

**CÁLCULO DEL VOLUMEN REAL DE LLENADO EN LAS MÁQUINAS DE
TEÑIDO DEL PROCESO DE TINTORERÍA DE LA EMPRESA COATS CADENA
ANDINA S.A.**

Presentado por:

LINA MARCELA RENDÓN ZULUAGA

COD. 1088249043

OSCAR MAURICIO DUQUE HOYOS

COD. 9869884

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

ESCUELA DE QUÍMICA

PEREIRA 2011

**CÁLCULO DEL VOLUMEN REAL DE LLENADO EN LAS MÁQUINAS DE
TEÑIDO DEL PROCESO DE TINTORERÍA DE LA EMPRESA COATS CADENA
ANDINA S.A.**

Presentado por:

LINA MARCELA RENDÓN ZULUAGA

COD. 1088249043

OSCAR MAURICIO DUQUE HOYOS

COD. 9869884

TRABAJO DE GRADO

Requisito final para optar al título de Tecnólogo Químico

Director:

NELSON CONTRERAS CORONEL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGÍA

ESCUELA DE QUÍMICA

PEREIRA 2011

DEDICATORIA

A nuestros padres por el amor, la confianza y la paciencia que siempre han tenido.

A nuestras familias por su respaldo y preocupación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser una luz en nuestro camino y guía segura cada día.

A nuestros padres y familia por alentarnos a cumplir nuestras metas y apoyarnos en cada paso que dimos.

Al director del proyecto Nelson Contreras por su tiempo y colaboración.

Al Gerente de la tintorería Julián Correa por creer en nosotros y ayudarnos en los diferentes problemas que se presentaron durante el desarrollo del proyecto.

Al equipo de trabajo de la empresa Coats Cadena Andina S.A por brindarnos parte de su tiempo y valioso conocimiento sobre el proceso.

**CÁLCULO DEL VOLUMEN REAL DE LLENADO EN LAS MÁQUINAS DE
TEÑIDO DEL PROCESO DE TINTORERÍA DE LA EMPRESA COATS CADENA
ANDINA S.A.**

LINA MARCELA RENDÓN ZULUAGA

OSCAR MAURICIO DUQUE HOYOS

CALIFICACIÓN:_____

NELSON CONTRERAS CORONEL

DIRECTOR

JULIAN CORREA HERNANDEZ

JURADO

TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE CUADROS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE TABLAS

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN	Pág.12
2. ANTECEDENTES	Pág.14
3. JUSTIFICACIÓN	Pág.15
4. OBJETIVOS	Pág.17
4.1 Objetivo General	
4.2 Objetivos Específicos	
5. MARCO TEORICO	Pág.18
5.1 Metodología de análisis	Pág.22
6. SECCION EXPERIMENTAL	Pág.28
7. RESULTADOS DE LABORATORIO	Pág.29
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS	Pág.30
9. CONCLUSIONES	Pág.101
10. BIBLIOGRAFÍA	Pág.102

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Impacto de los auxiliares químicos inexactos.	Pág.15
Cuadro 2. Indicadores internos.	Pág.19
Cuadro 3. Procedimiento utilizado en las limpiezas.	Pág.22
Cuadro 4. Actividad propuesta para la deshidratación del Na_2CO_3 .	Pág.23
Cuadro 5. Actividad propuesta para la estandarización del HCl.	Pág.25
Cuadro 6. Actividad propuesta para la valoración.	Pág.26
Cuadro 7. Actividades propuestas para la determinación del punto final.	Pág.26
Cuadro 8. Actividad propuesta para calcular el volumen en cada máquina.	Pág.27

LISTA DE GRAFICOS

Gráfica 1. Curva de titulación potenciométrica acido-base.	Pág.20
Gráfica 2. Diagrama de flujo para el cálculo del volumen.	Pág.24
Gráfica 3. Comparación entre el volumen real y teórico de las máquinas grandes.	Pág.31
Gráfica 4. Comparación entre el volumen real y teórico de las máquinas pequeñas.	Pág.31
Gráfica 5. Desviación estándar del volumen real contra el teórico.	Pág.32
Gráfica 6. Curva de titulación maquina 3, titulación 1	Pág.34
Gráfica 7. Primera derivada maquina 3, titulación 1	Pág.34
Gráfica 8. Segunda derivada maquina 3, titulación 1	Pág.35
Gráfica 9. Curva de titulación maquina 3, titulación 2	Pág.37
Gráfica 10. Primera derivada maquina 3, titulación 2	Pág.37
Gráfica 11. Segunda derivada maquina 3, titulación 2	Pág.38
Gráfica 12. Curva de titulación maquina 3, titulación 3	Pág.40
Gráfica 13. Primera derivada maquina 3, titulación 3	Pág.40
Gráfica 14. Segunda derivada maquina 3, titulación 3	Pág.41
Gráfica 15. Curva de titulación maquina 20, titulación 1	Pág.43
Gráfica 16. Primera derivada maquina 20, titulación 1	Pág.43
Gráfica 17. Segunda derivada maquina 20, titulación 1	Pág.44
Gráfica 18. Curva de titulación maquina 20, titulación 2	Pág.46
Gráfica 19. Primera derivada maquina 20, titulación 2	Pág.46
Gráfica 20. Segunda derivada maquina 20, titulación 2	Pág.47
Gráfica 21. Curva de titulación maquina 20, titulación 3	Pág.49

Gráfica 22. Primera derivada maquina 20, titulación 3	Pág.49
Gráfica 23. Segunda derivada maquina 20, titulación 3	Pág.50
Gráfica 24. Curva de titulación maquina 21, titulación 1	Pág.52
Gráfica 25. Primera derivada maquina 21, titulación 1	Pág.52
Gráfica 26. Segunda derivada maquina 21, titulación 1	Pág.53
Gráfica 27. Curva de titulación maquina 21, titulación 2	Pág.55
Gráfica 28. Primera derivada maquina 21, titulación 2	Pág.55
Gráfica 29. Segunda derivada maquina 21, titulación 2	Pág.56
Gráfica 30. Curva de titulación maquina 21, titulación 3	Pág.58
Gráfica 31. Primera derivada maquina 21, titulación 3	Pág.58
Gráfica 32. Segunda derivada maquina 21, titulación 3	Pág.59
Gráfica 33. Curva de titulación maquina 22, titulación 1	Pág.61
Gráfica 34. Primera derivada maquina 22, titulación 1	Pág.61
Gráfica 35. Segunda derivada maquina 22, titulación 1	Pág.62
Gráfica 36. Curva de titulación maquina 22, titulación 2	Pág.64
Gráfica 37. Primera derivada maquina 22, titulación 2	Pág.64
Gráfica 38. Segunda derivada maquina 22, titulación 2	Pág.65
Gráfica 39. Curva de titulación maquina 22, titulación 3	Pág.67
Gráfica 40. Primera derivada maquina 22, titulación 3	Pág.67
Gráfica 41. Segunda derivada maquina 22, titulación 3	Pág.68
Gráfica 42. Curva de titulación maquina 38, titulación 1	Pág.70
Gráfica 43. Primera derivada maquina 38, titulación 1	Pág.70
Gráfica 44. Segunda derivada maquina 38, titulación 1	Pág.71
Gráfica 45. Curva de titulación maquina 38, titulación 2	Pág.73

Gráfica 46. Primera derivada maquina 38, titulación 2	Pág.73
Gráfica 47. Segunda derivada maquina 38, titulación 2	Pág.74
Gráfica 48. Curva de titulación maquina 38, titulación 3	Pág.76
Gráfica 49. Primera derivada maquina 38, titulación 3	Pág.76
Gráfica 50. Segunda derivada maquina 38, titulación 3	Pág.77
Gráfica 51. Curva de titulación maquina 39, titulación 1	Pág.79
Gráfica 52. Primera derivada maquina 39, titulación 1	Pág.79
Gráfica 53. Segunda derivada maquina 39, titulación 1	Pág.80
Gráfica 54. Curva de titulación maquina 39, titulación 2	Pág.82
Gráfica 55. Primera derivada maquina 39, titulación 2	Pág.82
Gráfica 56. Segunda derivada maquina 39, titulación 2	Pág.83
Gráfica 57. Curva de titulación maquina 39, titulación 3	Pág.85
Gráfica 58. Primera derivada maquina 39, titulación 3	Pág.85
Gráfica 59. Segunda derivada maquina 39, titulación 3	Pág.86
Gráfica 60. Curva de titulación maquina 42, titulación 1	Pág.88
Gráfica 61. Primera derivada maquina 42, titulación 1	Pág.88
Gráfica 62. Segunda derivada maquina 42, titulación 1	Pág.89
Gráfica 63. Curva de titulación maquina 42, titulación 2	Pág.91
Gráfica 64. Primera derivada maquina 42, titulación 2	Pág.91
Gráfica 65. Segunda derivada maquina 42, titulación 2	Pág.92
Gráfica 66. Curva de titulación maquina 42, titulación 3	Pág.94
Gráfica 67. Primera derivada maquina 42, titulación 3	Pág.94
Gráfica 68. Segunda derivada maquina 42, titulación 3	Pág.95

Gráfica 69. Desviación estándar del nuevo volumen por determinación potenciométrica.

Pág. 98

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Masas de carbonato y volumen de HCl gastados en la determinación del volumen de máquinas.	Pág. 30
Tabla 2. Valores de pH y volumen máquina 3 titulación 1	Pág.33
Tabla 3. Valores de pH y volumen máquina 3 titulación 2	Pág.36
Tabla 4. Valores de pH y volumen máquina 3 titulación 3	Pág.39
Tabla 5. Valores de pH y volumen máquina 20 titulación 1	Pág.42
Tabla 6. Valores de pH y volumen máquina 20 titulación 2	Pág.45
Tabla 7. Valores de pH y volumen máquina 20 titulación 3	Pág.48
Tabla 8. Valores de pH y volumen máquina 21 titulación 1	Pág.51
Tabla 9. Valores de pH y volumen máquina 21 titulación 2	Pág.54
Tabla 10. Valores de pH y volumen máquina 21 titulación 3	Pág.57
Tabla 11. Valores de pH y volumen máquina 22 titulación 1	Pág.60
Tabla 12. Valores de pH y volumen máquina 22 titulación 2	Pág.63
Tabla 13. Valores de pH y volumen máquina 22 titulación 3	Pág.66
Tabla 14. Valores de pH y volumen máquina 38 titulación 1	Pág.69
Tabla 15. Valores de pH y volumen máquina 38 titulación 2	Pág.72
Tabla 16. Valores de pH y volumen máquina 38 titulación 3	Pág.75
Tabla 17. Valores de pH y volumen máquina 39 titulación 1	Pág.78
Tabla 18. Valores de pH y volumen máquina 39 titulación 2	Pág.81
Tabla 19. Valores de pH y volumen máquina 39 titulación 3	Pág.84
Tabla 20. Valores de pH y volumen máquina 42 titulación 1	Pág.87
Tabla 21. Valores de pH y volumen máquina 42 titulación 2	Pág.90
Tabla 22. Valores de pH y volumen máquina 42 titulación 3	Pág.93

Tabla 23. Comparación entre los valores del volumen de ácido determinados por gráfica.	Pág.97
Tabla 24. Resultados de volumen según los 2 métodos.	Pág.98
Tabla 25. Resultados de RFT y calidad de color antes de modificar los volúmenes.	Pág.100
Tabla 26. Resultados de RFT y calidad de color después de modificar los volúmenes.	Pág.101

RESUMEN

En este proyecto se muestra la forma de calcular el volumen de llenado en las máquinas de teñido de la empresa Coats Cadena Andina S.A, mediante un proceso químico de titulaciones colorimétricas y potenciométricas aplicando en esta ultima la técnica de primera y segunda derivada para la detección del punto de neutralización.

Los resultados del volumen de llenado fueron más exactos al realizar las determinaciones mediante las titulaciones potenciométricas ya que se obtuvieron valores de desviación estándar por debajo del valor promedio en comparación con los valores obtenidos en las titulaciones colorimétricas.

Los valores del volumen calculados en su mayoría fueron mas altos en comparación con los valores de volúmen que se estaban trabajando, por lo cual se concluyo que la adición de productos químicos inexactos en el proceso de teñido tiene un gran impacto en el producto final (hilo teñido).

1. INTRODUCCIÓN

El agua es una sustancia esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida.

El termino agua, generalmente, se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo y en forma gaseosa denominada vapor. El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74%, los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales suponen el 1,72% y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.

El agua es esencial para la mayoría de las formas de vida conocidas por el hombre, incluida la humana. El acceso al agua potable se ha incrementado durante las últimas décadas en la superficie terrestre, aunque existe mucha agua en nuestro planeta, lamentablemente no hay mucha agua disponible para beber.

El agua salada de los mares es lo que existe en mayor cantidad en la Tierra y aunque se puede tratar y transformar en agua dulce, es un proceso relativamente caro.

El agua dulce sólo representa un 3 ó 4 por ciento de toda el agua del mundo, y de ese pequeño porcentaje de agua dulce, casi toda está congelada en los casquetes polares.

Se estima que aproximadamente el 70% del agua dulce es usada para agricultura[1]. El agua en la industria absorbe una media del 20% del consumo mundial, empleándose en tareas de refrigeración, transporte y como disolvente de una gran variedad de sustancias químicas. El consumo doméstico absorbe el 10% restante.

La industria precisa el agua para múltiples aplicaciones, para calentar y para enfriar, para producir vapor de agua o como disolvente, como materia prima o para limpiar.

El proceso de tintorería de la empresa Coats Cadena Andina S.A utiliza en su proceso productivo (hilo teñido) las siguientes materias primas: Colorantes sólidos y líquidos, hilo crudo, auxiliares químicos y agua.

La cantidad de agua que se utiliza en este proceso debe cumplir con los parámetros determinados por la empresa, ya que de lo contrario podría llegar a ocasionar una serie de dificultades en cada uno de los usos que se le da en la industria:

- 1.** Problemas en la calidad del producto final debido al incremento o falta de colorantes y auxiliares que dependen directamente del volumen de agua (hilo teñido).
- 2.** No encontrarse dentro de unos requisitos mínimos (SST) que le permitan servir como medio de disolución.

En este proyecto se determinó el volumen real en 32 máquinas de teñido de la empresa Coats Cadena Andina S.A para su proceso productivo, basándose en titulaciones de neutralización colorimétricas y potenciométricas.

2. ANTECEDENTES

En la actualidad el volumen de agua con que se trabaja en las diferentes máquinas de teñido de la Tintorería había sido calculado por dos métodos de los cuales no se tiene registro.

Inicialmente se contó con el apoyo del practicante de Tecnología Química del laboratorio de tintorería, este calculó el volumen de agua apto para el teñido utilizando un balde plástico de medidas volumétricas, siendo el volumen final de agua la cantidad de veces que se llenó el balde por su volumen.

Posteriormente se usó un fluxómetro ubicándolo en la salida de flujo de agua de cada máquina encargado de contar el número de litros que había.

De estas dos metodologías no se cuenta con un soporte teórico, tampoco existe un control de datos de esta variable que es fundamental, se confía en la buena labor que en ese entonces se realizó.

3. JUSTIFICACIÓN

El agua es necesaria en cualquier actividad y en la industria es fundamental en numerosos procesos y aplicaciones. Es una de las materias primas básicas.

Las necesidades de agua en la industria son muy variables, tanto en cantidad como en calidad, según los sectores.

El proceso de tintorería de la empresa Coats Cadena Andina S.A utiliza para su proceso productivo las siguientes materias primas: Hilo crudo, colorantes sólidos y líquidos, auxiliares químicos (solución buffer, igualadores, agente oxidante, agente reductor, agente de jabonado, antiespumante) y agua.

La concentración de auxiliares químicos que se utilizan en cada teñido son directamente proporcionales con el volumen de agua de llenado de la máquina, es por esto que actualmente se considera que el volumen de agua con el que se trabaja es incorrecto, siendo esta variable una de las posibles causas de error actual por la adición menor o mayor de cada producto.

Cuadro 1. Impacto de los auxiliares químicos inexactos

Tipo de químico	Efecto de agregar demasiado	Efecto de agregar poco
pH Buffer	Incrementa los costos	El pH no se mantiene en el rango requerido
Igualador	Tiene efecto retardante y puede reducir el agotamiento del baño de teñido	Problemas de igualación, pueden resultar teñidos no uniformes
Agente de jabonado	Puede hacer espuma en la máquina de teñido	Puede afectar el color final en el teñido de algodón tina
Agente reductor en el teñido de tinajas	Sobre reducción del colorante puede tomar lugar	Potencial redox no se alcanza en el ciclo de teñido
Agente oxidante	Puede causar daño físico al hilo	Oxidación incorrecta en el teñido de algodón tina
Alcali para el teñido reactivo	Puede dar lugar a hidrólisis de teñidos reactivos	Puede reducir el rendimiento del colorante

¿Cuál es la necesidad de tener un dato confiable?

Siendo el agua la materia prima principal consumida en el proceso de teñido en la Tintorería, tiene como objetivo establecer acciones preventivas y correctivas que estén encaminadas al mejoramiento continuo con el fin de asegurar excelente calidad al tener un procedimiento controlado y cuantificado.

El volumen de agua es una variable que influye directamente en el producto terminado, en la concentración del producto químico y la relación de baño, variables estas que son críticas para el teñido de los diferentes sustratos, así que debe ser regulado para garantizar la calidad del color, lográndose de esta manera no solamente reducir el consumo de materias primas que finalmente afectarían a las descargas, sino que redundaría a su vez en un importante beneficio económico.

Es por esta razón que se calculara nuevamente el volumen de agua en cada máquina de teñido dando uso al método de titulaciones ácido-base.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- Calcular el volumen real de llenado en 32 máquinas de teñido del proceso de Tintorería de la empresa Coats Cadena Andina S.A. aplicando la técnica de titulación ácido-base.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar un programa para determinar el volumen de llenado en todas las máquinas de teñido.
- Establecer una metodología para minimizar los posibles errores causados en la determinación del volumen.
- Determinar el punto de neutralización en las titulaciones utilizando indicadores internos (colorimétrico) y el método de primera y segunda derivada (potenciometrico).
- Realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos tomando como base la desviación estándar.
- Entregar un soporte teórico a la empresa Coats Cadena Andina S.A sobre la determinación del volumen de llenado mediante un proceso químico.

5. MARCO TEÓRICO

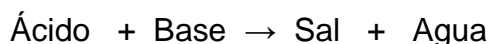
La naturaleza de las sustancias es una de los temas más estudiados por la química, ya que de acuerdo a ésta, están determinados los tipos de reacciones que se presentan de acuerdo a los reactivos en un proceso.

La titulación es un método para determinar la cantidad de una sustancia presente en solución. Una solución de concentración conocida, llamada solución valorada, se agrega con una bureta a la solución que se analiza. En el caso ideal, la adición se detiene cuando se ha agregado la cantidad de reactivo determinada en función de un cambio de coloración en el caso de utilizar un indicador interno, y especificada por la siguiente ecuación de la titulación.

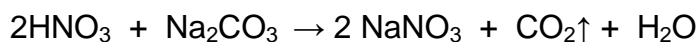
$$N_A V_A = N_B V_B$$

A este punto se le llama punto de equivalencia [2]

En términos generales la reacción entre cantidades equivalentes de ácidos y bases se llama neutralización o reacción de neutralización, la característica de una reacción de neutralización es siempre la combinación de hidrogeniones que proceden del ácido, con hidroxilones procedentes de la base para dar moléculas de agua sin disociar, con liberación de energía calorífica como calor de neutralización y formación de una sal.



Un caso particular sería la reacción entre un ácido fuerte (HNO_3) y una base débil (Na_2CO_3).



Así pues, la titulación es un proceso en el cual la solución estándar (del patrón primario) se combina con una solución de concentración desconocida para determinar dicha concentración, la curva de titulación es la gráfica que indica como el pH de la solución cambia durante el transcurso de la misma (el pH se gráfica contra el volumen de base o ácido agregado)[7].

Entonces podría entenderse como final de la titulación al momento en que el pH llegase a 7, sin embargo, esto está en función de la “fuerza” del ácido o la base que se están titulando.

Así cuando la neutralización se produce entre un ácido fuerte y una base fuerte. El pH en el punto de equivalencia es 7 ya que todos los iones han sido neutralizados.

Por otra parte, cuando la reacción ocurre entre una base fuerte y un ácido débil, el anión del ácido sufre una hidrólisis, por lo que el pH al que ocurre la neutralización es mayor que 7. Y en la situación contraria, entre ácido fuerte y una base débil, el catión de la base sufre una hidrólisis produciéndose iones hidronio, por lo que el pH es menor que 7.

Para determinar éste punto (de equivalencia), podemos utilizar la curva de titulación potenciométrica de la reacción ácido-básica cuya gráfica resulta del pH del sistema contra volumen de ácido o de base agregados en la titulación [2].

En las titulaciones se pueden utilizar indicadores internos. Los indicadores son compuestos orgánicos de estructura compleja que cambian de color en solución a medida que cambia el pH. A continuación se describen algunos de ellos.

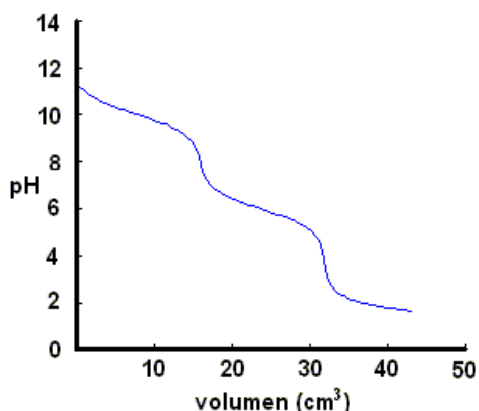
Cuadro 2. Indicadores internos

INDICADOR	COLOR ÁCIDO	RANGO DE pH	
		DEL CAMBIO DE COLOR	COLOR ALCALINO
Azul de timol	Rojo	1.2 – 2.8	Amarillo
Anaranjado de metilo	Rojo	3.1 – 4.5	Amarillo
Verde de bromocresol	Amarillo	3.8 – 5.5	Azul
Rojo de metilo	Rojo	4.2 – 6.3	Amarillo
Papel de tornasol	Rojo	5.0 – 8.0	Azul
Azul de bromotimol	Amarillo	6.0 – 7.6	Azul
Azul de timol	Amarillo	8.0 – 9.6	Azul
Fenolftaleína	Incoloro	8.3 – 10.0	Rojo
Amarillo de alizarina	Amarillo	10.0 – 12.1	Alhucema

En este tipo de titulaciones (con indicador interno) no se requiere de ningún gráfico para determinar el punto de equivalencia, solo se requiere observar el cambio de coloración de la solución para concluir el final de la reacción y hacer las mediciones correspondientes.

Las titulaciones potenciométricas al igual que en el caso anterior, son un proceso en el cual la solución estándar (del patrón primario) se combina con una solución de concentración desconocida para determinar dicha concentración, la curva de titulación es la gráfica que indica como el pH de la solución cambia durante el transcurso de la misma (el pH se gráfica contra el volumen de base o ácido agregado).

Grafica 1. Curva de titulación potenciométrica ácido–base.



Para determinar el punto de equivalencia, podemos utilizar la curva de titulación potenciométrica de la reacción ácido-básica [2].

También se determina el punto de equivalencia por el método de la primera y segunda derivada determinando para ello los valores del pH vs. Volumen de reactivo utilizado y posteriormente graficándolos para luego determinar el punto de equivalencia y por ende la concentración de la sustancia.

Como se observa, la concentración de los iones hidrónico, antes de agregar el ácido y comenzar la titulación corresponde a la concentración de iones hidrónico de la solución de la base débil. A medida que se agrega el ácido, la base débil se transforma en su sal, la solución contiene la base débil y la sal del ácido fuerte, y por consiguiente está amortiguada.



El primer punto de equivalencia corresponde a un volumen agregado de ácido, el cual ha neutralizado únicamente una carga del carbonato, y es hasta el segundo punto, donde el carbonato de sodio pierde sus propiedades. Está neutralizado. La valoración del carbonato sódico no puede realizarse con la exactitud que exige una normalización; por ello se valora siempre el segundo equivalente de hidrógeno [3].

5.1 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Para un buen desarrollo del análisis se deben establecer procedimientos a seguir durante todo el proceso; para el cálculo del volumen real de agua se normalizaron los siguientes procedimientos.

5.1.1 FUNCIONAMIENTO Y PROGRAMACION DE MÁQUINAS

Se dio uso a la información existente en la empresa, la proporcionada por los diferentes manuales y la ayuda de los respectivos eléctricos, mecánicos y operarios de teñido del proceso de tintorería con el fin de aprender su funcionamiento y diseñar un programa de llenado para los grupos de máquinas en cada controlador.

5.1.2 LIMPIEZA DE LA MÁQUINA

El llenado se debe realizar cuando la máquina este limpia para eliminar residuos del teñido anterior que puedan interferir con el cálculo del volumen y a su vez controlar la neutralidad del baño de agua con el cuál se trabajará.

Cuadro 3. Procedimiento utilizado en las limpiezas

Actividad	¿Cómo?
Limpieza de máquinas	Introducir el cargador en la máquina e iniciar el programa 1 ó 2 según sea la necesidad, adicionar Hidrosulfito de sodio _(s) ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) y Soda Caustica concentrada _(l) (NaOH), después de 20 min a 110°C se neutraliza con ácido acético concentrado por 10 min a 80°C .

5.1.3 DESHIDRATACIÓN DEL CARBONATO

El proceso de secado o deshidratación se logra al calentar la muestra en un horno convencional o de vacío, o bien almacenando la muestra en un desecador hasta humedad fija. Estos procesos se llevan a cabo hasta que el material se vuelve constante en su masa [4].

Cuadro 4. Actividad propuesta para la deshidratación del Na_2CO_3

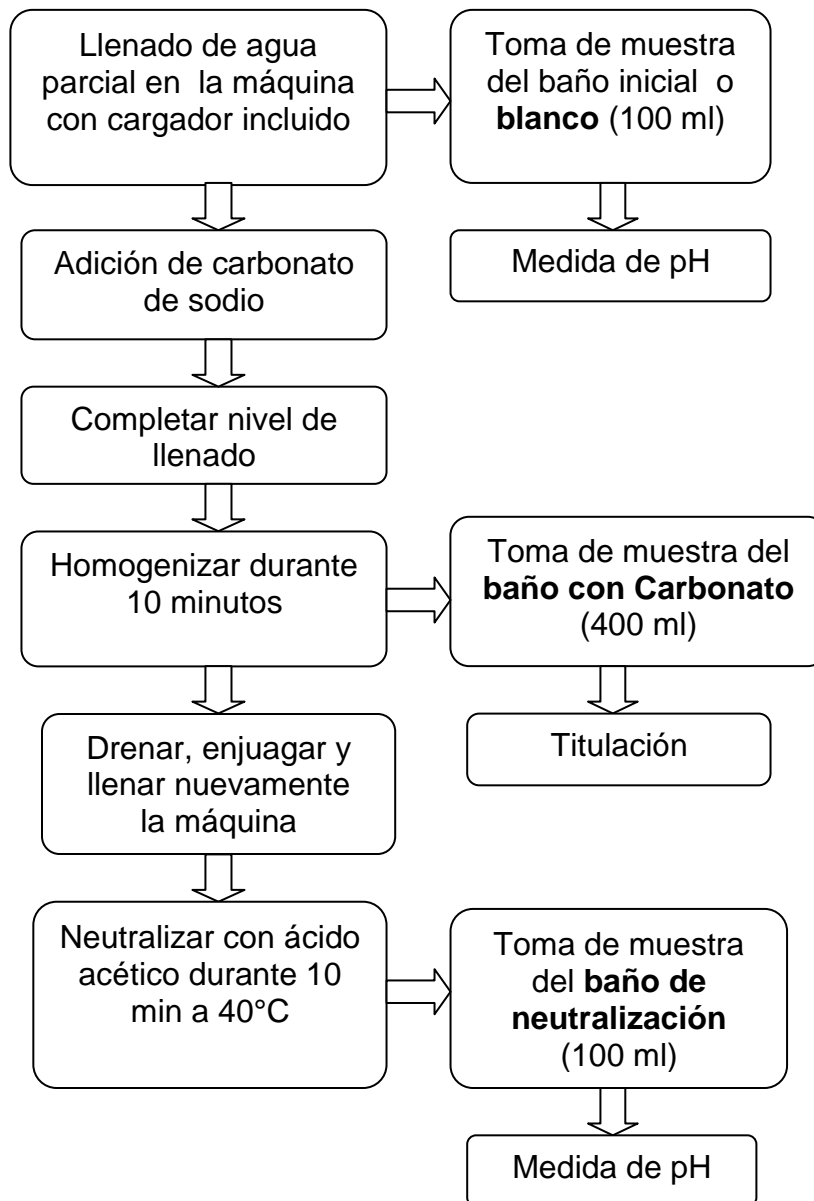
Actividad	¿Cómo?
Deshidratación del Na_2CO_3 .	Pesar el carbonato de sodio, colocarlo en el crisol dentro de la mufla durante 2 horas, controlando la temperatura sin que rebase los 110°C , y finalmente guardar el carbonato deshidratado dentro de un pesa filtros y éste en un desecador.

5.1.4 TRATAMIENTO Y TOMA DE MUESTRAS

Tomar una muestra inicial de agua (100 ml) cuando la máquina con el cargador incluido se ha llenado parcialmente, se calibra el pH –metro y se mide el pH de la muestra (blanco).

Adicionar carbonato de sodio previamente deshidratado y diluido en la máquina, completar nivel de llenado, homogenizar por 10 min a 80°C , tomar una muestra de 400ml aproximadamente para determinar el volumen de agua en la máquina de teñido, drenar la máquina, enjuagar, llenar nuevamente y neutralizar con ácido acético a 40°C por 10 min hasta pH neutro.

Grafica 2. Diagrama de flujo del procedimiento para el cálculo del volumen



5.1.5 ESTANDARIZACIÓN DEL ÁCIDO CLORHÍDRICO

Cuadro 5. Actividad propuesta para la estandarización del HCl

Actividad	¿Cómo?
Estandarización del HCl	<p>Secar el carbonato tipo reactivo a 110°C durante 2 horas. En matraces Erlenmeyer numerados de 250ml pesar por triplicado 0.2g de Na₂CO₃ patrón primario. Lavar y cargar una bureta con la disolución de ácido clorhídrico. Disolver la primera muestra patrón en 75ml de agua destilada. Añadir 2 gotas de fenolftaleína como indicador. Anotar la lectura inicial de la bureta y después valorar la disolución de carbonato sódico con el ácido clorhídrico hasta un ajuste cuidadoso del punto final (momento que se aprecia por un viraje local del indicador). Hervir la disolución un minuto, enfriar a temperatura ambiente con el chorro del grifo y completar la valoración por adición cuidadosa de HCl, tomando gotas del pico de la bureta hasta desaparición del color rosa. Anotar la lectura final de la bureta con precisión de 0.01 ml.</p> <p>Disolver y valorar las otras dos muestras de la misma manera, calcular la normalidad de la disolución ácida. La desviación media de los 3 resultados no debe superar el 2% [2].</p>

5.1.6 DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE TITULACIÓN

Para la determinación de la curva de titulación. Montar el dispositivo, colocar en la bureta el ácido clorhídrico HCl_(ac), en el vaso de precipitados la solución de Na₂CO₃_(ac). Disponer el electrodo del potenciómetro [5] (previamente calibrado) dentro de la solución básica, agregar lentamente el ácido clorhídrico, y registrar los cambios de pH y volumen (mínimo 30 datos). Repetir el procedimiento anterior por triplicado.

Cuadro 6. Actividad propuesta para la valoración

Actividad	¿Cómo?
Valoración	Con el pico introducido en el cuello del matraz de valoración, agregar la solución de la bureta a incrementos de un mililitro aproximadamente. Agitar (o hacer girar) constantemente la muestra que hay en el matraz para mezclar rápidamente. Disminuir el volumen de las adiciones sucesivas al ir progresando la valoración; en la vecindad inmediata al punto final hay que agregar el reactivo gota a gota. Cuando se juzgue que ya solo faltan unas gotas, enjuagar con agua las paredes interiores del matraz de valoración, y luego completar esta. Dejar transcurrir un minuto entre la última adición de reactivo y la lectura de la bureta [1].

5.1.7 DETERMINACION DEL PUNTO FINAL

La detección del punto final implica la observación de alguna propiedad de la solución que se modifique de un modo característico en el punto de equivalencia o muy cerca de él [1].

Cuadro 7. Actividades propuestas para la determinación del punto final.

Actividad	¿Cómo?
La coloración debida a un indicador.	<ul style="list-style-type: none">➤ El indicador utilizado debe tener un intervalo de viraje que coincida con o comprenda al pH del punto estequiométrico de la valoración.➤ Debe utilizarse una cantidad pequeña de indicador.➤ El primer cambio de color detectable del indicador debe ser tomado como punto final [2].
La medición del potencial con un electrodo sensible al pH	<ul style="list-style-type: none">➤ Los valores obtenidos se representan gráficamente en función del volumen de reactivo agregado y en la grafica se determinan fácilmente los puntos de equivalencia.

5.1.8 CÁLCULO DEL VOLUMEN

Reacción en la que se basaran los cálculos químicos.



$$1\text{M HCl} = 1 \text{ mol HCl} / 1 \text{ l}$$
$$1000 \text{ ml HCl } 1\text{M} = 1 \text{ moles HCl}$$

$$2000 \text{ ml HCl } 1\text{M} = 2 \text{ moles HCl}$$
$$2 \text{ moles HCl neutralizan } 1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$$
$$1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 = 105.99 \text{ g Na}_2\text{CO}_3$$

Cuadro 8. Actividad propuesta para calcular el volumen en cada máquina.

Actividad	¿Cómo?
Cálculo del volumen.	<ul style="list-style-type: none">• Con la información anterior y teniendo en cuenta que se gastan 21.5 ml de HCl por titulación de 100 ml de disolución, se obtiene el valor teórico de carbonato de sodio que se neutraliza (1.1395 g).• Método 1: El primer cambio de color (rosa a incoloro) detectable del indicador Fenolftaleína se toma como punto final de la primera carga de carbonato, se adiciona el segundo indicador Naranja de metilo, el cambio de color (amarillo a rojo) se toma como punto de neutralización.• Método 2: Se grafican los valores de pH contra volumen de ácido para determinar el punto final por el método de la primera y segunda derivada.• Con el carbonato presente en 100 ml de alícuota y la cantidad de carbonato adicionado inicialmente a la máquina se obtiene el volumen de disolución inicial (volumen de agua en la máquina).

6. SECCIÓN EXPERIMENTAL

Lugar: Proceso de Tintorería, Coats Cadena Andina S.A

Ubicación: Avenida Santander # 5E - 87, Pereira, Risaralda.

Descripción del cálculo de volumen.

El procedimiento inicial (determinación del punto de neutralización por el método colorimétrico) se ejecutó en las 32 máquinas de teñido; en cada máquina se realizó el cálculo del volumen real por triplicado durante seis (06) meses, estas se programaron de acuerdo a la ocupación de las máquinas en el proceso.

Las máquinas que presentaron valores de desviación estándar mayores al promedio entre volumen real y teórico, se les realizó una nueva determinación del volumen, calculando su punto de neutralización por el método de la primera y segunda derivada.

Análisis de Laboratorio.

Las muestras tomadas se analizaron en el laboratorio de tintorería de la empresa Coats Cadena Andina SA.

