



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.**

**“VALIDACIÓN DEL CAMBIO DE MÉTODOS ANALÍTICOS VISUALES A  
POTENCIOMÉTRICOS EN LA ACIDEZ DE TETRALES, BASES Y NITRILOS”.**

REPORTE FINAL DE RESIDENCIA PROFESIONAL QUE PRESENTA:

**GUTIÉRREZ TOLEDO ANGEL.**

COMO REQUISITO PARA ACREDITAR LA RESIDENCIA PROFESIONAL DE LA  
LICENCIATURA EN:

**INGENIERÍA QUÍMICA.**

**TUXTLA GUTIÉRREZ CHIAPAS.**

**08 DE ENERO DEL 2024.**



### **Agradecimientos.**

En este presente, deseo expresar mi sincero cariño y profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han desempeñado un papel crucial en este significativo proceso.

Agradezco sinceramente a Dios, fuente inmutable de fortaleza y sabiduría, por guiarme en cada paso de este proyecto. Su divina guía ha sido la luz que ha iluminado mi camino, proporcionándome la inspiración y la perseverancia necesaria para superar desafíos y alcanzar esta meta. Reconozco su inagotable gracia que ha sustentado mi esfuerzo y me ha permitido conseguir este increíble objetivo.

A mis padres, cuyo amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido la fuerza impulsora detrás de cada uno de mis logros. Su guía sabia, paciencia infinita y constante aliento siempre fueron el pilar sobre el cual construí mis sueños. Este proyecto no solo es un testimonio de mis esfuerzos, sino también un reflejo de la influencia positiva y el legado inspirador que mis padres han dejado en mi vida. A ellos, les dedico este logro con gratitud eterna.

A mi hermano, porque en cada desafío, ha sido mi confidente y consejero, brindándome perspectivas valiosas y motivándome a alcanzar mis objetivos. Su presencia inquebrantable ha enriquecido este camino, convirtiéndolo en un viaje compartido lleno de recuerdos significativos.

A mi asesor externo, Ing. Luis Antonio Huerta Morales, por su experiencia, orientación y dedicación que han sido fundamentales para el desarrollo y éxito de esta investigación. Su aporte fue una guía indispensable, brindándome perspectivas valiosas y desafiándome a superar mis límites académicos. Agradezco su tiempo, paciencia y compromiso, elementos que han enriquecido significativamente mi experiencia académica y profesional.

A mi asesor interno, Ing. Jorge Armando Gómez Salinas, por haber contado con su respaldo a lo largo de este trayecto académico. Apreció profundamente su dedicación y tiempo, factores que han contribuido de manera significativa a este logro.

A la Industria Quimi Kao S.A. de C.V., por brindarme la invaluable oportunidad de llevar a cabo este proyecto. Valoro la confianza que depositaron en mí, permitiéndome explorar y aplicar mis conocimientos en un entorno real.

Este éxito no habría sido posible sin la participación activa y el respaldo de todos y cada uno de ustedes.

¡Muchas gracias!

Con mucho cariño, admiración y respeto.

Ángel Gutiérrez Toledo.

### **Resumen.**

Este proyecto se centra en optimizar y mejorar la determinación de la acidez en tetraniles, bases, nitrilos y ácido graso. La acidez, como propiedad fundamental, desempeña un papel crucial en diversas reacciones químicas y en las propiedades generales de los compuestos estudiados. La transición del método analítico visual al potenciométrico se presenta como una evolución hacia un enfoque más preciso y cuantitativo en la medición de la acidez. Este cambio implica la necesidad de validar la eficacia y confiabilidad del nuevo método para garantizar que proporcione resultados consistentes y comparables con el método visual actualmente empleado en el departamento de control de calidad. Para validar y comparar ambos métodos se realizaron 10 repeticiones de estos compuestos en cada método con la finalidad de obtener un coeficiente de variación menor a 1. Con la prueba de Fisher se evaluaron los resultados obtenidos formulando una hipótesis nula y una alternativa. Esta prueba posibilitó la verificación de una de las dos hipótesis planteadas, respaldando así la precisión del método potenciométrico en relación con el método visual.

*Palabras claves:* Acidez, Tetraniles, Bases, Nitrilos

**Índice.**

Agradecimientos. ....	2
Resumen. ....	3
Índice de cuadros.....	7
Índice de figuras.....	8
Capítulo 1. Generalidades del proyecto. ....	10
Introducción.....	10
Descripción de la empresa. ....	11
Problemas a resolver.....	13
Objetivo general. ....	14
Objetivos específicos.....	14
Justificación.....	15
Capítulo 2. Marco teórico. ....	16
Antecedentes Históricos de la Acidez.....	16
La Invención de la Escala PH. ....	16
Determinación del PH. ....	17
Introducción a las Sales de Amonio Cuaternarios, Bases y Nitrilos. ....	17
Sales de Amonio Cuaternarios.....	17
Bases.....	17
Nitrilos.....	17
Índice de Acidez. ....	18
Métodos de Medición de Acidez. ....	18
Reacción de neutralización.....	20
Capítulo 3. Desarrollo. ....	21
Procedimiento y/o Actividades Realizadas. ....	21
Técnica de Análisis para la Determinación de la Acidez Visual.....	21
Técnica de Análisis para la Determinación de la Acidez de una Base y un Ácido Graso....	22
Técnica de Análisis para la Determinación de la Acidez de un Tetranil.....	23

Técnica de Análisis para la Determinación de la Acidez de un Nitrilo.....	24
Técnica para la Estandarización del Hidróxido de Potasio (KOH) Solución Alcohólica.....	25
Técnica para la Estandarización de Ácido Clorhídrico 0.2 N Solución Alcohólica.....	27
Fórmula para Calcular el Índice de Acidez.....	28
Técnica de Análisis Estadístico.....	28
Capítulo 4. Resultados.....	31
Análisis De Resultados.....	31
Prueba de Fisher para una Base HT-50.....	31
Prueba de Fisher para una Base AT7590.....	32
Prueba de Fisher para una Base AT875.....	34
Prueba de Fisher para una Base DM24.....	35
Prueba de Fisher para un Tetranil L2-92.....	36
Prueba de Fisher para un Tetranil AT7590.....	37
Prueba de Fisher para un Kaosoft AGL85.....	38
Prueba de Fisher para un Nitrilo de Sebo.....	39
Prueba de Fisher para un Nitrilo Oleico.....	40
Prueba de Fisher para un Nitrilo de Sebo Hidrogenado.....	41
Prueba de Fisher para un Nitrilo Tall Oil.....	43
Prueba de Fisher para el Ácido Graso de Sebo Destilado.....	44
Discusión de Resultados.....	45
Capítulo 5. Conclusiones.....	48
Conclusiones Del Proyecto.....	48
Recomendaciones.....	48
Experiencia Personal Adquirida.....	49
Capítulo 6. Competencias Desarrolladas y Aplicadas.....	51
Fuentes De Información.....	52
Anexos.....	54
Acidez de la Base HT50.....	54
Método Analítico Visual.....	54
Método potenciométrico.....	54
Acidez de la Base AT7590.....	55

Método Analítico Visual.....	55
Método Potenciométrico. ....	55
Acidez de la Base AT875. ....	56
Método Analítico Visual.....	56
Método Potenciométrico. ....	56
Acidez de la Base DM24. ....	57
Método Analítico Visual.....	57
Método Potenciométrico. ....	57
Acidez del Tetranil L2-92. ....	58
Método Analítico Visual.....	58
Método Potenciométrico. ....	59
Acidez del Tetranil AT7590.....	59
Método Analítico Visual.....	59
Método Potenciométrico. ....	60
Acidez del Kaosoft AGL85.....	60
Método Analítico Visual.....	60
Método Potenciométrico. ....	61
Acidez del Nitrilo de Sebo.....	61
Método Analítico Visual.....	61
Método Potenciométrico. ....	62
Acidez del Nitrilo Oleico.....	63
Método Analítico Visual.....	63
Método Potenciométrico. ....	63
Acidez del Nitrilo de Sebo Hidrogenado. ....	64
Método Analítico Visual.....	64
Método Potenciométrico. ....	64
Nitrilo Tall Oil. ....	65
Método Analítico Visual.....	65
Método Potenciométrico. ....	65
Ácido Graso de Sebo Destilado.....	66
Método Analítico Visual.....	66

Método Potenciométrico. ....	67
Métodos para la Determinación de la Acidez.....	68
Muestras de Tetraniles, Bases, Nitrilos y Ácido Graso. ....	68
Curvas de las Titulaciones Potenciométricas de Tetraniles, Bases, Nitrilos y Ácido Graso....	70

### Índice de cuadros.

Cuadro 1. Acidez máxima de los tetraniles, bases, nitrilos y ácido graso.....	18
Cuadro 2. Peso de la muestra de acuerdo a la acidez .....	22
Cuadro 3. Acidez de tetraniles, bases, nitrilos y ácido graso.....	31
Cuadro 4. Acidez de una base HT-50 .....	31
Cuadro 5. Prueba de Fisher para una base HT-50.....	32
Cuadro 6. Acidez de una base AT7590.....	33
Cuadro 7. Prueba de Fisher para una base AT7590 .....	33
Cuadro 8. Acidez de una base AT875.....	34
Cuadro 9. Prueba de Fisher para una base AT875 .....	34
Cuadro 10. Acidez de una base DM24.....	35
Cuadro 11. Prueba de Fisher para una base DM24 .....	35
Cuadro 12. Acidez de un tetranil L2-92 .....	36
Cuadro 13. Prueba de Fisher para un tetranil L2-92 .....	37
Cuadro 14. Acidez de un tetranil AT7590.....	37
Cuadro 15. Prueba de Fisher para un tetranil AT7590 .....	38
Cuadro 16. Acidez de un kaosoft AGL85 .....	38
Cuadro 17. Prueba de Fisher para un kaosoft AGL85.....	39
Cuadro 18. Acidez de un nitrilo de sebo.....	39
Cuadro 19. Prueba de Fisher para un nitrilo de sebo .....	40
Cuadro 20. Acidez de un nitrilo oleico .....	40
Cuadro 21. Prueba de Fisher para un nitrilo oleico .....	41
Cuadro 22. Acidez de un nitrilo de sebo hidrogenado .....	42
Cuadro 23. Prueba de Fisher para un nitrilo de sebo hidrogenado.....	42
Cuadro 24. Acidez de un nitrilo tall oil .....	43
Cuadro 25. Prueba de Fisher para un nitrilo tall oil.....	43
Cuadro 26. Acidez de un ácido graso de sebo destilado.....	44
Cuadro 27. Prueba de Fisher para un ácido graso de sebo destilado .....	44

Cuadro 28. Pruebas de Fisher para tetraniles, bases, nitrilos y ácido graso .....	45
Cuadro 29. Acidez visual de una base HT-50 .....	54
Cuadro 30. Acidez potenciométrica de una base HT-50 .....	54
Cuadro 31. Acidez visual de una base AT7590.....	55
Cuadro 32. Acidez potenciométrica de una base AT7590.....	55
Cuadro 33. Acidez visual de una base AT875.....	56
Cuadro 34. Acidez potenciométrica de una base AT875.....	56
Cuadro 35. Acidez visual de una base DM24.....	57
Cuadro 36. Acidez potenciométrica de una base DM24.....	57
Cuadro 37. Acidez visual de un tetranil L2-92 .....	58
Cuadro 38. Acidez potenciométrica de un tetranil L2-92 .....	59
Cuadro 39. Acidez visual de un tetranil AT7590.....	59
Cuadro 40. Acidez potenciométrica de un tetranil AT7590.....	60
Cuadro 41. Acidez visual de un kaosoft AGL85 .....	60
Cuadro 42. Acidez potenciométrica de un kaosoft AGL85 .....	61
Cuadro 43. Acidez visual de un nitrilo de sebo.....	61
Cuadro 44. Acidez potenciométrica de un nitrilo de sebo.....	62
Cuadro 45. Acidez visual de un nitrilo oleico .....	63
Cuadro 46. Acidez potenciométrica de un nitrilo oleico .....	63
Cuadro 47. Acidez visual de un nitrilo de sebo hidrogenado .....	64
Cuadro 48. Acidez potenciométrica de un nitrilo de sebo hidrogenado .....	64
Cuadro 49. Acidez visual de un nitrilo tall oil .....	65
Cuadro 50. Acidez potenciométrica de un nitrilo tall oil .....	65
Cuadro 51. Acidez visual de un ácido graso de sebo destilado.....	66
Cuadro 52. Acidez potenciométrica de un ácido graso de sebo destilado.....	67

### Índice de figuras.

Figura 1. Industria petroquímica Quimi Kao S.A. de C.V.....	11
Figura 2. Ubicación geográfica.....	12
Figura 3. Curvas de titulaciones.....	19
Figura 4. Método anítico visual y potenciométrico .....	68
Figura 5. Muestra de una base HT-50.....	68
Figura 6. Muestra de una base AT7590 .....	68
Figura 7. Muestra de una base AT875.....	68
Figura 8. Muestra de una base DM24 .....	68

Figura 9. Muestra de un tetranil L2-92 .....	69
Figura 10. Muestra de un tetranil AT7590 .....	69
Figura 11. Muestra de un kaosoft AGL85.....	69
Figura 12. Muestra de un nitrilo de sebo .....	69
Figura 13. Muestra de un nitrilo oleico .....	69
Figura 14. Muestra de un nitrilo de sebo hidrogenado.....	69
Figura 15. Muestra de un nitrilo tall oil.....	70
Figura 16. Muestra de un ácido graso de sebo destilado .....	70
Figura 17. Curva de titulación de una base HT-50 .....	70
Figura 18. Curva de titulación de una base AT7590.....	70
Figura 19. Curva de titulación de una base AT875.....	70
Figura 20. Curva de titulación de una base DM24.....	70
Figura 21. Curva de titulación de un tetranil L2-92 .....	70
Figura 22. Curva de titulación de un tetranil AT7590.....	70
Figura 23. Curva de titulación de un kaosoft AGL85 .....	71
Figura 24. Curva de titulación de un nitrilo de sebo.....	71
Figura 25. Curva de titulación de un nitrilo de oleico .....	71
Figura 26. Curva de titulación de un nitrilo de sebo hidrogenado .....	71
Figura 27. Curva de titulación de un nitrilo tall oil .....	71
Figura 28. Curva de titulación de un ácido graso de sebo destilado.....	71

## **Capítulo 1. Generalidades del proyecto.**

### **Introducción.**

El índice de acidez (AV) es una técnica que se define como el número de miligramos de álcali necesarios para neutralizar el ácido libre en un gramo de muestra. (Quimi Kao, 2023).

