

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA**



**COMPARACION DEL ALMIDON DE MAIZ CON EL ALMIDON MODIFICADO
CUANDO ES OXIDADO CON PERMANGANATO DE POTASIO ($KMnO_4$) Y
DICROMATO DE POTASIO ($K_2Cr_2O_7$).**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR

**ANA MARIA GUADALUPE MIGUEL MARTINEZ
DADNY XOCHIL MEDINA LINARES
LISSETTE NOEMY RAMIREZ COTO**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIATURA EN QUÍMICA Y FARMACIA**

SEPTIEMBRE 2005

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA



©2004, DERECHOS RESERVADOS

**Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador**

<http://virtual.ues.edu.sv/>

SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA:

Dra. Maria Isabel Rodríguez.

SECRETARIA GENERAL:

Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos.

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO:

Lic. Salvador Castillo Arévalo.

SECRETARIA:

MSc. Miriam del Carmen Ramos de Aguilar.

COMITE DE PROCESOS DE GRADUACION.

COORDINADORA GENERAL

Licda. María C. Odette Rauda Acevedo

ASESORA DEL AREA DE ANALISIS QUIMICO E INSTRUMENTAL

Ing. Rina Lavinia de Medrano .

ASESORA DEL AREA DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS, COSMETICOS, HUMANOS Y VETERINARIOS

MSc. Rocío Ruano de Sandoval

DOCENTES DIRECTORES

Ing. Sergio Armando Maravilla

Ing. Juan Rodolfo Ramírez

AGRADECIMIENTO

Nuestro reconocimiento sincero, a nuestros Docentes Directores:

Ing. Sergio Armando Maravilla

Ing. Juan Rodolfo Ramírez

Por brindarnos su asesoría y valiosa colaboración en todo momento
y a lo largo del desarrollo de este trabajo.

Al comité de trabajo de graduación:

Ing. Rina Lavinia de Medrano.

Licda. María C. Odette Rauda Acevedo.

MSc. Rocío Ruano de Sandoval.

Por orientarnos a través de sus evaluaciones a un mejor desarrollo de nuestro
trabajo.

A todas las personas y amigos que con su ayuda desinteresada, valiosa y
oportuna contribuyeron a la realización de este trabajo.

Dadny, Guadalupe y Lissette.

DEDICATORIA.

A DIOS, SEÑOR TODOPODEROSO.

Por permitirme culminar mi carrera universitaria, por darme sabiduría y bendiciones en cada momento, y ser el guía espiritual que nunca me abandona.

A MIS PADRES.

Daniel Medina y Ana Ruth por todos sus sacrificios y apoyo que me han proporcionado a lo largo de mi vida y estudio, también por su amor incondicional y paciencia.

A MI HIJO J. D. Y MIS HERMANOS.

Por su ayuda y espera desde el inicio de mi carrera hasta este momento tan importante para mi.

A MIS COMPAÑERAS DE TRABAJO DE GRADUACIÓN.

Por el entusiasmo y esfuerzo depositado en este proyecto.

Y A MIS DEMÁS AMIGOS.

Por su apoyo y con quienes compartí agradables momentos y quienes me desearon lo mejor en este trabajo.

MUCHAS GRACIAS.

Danny X. Medina.

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO.

Por brindarme su misericordia y llenar de fortaleza mi alma en los momentos de angustia.

A MIS PADRES. (Q. E. P. D.)

Rosa Alejandra Coto y Ricardo Ramírez, por su sacrificio y amor que me brindaron en todo los momentos que estuvieron conmigo dándome sus sagrados consejos y que ahora ven logrado desde el cielo mi triunfo.

A MIS HERMANAS.

Por su apoyo moral e incondicional que me brindaron durante mis estudios.

A MIS AMIGOS.

Que de una u otra manera me brindaron su apoyo para culminar este trabajo deseándome sus sinceros deseos y demostrarme que la amistad es un laso muy importante en la vida de cada ser humano.

A todos ellos que Dios les bendiga.

Lisette N. Ramírez.

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO.

Por todas sus bendiciones y amor, por ser la fuerza y guía que alimenta mi ser en cada momento de mi vida, y por brindarme la sabiduría necesaria para culminar esta meta.

