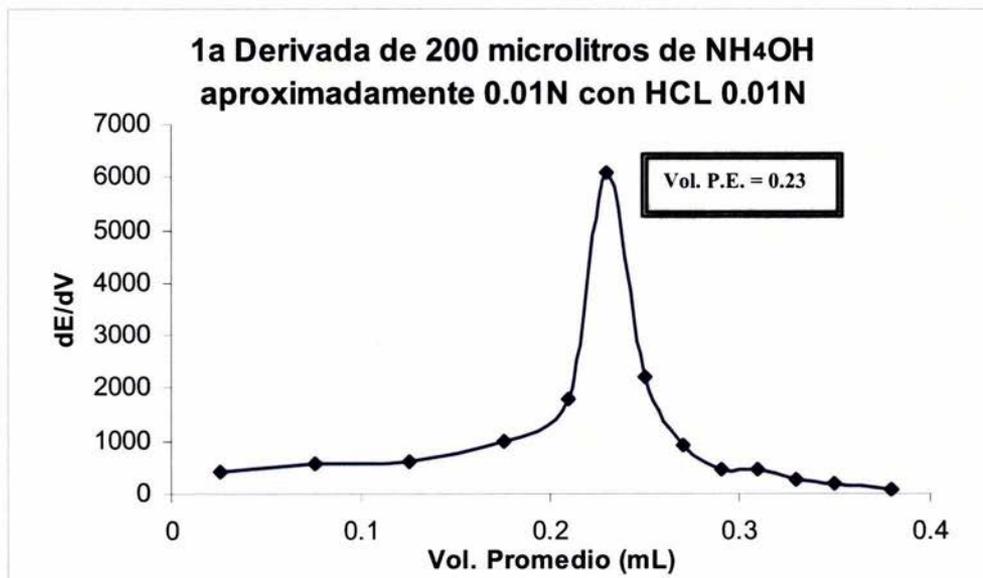


**Fig. No. 4** Curva de valoración de Hidróxido de Amonio aproximadamente 0.01N con Ácido Clorhídrico 0.01N. Utilizando un electrodo de platino.

En la tabla No.8 se presentan los valores que se utilizaron, para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones, de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico, mediante el método de la primera derivada y en la figura No.5 se muestra su respectiva grafica (Las 4 restantes se muestran en el Anexo 2).

Vol. (mL)	Vol. Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.025	85	20	0.05	400
0.05	0.075	105	29	0.05	580
0.10	0.125	134	31	0.05	620
0.15	0.175	165	50	0.05	1000
0.20	0.21	215	36	0.02	1800
0.22	0.23	251	122	0.02	6100
0.24	0.25	373	44	0.02	2200
0.26	0.27	417	18	0.02	900
0.28	0.29	435	9	0.02	450
0.30	0.31	444	9	0.02	450
0.32	0.33	453	5	0.02	250
0.34	0.35	458	4	0.02	200
0.36	0.38	462	3	0.04	75
0.40	0.2	465	-465	-0.4	1162.5

**Tabla No. 8** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.



**Fig. No.5** Grafico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de 200µL de Hidróxido de Amonio con Acido Clorhídrico.

**4.3) Valoración de 200 $\mu$ L de Acetato de Sodio de concentración aproximadamente 0.1N con Ácido Clorhídrico de concentración 0.1N.**

En la tabla No.9 se presentan los resultados experimentales obtenidos de una de las 5 valoraciones de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico que fueron seguidas potenciométricamente utilizando un alambre de platino como electrodo indicador , (las 4 valoraciones restantes se encuentran en el anexo 1). En la figura No.6 se observa el gráfico correspondiente a la tabla No.9.

TABLA No. 9 Resultado experimental obtenido de la valoración de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	221
0.02	280
0.04	295
0.06	307
0.08	316
0.10	326
0.12	334
0.14	345
0.16	358
0.18	380
0.20	415
0.22	428
0.24	434
0.26	436
0.28	438
0.30	440
0.32	442
0.34	444
0.36	446
0.38	448
0.40	450

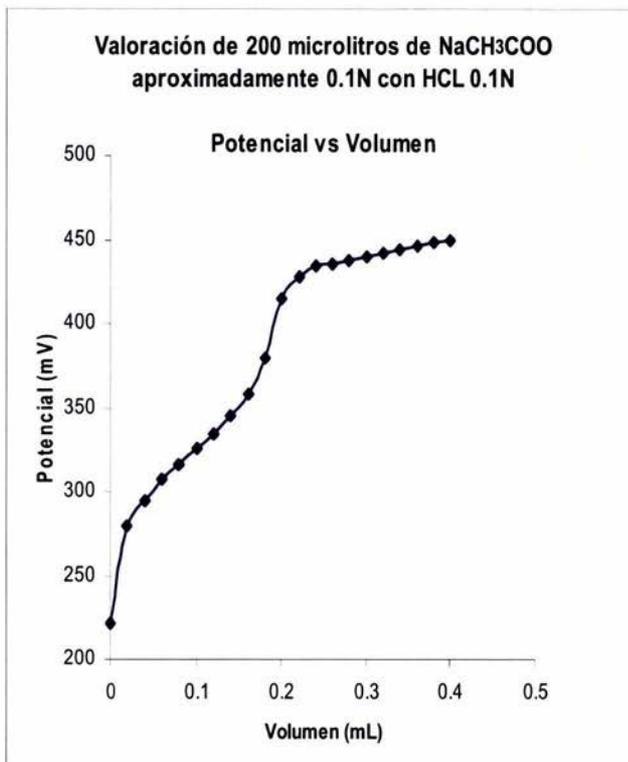
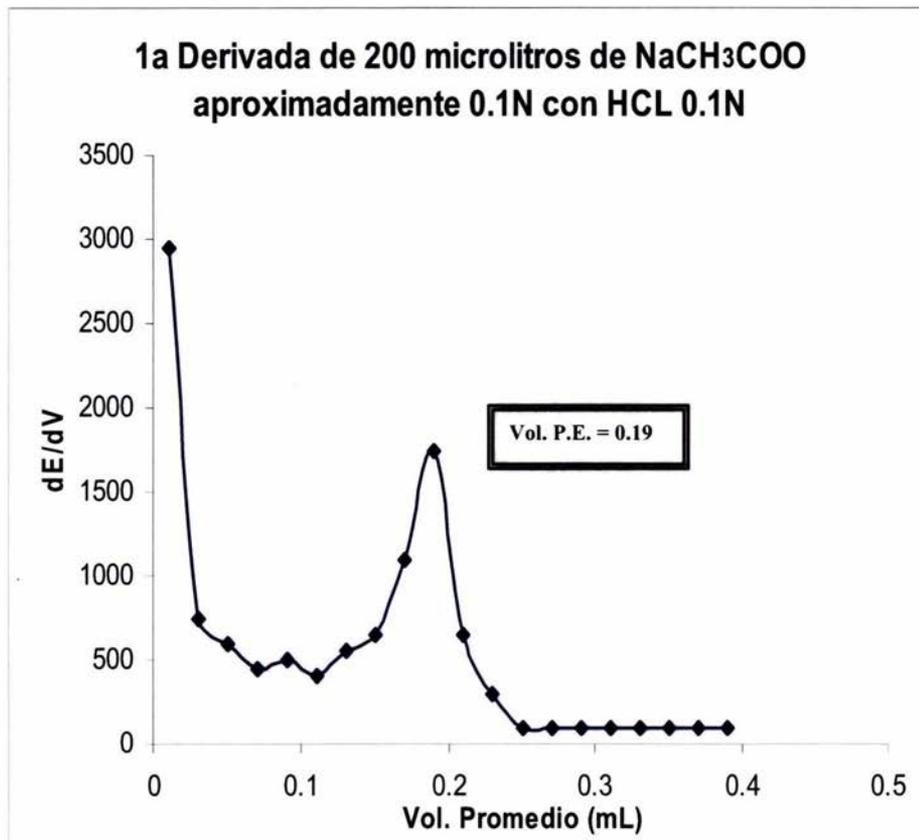


Fig. No.6 Curva de valoración de Acetato de Sodio aproximadamente 0.1N con Ácido Clorhídrico 0.1N. Utilizando un electrodo de platino.

En la tabla No.10 se presentan los valores que se utilizaron para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico, mediante el método de la primera derivada, en la figura No.7 se muestra su respectiva grafica (Las 4 restantes se muestran en el Anexo 2).

Vol. (mL)	Vol. Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	221	59	0.02	2950
0.02	0.03	280	15	0.02	750
0.04	0.05	295	12	0.02	600
0.06	0.07	307	9	0.02	450
0.08	0.09	316	10	0.02	500
0.10	0.11	326	8	0.02	400
0.12	0.13	334	11	0.02	550
0.14	0.15	345	13	0.02	650
0.16	0.17	358	22	0.02	1100
0.18	0.19	380	35	0.02	1750
0.20	0.21	415	13	0.02	650
0.22	0.23	428	6	0.02	300
0.24	0.25	434	2	0.02	100
0.26	0.27	436	2	0.02	100
0.28	0.29	438	2	0.02	100
0.30	0.31	440	2	0.02	100
0.32	0.33	442	2	0.02	100
0.34	0.35	444	2	0.02	100
0.36	0.37	446	2	0.02	100
0.38	0.39	448	2	0.02	100
0.40	0.2	450	-450	-0.4	1125

**Tabla No. 10** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico.



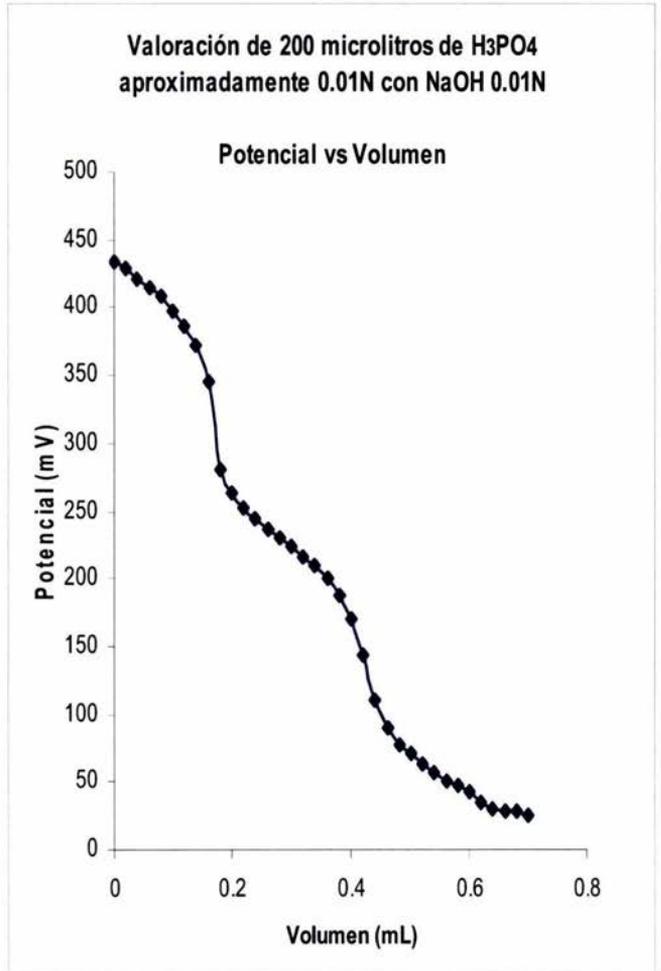
**Fig. No.7** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de 200 µL de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico.

**4.4) Valoración de 200 µL de Ácido Fosfórico de concentración aproximadamente 0.01N con Hidróxido de Sodio de concentración 0.01N**

En la tabla No.11 se presentan los resultados experimentales obtenidos de una de las 5 valoraciones de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio que fueron seguidas potenciométricamente utilizando un alambre de platino como electrodo indicador, (las 4 valoraciones restantes se encuentran en el anexo 1). En la figura No.8 se observa el gráfico correspondiente a la tabla No. 11.

**TABLA No. 11** Resultado experimental  
Obtenido de la valoración de Ácido  
Fosfórico con Hidróxido de Sodio

Vol (ml)	E (mV)
0.0	434
0.02	429
0.04	421
0.06	415
0.08	408
0.10	397
0.12	386
0.14	372
0.16	345
0.18	280
0.20	264
0.22	252
0.24	244
0.26	237
0.28	231
0.30	224
0.32	216
0.34	209
0.36	201
0.38	187
0.40	170
0.42	143
0.44	110
0.46	90
0.48	78
0.50	71
0.52	63
0.54	57
0.56	51
0.58	47
0.60	42
0.62	34
0.64	30
0.66	29
0.68	28
0.70	26

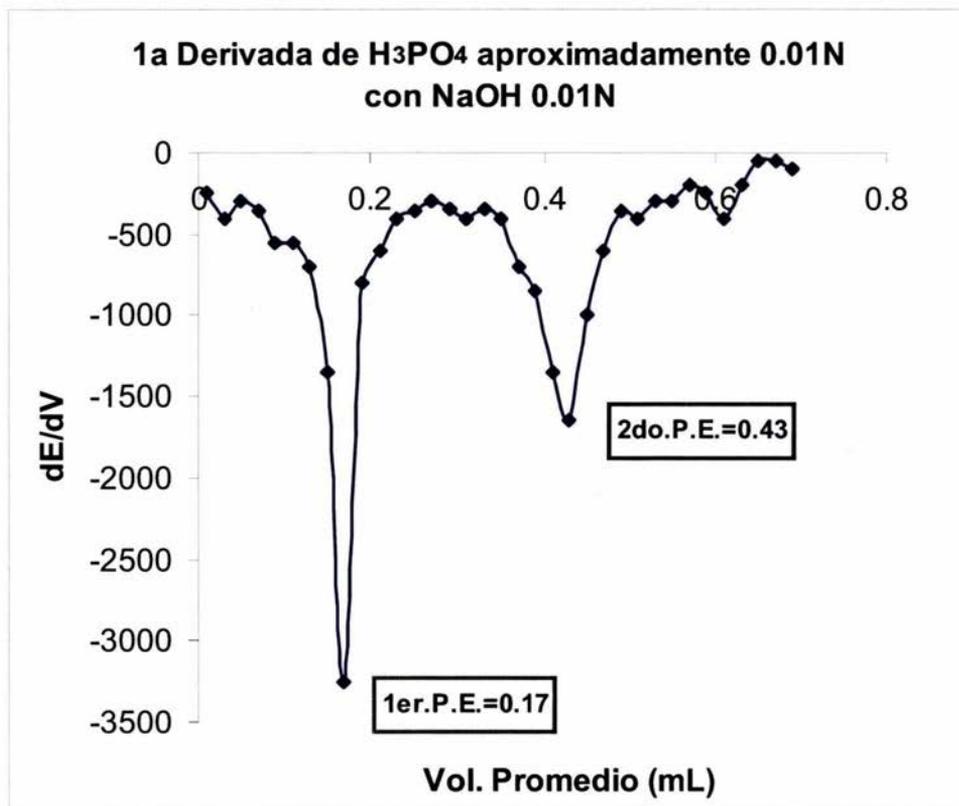


**Fig. No.8** Curva de valoración de Ácido Fosfórico aproximadamente 0.01N con Hidróxido de Sodio 0.01N. Utilizando un electrodo de platino.

En la tabla 12. se presentan los valores que se utilizaron para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Ácido Fosfórico aproximadamente 0.01N con Hidróxido de Sodio 0.01N, mediante el método de la primera derivada, en la figura No.9 se muestra su respectiva grafica (Las 4 restantes se muestran en el Anexo 2)

Vol. (mL)	Vol. Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	434	-5	0.02	-250
0.02	0.03	429	-8	0.02	-400
0.04	0.05	421	-6	0.02	-300
0.06	0.07	415	-7	0.02	-350
0.08	0.09	408	-11	0.02	-550
0.10	0.11	397	-11	0.02	-550
0.12	0.13	386	-14	0.02	-700
0.14	0.15	372	-27	0.02	-1350
0.16	0.17	345	-65	0.02	-3250
0.18	0.19	280	-16	0.02	-800
0.20	0.21	264	-12	0.02	-600
0.22	0.23	252	-8	0.02	-400
0.24	0.25	244	-7	0.02	-350
0.26	0.27	237	-6	0.02	-300
0.28	0.29	231	-7	0.02	-350
0.30	0.31	224	-8	0.02	-400
0.32	0.33	216	-7	0.02	-350
0.34	0.35	209	-8	0.02	-400
0.36	0.37	201	-14	0.02	-700
0.38	0.39	187	-17	0.02	-850
0.40	0.41	170	-27	0.02	-1350
0.42	0.43	143	-33	0.02	-1650
0.44	0.45	110	-20	0.02	-1000
0.46	0.47	90	-12	0.02	-600
0.48	0.49	78	-7	0.02	-350
0.50	0.51	71	-8	0.02	-400
0.52	0.53	63	-6	0.02	-300
0.54	0.55	57	-6	0.02	-300
0.56	0.57	51	-4	0.02	-200
0.58	0.59	47	-5	0.02	-250
0.60	0.61	42	-8	0.02	-400
0.62	0.63	34	-4	0.02	-200
0.64	0.65	30	-1	0.02	-50
0.66	0.67	29	-1	0.02	-50
0.68	0.69	28	-2	0.02	-100
0.70	0.35	26	-26	0.02	-1300

**Tabla No. 12.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio.



**Fig. No.9** Grafico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 $\mu$ L de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio.

#### 4.5) Concentraciones de las Valoraciones Realizadas

**Tabla 13.** Concentración de Hidróxido de Sodio obtenida.

<b>Valoración</b>	<b>Volumen de alícuota valorada</b> (Medido con Micropipeta)	<b>Volumen de punto de equivalencia promedio</b>	<b>Concentración experimentalmente obtenida de Hidróxido de Sodio</b>	<b>Concentración teórica</b>
Con Ácido Clorhídrico (0.1N)	200 $\mu$ L	190 $\mu$ L	0.095N	0.1N

**Tabla 14.** Concentración de Hidróxido de Amonio obtenida.

<b>Valoración</b>	<b>Volumen de alícuota valorada</b> (Medido con Micropipeta)	<b>Volumen de punto de equivalencia promedio</b>	<b>Concentración experimentalmente obtenida de Hidróxido de Amonio</b>	<b>Concentración teórica</b>
Con Ácido Clorhídrico (0.01N)	200 $\mu$ L	230 $\mu$ L	0.0115N	0.01N

**Tabla 15.** Concentración de Acetato de Sodio obtenida.

<b>Valoración</b>	<b>Volumen de alícuota valorada</b> (Medido con Micropipeta)	<b>Volumen de punto de equivalencia promedio</b>	<b>Concentración experimentalmente obtenida de Acetato de Sodio</b>	<b>Concentración teórica</b>
Con Ácido Clorhídrico (0.1N)	200 $\mu$ L	190 $\mu$ L	0.095N	0.1N

**Tabla 16.** Concentración de Ácido Fosfórico obtenida.

<b>Valoración</b>	<b>Volumen de alícuota valorada (Medido con Micropipeta)</b>	<b>Volumen de 1er punto de equivalencia promedio</b>	<b>Concentración experimentalmente obtenida de Ácido Fosfórico</b>	<b>Concentración teórica</b>
Con Hidróxido de Sodio (0.01N)	200 $\mu$ L	170 $\mu$ L	0.0085N	0.01N

#### 4.6) Datos de las cantidades utilizadas para cada Ultramicrovaloración

**Tabla 17.** Cantidades utilizadas para las valoraciones de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

	mL de Hidróxido de Sodio	mL de Ácido Clorhídrico	Total de mL gastados
Por 1 valoración	0.20	0.30	0.5
Por las 10 valoraciones realizadas	2.0	3.0	5.0

**Tabla 18.** Cantidades utilizadas para las valoraciones de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.

	mL de Hidróxido de Amonio	mL de Ácido Clorhídrico	Total de mL gastados
Por 1 valoración	0.20	0.40	0.6
Por las 5 valoraciones realizadas	1.0	2.0	3.0

**Tabla 19.** Cantidades utilizadas para las valoraciones de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico.

	mL de Acetato de Sodio	mL de Ácido Clorhídrico	Total de mL gastados
Por 1 valoración	0.20	0.40	0.6
Por las 5 valoraciones realizadas	1.0	2.0	3.0

**Tabla 20.** Cantidades utilizadas para las valoraciones de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio.

	mL de Ácido Fosfórico	mL de Hidróxido de Sodio	Total de mL gastados
Por 1 valoración	0.20	0.70	0.9
Por las 5 valoraciones realizadas	1.0	3.5	4.5

Las tablas 17, 18,19, y 20 muestran las cantidades utilizadas para cada una de las valoraciones tomando en cuenta que se realizaron aproximadamente 20 mediciones para cada valoración.