Los métodos empleados en los análisis, se realizaron según la información de las diferentes bibliografías reportadas en este texto.

7. RESULTADOS DE LABORATORIO

Los resultados obtenidos en el laboratorio se encuentran consignados en tablas y gráficos que presentan los 6 meses de pruebas.

En los cálculos de volumen reportados en la **Tabla 1**, se utilizan los siguientes datos para calcular el volumen de la máquina.

- Volumen de solución de Na_2CO_3 : 100 ml.
- Volumen de HCl presente en 2 moles: 2 L.
- Peso molecular Na_2CO_3 : 105.99 g/L.

En estas tablas y gráficos se encuentran discriminados los valores de carbonato presentes en las muestras del blanco.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 1. Masas de carbonato y volumen de HCl gastados en la determinación del volumen de máquinas.

	Máquina	m Real Na ₂ CO ₃ , g	V1, HCl 1,0M	V2, HCl 1,0M	V3, HCl 1,0M	V, Promedio, HCl 1,0M	Desviación Std	V, Real , L	VTéórico, L
	0	1000	21,5	21,5	21,5	21,5	0	87,758	87,8
1	3	18802,00	20,60	20,90	20,80	20,77	0,15	1708,29	1650,00
2	4	18802,00	23,60	23,70	23,60	23,63	0,06	1501,08	1650,00
3	5	29057,00	18,20	18,20	18,30	18,23	0,06	3006,83	2550,00
4	6	29057,00	18,90	19,00	19,00	18,97	0,06	2890,57	2550,00
5	7	6780,00	19,30	19,20	19,30	19,27	0,06	663,97	595,00
6	8	6780,00	19,90	19,90	19,90	19,90	0,00	642,84	595,00
7	9	11281,00	19,00	19,00	18,90	18,97	0,06	1122,23	990,00
8	14	2279,00	17,20	17,30	17,20	17,23	0,06	249,52	200,00
9	15	3828,00	16,40	16,30	16,40	16,37	0,06	441,30	336,00
10	16	1090,00	20,40	20,40	20,50	20,43	0,06	100,65	95,00
11	17	329,95	21,30	21,30	21,30	21,30	0,00	29,23	29,00
12	18	330,00	18,70	18,70	18,71	18,70	0,01	33,29	29,00
13	19	330,00	20,10	20,20	20,20	20,17	0,06	30,88	29,00
14	20	273,00	23,50	23,70	23,70	23,63	0,12	21,80	24,00
15	21	273,00	22,30	22,40	22,50	22,40	0,10	23,00	24,00
16	22	276,00	23,30	23,30	23,50	23,37	0,12	22,29	24,00
17	23	273,00	18,50	18,50	18,40	18,47	0,06	27,89	24,00
18	28	5572,00	18,90	18,90	18,91	18,90	0,01	556,16	422,00
19	29	56975,00	20,90	20,90	20,70	20,83	0,12	5160,00	5000,00
20	34	1367,40	19,80	19,70	19,80	19,77	0,06	130,52	120,00
21	35	1367,00	17,40	17,30	17,30	17,33	0,06	148,80	120,00
22	36	1367,40	16,90	16,90	17,00	16,93	0,06	152,36	120,00
23	37	934,00	19,20	19,20	19,30	19,23	0,06	91,63	82,00
24	38	934,00	17,30	17,20	17,10	17,20	0,10	102,46	82,00
25	39	1302,70	24,60	24,70	24,50	24,60	0,10	99,92	82,00
26	40	273,00	23,40	23,40	23,30	23,37	0,06	22,04	24,00
27	41	273,28	23,40	23,40	23,50	23,43	0,06	22,00	24,00
28	42	273,00	23,70	23,50	23,50	23,57	0,12	21,86	24,00
29	43	273,40	23,40	23,50	23,50	23,47	0,06	21,98	24,00
30	47	3463,00	16,40	16,50	16,50	16,47	0,06	396,80	304,00
31	48	1823,00	22,20	22,10	22,20	22,17	0,06	155,17	160,00
32	49	398,34	18,90	19,00	19,00	18,97	0,06	39,63	35,00
	Promedio	211,245	20,13	20,15	20,15	20,14	0,065	611,65	558,76

Con los datos obtenidos del volumen en cada máquina y los valores teóricos del mismo (Ver Tabla 1), se realizó un análisis de precisión calculando la desviación estándar en las máquinas grandes (volumen > a 990 L) y máquinas pequeñas (volumen < a 990 L).

Grafica 3. Volumen real y teórico en máquinas grandes.

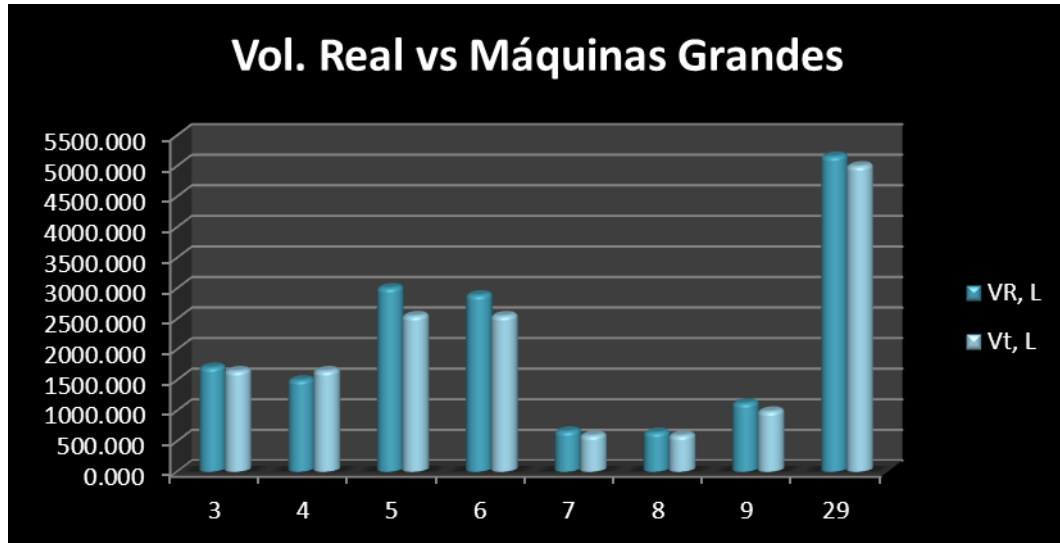
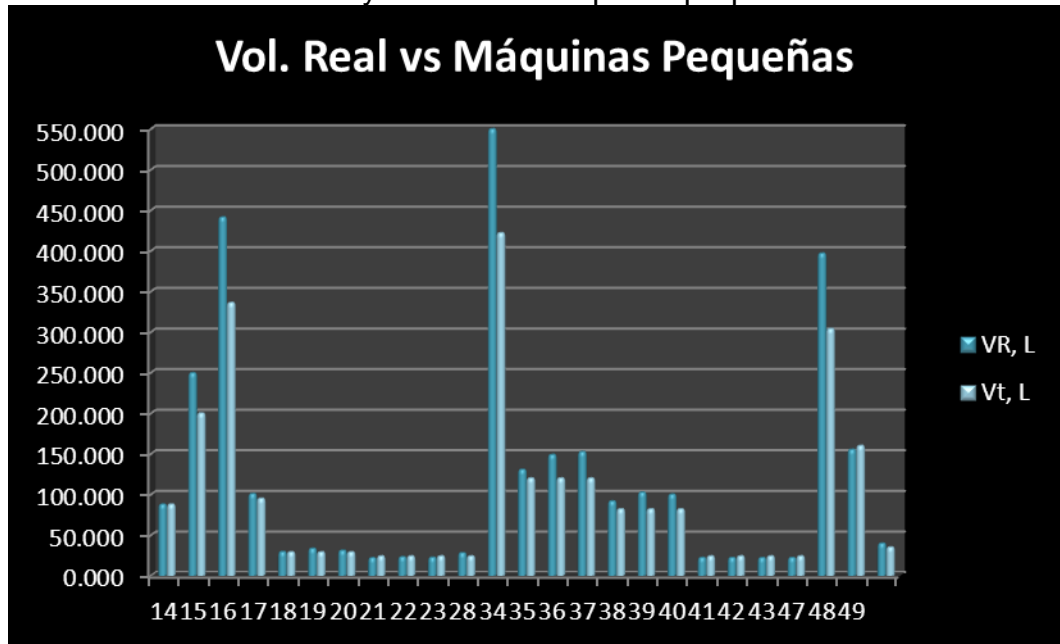
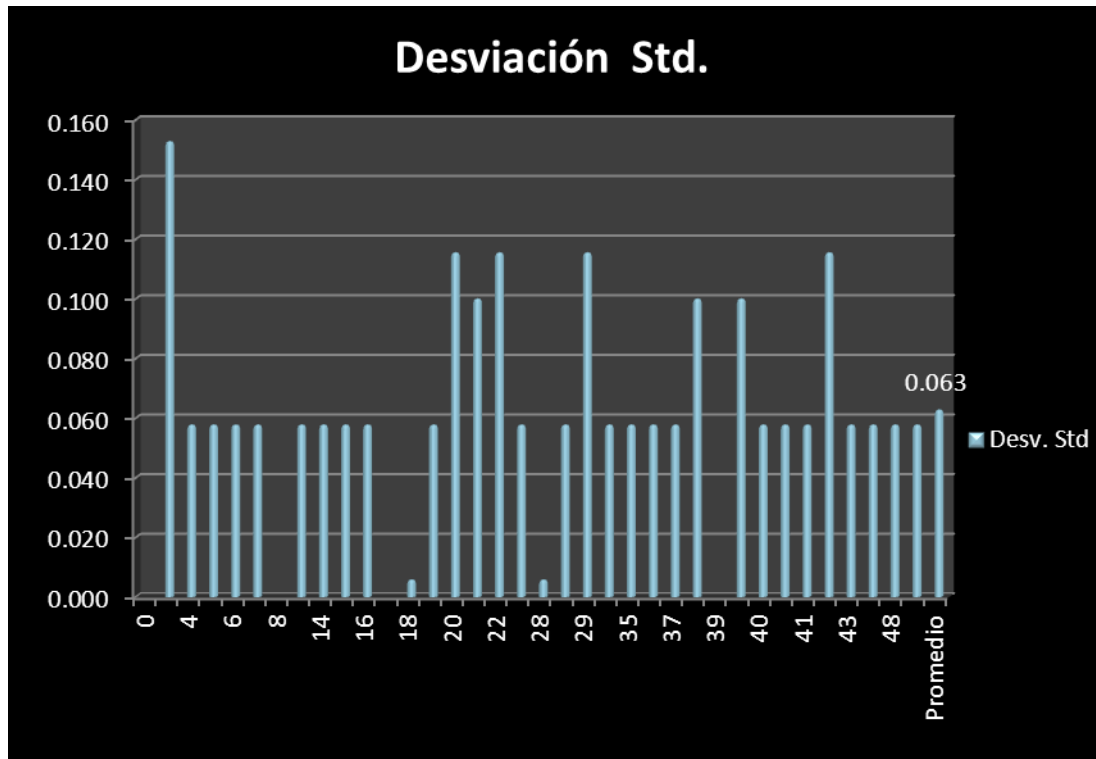


Grafico 4. Volumen real y teórico en máquinas pequeñas.



Grafica 5. Desviación estándar del volumen real contra el teórico.



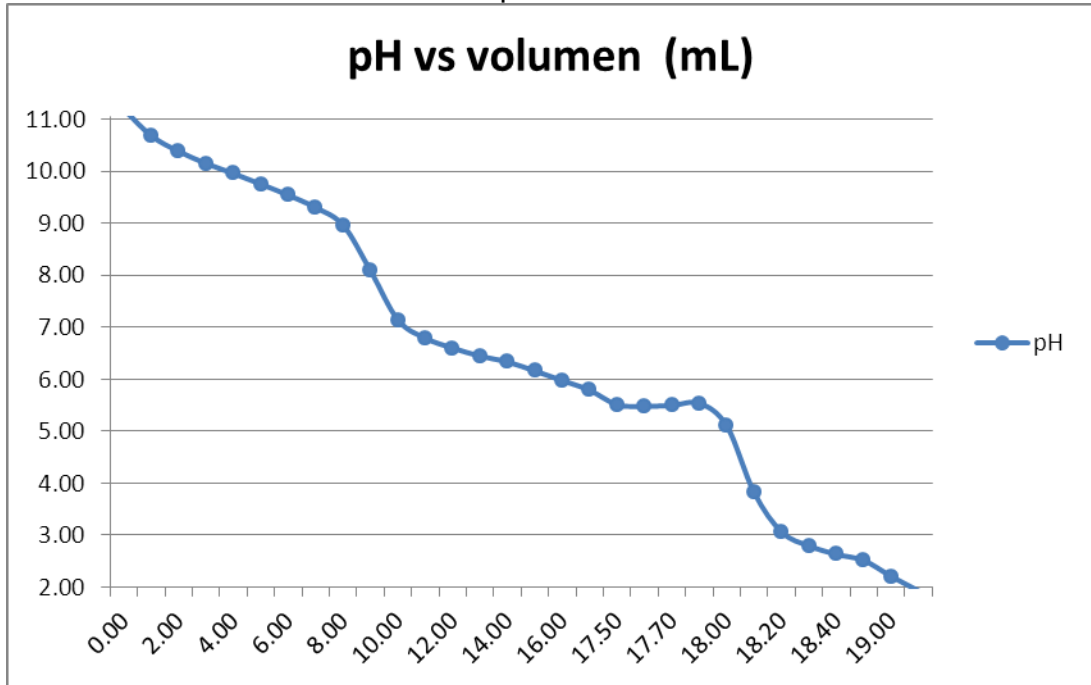
Para corroborar el volumen de las ocho (08) máquinas que presentaron una desviación estándar por encima del valor promedio (máquinas 3, 20, 21, 22, 29, 38, 39, 42), se realizaron titulaciones potenciométricas por triplicado utilizando el método de la primera y segunda derivada para determinar el punto de neutralización.

Nota: Se excluye la máquina 29 por costo.

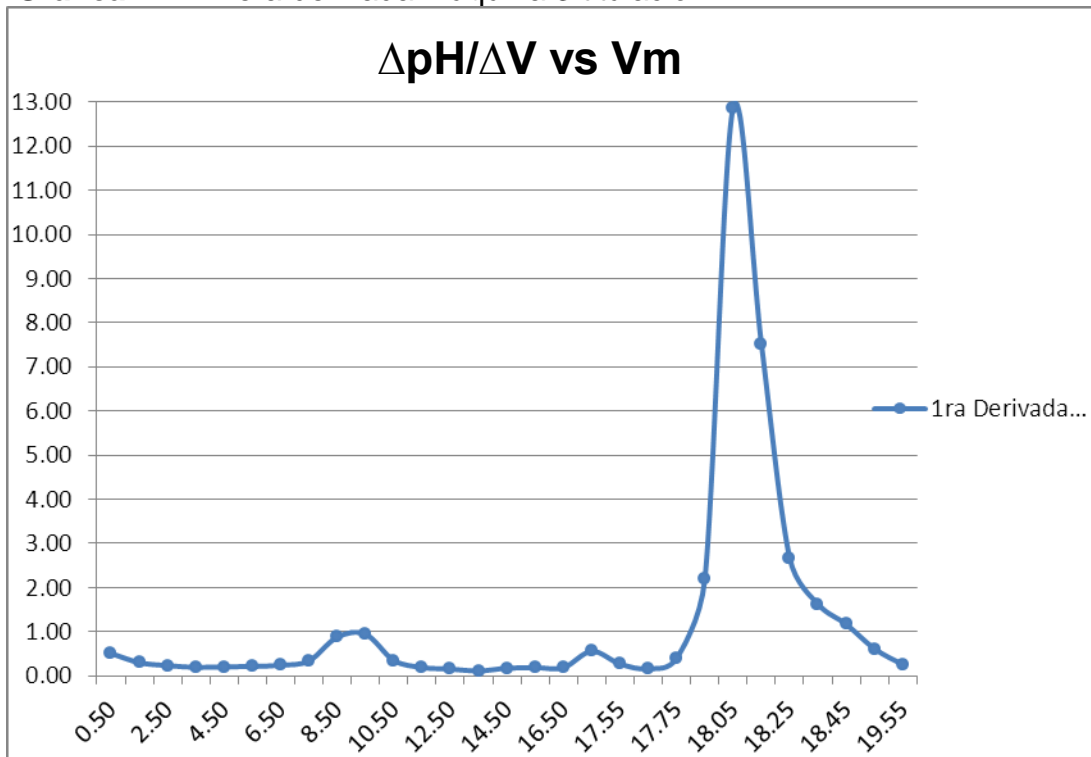
Tabla 2. Valores de pH y volumen máquina 3, titulación 1.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	Δ pH / Δ V	Vm, mL	Δ^2 pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos V HCl gastado
1	0,00	11,191							
2	1,00	10,683	0,51	1,00	0,51	0,50	-0,21		
3	2,00	10,384	0,30	1,00	0,30	1,50	-0,07	160,300	
4	3,00	10,151	0,23	1,00	0,23	2,50	-0,04	0,100	
5	4,00	9,959	0,19	1,00	0,19	3,50	0,01		
6	5,00	9,754	0,21	1,00	0,21	4,50	0,01	106,800	
7	6,00	9,542	0,21	1,00	0,21	5,50	0,03		
8	7,00	9,301	0,24	1,00	0,24	6,50	0,10	0,067	
9	8,00	8,962	0,34	1,00	0,34	7,50	0,54		
10	9,00	8,083	0,88	1,00	0,88	8,50	0,06	18,067	
11	10,00	7,140	0,94	1,00	0,94	9,50	-0,59		
12	11,00	6,790	0,35	1,00	0,35	10,50	-0,16		
13	12,00	6,600	0,19	1,00	0,19	11,50	-0,04		
14	13,00	6,446	0,15	1,00	0,15	12,50	-0,04		
15	14,00	6,334	0,11	1,00	0,11	13,50	0,06		
16	15,00	6,161	0,17	1,00	0,17	14,50	0,01		
17	16,00	5,974	0,19	1,00	0,19	15,50	0,00		
18	17,00	5,788	0,19	1,00	0,19	16,50	0,74		
19	17,50	5,509	0,28	0,50	0,56	17,25	-2,88		
20	17,60	5,482	0,03	0,10	0,27	17,55	-1,10		
21	17,70	5,498	0,02	0,10	0,16	17,65	2,40		
22	17,80	5,538	0,04	0,10	0,40	17,75	8,95		
23	18,00	5,100	0,44	0,20	2,19	17,90	106,80	18,00	
24	18,10	3,813	1,29	0,10	12,87	18,05	-53,50	18,10	
25	18,20	3,061	0,75	0,10	7,52	18,15	-48,50		
26	18,30	2,794	0,27	0,10	2,67	18,25	-10,40		
27	18,40	2,631	0,16	0,10	1,63	18,35	-4,60		
28	18,50	2,514	0,12	0,10	1,17	18,45	-1,11		
29	19,00	2,207	0,31	0,50	0,61	18,75	-0,33		
30	20,10	1,928	0,28	1,10	0,25	19,55			

Grafica 6. Curva de titulación máquina 3 titulación 1.



Grafica 7. Primera derivada máquina 3 titulación 1.



Grafica 8. Segunda derivada máquina 3 titulación 1.

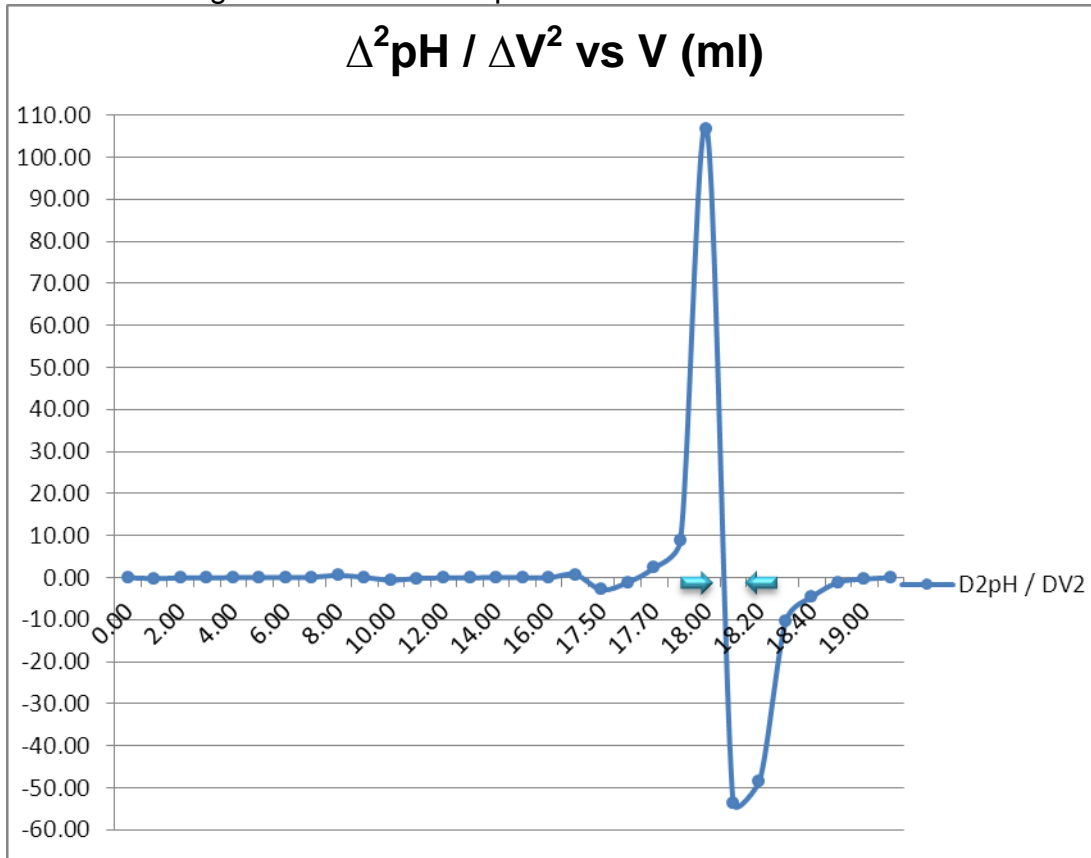
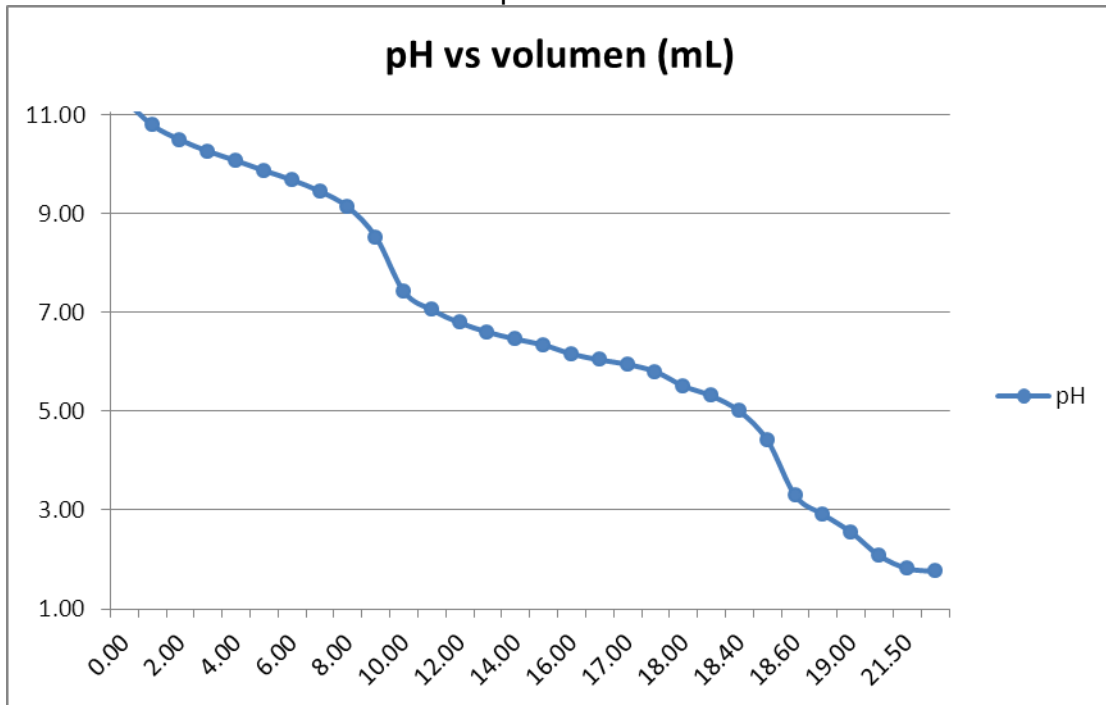


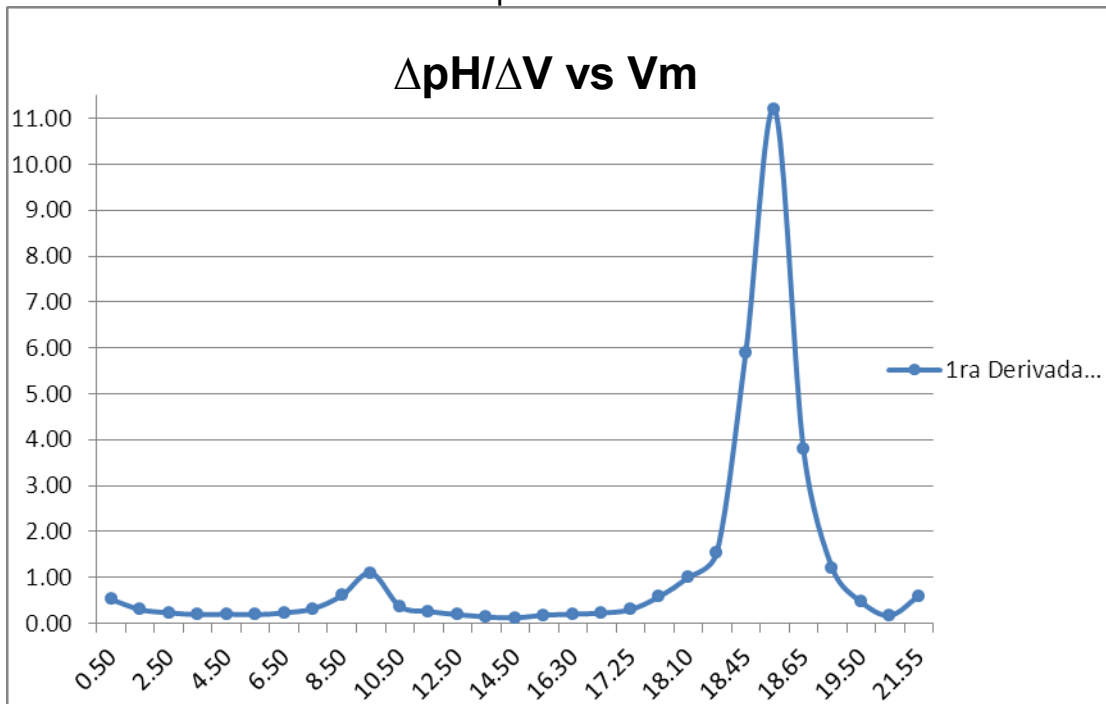
Tabla 3. Valores de pH y volumen máquina 3 titulación 2.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	Δ pH / Δ V	Vm, mL	Δ^2 pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos V HCl gastado
1	0,00	11,310							
2	1,00	10,790	0,52	1,00	0,52	0,50	-0,22		
3	2,00	10,490	0,30	1,00	0,30	1,50	-0,07	127,000	
4	3,00	10,260	0,23	1,00	0,23	2,50	-0,04	0,100	
5	4,00	10,070	0,19	1,00	0,19	3,50	0,01		
6	5,00	9,870	0,20	1,00	0,20	4,50	-0,01	53,000	
7	6,00	9,680	0,19	1,00	0,19	5,50	0,04		
8	7,00	9,450	0,23	1,00	0,23	6,50	0,09	0,042	
9	8,00	9,130	0,32	1,00	0,32	7,50	0,29		
10	9,00	8,520	0,61	1,00	0,61	8,50	0,49	18,542	
11	10,00	7,420	1,10	1,00	1,10	9,50	-0,73		
12	11,00	7,050	0,37	1,00	0,37	10,50	-0,11		
13	12,00	6,790	0,26	1,00	0,26	11,50	-0,07		
14	13,00	6,600	0,19	1,00	0,19	12,50	-0,05		
15	14,00	6,460	0,14	1,00	0,14	13,50	-0,02		
16	15,00	6,340	0,12	1,00	0,12	14,50	0,06		
17	16,00	6,160	0,18	1,00	0,18	15,50	0,03		
18	16,60	6,040	0,12	0,60	0,20	16,30	0,06		
19	17,00	5,950	0,09	0,40	0,23	16,80	0,15		
20	17,50	5,800	0,15	0,50	0,30	17,25	0,56		
21	18,00	5,510	0,29	0,50	0,58	17,75	2,10		
22	18,20	5,310	0,20	0,20	1,00	18,10	2,75		
23	18,40	5,000	0,31	0,20	1,55	18,30	43,50		
24	18,50	4,410	0,59	0,10	5,90	18,45	53,00	18,50	
25	18,60	3,290	1,12	0,10	11,20	18,55	-74,00	18,60	
26	18,70	2,910	0,38	0,10	3,80	18,65	-8,67		
27	19,00	2,550	0,36	0,30	1,20	18,85	-0,73		
28	20,00	2,080	0,47	1,00	0,47	19,50	-0,20		
29	21,50	1,820	0,26	1,50	0,17	20,75	4,27		
30	21,60	1,760	0,06	0,10	0,60	21,55	0,03		

Grafica 9. Curva de titulación máquina 3 titulación 2.



Grafica 10. Primera derivada máquina 3 titulación 2.



Grafica 11. Segunda derivada máquina 3 titulación 2.

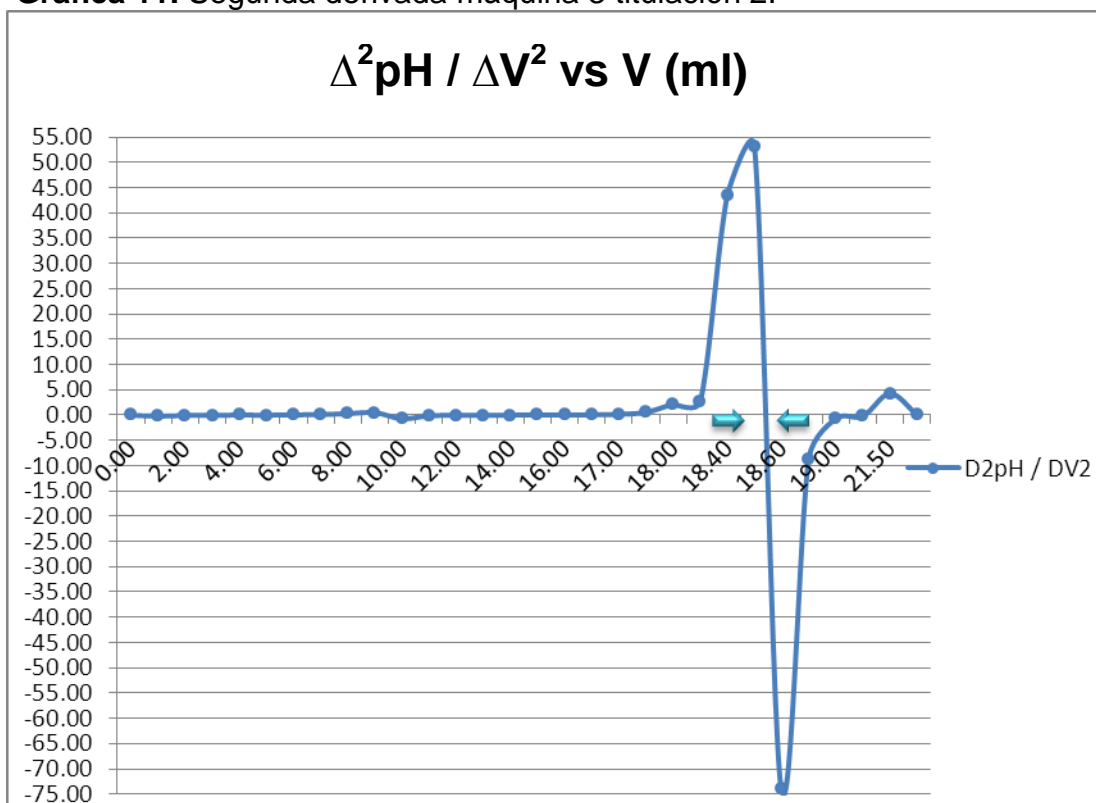
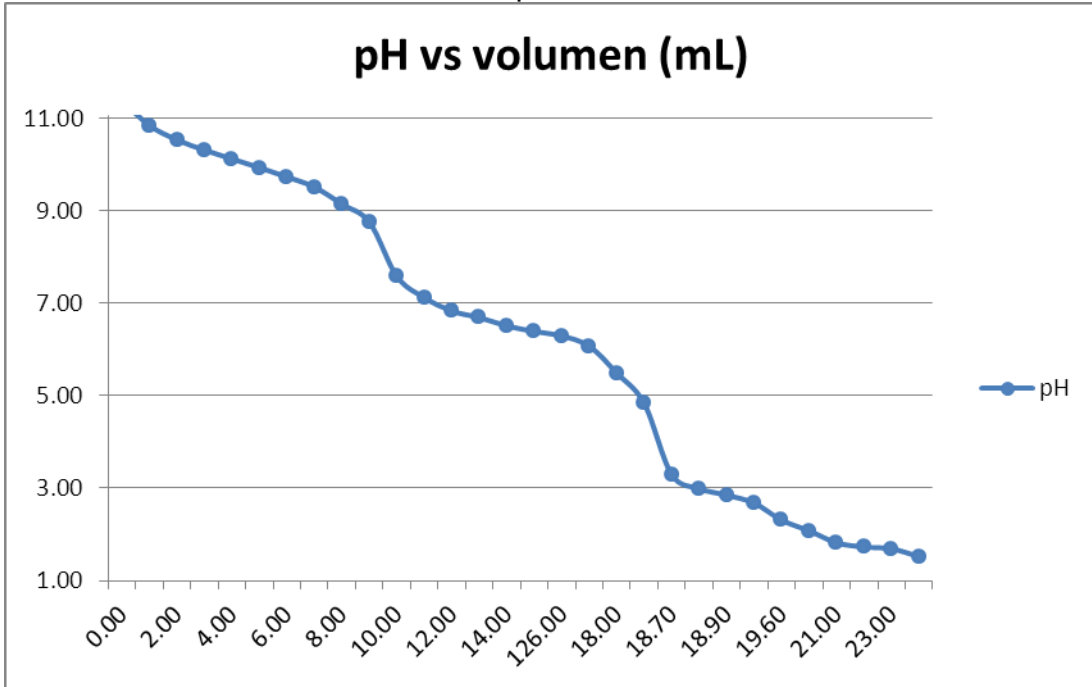


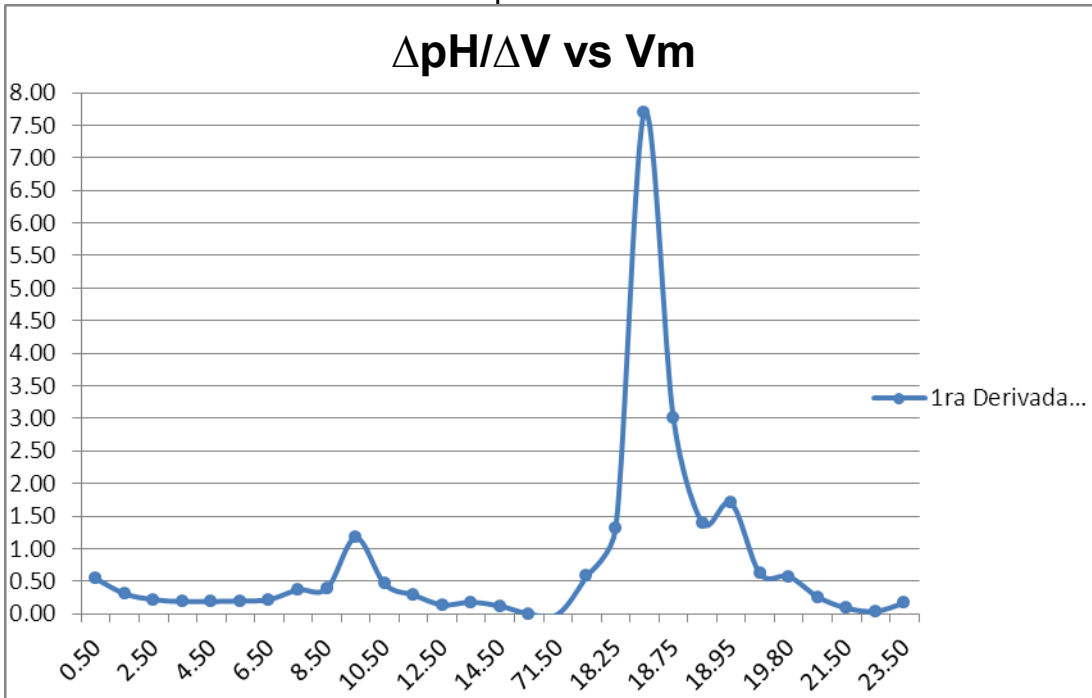
Tabla 4. Valores de pH y volumen máquina 3 titulación 3.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	Δ pH / Δ V	Vm, mL	Δ^2 pH / ΔV^2	V HCl, mL	Cálculos V HCl gastado
1	0,00	11,380							
2	1,00	10,840	0,54	1,00	0,54	0,50	-0,23		
3	2,00	10,530	0,31	1,00	0,31	1,50	-0,09		78,900
4	3,00	10,310	0,22	1,00	0,22	2,50	-0,03		0,200
5	4,00	10,120	0,19	1,00	0,19	3,50	0,00		
6	5,00	9,930	0,19	1,00	0,19	4,50	0,01		31,900
7	6,00	9,730	0,20	1,00	0,20	5,50	0,02		
8	7,00	9,510	0,22	1,00	0,22	6,50	0,15		0,081
9	8,00	9,140	0,37	1,00	0,37	7,50	0,02		
10	9,00	8,750	0,39	1,00	0,39	8,50	0,78		18,581
11	10,00	7,580	1,17	1,00	1,17	9,50	-0,71		
12	11,00	7,120	0,46	1,00	0,46	10,50	-0,17		
13	12,00	6,830	0,29	1,00	0,29	11,50	-0,15		
14	13,00	6,690	0,14	1,00	0,14	12,50	0,04		
15	14,00	6,510	0,18	1,00	0,18	13,50	-0,06		
16	15,00	6,390	0,12	1,00	0,12	14,50	0,00		
17	126,00	6,290	0,10	111,00	0,00	70,50	0,00		
18	17,00	6,070	0,22	-109,00	0,00	71,50	0,58		
19	18,00	5,490	0,58	1,00	0,58	17,50	1,48		
20	18,50	4,830	0,66	0,50	1,32	18,25	31,90	18,50	
21	18,70	3,290	1,54	0,20	7,70	18,60	-47,00	18,70	
22	18,80	2,990	0,30	0,10	3,00	18,75	-16,00		
23	18,90	2,850	0,14	0,10	1,40	18,85	3,00		
24	19,00	2,680	0,17	0,10	1,70	18,95	-1,81		
25	19,60	2,310	0,37	0,60	0,62	19,30	-0,10		
26	20,00	2,080	0,23	0,40	0,58	19,80	-0,32		
27	21,00	1,820	0,26	1,00	0,26	20,50	-0,17		
28	22,00	1,730	0,09	1,00	0,09	21,50	-0,05		
29	23,00	1,690	0,04	1,00	0,04	22,50	0,13		
30	24,00	1,521	0,17	1,00	0,17	23,50	0,01		

Grafica 12. Curva de titulación máquina 3 titulación 3.