A NUESTRA VIRGEN MARIA SANTISIMA.

Por iluminarme y bendecirme todo el tiempo.

A MIS PADRES.

Tránsito Rutilio Miguel y María Isabel de Miguel. Por ser excelentes padres, por el sacrificio de su trabajo en mi educación, formación y brindarme siempre mucho amor, apoyo y comprensión.

A MI ABUELO FRANCISCO. (Q.D.D.G.)

Que desde el cielo celebra conmigo este triunfo.

A MIS HERMANOS.

Rutilio Francisco y Juan Carlos. Por brindarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

FAMILIA Y AMIGOS.

Por brindarme sus sinceros y mejores deseos para culminar este trabajo exitosamente. Gracias por compartir momentos felices y demostrarme su amistad.

Guadalupe Miguel.

INDICE

CAPITULO	PAG.
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	xxii
II. OBJETIVOS	24
2.1 Objetivo General	25
2.2 Objetivo Especifico	25
III. MARCO TEÓRICO	26
3.1 Generalidades	27
3.2 Almidones Oxidados	30
3.3 Clasificación de Adhesivos	34
3.4 El almidón como Agente Espesante	38
3.5 Espesamiento o Gelatinización	38
3.6 Efecto de la Temperatura	40
IV. DISEÑO METODOLOGICO	42
4.1 Investigación Bibliográfica	43
4.2 Investigación de Campo	43
4.3 Investigación de Laboratorio	44
4.3.1 Método para la obtención del almidón oxidado con KMnO ₄ en medio ácido	47

4.3.2	Método para la obtención de Almidón oxidado con KMnO_4 en Medio Alcalino Alcalino	48
4.3.3	Identificación de los Grupos Carbonilos y Carboxilos por Espectrofotometría Infrarrojo	49
4.3.4	Estudio del Efecto de la Temperatura y el Tiempo en la Viscosidad del Almidón Modificado	50
4.3.5	Ensayo de Tensión	51
4.3.6	Tiempo de Secado	54
4.3.7	Determinación de la Capacidad de Hinchamiento	55
4.3.8	Determinación de la Viscosidad Aparente	55
4.3.9	Determinación de la Temperatura de Gelatinización	56
4.3.10	Evaluación de la Influencia del pH, tiempo de reacción y concentración del Agente Oxidante para obtener Almidón Oxidado utilizando el Algoritmo de Yates para el Diseño Experimental 2^3	56
4.3.11	Diseño Estadístico	57
4.3.12	Algoritmo de Yates para el Diseño 2^3	57
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	60
VI.	CONCLUSIONES	116
VII.	RECOMENDACIONES	119
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°	Pág.
1. Certificado de análisis de materia prima del almidón de maíz sin Modificar.	128
2. Espectros obtenidos en la modificación química que sufrió la molécula de almidón por la aparición de grupos carbonilos y carboxilos.	130
3. Cristalería y materiales.	140
4. Máquina para realizar el análisis de tensión.	144

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	Pág.
1. Estructura de Amilasa.	28
2. Estructura de Amilopectina.	29
3. Esquema de los diferentes usos del almidón de maíz.	32
4. Gránulo del almidón.	40
5. Diagrama de trabajo para el KMnO_4 .	45
6. Diagrama de trabajo para el $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.	46
7. Cambios en la viscosidad durante el calentamiento, mantenimiento y enfriamiento de la pasta de almidón.	50

8. Esquema de las dimensiones para las muestras del ensayo de tensión	53
9. Espectro Infrarrojo de una muestra de almidón oxidado.	62
10. Espectro Infrarrojo del almidón de maíz sin modificar.	130
11. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 1%, a pH 1 y tiempo de reacción 3.5 h, (muestra 1).	131
12. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 10%, a pH 1 y tiempo de reacción 3.5 h, (muestra z).	131
13. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 10%, a pH 1 y tiempo de reacción 5 h, (muestra yz).	132
14. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 1%, a pH 1 y tiempo de reacción 5 h, (muestra y).	132
15. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 1%, a pH 10 y tiempo de reacción 3.5 h, (muestra x).	133
16. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 10%, a pH 10 y tiempo de reacción 3.5 h, (muestra xz).	133
17. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 1%, a pH 10 y tiempo de reacción 5 h, (muestra xy).	134
18. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 10%, a pH 10 y tiempo de reacción 5 h, (muestra xyz).	134
19. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 1%, a pH 1 y tiempo de reacción 3.5 h, (muestra 1).	135

20. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 10%, a pH 1 y tiempo de reacción 3.5 h, (muestra z').	135
21. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 1%, a pH 1 y tiempo de reacción 5 h, (muestra y).	136
22. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 10%, a pH 1 y tiempo de reacción 5 h, (muestra yz').	136
23. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 1%, a pH 10 y tiempo de reacción 3.5 h, (muestra x).	137
24. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 10%, a pH 10 y tiempo de reacción 3.5 h, (muestra xz').	137
25. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 1%, a pH 10 y tiempo de reacción 5 h, (muestra xy).	138
26. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 10%, a pH 10 y tiempo de reacción 5 h,(muestra xyz').	138

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA N°	Pág.
1. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz.	65
2. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 1%, pH 1 y tiempo de reacción 3 h.	66
3. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 10%, pH 10 y tiempo de reacción 3.5 h.	67
4. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción 3.5 h.	68
5. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 10%, pH 1 y tiempo de reacción 3.5 h.	69
6. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 10%, pH 1 y tiempo de reacción 5 h.	70
7. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 1%, a pH 1 y tiempo de reacción 5 h.	71

8. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción 5 h. 72
9. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 10 %, pH 10 y tiempo de reacción 5 h. 73
10. Comparación gráfica de las medidas de viscosidad vrs temperatura para todas las muestras de almidón oxidadas con permanganato de potasio 74
11. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 1%,pH 10 y tiempo de reacción 3.5 h. 75
12. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 10 %, pH 1 y tiempo de reacción 3.5 h. 76
13. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 10%, ph 10 y tiempo de reacción 3.5 h. 77
14. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 1%, pH 1 y tiempo de reacción 3.5 h. 78

15. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 10%, pH 1 y tiempo de reacción 5 h. 79
16. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 1%, pH 1 y tiempo de reacción 5 h. 80
17. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción 5 h. 81
18. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 10%, pH 10 y tiempo de reacción 5 h. 82
19. Comparación gráfica de las medidas de viscosidad vrs temperatura para todas las muestras de almidón oxidadas con dicromato de potasio. 83
20. Resultado gráfico de la tensión vrs el tiempo de secado para las muestras de almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio. 88
21. Resultado gráfico de la tensión vrs el tiempo de secado para las muestras de almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio. 90

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	Pág.
1. Algoritmo de Yates aplicado al diseño experimental 2^3 para las características reológicas.	59
2. Resultados de la modificación que sufrió la molécula de almidón de maíz oxidada con permanganato de potasio.	63
3. Resultados de la modificación que sufrió la molécula de almidón de maíz oxidada con dicromato de potasio.	64
4. Resultados de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz sin modificar.	65
5. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con permanganato de potasio 1%, pH 1 y tiempo de reacción 3.5 h, (muestra 1)	66
6. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con permanganato de potasio 10%, pH 10 y tiempo de reacción 3.5 h,(muestra xz)	67
7. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con permanganato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción 3.5 h, (muestra x)	68
8. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con permanganato de potasio 10%, pH 1 y tiempo de reacción 3.5h, (muestra z)	69
9. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con permanganato de potasio 10%, pH 1 y tiempo de reacción 5 h, (muestra yz)	70
10. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con permanganato de potasio 1%, Ph 1 y tiempo de reacción 5 h, (muestra y)	71

11. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con permanganato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción 5 h, (muestra xy)	72
12. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con permanganato de potasio 10%, pH 10 y tiempo de reacción 5 h, (muestra xyz).	73
13. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con dicromato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción 3.5 h, (muestra x).	75
14. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con dicromato de potasio 10%,pH 1 y tiempo de reacción 3.5 h, (muestra z').	76
15. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 10%,pH 10 y tiempo de reacción 3.5 h,(muestra xz').	77
16. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con dicromato de potasio 1%,pH 1 y tiempo de reacción 3.5 h, (muestra 1).	78
17. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con dicromato de potasio 10%,pH 1 y tiempo de reacción 5 h, (muestra yz').	79
18. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con dicromato de potasio 1%,pH 1 y tiempo de reacción 5 h,(muestra y).	80
19. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con dicromato de potasio 1%,pH 10 y tiempo de reacción 5 h,(muestra xy).	81
20. Resultados de la muestra de almidón de maíz oxidada con dicromato de potasio 10%,pH 10 y tiempo de reacción 5 h, (muestra xyz').	82

21. Resultados de la prueba Ensayo de Tensión para las muestras oxidadas con permanganato de potasio.	84
22. Resultados de la prueba Ensayo de Tensión para las muestras oxidadas con dicromato de potasio.	86
23. Resultados del Tiempo de Secado para las muestras oxidadas con permanganato de potasio.	87
24. Resultados del Tiempo de Secado para las muestras oxidadas con dicromato de potasio.	89
25. Resultados del Agua Imbibida para el permanganato de potasio.	91
26. Resultados de la capacidad de hinchamiento para el permanganato de potasio.	93
27. Resultados del Agua Imbibida para el dicromato de potasio.	94
28. Resultados de la capacidad de hinchamiento para el dicromato de potasio.	95
29. Resultados de la viscosidad aparente de las muestras oxidadas con permanganato de potasio.	96
30. Resultados de la viscosidad aparente de las muestras oxidadas con dicromato de potasio.	97
31. Resultado de la temperatura de gelatinización para las muestras oxidadas con permanganato de potasio.	98
32. Resultado de la temperatura de gelatinización para las muestras oxidadas con dicromato de potasio.	99

33. Comparación de resultados obtenidos del almidón de maíz y almidón oxidado con permanganato de potasio y dicromato de potasio.	100
34. Aplicación del algoritmo de Yates a los resultados de la capacidad de hinchamiento para el permanganato de potasio.	103
35. Aplicación del algoritmo de Yates a los resultados de la capacidad de hinchamiento para el dicromato de potasio.	106
36. Aplicación del algoritmo de Yates a la viscosidad aparente para el permanganato de potasio.	108
37. Aplicación del algoritmo de Yates a la viscosidad aparente para el dicromato de potasio.	110
38. Aplicación del algoritmo de Yates a la temperatura de gelatinización para el permanganato de potasio.	112
39. Aplicación del algoritmo de Yates a la temperatura de gelatinización para el dicromato de potasio.	114

RESUMEN

Se realizó un estudio sobre el almidón de maíz cuando éste es oxidado con Permanganato de potasio (KMnO_4) y Dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), para verificar como afecta en las diferentes propiedades que éste presenta en las diversas industrias.

Además se estudió la modificación química que sufrió la molécula de almidón de maíz modificado mediante espectrofotometría infrarroja; relacionando las absorbancias de las bandas características del espectro obtenido. Así como también se determinó el efecto de la temperatura y el tiempo en la viscosidad del almidón modificado, la capacidad adhesiva que se determinó mediante un ensayo de tensión y el tiempo de secado del almidón modificado con los diferentes agentes oxidantes.

El almidón luego de ser oxidado, fue caracterizado mediante la determinación de ciertas reologías como capacidad de hinchamiento, viscosidad aparente y temperatura de gelatinización; a la vez, se evaluó la influencia del pH, tiempo de reacción y concentración del agente oxidante, que fueron las tres variables en estudio, presentándose estadísticamente un diseño experimental 2^3 .

Según los resultados obtenidos en este estudio se concluyó que el almidón de maíz oxidado por los dos tipos de oxidaciones presentó cambios en sus propiedades; lo que nos indica que el almidón oxidado puede ser una materia prima utilizada en las diferentes industrias ya que su mejoramiento es relativo para cada una de ellas.