Esta técnica se enfoca principalmente en la evaluación de los ácidos grasos libres presentes en un producto graso. Este índice proporciona información sobre la calidad de una muestra, y puede estar relacionado tanto con las propiedades de la materia prima utilizada como con el proceso de producción. (Hanna Instruments, 2019).

La determinación del índice de acidez en un producto es un aspecto crítico en las industrias químicas. Este análisis desempeña un papel fundamental al permitir el control de los procesos de producción, garantizar la calidad y seguridad del producto y, al mismo tiempo, asegurar la satisfacción de los clientes. Este enfoque en la acidez contribuye a la construcción de una reputación sólida para la industria, lo que resulta en un mayor reconocimiento y éxito continuo.

Chang y Goldsby (2010) señalaron que la acidez se determina comúnmente mediante el método de valoración ácido-base. En este proceso, se añade gradualmente una solución patrón al producto hasta alcanzar el punto de equivalencia, es decir, cuando el ácido se neutraliza con la base. Este punto de equivalencia se detecta gracias a un cambio brusco de color de un indicador agregado a la disolución ácida.

Con el paso del tiempo, se ha incorporado un método adicional para la determinación de la acidez de productos, conocido como titulación potenciométrica. Este enfoque se ha vuelto atractivo debido a su capacidad para ofrecer una calidad y precisión superiores en los datos analíticos. En este contexto, el proyecto busca validar el cambio del método analítico visual al método potenciométrico en la evaluación de la acidez de tetraniles, bases y nitrilos producidos por la industria Quimi Kao S.A de C.V.

Esta transición tiene el propósito de asegurar una mayor precisión, exactitud y uniformidad en los análisis realizados por el departamento de control de calidad. En otras palabras, la adopción del método potenciométrico se realiza con la intención de elevar la calidad de los resultados, siendo esto un beneficio sustancial para la industria y sus operaciones.

### Descripción de la empresa.

Quimi Kao S.A de C. V. es una compañía japonesa con más de 30 años en el mercado mexicano y forma parte de la División Química del Grupo Kao Corporation. Es la primera industria petroquímica con participación japonesa y española.

**Figura 1.**

*Industria petroquímica Quimi Kao S.A. de C.V.*



*Nota. Adaptado de Corporativo Quimi Kao S.A de C.V.*

Inició sus operaciones en 1978 con la producción de aminas grasas siendo la primera industria química de su género en América Latina.

Quimi Kao se dedica principalmente a la fabricación de surfactantes catiónicos derivados de ácidos grasos, así como a la comercialización de los diferentes productos del Grupo Kao. Además, es una compañía que se preocupa de manera especial en ofrecer productos y servicios para atender las necesidades de sus clientes basándose en una relación mutua de respeto y confianza, cuenta con un Departamento de Investigación y Desarrollo en el cual se realizan y evalúan nuevos productos acordes a las exigencias de los mercados que atienden, cuentan también con el soporte de los demás centros de Investigación y Desarrollo de Japón y Europa. Sus productos se comercializan principalmente en México, Centro y Sudamérica, Estados Unidos, Australia y Asia.

La Industria Petroquímica está localizada en la zona Industrial de El Salto, Jalisco, a 30 km de la ciudad de Guadalajara.

**Figura 2.***Ubicación geográfica.*

*Nota.* Adaptado de *Google Maps*, por INEGI, 2023.

La compañía maneja una amplia variedad de fluidos, incluyendo algunos considerados peligrosos, tales como sulfato de dimetilo, alcoholes, hidrógeno, nitrógeno, acrilonitrilo, níquel, cloruro de bencilo, aminas y amoníaco.

Quimi Kao se organiza en 10 áreas funcionales que abarcan recursos humanos, ventas, compras, ingeniería, producción, seguridad, mantenimiento, investigación, control de calidad y laboratorio de asfaltos.

El departamento de control de calidad desempeña un rol fundamental en esta industria, su responsabilidad principal radica en verificar la calidad de las materias primas que se utilizan en la producción, además son los encargados de realizar análisis fisicoquímicos a muestras de productos en diferentes etapas del proceso para verificar su composición y propiedades. Asimismo, desempeña una función crucial al evaluar la calidad y características de los productos finales antes de su liberación.

**Problemas a resolver.**

En el departamento de control de calidad de Quimi Kao S.A. de C.V. se lleva a cabo un extenso número de titulaciones ácido-base con el propósito de evaluar la acidez de los diversos compuestos producidos. Estas titulaciones son realizadas de manera manual, lo que significa que los analistas dependen de la percepción visual de cambios de color en las soluciones como parte del proceso. Sin embargo, esta metodología presenta un conjunto de desafíos y limitaciones significativos que han provocado la necesidad de considerar una transición hacia un método más avanzado y preciso.

La realización de titulaciones manuales, ha sido una técnica común en el departamento de control de calidad, sin embargo, existen una serie de cuestiones que impactan en la precisión, eficiencia y uniformidad de los resultados obtenidos. La interpretación visual de los cambios de color en las muestras está sujeta a las percepciones individuales de los analistas, lo que da lugar a una variabilidad en los resultados. Afectando de esta manera la calidad y confiabilidad de los datos del departamento de control de calidad.

Ante la presencia de estos desafíos, se planteó la necesidad de explorar una alternativa más avanzada, como la titulación potenciométrica. Esta técnica ofrece una mayor precisión y exactitud, ya que el equipo está calibrado y diseñado para medir con alta precisión los cambios de potencial eléctrico durante la determinación de la acidez. Teniendo como consecuencia, una reducción significativa en la influencia de factores subjetivos y errores humanos en la interpretación de los resultados, lo cual es común en titulaciones visuales.

Además, el punto final de la titulación potenciométrica se detecta cuando se alcanza un potencial eléctrico específico, eliminando así la subjetividad asociada con la interpretación visual de cambios de color. Con esto se puede asegurar una mayor confiabilidad en los resultados, así como también mejorar el proceso de análisis en el departamento de control de calidad de Quimi Kao S.A de C.V.

**Objetivo general.**

Evaluar el cambio de métodos analíticos visuales a potenciométricos para determinar la acidez en tetraniles, bases y nitrilos.

**Objetivos específicos.**

- Determinar la acidez de tetraniles, bases y nitrilos utilizando el método analítico visual y potenciométrico.
- Comparar la precisión del método analítico visual con el método potenciométrico.
- Realizar un análisis estadístico para validar el método potenciométrico.

**Justificación.**

La precisión en la determinación de la acidez en compuestos como bases, tetraniles nitrilos y ácido graso, así como en productos tales como alimentos, fármacos y soluciones químicas, desempeña un papel crucial para garantizar la calidad y la seguridad de estos productos. A medida que los métodos analíticos han ido evolucionando a lo largo del tiempo, la transición del método de titulación visual al método potenciométrico representa un avance significativo que promete impulsar la mejora y el desarrollo de diversas industrias.

La validación del método potenciométrico se argumenta en la necesidad de mejorar la precisión, la uniformidad y la eficiencia en la medición de la acidez de estas sustancias químicas, así como para garantizar el cumplimiento de regulaciones y estándares de calidad utilizados en Quimi Kao S.A. de C.V.

Este cambio no solo contribuirá a la calidad y confiabilidad de los resultados analíticos, sino que también mejorará el proceso de producción al eliminar la subjetividad visual en la determinación de la acidez.

## Capítulo 2. Marco teórico.

### Antecedentes Históricos de la Acidez.

Las primeras clasificaciones de los compuestos inorgánicos fueron en ácidos (del latín, ácidus: agrio) y bases, antiguamente llamados álcalis (del árabe al kali: cenizas de planta). Arrhenius, como estudiante de posgrado, introdujo una teoría radical en 1894 (por lo cual recibió el premio Nobel), que un ácido es cualquier sustancia que se ioniza (parcial o completamente) en agua para dar iones de hidrógeno (que se asocian con el disolvente para dar iones hidronio,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ), y que una base se ioniza en agua para dar iones hidroxilo. Esta teoría obviamente se restringe al agua como disolvente.

En 1905, Franklin introdujo el concepto de sistemas de disolventes para ácidos y bases. Esta teoría reconoce la ionización de un disolvente para dar un catión y un anión. Un ácido se define como un soluto que da el catión del disolvente, en tanto que una base es un soluto que da el anión del disolvente.

En 1923, Brønsted y Lowry describieron por separado lo que ahora se conoce como teoría de Brønsted-Lowry. Esta teoría sostiene que un ácido es cualquier sustancia que puede donar un protón, y una base es cualquier sustancia que puede aceptar un protón. Así, se puede escribir una "media reacción". El ácido y la base de una media reacción se llaman pares conjugados. Los protones libres no existen en solución, y debe haber un aceptor de protones (base) antes de que un donador de protones (ácido) libere su protón. Es decir, debe haber una combinación de dos medias reacciones.

También en 1923, G. N. Lewis introdujo la teoría electrónica de los ácidos y las bases. En la teoría de Lewis, un ácido es una sustancia que puede aceptar un par de electrones, y una base es una sustancia que puede donar un par de electrones.

### ***La Invención de la Escala PH.***

En 1909 Sören PT Sørensen, un bioquímico danés, estableció una forma conveniente de expresar la acidez utilizando el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno:  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ . Llamó al exponente del ion hidrógeno representado por el símbolo pH "potencial de hidrógeno". Debido al uso del dispositivo matemático " $-\log [\text{H}^+]$ " los valores de esta escala son positivos en el rango de concentración inferior a 1 mol/L. En soluciones que contienen más de un ion, la actividad y la concentración son diferentes, porque la actividad es la concentración real de un electrolito en solución.

### ***Determinación del PH.***

En 1930, Arnold O. Beckman, Químico e Ingeniero Químico estadounidense, fue contratado por una industria agrícola para desarrollar un método robusto y confiable para probar la acidez de las frutas. Beckman creó entonces una nueva solución utilizando un tubo de vacío amplificado integrado en los medidores y electrodos que ya utilizaba la agroindustria, dando origen al primer dispositivo medidor de acidez. En 1934 apareció el primer medidor de pH.

En 1935 Beckman fundó su propia industria "National Technical Laboratories", y vendió el primer medidor de pH llamado "acidómetro". En ese mismo año, se lanzó comercialmente una segunda versión del instrumento y la patente se presentó un año después.

### **Introducción a las Sales de Amonio Cuaternarios, Bases y Nitrilos.**

#### ***Sales de Amonio Cuaternarios.***

Los tetraniles y el kaosoft son conocidos químicamente como sales de amonio cuaternarios. Los tetraniles son compuestos tensoactivos de carácter catiónico de la familia de los esterquats, poseen ciertas características asociadas con los radicales esteáricos y etanoles presentes en su estructura, como mayor poder de suavidad y humectación.

El kaosoft es una mezcla de cuaternarios de amonio, que en coordinación generan una estructura, con mayor poder de suavidad, humectación. Es una molécula considerada con un alto porcentaje de biodegradación, además es un producto líquido para su fácil manejo.

Estos productos son empleados en la formulación de suavizantes de telas comunes de uso doméstico, debido a sus propiedades como agente emulsionante, humectante, suavizante y antiestático.

#### ***Bases.***

Las bases son productos químicos utilizados para la fabricación de los tetraniles. Es un producto viscoso y con características parecidas a un ácido graso. Son manejados a temperaturas mayores a 60°C para su calentamiento y se mantienen en tanques herméticos y con cambio de atmosfera a nitrógeno para evitar su oxidación y/o degradación

#### ***Nitrilos.***

Los nitrilos son compuestos químicos fabricados a partir de ácidos grasos y son utilizados como materia prima para la fabricación de aminas grasas, la cuales se utilizan como emulsificantes asfálticos, agentes de flotación para minería, aditivos para pigmentos, desmoldantes para hule, agentes antiapelmazantes e inhibidores de corrosión

En el cuadro 4 se resume la acidez máxima de los tetraniles, bases, nitrilos y ácido graso de acuerdo a los planes de calidad establecidos por la compañía Quimi Kao S.A. de C.V.:

Cuadro 1.

Acidez máxima de los tetraniles, bases, nitrilos y ácido graso.

Nombre	Acidez máxima
Base AT7590	5.0
Base HT-50	6.0
Base AT875	6.0
Base DM24	5.0
Tetranil AT7590	12.0
Tetranil I2-92	12.0
Kaosoft AGL85	13.0
Nitrilo T	0.04
Nitrilo O	0.04
Nitrilo HT	0.04
Nitrilo TO	0.1
Ácido graso	208.0

### Índice de Acidez.

El índice de acidez es el número de miligramos de álcali necesario para neutralizar el ácido libre en un gramo de muestra. Mediante este índice, se evalúan esencialmente los ácidos grasos libres.