Grafica 13. Primera derivada máquina 3 titulación 3.



Grafica 14. Segunda derivada máquina 3 titulación 3.

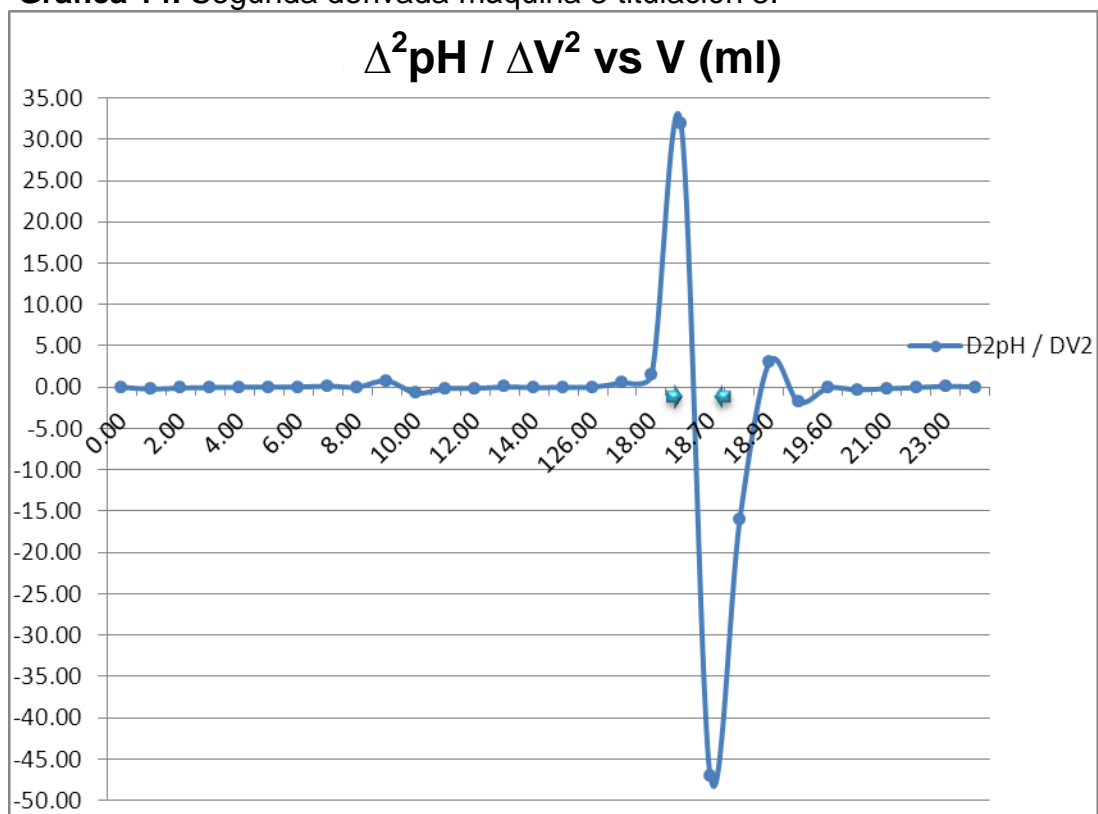
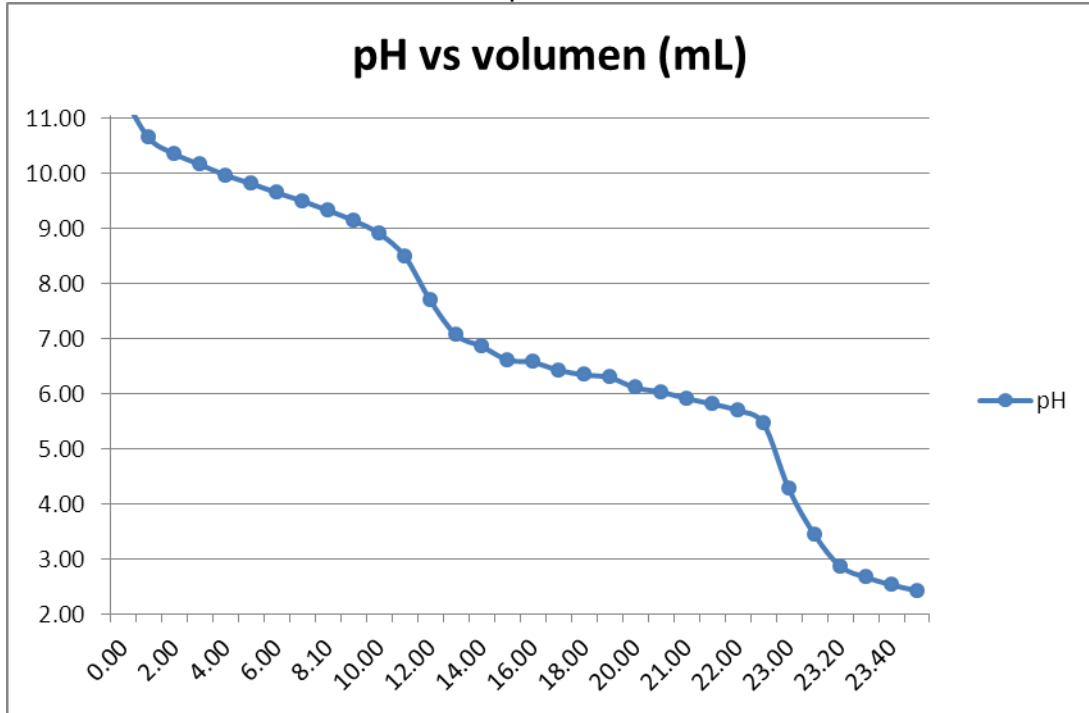


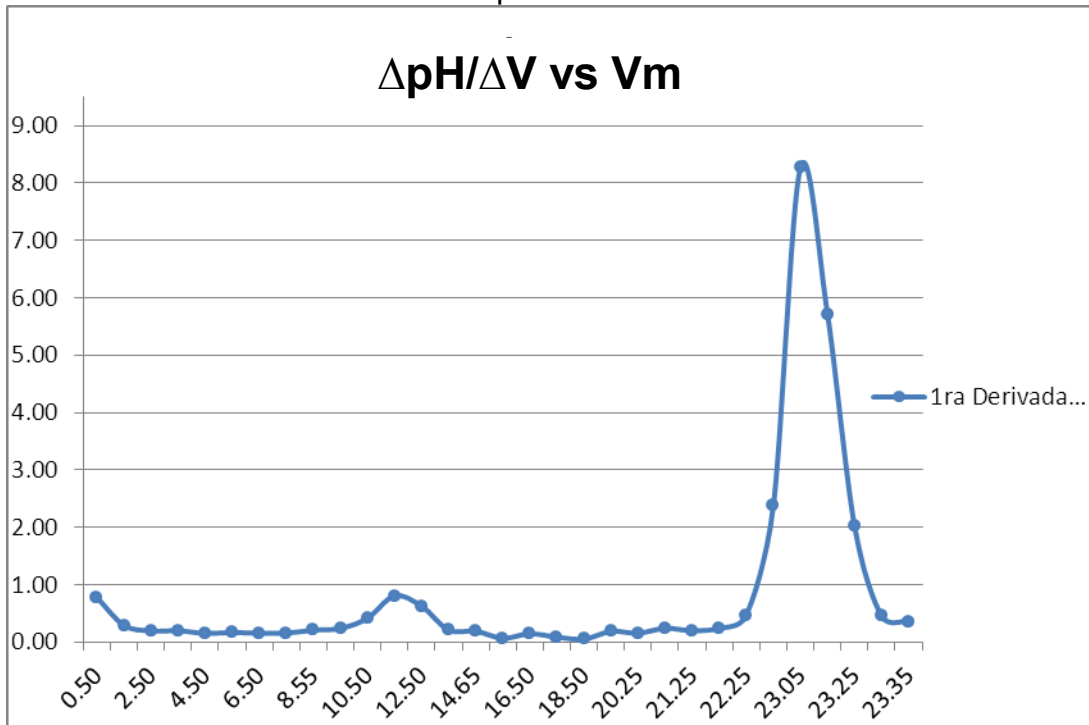
Tabla 5. Valores de pH y volumen máquina 20 titulación 1.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	$\frac{\Delta$ pH / Δ V	Vm, mL	$\frac{\Delta^2$ pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos V HCl gastado
1	0,00	11,420							
2	1,00	10,647	0,77	1,00	0,77	0,50	-0,48		
3	2,00	10,358	0,29	1,00	0,29	1,50	-0,10		84,876
4	3,00	10,165	0,19	1,00	0,19	2,50	0,00		0,100
5	4,00	9,969	0,20	1,00	0,20	3,50	-0,05		
6	5,00	9,819	0,15	1,00	0,15	4,50	0,02		58,820
7	6,00	9,653	0,17	1,00	0,17	5,50	-0,02		
8	7,00	9,502	0,15	1,00	0,15	6,50	0,00		0,069
9	8,10	9,331	0,17	1,10	0,16	7,55	0,06		
10	9,00	9,146	0,18	0,90	0,21	8,55	0,03		23,069
11	10,00	8,909	0,24	1,00	0,24	9,50	0,18		
12	11,00	8,494	0,42	1,00	0,42	10,50	0,39		
13	12,00	7,691	0,80	1,00	0,80	11,50	-0,18		
14	13,00	7,069	0,62	1,00	0,62	12,50	-0,42		
15	14,00	6,862	0,21	1,00	0,21	13,50	-0,01		
16	15,30	6,617	0,25	1,30	0,19	14,65	-0,18		
17	16,00	6,572	0,04	0,70	0,06	15,65	0,08		
18	17,00	6,428	0,14	1,00	0,14	16,50	-0,06		
19	18,00	6,345	0,08	1,00	0,08	17,50	-0,03		
20	19,00	6,294	0,05	1,00	0,05	18,50	0,13		
21	20,00	6,110	0,18	1,00	0,18	19,50	-0,06		
22	20,50	6,033	0,08	0,50	0,15	20,25	0,17		
23	21,00	5,914	0,12	0,50	0,24	20,75	-0,08		
24	21,50	5,815	0,10	0,50	0,20	21,25	0,08		
25	22,00	5,696	0,12	0,50	0,24	21,75	0,46		
26	22,50	5,461	0,23	0,50	0,47	22,25	3,84		
27	23,00	4,267	1,19	0,50	2,39	22,75	58,82	23,00	
28	23,10	3,440	0,83	0,10	8,27	23,05	-26,06	23,10	
29	23,20	2,869	0,57	0,10	5,71	23,15	-17,83		
30	23,30	2,667	0,20	0,10	2,02	23,25	-2,23		
31	23,40	2,531	0,14	0,30	0,45	23,25	-4,02		
32	23,50	2,423	0,11	0,30	0,36	23,35	0,60		
33	24,00	2,100	0,32	0,70	0,46	23,55			

Grafica 15. Curva de titulación máquina 20 titulación 1.



Grafica 16. Primera derivada máquina 20 titulación 1.



Grafica 17. Segunda derivada máquina 20 titulación 1.

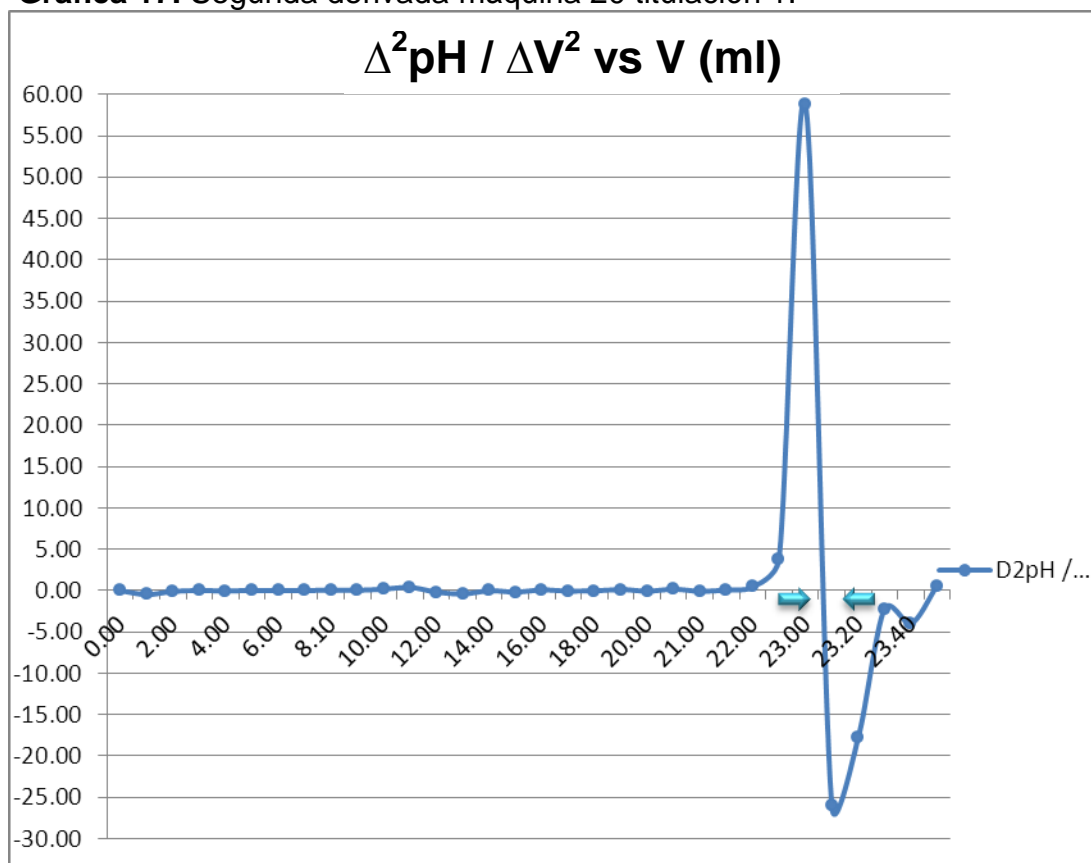
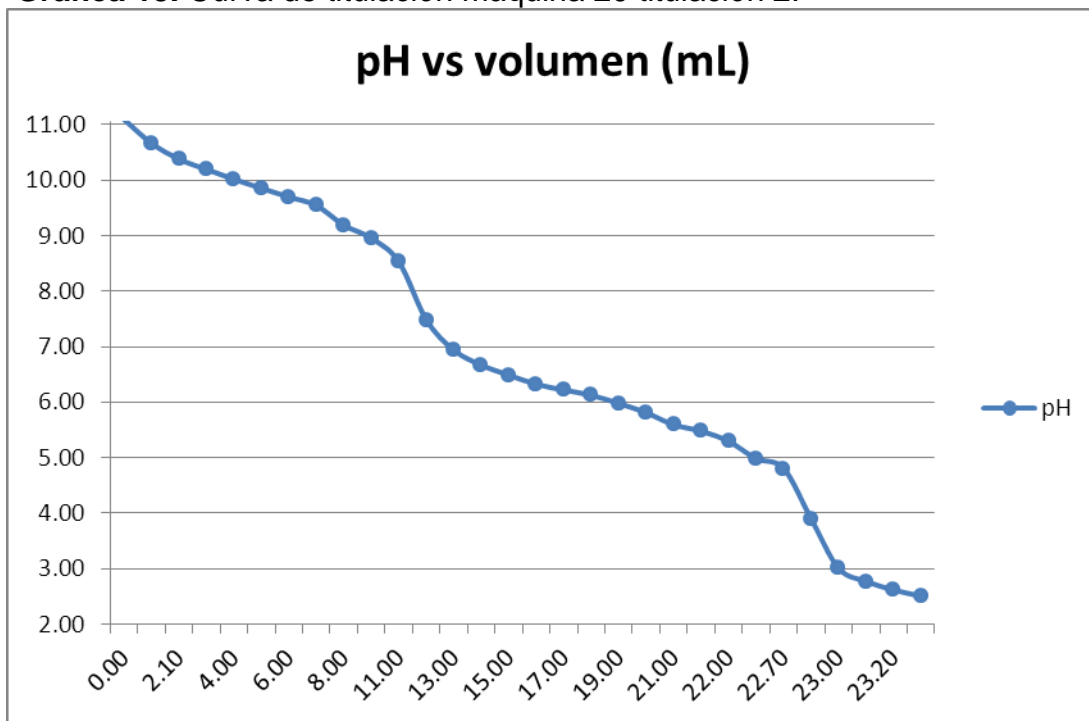


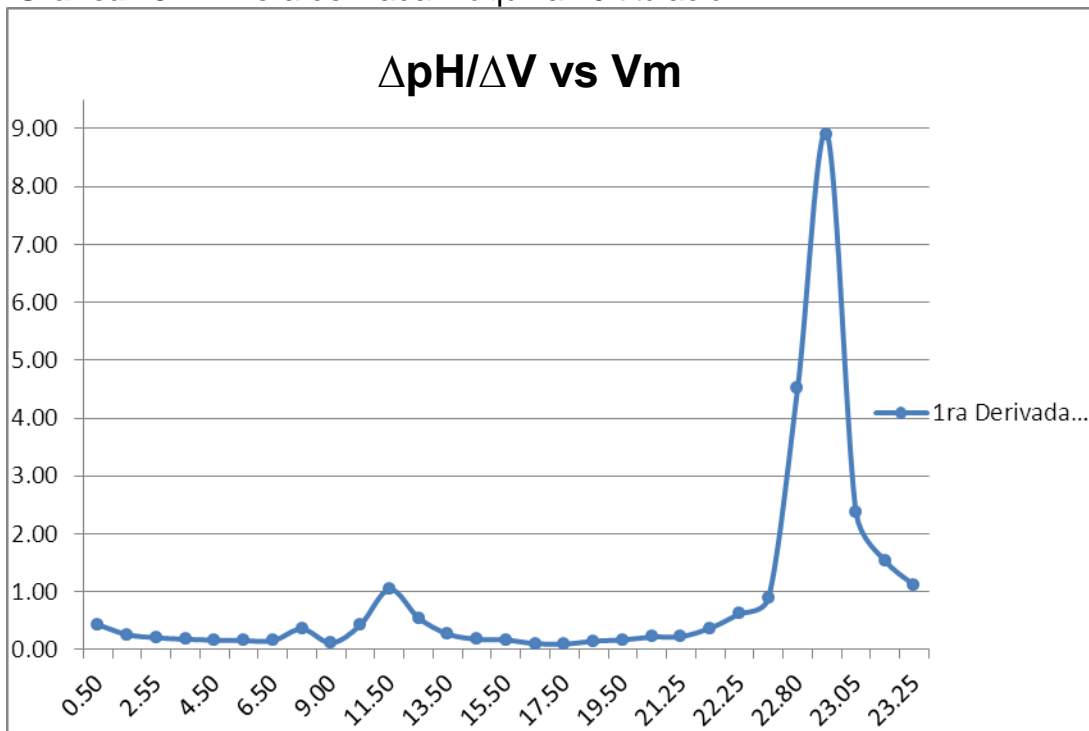
Tabla 6. Valores de pH y volumen máquina 20 titulación 2.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	$\frac{\Delta$ pH / Δ V	Vm, mL	$\frac{\Delta^2$ pH / Δ V^2	V HCl, mL	Cálculos V HCl gastado
1	0,00	11,092							
2	1,00	10,663	0,43	1,00	0,43	0,50	-0,15		
3	2,10	10,378	0,29	1,10	0,26	1,55	-0,06		109,200
4	3,00	10,193	0,19	0,90	0,21	2,55	-0,03		0,100
5	4,00	10,015	0,18	1,00	0,18	3,50	-0,01		
6	5,00	9,852	0,16	1,00	0,16	4,50	-0,01		43,800
7	6,00	9,696	0,16	1,00	0,16	5,50	0,00		
8	7,00	9,541	0,15	1,00	0,15	6,50	0,20		0,040
9	8,00	9,186	0,36	1,00	0,36	7,50	-0,12		
10	10,00	8,953	0,23	2,00	0,12	9,00	0,31		22,940
11	11,00	8,526	0,43	1,00	0,43	10,50	0,62		
12	12,00	7,482	1,04	1,00	1,04	11,50	-0,50		
13	13,00	6,937	0,55	1,00	0,55	12,50	-0,27		
14	14,00	6,667	0,27	1,00	0,27	13,50	-0,09		
15	15,00	6,488	0,18	1,00	0,18	14,50	-0,01		
16	16,00	6,322	0,17	1,00	0,17	15,50	-0,06		
17	17,00	6,219	0,10	1,00	0,10	16,50	-0,01		
18	18,00	6,124	0,10	1,00	0,10	17,50	0,05		
19	19,00	5,977	0,15	1,00	0,15	18,50	0,02		
20	20,00	5,810	0,17	1,00	0,17	19,50	0,05		
21	21,00	5,592	0,22	1,00	0,22	20,50	0,02		
22	21,50	5,479	0,11	0,50	0,23	21,25	0,29		
23	22,00	5,294	0,19	0,50	0,37	21,75	0,50		
24	22,50	4,984	0,31	0,50	0,62	22,25	1,38		
25	22,70	4,805	0,18	0,20	0,90	22,60	18,18		
26	22,90	3,899	0,91	0,20	4,53	22,80	43,80	22,90	
27	23,00	3,008	0,89	0,10	8,91	22,95	-65,40	23,00	
28	23,10	2,771	0,24	0,10	2,37	23,05	-8,30		
29	23,20	2,617	0,15	0,10	1,54	23,15	-4,30		
30	23,30	2,506	0,11	0,10	1,11	23,25	-2,00		
31	23,40	2,415	0,09	0,10	0,91	23,35			

Grafica 18. Curva de titulación máquina 20 titulación 2.



Grafica 19. Primera derivada máquina 20 titulación 2.



Grafica 20. Segunda derivada máquina 20 titulación 2.

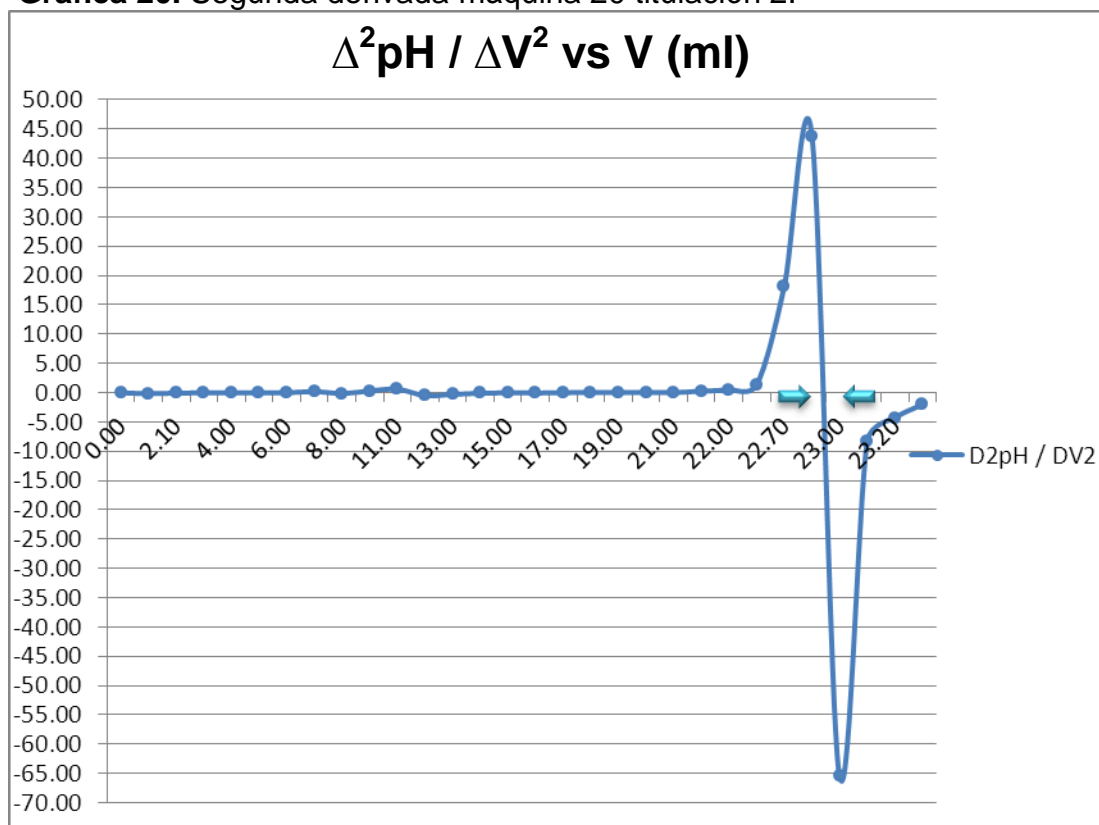
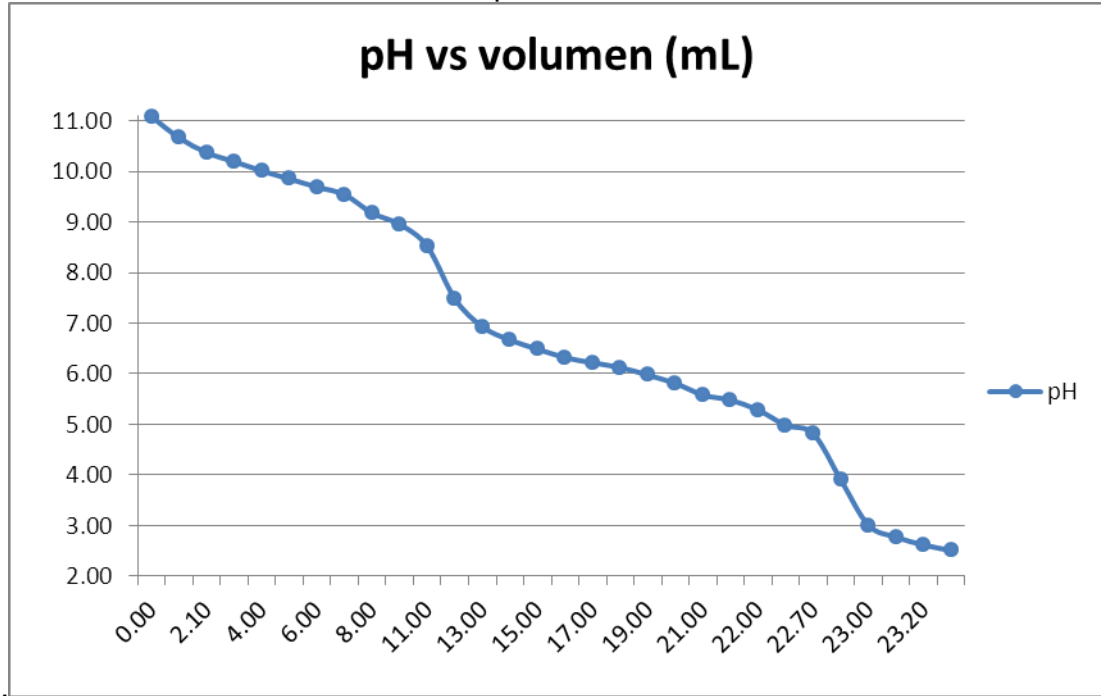


Tabla 7. Valores de pH y volumen máquina 20 titulación 3.

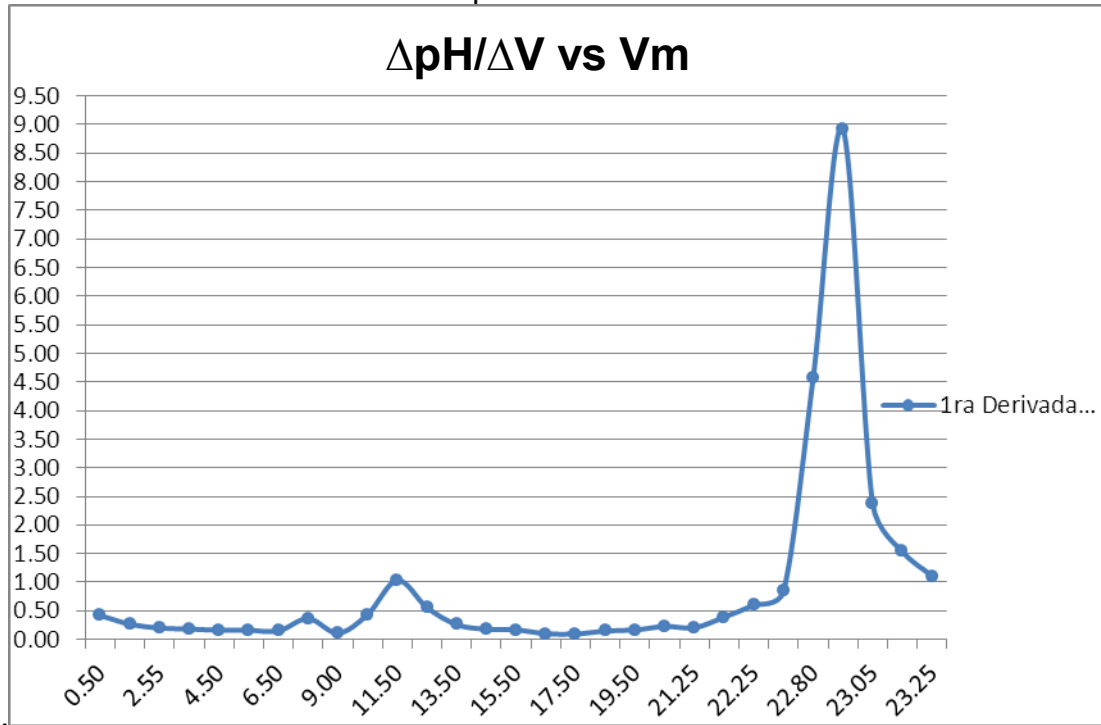
	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	$\frac{\Delta$ pH / Δ V	Vm, mL	$\frac{\Delta^2$ pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos V HCl gastado
1	0,00	11,082							
2	1,00	10,663	0,42	1,00	0,42	0,50	-0,14		
3	2,10	10,371	0,29	1,10	0,27	1,55	-0,08	108,700	
4	3,00	10,193	0,18	0,90	0,20	2,55	-0,02	0,100	
5	4,00	10,011	0,18	1,00	0,18	3,50	-0,02		
6	5,00	9,851	0,16	1,00	0,16	4,50	0,00	43,300	
7	6,00	9,691	0,16	1,00	0,16	5,50	-0,01		
8	7,00	9,541	0,15	1,00	0,15	6,50	0,22	0,040	
9	8,00	9,176	0,37	1,00	0,37	7,50	-0,13		
10	10,00	8,953	0,22	2,00	0,11	9,00	0,33		22,940
11	11,00	8,516	0,44	1,00	0,44	10,50	0,60		
12	12,00	7,482	1,03	1,00	1,03	11,50	-0,48		
13	13,00	6,927	0,56	1,00	0,56	12,50	-0,30		
14	14,00	6,667	0,26	1,00	0,26	13,50	-0,08		
15	15,00	6,488	0,18	1,00	0,18	14,50	-0,01		
16	16,00	6,320	0,17	1,00	0,17	15,50	-0,07		
17	17,00	6,219	0,10	1,00	0,10	16,50	-0,01		
18	18,00	6,124	0,10	1,00	0,10	17,50	0,05		
19	19,00	5,975	0,15	1,00	0,15	18,50	0,02		
20	20,00	5,810	0,17	1,00	0,17	19,50	0,06		
21	21,00	5,582	0,23	1,00	0,23	20,50	-0,04		
22	21,50	5,479	0,10	0,50	0,21	21,25	0,37		
23	22,00	5,284	0,20	0,50	0,39	21,75	0,42		
24	22,50	4,984	0,30	0,50	0,60	22,25	1,23		
25	22,70	4,815	0,17	0,20	0,85	22,60	18,68		
26	22,90	3,899	0,92	0,20	4,58	22,80	43,30	22,90	
27	23,00	3,008	0,89	0,10	8,91	22,95	-65,40	23,00	
28	23,10	2,771	0,24	0,10	2,37	23,05	-8,30		
29	23,20	2,617	0,15	0,10	1,54	23,15	-4,30		
30	23,30	2,506	0,11	0,10	1,11	23,25	-1,70		
31	23,40	2,412	0,09	0,10	0,94	23,35			

Grafica 21. Curva de titulación máquina 20 titulación



3.