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

1.0 INTRODUCCION

El almidón de maíz y sus derivados, depende de su utilización que hoy en día tiene en las diferentes industrias lo que permite un desarrollo industrial por la abundancia de dichas materias y que se espera sean de precio relativamente bajo.

Es por eso que desde hace mucho tiempo ha sido una de las materias primas de mayor consumo industrial, por sus diversas aplicaciones en sectores farmacéuticos, alimenticio, papel, embalaje y etiquetado; por esta razón, se estudiaron sus propiedades Físico – químicas y de adhesividad mediante la modificación de su estructura molecular al oxidar el almidón de maíz

Para obtener dichos almidones el proceso de oxidación debe ser bien controlado ya que así se garantiza, con bajo costo y sin dificultades tecnológicas, almidones oxidados con propiedades aceptables.

La oxidación se lleva a cabo mediante la utilización de agentes oxidantes tales como: Permanganato de Potasio (KMnO_4) y Dicromato de Potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) a diferentes concentraciones y a diferentes pH. ⁽¹²⁾

Al mismo tiempo se identificaron los grupos carbonilos y carboxilos que se producen en la molécula una vez ésta se ha hidrolizado para luego ser oxidada; ya que dependiendo de la cantidad de estos grupos la molécula se hará mucho más pesada.

En esta investigación se hizo una comparación entre el almidón sin modificar y el almidón tratado con cada uno de los agentes oxidantes antes mencionados para determinar la modificación estructural que sufre la molécula de almidón en dicho proceso. Comprobando de esta manera los cambios de las diferentes variables que presenta como son: temperatura de gelatinización, capacidad de hinchamiento, viscosidad aparente, adhesividad. (5).



CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL.

Comparar el almidón de maíz con el almidón modificado cuando es oxidado con Permanganato de Potasio (KMnO_4) y Dicromato de Potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- 2.2.1. Oxidar el almidón de maíz con los agentes oxidantes seleccionados a concentraciones de 1% y 10% , pH de 1 y 10 y tiempos de reacción de 3.5 y 5 h.
- 2.2.2. Investigar mediante espectrofotometría IR la modificación química que sufre la molécula por la aparición de grupos carbonilos y carboxilos.
- 2.2.3. Determinar el efecto de la temperatura y tiempo en la viscosidad del almidón modificado.
- 2.2.4. Verificar la capacidad adhesiva y el tiempo de secado de los almidones modificados con diferentes agentes oxidantes.
- 2.2.5. Caracterizar ciertas reologías como capacidad de hinchamiento, viscosidad aparente y temperatura de gelatinización, de los almidones oxidados.

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO

3.1 GENERALIDADES

El almidón es la sustancia de reserva alimenticia predominante en las plantas y proporciona el 70 -80% de las calorías consumidas por los humanos. Tanto el almidón como los productos de la hidrólisis del almidón constituyen la mayor parte de los carbohidratos.

Tanto los almidones nativos y los almidones modificados tienen un número enorme de posibles aplicaciones tales como: adhesivo, ligante, enturbiante, formador de película, estabilizante de espumas, gelificante, humectante y espesante. ⁽¹⁰⁾

El almidón se diferencia de los demás carbohidratos porque en la naturaleza se presenta como complejas películas discretas (gránulos). Los granos del almidón son relativamente densos e insolubles y se hidratan muy mal en agua fría. Pueden ser dispersados en agua dando lugar a la formación de suspensiones de baja viscosidad que pueden ser fácilmente mezcladas y bombeadas, incluso a concentraciones mayores a 35%. ⁽²⁾

El almidón está compuesto fundamentalmente por glucosa, aunque puede contener una serie de constituyentes en cantidades mínimas, estas aparecen a niveles tan bajos que es discutible si son oligoconstituyentes del almidón o contaminantes no eliminados completamente en el proceso de extracción. ⁽¹²⁾

Químicamente es una mezcla de dos polisacáridos muy similares; la amilosa y la amilopectina; la amilosa representa del 15 al 20% de la estructura y está formada por una secuencia lineal de α -glucosas las cuales se unen entre sí a través de enlaces α 1,4-glucosídicos y se representa de la siguiente manera: (figura 1)