Se realizaron un total de 25 valoraciones en las cuales el volumen total de reactivo utilizado fue de 15.50 mL, lo que nos da una alta reducción de reactivos y por lo tanto una baja generación de desechos.

#### 4.7) JUSTIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL ELECTRODO DE PLATINO COMO ELECTRODO INDICADOR DE PH.

Al mezclar  $\text{Fe}^{2+}$  con la mitad equivalente de  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , queda en solución una mezcla de  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  además de  $\text{Cr}^{3+}$  y  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , como la reacción redox se lleva a cabo en los alrededores del Platino queda incrustado en el electrodo de platino el  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$  (en una reacción física), al secar el electrodo de platino al medio ambiente, se forman los óxidos de  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$ , quedando la posible reacción electroquímica:

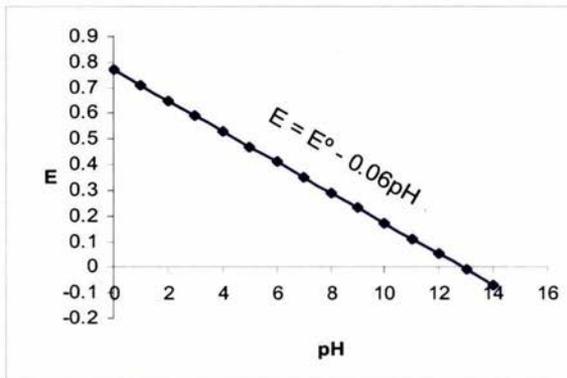


Aplicando la ley de Nernst:

$$E = E^\circ + 0.06 \log (\text{H}^+)$$

Metiendo el operacional  $\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$  queda:

$$E = E^\circ - 0.06 \text{ pH}$$



Relación lineal (ecuación de una línea recta) en donde el potencial depende de manera lineal con el pH con una pendiente de  $-0.06$ .

Por lo que utilizando este electrodo de platino, incrustado o modificado, puedo medir el potencial que es equivalente a medir el pH.

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES:

Se efectuaron ultramicrovaloraciones potenciométricas (Volúmenes por valorar de 200 $\mu$ L), de Hidróxido de Sodio, Hidróxido de Amonio y Acetato de Sodio con Acido Clorhídrico, y de Acido Fosfórico con Hidróxido de Sodio, utilizando un montaje experimental apropiado dando resultados aceptables y comprobando que con este método se reducen los productos de desecho, se minimiza el uso de reactivos y también disminuyen considerablemente los riesgos de manejar sustancias peligrosas, además de disminuirse sustancialmente los costos de experimentación.

Se estableció una metodología experimental para llevar a cabo ultramicrovaloraciones que pueden ser empleadas en los laboratorios de escuelas que imparten carreras relacionadas con el área química.

De acuerdo a los resultados experimentales obtenidos, se puede valorar, Hidróxido de Sodio, Hidróxido de Amonio, Acetato de Sodio y Acido Fosfórico, en cantidades de 200  $\mu$ L, obteniéndose resultados equivalentes a los obtenidos a nivel macroescala (utilizándose 10 mL ó mas de reactivo por valorar) pero con un ahorro significativo, en reactivos y sin generar prácticamente ningún desecho de contaminante.

Estos resultados dan una excelente alternativa, a las valoraciones potenciométricas usuales, generando disminución en costos y contaminantes.

El uso de UMV genera una conciencia en docentes y estudiantes que los motive a minimizar el uso de reactivos químicos.

## BIBLIOGRAFIA:

- 1.- Torres Espinosa Esperanza y Castellon Santa Anna Juan Pedro *Minimización del impacto ecológico empleando microescala en los laboratorios de enseñanza Química*. Revista Educación Química, ISSN 0187-893-X Segunda Época, Volumen 11 Numero 2 Abril-2000 pp.262-266.
- 2.- Ibáñez Jorge G. *La Química en microescala en México: hacia una panorámica general*. Revista Educación Química, ISSN 0187-893-X Segunda Época, Volumen 11 Numero 1 Enero-2000 pp. 168-171.
- 3.- Pike R. M.; Mayo D. M.; Butcher S. S.; Hotham J. R.; Foote C. M. *"An Introductory Microscale Organic Laboratory Program"* 187<sup>th</sup> ACS National Meeting, St Louis, Abril 1984.
- 4.- Butcher S. S.; Mayo D. M.; Pike R. M.; Foote C. M.; Hotham J. R. *"Microscale Organic Laboratory, an approach to improving air quality in Instructional Laboratories"* J. Chem. Education 1985, pp 62-147.
- 5.- Mayo D. M.; Pike R. M.; Butcher S. S.; *"Microscale Organic Laboratory"*, John Wiley & Sons, New York 1986.
- 6.- Szafran Z.; Pike R. M.; Singh M. M. *"Microscale Inorganic Chemistry: A comprehensive laboratory experience"* Wiley, New York, 1991.
- 7.- Arnaiz Francisco J. *Química en microescala en los laboratorios de Química Inorgánica y Organometálica*. Revista Educación Química, ISSN 0187-893-X Segunda Época, Volumen 16 Numero 4 Octubre-2005 pp. 504-508.
- 8.- Villar Maria del Carmen, Rodríguez Margarita y Marital Laura. *Adaptación de métodos de análisis a microescala para bebidas alcohólicas*. Revista Educación Química, ISSN 0187-893-X Segunda Época, Volumen 12 Numero 2 Abril-2001 pp. 113-117.
- 9.- Rincón Arce Sonia y Pérez Saavedra José de Jesús. *Potenciometría con volúmenes a nivel de microescala en educación*. Revista Educación Química, ISSN 0187-893-X Segunda Época, Volumen 14 Numero 4 Julio-2003 pp. 148-151.
10. - Mono M. Szafran Zvi y Pike Ronald M. *"The Philosophy of Green Chemistry as Applied to the Microscale Inorganic Chemistry Laboratory"*. Revista Educación Química, ISSN 0187-893-X Segunda Época, Volumen 11 Numero 1 Febrero-2000 pp. 262-266.
- 11.- Díaz Ricart Luís Fernando. *Microvaloración Potenciométrica de Cafeína en Cafegot y Caftaspirina Mediante la Técnica USP, Utilizando Películas de Oxido Sobre Acero Inoxidable 316, como electrodo Indicador* Tesis UNAM-FESC, Cuautitlan Izcalli, Estado de México. 2002.

- 12.- Trejo Albarran Miriam *Microvaloración Potenciométrica de Diazepam en medio no acuoso, con electrodo indicador Posai-Posai* Tesis UNAM-FESC, Cuautitlan Izcalli, Estado de México. 2006.
- 13.- Valencia Ahedo Yazmín Ivette *Ultramicrovaloración Potenciométrica de Sulfato Ferroso Amoniaco con tres diferentes sistemas oxidantes* Tesis UNAM-FESC, Cuautitlan Izcalli, Estado de México. 2006.
- 14.- Laitinen Herbert A y Harris Walter E. *Análisis Químico Texto Avanzado y de Referencia*. Segunda Edición. Editorial Reverté, S.A. Impreso en España en 1982.
- 15.- Orozco D. Fernando *Análisis Químico Cuantitativo*. 20ª Edición. Editorial Porrúa, México D. F. pp. 299-316, 382-387.
- 16.- Skoog, Douglas; M. West, Donald; *Fundamentos de Química Analítica* 4ª Edición, Editorial Reverté S. A. México. 1988 pp. 402-436.
- 17.- Willard, Hobart H; Merritt, Jr. Lynne L; John A. Dean; Settle, Jr. Frank A. *Métodos Instrumentales de Análisis* 2ª Edición, Editorial CECSA S. A. México. 1986 pp. 687-691.
- 18.- Berry David E. *¿Micro escala o reducción de escala? Perspectivas en Química Inorgánica* Revista Educación Química, ISSN 0187-893-X Segunda Época, Volumen 11 Numero 2 Abril-2000 pp. 256-260.
- 19.- M. en C. José Franco Pérez Arévalo; *Folleto de Valoraciones Químicas*, Sección de Química Analítica; UNAM-FESC, Cuautitlan Izcalli, Estado de México. 2004.

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

cm.....	Centímetros
Co.....	Concentración inicial
dE.....	Derivada del Potencial
dV.....	Derivada del Volumen
$\epsilon$ .....	Fracción sin reaccionar
EDTA.....	Acido etilendiaminotetraacetico
ESIQIE.....	Escuela Superior de Ingeniería Química
g.....	Gramos
HCL.....	Acido Clorhídrico
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> .....	Acido Fosfórico
IPN.....	Instituto Politécnico Nacional
L.....	Litros
M.....	Molaridad
mg.....	Miligramos
mL.....	Mililitros
mm.....	Milímetros
mV.....	Milivoltios
n.....	Numero de datos
N.....	Normalidad
NaCH <sub>3</sub> COO.....	Acetato de Sodio
NaOH.....	Hidróxido de Sodio
NH <sub>4</sub> OH.....	Hidróxido de Amonio
NMCC.....	National Microscale Chemistry Center
PE.....	Punto de Equivalencia
Págs.....	Paginas
PM.....	Peso Molecular
Prom.....	Promedio
RA.....	Reactivo analítico
S.....	Desviación estándar
UASLP.....	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
UIA.....	Universidad Iberoamericana
UMV.....	Ultramicrovaloración
UNAM.....	Universidad Nacional Autónoma de México
Vol.....	Volumen
Vol.P.E.....	Volumen de Punto de Equivalencia
$\mu$ L.....	Microlitros

# ANEXO I

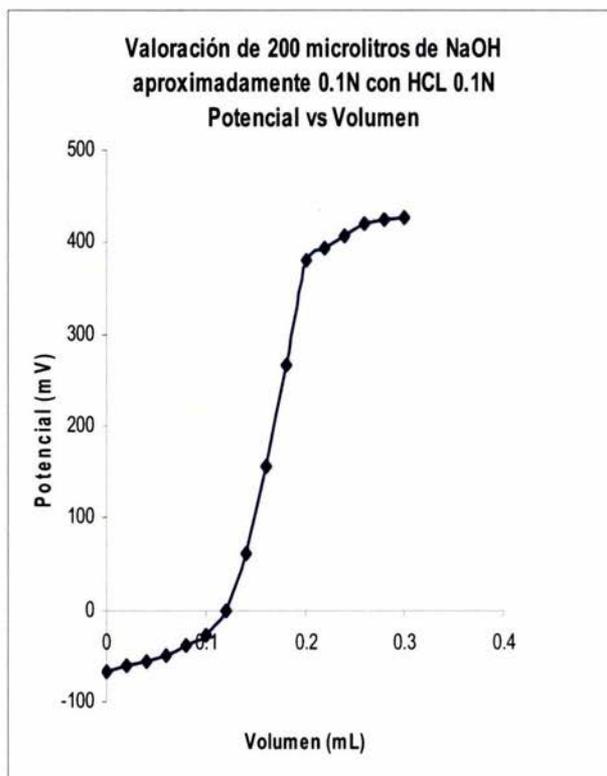
## **TABLAS Y GRÁFICOS DEL TOTAL DE VALORACIONES EFECTUADAS EN CADA SISTEMA:**

- ❖ Valoraciones de Hidróxido de Sodio aproximadamente 0.1N con Ácido Clorhídrico 0.1N.
- ❖ Valoraciones de Hidróxido de Amonio aproximadamente 0.01N con Ácido Clorhídrico 0.01N.
- ❖ Valoraciones de Acetato de Sodio aproximadamente 0.1N con Ácido Clorhídrico 0.1N.
- ❖ Valoraciones de Ácido Fosfórico aproximadamente 0.01N con Hidróxido de Sodio 0.01N.

## VALORACIÓN 2 DE HIDRÓXIDO DE SODIO APROXIMADAMENTE 0.1N CON ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.1 N

**Tabla 20.** Resultado experimental obtenido de la valoración de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	-67
0.02	-61
0.04	-56
0.06	-48
0.08	-36
0.10	-5
0.12	52
0.14	101
0.16	156
0.18	230
0.20	404
0.22	450
0.24	455
0.26	457
0.28	457
0.30	459

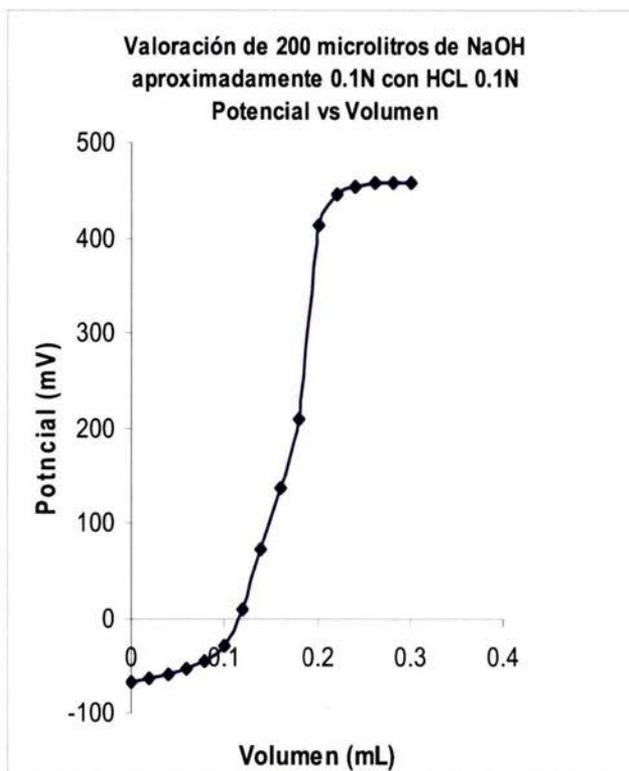


**Figura 10.** Curva de valoración de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico, utilizando un electrodo de platino.

## VALORACIÓN 3 DE HIDRÓXIDO DE SODIO APROXIMADAMENTE 0.1N CON ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.1 N

**Tabla 21.** Resultado experimental obtenido de la valoración de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	-68
0.02	-64
0.04	-59
0.06	-53
0.08	-45
0.10	-29
0.12	10
0.14	71
0.16	137
0.18	209
0.20	414
0.22	445
0.24	453
0.26	457
0.28	457
0.30	457

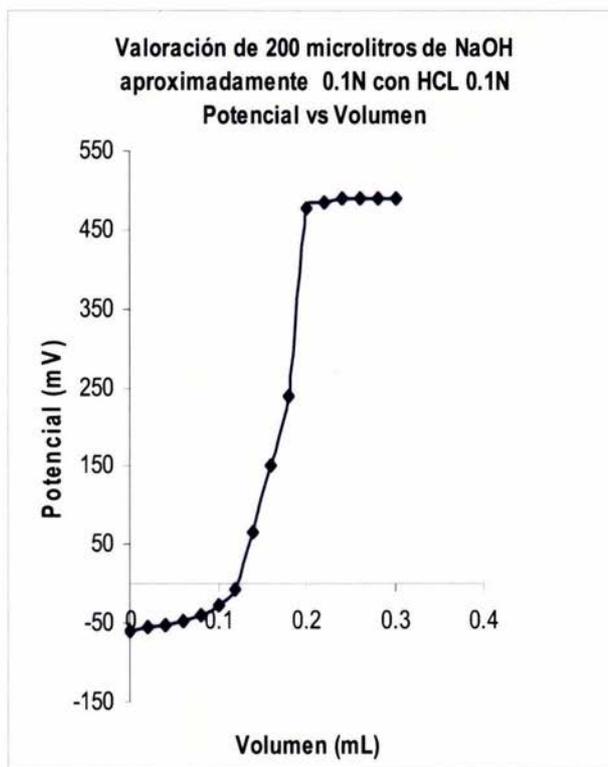


**Figura 11.** Curva de valoración de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 4 DE HIDRÓXIDO DE SODIO APROXIMADAMENTE 0.1N CON ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.1 N

**Tabla 22.** Resultado experimental obtenido de la valoración de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	-59
0.02	-55
0.04	-51
0.06	-46
0.08	-40
0.10	-28
0.12	-7
0.14	65
0.16	150
0.18	240
0.20	477
0.22	485
0.24	489
0.26	489
0.28	491
0.30	491

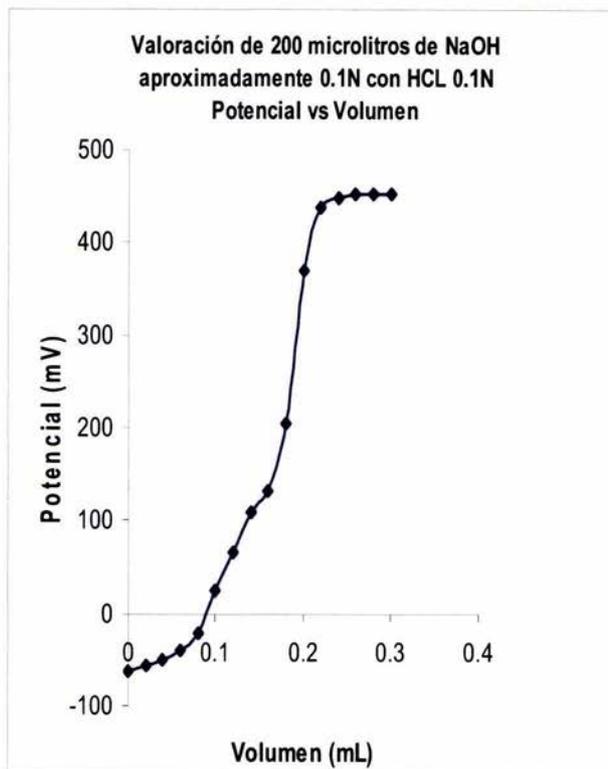


**Figura 12.** Curva de valoración de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 5 DE HIDRÓXIDO DE SODIO APROXIMADAMENTE 0.1N CON ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.1 N