### **Métodos de Medición de Acidez.**

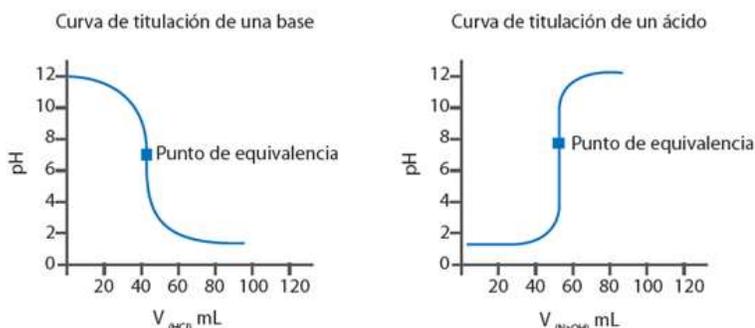
La acidez de una sustancia se puede determinar por métodos volumétricos, es decir, midiendo los volúmenes. Esta medición se realiza mediante una titulación, la cual implica siempre tres agentes o medios: el titulante, el titulado y el colorante. Cuando un ácido y una base reaccionan, se produce una reacción; reacción que se puede observar con un indicador.

**Métodos Volumétricos.** Son métodos que constan de un grupo de métodos analíticos que se basan en la determinación del volumen de una disolución patrón de concentración conocida, utilizada para producir una reacción química completa con el analito, de modo que se determina el contenido absoluto del mismo. Los principales métodos volumétricos son los siguientes:

**Titulación Ácido – Base.** Una titulación ácido-base procede mediante una reacción de neutralización, en la que se hace reaccionar un ácido con una cantidad equivalente de base. La figura 6 ilustra una curva de titulación construida graficando el pH de la solución en función del volumen de titulante agregado.

**Figura 3.**

*Curvas de titulaciones.*



*Nota.* Adaptado de *Titulaciones ácido-base*, por G. Hernández, 2017, Wited (<https://www.portaleducativo.net/tercero-medio/53/titulaciones-acido-base-soluciones-amortiguadoras#>), CC BY 2.0.

Un indicador para una titulación ácido-base es un ácido débil o una base débil con una coloración muy pronunciada. El color de la forma ionizada es notablemente diferente al de la forma no ionizada. Una forma puede ser incolora, pero la otra debe tener color. Estas sustancias por lo regular están conformadas por sustancias altamente conjugadas que producen el color.

**Método potenciométrico.** Las titulaciones potenciométricas están entre las más exactas que se conocen, porque el potencial sigue el cambio real en la actividad y, por tanto, el punto final con frecuencia coincide directamente con el punto de equivalencia. Las lecturas potenciométricas son más sensibles y exactas que la indicación visual.

Un titulador automático está constituido por tres elementos básicos: una bureta digital, un potenciómetro con electrodo y un microprocesador. Al titular una muestra, el equipo utiliza la señal del del electrodo para regular el agente titulante agregado. Una vez que se alcanza el punto final de la reacción, el microprocesador agiliza la titulación potenciométrica: transforma el volumen de agente titulante utilizado en el valor esperado.

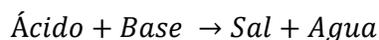
Existen numerosos tituladores automáticos que emplean la detección potenciométrica del punto final. La muestra se coloca en el recipiente de titulación, y el titulante, que se toma de un reservorio, se coloca en una bureta accionada por una jeringa. El volumen se lee digitalmente a partir del desplazamiento del émbolo de la jeringa por un dispositivo electrónico.

**Electrodos en una Titulación Potenciométrica.** El uso de estos electrodos para medir voltajes y suministrar así información química se llama potenciometría. Existen dos tipos de electrodos: Los electrodos indicadores son aquellos que responden a la actividad del analito, y los electrodos de referencia son aquellos que mantienen un potencial (de referencia) constante.

Los electrodos selectivos de iones (electrodos indicadores). La característica clave de un electrodo selectivo de iones ideal es una membrana delgada que idealmente es capaz de unirse sólo al ion que se pretende determinar. El electrodo de vidrio que se usa para medir el pH es el ejemplo más común de electrodo selectivo de iones. Un electrodo combinado de pH típico, que incorpora tanto al electrodo de vidrio como el electrodo de referencia.

### **Reacción de neutralización.**

La neutralización es una reacción entre un ácido y una base. Generalmente, en las reacciones acuosas ácido-base se forma agua y una sal, que es un compuesto iónico formado por un catión distinto del  $H^+$  y un anión distinto del  $OH^-$  u  $O^{2-}$ :



El fundamento de la titulación ácido-base es la reacción de neutralización.

### Capítulo 3. Desarrollo.

#### Procedimiento y/o Actividades Realizadas.

##### *Técnica de Análisis para la Determinación de la Acidez Visual.*

**Equipos.** Para esta técnica se deben utilizar los siguientes elementos:

- Balanza analítica de capacidad 220 gr y sensibilidad de 0.1 mg (Marca: A&D GH-200) (País de fabricación: Japón).
- Titulador o dosificador automático de 20 mL (Marca: Metrohm) (País de fabricación: Suiza).
- Matraz Erlenmeyer de 125 mL.
- Matraz Erlenmeyer de 1000 mL.
- Matraz aforado de 1000 mL.
- Probeta graduada de 100 mL.

**Reactivos.** Las soluciones que se utilizan en esta determinación son las siguientes:

**Fenolftaleína en polvo.** Marca: Fermont.

**Etanol.** Este reactivo es distribuido por la empresa Alcoholes y Melazas de México S.A. de C.V.

**Indicador de Fenolftaleína.** Para la preparación de este indicador, pesar 10 gramos de fenolftaleína en polvo y disolverla en un litro de etanol. Trasvasar la solución resultante en un frasco de vidrio de color ámbar.

**Isopropanol.** Esta sustancia es adquirida a través de la empresa Intertek Testing Services de México S.A. de C.V.

**Isopropanol Neutralizado.** Para neutralizar esta solución, colocar 10 mL de indicador de fenolftaleína en un matraz Erlenmeyer de 1000 mL con isopropanol y titular con una solución de KOH 0.1 N hasta alcanzar un color rosa pálido.

**Hidróxido de Potasio (KOH) 0.1 N Solución Alcohólica Estandarizada.** Para preparar esta solución pesar 6.6 gr de KOH en lentejas (Marca: Avantor) en un matraz de aforo de 1000 mL. Después disolverla y aforarla con etanol. Posteriormente, pasar la solución a un frasco de vidrio color ámbar y dejar reposar durante un día. Finalmente, filtrar la parte superior de la solución dejando unos 50 mL de la parte inferior y trasvasar la solución filtrada a un frasco de vidrio color ámbar.

**Procedimiento.** Para obtener el índice de acidez de una muestra, se debe llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Pesar exactamente la cantidad adecuada de muestra en un matraz Erlenmeyer de 125 ml, según el cuadro 2 dado a continuación:

Cuadro 2.

Peso de la muestra de acuerdo a la acidez.

Índice de acidez	Gramos de muestra
< 2	12.0 – 22.0
2-5	6.0 – 12.0
5-10	3.0 – 6.0
10-25	1.5 – 2.5
25-50	0.5 – 1.5
> 50	0.3 – 0.5

2. Posteriormente, agregar aproximadamente 50 mL de isopropanol neutralizado y disolver completamente en calor.
3. Titular con KOH 0.1 N solución alcohólica estandarizada hasta alcanzar un color rosa pálido.
4. Finalmente, registrar el volumen gastado en la titulación.

### ***Técnica de Análisis para la Determinación de la Acidez de una Base y un Ácido Graso.***

**Equipos.** En esta técnica se deben utilizar los siguientes elementos:

- Balanza analítica de capacidad 220 gr y sensibilidad de 0.1 mg (Marca: A&D GH-200) (País de fabricación: Japón).
- Titulador o dosificador automático de 20 mL (Marca: Metrohm) (País de fabricación: Suiza).
- Vasos de precipitado de 100 mL.
- Potenciómetro (Marca: Metrohm) (País de fabricación: Suiza).
- Electrodo combinado de vidrio/calomelanos (Marca: Metrohm) (País de fabricación: Suiza)
- Matraz Erlenmeyer de 1000 mL.
- Matraz aforado de 1000 mL.
- Probeta graduada de 100 mL.

**Reactivos.** Los compuestos químicos que se utilizan en esta determinación son los siguientes:

***Isopropanol.*** Proveedor: Intertek Testing Services de México S.A. de C.V.

**Etanol.** Este reactivo es distribuido por la empresa Alcoholes y Melazas de México S.A. de C.V.

**Hidróxido de Potasio (KOH) en Lentejas.** Marca: Avantor.

**Hidróxido de Potasio (KOH) 0.1 N Solución Alcohólica Estandarizada.** El método de preparación de esta solución se encuentra descrito en la técnica de análisis para determinar la acidez visual.

**Procedimiento.** Para determinar el índice de acidez de una base, se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

1. En una balanza analítica pesar con precisión para una base 6 gramos y para un ácido graso 0.3 gramos en un vaso de precipitado de 100 mL.
2. Posteriormente, añadir aproximadamente 50 mL de isopropanol neutralizado y disolver mediante calentamiento.
3. Previamente a la titulación de la muestra, configurar el titulador potenciométrico de acuerdo a las siguientes especificaciones:  
Método: "Det\_pH"  
Volumen máximo: 10 mL.
4. Finalmente, registrar el volumen consumido durante la titulación.

#### ***Técnica de Análisis para la Determinación de la Acidez de un Tetranil.***

**Equipos.** Para llevar a cabo esta técnica, se deben emplear los elementos siguientes:

- Balanza analítica de capacidad 220 gr y sensibilidad de 0.1 mg (Marca: A&D GH-200) (País de fabricación: Japón).
- Titulador o dosificador automático de 20 mL (Marca: Metrohm) (País de fabricación: Suiza).
- Vasos de precipitado de 100 mL.
- Potenciómetro (Marca: Metrohm) (País de fabricación: Suiza).
- Electrodo combinado de vidrio/calomelanos (Marca: Metrohm) (País de fabricación: Suiza)
- Matraz Erlenmeyer de 1000 mL.
- Matraz aforado de 1000 mL.
- Perilla para pipetear.
- Pipeta volumétrica de 3 mL.

**Reactivos.** Los productos químicos que se emplean en este análisis son los que se detallan a continuación:

**Hidróxido de Potasio (KOH) 0.1 N Solución Alcohólica Estandarizada.** El método de preparación de esta solución se encuentra descrito en la técnica de análisis para determinar la acidez visual.

**Etanol.** Este reactivo es distribuido por la empresa Alcoholes y Melazas de México S.A. de C.V.

**Procedimiento.** Para determinar la acidez de este compuesto se deben llevar a cabo lo siguiente:

1. Con una balanza analítica, pesar exactamente 3 gramos de la muestra en un vaso de precipitado de 100 mL.
2. Añadir aproximadamente 50 mL de etanol y disolver completamente mediante calentamiento.
3. Antes de la titulación de la muestra, ajustar el titulador potenciométrico con las siguientes configuraciones:  
Método: "Det\_pH"  
Condiciones de parada: 10 mL.
4. Finalmente, registrar el volumen gastado en la titulación.

#### ***Técnica de Análisis para la Determinación de la Acidez de un Nitrilo.***

**Equipos.** Durante la ejecución de esta técnica se deben utilizar los siguientes elementos:

- Balanza analítica de capacidad 220 gr y sensibilidad de 0.1 mg (Marca: A&D GH-200) (País de fabricación: Japón).
- Titulador o dosificador automático de 20 mL (Marca: Metrohm) (País de fabricación: Suiza).
- Vasos de precipitado de 150 mL.
- Potenciómetro (Marca: Metrohm) (País de fabricación: Suiza).
- Electrodo combinado de vidrio/calomelanos (Marca: Metrohm) (País de fabricación: Suiza)
- Matraz Erlenmeyer de 1000 mL.
- Matraz aforado de 1000 mL.
- Probeta graduada de 100 mL.

**Reactivos.** En la aplicación de esta técnica, se emplean los siguientes compuestos químicos:

**Fenolftaleína en polvo.** Marca: Fermont.

***Etanol.*** Este reactivo es distribuido por la empresa Alcoholes y Melazas de México S.A. de C.V.

***Indicador de Fenolftaleína.*** El método de preparación de este indicador se encuentra descrito en la técnica de análisis para determinar la acidez visual.

***Isopropanol.*** Esta sustancia es adquirida a través de la empresa Intertek Testing Services de México S.A. de C.V.

***Agua Destilada.*** Quimi Kao S.A. de C. V. dispone de un sistema para la producción de este reactivo.

***Disolvente de Valoración neutralizado.*** Para la preparación de este disolvente, mezclar 850 ml de isopropanol y 150 mL de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 1000 mL. Posteriormente, neutralizar la solución con 10 mL de indicador de fenolftaleína y titular con una solución de KOH 0.1 N hasta alcanzar un color rosa pálido.

***Hidróxido de Potasio 0.01 N Solución Alcohólica Estandarizada.*** Para preparar este reactivo, medir 100 mL de solución alcohólica estandarizada de KOH 0.1 N y añadirlo en un matraz de aforo de 1000 mL completando el volumen con etanol. Finalmente, la solución resultante se debe almacenar en un frasco de vidrio ámbar.

***Procedimiento.*** La determinación del índice de acidez del nitrilo se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Pesar exactamente 20 gr de muestra con un vaso de precipitado de 150 mL.
2. En una probeta medir 100 ml de disolvente de valoración neutralizado y añadirlo a la muestra.
3. Antes de la valoración, ajustar el equipo de acuerdo a los siguientes parámetros:  
Método: "Det\_pH"  
Condiciones de parada: 20 mL.
4. Registrar el volumen gastado durante la valoración.

#### ***Técnica para la Estandarización del Hidróxido de Potasio (KOH) Solución Alcohólica.***

***Equipos.*** Para la factorización de estas soluciones se deben utilizar los siguientes equipos:

- Titulador o dosificador automático de 20 mL (Marca: Metrohm) (País de fabricación: Suiza).
- Matraz Erlenmeyer de 125 mL.
- Probeta graduada de 100 mL.

**Reactivos.** Los compuestos químicos para estandarizar esta solución se detallan a continuación:

**Hidróxido de Potasio Solución Alcohólica.** Solución preparada para la determinación de la acidez.

**Fenolftaleína en Polvo.** Marca: Fermont.

**Etanol.** Este reactivo es distribuido por la empresa Alcoholes y Melazas de México S.A. de C.V.

**Indicador de Fenolftaleína.** El método de preparación de este indicador se encuentra descrito en la técnica de análisis para determinar la acidez visual.