Grafica 22. Primera derivada máquina 20 titulación



3.

Grafica 23. Segunda derivada máquina 20 titulación 3.

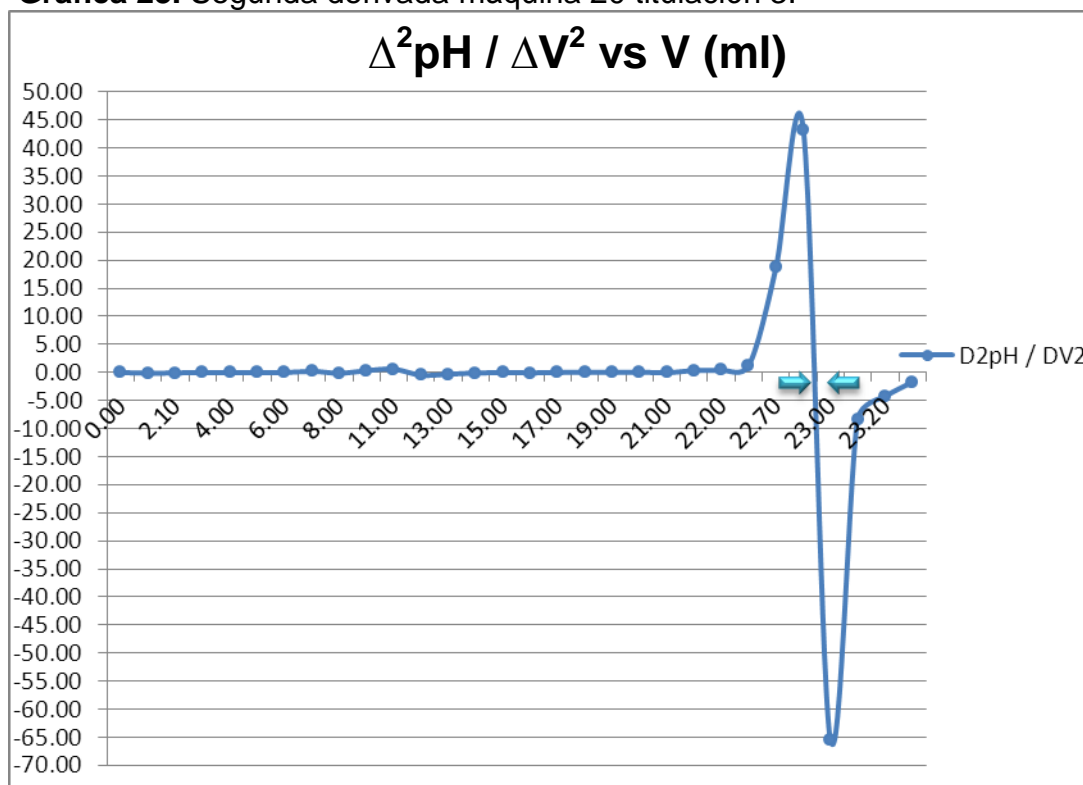
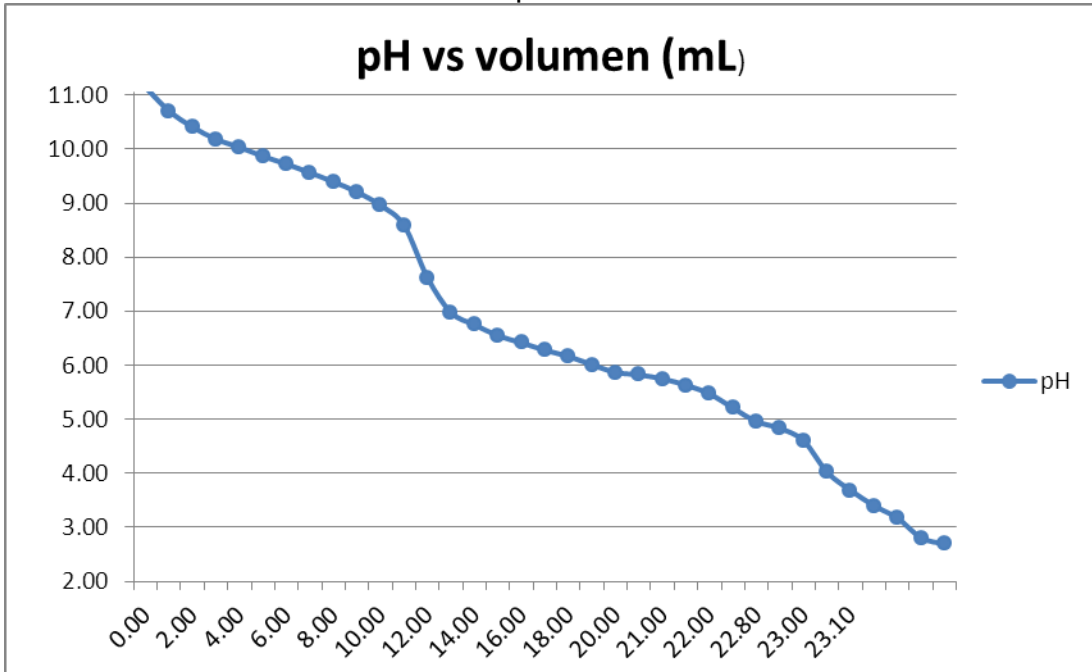


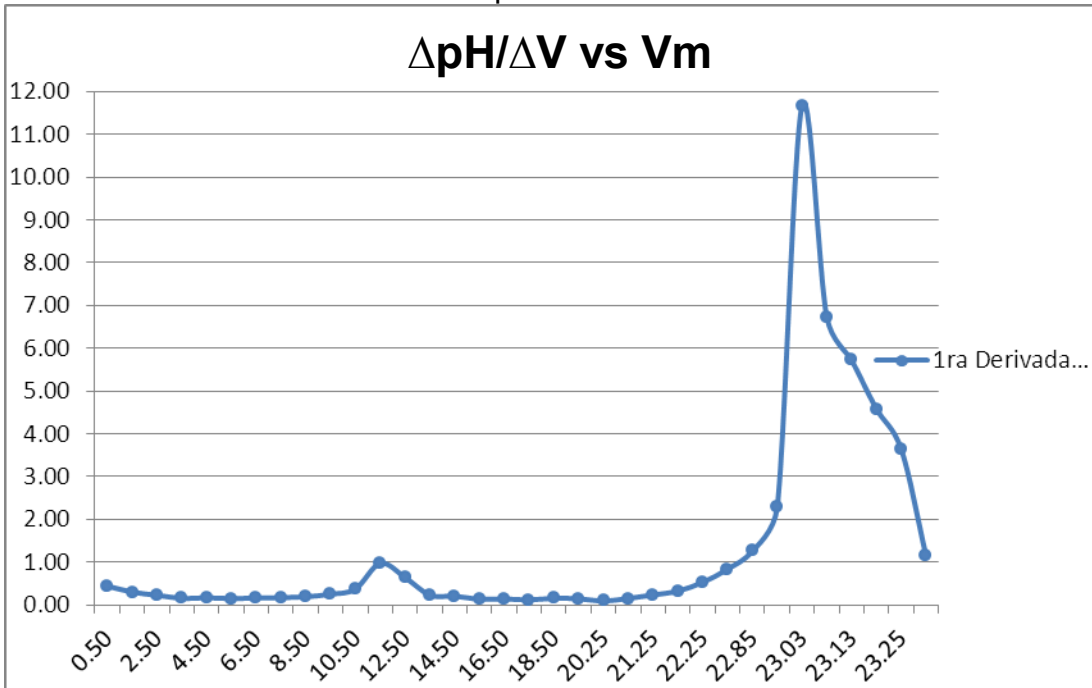
Tabla 8. Valores de pH y volumen máquina 21 titulación 1.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	Δ pH / Δ V	Vm, mL	Δ^2 pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos V HCl gastado
1	0,00	11,145							
2	1,00	10,707	0,44	1,00	0,44	0,50	-0,14		286,400
3	2,00	10,409	0,30	1,00	0,30	1,50	-0,07		
4	3,00	10,185	0,22	1,00	0,22	2,50	-0,07		0,050
5	4,00	10,033	0,15	1,00	0,15	3,50	0,01		
6	5,00	9,868	0,16	1,00	0,16	4,50	-0,02		187,600
7	6,00	9,723	0,15	1,00	0,15	5,50	0,02		
8	7,00	9,563	0,16	1,00	0,16	6,50	0,01		0,033
9	8,00	9,395	0,17	1,00	0,17	7,50	0,02		
10	9,00	9,206	0,19	1,00	0,19	8,50	0,06		23,033
11	10,00	8,957	0,25	1,00	0,25	9,50	0,12		
12	11,00	8,587	0,37	1,00	0,37	10,50	0,60		
13	12,00	7,616	0,97	1,00	0,97	11,50	-0,33		
14	13,00	6,976	0,64	1,00	0,64	12,50	-0,41		
15	14,00	6,749	0,23	1,00	0,23	13,50	-0,03		
16	15,00	6,547	0,20	1,00	0,20	14,50	-0,07		
17	16,00	6,415	0,13	1,00	0,13	15,50	0,01		
18	17,00	6,277	0,14	1,00	0,14	16,50	-0,02		
19	18,00	6,162	0,12	1,00	0,12	17,50	0,04		
20	19,00	6,009	0,15	1,00	0,15	18,50	-0,01		
21	20,00	5,868	0,14	1,00	0,14	19,50	-0,10		
22	20,50	5,822	0,05	0,50	0,09	20,25	0,12		
23	21,00	5,747	0,08	0,50	0,15	20,75	0,16		
24	21,50	5,631	0,12	0,50	0,23	21,25	0,18		
25	22,00	5,470	0,16	0,50	0,32	21,75	0,41		
26	22,50	5,207	0,26	0,50	0,53	22,25	1,02		
27	22,80	4,957	0,25	0,30	0,83	22,65	4,27		
28	22,90	4,831	0,13	0,10	1,26	22,85	10,20		
29	23,00	4,603	0,23	0,10	2,28	22,95	187,60	23,00	
30	23,05	4,020	0,58	0,05	11,66	23,03	-98,80	23,05	
31	23,10	3,684	0,34	0,05	6,72	23,08	-20,00		
32	23,15	3,398	0,29	0,05	5,72	23,13	-22,80		
33	23,20	3,169	0,23	0,05	4,58	23,18	-9,40		
34	23,30	2,805	0,36	0,10	3,64	23,25	-24,90		
35	23,40	2,690	0,12	0,10	1,15	23,35	1,50		
36	23,50	2,560	0,13	0,10	1,30	23,45			

Grafica 24. Curva de titulación máquina 21 titulación 1.



Grafica 25. Primera derivada máquina 21 titulación 1.



Grafica 26. Segunda derivada máquina 21 titulación 1.

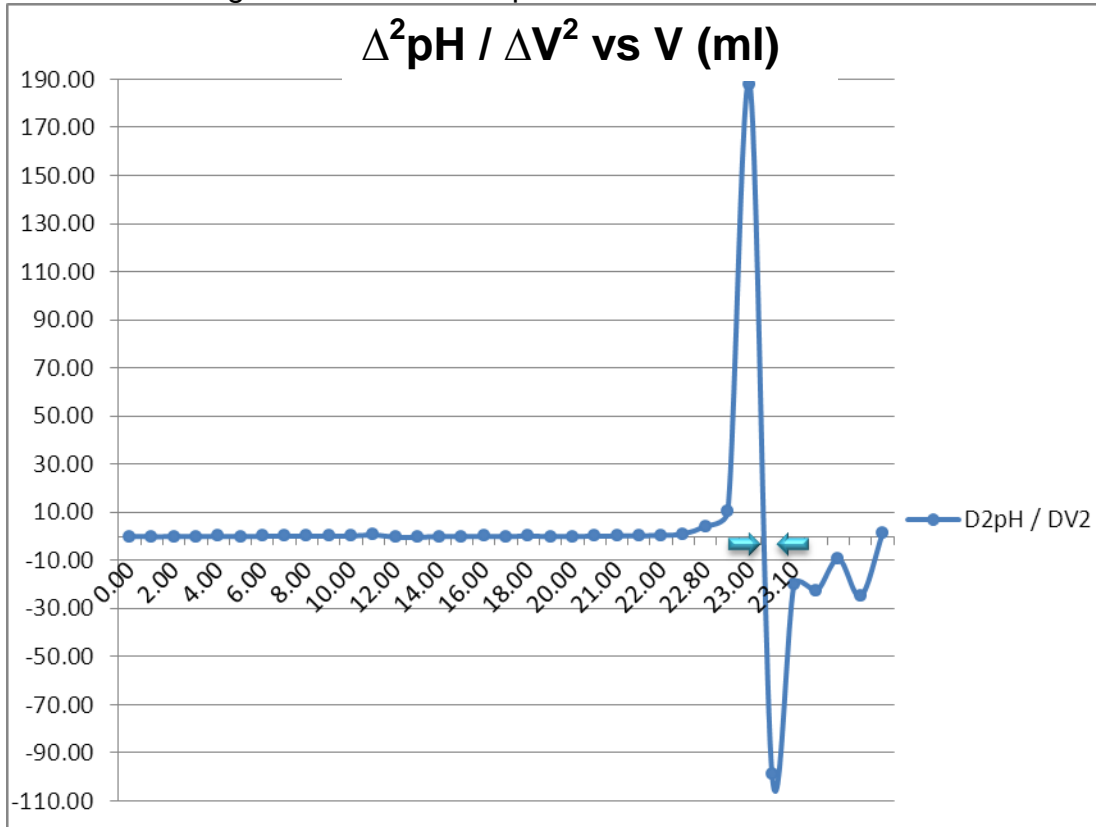
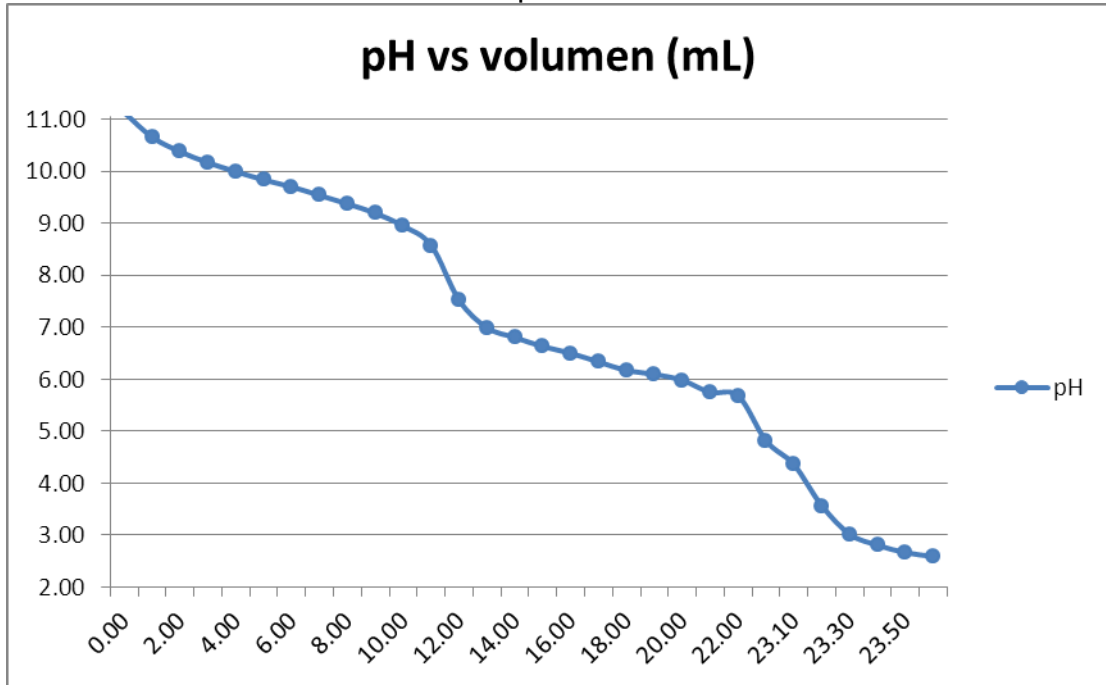


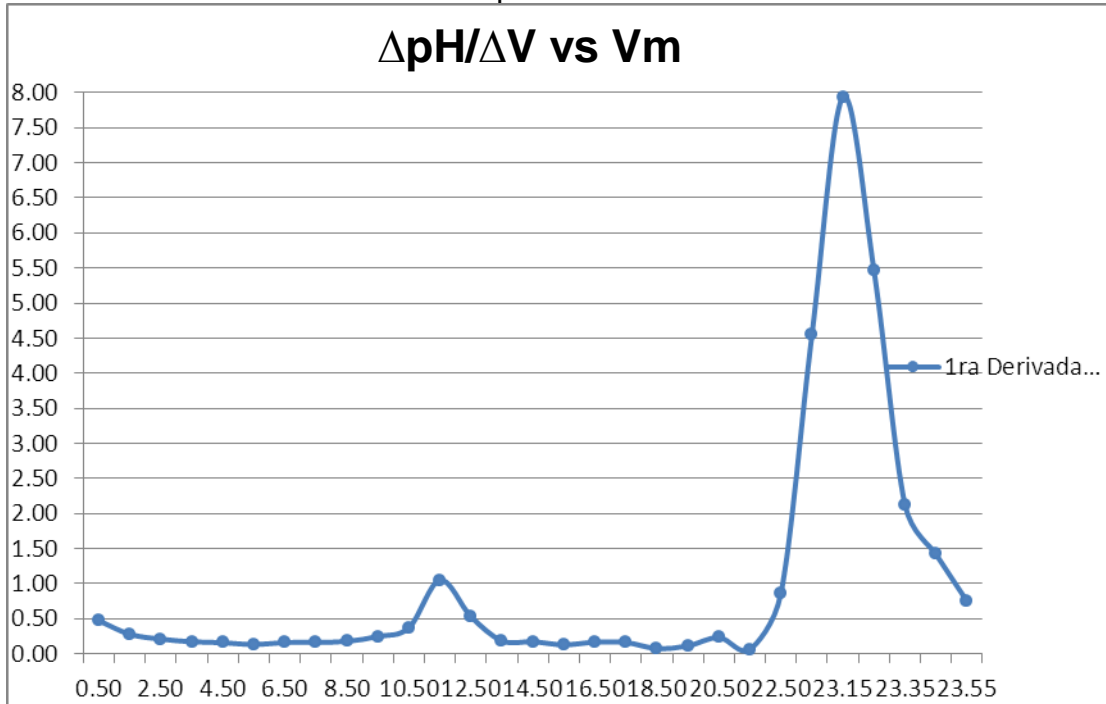
Tabla 9. Valores de pH y volumen máquina 21 titulación 2.

	V HCL, mL	pH	Δ pH	Δ V	$\frac{\Delta$ pH / Δ V	Vm, mL	$\frac{\Delta^2$ pH / Δ V ²	V HCL, mL	Cálculos V HCL gastado
1	0,00	11,131							
2	1,00	10,659	0,47	1,00	0,47	0,50	-0,19		
3	2,00	10,379	0,28	1,00	0,28	1,50	-0,07		70,330
4	3,00	10,168	0,21	1,00	0,21	2,50	-0,04		0,300
5	4,00	9,996	0,17	1,00	0,17	3,50	-0,01		
6	5,00	9,836	0,16	1,00	0,16	4,50	-0,03		36,930
7	6,00	9,702	0,13	1,00	0,13	5,50	0,03		
8	7,00	9,539	0,16	1,00	0,16	6,50	0,00		0,158
9	8,00	9,375	0,16	1,00	0,16	7,50	0,02		
10	9,00	9,196	0,18	1,00	0,18	8,50	0,07		
11	10,00	8,947	0,25	1,00	0,25	9,50	0,12		23,158
12	11,00	8,573	0,37	1,00	0,37	10,50	0,68		
13	12,00	7,521	1,05	1,00	1,05	11,50	-0,52		
14	13,00	6,991	0,53	1,00	0,53	12,50	-0,34		
15	14,00	6,805	0,19	1,00	0,19	13,50	-0,01		
16	15,00	6,631	0,17	1,00	0,17	14,50	-0,04		
17	16,00	6,501	0,13	1,00	0,13	15,50	0,04		
18	17,00	6,334	0,17	1,00	0,17	16,50	-0,01		
19	18,00	6,172	0,16	1,00	0,16	17,50	-0,09		
20	19,00	6,095	0,08	1,00	0,08	18,50	0,04		
21	20,00	5,981	0,11	1,00	0,11	19,50	0,12		
22	21,00	5,748	0,23	1,00	0,23	20,50	-0,17		
23	22,00	5,683	0,07	1,00	0,07	21,50	0,80		
24	23,00	4,816	0,87	1,00	0,87	22,50	36,93	23,00	
25	23,10	4,360	0,46	0,10	4,56	23,05	33,80		
26	23,20	3,566	0,79	0,10	7,94	23,15	-24,80		
27	23,30	3,020	0,55	0,10	5,46	23,25	-33,40	23,30	
28	23,40	2,808	0,21	0,10	2,12	23,35	-7,00		
29	23,50	2,666	0,14	0,10	1,42	23,45	-6,70		
30	23,60	2,591	0,07	0,10	0,75	23,55	1,50		
31	23,70	2,501	0,09	0,10	0,90	23,65	-1,00		
32	23,80	2,421	0,08	0,10	0,80	23,75			

Grafica 27. Curva de titulación máquina 21 titulación 2.



Grafica 28. Primera derivada máquina 21 titulación 2.



Grafica 29. Segunda derivada máquina 21 titulación 2.

$\Delta^2\text{pH} / \Delta V^2$ vs V (ml)

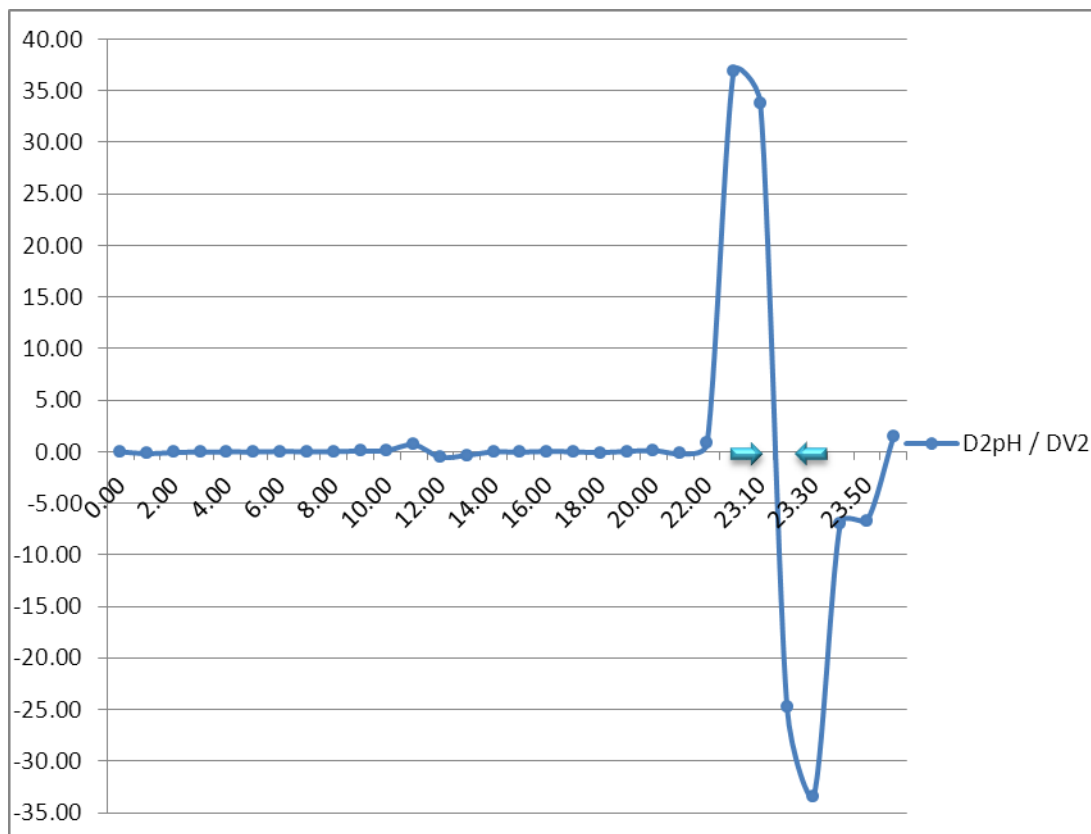
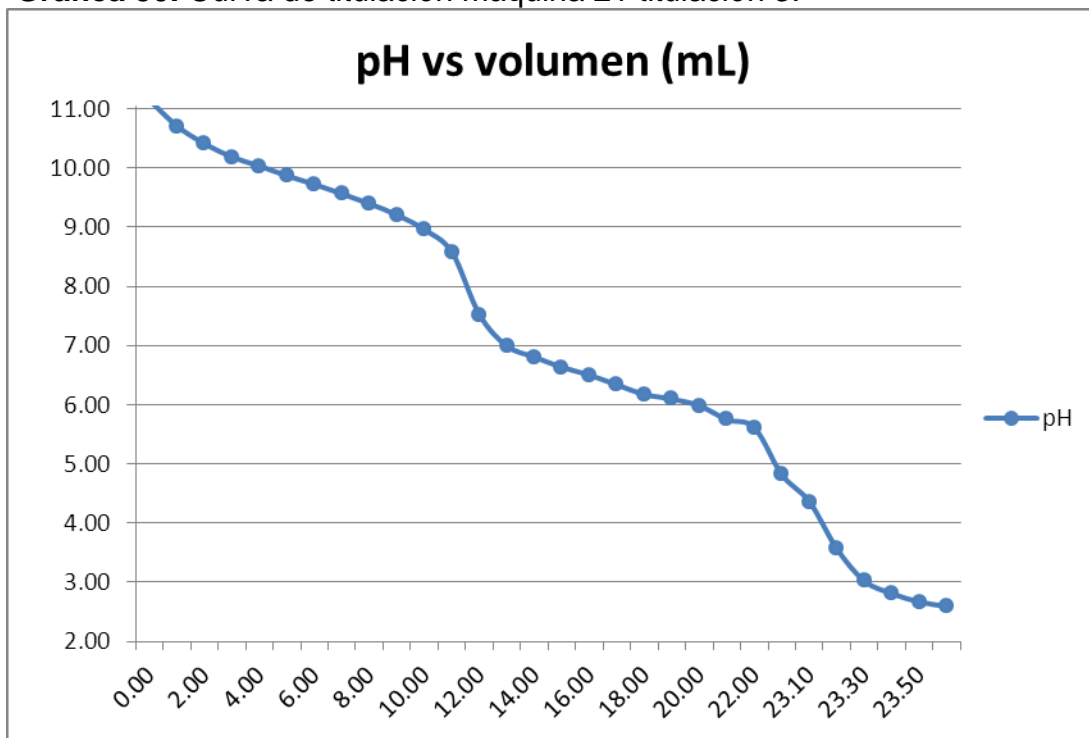


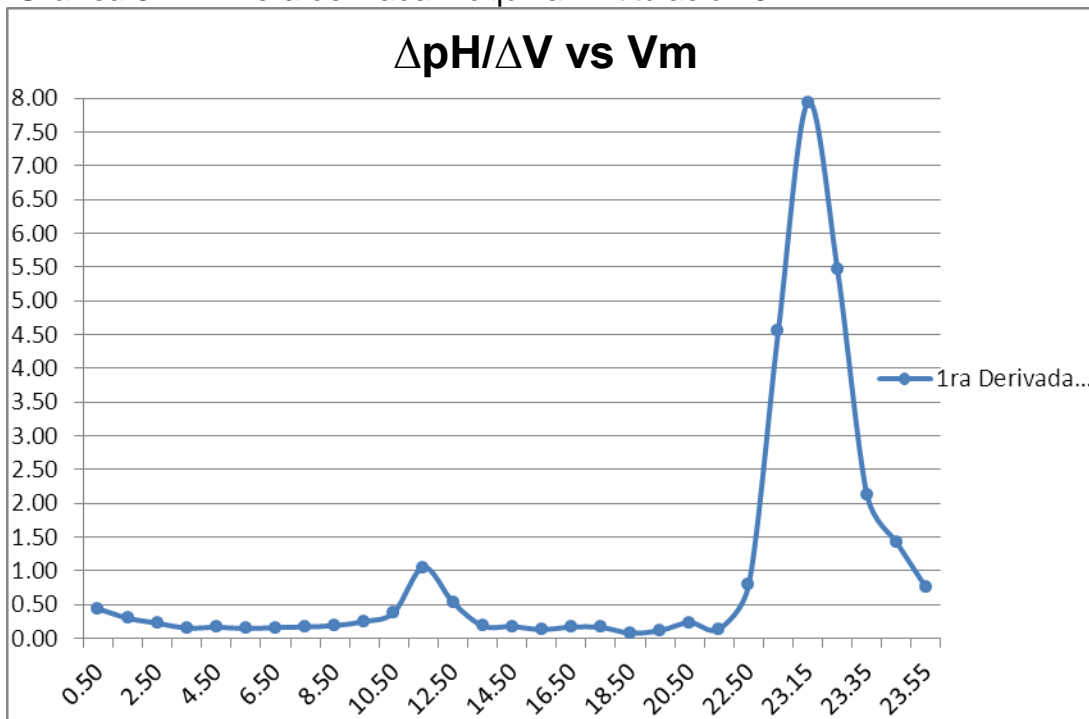
Tabla 10. Valores de pH y volumen máquina 21 titulación 3.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	$\frac{\Delta$ pH / Δ V	Vm, mL	$\frac{\Delta^2$ pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos V HCl gastado
1	0,00	11,145							
2	1,00	10,707	0,44	1,00	0,44	0,50	-0,14		
3	2,00	10,409	0,30	1,00	0,30	1,50	-0,07		71,060
4	3,00	10,185	0,22	1,00	0,22	2,50	-0,07		0,300
5	4,00	10,033	0,15	1,00	0,15	3,50	0,01		
6	5,00	9,868	0,16	1,00	0,16	4,50	-0,02		37,660
7	6,00	9,723	0,15	1,00	0,15	5,50	0,02		
8	7,00	9,563	0,16	1,00	0,16	6,50	0,01		0,159
9	8,00	9,395	0,17	1,00	0,17	7,50	0,02		
10	9,00	9,206	0,19	1,00	0,19	8,50	0,06		23,159
11	10,00	8,957	0,25	1,00	0,25	9,50	0,14		
12	11,00	8,573	0,38	1,00	0,38	10,50	0,67		
13	12,00	7,521	1,05	1,00	1,05	11,50	-0,52		
14	13,00	6,991	0,53	1,00	0,53	12,50	-0,34		
15	14,00	6,805	0,19	1,00	0,19	13,50	-0,01		
16	15,00	6,631	0,17	1,00	0,17	14,50	-0,04		
17	16,00	6,501	0,13	1,00	0,13	15,50	0,04		
18	17,00	6,334	0,17	1,00	0,17	16,50	-0,01		
19	18,00	6,172	0,16	1,00	0,16	17,50	-0,09		
20	19,00	6,095	0,08	1,00	0,08	18,50	0,04		
21	20,00	5,981	0,11	1,00	0,11	19,50	0,12		
22	21,00	5,748	0,23	1,00	0,23	20,50	-0,09		
23	22,00	5,610	0,14	1,00	0,14	21,50	0,66		
24	23,00	4,816	0,79	1,00	0,79	22,50	37,66	23,00	
25	23,10	4,360	0,46	0,10	4,56	23,05	33,80		
26	23,20	3,566	0,79	0,10	7,94	23,15	-24,80		
27	23,30	3,020	0,55	0,10	5,46	23,25	-33,40	23,30	
28	23,40	2,808	0,21	0,10	2,12	23,35	-7,00		
29	23,50	2,666	0,14	0,10	1,42	23,45	-6,70		
30	23,60	2,591	0,07	0,10	0,75	23,55	1,50		
31	23,70	2,501	0,09	0,10	0,90	23,65	-1,00		
32	23,80	2,421	0,08	0,10	0,80	23,75			

Grafica 30. Curva de titulación máquina 21 titulación 3.



Grafica 31. Primera derivada máquina 21 titulación 3.



Grafica 32. Segunda derivada máquina 21 titulación 3.