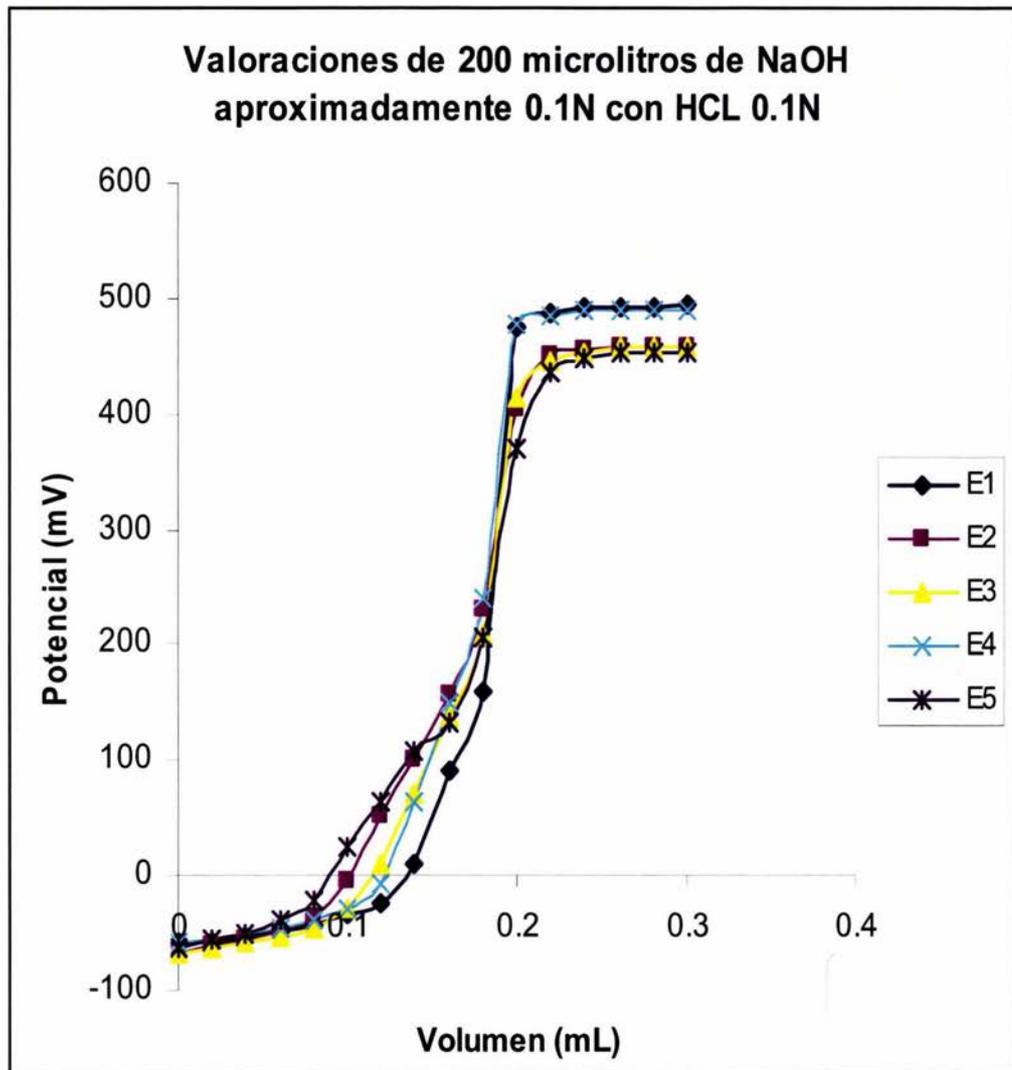
**Tabla 23.** Resultado experimental obtenido de la valoración de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	-63
0.02	-57
0.04	-50
0.06	-40
0.08	-21
0.10	24
0.12	65
0.14	108
0.16	132
0.18	205
0.20	370
0.22	437
0.24	448
0.26	452
0.28	453
0.30	453



**Figura 13.** Curva de valoración de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico, utilizando un electrodo de platino.

**GRAFICO DE LAS 5 VALORACIONES DE HIDRÓXIDO DE SODIO 0.1N CON ÁCIDO CLORHIDRICO 0.1N.**

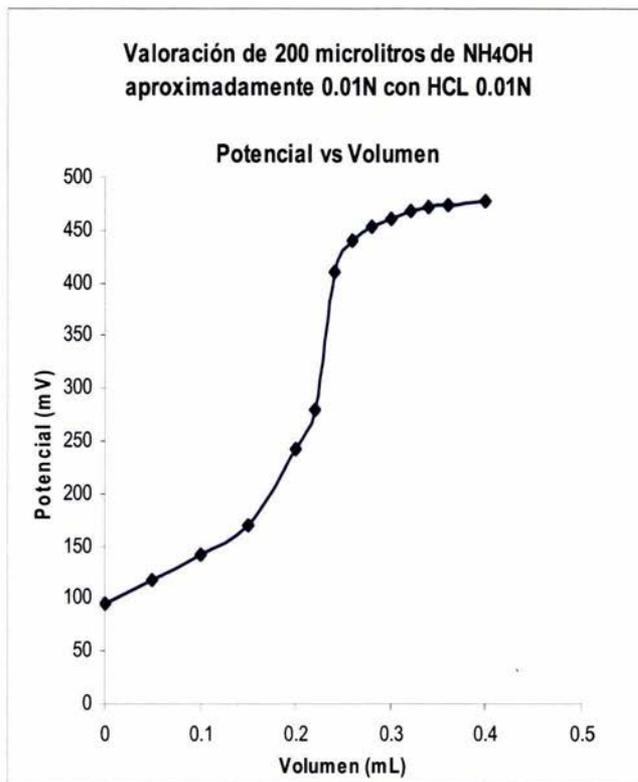


**Figura 14.** Este gráfico muestra las 5 curvas de valoración de Hidróxido de Sodio aproximadamente 0.1N con Ácido Clorhídrico 0.1N. Utilizando un electrodo de platino, se puede observar un poco de variación antes y después del punto de equivalencia.

## VALORACIÓN 2 DE HIDRÓXIDO DE AMONIO APROXIMADAMENTE 0.01N CON ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.01 N

**Tabla 24.** Resultado experimental obtenido de la valoración de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	96
0.05	118
0.10	141
0.15	170
0.20	243
0.22	279
0.24	410
0.26	441
0.28	454
0.30	461
0.32	469
0.34	472
0.36	474
0.40	477

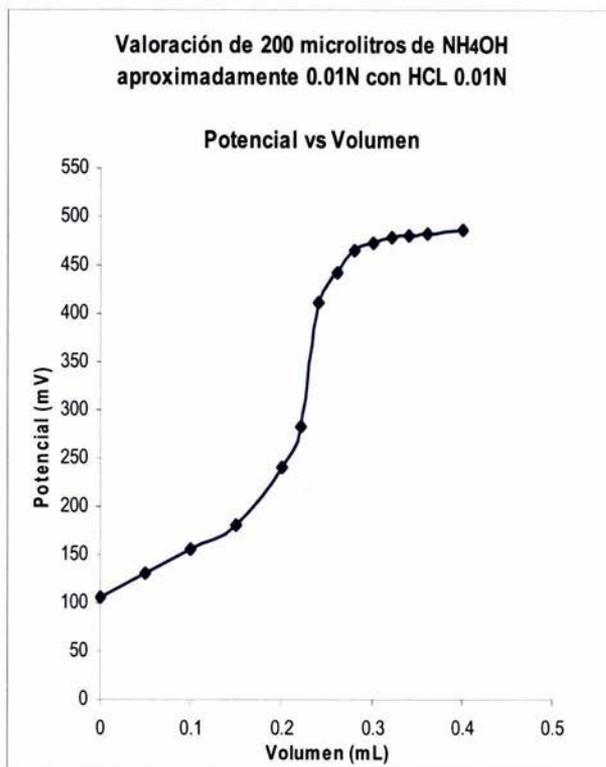


**Figura 15.** Curva de valoración de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 3 DE HIDRÓXIDO DE AMONIO APROXIMADAMENTE 0.01N CON ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.01 N

**Tabla 25.** Resultado experimental obtenido de la valoración de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	105
0.05	130
0.10	155
0.15	181
0.20	240
0.22	282
0.24	412
0.26	442
0.28	465
0.30	473
0.32	478
0.34	481
0.36	483
0.40	486

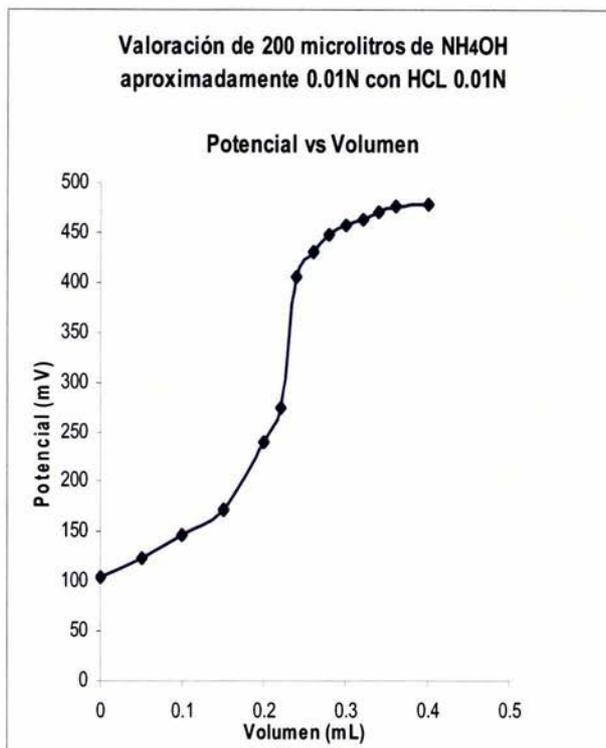


**Figura 16.** Curva de valoración de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico, utilizando un electrodo de platino.

## VALORACIÓN 4 DE HIDRÓXIDO DE AMONIO APROXIMADAMENTE 0.01N CON ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.01 N

**Tabla 26.** Resultado experimental obtenido de la valoración de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	105
0.05	124
0.10	146
0.15	172
0.20	240
0.22	275
0.24	405
0.26	430
0.28	448
0.30	458
0.32	464
0.34	472
0.36	476
0.40	479

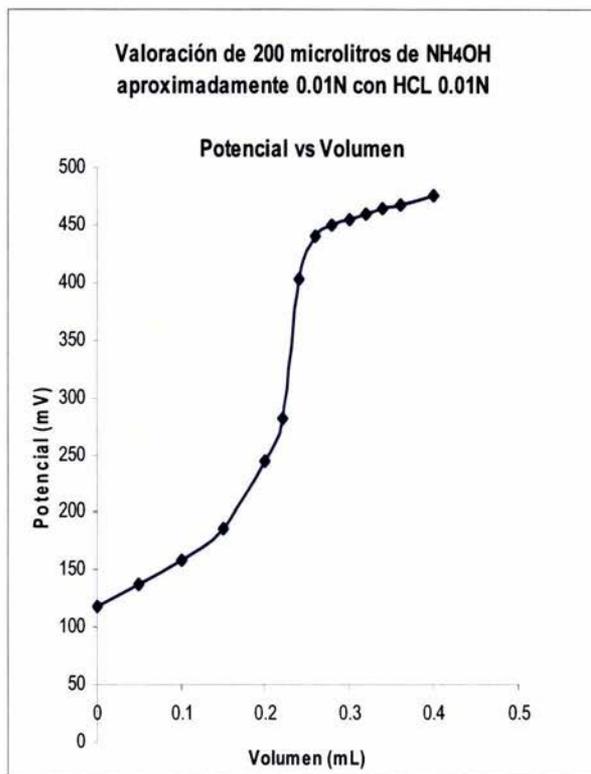


**Figura 17.** Curva de valoración de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico, utilizando un electrodo de platino.

## VALORACIÓN 5 DE HIDRÓXIDO DE AMONIO APROXIMADAMENTE 0.01N CON ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.01 N

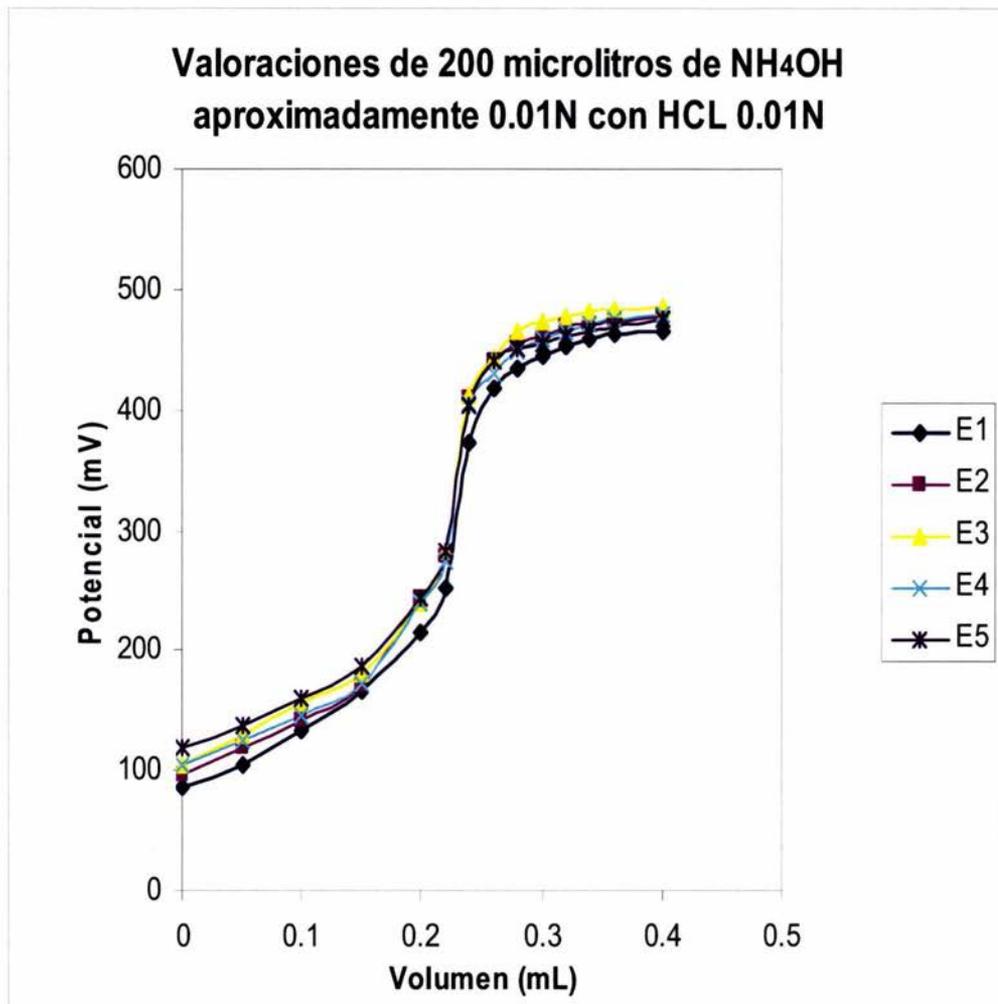
**Tabla 27.** Resultado experimental obtenido de la valoración de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	118
0.05	138
0.10	159
0.15	186
0.20	244
0.22	282
0.24	403
0.26	440
0.28	450
0.30	455
0.32	460
0.34	465
0.36	468
0.40	476



**Figura 18.** Curva de valoración de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico, utilizando un electrodo de platino.

**GRAFICO DE LAS 5 VALORACIONES DE HIDRÓXIDO DE AMONIO APROXIMADAMENTE 0.01N CON ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.01N.**

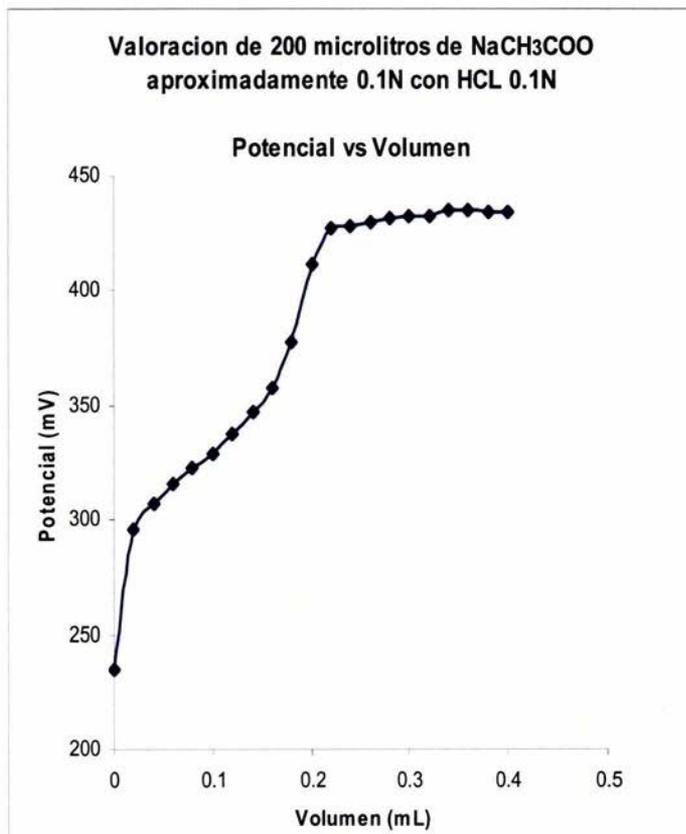


**Figura 19.** Este gráfico muestra las 5 curvas de valoración de Hidróxido de Amonio aproximadamente 0.01N con Ácido Clorhídrico 0.01N. Utilizando un electrodo de platino, se puede observar mínima variación.