**Agua Destilada.** Quimi Kao S.A. de C. V. dispone de un sistema para la producción de este reactivo.

**Ácido Clorhídrico Concentrado.** Marca: Fermont.

**Ácido Clorhídrico 0.2 N Solución Alcohólica Estandarizada.** Para preparar esta sustancia, medir aproximadamente 18.5 ml de ácido clorhídrico (HCl) al 37% utilizando una probeta. Luego, transferir estos 18.5 ml a un matraz aforado de 1000 mL y completar el volumen con etanol. Posteriormente, transferir la solución a un frasco de vidrio color ámbar.

**Procedimiento.** Para obtener el factor de la solución se deben aplicar los siguientes pasos:

1. Tomar con el titulador automático 20 mL de solución de KOH en un matraz Erlenmeyer de 125 mL.
2. Luego agregar 20 mL de agua destilada exenta de CO<sub>2</sub> y 2 gotas de fenolftaleína como indicador.
3. Llevar a cabo la valoración utilizando una solución estandarizada de ácido clorhídrico (HCl) 0.2 N. El punto final de la titulación se determina cuando el color rojo desaparece, dejando la solución incolora.
4. Posteriormente, calcular el factor de la solución de KOH utilizando la siguiente ecuación:

$$F = \frac{T \times A}{20}$$

Donde:

F: Factor de HCl.

T: mL gastados de HCl.

20: mL de solución KOH.

Utilizar la relación  $F = N \times 56.11$  para obtener el factor en términos de la normalidad de HCl.

5. Repetir este proceso de análisis tres veces y calcular el promedio con una aproximación hasta la cuarta cifra decimal.

### ***Técnica para la Estandarización de Ácido Clorhídrico 0.2 N Solución Alcohólica.***

**Equipos.** Para la factorización del HCl 0.2 N se deben utilizar los siguientes equipos:

- Balanza analítica de capacidad 220 gr y sensibilidad de 0.1 mg (Marca: A&D GH-200) (País de fabricación: Japón).
- Titulador o dosificador automático de 20 mL (Marca: Metrohm) (País de fabricación: Suiza).
- Matraz Erlenmeyer de 125 mL.
- Probeta graduada de 100 mL.

**Reactivos.** Los compuestos químicos para estandarizar la solución se detallan a continuación:

**Ácido clorhídrico Solución Alcohólica.** Solución preparada para estandarizar el hidróxido de potasio (KOH).

**Verde de Bromocresol (BCG) en Polvo.** Marca: Hycel.

**Indicador de Verde de Bromocresol (BCG).** Para la preparación de este indicador, pesar con precisión 2 gr de verde de bromocresol en polvo. Después disolverlo completamente en 1 litro de etanol. Almacenar la solución resultante en un frasco de vidrio ámbar.

**Etanol.** Este reactivo es distribuido por la empresa Alcoholes y Melazas de México S.A. de C.V.

**Agua Destilada.** Quimi Kao S.A. de C. V. dispone de un sistema para la producción de este reactivo.

**Carbonato de sodio anhidro ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).** Marca: Fermont.

**Procedimiento.** Para obtener el factor de esta solución se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Pesar exactamente 0.15 gramos de carbonato de sodio anhidro ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) (Marca: Fermont) en un matraz Erlenmeyer de 125 mL.
2. Posteriormente, agregar 30 mL de agua destilada para su disolución y 5 gotas de indicador verde de bromocresol (BCG).
3. Titular con la solución de HCl a estandarizar. Cerca del punto final (verde -amarillo), calentar la muestra durante aproximadamente 30 segundos para eliminar el dióxido

de carbono (CO<sub>2</sub>). Después, se dejar enfriar la muestra y continuar titulando hasta que el color verde desaparezca y se torne amarillo.

4. Calcular el factor de la solución utilizando la siguiente ecuación:

$$F = \frac{W \times P \times 1058.8}{T} \quad N = \frac{F}{56.11}$$

Donde:

W: Peso del carbonato de sodio.

P: Pureza del carbonato de sodio.

T: mL gastados de HCl.

N: Normalidad de HCl.

5. Realizar el análisis por triplicado para obtener un promedio aproximado hasta la cuarta cifra decimal.

### ***Fórmula para Calcular el Índice de Acidez.***

En base a los resultados obtenidos en las titulaciones se aplicó la siguiente ecuación para determinar el índice de acidez de los diferentes compuestos:

$$AV = \frac{T \times F}{W}$$

Donde:

AV: Índice de acidez.

T: mL gastados de KOH.

F: Factor de la solución de KOH ( $F = N \times 56.11$ ).

N: Normalidad del KOH.

W: Peso de la muestra en gr.

### ***Técnica de Análisis Estadístico.***

La prueba de Fisher es el método exacto utilizado cuando se quiere estudiar si existe asociación entre dos variables cualitativas, es decir, si las proporciones de una variable son diferentes en función del valor de la otra variable.

En esta prueba se plantean una hipótesis alternativa ( $H_i$ ) y una hipótesis nula ( $H_0$ ). Para fines de este proyecto las hipótesis planteadas son las siguientes:

- $H_0$ : No existe diferencia significativa entre la acidez promedio de tetraniles, bases y nitrilos obtenida mediante el método visual y el método potenciométrico.
- $H_i$ : Existe una diferencia significativa en la acidez promedio de tetraniles, bases y nitrilos entre el método visual y el método potenciométrico.

Para validar el cambio del método en la determinación de la acidez, se debe realizar 10 repeticiones de un lote conocido de cada compuesto en ambos métodos y conseguir un coeficiente de variación menor al 1%. Para ello, se debe calcular el promedio del conjunto de datos obtenidos en las 10 repeticiones con la siguiente ecuación:

$$\text{Promedio } (\bar{X}) = \frac{\sum_{i=1}^{n=10} X_i}{n}$$

Donde:

$\sum_{i=1}^n X_i$  = Sumatoria de los valores individuales del conjunto de datos.

$n$  = Conjuntos de datos obtenidos.

Después, determinar la desviación estándar con fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Desviación estándar } (\sigma) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n=10} (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Donde:

$n$  = Conjuntos de datos obtenidos.

$X_i$  = Valor individual en la muestra.

$\bar{X}$  = Promedio del conjunto de datos.

Una vez obtenida la desviación estándar, calcular el coeficiente de variación mediante:

$$\text{Coeficiente de variación } (CV) = \left(\frac{\sigma}{\bar{X}}\right) (100)$$

Donde:

$\sigma$  = Desviación estándar.

$\bar{X}$  = Promedio del conjunto de datos.

Una vez verificado que el CV en ambos métodos es inferior a 1, realizar la prueba de Fisher. En este estudio se deberá obtener el Fisher de prueba y el Fisher de tablas. El Fisher de prueba es el valor calculado a partir de los datos observados en el estudio y representa la medida de la asociación entre las variables categóricas. El Fisher de tablas es la distribución teórica de probabilidad que se utiliza como base para comparar el Fisher de prueba y está compuesto de dos parámetros: los grados de libertad asociados con las filas y los grados de libertad asociados con las columnas de la tabla. Para obtener estas variables se debe calcular principalmente la varianza de la muestra en ambos métodos:

$$\text{Varianza de una muestra } (\sigma^2) = \frac{\sum_{i=1}^{n=10} (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

Donde:

$n$  = Conjuntos de datos obtenidos.

$X_i$  = Valor individual en la muestra.

$\bar{X}$  = Promedio del conjunto de datos.

Posteriormente, calcular el Fisher de prueba con la fórmula:

$$F_{Prueba} = \frac{S_a^2}{S_b^2}$$

Donde:

$$\text{Estimación interna} = S_a^2 = \frac{CV_{Vis} + CV_{Pot}}{2}$$

$CV_{Vis}$  = Coeficiente de variación del conjunto de datos del método visual.

$CV_{Pot}$  = Coeficiente de variación del conjunto de datos del método potenciométrico.

$$\text{Estimación intermediente} = S_b^2 = (S^2)(n)$$

$n$  = Conjunto de datos obtenidos = 10.

$$\therefore \text{Varianza de muestras muestreables } (S^2) = \frac{(\bar{X}_{Vis} - \bar{X}_T)^2 + (\bar{X}_{Pot} - \bar{X}_T)^2}{n - 1}$$

$\bar{X}_{Vis}$  = Promedio del conjunto de datos en el método visual.

$\bar{X}_{Pot}$  = Promedio del conjunto de datos en el método potenciométrico.

$\bar{X}_T$  = Promedio obtenido al combinar los resultados del método potenciométrico y del método visual.

$n$  = Conjunto de datos obtenidos. En este caso,  $n = 2$ .

Y finalmente, comparar el Fisher de prueba con el Fisher de tablas que se obtiene mediante el comando en Excel:

$$\text{Fisher de tablas} = \text{INV.F.CD}(\text{Probabilidad}, \text{grados de libertad 1}, \text{grados de libertad 2})$$

Donde:

Probabilidad = Alfa = 0.005

Grados de libertad 1 =  $k - 1$

$k$  = Representa el número de grupos o métodos que se está comparando = 2.

Grados de libertad 2 =  $n - 1$

$n$  = Representa el conjunto de datos obtenidos = 10.

Con estas dos variables calculadas se deberá aplicar el siguiente teorema de la prueba de Fisher, el cual establece que, para que un método pueda ser aceptado, el valor del estadístico de Fisher debe ser menor al valor de Fisher de tablas (Fisher de prueba < Fisher de tablas). Si esta condición se cumple, la hipótesis nula será aceptada y por lo tanto la hipótesis alternativa será rechazada.

### Capítulo 4. Resultados.

La acidez obtenida para los diferentes compuestos estudiados se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.

Acidez de tetraniles, bases, nitrilos y ácido graso.

Nombre	Método Analítico Visual			Método Potenciométrico		
	Acidez	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Acidez	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Base HT-50	2.62	0.005	0.18	2.46	0.003	0.13
Base AT7590	3.74	0.008	0.22	3.69	0.008	0.21
Base AT875	5.00	0.016	0.33	4.85	0.014	0.28
Base DM24	2.93	0.006	0.22	2.84	0.005	0.17
Tetranil L2-92	8.76	0.022	0.25	8.36	0.019	0.23
Tetranil AT7590	9.13	0.033	0.36	8.77	0.031	0.35
Kaosoft AGL85	7.35	0.020	0.28	6.95	0.017	0.25
Nitrilo de sebo	0.0315	0.0003	0.81	0.0117	0.0001	0.77
Nitrilo de oleico	0.0202	0.0002	0.80	0.0076	0.0001	0.75
Nitrilo de sebo hidrogenado	0.0251	0.0002	0.85	0.0079	0.0001	0.83
Nitrilo de tall oil	0.0233	0.0002	0.88	0.0214	0.0002	0.82
Ácido graso de sebo destilado	204.18	1.188	0.58	204.03	0.430	0.21

#### Análisis De Resultados.

##### *Prueba de Fisher para una Base HT-50.*

El cuadro 4 que se muestra a continuación, presenta la acidez visual y la acidez potenciométrica de la base HT-50. Además, proporciona la varianza de las muestras en ambos métodos:

Cuadro 4.

Acidez de una base HT-50.

No. Análisis	Fecha	Índice de Acidez Visual	Índice de Acidez Potenciométrica
1	03/10/2023	2.62	2.46
2	03/10/2023	2.62	2.45

3	03/10/2023	2.62	2.45
4	03/10/2023	2.62	2.46
5	03/10/2023	2.61	2.46
6	03/10/2023	2.62	2.46
7	03/10/2023	2.62	2.46
8	03/10/2023	2.62	2.45
9	03/10/2023	2.61	2.46
10	03/10/2023	2.61	2.45
Promedio =		2.62	2.46
Desviación estándar =		0.005	0.003
Coeficiente de variación =		0.18	0.13
Varianza de una muestra =		0.00002	0.00001

Una vez comprobado que el coeficiente de variación en los dos métodos es menor a 1, realizamos la prueba de Fisher

Cuadro 5.

Prueba de Fisher para una base HT-50.

Estimación interna	0.15
Variación de muestras muestreables =	0.0134
n =	10.00
Estimación intermediente =	0.1338
Fisher de prueba =	0.8684
k =	2.00
k-1	1.00
n-1 =	9.00
Alfa =	0.05
Fisher de tablas =	5.12

**Prueba de Fisher para una Base AT7590.**

El cuadro 6 que se muestra a continuación, presenta la acidez visual y la acidez potenciométrica de la base AT7590. Además, proporciona la varianza de las muestras en ambos métodos:

Cuadro 6.

Acidez de una base AT7590.

No. Análisis	Fecha	Índice de Acidez Visual	Índice de Acidez Potenciométrica
1	17/10/2023	3.74	3.71
2	17/10/2023	3.75	3.69
3	17/10/2023	3.73	3.69
4	17/10/2023	3.74	3.68
5	17/10/2023	3.73	3.70
6	17/10/2023	3.74	3.69
7	17/10/2023	3.73	3.69
8	17/10/2023	3.75	3.68
9	17/10/2023	3.74	3.70
10	17/10/2023	3.74	3.69
Promedio =		3.74	3.69
Desviación estándar =		0.008	0.008
Coeficiente de variación =		0.22	0.21
Varianza de una muestra =		0.00007	0.00006

Una vez comprobado que el coeficiente de variación en los dos métodos es menor a 1, realizamos la prueba de Fisher

Cuadro 7.

Prueba de Fisher para una base AT7590.

Estimación interna =	0.21
Variación de muestras muestreables =	0.0010
n =	10.00
Estimación intermediente =	0.0100
Fisher de prueba =	0.0475
k =	2.00
k-1 =	1.00
n-1 =	9.00
Alfa =	0.05
Fisher de tablas =	5.12

**Prueba de Fisher para una Base AT875.**

El cuadro 8 que se muestra continuación, presenta la acidez visual y la acidez potenciométrica de la base AT875. Además, proporciona la varianza de las muestras en ambos métodos:

Cuadro 8.