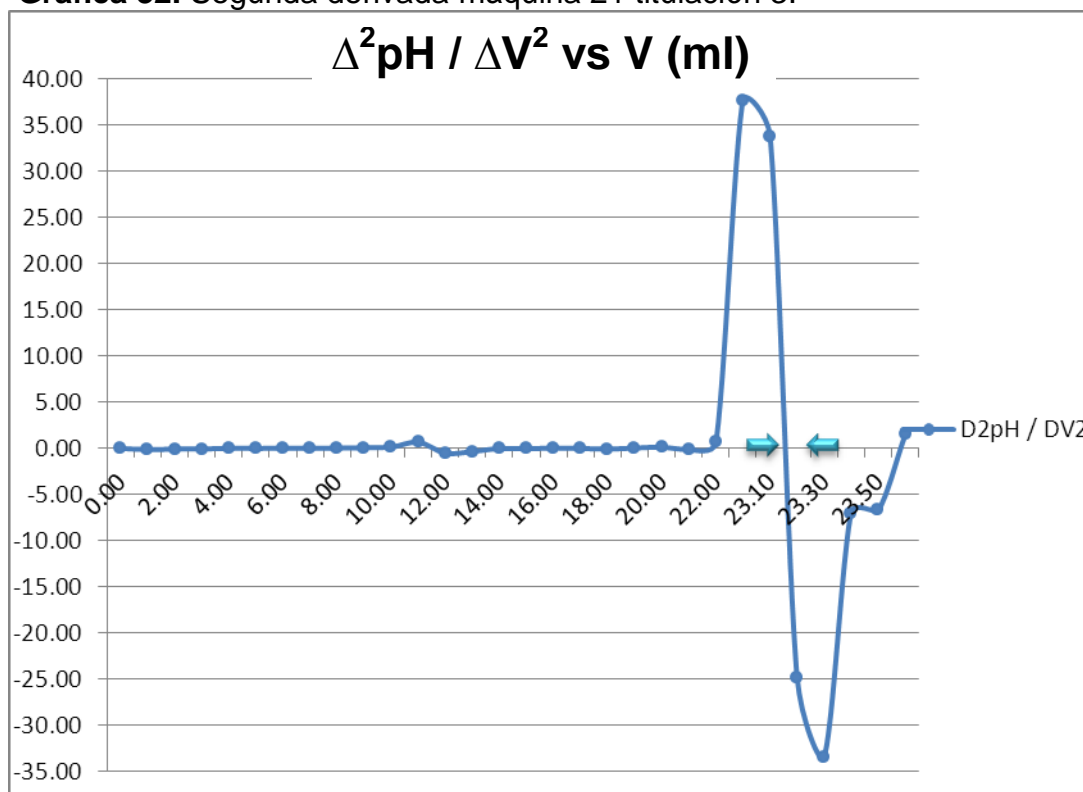
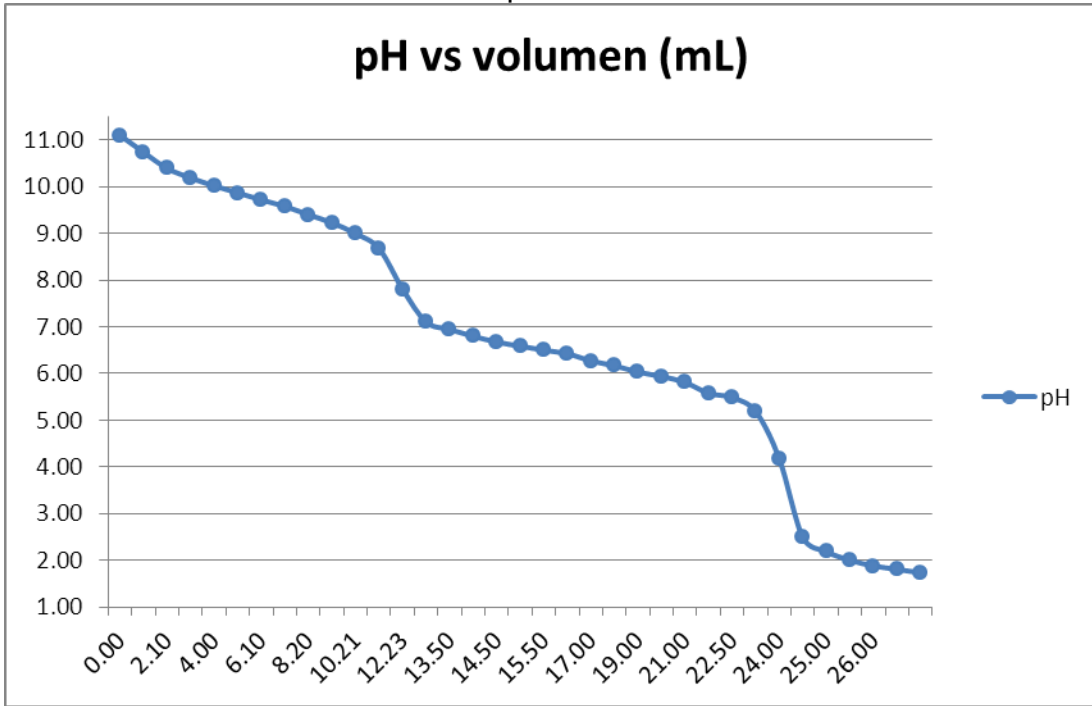


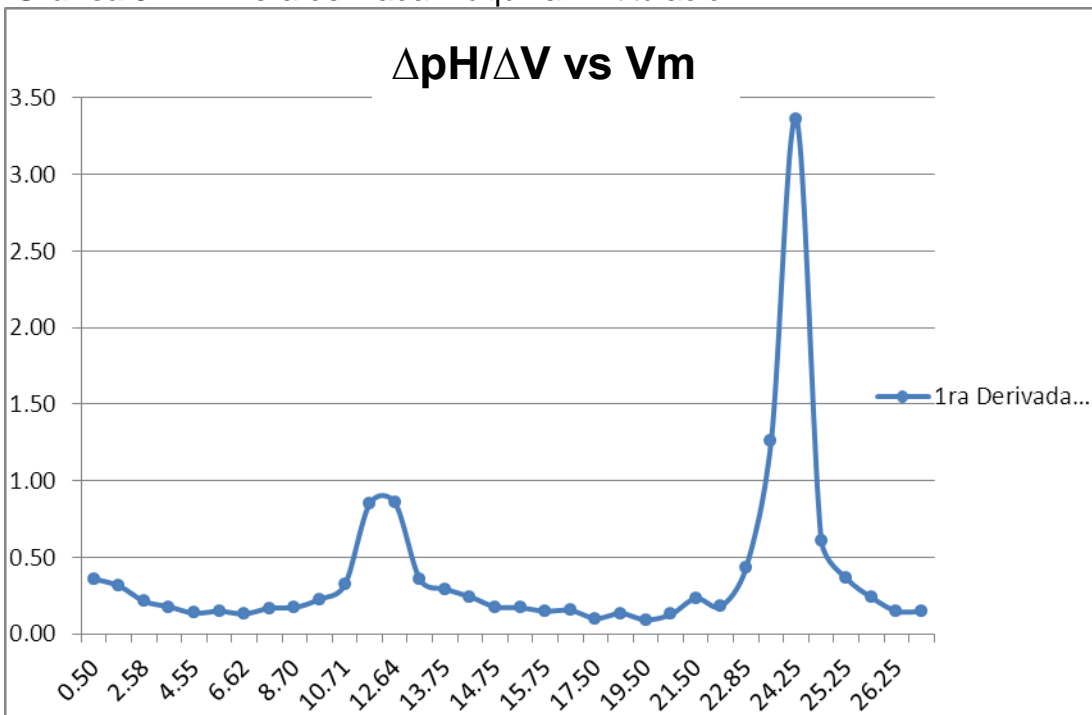
Tabla 11. Valores de pH y volumen máquina 22 titulación 1.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	Δ pH / Δ V	Vm, mL	Δ^2 pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos V HCl gastado
1	0,00	11,101							
2	1,00	10,740	0,36	1,00	0,36	0,50	-0,04		
3	2,10	10,394	0,35	1,10	0,31	1,55	-0,11	9,705	
4	3,05	10,190	0,20	0,95	0,21	2,58	-0,04		
5	4,00	10,021	0,17	0,95	0,18	3,53	-0,04	0,500	
6	5,10	9,870	0,15	1,10	0,14	4,55	0,01		
7	6,10	9,720	0,15	1,00	0,15	5,60	-0,02	4,201	
8	7,15	9,581	0,14	1,05	0,13	6,63	0,04		
9	8,20	9,403	0,18	1,05	0,17	7,68	0,00	0,216	
10	9,20	9,229	0,17	1,00	0,17	8,70	0,05		
11	10,21	8,999	0,23	1,01	0,23	9,71	0,09	24,216	
12	11,21	8,677	0,32	1,00	0,32	10,71	0,52		
13	12,23	7,807	0,87	1,02	0,85	11,72	0,00		
14	13,05	7,105	0,70	0,82	0,86	12,64	-1,11		
15	13,50	6,945	0,16	0,45	0,36	13,28	-0,12		
16	14,00	6,798	0,15	0,50	0,29	13,75	-0,10		
17	14,50	6,676	0,12	0,50	0,24	14,25	-0,13		
18	15,00	6,587	0,09	0,50	0,18	14,75	-0,01		
19	15,50	6,501	0,09	0,50	0,17	15,25	-0,04		
20	16,00	6,426	0,08	0,50	0,15	15,75	0,00		
21	17,00	6,271	0,16	1,00	0,16	16,50	-0,05		
22	18,00	6,168	0,10	1,00	0,10	17,50	0,03		
23	19,00	6,033	0,14	1,00	0,14	18,50	-0,04		
24	20,00	5,939	0,09	1,00	0,09	19,50	0,04		
25	21,00	5,810	0,13	1,00	0,13	20,50	0,10		
26	22,00	5,577	0,23	1,00	0,23	21,50	-0,10		
27	22,50	5,486	0,09	0,50	0,18	22,25	0,36		
28	23,20	5,183	0,30	0,70	0,43	22,85	1,04		
29	24,00	4,172	1,01	0,80	1,26	23,60	4,20	24,00	
30	24,50	2,490	1,68	0,50	3,36	24,25	-5,50	24,50	
31	25,00	2,184	0,31	0,50	0,61	24,75	-0,49		
32	25,50	2,001	0,18	0,50	0,37	25,25	-0,25		
33	26,00	1,881	0,12	0,50	0,24	25,75	-0,18		
34	26,50	1,806	0,08	0,50	0,15	26,25	0,00		
35	27,00	1,732	0,07	0,50	0,15	26,75	-0,09		
36	28,00	1,672	0,06	1,00	0,06	27,50			

Grafica 33. Curva de titulación máquina 22 titulación 1.



Grafica 34. Primera derivada máquina 22 titulación 1.



Grafica 35. Segunda derivada máquina 22 titulación 1.

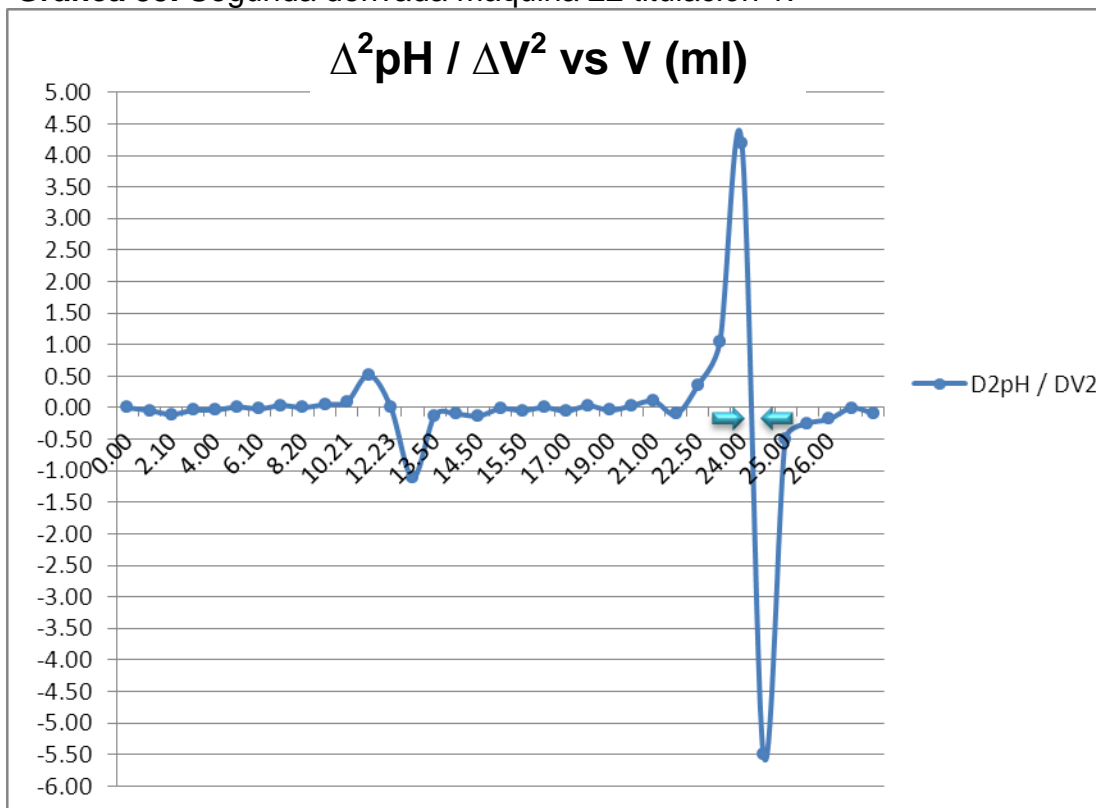
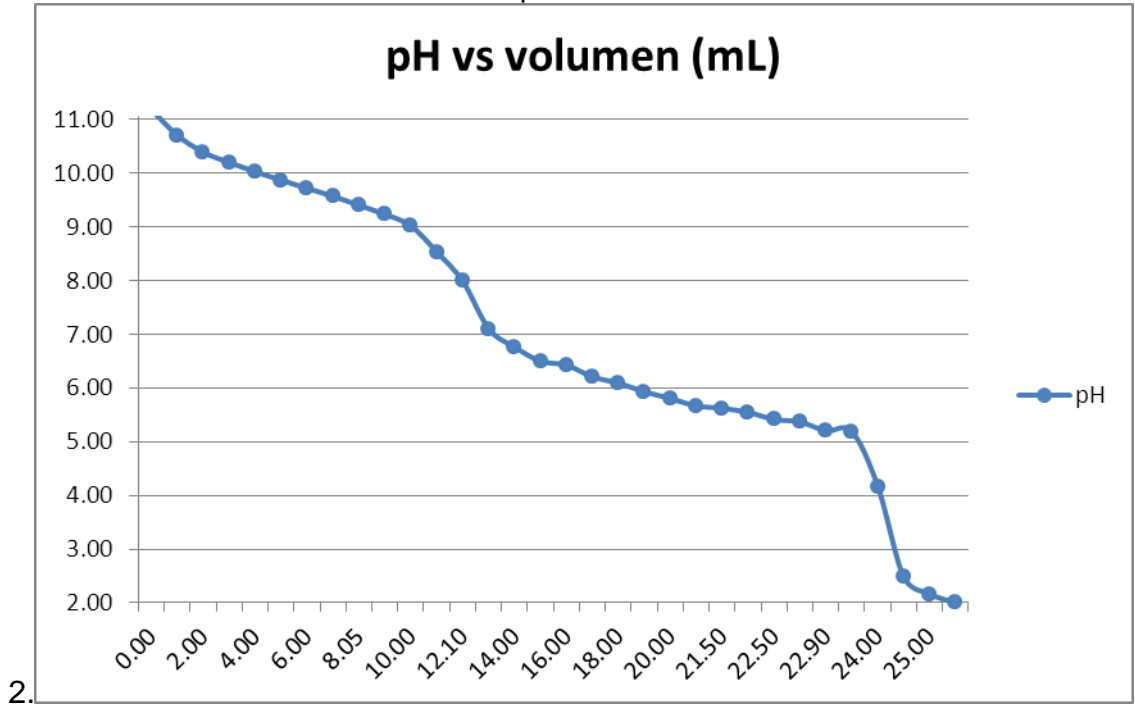


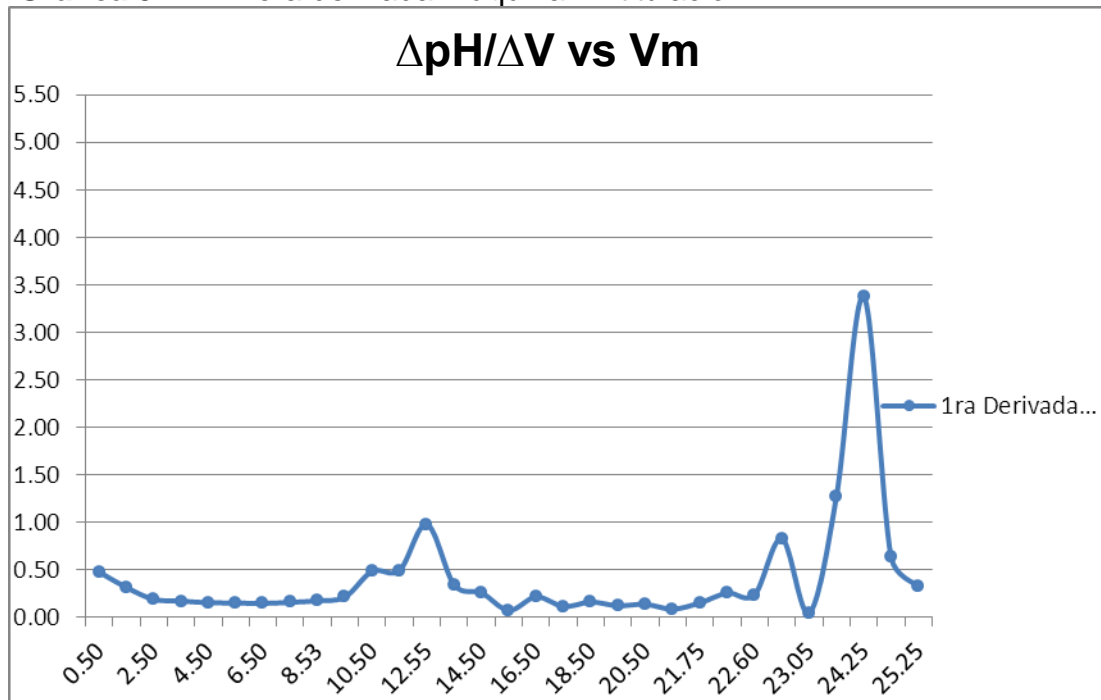
Tabla 12. Valores de pH y volumen máquina 22 titulación 2.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	$\frac{\Delta$ pH / Δ V	Vm, mL	$\frac{\Delta^2$ pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos
1	0,00	11,184							
2	1,00	10,705	0,48	1,00	0,48	0,50	-0,18		
3	2,00	10,411	0,29	1,00	0,29	1,50	-0,08		31,400
4	3,00	10,199	0,21	1,00	0,21	2,50	-0,04		
5	4,00	10,026	0,17	1,00	0,17	3,50	-0,01		0,400
6	5,00	9,865	0,16	1,00	0,16	4,50	-0,01		
7	6,00	9,718	0,15	1,00	0,15	5,50	0,00		17,675
8	7,00	9,569	0,15	1,00	0,15	6,50	0,01		
9	8,05	9,402	0,17	1,05	0,16	7,53	0,02		0,225
10	9,00	9,235	0,17	0,95	0,18	8,53	0,04		
11	10,00	9,020	0,22	1,00	0,22	9,50	0,08		23,925
12	11,00	8,722	0,30	1,00	0,30	10,50	0,34		
13	12,10	7,988	0,73	1,10	0,67	11,55	0,30		
14	13,00	7,144	0,84	0,90	0,94	12,55	-0,55		
15	14,00	6,761	0,38	1,00	0,38	13,50	-0,19		
16	15,00	6,567	0,19	1,00	0,19	14,50	-0,02		
17	16,00	6,393	0,17	1,00	0,17	15,50	0,01		
18	17,00	6,209	0,18	1,00	0,18	16,50	-0,07		
19	18,00	6,093	0,12	1,00	0,12	17,50	0,05		
20	19,00	5,931	0,16	1,00	0,16	18,50	-0,04		
21	20,00	5,807	0,12	1,00	0,12	19,50	0,02		
22	21,00	5,668	0,14	1,00	0,14	20,50	-0,10		
23	21,50	5,624	0,04	0,50	0,09	21,25	0,13		
24	22,00	5,547	0,08	0,50	0,15	21,75	0,21		
25	22,50	5,418	0,13	0,50	0,26	22,25	-0,09		
26	22,70	5,370	0,05	0,20	0,24	22,60	2,95		
27	22,90	5,204	0,17	0,20	0,83	22,80	-1,34		
28	23,30	5,086	0,12	0,40	0,29	23,10	2,40		
29	23,50	4,931	0,16	0,20	0,78	23,40	4,50		
30	23,70	4,596	0,34	0,20	1,68	23,60	17,68	23,70	
31	23,90	3,554	1,04	0,20	5,21	23,80	-5,03		
32	24,10	2,713	0,84	0,20	4,20	24,00	-13,72	24,10	
33	24,30	2,421	0,29	0,20	1,46	24,20	-0,60		
34	24,50	2,153	0,27	0,20	1,34	24,40	-2,17		
35	25,00	2,025	0,13	0,50	0,26	24,75	-0,01		
36	26,00	1,775	0,25	1,00	0,25	25,50	-0,11		
37	27,00	1,636	0,14	1,00	0,14	26,50			

Grafica 36. Curva de titulación máquina 22 titulación



Grafica 37. Primera derivada máquina 22 titulación 2.



Grafica 38. Segunda derivada máquina 22 titulación 2.

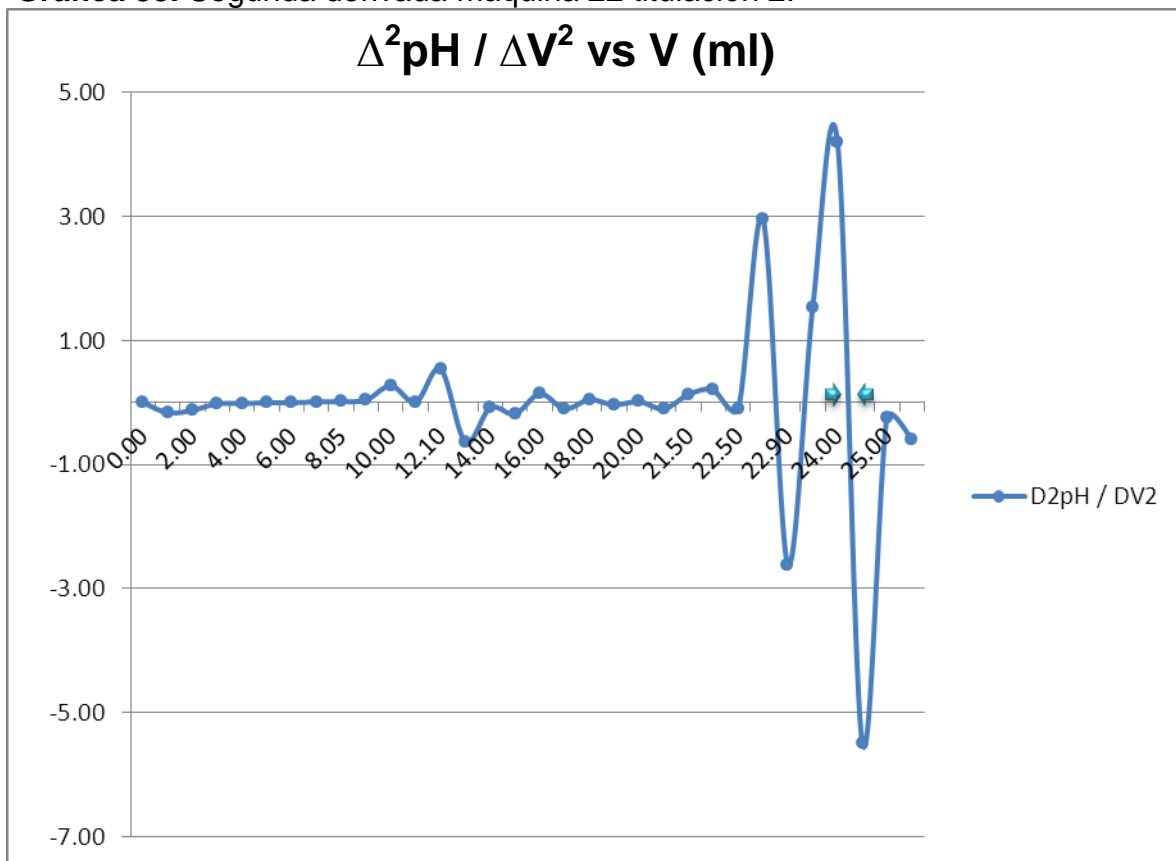
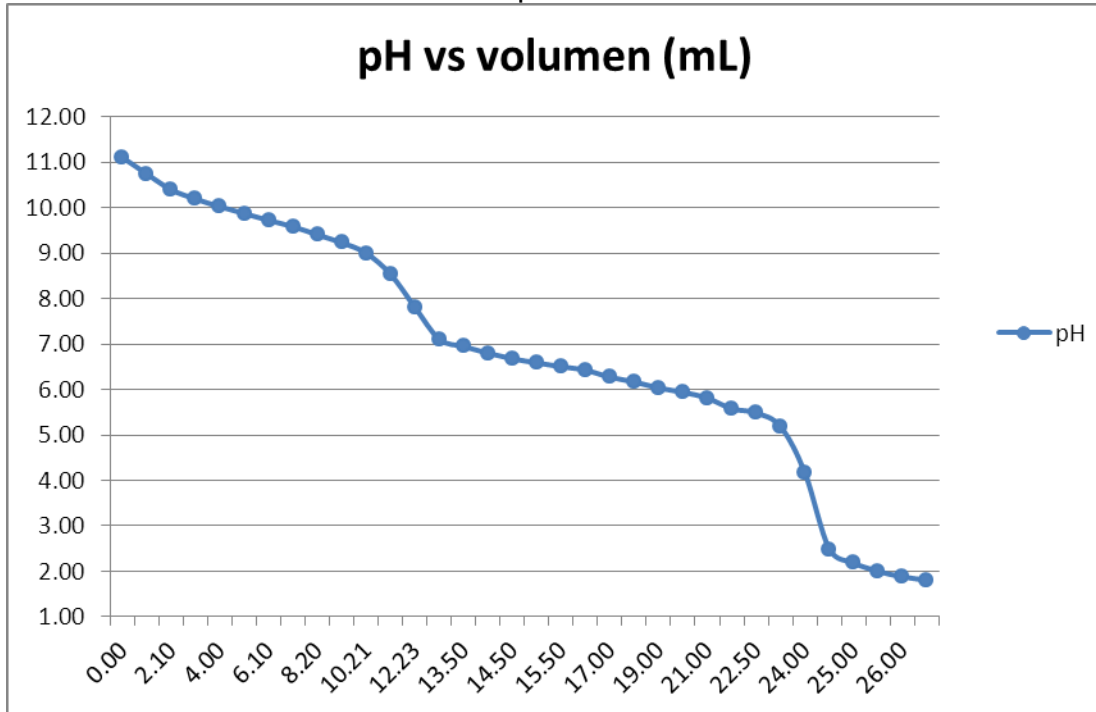


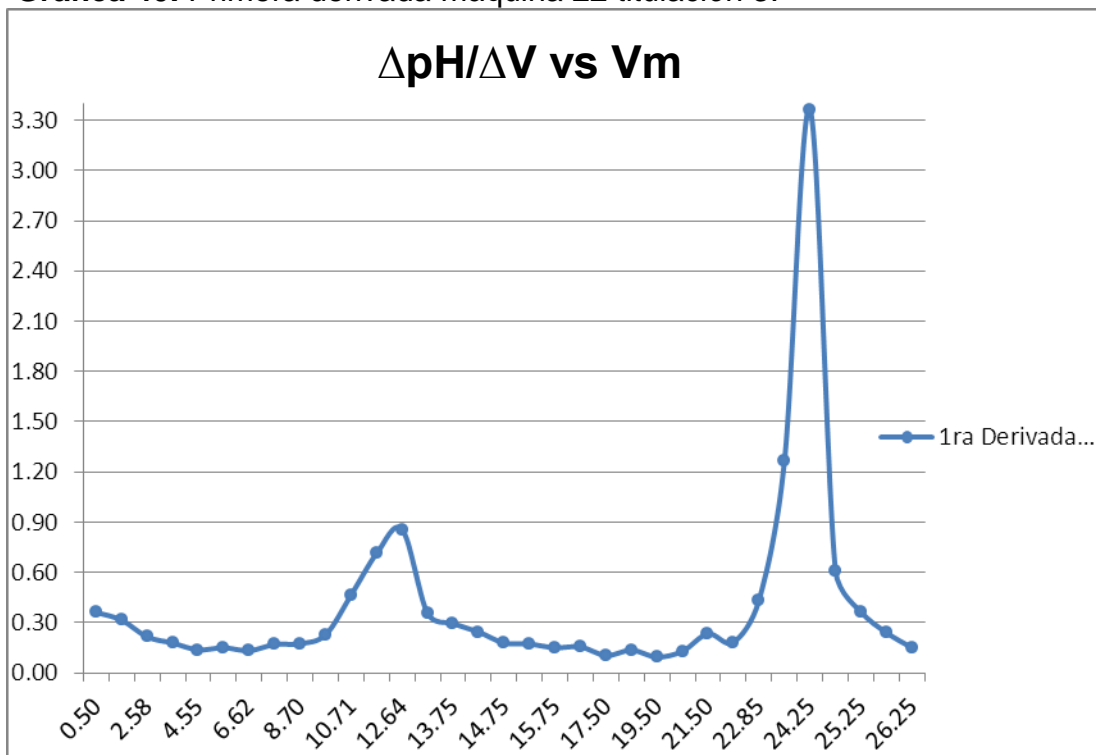
Tabla 13. Valores de pH y volumen máquina 22 titulación 3.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	Δ pH / Δ V	Vm, mL	Δ^2 pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos
1	0,00	11,101							
2	1,00	10,740	0,36	1,00	0,36	0,50	-0,04		
3	2,10	10,394	0,35	1,10	0,31	1,55	-0,11	9,705	
4	3,05	10,190	0,20	0,95	0,21	2,58	-0,04	0,500	
5	4,00	10,021	0,17	0,95	0,18	3,53	-0,04		
6	5,10	9,870	0,15	1,10	0,14	4,55	0,01	4,201	
7	6,10	9,720	0,15	1,00	0,15	5,60	-0,02		
8	7,15	9,581	0,14	1,05	0,13	6,63	0,04	0,216	
9	8,20	9,403	0,18	1,05	0,17	7,68	0,00		
10	9,20	9,229	0,17	1,00	0,17	8,70	0,05	24,216	
11	10,21	8,999	0,23	1,01	0,23	9,71	0,24		
12	11,21	8,534	0,47	1,00	0,47	10,71	0,24		
13	12,23	7,807	0,73	1,02	0,71	11,72	0,17		
14	13,05	7,105	0,70	0,82	0,86	12,64	-1,11		
15	13,50	6,945	0,16	0,45	0,36	13,28	-0,12		
16	14,00	6,798	0,15	0,50	0,29	13,75	-0,10		
17	14,50	6,676	0,12	0,50	0,24	14,25	-0,13		
18	15,00	6,587	0,09	0,50	0,18	14,75	-0,01		
19	15,50	6,501	0,09	0,50	0,17	15,25	-0,04		
20	16,00	6,426	0,08	0,50	0,15	15,75	0,00		
21	17,00	6,271	0,16	1,00	0,16	16,50	-0,05		
22	18,00	6,168	0,10	1,00	0,10	17,50	0,03		
23	19,00	6,033	0,14	1,00	0,14	18,50	-0,04		
24	20,00	5,939	0,09	1,00	0,09	19,50	0,04		
25	21,00	5,810	0,13	1,00	0,13	20,50	0,10		
26	22,00	5,577	0,23	1,00	0,23	21,50	-0,10		
27	22,50	5,486	0,09	0,50	0,18	22,25	0,36		
28	23,20	5,183	0,30	0,70	0,43	22,85	1,04		
29	24,00	4,172	1,01	0,80	1,26	23,60	4,20	24,00	
30	24,50	2,490	1,68	0,50	3,36	24,25	-5,50	24,50	
31	25,00	2,184	0,31	0,50	0,61	24,75	-0,49		
32	25,50	2,001	0,18	0,50	0,37	25,25	-0,25		
33	26,00	1,881	0,12	0,50	0,24	25,75	-0,18		
34	26,50	1,806	0,08	0,50	0,15	26,25	0,00		
35	27,00	1,732	0,07	0,50	0,15	26,75	-0,09		
36	28,00	1,672	0,06	1,00	0,06	27,50			

Grafica 39. Curva de titulación máquina 22 titulación 3.



Grafica 40. Primera derivada máquina 22 titulación 3.



Grafica 41. Segunda derivada máquina 22 titulación 3.