VALORACIÓN 2 DE ACETATO DE SODIO APROXIMADAMENTE 0.1N CON ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.1 N

**Tabla 28.** Resultado experimental obtenido de la valoración de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico

Vol (ml)	E (mV)
0.0	235
0.02	296
0.04	307
0.06	316
0.08	323
0.10	329
0.12	338
0.14	347
0.16	358
0.18	378
0.20	412
0.22	427
0.24	428
0.26	430
0.28	432
0.30	433
0.32	433
0.34	435
0.36	435
0.38	434
0.40	434

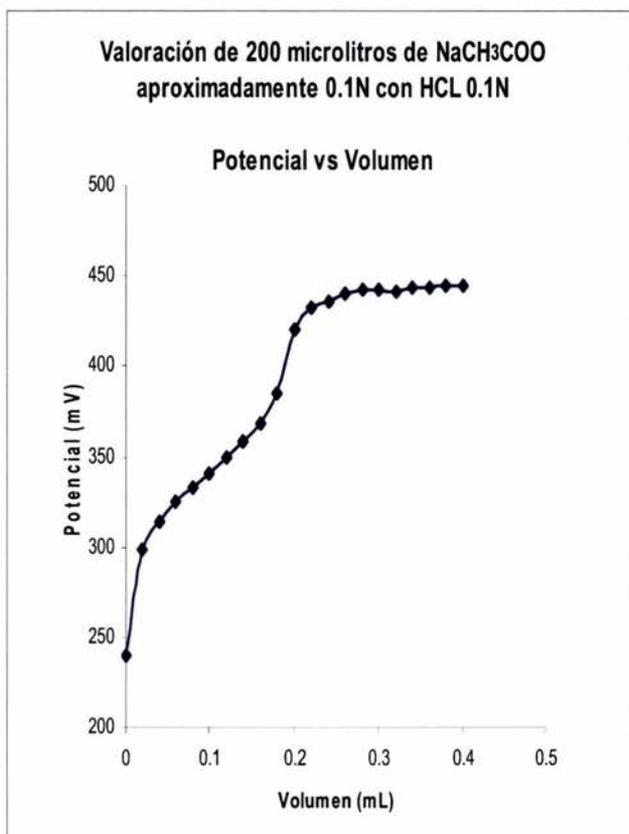


**Figura 20.** Curva de valoración de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 3 DE ACETATO DE SODIO APROXIMADAMENTE 0.1N CON ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.1 N

**Tabla 29.** Resultado experimental obtenido de la valoración de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico

Vol (ml)	E (mV)
0.0	240
0.02	298
0.04	314
0.06	325
0.08	333
0.10	341
0.12	349
0.14	358
0.16	368
0.18	385
0.20	420
0.22	432
0.24	436
0.26	440
0.28	442
0.30	442
0.32	441
0.34	443
0.36	443
0.38	445
0.40	445

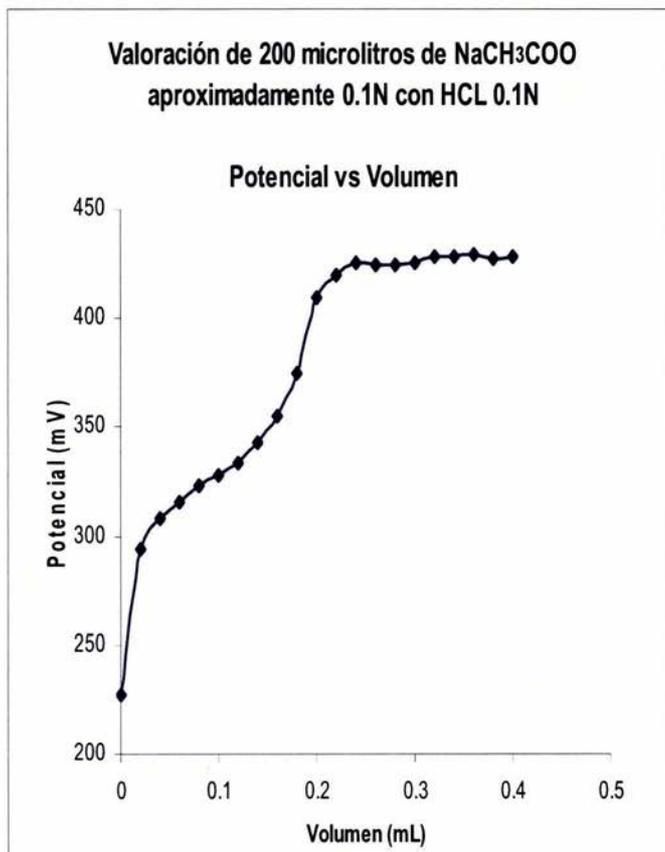


**Figura 21.** Curva de valoración de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 4 DE ACETATO DE SODIO APROXIMADAMENTE 0.1N CON ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.1 N

**Tabla 30.** Resultado experimental obtenido de la valoración de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico

Vol (ml)	E (mV)
0.0	227
0.02	294
0.04	308
0.06	316
0.08	323
0.10	328
0.12	333
0.14	343
0.16	355
0.18	375
0.20	410
0.22	420
0.24	426
0.26	425
0.28	425
0.30	426
0.32	428
0.34	428
0.36	429
0.38	427
0.40	428

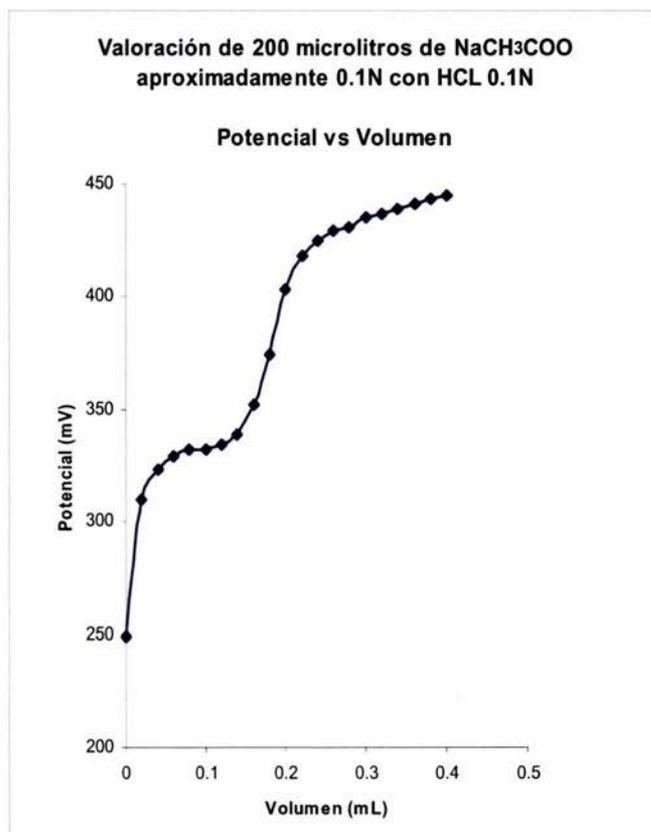


**Figura 22.** Curva de valoración de Acetato de Sodio con Acido Clorhídrico, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 5 DE ACETATO DE SODIO APROXIMADAMENTE 0.1N CON ÁCIDO CLORHÍDRICO 0.1 N

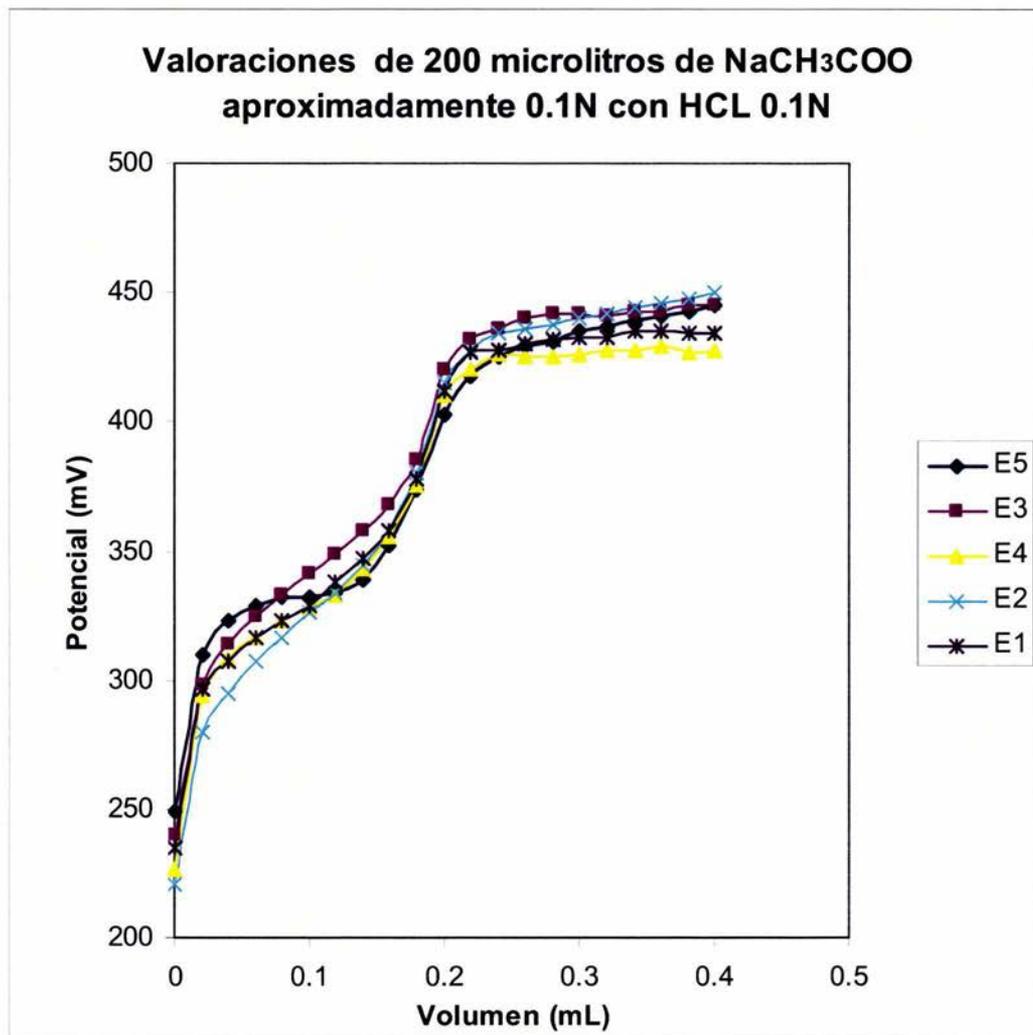
**Tabla 31.** Resultado experimental Obtenido de la valoración de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico

Vol (ml)	E (mV)
0.0	249
0.02	310
0.04	323
0.06	329
0.08	332
0.10	332
0.12	334
0.14	339
0.16	352
0.18	374
0.20	403
0.22	418
0.24	425
0.26	429
0.28	431
0.30	435
0.32	437
0.34	439
0.36	441
0.38	443
0.40	445



**Figura 23.** Curva de valoración de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico, utilizando un electrodo de platino.

**GRAFICO DE LAS 5 VALORACIONES DE ACETATO DE SODIO  
APROXIMADAMENTE 0.1N CON ÁCIDO CLORHIDRICO 0.1N.**

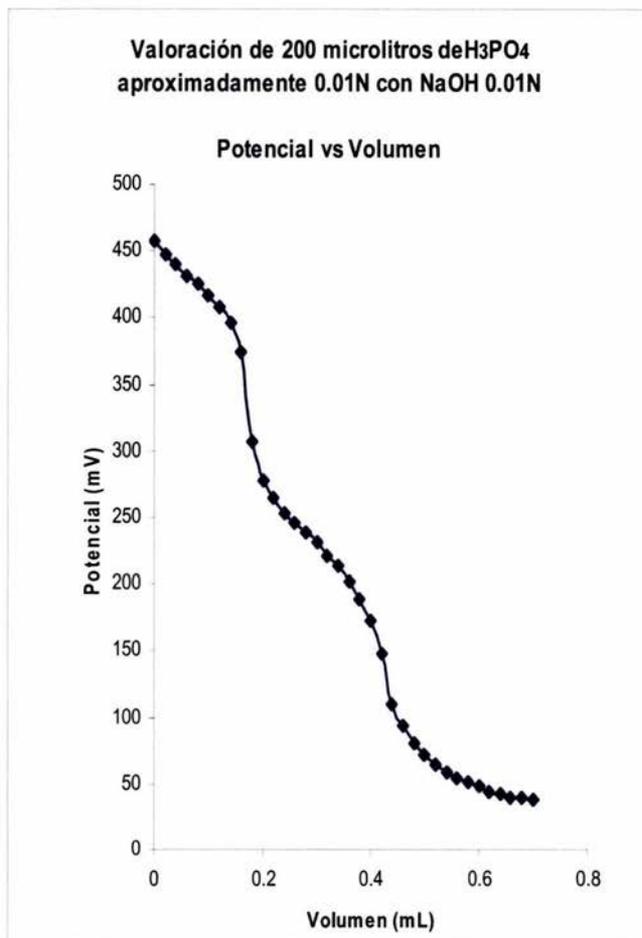


**Figura 24.** Este gráfico muestra las 5 curvas de valoración de Acetato de Sodio aproximadamente 0.1N con Ácido Clorhídrico 0.1N, Utilizando un electrodo de platino, se puede observar mínima variación.

VALORACIÓN 2 DE ÁCIDO FOSFÓRICO APROXIMADAMENTE 0.01N CON HIDRÓXIDO DE SODIO 0.01 N

**Tabla 32.** Resultado experimental  
Obtenido de la valoración de  
Ácido Fosfórico con Hidróxido de  
Sodio.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	457
0.02	448
0.04	440
0.06	432
0.08	425
0.10	417
0.12	408
0.14	396
0.16	375
0.18	307
0.20	278
0.22	264
0.24	253
0.26	246
0.28	239
0.30	231
0.32	221
0.34	214
0.36	202
0.38	189
0.40	172
0.42	147
0.44	110
0.46	94
0.48	81
0.50	72
0.52	65
0.54	59
0.56	54
0.58	51
0.60	48
0.62	44
0.64	42
0.66	40
0.68	39
0.70	38

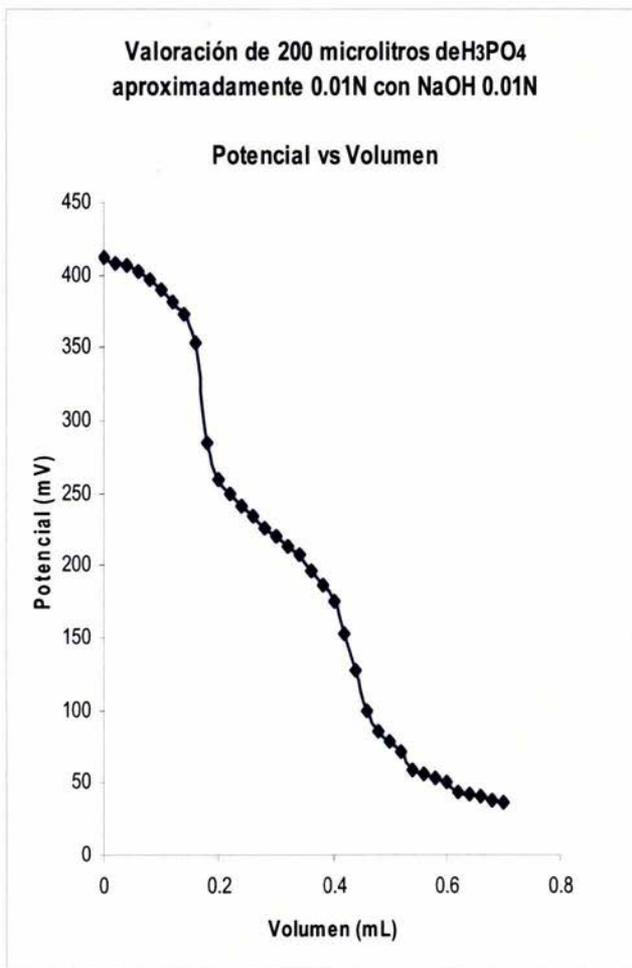


**Figura 25.** Curva de Valoración de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 3 DE ÁCIDO FOSFÓRICO APROXIMADAMENTE 0.01N CON HIDRÓXIDO DE SODIO 0.01 N

**Tabla 33.** Resultado experimental  
Obtenido de la valoración de  
Ácido Fosfórico con Hidróxido de  
Sodio.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	412
0.02	408
0.04	407
0.06	403
0.08	397
0.10	390
0.12	382
0.14	373
0.16	353
0.18	284
0.20	259
0.22	250
0.24	241
0.26	234
0.28	226
0.30	220
0.32	213
0.34	207
0.36	196
0.38	187
0.40	175
0.42	153
0.44	127
0.46	100
0.48	86
0.50	78
0.52	71
0.54	59
0.56	56
0.58	53
0.60	50
0.62	44
0.64	42
0.66	40
0.68	38
0.70	37

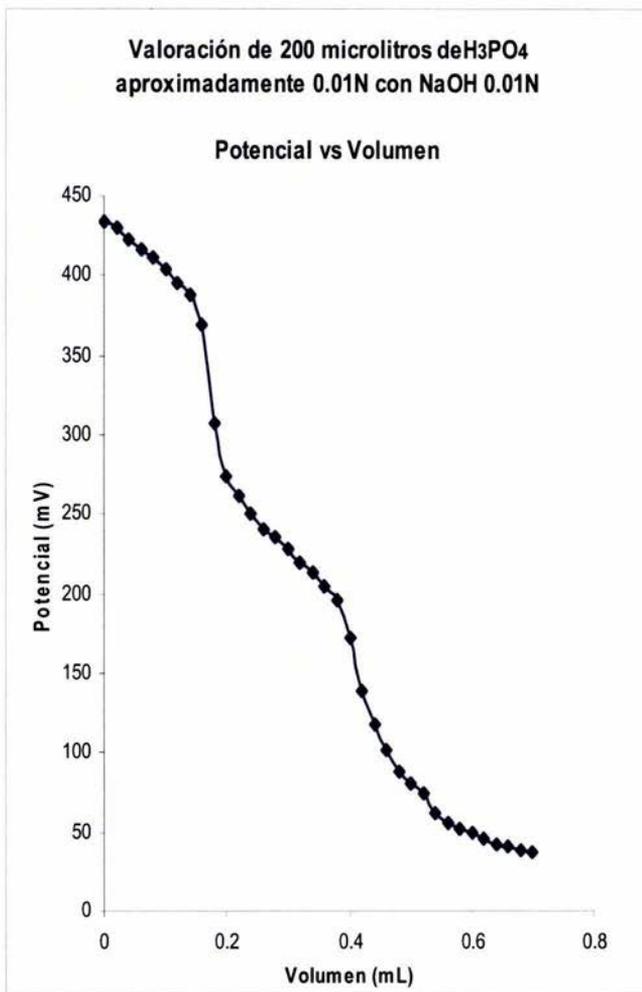


**Figura 26.** Curva de valoración de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 4 DE ÁCIDO FOSFÓRICO APROXIMADAMENTE 0.01N CON HIDRÓXIDO DE SODIO 0.01 N

**Tabla 34.** Resultado experimental  
Obtenido de la valoración de  
Ácido Fosfórico con Hidróxido de  
Sodio.

Vol (ml)	E (mV)
0.0	434
0.02	430
0.04	423
0.06	417
0.08	411
0.10	404
0.12	396
0.14	388
0.16	370
0.18	307
0.20	274
0.22	262
0.24	251
0.26	241
0.28	235
0.30	228
0.32	220
0.34	213
0.36	205
0.38	196
0.40	172
0.42	139
0.44	118
0.46	102
0.48	88
0.50	81
0.52	74
0.54	62
0.56	56
0.58	52
0.60	50
0.62	46
0.64	42
0.66	41
0.68	39
0.70	37

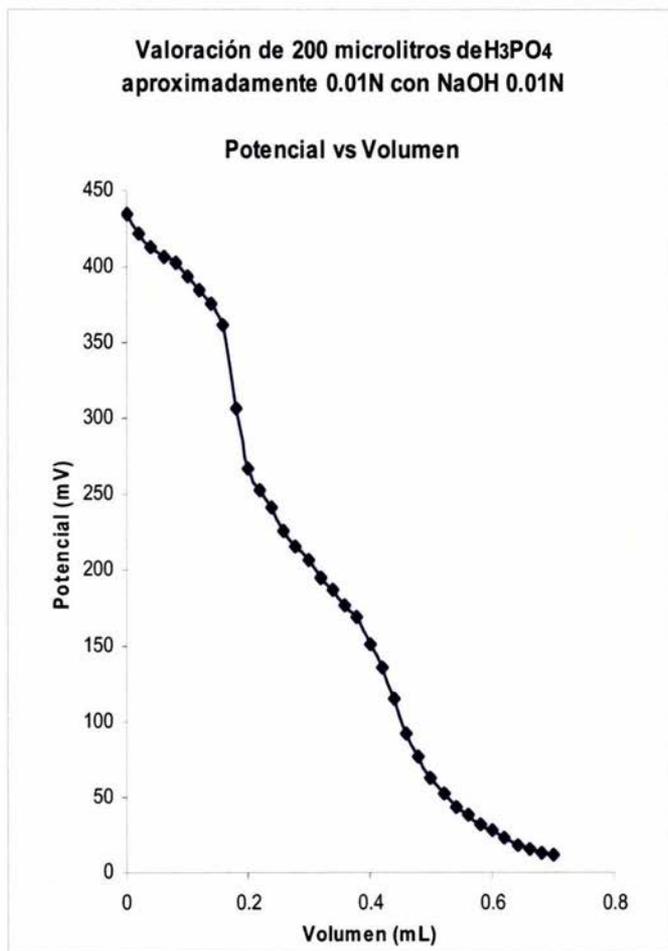


**Figura 27.** Curva de valoración de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio, utilizando un electrodo de platino.