Acidez de una base AT875.

No. Análisis	Fecha	Índice de Acidez Visual	Índice de Acidez Potenciométrica
1	27/09/2023	5.00	4.84
2	27/09/2023	5.00	4.84
3	27/09/2023	4.98	4.83
4	27/09/2023	5.01	4.83
5	27/09/2023	5.00	4.84
6	27/09/2023	5.01	4.84
7	27/09/2023	4.99	4.85
8	27/09/2023	4.99	4.85
9	27/09/2023	4.96	4.86
10	27/09/2023	5.02	4.88
Promedio =		5.00	4.85
Desviación estándar =		0.016	0.014
Coeficiente de variación =		0.33	0.28
Varianza de una muestra =		0.0003	0.0002

Una vez comprobado que el coeficiente de variación en los dos métodos es menor a 1, realizamos la prueba de Fisher

Cuadro 9.

Prueba de Fisher para una base AT875.

Estimación interna =	0.31
Variación de muestras muestreables =	0.0113
n =	10.00
Estimación intermediente	0.1128
Fisher de prueba =	0.3696
k =	2.00

k-1 =	1.00
n-1 =	9.00
Alfa =	0.05
Fisher de tablas =	5.12

**Prueba de Fisher para una Base DM24.**

El cuadro 10 que se muestra a continuación, presenta la acidez visual y la acidez potenciométrica de la base DM24. Además, proporciona la varianza de las muestras en ambos métodos:

Cuadro 10.

Acidez de una base DM24.

No. Análisis	Fecha	Índice de Acidez Visual	Índice de Acidez Potenciométrica
1	27/09/2023	2.92	2.84
2	27/09/2023	2.93	2.84
3	27/09/2023	2.92	2.84
4	27/09/2023	2.92	2.83
5	27/09/2023	2.93	2.84
6	27/09/2023	2.93	2.84
7	27/09/2023	2.93	2.84
8	27/09/2023	2.94	2.84
9	27/09/2023	2.92	2.83
10	27/09/2023	2.93	2.83
Promedio =		2.93	2.84
Desviación estándar =		0.006	0.005
Coeficiente de variación =		0.22	0.17
Varianza de una muestra =		0.00004	0.00002

Una vez comprobado que el coeficiente de variación en los dos métodos es menor a 1, realizamos la prueba de Fisher

Cuadro 11.

Prueba de Fisher para una base DM24.

Estimación interna =	0.20
Variación de muestras muestreables =	0.0040

n =	10.00
Estimación intermediente =	0.0403
Fisher de prueba =	0.2047
k =	2.00
k-1 =	1.00
n-1 =	9.00
Alfa =	0.05
Fisher de tablas =	5.12

**Prueba de Fisher para un Tetranil L2-92.**

El cuadro 12 que se muestra a continuación, presenta la acidez visual y la acidez potenciométrica de un tetranil L2-92. Además, proporciona la varianza de las muestras en ambos métodos:

Cuadro 12.

Acidez de un tetranil L2-92.

No. Análisis	Fecha	Índice de Acidez Visual	Índice de Acidez Potenciométrica
1	11/10/2023	8.72	8.36
2	11/10/2023	8.73	8.39
3	11/10/2023	8.77	8.34
4	11/10/2023	8.77	8.37
5	11/10/2023	8.74	8.35
6	11/10/2023	8.80	8.36
7	11/10/2023	8.76	8.38
8	11/10/2023	8.76	8.33
9	11/10/2023	8.78	8.35
10	11/10/2023	8.77	8.39
Promedio =		8.76	8.36
Desviación estándar =		0.022	0.019
Coeficiente de variación =		0.25	0.23
Varianza de una muestra =		0.0005	0.0004

Una vez comprobado que el coeficiente de variación en los dos métodos es menor a 1, realizamos la prueba de Fisher:

Cuadro 13.

Prueba de Fisher para un tetranil L2-92.

Estimación interna =	0.24
Variación de muestras muestreables =	0.0782
n =	10.00
Estimación intermediente =	0.7821
Fisher de prueba =	3.2826
k =	2.00
k-1 =	1.00
n-1 =	9.00
Alfa =	0.05
Fisher de tablas =	5.12

**Prueba de Fisher para un Tetranil AT7590.**

El cuadro 14 que se muestra a continuación, presenta la acidez visual y la acidez potenciométrica de un tetranil AT7590. Además, proporciona la varianza de las muestras en ambos métodos:

Cuadro 14.

Acidez de un tetranil AT7590.

No. Análisis	Fecha	Índice de Acidez Visual	Índice de Acidez Potenciométrica
1	25/09/2023	9.12	8.78
2	25/09/2023	9.18	8.76
3	25/09/2023	9.11	8.82
4	25/09/2023	9.07	8.75
5	25/09/2023	9.13	8.77
6	25/09/2023	9.09	8.74
7	25/09/2023	9.15	8.82
8	25/09/2023	9.16	8.72
9	25/09/2023	9.13	8.79
10	25/09/2023	9.15	8.76
Promedio =		9.13	8.77
Desviación estándar =		0.033	0.031

Coeficiente de variación =	0.36	0.35
Varianza de una muestra =	0.0011	0.0009

Una vez comprobado que el coeficiente de variación en los dos métodos es menor a 1, realizamos la prueba de Fisher:

Cuadro 15.

Prueba de Fisher para un tetranil AT7590.

Estimación interna =	0.35
Variación de muestras muestreables =	0.0641
n =	10.00
Estimación intermediente =	0.6408
Fisher de prueba =	1.8091
k =	2.00
k-1 =	1.00
n-1 =	9.00
Alfa =	0.05
Fisher de tablas =	5.12

**Prueba de Fisher para un Kaosoft AGL85.**

El cuadro 16 que se muestra a continuación, presenta la acidez visual y la acidez potenciométrica de un kaosoft AGL85. Además, proporciona la varianza de las muestras en ambos métodos:

Cuadro 16.

Acidez de un kaosoft AGL85.

No. Análisis	Fecha	Índice de Acidez Visual	Índice de Acidez Potenciométrica
1	01/10/2023	7.32	6.96
2	01/10/2023	7.34	6.98
3	01/10/2023	7.36	6.94
4	01/10/2023	7.35	6.95
5	01/10/2023	7.32	6.94
6	01/10/2023	7.36	6.94
7	01/10/2023	7.34	6.96
8	01/10/2023	7.38	6.95

9	01/10/2023	7.35	6.94
10	01/10/2023	7.37	6.98
Promedio =		7.35	6.95
Desviación estándar =		0.020	0.017
Coeficiente de variación =		0.28	0.25
Varianza de una muestra =		0.0004	0.0003

Una vez comprobado que el coeficiente de variación en los dos métodos es menor a 1, realizamos la prueba de Fisher:

Cuadro 17.

Prueba de Fisher para un kaosoft AGL85.

Estimación interna =	0.26
Variación de muestras muestreables =	0.0786
n =	10.00
Estimación intermediente =	0.7857
Fisher de prueba =	2.9822
k =	2.00
k-1 =	1.00
n-1 =	9.00
Alfa =	0.05
Fisher de tablas =	5.12

**Prueba de Fisher para un Nitrilo de Sebo.**

El cuadro 18 que se muestra a continuación, presenta la acidez visual y la acidez potenciométrica de un nitrilo de sebo. Además, proporciona la varianza de las muestras en ambos métodos:

Cuadro 18.

Acidez de un nitrilo de sebo.

No. Análisis	Fecha	Índice de Acidez Visual	Índice de Acidez Potenciométrica
1	14/10/2023	0.0312	0.0116
2	14/10/2023	0.0313	0.0117
3	14/10/2023	0.0319	0.0118
4	14/10/2023	0.0316	0.0116

5	14/10/2023	0.0316	0.0116
6	14/10/2023	0.0312	0.0117
7	14/10/2023	0.0312	0.0118
8	14/10/2023	0.0319	0.0117
9	14/10/2023	0.0316	0.0118
10	14/10/2023	0.0312	0.0116
Promedio =		0.0315	0.0117
Desviación estándar =		0.0003	0.0001
Coeficiente de variación =		0.81	0.77
Varianza de una muestra =		0.00000006	0.00000001

Una vez comprobado que el coeficiente de variación en los dos métodos es menor a 1, realizamos la prueba de Fisher:

Cuadro 19.

Prueba de Fisher para un nitrilo de sebo.

Estimación interna =	0.79
Variación de muestras muestreables =	0.0002
n =	10.00
Estimación intermediente =	0.0020
Fisher de prueba =	0.0025
k =	2.00
k-1 =	1.00
n-1 =	9.00
Alfa =	0.05
Fisher de tablas =	5.12

**Prueba de Fisher para un Nitrilo Oleico.**

El cuadro 20 que se muestra a continuación, presenta la acidez visual y la acidez potenciométrica de un nitrilo oleico. Además, proporciona la varianza de las muestras en ambos métodos:

Cuadro 20.

Acidez de un nitrilo oleico.

No. Análisis	Fecha	Índice de Acidez Visual	Índice de Acidez Potenciométrica
-----------------	-------	----------------------------	-------------------------------------

1	21/11/2023	0.0201	0.0076
2	21/11/2023	0.0202	0.0075
3	21/11/2023	0.0204	0.0076
4	21/11/2023	0.0202	0.0075
5	21/11/2023	0.0201	0.0076
6	21/11/2023	0.0202	0.0076
7	21/11/2023	0.0201	0.0076
8	21/11/2023	0.0205	0.0075
9	21/11/2023	0.0204	0.0075
10	21/11/2023	0.0201	0.0076
Promedio =		0.0202	0.0076
Desviación estándar =		0.0002	0.0001
Coeficiente de variación =		0.80	0.75
Varianza de una muestra =		0.00000003	0.000000003

Una vez comprobado que el coeficiente de variación en los dos métodos es menor a 1, realizamos la prueba de Fisher:

Cuadro 21.

Prueba de Fisher para un nitrilo oleico.

Estimación interna =	0.77
Variación de muestras muestreables =	0.0001
n =	10.00
Estimación intermediente =	0.0008
Fisher de prueba =	0.0010
k =	2.00
k-1 =	1.00
n-1 =	9.00
Alfa =	0.05
Fisher de tablas =	5.12

**Prueba de Fisher para un Nitrilo de Sebo Hidrogenado.**

El cuadro 22 que se muestra a continuación, presenta la acidez visual y la acidez potenciométrica de un nitrilo de sebo hidrogenado. Además, proporciona la varianza de las muestras en ambos métodos:

Cuadro 22.

Acidez de un nitrilo de sebo hidrogenado.

No. Análisis	Fecha	Índice de Acidez Visual	Índice de Acidez Potenciométrica
1	24/11/2023	0.0250	0.0078
2	24/11/2023	0.0253	0.0079
3	24/11/2023	0.0250	0.0080
4	24/11/2023	0.0250	0.0079
5	24/11/2023	0.0250	0.0078
6	24/11/2023	0.0250	0.0079
7	24/11/2023	0.0256	0.0079
8	24/11/2023	0.0253	0.0080
9	24/11/2023	0.0250	0.0078
10	24/11/2023	0.0250	0.0078
Promedio =		0.0251	0.0079
Desviación estándar =		0.0002	0.0001
Coeficiente de desviación =		0.85	0.83
Varianza de una muestra =		0.00000005	0.000000004

Una vez comprobado que el coeficiente de variación en los dos métodos es menor a 1, realizamos la prueba de Fisher:

Cuadro 23.

Prueba de Fisher para un nitrilo de sebo hidrogenado.

Estimación interna =	0.84
Variación de muestras muestreables =	0.0001
n =	10.00
Estimación intermediente =	0.0015
Fisher de prueba =	0.0018
k =	2.00
k-1 =	1.00
n-1 =	9.00
Alfa =	0.05
Fisher de tablas =	5.12

**Prueba de Fisher para un Nitrilo Tall Oil.**

El cuadro 24 que se muestra a continuación, presenta la acidez visual y la acidez potenciométrica de un nitrilo tall oil. Además, proporciona la varianza de las muestras en ambos métodos:

Cuadro 24.

Acidez de un nitrilo tall oil.

No. Análisis	Fecha	Índice de Acidez Visual	Índice de Acidez Potenciométrica
1	30/11/2023	0.0234	0.0217
2	30/11/2023	0.0231	0.0215
3	30/11/2023	0.0234	0.0214
4	30/11/2023	0.0231	0.0215
5	30/11/2023	0.0234	0.0217
6	30/11/2023	0.0237	0.0212
7	30/11/2023	0.0234	0.0215
8	30/11/2023	0.0231	0.0213
9	30/11/2023	0.0234	0.0213
10	30/11/2023	0.0231	0.0213
Promedio =		0.0233	0.0214
Desviación estándar =		0.0002	0.0002
Coeficiente de variación =		0.88	0.82
Varianza de una muestra =		0.00000004	0.00000003

Una vez comprobado que el coeficiente de variación en los dos métodos es menor a 1, realizamos la prueba de Fisher:

Cuadro 25.

Prueba de Fisher para un nitrilo tall oil.

Estimación interna =	0.85
Variación de muestras muestreables =	0.000002
n =	10.00
Estimación intermediente =	0.00002
Fisher de prueba =	0.00002
k =	2.00

k-1 =	1.00
n-1 =	9.00
Alfa =	0.05
Fisher de tablas =	5.12

**Prueba de Fisher para el Ácido Graso de Sebo Destilado.**

El cuadro 26 que se muestra a continuación, presenta la acidez visual y la acidez potenciométrica de un ácido graso de sebo destilado. Además, proporciona la varianza de las muestras en ambos métodos:

Cuadro 26.

Acidez de un ácido graso de sebo destilado.