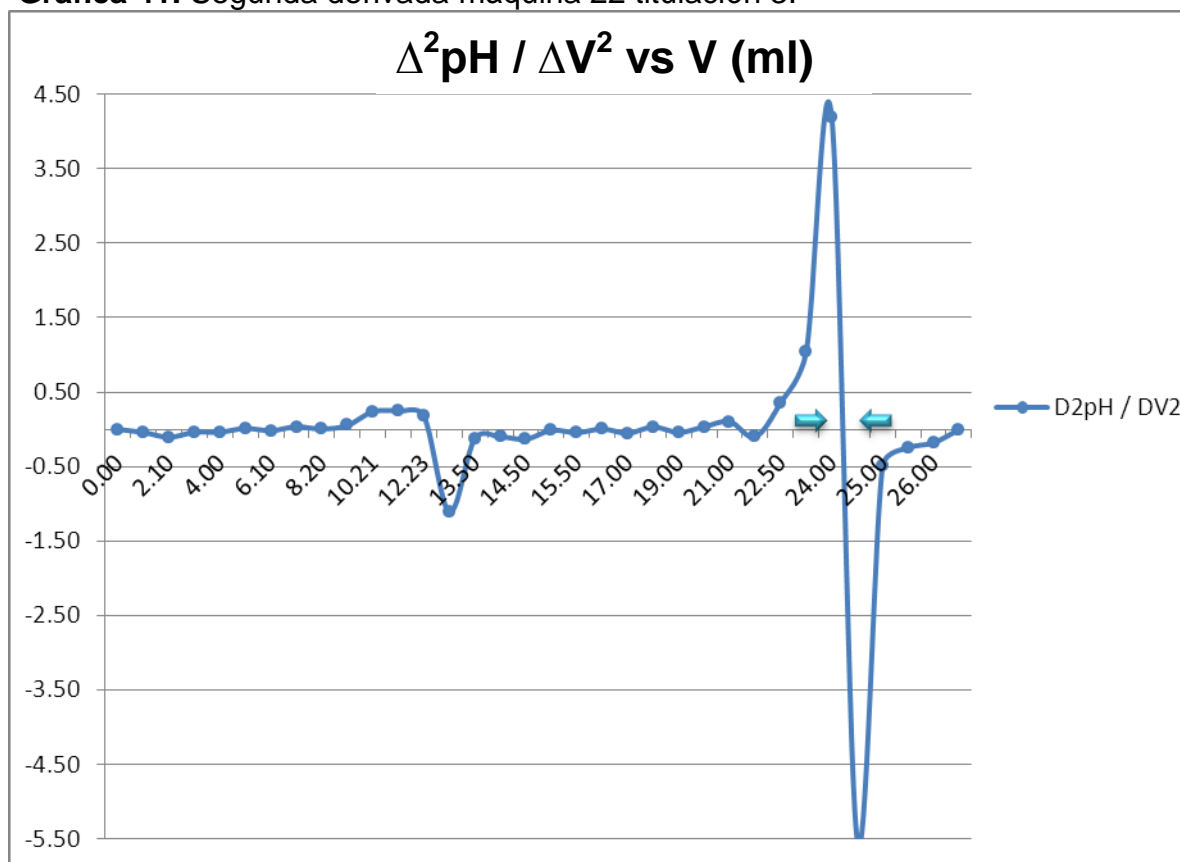
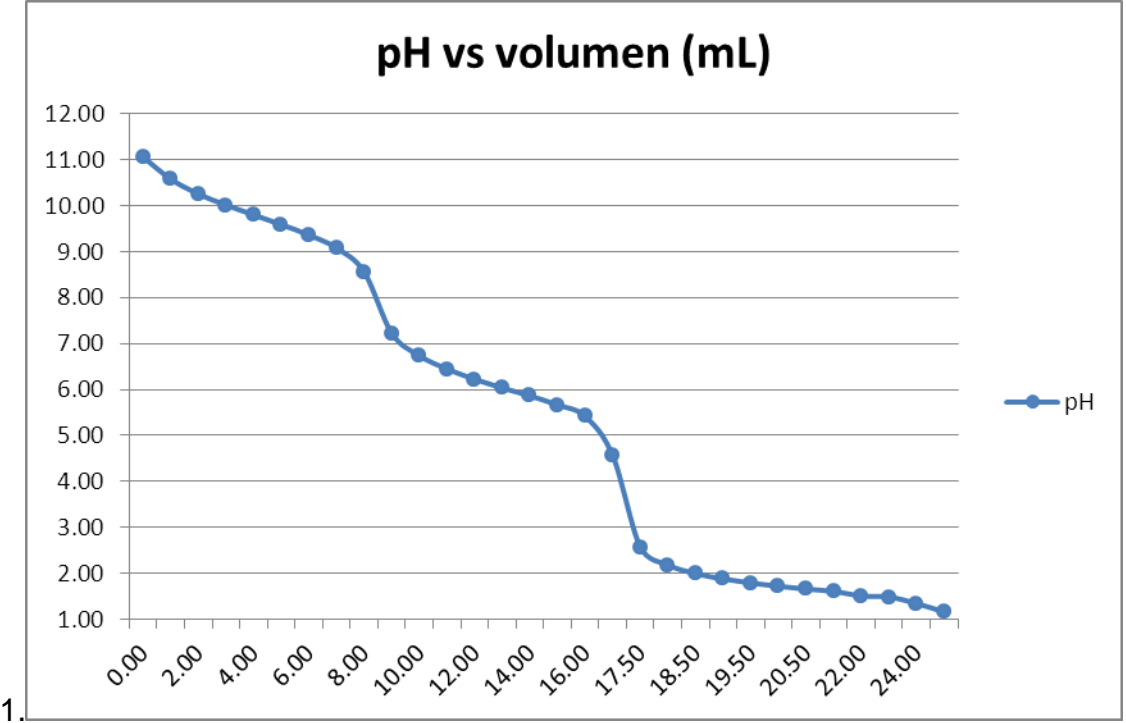


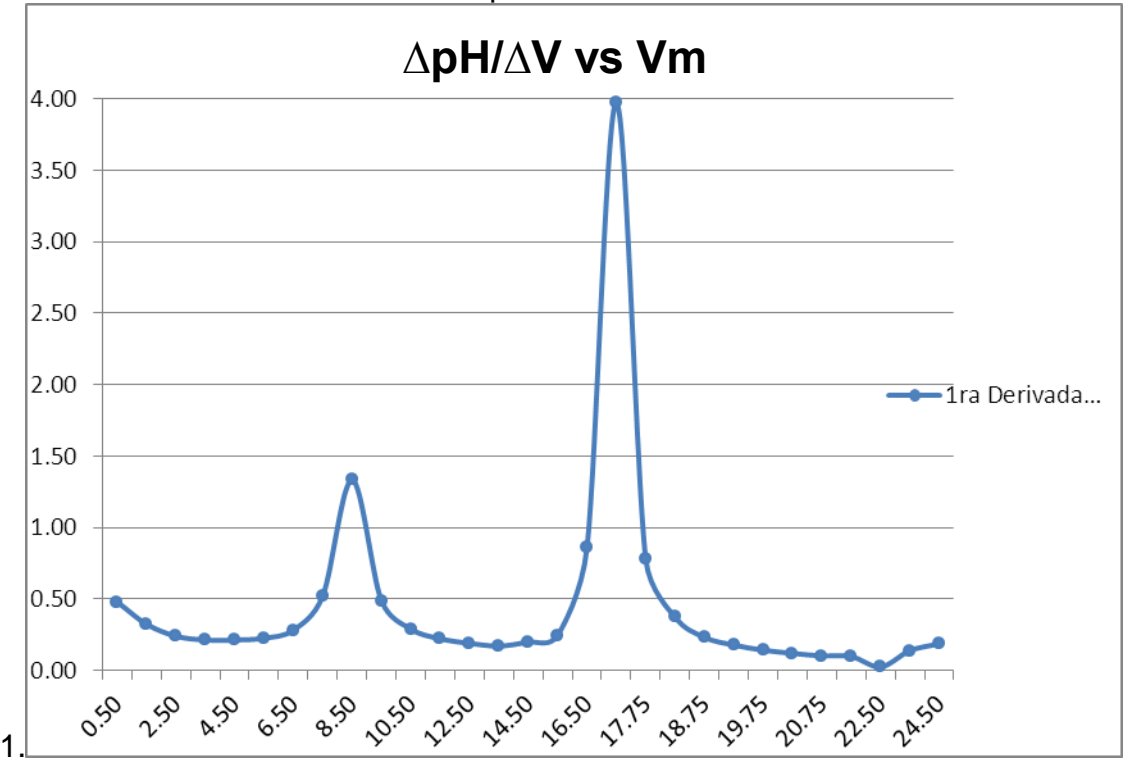
Tabla 14. Valores de pH y volumen máquina 38 titulación 1.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	$\frac{\Delta$ pH / Δ V	Vm, mL	$\frac{\Delta^2$ pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos
1	0,00	11,057							
2	1,00	10,577	0,48	1,00	0,48	0,50	-0,16		
3	2,00	10,253	0,32	1,00	0,32	1,50	-0,08		12,624
4	3,00	10,013	0,24	1,00	0,24	2,50	-0,03		
5	4,00	9,800	0,21	1,00	0,21	3,50	0,00		0,500
6	5,00	9,587	0,21	1,00	0,21	4,50	0,01		
7	6,00	9,361	0,23	1,00	0,23	5,50	0,06		6,232
8	7,00	9,079	0,28	1,00	0,28	6,50	0,24		
9	8,00	8,558	0,52	1,00	0,52	7,50	0,81		0,247
10	9,00	7,225	1,33	1,00	1,33	8,50	-0,85		
11	10,00	6,737	0,49	1,00	0,49	9,50	-0,20		17,247
12	11,00	6,447	0,29	1,00	0,29	10,50	-0,07		
13	12,00	6,225	0,22	1,00	0,22	11,50	-0,03		
14	13,00	6,035	0,19	1,00	0,19	12,50	-0,02		
15	14,00	5,864	0,17	1,00	0,17	13,50	0,03		
16	15,00	5,665	0,20	1,00	0,20	14,50	0,05		
17	16,00	5,419	0,25	1,00	0,25	15,50	0,61		
18	17,00	4,561	0,86	1,00	0,86	16,50	6,23	17,00	
19	17,50	2,574	1,99	0,50	3,97	17,25	-6,39	17,50	
20	18,00	2,185	0,39	0,50	0,78	17,75	-0,81		
21	18,50	1,998	0,19	0,50	0,37	18,25	-0,28		
22	19,00	1,882	0,12	0,50	0,23	18,75	-0,11		
23	19,50	1,793	0,09	0,50	0,18	19,25	-0,07		
24	20,00	1,722	0,07	0,50	0,14	19,75	-0,04		
25	20,50	1,662	0,06	0,50	0,12	20,25	-0,04		
26	21,00	1,611	0,05	0,50	0,10	20,75	0,00		
27	22,00	1,513	0,10	1,00	0,10	21,50	-0,07		
28	23,00	1,488	0,02	1,00	0,02	22,50	0,11		
29	24,00	1,349	0,14	1,00	0,14	23,50	0,05		
30	25,00	1,162	0,19	1,00	0,19	24,50			

Grafica 42. Curva de titulación máquina 38 titulación

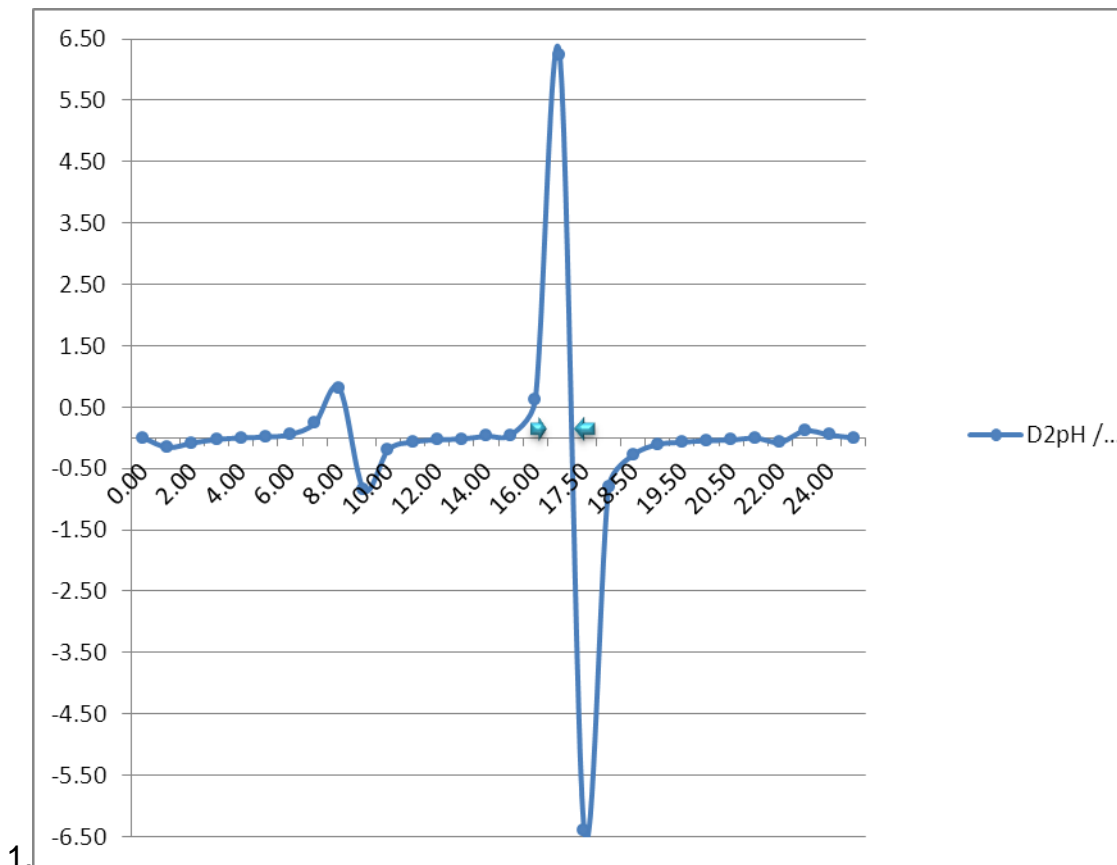


Grafica 43. Primera derivada máquina 38 titulación



Grafica 44. Segunda derivada máquina 38 titulación

$\Delta^2\text{pH} / \Delta V^2$ vs V (ml)

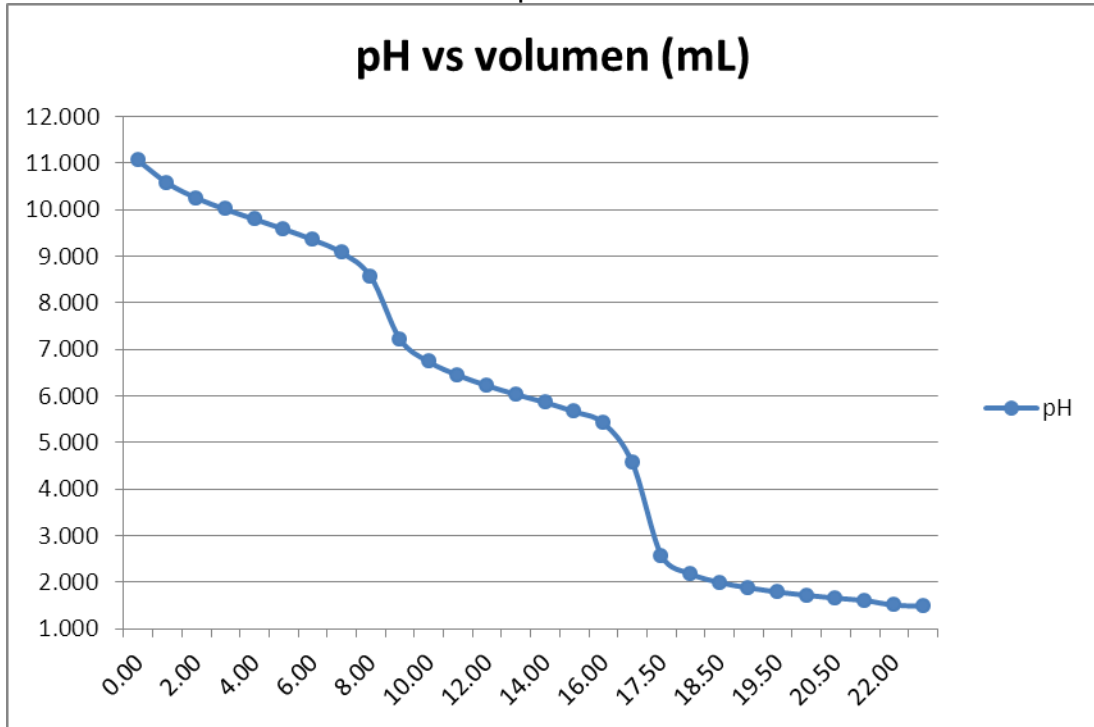


1.

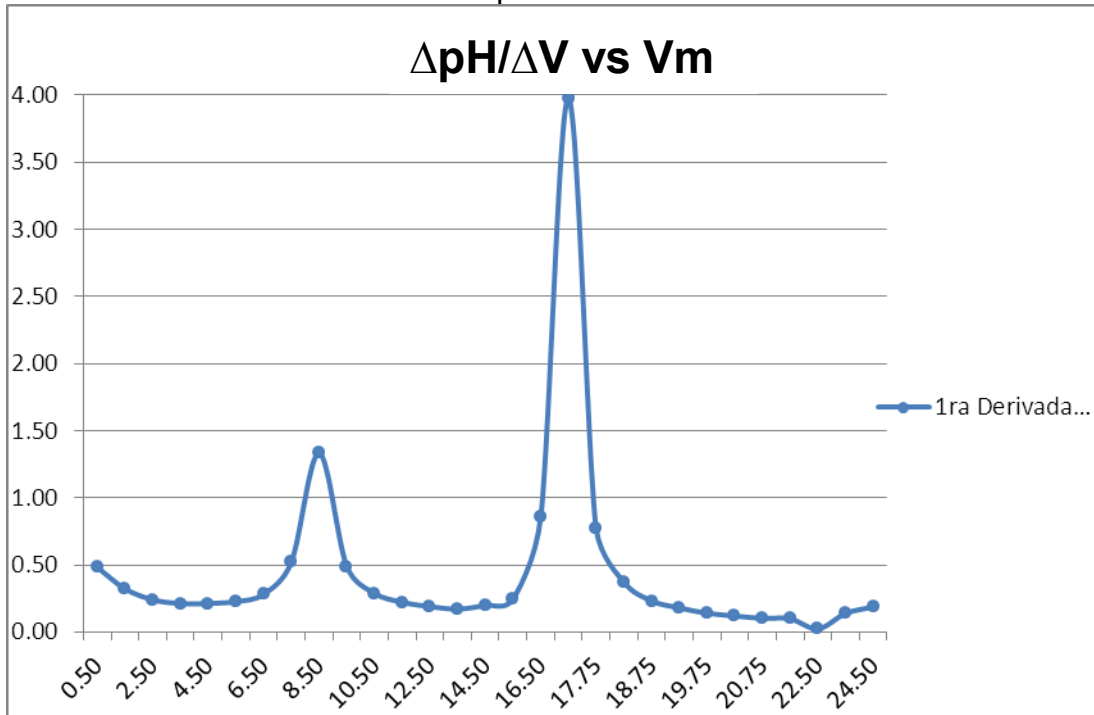
Tabla 15. Valores de pH y volumen máquina 38 titulación 2.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	$\frac{\Delta$ pH}{\DeltaV	Vm, mL	$\frac{\Delta^2$ pH}{\DeltaV ²	V HCl, mL	Cálculos
1	0,00	11,057							
2	1,00	10,575	0,48	1,00	0,48	0,50	-0,16		12,636
3	2,00	10,253	0,32	1,00	0,32	1,50	-0,08		
4	3,00	10,012	0,24	1,00	0,24	2,50	-0,03		0,500
5	4,00	9,800	0,21	1,00	0,21	3,50	0,00		
6	5,00	9,587	0,21	1,00	0,21	4,50	0,01		6,236
7	6,00	9,360	0,23	1,00	0,23	5,50	0,05		
8	7,00	9,079	0,28	1,00	0,28	6,50	0,24		0,247
9	8,00	8,558	0,52	1,00	0,52	7,50	0,81		
10	9,00	7,225	1,33	1,00	1,33	8,50	-0,84		17,247
11	10,00	6,736	0,49	1,00	0,49	9,50	-0,20		
12	11,00	6,447	0,29	1,00	0,29	10,50	-0,07		
13	12,00	6,225	0,22	1,00	0,22	11,50	-0,03		
14	13,00	6,035	0,19	1,00	0,19	12,50	-0,02		
15	14,00	5,864	0,17	1,00	0,17	13,50	0,03		
16	15,00	5,665	0,20	1,00	0,20	14,50	0,05		
17	16,00	5,419	0,25	1,00	0,25	15,50	0,61		
18	17,00	4,561	0,86	1,00	0,86	16,50	6,24	17,00	
19	17,50	2,573	1,99	0,50	3,98	17,25	-6,40	17,50	
20	18,00	2,185	0,39	0,50	0,78	17,75	-0,80		
21	18,50	1,998	0,19	0,50	0,37	18,25	-0,28		
22	19,00	1,882	0,12	0,50	0,23	18,75	-0,10		
23	19,50	1,792	0,09	0,50	0,18	19,25	-0,08		
24	20,00	1,722	0,07	0,50	0,14	19,75	-0,04		
25	20,50	1,662	0,06	0,50	0,12	20,25	-0,04		
26	21,00	1,611	0,05	0,50	0,10	20,75	0,00		
27	22,00	1,512	0,10	1,00	0,10	21,50	-0,08		
28	23,00	1,488	0,02	1,00	0,02	22,50	0,12		
29	24,00	1,349	0,14	1,00	0,14	23,50	0,05		
30	25,00	1,162	0,19	1,00	0,19	24,50			

Grafica 45. Curva de titulación máquina 38 titulación 2.



Grafica 46. Primera derivada máquina 38 titulación 2.



Grafica 47. Segunda derivada máquina 38 titulación

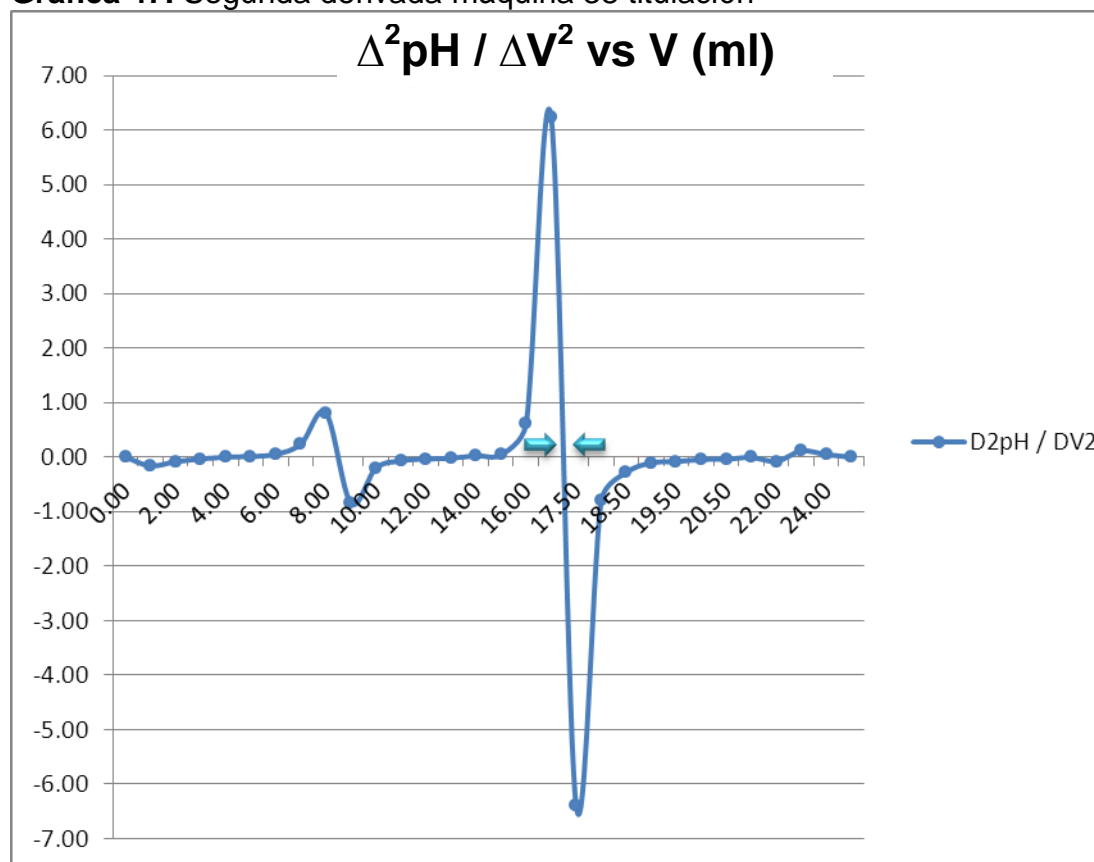
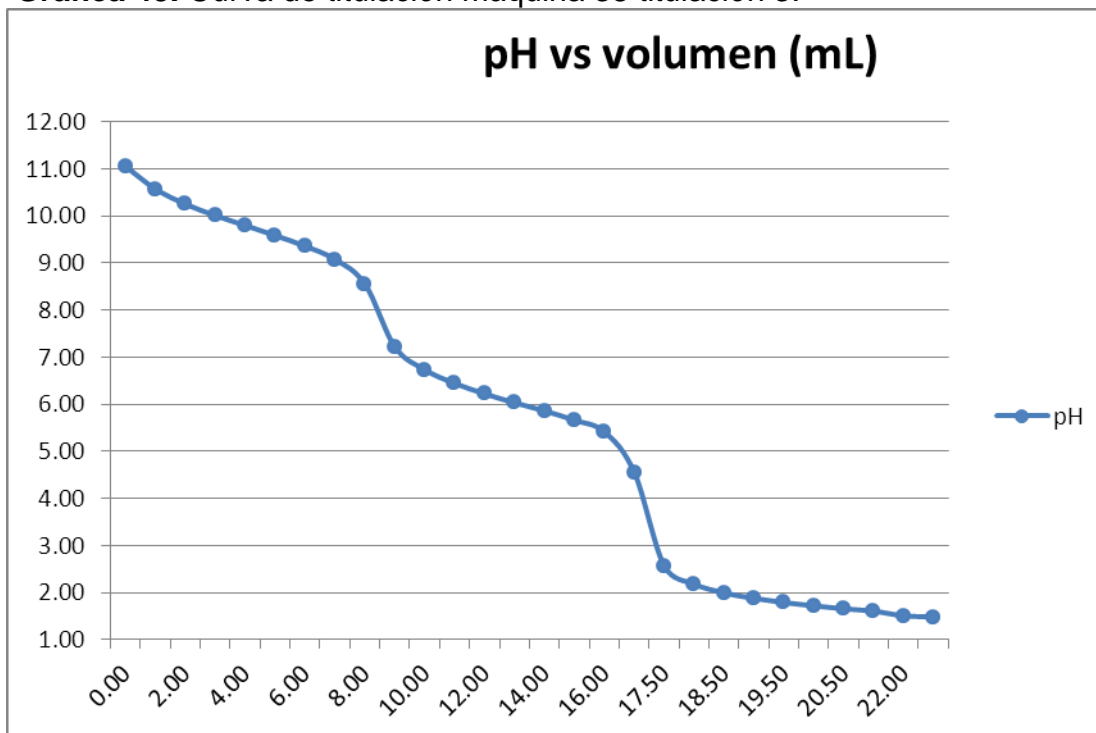


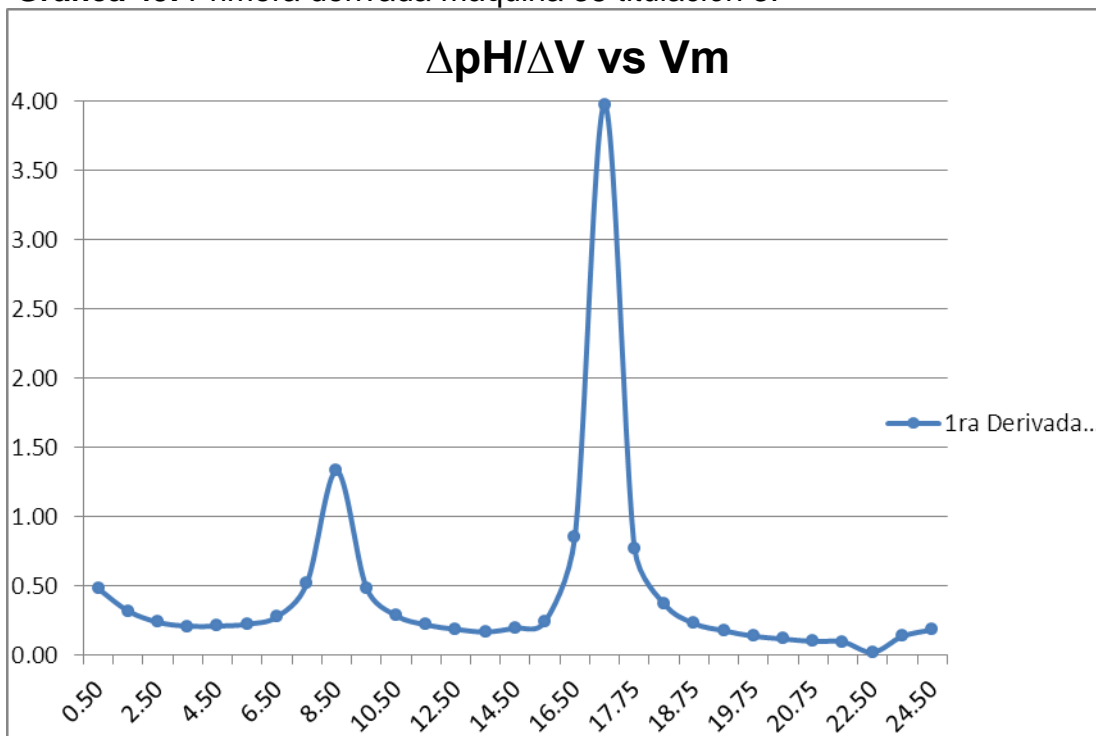
Tabla 16. Valores de pH y volumen máquina 38 titulación 3.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	$\frac{\Delta$ pH / Δ V	Vm, mL	$\frac{\Delta^2$ pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos
1	0,00	11,057							
2	1,00	10,575	0,48	1,00	0,48	0,50	-0,16		
3	2,00	10,253	0,32	1,00	0,32	1,50	-0,08		12,636
4	3,00	10,012	0,24	1,00	0,24	2,50	-0,03		0,500
5	4,00	9,800	0,21	1,00	0,21	3,50	0,00		
6	5,00	9,587	0,21	1,00	0,21	4,50	0,01		6,236
7	6,00	9,360	0,23	1,00	0,23	5,50	0,05		0,247
8	7,00	9,079	0,28	1,00	0,28	6,50	0,24		
9	8,00	8,558	0,52	1,00	0,52	7,50	0,81		
10	9,00	7,225	1,33	1,00	1,33	8,50	-0,84		17,247
11	10,00	6,736	0,49	1,00	0,49	9,50	-0,20		
12	11,00	6,447	0,29	1,00	0,29	10,50	-0,07		
13	12,00	6,225	0,22	1,00	0,22	11,50	-0,03		
14	13,00	6,035	0,19	1,00	0,19	12,50	-0,02		
15	14,00	5,864	0,17	1,00	0,17	13,50	0,03		
16	15,00	5,665	0,20	1,00	0,20	14,50	0,05		
17	16,00	5,419	0,25	1,00	0,25	15,50	0,61		
18	17,00	4,561	0,86	1,00	0,86	16,50	6,24	17,00	
19	17,50	2,573	1,99	0,50	3,98	17,25	-6,40	17,50	
20	18,00	2,185	0,39	0,50	0,78	17,75	-0,80		
21	18,50	1,998	0,19	0,50	0,37	18,25	-0,28		
22	19,00	1,882	0,12	0,50	0,23	18,75	-0,10		
23	19,50	1,792	0,09	0,50	0,18	19,25	-0,08		
24	20,00	1,722	0,07	0,50	0,14	19,75	-0,04		
25	20,50	1,662	0,06	0,50	0,12	20,25	-0,04		
26	21,00	1,611	0,05	0,50	0,10	20,75	0,00		
27	22,00	1,512	0,10	1,00	0,10	21,50	-0,08		
28	23,00	1,488	0,02	1,00	0,02	22,50	0,12		
29	24,00	1,349	0,14	1,00	0,14	23,50	0,05		
30	25,00	1,162	0,19	1,00	0,19	24,50			

Grafica 48. Curva de titulación máquina 38 titulación 3.



Grafica 49. Primera derivada máquina 38 titulación 3.



Grafica 50. Segunda derivada máquina 38 titulación 3.

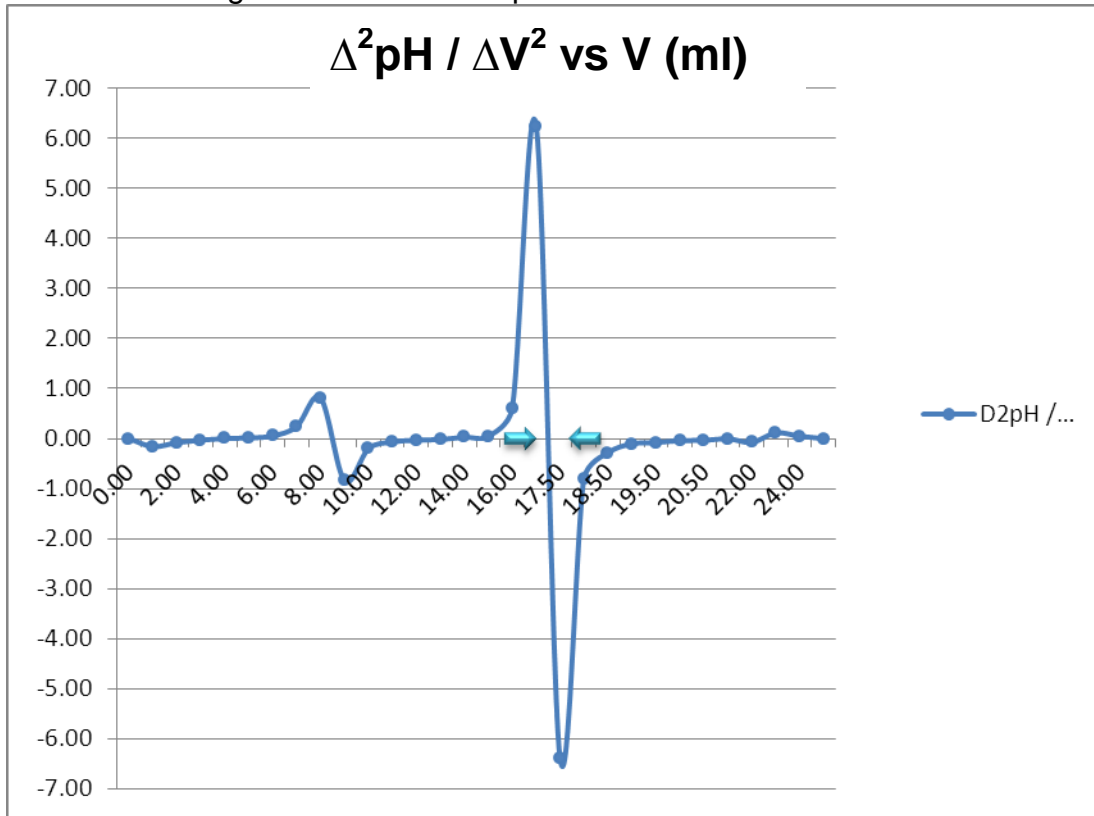
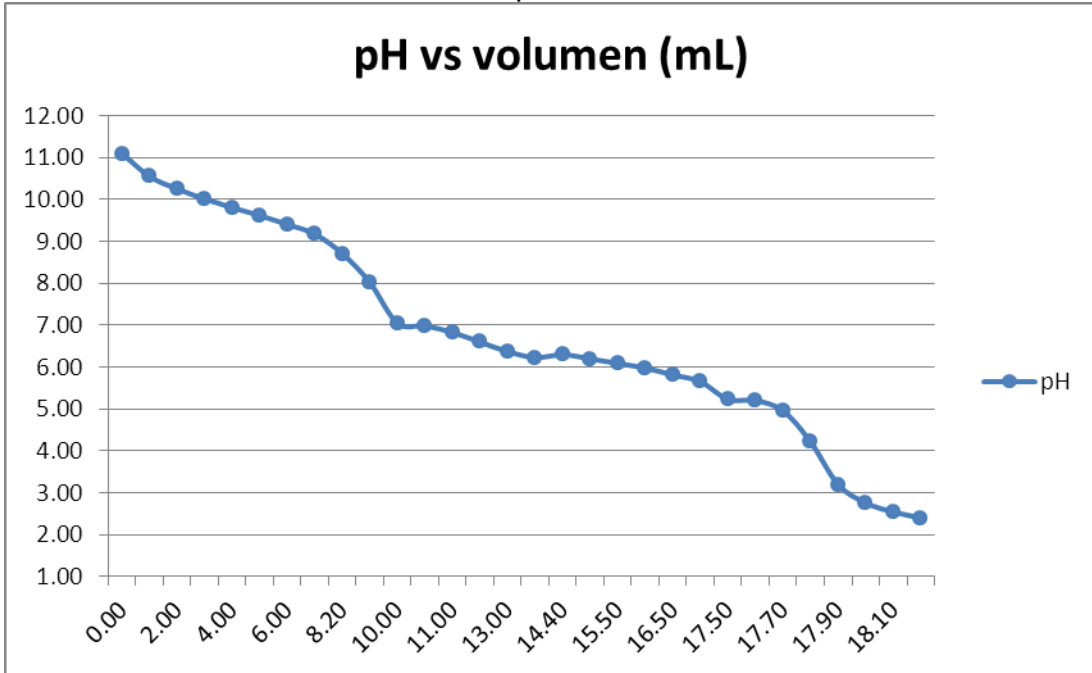


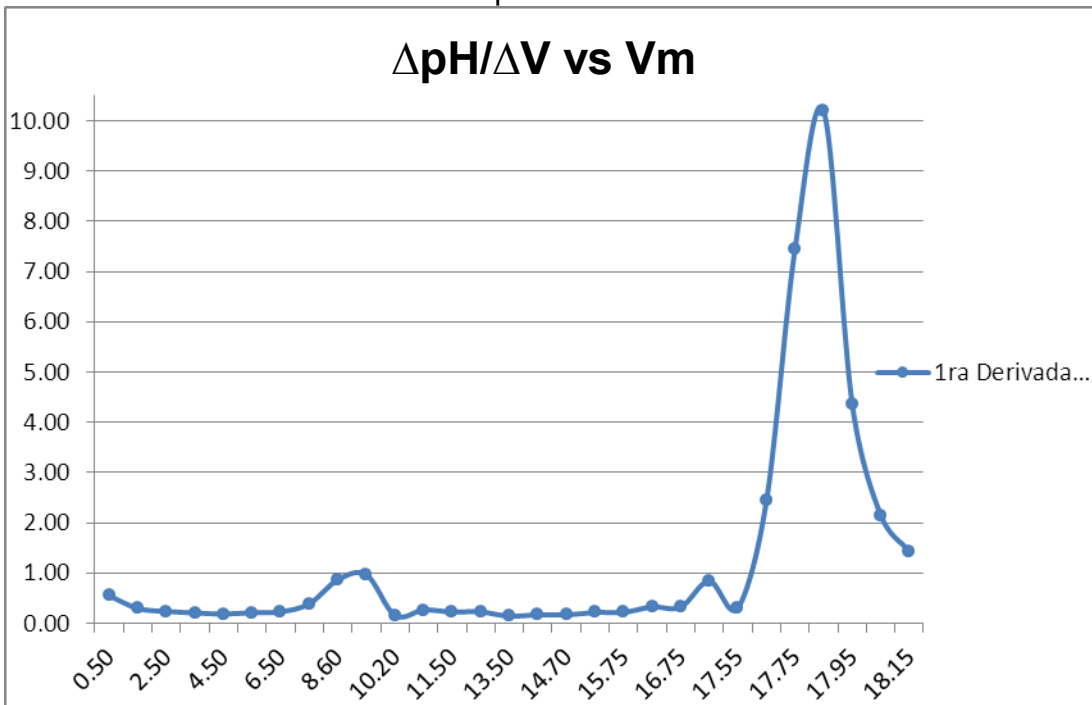
Tabla 17. Valores de pH y volumen máquina 39 titulación 1.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	$\frac{\Delta$ pH / Δ V	Vm, mL	$\frac{\Delta^2$ pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos
1	0,00	11,101							
2	1,00	10,552	0,55	1,00	0,55	0,50	-0,25		
3	2,00	10,255	0,30	1,00	0,30	1,50	-0,06		108,500
4	3,00	10,016	0,24	1,00	0,24	2,50	-0,03		0,200
5	4,00	9,807	0,21	1,00	0,21	3,50	-0,02		
6	5,00	9,621	0,19	1,00	0,19	4,50	0,03		50,200
7	6,00	9,407	0,21	1,00	0,21	5,50	0,02		
8	7,00	9,176	0,23	1,00	0,23	6,50	0,13		0,093
9	8,20	8,708	0,47	1,20	0,39	7,60	0,60		
10	9,00	8,015	0,69	0,80	0,87	8,60	0,10		17,793
11	10,00	7,048	0,97	1,00	0,97	9,50	-2,02		
12	10,40	6,985	0,06	0,40	0,16	10,20	0,18		
13	11,00	6,826	0,16	0,60	0,27	10,70	-0,04		
14	12,00	6,598	0,23	1,00	0,23	11,50	0,00		
15	13,00	6,370	0,23	1,00	0,23	12,50	-0,09		
16	14,00	6,227	0,14	1,00	0,14	13,50	0,07		
17	14,40	6,296	0,07	0,40	0,17	14,20	-0,01		
18	15,00	6,195	0,10	0,60	0,17	14,70	0,10		
19	15,50	6,086	0,11	0,50	0,22	15,25	0,00		
20	16,00	5,976	0,11	0,50	0,22	15,75	0,22		
21	16,50	5,812	0,16	0,50	0,33	16,25	-0,01		
22	17,00	5,650	0,16	0,50	0,32	16,75	1,03		
23	17,50	5,230	0,42	0,50	0,84	17,25	-5,30		
24	17,60	5,199	0,03	0,10	0,31	17,55	21,30		
25	17,70	4,955	0,24	0,10	2,44	17,65	50,20	17,70	
26	17,80	4,209	0,75	0,10	7,46	17,75	27,30		
27	17,90	3,190	1,02	0,10	10,19	17,85	-58,30	17,90	
28	18,00	2,754	0,44	0,10	4,36	17,95	-22,10		
29	18,10	2,539	0,22	0,10	2,15	18,05	-7,20		
30	18,20	2,396	0,14	0,10	1,43	18,15			

Grafica 51. Curva de titulación máquina 39 titulación 1.