VALORACIÓN 5 DE ÁCIDO FOSFÓRICO APROXIMADAMENTE 0.01N CON HIDRÓXIDO DE SODIO 0.01 N

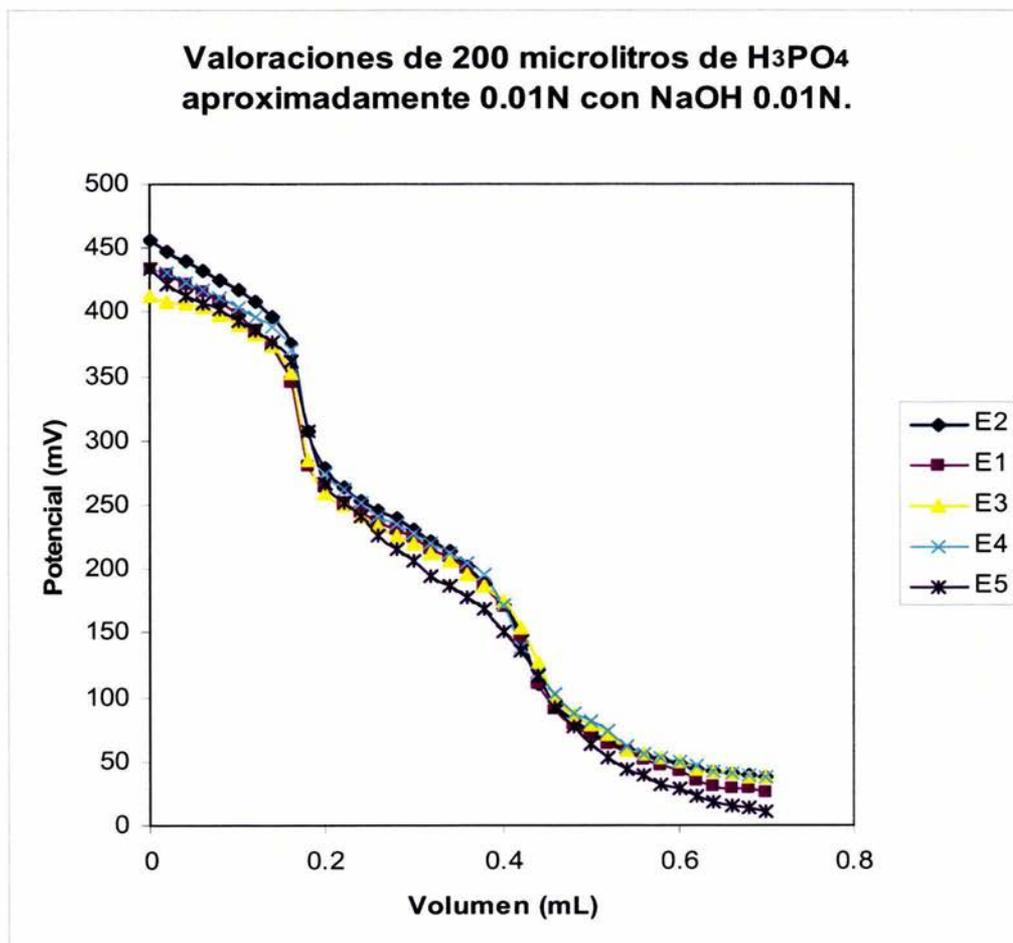
**Tabla 35.** Resultado experimental  
Obtenido de la valoración de  
Ácido Fosfórico con Hidróxido de  
Sodio.

Voi (ml)	E (mV)
0.0	434
0.02	422
0.04	413
0.06	407
0.08	402
0.10	393
0.12	385
0.14	376
0.16	362
0.18	307
0.20	267
0.22	252
0.24	241
0.26	226
0.28	216
0.30	206
0.32	195
0.34	187
0.36	177
0.38	169
0.40	151
0.42	136
0.44	116
0.46	92
0.48	77
0.50	63
0.52	53
0.54	44
0.56	39
0.58	32
0.60	28
0.62	23
0.64	18
0.66	15
0.68	13
0.70	11



**Figura 28.** Curva de valoración de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio, utilizando un electrodo de platino.

**GRAFICO DE LAS 5 VALORACIONES DE ÁCIDO FOSFÓRICO APROXIMADAMENTE 0.01N CON HIDRÓXIDO DE SODIO 0.01N.**



**Figura 29.** Este gráfico muestra las 5 curvas de valoración de Ácido Fosfórico aproximadamente 0.01N con Hidróxido de Sodio 0.01N. Utilizando un electrodo de platino, se puede observar mínima variación.

# ANEXO II

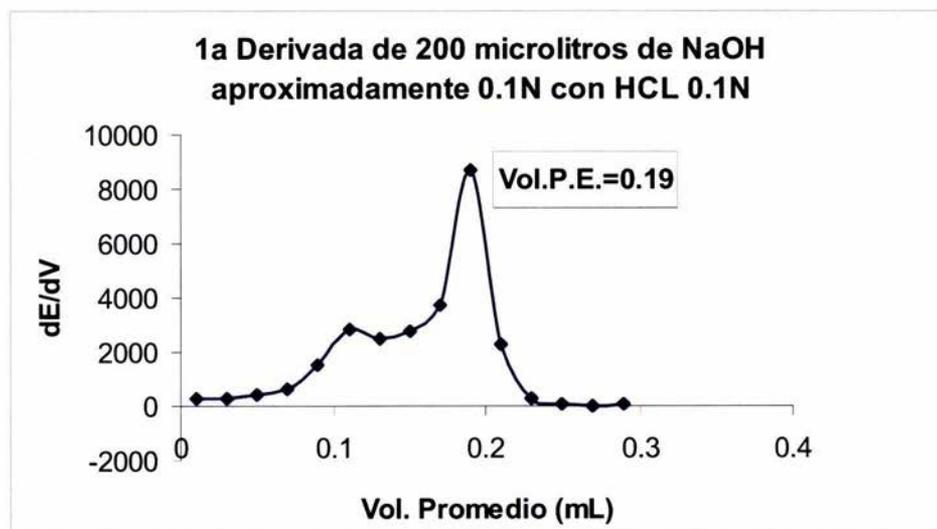
## **TABLAS, GRÁFICOS Y OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA PARA EL TOTAL DE LAS VALORACIONES EFECTUADAS EN CADA SISTEMA:**

- ❖ Obtención de la primera derivada para las valoraciones de Hidróxido de Sodio aproximadamente 0.1N. con Ácido Clorhídrico 0.1N.
- ❖ Obtención de la primera derivada para las valoraciones de Hidróxido de Amonio aproximadamente 0.01N. con Ácido Clorhídrico 0.01N.
- ❖ Obtención de la primera derivada para las valoraciones de Acetato de Sodio aproximadamente 0.1N con Ácido Clorhídrico 0.1N.
- ❖ Obtención de la primera derivada para las valoraciones de Ácido Fosfórico aproximadamente 0.01N con Hidróxido de Sodio 0.01N.

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.

**Tabla 36.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	Vol.Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	-67	6	0.02	300
0.02	0.03	-61	5	0.02	250
0.04	0.05	-56	8	0.02	400
0.06	0.07	-48	12	0.02	600
0.08	0.09	-36	31	0.02	1550
0.10	0.11	-5	57	0.02	2850
0.12	0.13	52	49	0.02	2450
0.14	0.15	101	55	0.02	2750
0.16	0.17	156	74	0.02	3700
0.18	0.19	230	174	0.02	8700
0.20	0.21	404	46	0.02	2300
0.22	0.23	450	5	0.02	250
0.24	0.25	455	2	0.02	100
0.26	0.27	457	0	0.02	0
0.28	0.29	457	2	0.02	100
0.30	0.15	459	-459	-0.3	1530

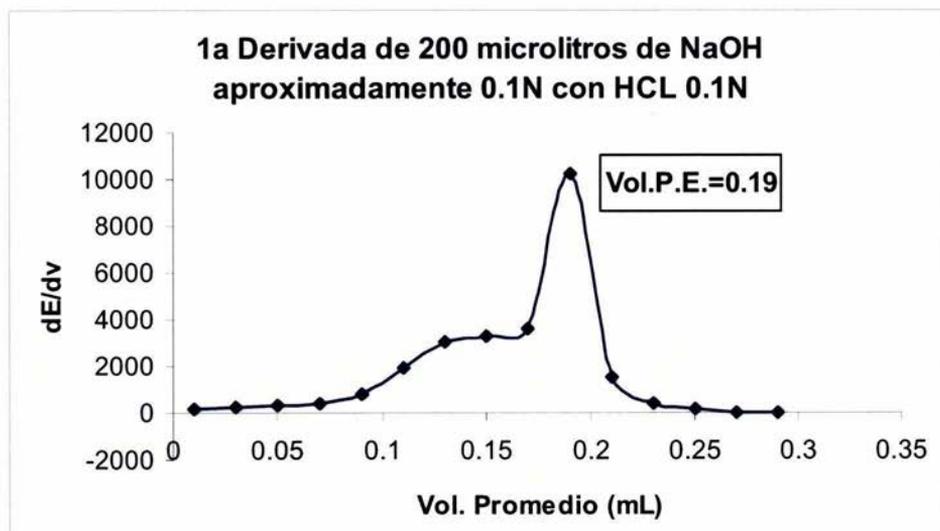


**Figura 30.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200  $\mu$ L de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.

**Tabla 37.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	Vol.Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	-68	4	0.02	200
0.02	0.03	-64	5	0.02	250
0.04	0.05	-59	6	0.02	300
0.06	0.07	-53	8	0.02	400
0.08	0.09	-45	16	0.02	800
0.10	0.11	-29	39	0.02	1950
0.12	0.13	10	61	0.02	3050
0.14	0.15	71	66	0.02	3300
0.16	0.17	137	72	0.02	3600
0.18	0.19	209	205	0.02	10250
0.20	0.21	414	31	0.02	1550
0.22	0.23	445	8	0.02	400
0.24	0.25	453	4	0.02	200
0.26	0.27	457	0	0.02	0
0.28	0.29	457	0	0.02	0
0.30	0.15	457	-457	-0.3	1523.33333

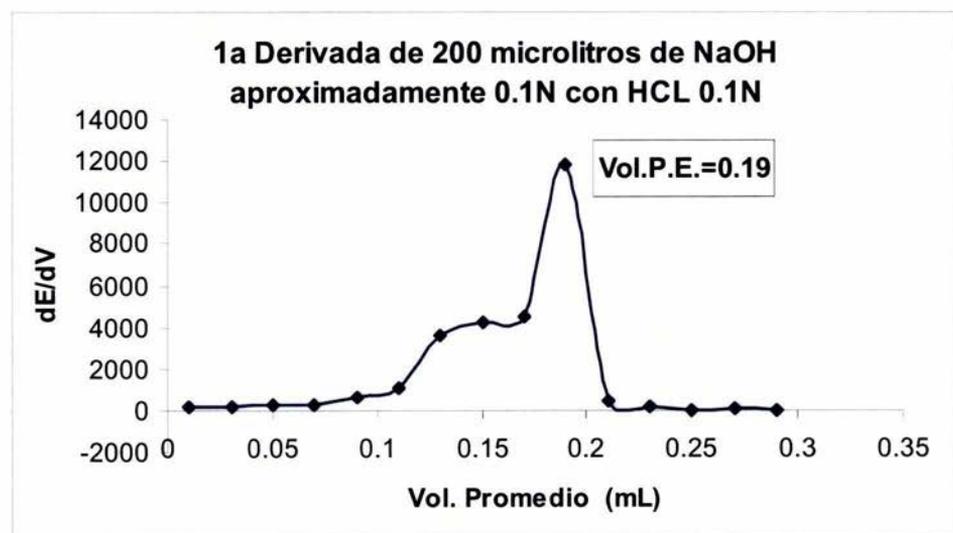


**Figura 31.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 µL de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.

**Tabla 38.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	Vol.Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	-59	4	0.02	200
0.02	0.03	-55	4	0.02	200
0.04	0.05	-51	5	0.02	250
0.06	0.07	-46	6	0.02	300
0.08	0.09	-40	12	0.02	600
0.10	0.11	-28	21	0.02	1050
0.12	0.13	-7	72	0.02	3600
0.14	0.15	65	85	0.02	4250
0.16	0.17	150	90	0.02	4500
0.18	0.19	240	237	0.02	11850
0.20	0.21	477	8	0.02	400
0.22	0.23	485	4	0.02	200
0.24	0.25	489	0	0.02	0
0.26	0.27	489	2	0.02	100
0.28	0.29	491	0	0.02	0
0.30	0.15	491	-491	-0.3	1636.66667

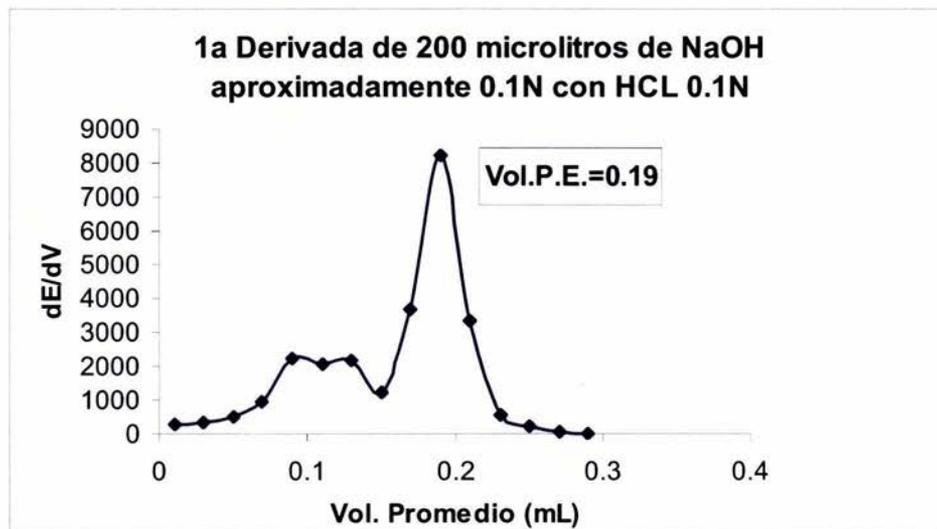


**Figura 32.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200  $\mu$ L de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.

**Tabla 39.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	Vol.Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	-63	6	0.02	300
0.02	0.03	-57	7	0.02	350
0.04	0.05	-50	10	0.02	500
0.06	0.07	-40	19	0.02	950
0.08	0.09	-21	45	0.02	2250
0.10	0.11	24	41	0.02	2050
0.12	0.13	65	43	0.02	2150
0.14	0.15	108	24	0.02	1200
0.16	0.17	132	73	0.02	3650
0.18	0.19	205	165	0.02	8250
0.20	0.21	370	67	0.02	3350
0.22	0.23	437	11	0.02	550
0.24	0.25	448	4	0.02	200
0.26	0.27	452	1	0.02	50
0.28	0.29	453	0	0.02	0
0.30	0.15	453	-453	-0.3	1510

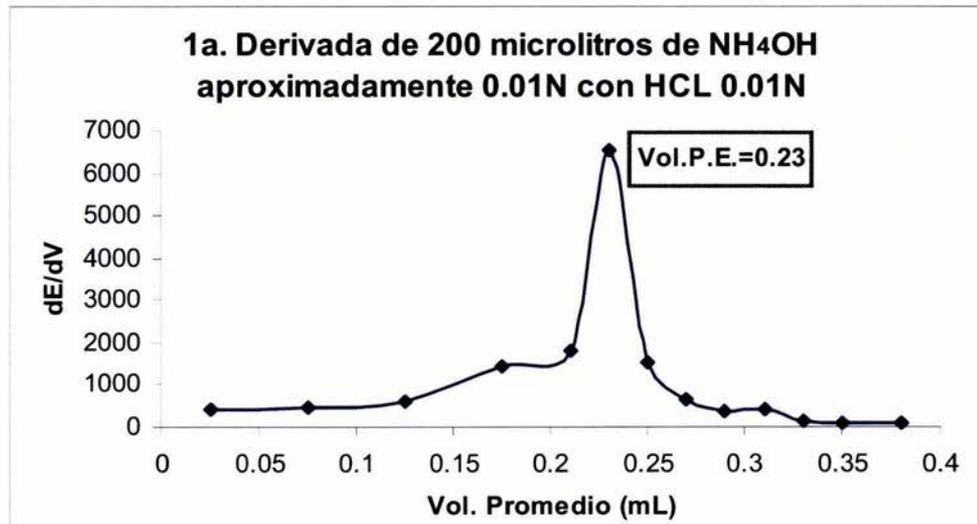


**Figura 33.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200  $\mu$ L de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico.

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE HIDRÓXIDO DE AMONIO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.

**Tabla 40.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	Vol.Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.025	96	22	0.05	440
0.05	0.075	118	23	0.05	460
0.10	0.125	141	29	0.05	580
0.15	0.175	170	73	0.05	1460
0.20	0.21	243	36	0.02	1800
0.22	0.23	279	131	0.02	6550
0.24	0.25	410	31	0.02	1550
0.26	0.27	441	13	0.02	650
0.28	0.29	454	7	0.02	350
0.30	0.31	461	8	0.02	400
0.32	0.33	469	3	0.02	150
0.34	0.35	472	2	0.02	100
0.36	0.38	474	3	0.04	75
0.40	0.2	477	-477	-0.4	1192.5

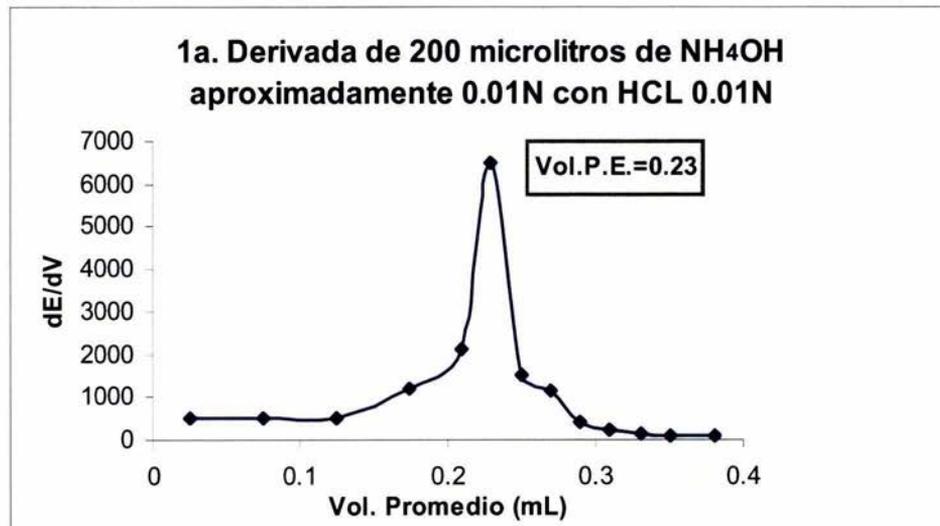


**Figura 34.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200  $\mu$ L de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE HIDRÓXIDO DE AMONIO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.