No. Análisis	Fecha	Índice de Acidez Visual	Índice de Acidez Potenciométrica
1	30/11/2023	204.13	204.28
2	30/11/2023	203.23	204.17
3	30/11/2023	204.40	204.02
4	30/11/2023	206.13	203.91
5	30/11/2023	202.42	204.66
6	30/11/2023	205.30	204.70
7	30/11/2023	203.60	203.85
8	30/11/2023	203.97	203.40
9	30/11/2023	205.55	203.55
10	30/11/2023	203.03	203.77
Promedio =		204.18	204.03
Desviación estándar =		1.188	0.430
Coeficiente de variación =		0.58	0.21
Varianza de una muestra =		1.4110	0.1850

Una vez comprobado que el coeficiente de variación en los dos métodos es menor a 1, realizamos la prueba de Fisher:

Cuadro 27.

Prueba de Fisher para un ácido graso de sebo destilado.

Estimación interna =	0.40
Variación de muestras muestrables =	0.0105

n =	10.00
Estimación intermediente =	0.1049
Fisher de prueba =	0.2648
k =	2.00
k-1 =	1.00
n-1 =	9.00
Alfa =	0.05
Fisher de tablas =	5.12

El resumen de las pruebas de Fisher para los tetraniles, bases, nitrilos y ácido graso se presentan a continuación:

Cuadro 28.

Pruebas de Fisher para tetraniles, bases, nitrilos y ácido graso.

Nombre	Fisher de prueba	Fisher de tablas
Base HT-50	0.8684	5.12
Base AT7590	0.0475	5.12
Base AT875	0.3696	5.12
Base DM24	0.2047	5.12
Tetranil L2-92	3.2826	5.12
Tetranil AT7590	1.8091	5.12
Kaosoft AGL85	2.9822	5.12
Nitrilo de sebo	0.0025	5.12
Nitrilo oleico	0.0010	5.12
Nitrilo de sebo hidrogenado	0.0018	5.12
Nitrilo tall oil	0.00002	5.12
Ácido graso de sebo destilado	0.2648	5.12

### Discusión de Resultados.

En el cuadro 3 que detalla la acidez obtenida en dos métodos analíticos, el método visual y el método potenciométrico se puede observar principalmente que la influencia de la subjetividad visual es un factor que altera el proceso de titulación para la determinación de la acidez en los diferentes compuestos, debido a que esta influencia radica en la interpretación del punto de viraje, por lo que la variación obtenida en los resultados de cada sustancia en este método se ve directamente afectada por este criterio.

La influencia directa de este problema es evidente en el método analítico visual, donde el juicio humano juega un papel crucial en la identificación del momento exacto en que la solución alcanza su punto de neutralización. Dicho punto de viraje es crucial para la precisión de la medición de acidez ya que puede ser interpretado de manera ligeramente diferente, lo que potencialmente introduce variabilidad en los resultados.

En comparación con la acidez obtenida en el método potenciométrico se puede observar que este método tiene un enfoque más objetivo y cuantitativo, ya que, al medir directamente la variación del potencial eléctrico durante la titulación, este método elimina la dependencia del juicio visual humano, por lo que se obtienen resultados más consistentes y menos variables.

En la acidez obtenida en los compuestos estudiados podemos visualizar que ambos métodos proporcionan resultados similares sin embargo el método potenciométrico presenta una menor variabilidad con una desviación estándar y un coeficiente de variación menor que el método visual, haciendo notar de esta manera que la subjetividad visual es motivo de una mayor variabilidad en las repeticiones de cada número de análisis realizado en cada uno de los compuestos.

En el 2014 Ruiz Castillo Evelyn, demuestra que el método potenciométrico presenta una gran ventaja no solo para la determinación de la acidez de compuestos sino también en los diferentes análisis fisicoquímicos debido a la rapidez, precisión y confiabilidad en los resultados, ya que estos depende únicamente del electrodo utilizado en la titulación, el cual es el encargado de detectar exactamente el mejor punto de neutralización durante el proceso sin ser influenciado por la interpretación del punto de viraje como ocurre en el método analítico visual. De la misma manera, en el 2022, De Jesús Rafael Manuel, Guillen Morales Magali y Christopher Alejandro demuestran que la determinación de la acidez mediante la titulación acido-base se ve afectada principalmente por la percepción visual, ya que el punto de la titulación depende de este criterio, además mencionan que otro de los factores que altera este proceso fisicoquímico es la apariencia de la muestra, por lo que destacan que el método potenciométrico es un técnica que no se ve afectada por estos factores por lo que sus resultados no presentan muchas variaciones. Con estas demostraciones podemos comprobar nuestros resultados obtenidos, ya que en este caso también el método potenciométrico presenta una ventaja ante el método analítico visual.

En los cuadros 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 y 26 se presenta la acidez visual y la acidez potenciométrica obtenida para cada compuesto. Estos resultados fueron sometidos a la prueba de Fisher, los cuadros 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25 y 27 muestran este análisis

estadístico, el cual fue realizado para comprobar nuestras hipótesis y aprobar el método potenciométrico. Para ello se obtuvo primero el Fisher de prueba, este valor fue calculado a partir de las 10 repeticiones obtenidas en ambos métodos para cada una de las bases, tetraniles, nitrilos y ácido graso. Posteriormente, con un comando en Excel fue calculado el Fisher de tablas, este valor fue utilizado como base para comparar el Fisher de prueba.

En el cuadro 28, se resumen el Fisher de prueba y el Fisher de tablas obtenidos en los compuestos estudiados. En este cuadro principalmente podemos observar que el Fisher de tablas es el mismo para todos los compuestos debido a que fueron evaluados a las mismas condiciones, es decir, se hizo la misma cantidad de repeticiones para cada uno en los dos métodos analíticos estudiados. Además, se puede visualizar que las sustancias presentan un Fisher de prueba menor al Fisher de tablas, lo que resulta una gran ventaja para esta investigación ya que con esto podemos comprobar el teorema de esta prueba, la cual nos dice que si el Fisher de prueba es menor al Fisher de tablas no existe diferencia significativa entre la acidez obtenida en cada sustancia.

En el 2022, Rodríguez Liliana demuestra que la prueba de Fisher es un método estadístico de gran ventaja ya que nos permite comparar los resultados obtenidos en dos diferentes campos de estudio, así como también evaluar la precisión, consistencia y sobre todo identificar posibles riesgos entre los métodos. De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba podemos comprobar que el método potenciométrico tiene mejor precisión y menor variabilidad, además se descarta la presencia de algún riesgo en este método, demostrándolo con el Fisher de prueba ya que es menor al Fisher de tablas.

## Capítulo 5. Conclusiones.

### Conclusiones Del Proyecto.

La evaluación de la acidez a través del método potenciométrico no solo ha revelado una mayor precisión, sino también ha facilitado una automatización y eficiencia superior en el proceso analítico. Esta exitosa validación del método potenciométrico se obtuvo al lograr resultados más precisos en comparación con el método visual, ya que este presenta una mayor variabilidad debido al juicio visual para detectar el punto de viraje.

La implementación de este método para determinar la acidez en los diferentes compuestos es un avance para el departamento de control de calidad ya que se obtienen resultados más confiables y menos variables debido a que el encargado de detectar el punto de neutralización es el electrodo y por lo tanto este no depende del criterio del analista a cargo.

Con la interpretación de los resultados podemos aceptar la hipótesis nula, la cual nos dice que no existe diferencia significativa entre la acidez obtenida en ambos métodos, ya que la prueba de Fisher nos permite comprobar este planteamiento porque el Fisher de prueba calculado es menor al Fisher de tablas. Por lo que se rechaza la hipótesis alternativa, que establece que existe una diferencia en la acidez promedio de tetraniles, bases y nitrilos entre el método visual y el método potenciométrico.

De esta manera los objetivos de la investigación se alcanzaron satisfactoriamente y se puede concluir que el método potenciométrico puede ser implementado en el departamento de control de calidad de Quimi Kao S.A. de C.V asegurando de esta manera una mejora en el procedimiento de este análisis fisicoquímico.

### Recomendaciones.

- Identificar con precisión las soluciones apropiadas para los tetraniles, bases, nitrilos y ácido graso.
- Verificar minuciosamente que el método de titulación potenciométrica sea el adecuado para determinar la acidez en los diferentes compuestos.
- Antes de iniciar la valoración potenciométrica, verificar que el frasco que contiene la solución titulante tenga un volumen suficiente.
- Realizar una revisión periódica de las soluciones después de 3 meses de su factorización, implementando un proceso de refactorización para mantener la integridad y eficacia de cada una de estas.

- En caso de calentar la muestra, limitar el tiempo de calentamiento a un máximo de 3 minutos para prevenir la volatilización no deseada de componentes del producto analizado.
- Almacenar cuidadosamente el electrodo de referencia en una solución electrolítica o en isopropanol para garantizar su óptimo estado para mediciones más precisas.
- Antes y después de llevar a cabo el análisis fisicoquímico, enjuagar y secar meticulosamente el electrodo de referencia para evitar posibles contaminaciones y asegurar resultados confiables.

### **Experiencia Personal Adquirida.**

La realización de la residencia profesional en una industria petroquímica como Quimi Kao S.A. de C.V. ha representado una experiencia profundamente gratificante y enriquecedora en mi desarrollo profesional. A lo largo de este período, he tenido la oportunidad de sumergirme en un entorno laboral dinámico y especializado, donde cada día ha sido una oportunidad para aprender y crecer.

Durante mi estadía en el departamento de control de calidad, tuve la oportunidad de conocer el proceso de transformación de materias primas a productos finales de interés. A lo largo de esta experiencia, me familiaricé a fondo con los análisis fisicoquímicos aplicados en diferentes etapas, desde la recepción inicial de materias primas hasta las fases de reacción, decantación, filtración, deshidratación y, finalmente, la evaluación y almacenamiento del producto resultante, lo que me permitió comprender de manera exhaustiva el ciclo de producción desde la perspectiva clave de asegurar la calidad del producto final.

La habilidad para colaborar y trabajar en equipo es una competencia fundamental que más he desarrollado durante mi tiempo en Quimi Kao. En esta empresa, la colaboración no solo es valorada, sino que también se considera esencial tanto dentro de cada área funcional como en la coordinación conjunta entre diferentes departamentos. Esta capacidad de trabajar de manera conjunta es crucial para garantizar el crecimiento continuo y efectivo de la industria química. En Quimi Kao, he experimentado de primera mano cómo la sinergia entre equipos, la comunicación efectiva y la colaboración entre departamentos son elementos clave para abordar desafíos, optimizar procesos y mantener altos estándares de calidad en la producción. Esta competencia no solo enriquece mi experiencia laboral, sino que también contribuye al éxito de la empresa.

Contribuir a la mejora de uno de los análisis fundamentales en el área de calidad me brinda una profunda satisfacción al saber que mi participación ha impactado directamente en la obtención de resultados más confiables y precisos.

Estos meses en la industria han sido una etapa llena de experiencias significativas y aprendizajes valiosos que tendrán una gran relevancia para mi futuro profesional, ya que enriquecen mi perfil laboral y son perfectamente aplicables en futuros empleos.

## Capítulo 6. Competencias Desarrolladas y Aplicadas.

Durante mi estancia en la Industria Quimi Kao S.A. de C.V. participé en diferentes actividades que me permitieron desarrollar y aplicar diversas competencias, las cuales se describen a continuación:

- Análisis y resolución de problemas. Evaluar la eficiencia, la precisión y confiabilidad de los dos métodos de titulación ácido-base (visual y potenciométrico).
- Seguridad en el área de trabajo. Conciencia y aplicación de prácticas seguras durante la experimentación y la manipulación de los reactivos.
- Operación de equipo de laboratorio. Manejo y ajuste de los parámetros del potenciómetro y dosificadores automáticos para la titulación ácido-base de los tetraniles, bases y nitrilos.
- Técnicas de laboratorio. Aplicaciones de procedimientos para la estandarización de los reactivos usados en el laboratorio y análisis fisicoquímicos para los productos.
- Técnica de muestreo y aplicación de estándares de calidad a los productos. Comprensión del protocolo de muestreo de materias primas y productos terminados.
- Habilidades técnicas para el manejo del Software "SAP". Manejo del programa para cargar las propiedades químicas de los productos de forma segura y eficiente en el sistema.
- Análisis estadístico. Validación del cambio del método analítico visual a potenciométrico mediante un estudio estadístico para respaldar de manera sólida y objetiva la transición al método.
- Trabajo en equipo. Apoyar a los analistas en la determinación de la acidez de los compuestos, así como también en algunas actividades dentro del laboratorio.
- Comunicación efectiva. Capacitación a los analistas para la implementación del método potenciométrico en el departamento de control de calidad y presentación de los resultados obtenidos al jefe del área.

### Fuentes De Información.

- Chang, R. y Goldsby, K. A. (2017). Química. Mc Graw Hill.
- Chemical.Kao.com. (2015). Tetraniles.  
[https://chemical.kao.com/es/products/B0030474\\_es/?region=mx](https://chemical.kao.com/es/products/B0030474_es/?region=mx).
- De Jesús Rafael, M., Guillen Morales, M. y Christopher A. (2022). Titulación para la determinación de la acidez. Revista iberoamericana para la investigación y desarrollo educativo. 4-8.  
<https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1138>
- Gama Silva, M. y Alfonso, C. J. (2007). De Svante Arrhenius a PH-metro digital: un siglo de medición de acidez. [https:// SciELO - Brasil](https://SciELO-Brasil.org) - De Svante Arrhenius a la medición digital: 100 años de medición de acidez De Svante Arrhenius a la medición digital: 100 años de medición de acidez.
- Gary D. Christian. (2010). Química analítica. Mc Graw Hill.
- Hanna Instruments. (2019). Determinación de la acidez en ácidos grasos.  
<https://hannabolivia.com/agro/blog/item/determinacion-de-acidez-en-aceites-vegetales-para-consumo>.
- Harris, D. C. (2016). Análisis químico cuantitativo. Reverté.
- K. Diana. (2009). Estadística para todos: Estrategias de pensamiento y herramientas para la solución de problemas. Ministerio de Educación de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica.
- Kao Chemicals. (s/f). Perfil de la compañía.  
<https://chemical.kao.com/mx/business/company/#:~:text=Quimikao%20esta%20localizada%20en%20la,su%20tipo%20en%20America%20Latina>.
- M. Marroquín, R. Martínez, L. González, R. Guillen, C. Melecio, E. Torres, O. González y R. Guerrero. (2022). Química orgánica de los productos de Quimi Kao S.A de C.V. Laboratorio de investigación y desarrollo.
- Petrucci R. H., Herring F. G., Madura J. D. y Bissonnette C. (2011). Química general: Principios y aplicaciones modernas. Pearson.
- Qualios. (2023). Soluciones y reactivos del departamento de control de calidad. Quimi Kao S.A. de C.V
- Qualios. (2023). Técnicas de análisis del departamento de control de calidad. Quimi Kao S.A. de C.V
- Qualios. (2023). Validación intralaboratorios de métodos analíticos. Quimi Kao S.A. de C.V
- Quimica.es. (2018). Acidez. <https://www.quimica.es/enciclopedia/Acidez.html>.