Grafica 52. Primera derivada máquina 39 titulación 1.



Grafica 53. Segunda derivada máquina 39 titulación 1.

$\Delta^2\text{pH} / \Delta V^2$ vs V (ml)

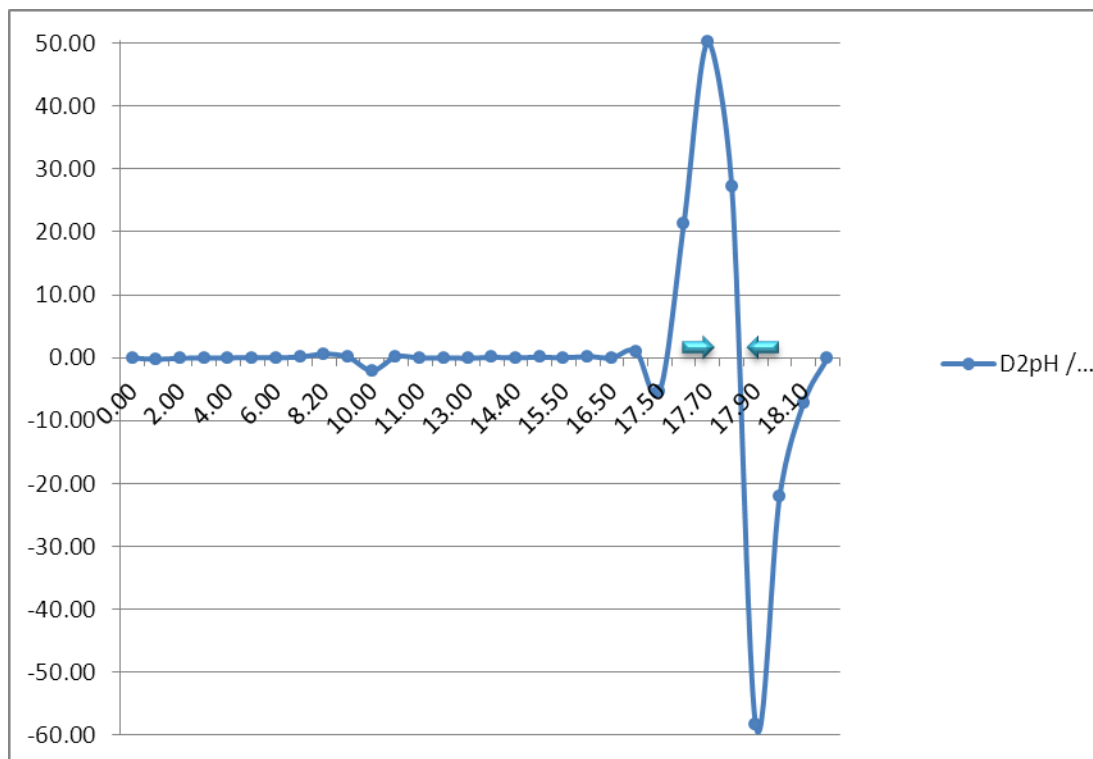
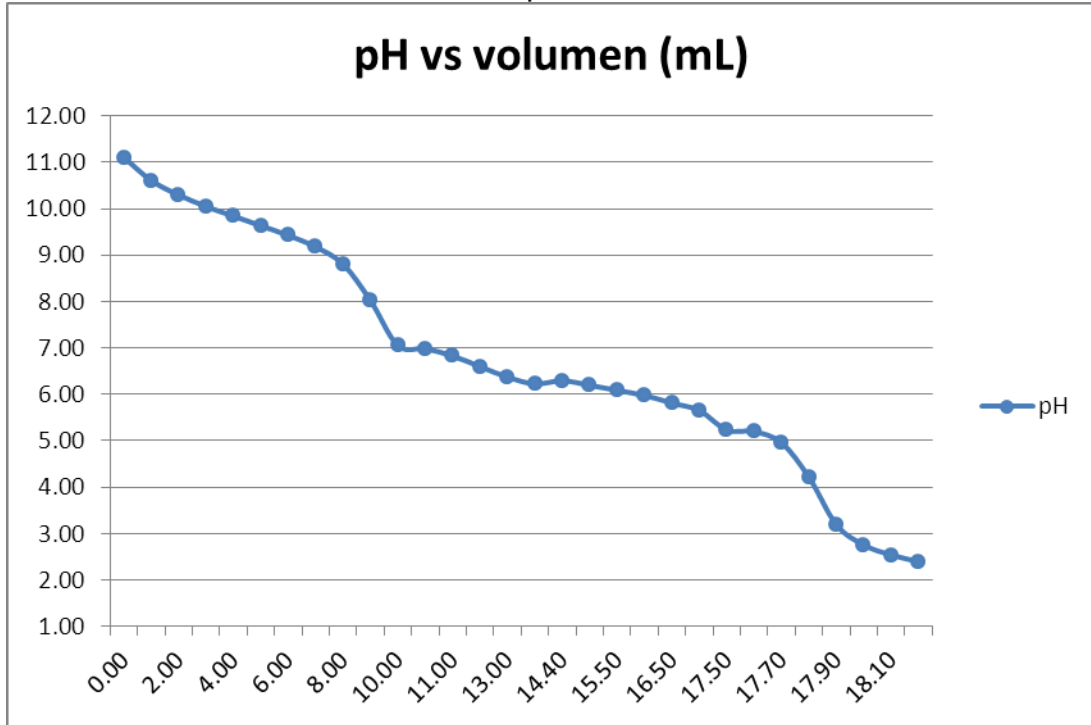


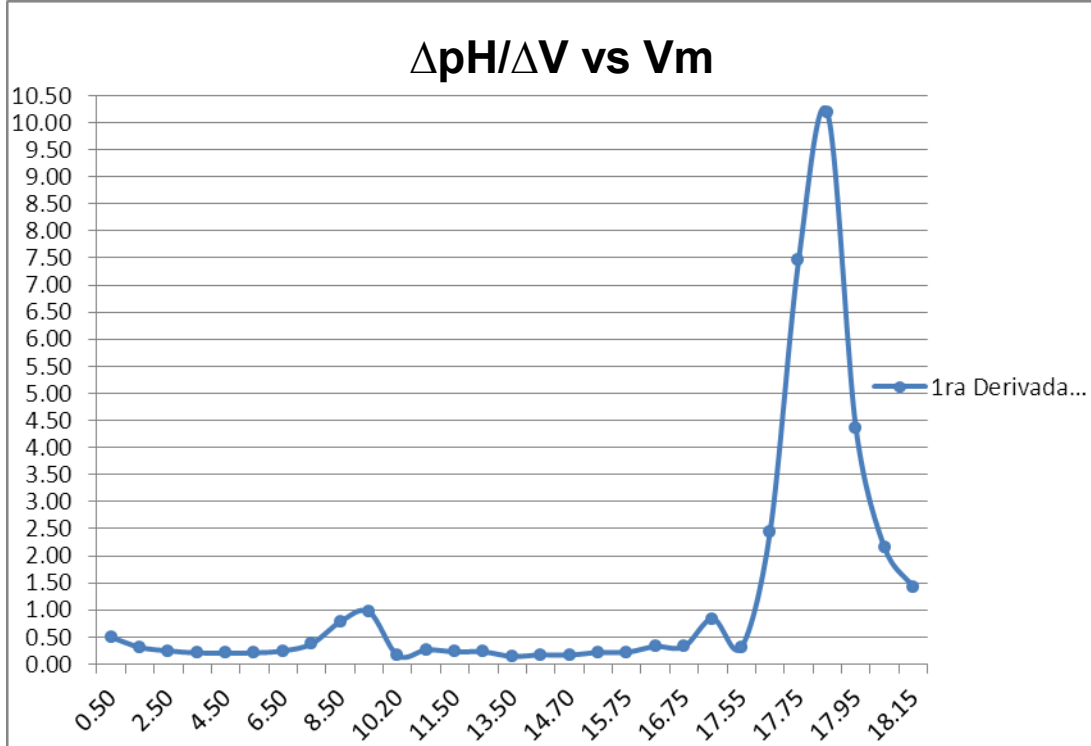
Tabla 18. Valores de pH y volumen máquina 39 titulación 2.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	$\frac{\Delta$ pH / Δ V	Vm, mL	$\frac{\Delta^2$ pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos
1	0,00	11,101							
2	1,00	10,605	0,50	1,00	0,50	0,50	-0,19		
3	2,00	10,294	0,31	1,00	0,31	1,50	-0,06	108,500	
4	3,00	10,047	0,25	1,00	0,25	2,50	-0,04	0,200	
5	4,00	9,839	0,21	1,00	0,21	3,50	0,00		
6	5,00	9,632	0,21	1,00	0,21	4,50	0,00	50,200	
7	6,00	9,423	0,21	1,00	0,21	5,50	0,04		
8	7,00	9,176	0,25	1,00	0,25	6,50	0,13	0,093	
9	8,00	8,799	0,38	1,00	0,38	7,50	0,41		
10	9,00	8,015	0,78	1,00	0,78	8,50	0,18	17,700	
11	10,00	7,048	0,97	1,00	0,97	9,50	-2,02		
12	10,40	6,985	0,06	0,40	0,16	10,20	0,18		
13	11,00	6,826	0,16	0,60	0,27	10,70	-0,04		
14	12,00	6,598	0,23	1,00	0,23	11,50	0,00		
15	13,00	6,370	0,23	1,00	0,23	12,50	-0,09		
16	14,00	6,227	0,14	1,00	0,14	13,50	0,07		
17	14,40	6,296	0,07	0,40	0,17	14,20	-0,01		
18	15,00	6,195	0,10	0,60	0,17	14,70	0,10		
19	15,50	6,086	0,11	0,50	0,22	15,25	0,00		
20	16,00	5,976	0,11	0,50	0,22	15,75	0,22		
21	16,50	5,812	0,16	0,50	0,33	16,25	-0,01		
22	17,00	5,650	0,16	0,50	0,32	16,75	1,03		
23	17,50	5,230	0,42	0,50	0,84	17,25	-5,30		
24	17,60	5,199	0,03	0,10	0,31	17,55	21,30		
25	17,70	4,955	0,24	0,10	2,44	17,65	50,20	17,70	
26	17,80	4,209	0,75	0,10	7,46	17,75	27,30		
27	17,90	3,190	1,02	0,10	10,19	17,85	-58,30	17,90	
28	18,00	2,754	0,44	0,10	4,36	17,95	-22,10		
29	18,10	2,539	0,22	0,10	2,15	18,05	-7,20		
30	18,20	2,396	0,14	0,10	1,43	18,15			

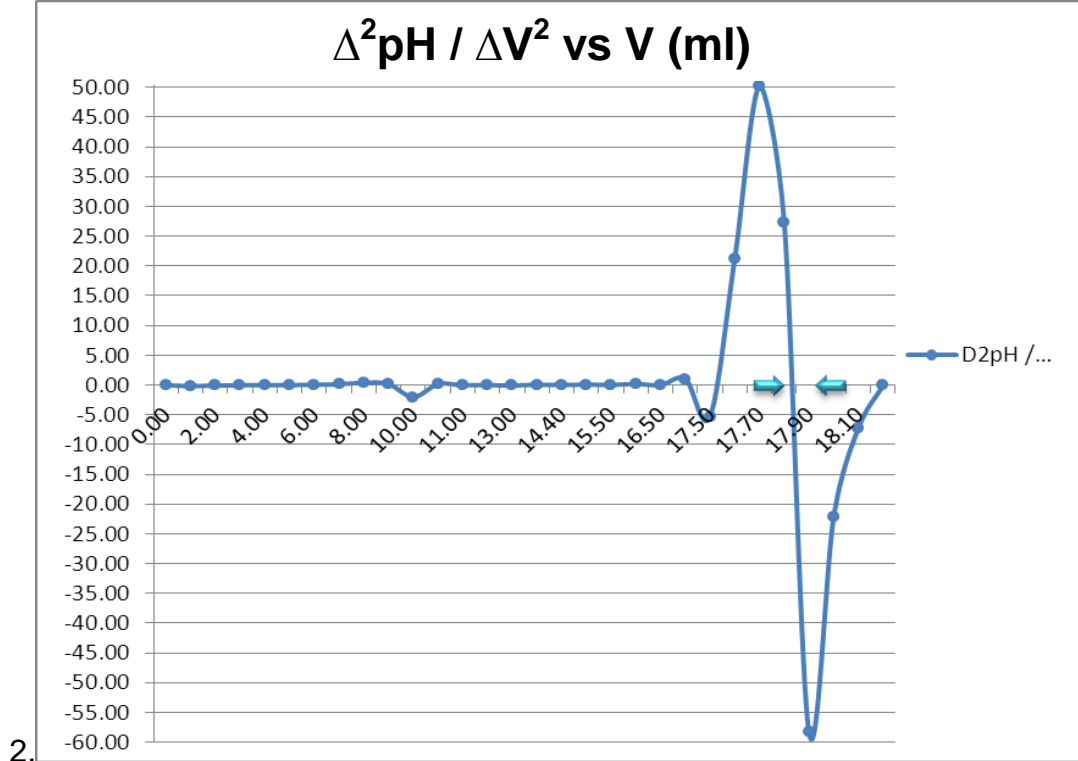
Grafica 54. Curva de titulación máquina 39 titulación 2.



Grafica 55. Primera derivada máquina 39 titulación 2.



Grafica 56. Segunda derivada máquina 39 titulación

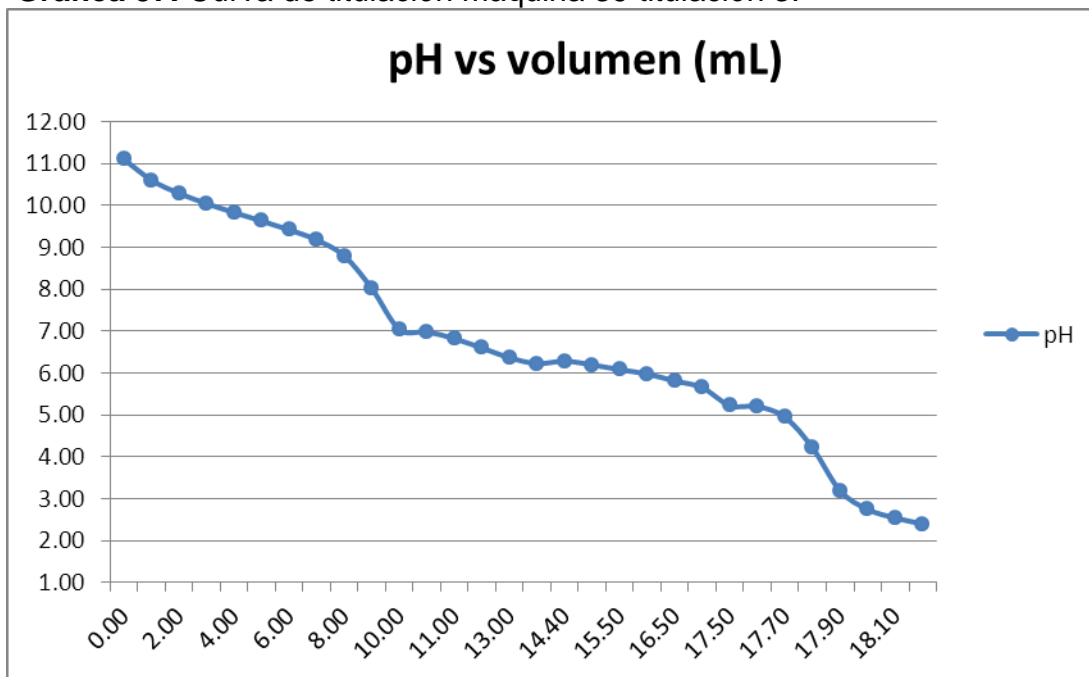


2.

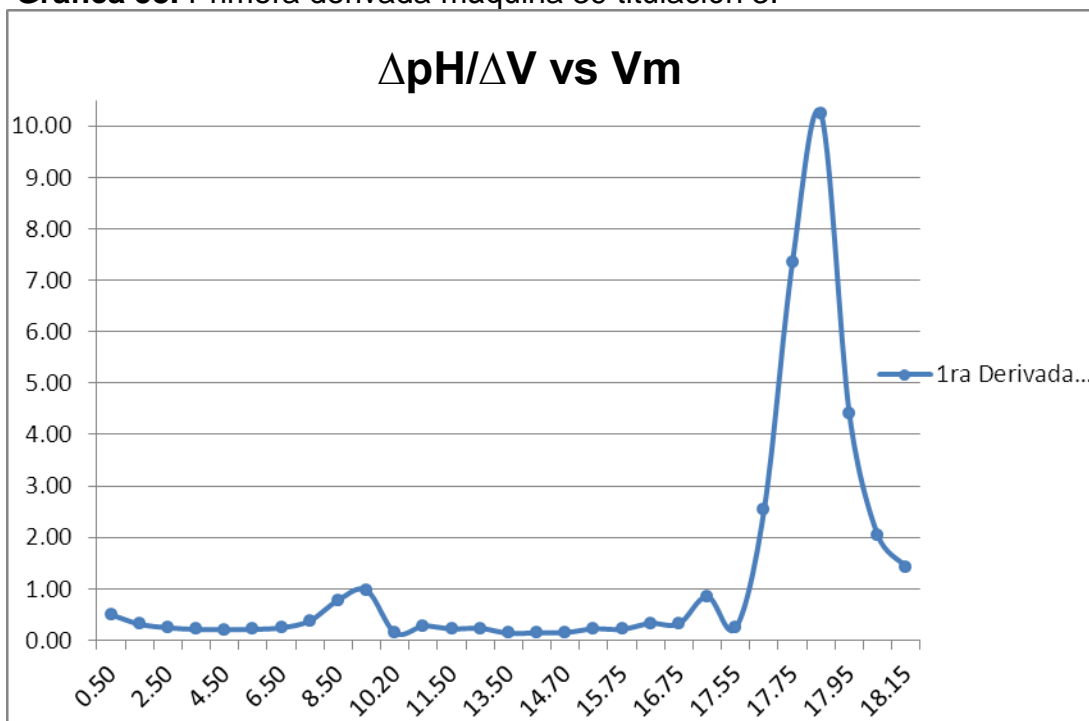
Tabla 19. Valores de pH y volumen máquina 39 titulación 3.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	$\frac{\Delta$ pH / Δ V	Vm, mL	$\frac{\Delta^2$ pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos
1	0,00	11,103							
2	1,00	10,605	0,50	1,00	0,50	0,50	-0,18		
3	2,00	10,291	0,31	1,00	0,31	1,50	-0,07		106,500
4	3,00	10,047	0,24	1,00	0,24	2,50	-0,03		0,200
5	4,00	9,835	0,21	1,00	0,21	3,50	-0,01		
6	5,00	9,632	0,20	1,00	0,20	4,50	0,01		48,200
7	6,00	9,420	0,21	1,00	0,21	5,50	0,03		
8	7,00	9,176	0,24	1,00	0,24	6,50	0,14		0,091
9	8,00	8,797	0,38	1,00	0,38	7,50	0,40		
10	9,00	8,015	0,78	1,00	0,78	8,50	0,19		17,700
11	10,00	7,042	0,97	1,00	0,97	9,50	-2,08		
12	10,40	6,985	0,06	0,40	0,14	10,20	0,22		
13	11,00	6,820	0,17	0,60	0,28	10,70	-0,05		
14	12,00	6,598	0,22	1,00	0,22	11,50	0,01		
15	13,00	6,365	0,23	1,00	0,23	12,50	-0,09		
16	14,00	6,227	0,14	1,00	0,14	13,50	0,02		
17	14,40	6,285	0,06	0,40	0,14	14,20	0,01		
18	15,00	6,195	0,09	0,60	0,15	14,70	0,15		
19	15,50	6,083	0,11	0,50	0,22	15,25	-0,02		
20	16,00	5,976	0,11	0,50	0,21	15,75	0,23		
21	16,50	5,811	0,17	0,50	0,33	16,25	-0,02		
22	17,00	5,650	0,16	0,50	0,32	16,75	1,06		
23	17,50	5,223	0,43	0,50	0,85	17,25	-6,14		
24	17,60	5,199	0,02	0,10	0,24	17,55	23,00		
25	17,70	4,945	0,25	0,10	2,54	17,65	48,20	17,70	
26	17,80	4,209	0,74	0,10	7,36	17,75	28,80		
27	17,90	3,185	1,02	0,10	10,24	17,85	-58,30	17,90	
28	18,00	2,744	0,44	0,10	4,41	17,95	-23,60		
29	18,10	2,539	0,21	0,10	2,05	18,05	-6,20		
30	18,20	2,396	0,14	0,10	1,43	18,15			

Grafica 57. Curva de titulación máquina 39 titulación 3.



Grafica 58. Primera derivada máquina 39 titulación 3.



Grafica 59. Segunda derivada máquina 39 titulación 3.

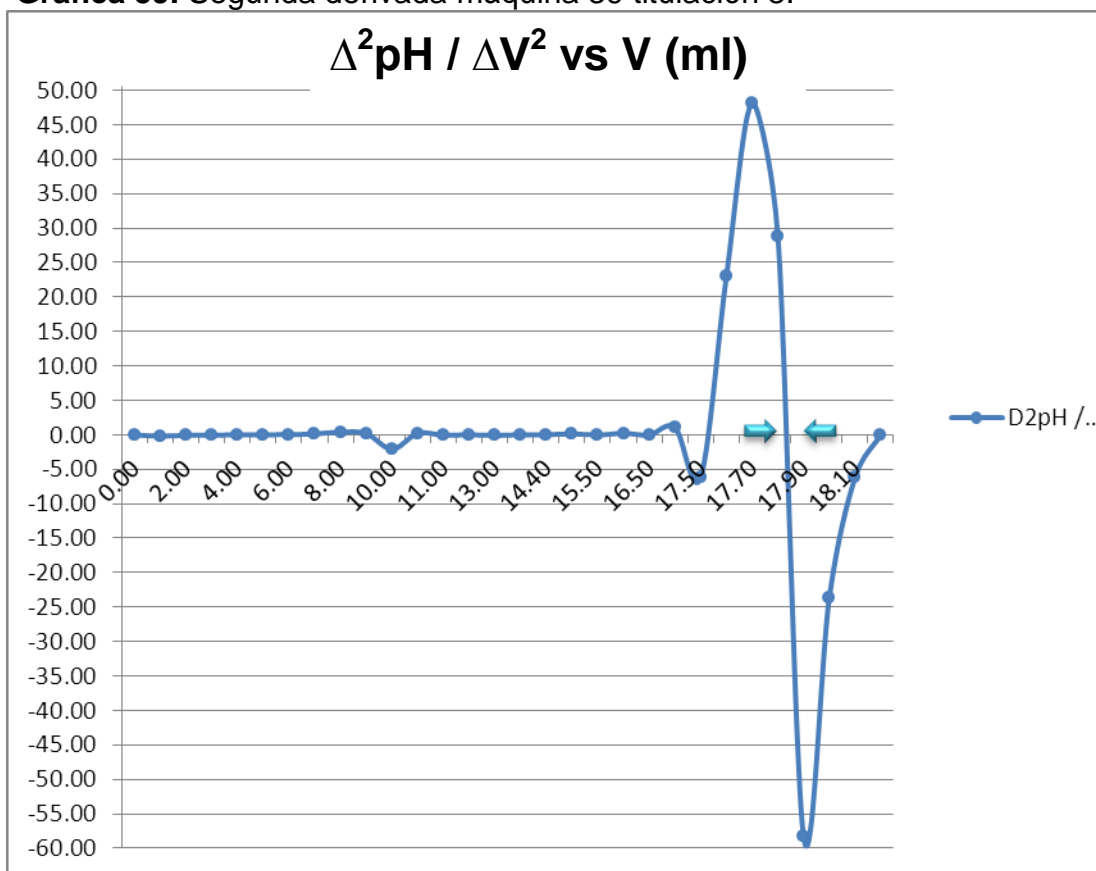
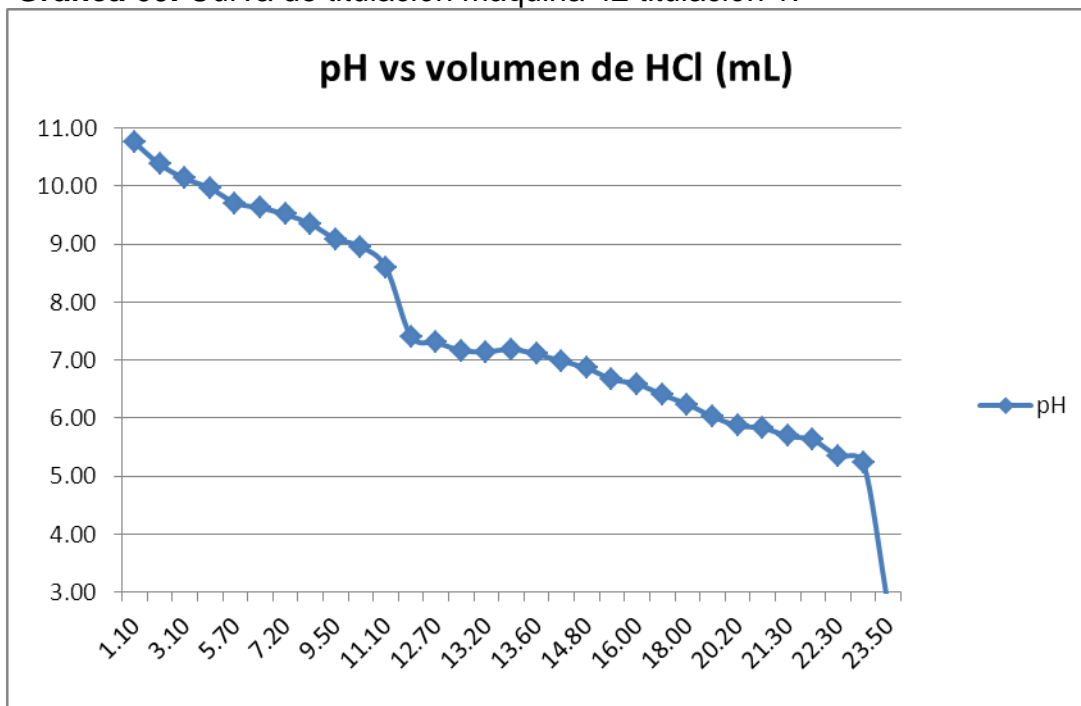


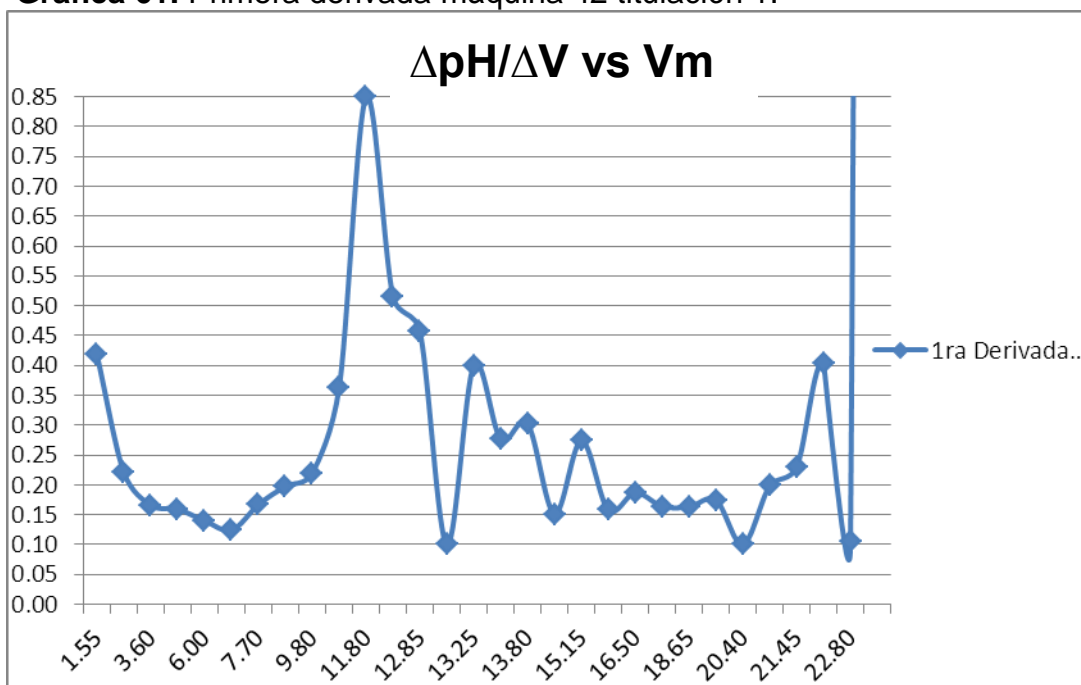
Tabla 20. Valores de pH y volumen máquina 42 titulación 1. TEST.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	Δ pH / Δ V	Vm, mL	Δ^2 pH / ΔV^2	V HCl, mL	Cálculos V HCl gastado
1	1,10	10,752							
2	2,00	10,376	0,38	0,90	0,42	1,55	-0,18		
3	3,10	10,133	0,24	1,10	0,22	2,55	-0,05	63,708	
4	4,10	9,967	0,17	1,00	0,17	3,60	0,00	10,300	
5	5,70	9,712	0,26	1,60	0,16	4,90	-0,03		
6	6,30	9,628	0,08	0,60	0,14	6,00	-0,02	61,925	
7	7,20	9,516	0,11	0,90	0,12	6,75	0,04		
8	8,20	9,349	0,17	1,00	0,17	7,70	0,02	10,012	
9	9,50	9,092	0,26	1,30	0,20	8,85	0,04		
10	10,10	8,960	0,13	0,60	0,22	9,80	0,14	23,012	
11	11,10	8,597	0,36	1,00	0,36	10,60	0,35		
12	12,50	7,408	1,19	1,40	0,85	11,80	-1,67		
13	12,70	7,305	0,10	0,20	0,52	12,60	-0,19		
14	13,00	7,168	0,14	0,30	0,46	12,85	-1,78	13,00	
15	13,20	7,148	0,02	0,20	0,10	13,10	3,00		
16	13,30	7,188	0,04	0,10	0,40	13,25	-0,41		
17	13,60	7,105	0,08	0,30	0,28	13,45	0,06		
18	14,00	6,984	0,12	0,40	0,30	13,80	-0,19		
19	14,80	6,863	0,12	0,80	0,15	14,40	0,18		
20	15,50	6,671	0,19	0,70	0,27	15,15	-0,23		
21	16,00	6,592	0,08	0,50	0,16	15,75	0,03		
22	17,00	6,405	0,19	1,00	0,19	16,50	-0,02		
23	18,00	6,241	0,16	1,00	0,16	17,50	0,00		
24	19,30	6,029	0,21	1,30	0,16	18,65	0,01		
25	20,20	5,872	0,16	0,90	0,17	19,75	-0,19		
26	20,60	5,832	0,04	0,40	0,10	20,40	0,14		
27	21,30	5,693	0,14	0,70	0,20	20,95	0,10		
28	21,60	5,624	0,07	0,30	0,23	21,45	0,25		
29	22,30	5,342	0,28	0,70	0,40	21,95	-0,30		
30	23,30	5,237	0,11	1,00	0,11	22,80	61,93	23,30	
31	23,50	2,739	2,50	0,20	12,49	23,40			

Grafica 60. Curva de titulación máquina 42 titulación 1.



Grafica 61. Primera derivada máquina 42 titulación 1.



Grafica 62. Segunda derivada máquina 42 titulación 1.