**Tabla 41.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	Vol.Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.025	105	25	0.05	500
0.05	0.075	130	25	0.05	500
0.10	0.125	155	26	0.05	520
0.15	0.175	181	59	0.05	1180
0.20	0.21	240	42	0.02	2100
0.22	0.23	282	130	0.02	6500
0.24	0.25	412	30	0.02	1500
0.26	0.27	442	23	0.02	1150
0.28	0.29	465	8	0.02	400
0.30	0.31	473	5	0.02	250
0.32	0.33	478	3	0.02	150
0.34	0.35	481	2	0.02	100
0.36	0.38	483	3	0.04	75
0.40	0.2	486	-486	-0.4	1215

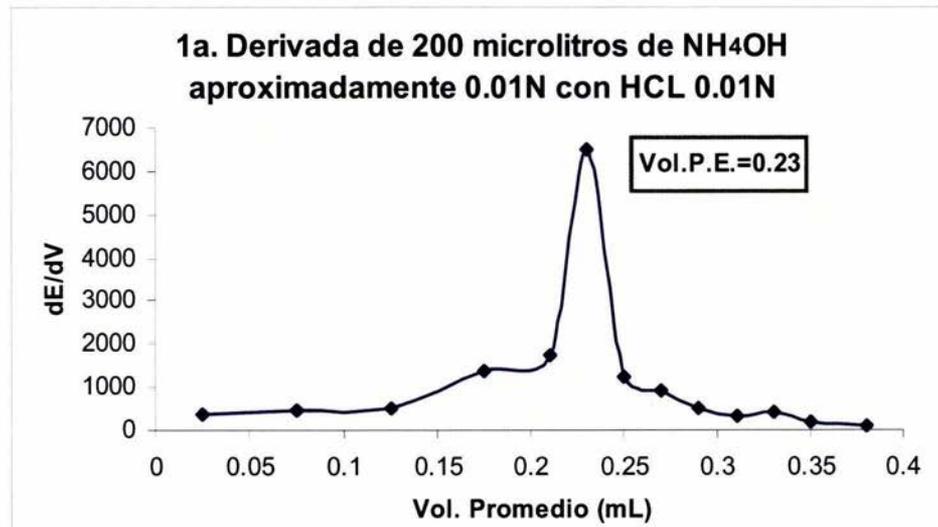


**Figura 35.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200  $\mu$ L de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE HIDRÓXIDO DE AMONIO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.

**Tabla 42.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	Vol.Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.025	105	19	0.05	380
0.05	0.075	124	22	0.05	440
0.10	0.125	146	26	0.05	520
0.15	0.175	172	68	0.05	1360
0.20	0.21	240	35	0.02	1750
0.22	0.23	275	130	0.02	6500
0.24	0.25	405	25	0.02	1250
0.26	0.27	430	18	0.02	900
0.28	0.29	448	10	0.02	500
0.30	0.31	458	6	0.02	300
0.32	0.33	464	8	0.02	400
0.34	0.35	472	4	0.02	200
0.36	0.38	476	3	0.04	75
0.40	0.2	479	-479	-0.4	1197.5

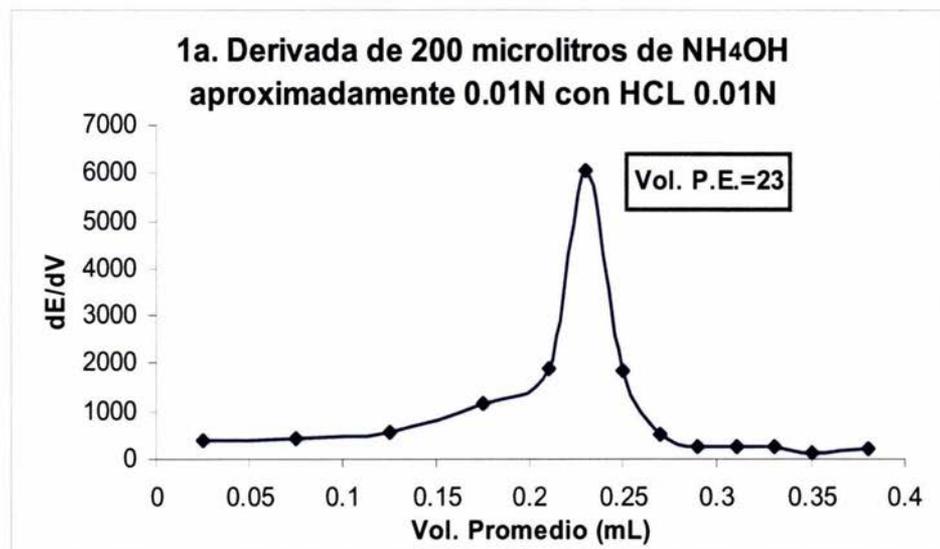


**Figura 36.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200  $\mu$ L de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE HIDRÓXIDO DE AMONIO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.

**Tabla 43.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	Vol.Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.025	118	20	0.05	400
0.05	0.075	138	21	0.05	420
0.10	0.125	159	27	0.05	540
0.15	0.175	186	58	0.05	1160
0.20	0.21	244	38	0.02	1900
0.22	0.23	282	121	0.02	6050
0.24	0.25	403	37	0.02	1850
0.26	0.27	440	10	0.02	500
0.28	0.29	450	5	0.02	250
0.30	0.31	455	5	0.02	250
0.32	0.33	460	5	0.02	250
0.34	0.35	465	3	0.02	150
0.36	0.38	468	8	0.04	200
0.40	0.2	476	-476	-0.4	1190

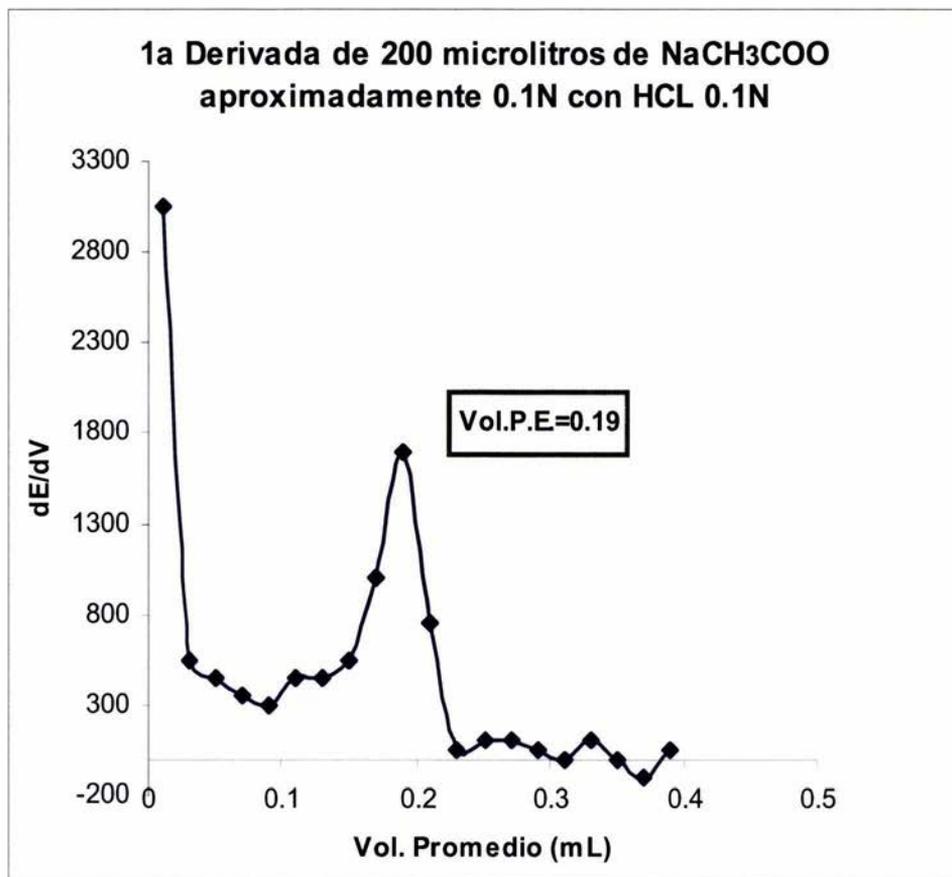


**Figura 37.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200  $\mu$ L de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico.

**TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE ACETATO DE SODIO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.**

**Tabla 44.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	Vol.Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	235	61	0.02	3050
0.02	0.03	296	11	0.02	550
0.04	0.05	307	9	0.02	450
0.06	0.07	316	7	0.02	350
0.08	0.09	323	6	0.02	300
0.10	0.11	329	9	0.02	450
0.12	0.13	338	9	0.02	450
0.14	0.15	347	11	0.02	550
0.16	0.17	358	20	0.02	1000
0.18	0.19	378	34	0.02	1700
0.20	0.21	412	15	0.02	750
0.22	0.23	427	1	0.02	50
0.24	0.25	428	2	0.02	100
0.26	0.27	430	2	0.02	100
0.28	0.29	432	1	0.02	50
0.30	0.31	433	0	0.02	0
0.32	0.33	433	2	0.02	100
0.34	0.35	435	0	0.02	0
0.36	0.37	435	-2	0.02	-100
0.38	0.39	433	1	0.02	50
0.40	0.2	434	-434	-0.4	1085

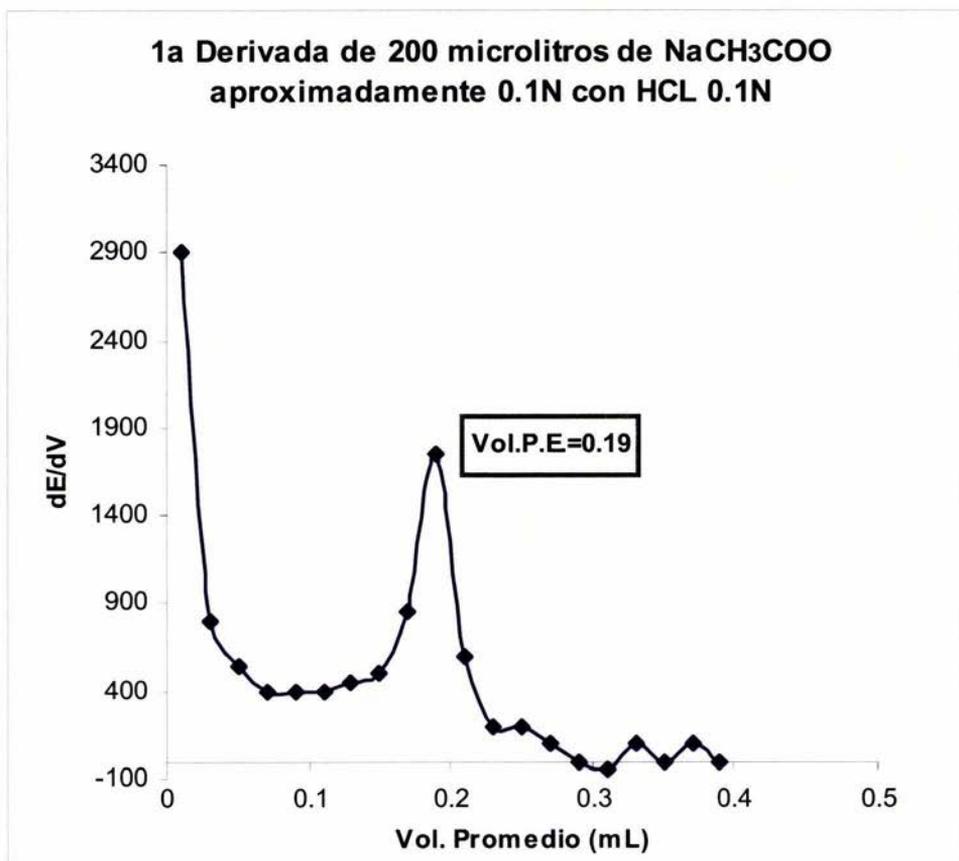


**Figura 38.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200  $\mu$ L de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico.

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE ACETATO DE SODIO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.

**Tabla 45.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	Vol.Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	240	58	0.02	2900
0.02	0.03	298	16	0.02	800
0.04	0.05	314	11	0.02	550
0.06	0.07	325	8	0.02	400
0.08	0.09	333	8	0.02	400
0.10	0.11	341	8	0.02	400
0.12	0.13	349	9	0.02	450
0.14	0.15	358	10	0.02	500
0.16	0.17	368	17	0.02	850
0.18	0.19	385	35	0.02	1750
0.20	0.21	420	12	0.02	600
0.22	0.23	432	4	0.02	200
0.24	0.25	436	4	0.02	200
0.26	0.27	440	2	0.02	100
0.28	0.29	442	0	0.02	0
0.30	0.31	442	-1	0.02	-50
0.32	0.33	441	2	0.02	100
0.34	0.35	443	0	0.02	0
0.36	0.37	443	2	0.02	100
0.38	0.39	445	0	0.02	0
0.40	0.2	445	-445	-0.4	1112.5



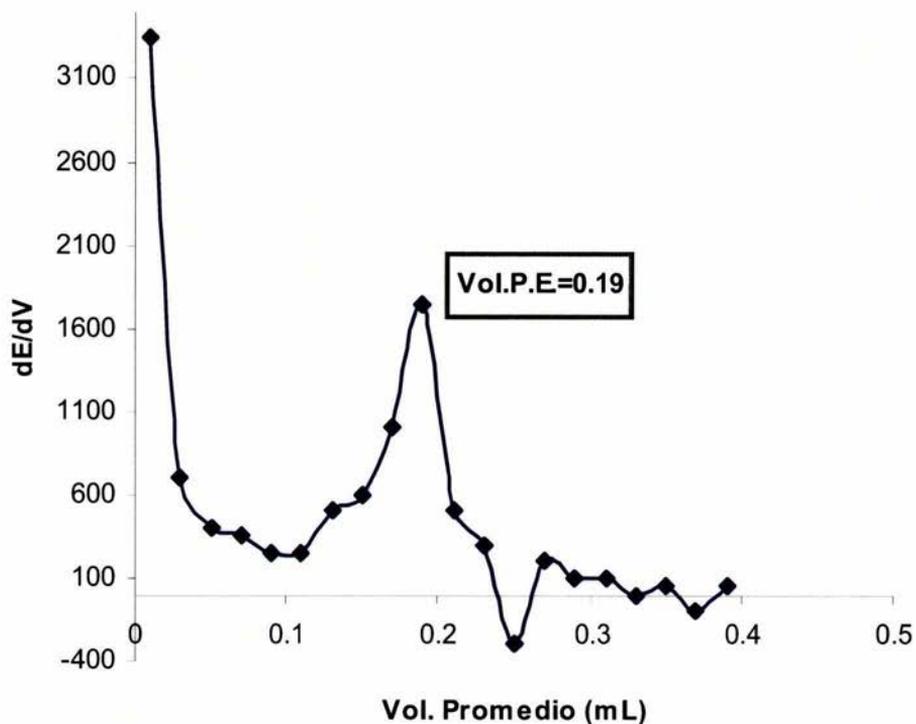
**Figura 39.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200  $\mu$ L de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico.

**TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE ACETATO DE SODIO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.**

**Tabla 46.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico.

Vol (ml)	Vol.Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	227	67	0.02	3350
0.02	0.03	294	14	0.02	700
0.04	0.05	308	8	0.02	400
0.06	0.07	316	7	0.02	350
0.08	0.09	323	5	0.02	250
0.10	0.11	328	5	0.02	250
0.12	0.13	333	10	0.02	500
0.14	0.15	343	12	0.02	600
0.16	0.17	355	20	0.02	1000
0.18	0.19	375	35	0.02	1750
0.20	0.21	410	10	0.02	500
0.22	0.23	420	6	0.02	300
0.24	0.25	426	-6	0.02	-300
0.26	0.27	420	4	0.02	200
0.28	0.29	424	2	0.02	100
0.30	0.31	426	2	0.02	100
0.32	0.33	428	0	0.02	0
0.34	0.35	428	1	0.02	50
0.36	0.37	429	-2	0.02	-100
0.38	0.39	427	1	0.02	50
0.40	0.2	428	-428	-0.4	1070

**1a Derivada de 200 microlitros de NaCH<sub>3</sub>COO  
aproximadamente 0.1N con HCL 0.1N**

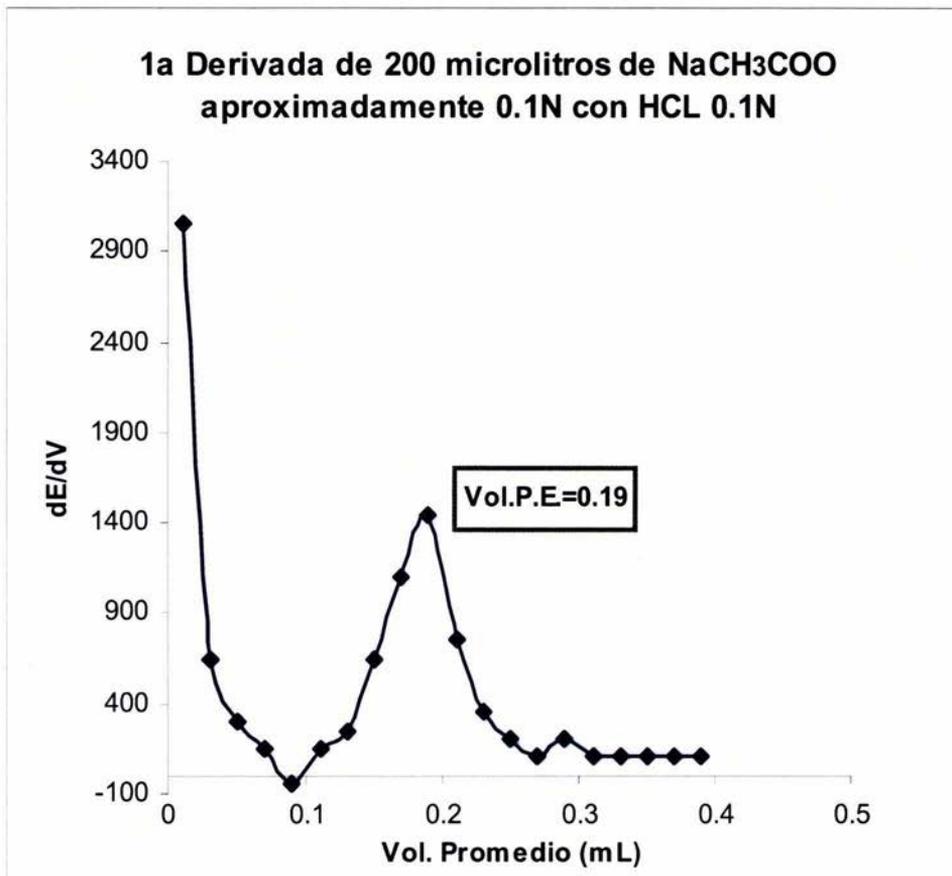


**Figura 40.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200  $\mu$ L de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico.

**TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE ACETATO DE SODIO CON ÁCIDO CLORHÍDRICO.**

**Tabla 47.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico.

<b>Vol (ml)</b>	<b>Vol.Promedio (mL)</b>	<b>E (mV)</b>	<b>dE</b>	<b>dV</b>	<b>dE/dV</b>
0.0	0.01	249	61	0.02	3050
0.02	0.03	310	13	0.02	650
0.04	0.05	323	6	0.02	300
0.06	0.07	329	3	0.02	150
0.08	0.09	332	-1	0.02	-50
0.10	0.11	331	3	0.02	150
0.12	0.13	334	5	0.02	250
0.14	0.15	339	13	0.02	650
0.16	0.17	352	22	0.02	1100
0.18	0.19	374	29	0.02	1450
0.20	0.21	403	15	0.02	750
0.22	0.23	418	7	0.02	350
0.24	0.25	425	4	0.02	200
0.26	0.27	429	2	0.02	100
0.28	0.29	431	4	0.02	200
0.30	0.31	435	2	0.02	100
0.32	0.33	437	2	0.02	100
0.34	0.35	439	2	0.02	100
0.36	0.37	441	2	0.02	100
0.38	0.39	443	2	0.02	100
0.40	0.2	445	-445	-0.4	1112.5

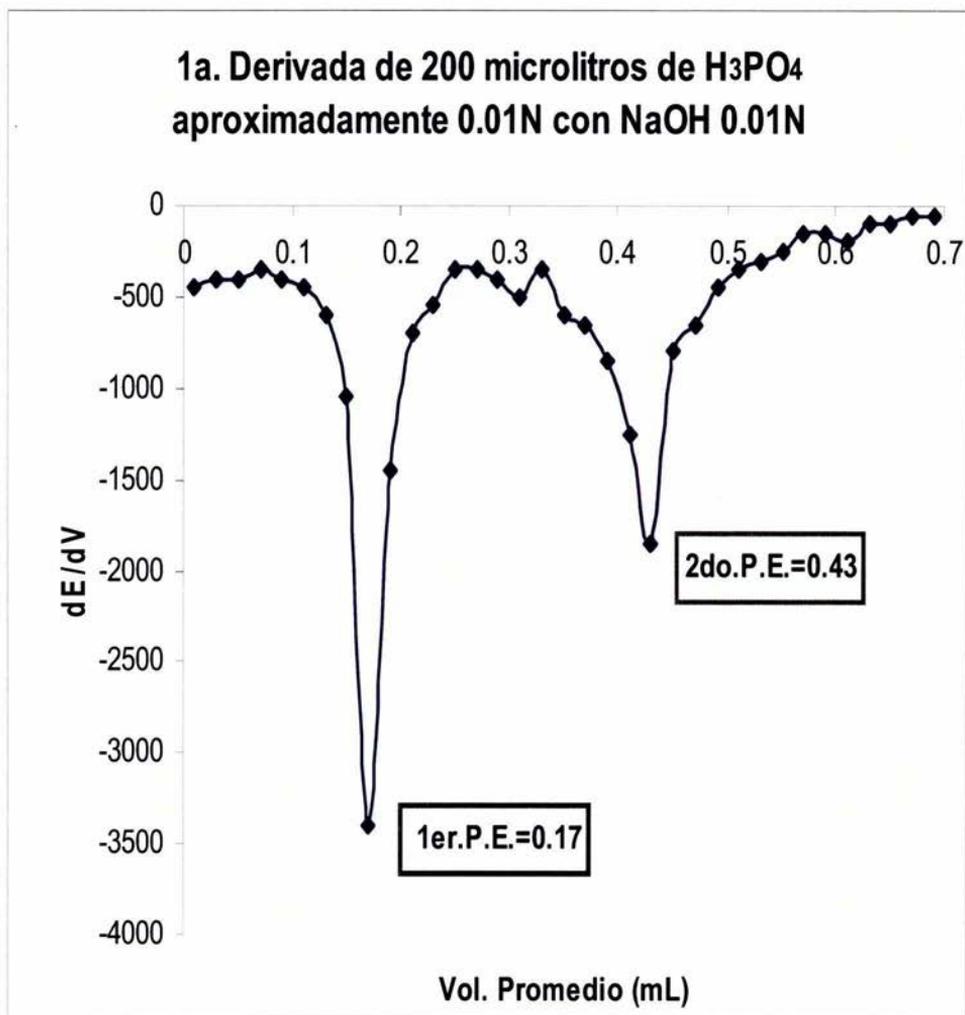


**Figura 41.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200  $\mu$ L de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico.

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE ÁCIDO FOSFÓRICO CON HIDRÓXIDO DE SODIO.

**Tabla 48.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio.

Vol. (mL)	Vol. Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	457	-9	0.02	-450
0.02	0.03	448	-8	0.02	-400
0.04	0.05	440	-8	0.02	-400
0.06	0.07	432	-7	0.02	-350
0.08	0.09	425	-8	0.02	-400
0.10	0.11	417	-9	0.02	-450
0.12	0.13	408	-12	0.02	-600
0.14	0.15	396	-21	0.02	-1050
0.16	0.17	375	-68	0.02	-3400
0.18	0.19	307	-29	0.02	-1450
0.20	0.21	278	-14	0.02	-700
0.22	0.23	264	-11	0.02	-550
0.24	0.25	253	-7	0.02	-350
0.26	0.27	246	-7	0.02	-350
0.28	0.29	239	-8	0.02	-400
0.30	0.31	231	-10	0.02	-500
0.32	0.33	221	-7	0.02	-350
0.34	0.35	214	-12	0.02	-600
0.36	0.37	202	-13	0.02	-650
0.38	0.39	189	-17	0.02	-850
0.40	0.41	172	-25	0.02	-1250
0.42	0.43	147	-37	0.02	-1850
0.44	0.45	110	-16	0.02	-800
0.46	0.47	94	-13	0.02	-650
0.48	0.49	81	-9	0.02	-450
0.50	0.51	72	-7	0.02	-350
0.52	0.53	65	-6	0.02	-300
0.54	0.55	59	-5	0.02	-250
0.56	0.57	54	-3	0.02	-150
0.58	0.59	51	-3	0.02	-150
0.60	0.61	48	-4	0.02	-200
0.62	0.63	44	-2	0.02	-100
0.64	0.65	42	-2	0.02	-100
0.66	0.67	40	-1	0.02	-50
0.68	0.69	39	-1	0.02	-50
0.70	0.35	38	-38	0.02	54.2857143

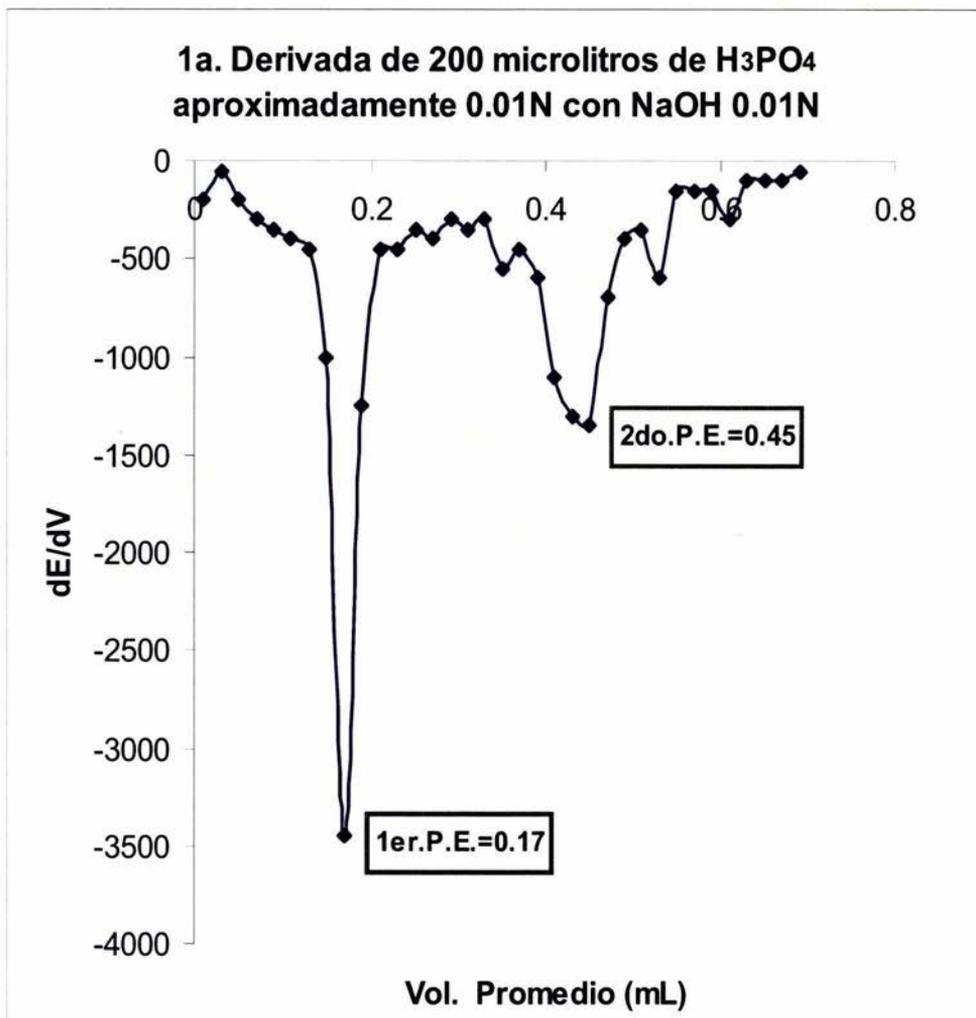


**Figura 42.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en valoración de los 200  $\mu$ L de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico.

**TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE ÁCIDO FOSFÓRICO CON HIDRÓXIDO DE SODIO.**

**Tabla 49.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio.

Vol. (mL)	Vol. Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	412	-4	0.02	-200
0.02	0.03	408	-1	0.02	-50
0.04	0.05	407	-4	0.02	-200
0.06	0.07	403	-6	0.02	-300
0.08	0.09	397	-7	0.02	-350
0.10	0.11	390	-8	0.02	-400
0.12	0.13	382	-9	0.02	-450
0.14	0.15	373	-20	0.02	-1000
0.16	0.17	353	-69	0.02	-3450
0.18	0.19	284	-25	0.02	-1250
0.20	0.21	259	-9	0.02	-450
0.22	0.23	250	-9	0.02	-450
0.24	0.25	241	-7	0.02	-350
0.26	0.27	234	-8	0.02	-400
0.28	0.29	226	-6	0.02	-300
0.30	0.31	220	-7	0.02	-350
0.32	0.33	213	-6	0.02	-300
0.34	0.35	207	-11	0.02	-550
0.36	0.37	196	-9	0.02	-450
0.38	0.39	187	-12	0.02	-600
0.40	0.41	175	-22	0.02	-1100
0.42	0.43	153	-26	0.02	-1300
0.44	0.45	127	-27	0.02	-1350
0.46	0.47	100	-14	0.02	-700
0.48	0.49	86	-8	0.02	-400
0.50	0.51	78	-7	0.02	-350
0.52	0.53	71	-12	0.02	-600
0.54	0.55	59	-3	0.02	-150
0.56	0.57	56	-3	0.02	-150
0.58	0.59	53	-3	0.02	-150
0.60	0.61	50	-6	0.02	-300
0.62	0.63	44	-2	0.02	-100
0.64	0.65	42	-2	0.02	-100
0.66	0.67	40	-2	0.02	-100
0.68	0.69	38	-1	0.02	-50
0.70	0.35	37	-37	0.02	52.8571429

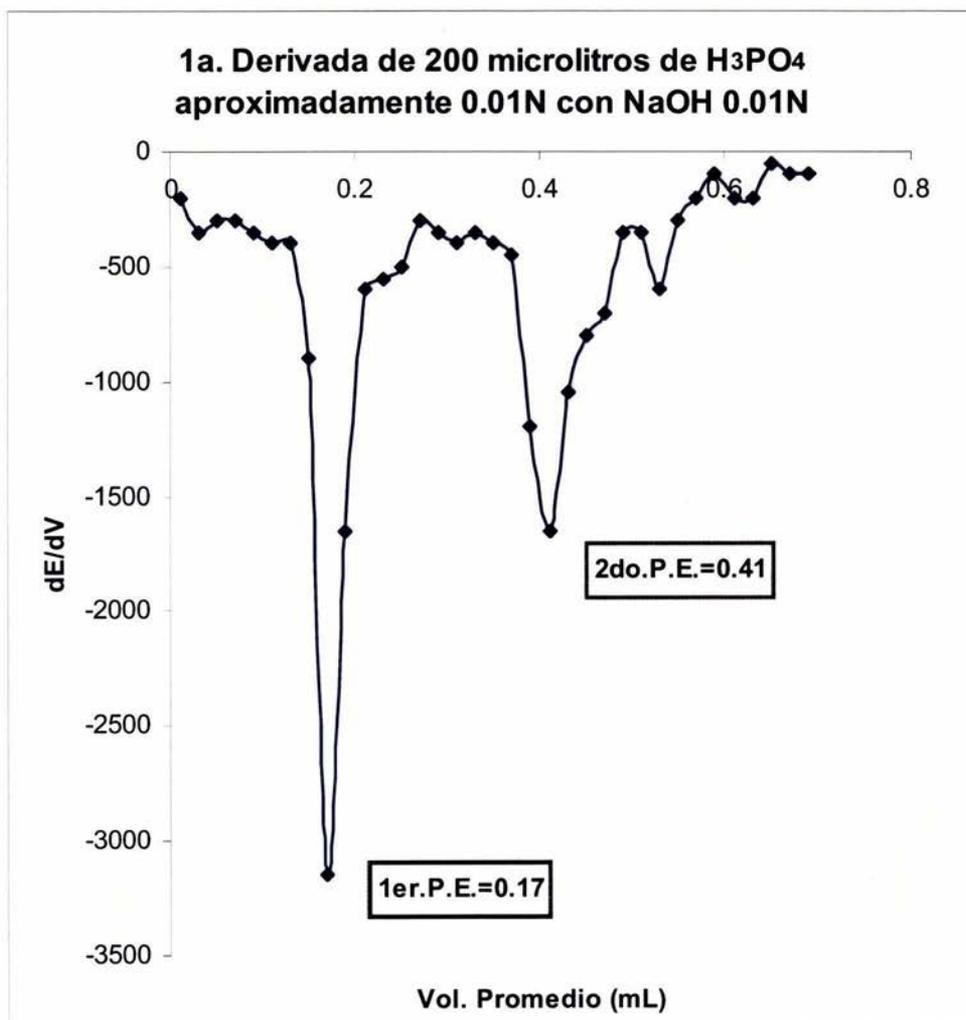


**Figura 43.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 µL de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio.

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE ÁCIDO FOSFÓRICO CON HIDRÓXIDO DE SODIO.

**Tabla 50.** Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio.

Vol. (mL)	Vol. Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	434	-4	0.02	-200
0.02	0.03	430	-7	0.02	-350
0.04	0.05	423	-6	0.02	-300
0.06	0.07	417	-6	0.02	-300
0.08	0.09	411	-7	0.02	-350
0.10	0.11	404	-8	0.02	-400
0.12	0.13	396	-8	0.02	-400
0.14	0.15	388	-18	0.02	-900
0.16	0.17	370	-63	0.02	-3150
0.18	0.19	307	-33	0.02	-1650
0.20	0.21	274	-12	0.02	-600
0.22	0.23	262	-11	0.02	-550
0.24	0.25	251	-10	0.02	-500
0.26	0.27	241	-6	0.02	-300
0.28	0.29	235	-7	0.02	-350
0.30	0.31	228	-8	0.02	-400
0.32	0.33	220	-7	0.02	-350
0.34	0.35	213	-8	0.02	-400
0.36	0.37	205	-9	0.02	-450
0.38	0.39	196	-24	0.02	-1200
0.40	0.41	172	-33	0.02	-1650
0.42	0.43	139	-21	0.02	-1050
0.44	0.45	118	-16	0.02	-800
0.46	0.47	102	-14	0.02	-700
0.48	0.49	88	-7	0.02	-350
0.50	0.51	81	-7	0.02	-350
0.52	0.53	74	-12	0.02	-600
0.54	0.55	62	-6	0.02	-300
0.56	0.57	56	-4	0.02	-200
0.58	0.59	52	-2	0.02	-100
0.60	0.61	50	-4	0.02	-200
0.62	0.63	46	-4	0.02	-200
0.64	0.65	42	-1	0.02	-50
0.66	0.67	41	-2	0.02	-100
0.68	0.69	39	-2	0.02	-100
0.70	0.35	37	-37	0.02	52.8571429

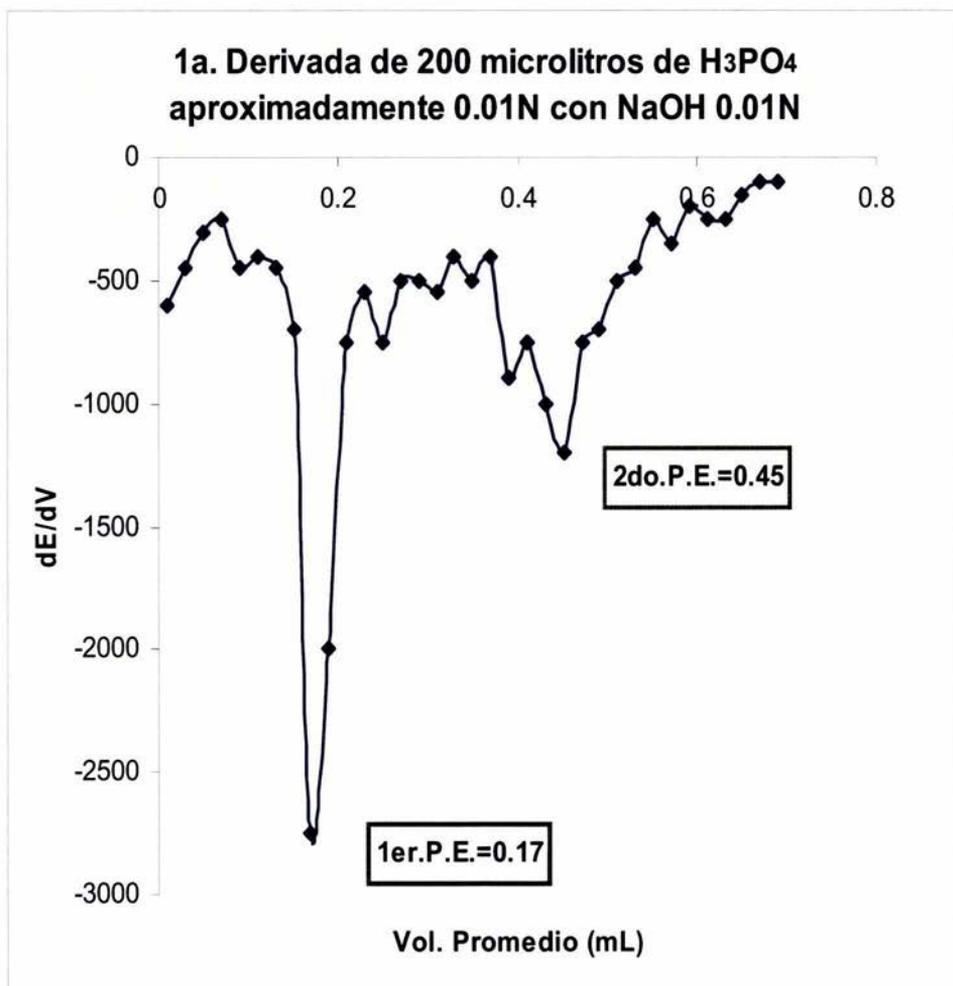


**Figura 44.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200  $\mu$ L de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio.