- Quimica.es. (2020). Grupos funcionales: Nitrilos. <https://www.quimica.es/enciclopedia/Nitrilo.html>.
- Rodríguez, Liliana. (2022). Plan maestro de validación para el análisis del activo catiónico para los tensoactivos. <https://qualios.es>.
- Ruiz Castillo, E. (2014). Evaluación comparativa entre el método de determinación de cobre por yodometría y titulación potenciométrica con iones selectivos y validación [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4013>
- Sica mediciones. (2018). Análisis del número ácido con titulación potenciométrica. <https://www.sicamedicion.com.mx/blog/procesos-quimicos/analisis-del-numero-acido-con-titulacion-potenciometrica/>.
- Significados.com. (2019). ¿Qué es una base? <https://www.significados.com/base/>.

**Anexos.****Acidez de la Base HT50.****Método Analítico Visual.**

Cuadro 29.

Acidez visual de una base HT-50.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
Base HT50	T-1003	03/10/2023	1	6.0116	2.4880	6.3334	2.62
			2	6.0041	2.4840		2.62
			3	6.0277	2.4920		2.62
			4	6.014	2.4880		2.62
			5	6.0397	2.4880		2.61
			6	6.0182	2.4940		2.62
			7	6.0135	2.4900		2.62
			8	6.021	2.4920		2.62
			9	6.0215	2.4860		2.61
			10	6.0132	2.4820		2.61
Promedio =							2.62
Desviación estándar =							0.005
Coeficiente de variación =							0.18

**Método potenciométrico.**

Cuadro 30.

Acidez potenciométrica de una base HT-50.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
Base HT50	T-1003	03/10/2023	1	6.0061	2.3312	6.3334	2.46
			2	6.0096	2.3279		2.45
			3	6.0174	2.3318		2.45
			4	6.0217	2.3400		2.46
			5	6.0091	2.3297		2.46
			6	6.0168	2.3334		2.46
			7	6.0101	2.3300		2.46
			8	6.0017	2.3229		2.45
			9	6.0191	2.3333		2.46

10	6.0072	2.3239	2.45
Promedio =			2.46
Desviación estándar =			0.003
Coeficiente de variación =			0.13

**Acidez de la Base AT7590.****Método Analítico Visual.**

Cuadro 31.

Acidez visual de una base AT7590.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
Base AT7590	31060779	17/10/2023	1	6.0024	3.4920	6.4331	3.74
			2	6.0035	3.4950		3.75
			3	6.0070	3.486		3.73
			4	6.0012	3.4870		3.74
			5	6.0088	3.4800		3.73
			6	6.0090	3.4920		3.74
			7	6.0065	3.4780		3.73
			8	6.0025	3.4990		3.75
			9	6.0055	3.4890		3.74
			10	6.0045	3.4940		3.74
Promedio =							3.74
Desviación estándar =							0.008
Coeficiente de variación =							0.22

**Método Potenciométrico.**

Cuadro 32.

Acidez potenciométrica de una base AT7590.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
Base AT7590	31060779	17/10/2023	1	6.0027	3.4575	6.4331	3.71
			2	6.0054	3.4480		3.69
			3	6.0055	3.4441		3.69
			4	6.0049	3.4383		3.68
			5	6.0051	3.4573		3.70
			6	6.0043	3.4467		3.69

7	6.0077	3.4490	3.69
8	6.0061	3.4385	3.68
9	6.0047	3.4520	3.70
10	6.0062	3.4431	3.69
Promedio =			3.69
Desviación estándar =			0.008
Coeficiente de variación =			0.21

**Acidez de la Base AT875.****Método Analítico Visual.**

Cuadro 33.

Acidez visual de una base AT875.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
Base AT875	31056700	27/09/2023	1	6.0358	4.6870	6.4384	5.00
			2	6.0013	4.6620		5.00
			3	6.0028	4.6460		4.98
			4	6.0048	4.6740		5.01
			5	6.0245	4.6800		5.00
			6	6.0055	4.6720		5.01
			7	6.0157	4.6580		4.99
			8	6.0012	4.6540		4.99
			9	6.0068	4.6320		4.96
			10	6.0015	4.6820		5.02
Promedio =							5.00
Desviación estándar =							0.016
Coeficiente de variación =							0.33

**Método Potenciométrico.**

Cuadro 34.

Acidez potenciométrica de una base AT875.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
			1	6.0508	4.5491		4.84
			2	6.0499	4.5481		4.84
			3	6.0833	4.566		4.83

Base	31056700	27/09/2023	4	6.0265	4.5251	6.4384	4.83
AT875			5	6.0766	4.5711		4.84
			6	6.0603	4.5537		4.84
			7	6.0544	4.5619		4.85
			8	6.0598	4.5680		4.85
			9	6.0516	4.5687		4.86
			10	6.0638	4.5926		4.88
Promedio =							4.85
Desviación estándar =							0.014
Coeficiente de variación =							0.28

**Acidez de la Base DM24.****Método Analítico Visual.**

Cuadro 35.

Acidez visual de una base DM24.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
Base DM24	T-618	03/10/2023	1	6.0244	3.0020	5.8694	2.92
			2	6.0161	3.0040		2.93
			3	6.028	3.0020		2.92
			4	6.0326	3.0040		2.92
			5	6.013	3.0030		2.93
			6	6.0143	3.0040		2.93
			7	6.0258	3.0060		2.93
			8	6.0042	3.0080		2.94
			9	6.037	3.0000		2.92
			10	6.0259	3.0040		2.93
Promedio =							2.93
Desviación estándar =							0.006
Coeficiente de variación =							0.22

**Método Potenciométrico.**

Cuadro 36.

Acidez potenciométrica de una base DM24.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
--------	------	-------	--------------	-----------	-------------	--------	------------------

Base DM24	T-618	03/10/2023	1	6.0123	2.9142	5.8694	2.84
			2	6.0177	2.9119		2.84
			3	6.0268	2.9193		2.84
			4	6.0321	2.9129		2.83
			5	6.0402	2.9180		2.84
			6	6.016	2.9145		2.84
			7	6.0133	2.9046		2.84
			8	6.0633	2.9307		2.84
			9	6.023	2.9066		2.83
			10	6.0171	2.9023		2.83
Promedio =							2.84
Desviación estándar =							0.005
Coeficiente de variación =							0.17

**Acidez del Tetranil L2-92.*****Método Analítico Visual.***

Cuadro 37.

Acidez visual de un tetranil L2-92.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
Tetranil L2-92	T-1007	11/10/2023	1	3.0044	4.0140	6.5300	8.72
			2	3.0062	4.0210		8.73
			3	3.0028	4.0320		8.77
			4	3.0081	4.0380		8.77
			5	3.0057	4.0240		8.74
			6	3.0039	4.0460		8.80
			7	3.0075	4.0340		8.76
			8	3.0048	4.0290		8.76
			9	3.0023	4.0380		8.78
			10	3.0090	4.0420		8.77
Promedio =							8.76
Desviación estándar =							0.022
Coeficiente de variación =							0.25

**Método Potenciométrico.**

Cuadro 38.

Acidez potenciométrica de un tetranil L2-92.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
Tetranil L2-92	T-1007	11/10/2023	1	3.0086	3.8535	6.5300	8.36
			2	3.0074	3.8652		8.39
			3	3.0056	3.8409		8.34
			4	3.0068	3.8556		8.37
			5	3.0062	3.8455		8.35
			6	3.0082	3.8530		8.36
			7	3.0056	3.8585		8.38
			8	3.0038	3.8340		8.33
			9	3.008	3.8461		8.35
			10	3.0081	3.8628		8.39
Promedio =							8.36
Desviación estándar =							0.019
Coeficiente de variación =							0.23

**Acidez del Tetranil AT7590.****Método Analítico Visual.**

Cuadro 39.

Acidez visual de un tetranil AT7590.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
Tetranil AT7590	31057125	25/092/023	1	3.0047	4.3410	6.3118	9.12
			2	3.0025	4.3660		9.18
			3	3.0058	4.3360		9.11
			4	3.0125	4.3300		9.07
			5	3.0014	4.3420		9.13
			6	3.0130	4.3400		9.09
			7	3.0029	4.3520		9.15
			8	3.0063	4.3640		9.16
			9	3.0015	4.3405		9.13
			10	3.0083	4.3620		9.15

Promedio =	9.13
Desviación estándar =	0.033
Coefficiente de variación =	0.36

**Método Potenciométrico.**

Cuadro 40.

Acidez potenciométrica de un tetranil AT7590.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
			1	3.006	4.1815		8.78
			2	3.0086	4.1754		8.76
			3	3.0053	4.1985		8.82
Tetranil AT7590	31057125	25/092/023	4	3.0376	4.2127	6.3118	8.75
			5	3.0396	4.2255		8.77
			6	3.0225	4.1863		8.74
			7	3.0206	4.2188		8.82
			8	3.0125	4.1624		8.72
			9	3.2447	4.5163		8.79
			10	3.0537	4.2367		8.76
Promedio =							8.77
Desviación estándar =							0.03
Coeficiente de variación =							0.35

**Acidez del Kaosoft AGL85.****Método Analítico Visual.**

Cuadro 41.

Acidez visual de un kaosoft AGL85.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
			1	3.0310	3.6380		7.32
			2	3.0073	3.6220		7.34
Kaosof AGL85	T-1011- 01102023-1T	01/10/2023	3	3.0077	3.6330	6.0972	7.36
			4	3.0025	3.6200		7.35
			5	3.0013	3.6030		7.32
			6	3.0084	3.6300		7.36

7	3.0083	3.6210	7.34
8	3.0095	3.6430	7.38
9	3.0067	3.6250	7.35
10	3.0074	3.6360	7.37
Promedio =			7.35
Desviación estándar =			0.020
Coeficiente de variación =			0.28

**Método Potenciométrico.**

Cuadro 42.

Acidez potenciométrica de un kaosoft AGL85.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
Kaosof AGL85	T-1011- 01102023-1T	01/10/2023	1	3.0333	3.4646	6.0972	6.96
			2	3.0507	3.4909		6.98
			3	3.0532	3.4735		6.94
			4	3.0609	3.4894		6.95
			5	3.0260	3.4428		6.94
			6	3.0690	3.4919		6.94
			7	3.0543	3.4868		6.96
			8	3.0932	3.5237		6.95
			9	3.0476	3.4688		6.94
			10	3.0499	3.4932		6.98
Promedio =							6.95
Desviación estándar =							0.02
Coeficiente de variación =							0.25

**Acidez del Nitrilo de Sebo.****Método Analítico Visual.**

Cuadro 43.

Acidez visual de un nitrilo de sebo.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
			1	20.0076	0.1020		0.0312
			2	20.002	0.1020		0.0313

			3	20.0071	0.1040		0.0319
Nitrilo T	31063348	14/11/2023	4	20.0014	0.1030	6.1283	0.0316
			5	20.0028	0.1030		0.0316
			6	20.0081	0.1020		0.0312
			7	20.0053	0.1020		0.0312
			8	20.0015	0.1040		0.0319
			9	20.0041	0.1030		0.0316
			10	20.0062	0.1020		0.0312
Promedio =							0.0315
Desviación estándar =							0.0003
Coeficiente de variación =							0.81

**Método Potenciométrico.**

Cuadro 44.

Acidez potenciométrica de un nitrilo de sebo.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
			1	20.0025	0.3644		0.0116
			2	20.0067	0.3688		0.0117
			3	20.0078	0.3714		0.0118
Nitrilo T	31063348	14/11/2023	4	20.0018	0.3673	0.6340	0.0116
			5	20.0042	0.3669		0.0116
			6	20.0044	0.3701		0.0117
			7	20.0063	0.3726		0.0118
			8	20.0052	0.3691		0.0117
			9	20.0053	0.3735		0.0118
			10	20.0093	0.3668		0.0116
Promedio =							0.0117
Desviación estándar =							0.0001
Coeficiente de variación =							0.77

**Acidez del Nitrilo Oleico.****Método Analítico Visual.**

Cuadro 45.

Acidez visual de un nitrilo oleico.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
Nitrilo O	31069061	21/11/2023	1	20.0079	0.0660	6.0900	0.0201
			2	20.0033	0.0665		0.0202
			3	20.0018	0.0670		0.0204
			4	20.0057	0.0665		0.0202
			5	20.0012	0.0660		0.0201
			6	20.0063	0.0665		0.0202
			7	20.0065	0.0660		0.0201
			8	20.0046	0.0675		0.0205
			9	20.0041	0.0670		0.0204
			10	20.0092	0.0660		0.0201
Promedio =							0.0202
Desviación estándar =							0.0002
Coeficiente de variación=							0.80

**Método Potenciométrico.**

Cuadro 46.

Acidez potenciométrica de un nitrilo oleico.