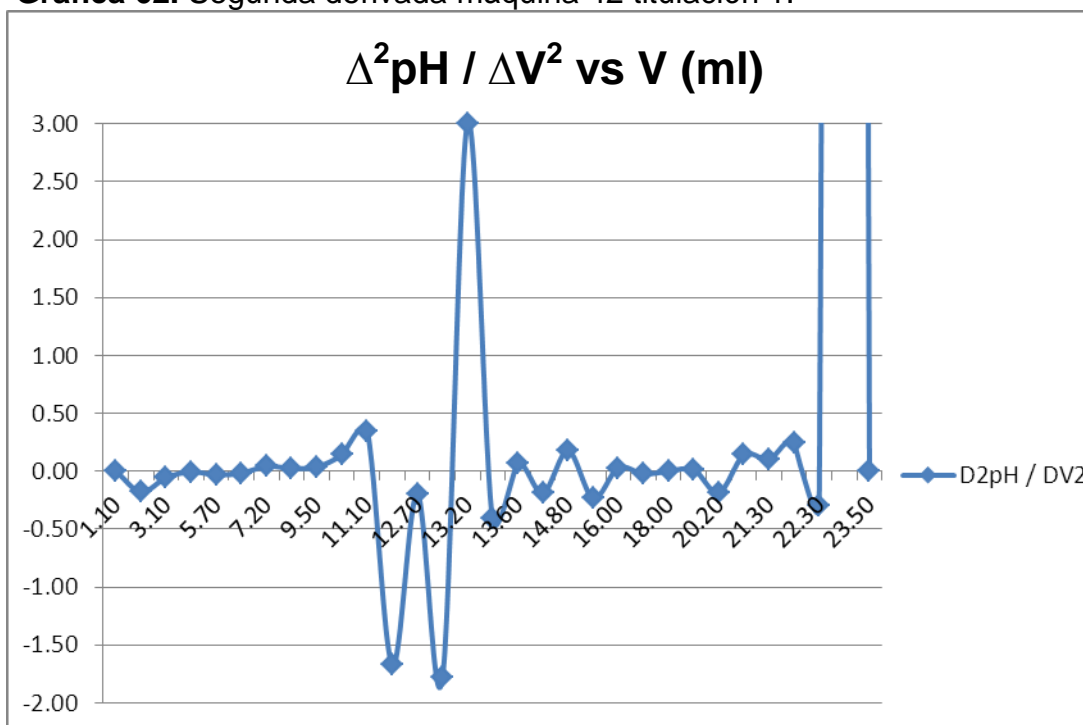
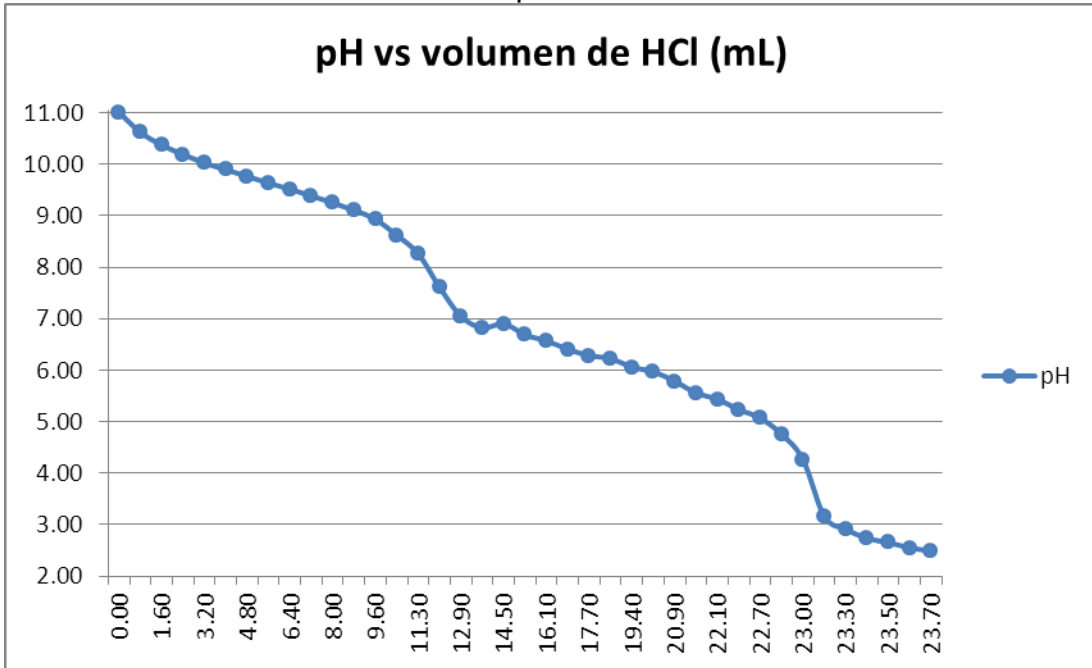


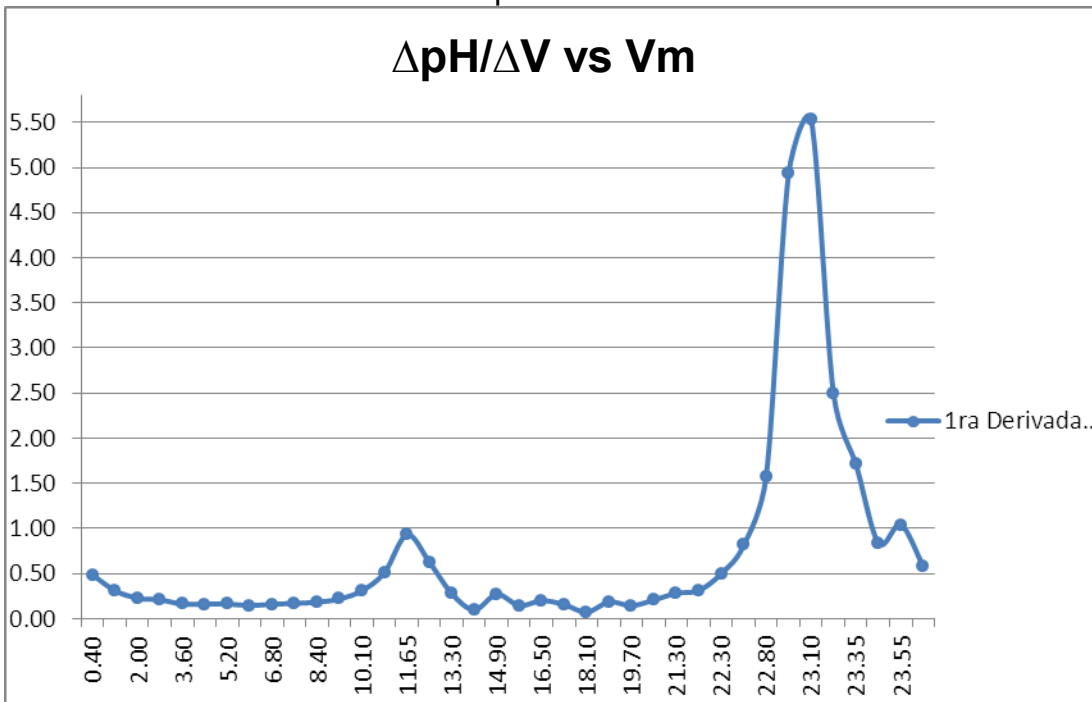
Tabla 21. Valores de pH y volumen máquina 42 titulación 2.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	Δ pH / Δ V	Vm, mL	Δ^2 pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos V HCl gastado
1	0,00	11,009							
2	0,80	10,621	0,39	0,80	0,49	0,40	-0,22		
3	1,60	10,373	0,25	0,80	0,31	1,20	-0,10	63,900	
4	2,40	10,191	0,18	0,80	0,23	2,00	-0,02	0,300	
5	3,20	10,024	0,17	0,80	0,21	2,80	-0,06		
6	4,00	9,894	0,13	0,80	0,16	3,60	0,00	33,500	
7	4,80	9,765	0,13	0,80	0,16	4,40	0,00		
8	5,60	9,634	0,13	0,80	0,16	5,20	-0,02	0,157	
9	6,40	9,517	0,12	0,80	0,15	6,00	0,02		
10	7,20	9,388	0,13	0,80	0,16	6,80	0,01	23,057	
11	8,00	9,252	0,14	0,80	0,17	7,60	0,02		
12	8,80	9,105	0,15	0,80	0,18	8,40	0,04		
13	9,60	8,930	0,18	0,80	0,22	9,20	0,09		
14	10,60	8,618	0,31	1,00	0,31	10,10	0,28		
15	11,30	8,260	0,36	0,70	0,51	10,95	0,60		
16	12,00	7,608	0,65	0,70	0,93	11,65	-0,34		
17	12,90	7,044	0,56	0,90	0,63	12,45	-0,44		
18	13,70	6,823	0,22	0,80	0,28	13,30	-0,22		
19	14,50	6,902	0,08	0,80	0,10	14,10	0,21		
20	15,30	6,686	0,22	0,80	0,27	14,90	-0,15		
21	16,10	6,569	0,12	0,80	0,15	15,70	0,07		
22	16,90	6,408	0,16	0,80	0,20	16,50	-0,06		
23	17,70	6,283	0,13	0,80	0,16	17,30	-0,10		
24	18,50	6,225	0,06	0,80	0,07	18,10	0,13		
25	19,40	6,058	0,17	0,90	0,19	18,95	-0,07		
26	20,00	5,971	0,09	0,60	0,14	19,70	0,07		
27	20,90	5,784	0,19	0,90	0,21	20,45	0,09		
28	21,70	5,558	0,23	0,80	0,28	21,30	0,07		
29	22,10	5,433	0,13	0,40	0,31	21,90	0,47		
30	22,50	5,233	0,20	0,40	0,50	22,30	1,57		
31	22,70	5,070	0,16	0,20	0,82	22,60	3,83		
32	22,90	4,754	0,32	0,20	1,58	22,80	33,50	22,90	
33	23,00	4,261	0,49	0,10	4,93	22,95	3,00		
34	23,20	3,155	1,11	0,20	5,53	23,10	-30,40	23,20	
35	23,30	2,906	0,25	0,10	2,49	23,25	-7,80		
36	23,40	2,735	0,17	0,10	1,71	23,35	-8,70		
37	23,50	2,651	0,08	0,10	0,84	23,45	2,00		
38	23,60	2,547	0,10	0,10	1,04	23,55	-4,60		
39	23,70	2,489	0,06	0,10	0,58	23,65			

Grafica 63. Curva de titulación máquina 42 titulación 2.



Grafica 64. Primera derivada máquina 42 titulación 2.



Grafica 65. Segunda derivada máquina 42 titulación 2.

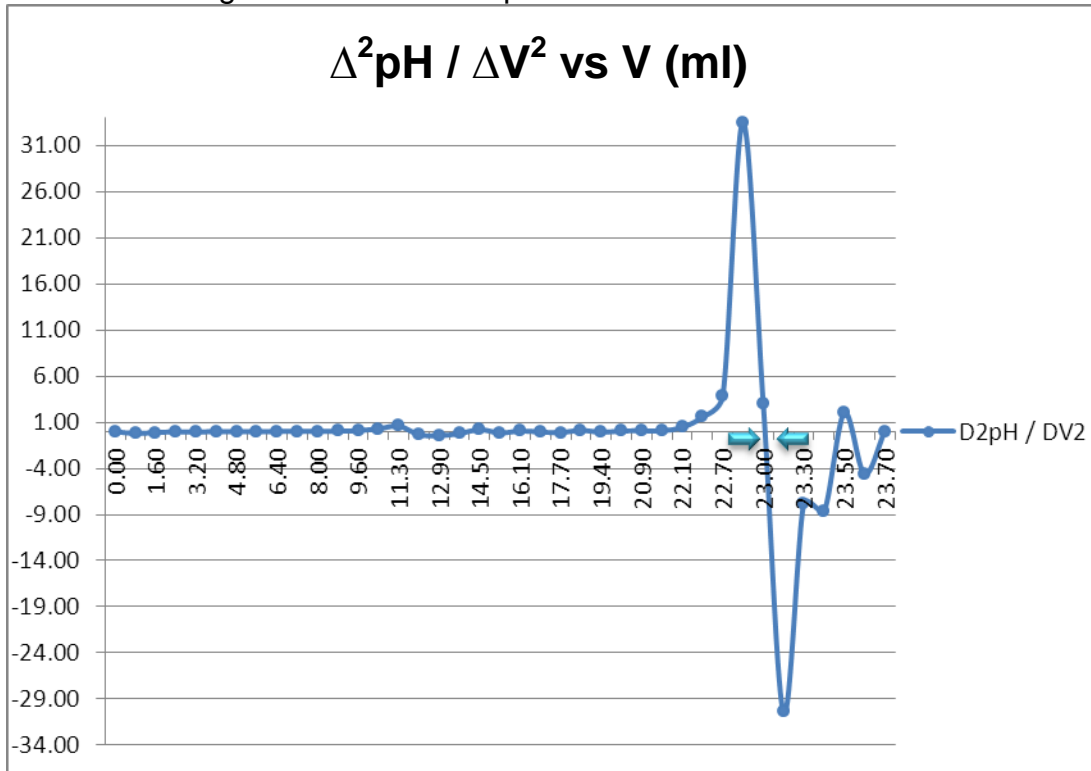
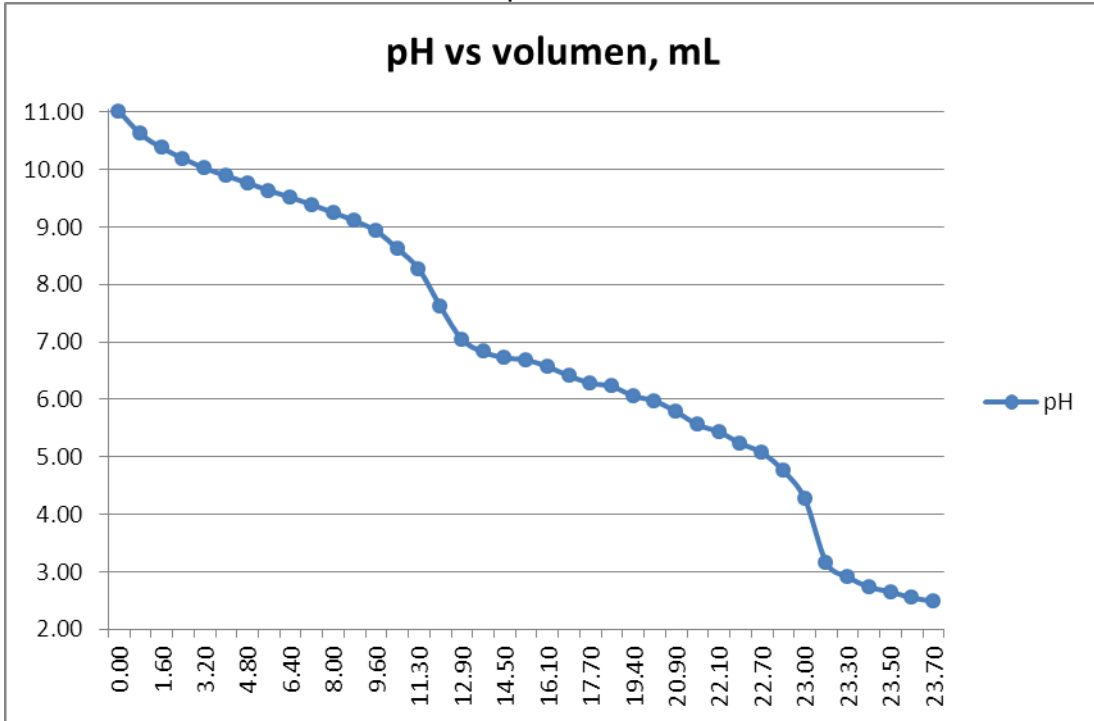


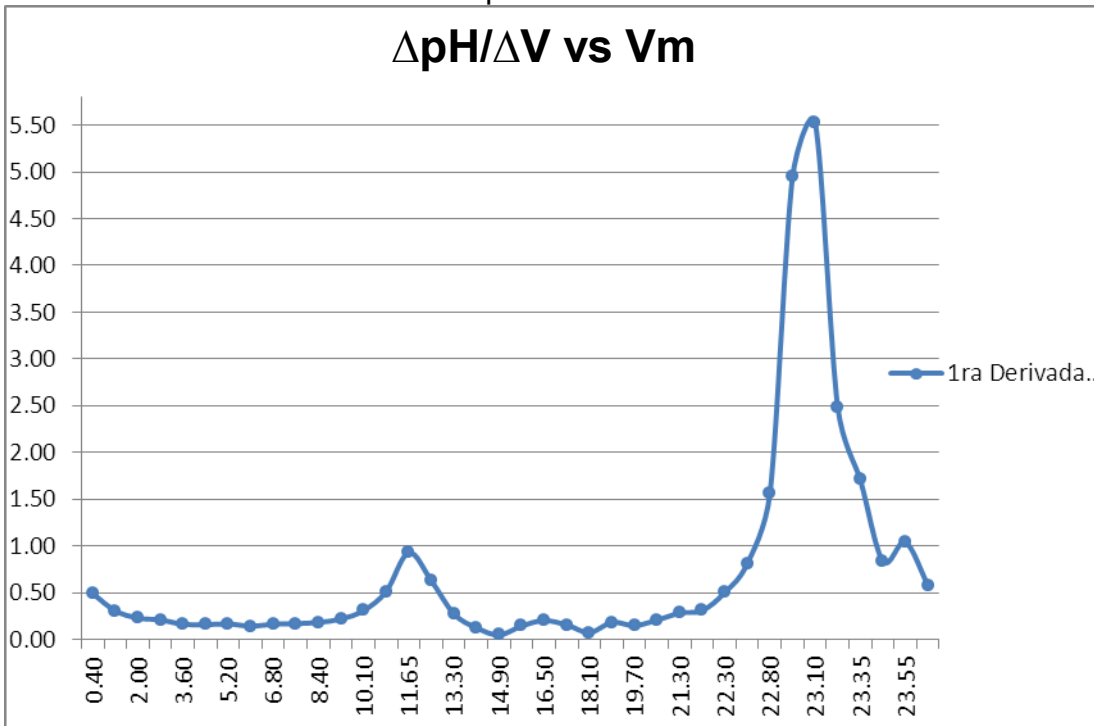
Tabla 22. Valores de pH y volumen máquina 42 titulación 3.

	V HCl, mL	pH	Δ pH	Δ V	Δ pH / Δ V	Vm, mL	Δ^2 pH / Δ V ²	V HCl, mL	Cálculos V HCl gastado
1	0,00	11,013							
2	0,80	10,621	0,39	0,80	0,49	0,40	-0,23		
3	1,60	10,376	0,25	0,80	0,31	1,20	-0,10	64,200	
4	2,40	10,192	0,18	0,80	0,23	2,00	-0,02	0,300	
5	3,20	10,024	0,17	0,80	0,21	2,80	-0,06		
6	4,00	9,894	0,13	0,80	0,16	3,60	0,00	33,800	
7	4,80	9,767	0,13	0,80	0,16	4,40	0,01		
8	5,60	9,634	0,13	0,80	0,17	5,20	-0,03	0,158	
9	6,40	9,519	0,12	0,80	0,14	6,00	0,03		
10	7,20	9,388	0,13	0,80	0,16	6,80	0,01		
11	8,00	9,252	0,14	0,80	0,17	7,60	0,02	23,058	
12	8,80	9,106	0,15	0,80	0,18	8,40	0,05		
13	9,60	8,930	0,18	0,80	0,22	9,20	0,09		
14	10,60	8,620	0,31	1,00	0,31	10,10	0,29		
15	11,30	8,260	0,36	0,70	0,51	10,95	0,59		
16	12,00	7,609	0,65	0,70	0,93	11,65	-0,34		
17	12,90	7,044	0,57	0,90	0,63	12,45	-0,44		
18	13,70	6,825	0,22	0,80	0,27	13,30	-0,19		
19	14,50	6,725	0,10	0,80	0,13	14,10	-0,10		
20	15,30	6,686	0,04	0,80	0,05	14,90	0,12		
21	16,10	6,570	0,12	0,80	0,14	15,70	0,07		
22	16,90	6,408	0,16	0,80	0,20	16,50	-0,06		
23	17,70	6,284	0,12	0,80	0,16	17,30	-0,10		
24	18,50	6,225	0,06	0,80	0,07	18,10	0,12		
25	19,40	6,060	0,17	0,90	0,18	18,95	-0,06		
26	20,00	5,971	0,09	0,60	0,15	19,70	0,07		
27	20,90	5,784	0,19	0,90	0,21	20,45	0,09		
28	21,70	5,558	0,23	0,80	0,28	21,30	0,07		
29	22,10	5,434	0,12	0,40	0,31	21,90	0,48		
30	22,50	5,233	0,20	0,40	0,50	22,30	1,56		
31	22,70	5,070	0,16	0,20	0,82	22,60	3,78		
32	22,90	4,756	0,31	0,20	1,57	22,80	33,80	22,90	
33	23,00	4,261	0,50	0,10	4,95	22,95	2,90		
34	23,20	3,155	1,11	0,20	5,53	23,10	-30,40	23,20	
35	23,30	2,906	0,25	0,10	2,49	23,25	-7,80		
36	23,40	2,735	0,17	0,10	1,71	23,35	-8,70		
37	23,50	2,651	0,08	0,10	0,84	23,45	2,00		
38	23,60	2,547	0,10	0,10	1,04	23,55	-4,60		
39	23,70	2,489	0,06	0,10	0,58	23,65			

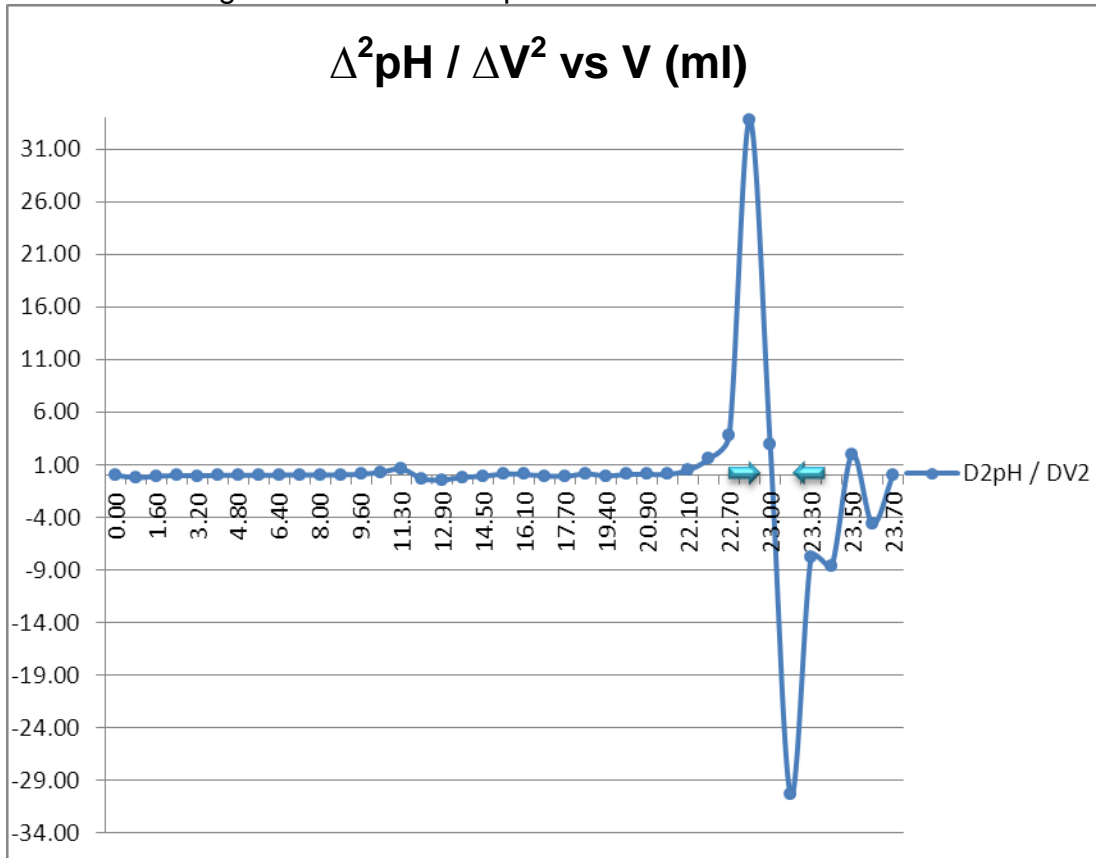
Grafica 66. Curva de titulación máquina 42 titulación 3.



Grafica 67. Primera derivada máquina 42 titulación 3.



Grafica 68. Segunda derivada máquina 42 titulación 3.



Para determinar el punto de neutralización, se compararon los valores observados en la gráfica de la segunda derivada y los valores determinados por cálculo.

Tabla 23. Comparación entre los valores del volumen de ácido determinados por gráfica.

MÁQUINA		TITULACIÓN	VALOR GRÁFICA	DESV STD .	
1	3	1	18,11	18,47	0,32
		2	18,60		
		3	18,70		
2	20	1	23,11	23,04	0,06
		2	23,00		
		3	23,00		
3	21	1	23,00	23,13	0,12
		2	23,20		
		3	23,20		
4	22	1	24,50	24,50	0,00
		2	24,50		
		3	24,50		
5	38	1	17,50	17,50	0,00
		2	17,50		
		3	17,50		
6	39	1	17,90	17,90	0,00
		2	17,90		
		3	17,90		
7	42	1	23,20	23,20	0,00
		2	23,20		
		3	23,20		
Promedio				0,07	

Al calcular la desviación estándar de los de volúmenes, se observa que solo dos (02) valores están por fuera del valor promedio.

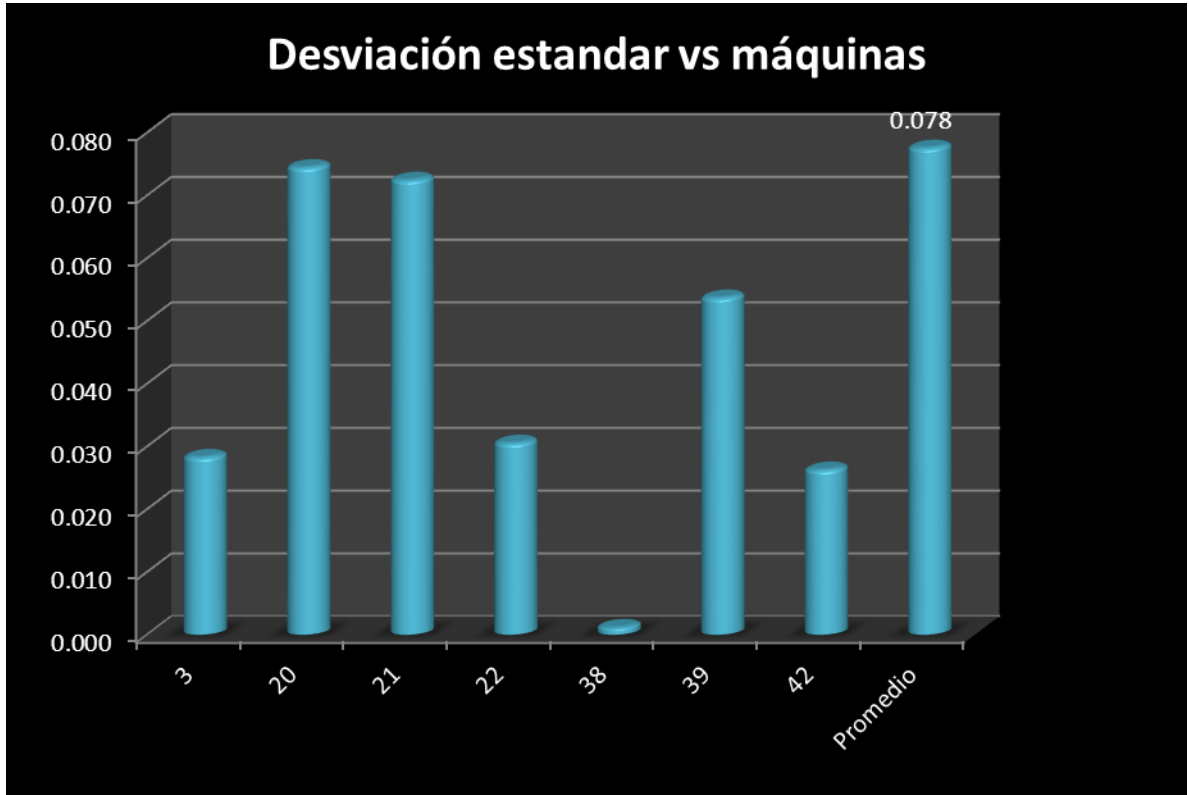
Luego de realizar nuevamente el procedimiento para calcular el volumen y determinar el punto final de cada ensayo por el método de la primera y segunda derivada, se obtuvieron mejores resultados respecto a la desviación estándar.

Tabla 24. Resultados de volumen según los 2 métodos.

Máquina	V teórico, L	VReal, L Colorimétrico	VReal, L Potenciométrico	Diferencia de Volumen
0	87,8	<u>87,758</u>	<u>87,758</u>	0,00
3	1650	<u>1708,289</u>	<u>1978,885</u>	270,60
20	24	<u>21,795</u>	<u>22,445</u>	0,65
21	24	<u>22,995</u>	<u>22,315</u>	-0,68
22	24	<u>22,286</u>	<u>24,805</u>	2,52
38	82	<u>102,457</u>	<u>102,204</u>	-0,25
39	82	<u>99,916</u>	<u>99,421</u>	-0,49
42	24	<u>21,857</u>	<u>22,387</u>	0,53
Promedio	268,71	305,15	305,15	

Con los datos obtenidos de volumen de las máquinas por el método colorimétrico y los nuevos resultados de volumen por el método potenciométrico, actualmente se cambio en la regla de químicos del proceso de tintorería el volumen de agua a utilizar en las 32 máquinas de teñido.

Grafica 69. Desviación estándar del nuevo volumen por determinación potenciométrica.



Después de realizarse el cambio en el sistema, se efectuó una comparación de los indicadores más relevantes (RFT, Calidad del color) en el proceso de tintorería antes y después del cambio de volumen.

Tiempo de muestreo entre Junio y Julio del 2011.

Tabla 25. Resultados de RFT y Calidad de color antes de modificar los volúmenes de llenado.

Máquina	RFT		Delta E ≤ 1.2	
	%	Total	%	Total
3	100,00	39,00	100,00	39,00
4	100,00	49,00	91,84	45,00
5	100,00	49,00	97,96	48,00
6	92,06	58,00	90,48	57,00
7	100,00	107,00	95,33	102,00
8	99,01	100,00	97,03	98,00
9	100,00	63,00	96,83	61,00
15	96,40	134,00	97,12	135,00
16	96,05	170,00	94,35	167,00
17	95,26	221,00	94,83	220,00
18	98,00	196,00	96,50	193,00
19	97,30	216,00	94,59	210,00
20	98,11	260,00	96,60	256,00
21	97,50	195,00	95,50	191,00
22	98,80	248,00	98,80	248,00
23	98,39	245,00	96,79	241,00
28	98,28	57,00	94,83	55,00
29	100,00	2,00	100,00	2,00
34	98,80	164,00	95,78	159,00
35	100,00	167,00	98,20	164,00
36	97,44	152,00	95,51	149,00
37	99,05	209,00	96,21	203,00
38	99,54	217,00	96,33	210,00
39	99,14	230,00	96,55	224,00
40	96,95	254,00	96,18	252,00
41	97,79	266,00	95,96	261,00
42	97,85	228,00	96,57	225,00
43	97,85	228,00	97,85	228,00
47	100,00	126,00	96,83	122,00
48	98,48	195,00	95,96	190,00
49	96,74	208,00	94,42	203,00
Total:	97,90	5182,00	95,56	5058,00

Tabla 26. Resultados de RFT y Calidad de color despues de modificar los volúmenes de llenado.

Máquina	RFT		Delta E <= 1.2	
	%	Total	%	Total
3	97,78	44,00	95,56	43,00
4	100,00	36,00	91,67	33,00
5	93,02	40,00	95,35	41,00
6	97,22	35,00	91,67	33,00
7	98,89	89,00	94,44	85,00
8	97,83	90,00	94,57	87,00
9	94,29	33,00	85,71	30,00
15	99,07	106,00	92,52	99,00
16	99,24	131,00	98,48	130,00
17	97,22	175,00	95,00	171,00
18	96,89	187,00	91,19	176,00
19	97,46	192,00	92,89	183,00
20	98,30	231,00	95,74	225,00
21	98,32	234,00	94,96	226,00
22	97,88	231,00	94,49	223,00
23	97,88	231,00	96,19	227,00
28	100,00	33,00	90,91	30,00
29	50,00	1,00	50,00	1,00
34	96,88	124,00	93,75	120,00
35	100,00	154,00	98,05	151,00
36	99,29	140,00	98,58	139,00
37	98,37	181,00	95,65	176,00
38	98,47	193,00	96,43	189,00
39	97,44	190,00	95,90	187,00
40	98,17	214,00	95,41	208,00
41	98,34	237,00	97,93	236,00
42	98,25	225,00	94,76	217,00
43	98,48	194,00	96,45	190,00
47	93,81	106,00	92,04	104,00
48	97,39	149,00	95,42	146,00
49	100,00	201,00	98,51	198,00
Total:	97,99	4479,00	94,42	4316,00

9. CONCLUSIONES

- Con los nuevos datos de volumen, se pudo observar que la mayoría de máquinas reportaban valores inferiores en comparación con los nuevos datos de volumen calculados.
- Al modificar los datos del volumen en las máquinas grandes, se pudo concluir que el problema de pH alto que se tenía en el ciclo de teñido era debido a la adición inexacta (menor cantidad) del producto Optidic PSD encargado de regular esta variable.
- Con los nuevos volúmenes de agua calculados, el proceso de tintorería de la empresa Coats Cadena Andina S.A, podrá comparar la diferencia de volumen en litros de cada máquina y así identificar la diferencia en los costos de productos químicos y las posibles razones de falla en su producto terminado (PES, MEC) respecto a la relación de baño más efectiva y el impacto de adicionar auxiliares químicos inexactos.
- Por medio de este trabajo se le pudo cumplir al proceso de tintorería con el objetivo de entregarles un soporte teórico que les permita establecer cómo se determina por titulaciones colorimétricas y potenciométricas el volumen de llenado en las máquinas de teñido y a su vez mostrar en las diferentes plantas del Grupo Coats el trabajo implementado y los resultados obtenidos.

10. BIBLIOGRAFIA

1. MILLER, Tyler. «IX- Water resources and water pollution». *Sustaining the earth*. Thomson, Brooks & Cole. (MILLER, 2009).
2. Umland J. B. y Bellama J. M., "Química general", 3ª ed., International Thomson, México, 2000, Pág.139, 574, 578, 579, 605.
3. Ayres G. H., "Análisis químico cuantitativo", 2ª ed., Ed. Del Castillo, México, 1970, Pág., 303, 310, 310.
4. Douglas A.SKOOG y Donald M. WEST. (2005) Química Analítica, 7ª ed. International Thomson editores S.A Pág. 1050.
5. Douglas A. SKOOG y Donald M. WEST. (1975). Introducción a la química analítica. Barcelona: Editorial Reverte S.A. Pág. 179, 216, 182.
6. Fiz F Perez/ Aida F Rios/ Trinidad Rellan/ Marta Alvarez. (2000) Improvement in a fast potentiometric seawater alkalinity determination. Ensenada México: ISSN 0185-3880.
7. Daniel C. Harris (2007). Analisis quimico cuantitativo, 3ª edición (sexta edición original) Barcelona España. Editorial Reverte S.A . Pág. 128, 224, 314.
8. W.F Pickering (1980) Quimica analitica moderna. Barcelona, España. Editorial Reverte S.A. Pág. 43, 45, 378.
9. Alfonso Clavijo Diaz () Fundamentos de quimica analitica, equilibrio ionico y analisis quimico, 1ª edición. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Editorial Unibiblos.