TABLAS Y GRÁFICOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PRIMERA DERIVADA DE LA EXPERIMENTACIÓN DE ÁCIDO FOSFÓRICO CON HIDRÓXIDO DE SODIO.

Tabla 51. Datos para obtener el punto de equivalencia de una de las 5 valoraciones de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio.

Vol. (mL)	Vol. Promedio (mL)	E (mV)	dE	dV	dE/dV
0.0	0.01	434	-12	0.02	-600
0.02	0.03	422	-9	0.02	-450
0.04	0.05	413	-6	0.02	-300
0.06	0.07	407	-5	0.02	-250
0.08	0.09	402	-9	0.02	-450
0.10	0.11	393	-8	0.02	-400
0.12	0.13	385	-9	0.02	-450
0.14	0.15	376	-14	0.02	-700
0.16	0.17	362	-55	0.02	-2750
0.18	0.19	307	-40	0.02	-2000
0.20	0.21	267	-15	0.02	-750
0.22	0.23	252	-11	0.02	-550
0.24	0.25	241	-15	0.02	-750
0.26	0.27	226	-10	0.02	-500
0.28	0.29	216	-10	0.02	-500
0.30	0.31	206	-11	0.02	-550
0.32	0.33	195	-8	0.02	-400
0.34	0.35	187	-10	0.02	-500
0.36	0.37	177	-8	0.02	-400
0.38	0.39	169	-18	0.02	-900
0.40	0.41	151	-15	0.02	-750
0.42	0.43	136	-20	0.02	-1000
0.44	0.45	116	-24	0.02	-1200
0.46	0.47	92	-15	0.02	-750
0.48	0.49	77	-14	0.02	-700
0.50	0.51	63	-10	0.02	-500
0.52	0.53	53	-9	0.02	-450
0.54	0.55	44	-5	0.02	-250
0.56	0.57	39	-7	0.02	-350
0.58	0.59	32	-4	0.02	-200
0.60	0.61	28	-5	0.02	-250
0.62	0.63	23	-5	0.02	-250
0.64	0.65	18	-3	0.02	-150
0.66	0.67	15	-2	0.02	-100
0.68	0.69	13	-2	0.02	-100
0.70	0.35	11	-11	0.02	15.7142857



**Figura 45.** Gráfico de la primera derivada para obtener el punto de equivalencia en la valoración de los 200 µL de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio.

# ANEXO III

## CÁLCULOS

- ❖ Preparación de soluciones.
- ❖ Concentraciones de los compuestos valorados.
- ❖ Método Primera Derivada
- ❖ Estandarización de Soluciones.
- ❖ Predicción de reacciones Ácido- Base.
- ❖ Pruebas estadísticas.

## Preparación de Soluciones

### ➤ Preparación de Hidróxido de Amonio de concentración 0.01N

Se tomaron aproximadamente 1.63 mL de Hidróxido de Amonio, llevándose a un matraz volumétrico de 250 mL y agregándole agua destilada hasta la marca de aforo para obtener una concentración de Amoniac de 0.1N. Posteriormente se toman 10 mL de la solución de Amoniac y se aforan a 100 mL con agua destilada para obtener una concentración de 0.01N.

### ➤ Preparación de Acetato de Sodio de concentración 0.1N

Se pesaron aproximadamente 1.36 gr. de Acetato de Sodio Trihidratado y se paso a un matraz aforado de 100 mL agregándole agua destilada hasta la marca de aforo para obtener una concentración de Acetato de Sodio 0.1N.

### ➤ Preparación de Ácido Fosfórico de concentración 0.01N

Se tomaron aproximadamente 0.674 mL de Ácido Fosfórico, llevándose a un matraz volumétrico de 100 mL y agregándole agua destilada hasta la marca de aforo para obtener una concentración de Ácido Fosfórico de 0.1N. Posteriormente se toman 10 mL de la solución de Ácido Fosfórico y se aforan a 100 mL con agua destilada para obtener una concentración de 0.01N.

### ➤ Preparación de Hidróxido de Sodio de concentración 0.01N

Se utilizo Hidróxido de Sodio aproximadamente 0.1N. Posteriormente se toman 10 mL de la solución de Hidróxido de Sodio y se aforan a 100 mL con agua destilada para obtener una concentración de 0.01N.

## Concentraciones de los compuestos valorados

Se utilizo Acido Clorhídrico estandarizado 0.1N.

Concentración de Hidróxido de Sodio

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$(0.2 \text{ mL NaOH}) (N_{\text{NaOH}}) = (0.1\text{N}) (0.190 \text{ mL HCL})$$

$$(N_{\text{NaOH}}) = 0.095\text{N}$$

Concentración de Hidróxido de Amonio

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$(0.2 \text{ mL NH}_4\text{OH}) (N_{\text{NH}_4\text{OH}}) = (0.01\text{N}) (0.230 \text{ mL HCL})$$

$$(N_{\text{NH}_4\text{OH}}) = 0.0115\text{N}$$

Concentración de Acetato de Sodio

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$(0.2 \text{ mL NaCH}_3\text{OO}) (N_{\text{NaCH}_3\text{OO}}) = (0.1\text{N}) (0.190 \text{ mL HCL})$$

$$(N_{\text{NaCH}_3\text{OO}}) = 0.095\text{N}$$

Se utilizo Hidróxido de Sodio estandarizado 0.1N.

Concentración de Acido Fosfórico

$$a) \quad N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$(0.2 \text{ mL H}_3\text{PO}_4) (N_{\text{H}_3\text{PO}_4}) = (0.01\text{N}) (0.170 \text{ mL NaOH})$$

$$(N_{\text{H}_3\text{PO}_4}) = 0.0085\text{N}$$

Concentración en el 1er punto de equivalencia fue de 0.0085N H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

### Método Primera Derivada

Se calcula la variación de potencial por unidad de volumen entre dos lecturas consecutivas y se representa frente al volumen promedio es decir:

$$\frac{\Delta E}{\Delta V} = \frac{E_n - E_{n-1}}{V_n - V_{n-1}} \quad V_s \quad \frac{V_n + V_{n-1}}{2}$$

Se obtiene una curva cuyo máximo (o máximos) corresponde al punto (o puntos) de equivalencia. Al igual que en el caso de la estimación visual, lo que de hecho se determina es el punto de inflexión de la curva de valoración.

## ESTANDARIZACIÓN DE SOLUCIONES:

### Estandarización del Ácido Clorhídrico (HCl).

Se pesaron 0.482 gr de Carbonato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), posteriormente se paso a un matraz volumétrico de 100 ml, aforandose hasta la marca de aforo, obteniéndose una concentración 0.0904 N.

De esta disolución ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0.0904 N) se tomaron alícuotas de 10 ml, valorándose con Ácido Clorhídrico (HCl) obteniéndose los siguientes resultados:

Valoración	Volumen gastado (ml) de Ácido Clorhídrico (HCl)
1	8.45
2	8.5
3	8.5

Obteniéndose un volumen promedio de 8.48 ml. de Ácido Clorhídrico (HCl).

Tenemos la siguiente ecuación:

$$\boxed{V_1 N_1 = V_2 N_2} \dots\dots\dots (1)$$

Utilizando la ecuación No 1, y sustituyendo valores nos queda:

$$V_{\text{HCl}} N_{\text{HCl}} = V_{\text{Na}_2\text{CO}_3} N_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$$
$$N_{\text{HCl}} = \frac{10 * 0.0904}{8.48} = 0.1066 \text{ N}$$

La Concentración real del Ácido Clorhídrico es 0.1066 N.

### **Concentración del Hidróxido de Sodio (NaOH).**

Utilizando la ecuación No 1, y sustituyendo valores nos queda

$$V_{\text{HCl}} N_{\text{HCl}} = V_{\text{NaHO}} N_{\text{NaHO}}$$
$$N_{\text{NaHO}} = \frac{(190\mu\text{L})(0.1066)}{(200\mu\text{L})} = 0.1012 \text{ N}$$

La Concentración del Hidróxido de Sodio es 0.1012 N.

### **Concentración del Amoniac (NH<sub>3</sub>).**

Utilizando la ecuación No 1, y sustituyendo valores nos queda

$$V_{\text{HCl}} N_{\text{HCl}} = V_{\text{NH}_3} N_{\text{NH}_3}$$
$$N_{\text{NH}_3} = \frac{(230\mu\text{L})(0.1066)}{(200\mu\text{L})} = 0.0121 \text{ N}$$

La Concentración del Amoniac es 0.0121 N.

### **Concentración del Acetato de Sodio (NaCH<sub>3</sub>COO).**

Utilizando la ecuación No 1, y sustituyendo valores nos queda

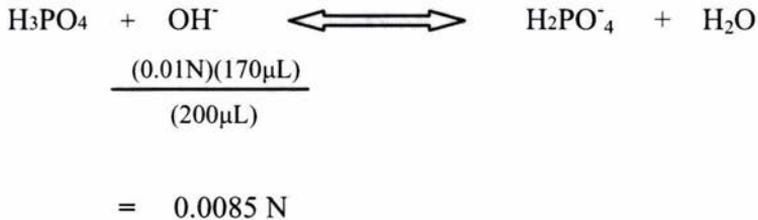
$$V_{\text{HCl}} N_{\text{HCl}} = V_{\text{NaCH}_3\text{COO}} N_{\text{NaCH}_3\text{COO}}$$
$$N_{\text{NaHO}} = \frac{(190\mu\text{L})(0.1066)}{(200\mu\text{L})} = 0.1012 \text{ N}$$

La Concentración del Acetato de Sodio es 0.1012 N.

### Concentración del Ácido Fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>).

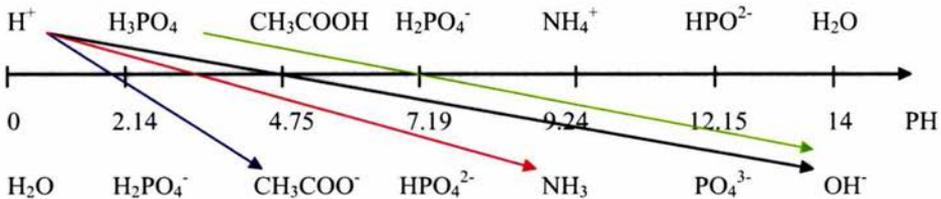
Se tienen tres puntos de equivalencia, de los cuales los dos primeros son apreciables, y el último punto de equivalencia casi no es visible.

Para el 1er. Punto de equivalencia la reacción es:



### Predicción de reacciones Ácido- Base

Por los datos registrados en la literatura de las constantes de Acidez, de las especies químicas involucradas en esta tesis, podemos ordenarlas en una escala de predicción de reacciones, como se muestra a continuación:

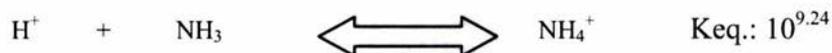


En esta escala de predicción de reacciones, se muestran las reacciones de valoración que se realizaron, con su respectiva constante de equilibrio que son las siguientes

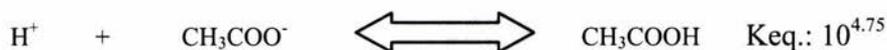
#### Primera reacción de valoración:



Segunda reacción de valoración:



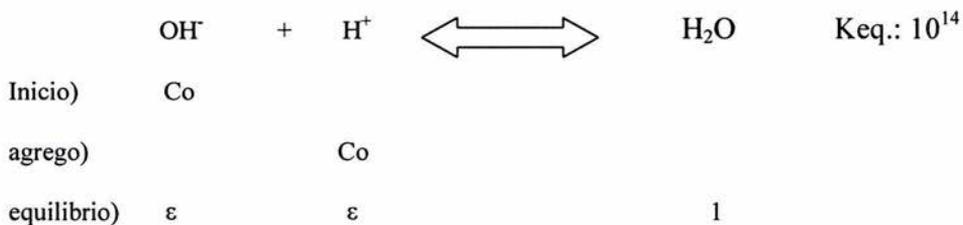
Tercera reacción de valoración:



Cuarta reacción de valoración:



La cuantitatividad está relacionada con la fracción que no reacciona del reactivo por titular, principalmente la fracción que no reacciona en el punto estequiométrico, con base a esto podemos establecer su eficiencia de cada una de las reacciones efectuadas, por medio de la siguiente relación: eficiencia = 100% - ε %

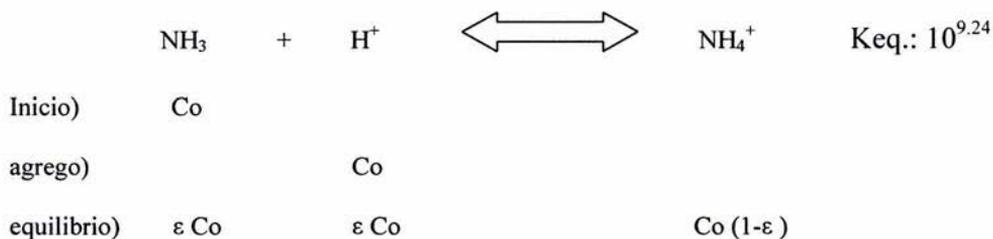


$$10^{14} = \frac{1}{(\varepsilon)^2} \quad \text{despejando } \varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{10^{14}}} = 10^{-7}$$

$$\text{eficiencia} = 100\% - \varepsilon\%$$

$$\text{eficiencia} = 100 - 10^{-7} = 99.99\%.$$



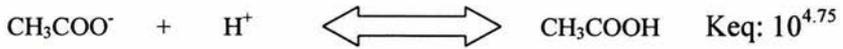
$$10^{9.24} = \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^2 \text{ Co}} \quad \text{despejando } \varepsilon$$

$$\varepsilon^2 10^{7.323} + \varepsilon - 1 = 0$$

$$\varepsilon = 2.17 \text{ E}^{-4}$$

$$\text{eficiencia} = 100\% - \varepsilon\%$$

$$\text{eficiencia} = 100 - 2.17 \text{ E}^{-4} = 99.99\%.$$



Inicio)            Co

agrego)                            Co

equilibrio)     $\varepsilon$  Co                     $\varepsilon$  Co                            Co (1- $\varepsilon$ )

$$10^{4.75} = \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^2 \text{ Co}} \quad \text{despejando } \varepsilon$$

$$\varepsilon^2 10^{3.755} + \varepsilon - 1 = 0$$

$$\varepsilon = 1.31 \text{ E}^{-2}$$

eficiencia = 100% -  $\varepsilon\%$

eficiencia = 100 - 1.31  $\text{E}^{-2}$  = 99.98%.



Inicio)            Co

agrego)                            Co

equilibrio)     $\varepsilon$  Co                     $\varepsilon$  Co                            Co (1-  $\varepsilon$ )                    1

$$10^{11.86} = \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^2 \text{ Co}} \quad \text{despejando } \varepsilon$$

$$\varepsilon^2 10^{10.789} + \varepsilon - 1 = 0$$

$$\varepsilon = 4.03 \text{ E}^{-6}$$

eficiencia = 100% -  $\varepsilon\%$

eficiencia = 100 - 4.03  $\text{E}^{-6}$  = 99.99%.

## PRUEBAS ESTADISTICAS

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

$$s = \sqrt{\sum \left[ \frac{x - \bar{X}}{n - 1} \right]}$$

Donde:

X = Valor de cada dato

$\bar{X}$  = Valor promedio de los datos

S = Desviación Estándar

n = Número de datos

**Calculo de la desviación estándar para la valoración de 200  $\mu$ L de Hidróxido de Sodio con Ácido Clorhídrico**

$$\bar{X} = \frac{(0.190 + 0.190 + 0.190 + 0.190 + 0.190 + 0.190 + 0.190 + 0.190 + 0.190 + 0.190)}{10}$$

$$\bar{X} = 0.190$$

$$S = \sqrt{\frac{(0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2}{10 - 1}}$$

$$\frac{(0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2}{10 - 1}$$

$$\frac{(0.190 - 0.190)^2}{10 - 1} = 0.0$$

**Calculo de la desviación estándar para la valoración de 200 µL de Hidróxido de Amonio con Ácido Clorhídrico**

$$X = \frac{(0.230 + 0.230 + 0.230 + 0.230 + 0.230)}{5}$$

$$X = 0.230$$

$$S = \sqrt{\frac{(0.230 - 0.230)^2 + (0.230 - 0.230)^2 + (0.230 - 0.230)^2 + (0.230 - 0.230)^2}{5 - 1}}$$

$$\frac{+ (0.230 - 0.230)^2}{5 - 1} = 0.0$$

**Calculo de la desviación estándar para la valoración de 200 µL de Acetato de Sodio con Ácido Clorhídrico**

$$X = \frac{(0.190 + 0.190 + 0.190 + 0.190 + 0.190)}{5}$$

$$X = 0.190$$

$$S = \sqrt{\frac{(0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2 + (0.190 - 0.190)^2}{5 - 1}}$$

$$\frac{+ (0.190 - 0.190)^2}{5 - 1} = 0.0$$

**Calculo de la desviación estándar para la valoración de 200  $\mu$ L de Ácido Fosfórico con Hidróxido de Sodio**

$$X = \frac{(0.170 + 0.170 + 0.170 + 0.170 + 0.170)}{5}$$

$$X = 0.170$$

$$S = \sqrt{\frac{(0.170 - 0.170)^2 + (0.170 - 0.170)^2 + (0.170 - 0.170)^2 + (0.170 - 0.170)^2}{5 - 1}}$$

$$\frac{+ (0.170 - 0.170)^2}{5 - 1} = 0.0$$

## FE DE ERRATAS

En la página 32, tabla 17 fila 3 dice:

	mL de Hidróxido de Sodio	mL de Ácido Clorhídrico	Total de mL gastados
Por 1 valoración	0.20	0.30	0.5
Por las 10 valoraciones realizadas	2.0	3.0	5.0

Y debe decir:

	mL de Hidróxido de Sodio	mL de Ácido Clorhídrico	Total de mL gastados
Por 1 valoración	0.20	0.30	0.5
Por las 5 valoraciones realizadas	1.0	1.5	2.5

En la página 33, en el último párrafo dice:

Se realizaron un total de 25 valoraciones en las cuales el volumen total de reactivo utilizado fue de 15.50 mL, lo que nos da una alta reducción de reactivos y por lo tanto una baja generación de desechos.

Y debe decir:

Se realizaron un total de 20 valoraciones en las cuales el volumen total de reactivo utilizado fue de 13.00 mL, lo que nos da una alta reducción de reactivos y por lo tanto una baja generación de desechos.