Nombre	Lote	Fecha	Muestra	No. Análisis	mL gastados	Factor	Índice de acidez
Nitrilo O	31069061	21/11/2023	1	20.0049	0.2409	0.6288	0.0076
			2	20.0044	0.2398		0.0075
			3	20.0082	0.2434		0.0076
			4	20.0047	0.2383		0.0075
			5	20.0022	0.2402		0.0076
			6	20.0013	0.2406		0.0076
			7	20.0027	0.2426		0.0076
			8	20.0029	0.2382		0.0075
			9	20.0025	0.2391		0.0075
			10	20.0031	0.2425		0.0076

Promedio =	0.0076
Desviación estándar =	0.0001
Coefficiente de variación=	0.75

**Acidez del Nitrilo de Sebo Hidrogenado.****Método Analítico Visual.**

Cuadro 47.

Acidez visual de un nitrilo de sebo hidrogenado.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
			1	20.0043	0.0820		0.0250
			2	20.0038	0.0830		0.0253
			3	20.0089	0.0820		0.0250
Nitrilo HT	31069064	24/11/2023	4	20.0086	0.0820	6.0900	0.0250
			5	20.0068	0.0820		0.0250
			6	20.0070	0.0820		0.0250
			7	20.0060	0.0840		0.0256
			8	20.0086	0.0830		0.0253
			9	20.0082	0.0820		0.0250
			10	20.0039	0.0820		0.0250
Promedio =							0.0251
Desviación estándar =							0.0002
Coeficiente de variación =							0.85

**Método Potenciométrico.**

Cuadro 48.

Acidez potenciométrica de un nitrilo de sebo hidrogenado.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
			1	20.0064	0.2486		0.0078
			2	20.0051	0.2512		0.0079
			3	20.0056	0.2539		0.0080
Nitrilo HT	31069064	24/11/2023	4	20.0084	0.2500	0.6288	0.0079
			5	20.0033	0.2487		0.0078
			6	20.001	0.2516		0.0079
			7	20.009	0.2528		0.0079

8	20.0021	0.2534	0.0080
9	20.0069	0.2489	0.0078
10	20.0035	0.2487	0.0078
Promedio =			0.0079
Desviación estándar =			0.0001
Coeficiente de variación =			0.83

**Nitrilo Tall Oil.****Método Analítico Visual.**

Cuadro 49.

Acidez visual de un nitrilo tall oil.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
Nitrilo TO	T-102	30/11/2023	1	20.0023	0.0770	6.0900	0.0234
			2	20.0073	0.0760		0.0231
			3	20.0078	0.0770		0.0234
			4	20.0003	0.0760		0.0231
			5	20.0087	0.0770		0.0234
			6	20.0053	0.0780		0.0237
			7	20.0047	0.0770		0.0234
			8	20.0089	0.0760		0.0231
			9	20.0054	0.0770		0.0234
			10	20.0044	0.0760		0.0231
Promedio =							0.0233
Desviación estándar =							0.0002
Coeficiente de variación =							0.88

**Método Potenciométrico.**

Cuadro 50.

Acidez potenciométrica de un nitrilo tall oil.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
	T-102	30/11/2023	1	20.0088	0.6918	0.6288	0.0217
			2	20.0095	0.6846		0.0215
			3	20.0072	0.6812		0.0214
			4	20.0096	0.6829		0.0215

Nitrilo	5	20.0036	0.6903	0.0217
TO	6	20.0030	0.6752	0.0212
	7	20.0047	0.6834	0.0215
	8	20.0094	0.6774	0.0213
	9	20.0058	0.6765	0.0213
	10	20.0040	0.6788	0.0213
Promedio =				0.0214
Desviación estándar =				0.0002
Coeficiente de variación =				0.82

**Ácido Graso de Sebo Destilado.****Método Analítico Visual.**

Cuadro 51.

Acidez visual del ácido graso de sebo destilado.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
			1	0.3052	10.2960		204.13
			2	0.3065	10.2940		203.23
			3	0.3048	10.2960		204.40
FATD	BLKU2510406- 6	07/11/2023	4	0.3023	10.2980	6.0510	206.13
			5	0.3079	10.3000		202.42
			6	0.3034	10.2940		205.30
			7	0.3060	10.2960		203.60
			8	0.3055	10.2980		203.97
			9	0.3031	10.2960		205.55
			10	0.3068	10.2940		203.03
Promedio =							204.18
Desviación estándar =							1.188
Coeficiente de variación =							0.58

**Método Potenciométrico.**

Cuadro 52.

Acidez potenciométrica del ácido graso de sebo destilado.

Nombre	Lote	Fecha	No. Análisis	Peso (gr)	mL gastados	Factor	Índice de acidez
			1	0.3058	10.3237		204.28
			2	0.3043	10.2675		204.17
			3	0.3054	10.2971		204.02
FATD	BLKU2510406- 6	07/11/2023	4	0.3076	10.3656	6.0510	203.91
			5	0.3026	10.2346		204.66
			6	0.304	10.2841		204.70
			7	0.3038	10.2344		203.85
			8	0.3050	10.2525		203.40
			9	0.3036	10.2129		203.55
			10	0.3080	10.3721		203.77
Promedio =							204.03
Desviación estándar =							0.430
Coeficiente de variación =							0.21

**Métodos para la Determinación de la Acidez.**

**Figura 4.**

*Método analítico visual y potenciométrico.*



**Muestras de Tetraniles, Bases, Nitrilos y Ácido Graso.**

**Figura 5.**

*Muestra de una base HT50.*



**Figura 7.**

*Muestra de una base AT875.*



**Figura 6.**

*Muestra de una base AT7590.*



**Figura 8.**

*Muestra de una base DM24.*



**Figura 9.**

*Muestra de un tetranil L2-92.*



**Figura 10.**

*Muestra de un tetranil AT7590.*



**Figura 11.**

*Muestra de un kaosoft AGL85.*



**Figura 12.**

*Muestra de un nitrilo de sebo.*



**Figura 13.**

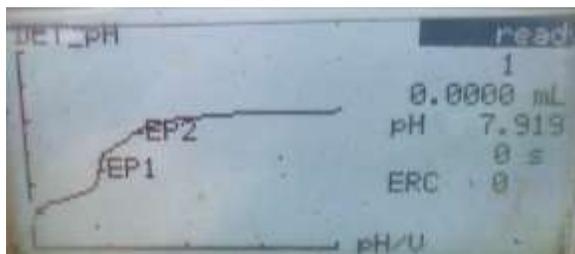
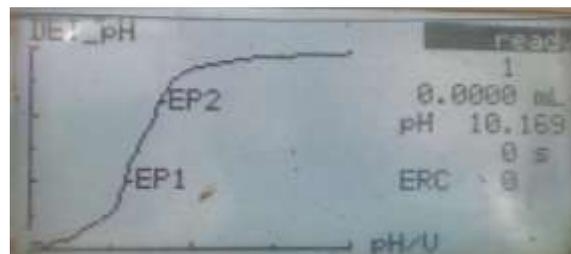
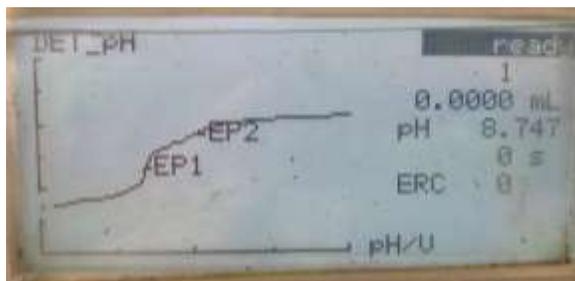
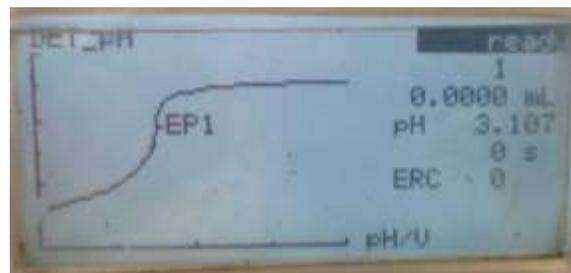
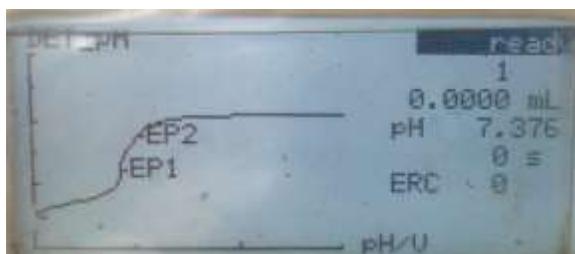
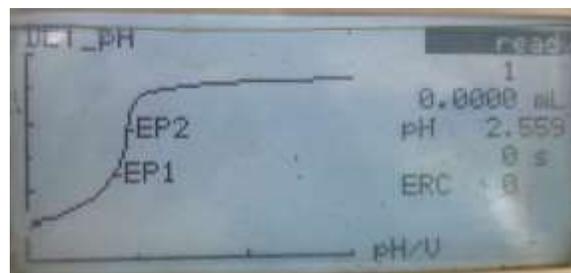
*Muestra de un nitrilo oleico.*

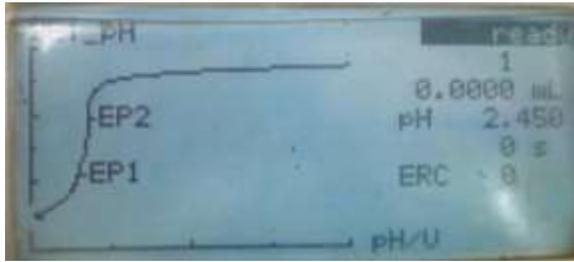
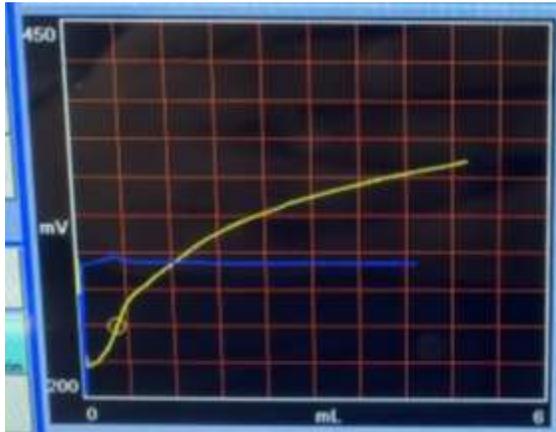
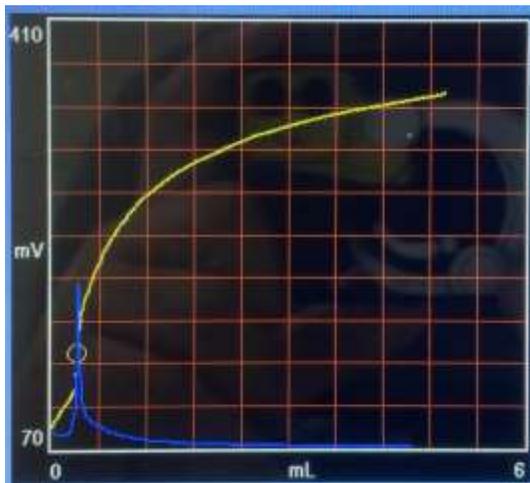
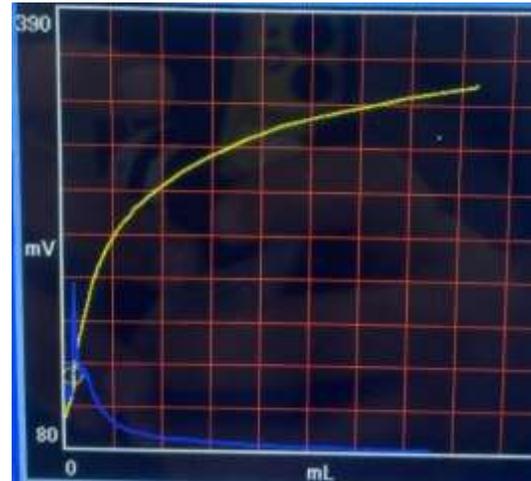
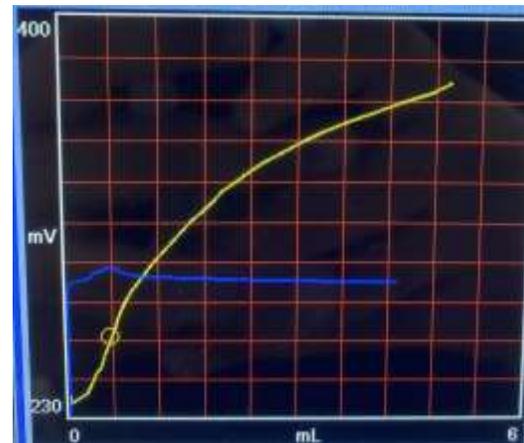


**Figura 14.**

*Muestra de un nitrilo de sebo hidrogenado.*



**Figura 15.***Muestra de un nitrilo tall oil.***Figura 16.***Muestra de un ácido graso de sebo destilado.***Curvas de las Titulaciones Potenciométricas de Tetraniles, Bases, Nitrilos y Ácido Graso.****Figura 17.***Curva de titulación de una base HT50.***Figura 20.***Curva de titulación de una base DM24.***Figura 18.***Curva de titulación de una base AT7590.***Figura 21.***Curva de titulación de un tetranil L2-92.***Figura 19.***Curva de titulación de una base AT875.***Figura 22.***Curva de titulación de un tetranil AT7590.*

**Figura 23.***Curva de titulación de un kaosoft AGL85.***Figura 24.***Curva de titulación de un nitrilo de sebo.***Figura 25.***Curva de titulación de un nitrilo oleico.***Figura 26.***Curva de titulación de un nitrilo de sebo hidrogenado.***Figura 27.***Curva de titulación de un nitrilo tall oil.***Figura 28.***Curva de titulación de un ácido graso de sebo destilado.*