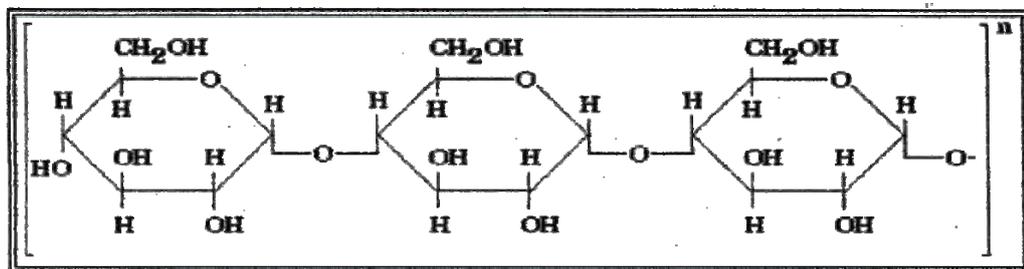


Fig. 1: Estructura de amilosa

Esta fracción del almidón es soluble en agua y tiene un peso molecular que varía de los 150,000 a los 600,000, lo cual indica que debe tener de 1000 a 4000 unidades de α -glucosas unidas. (11)

La amilopectina es la segunda fracción del almidón y constituye el restante 80 a 85%. Esta es una cadena ramificada y está formada por muchas cadenas cortas de unas 20 a 25 unidades de α -glucosa. Un extremo de cada una de estas cadenas, se unen a la siguiente unidad mediante un enlace α -1,6-glucosídicos, formando ramificaciones. Estos se pueden representar de la siguiente manera:

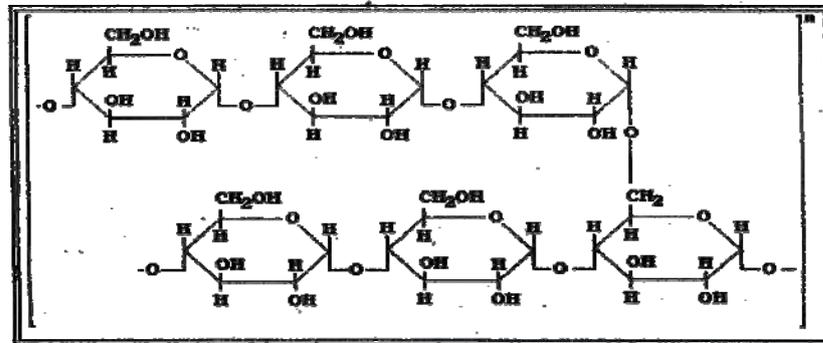


Fig. 2: Estructura de amilopectina.

Esta fracción es insoluble en agua; de acuerdo a los pesos moleculares que se han determinado por métodos físicos, la molécula debe tener hasta un millón de unidades de α - glucosa.

El almidón nativo se utiliza en diversos tipos de industrias y para infinidad de aplicaciones, proporcionando algunos beneficios tales como:

1. Versatilidad en aplicaciones.
2. Producto grado alimenticio.⁽¹⁴⁾

Por este motivo se ha investigado como modificar sus propiedades dando lugar a la formación o elaboración de almidones modificados. Esta modificación, se hace sobre la estructura, con el fin de variar las propiedades del polímero.⁽¹²⁾

3.2 ALMIDONES OXIDADOS⁽¹⁴⁾

Estos se han utilizado por muchos años tanto en la industria del papel como en adhesivos para corrugado y saco multicapa. En la industria papelera tiene gran aplicación para encolado externo, en tinta, en prensa, calandria y recubrimiento, etc.

Entre los beneficios que se pueden obtener de los almidones oxidados están:

- a. Películas transparentes y de reología estable.
- b. Bajo punto de gelatinización.
- c. Pastas resistentes a la retrogradación.
- d. Viscosidad estable.
- e. Incremento de la blancura.

Para lograr estos resultados y a la vez mejorar la calidad, el almidón nativo es sometido a ciertos procesos ya sea por vías químicas, físicas, microbiológicas o por una combinación de ellas. ⁽¹²⁾

Los agentes oxidantes más utilizados para este propósito son: el permanganato de potasio, bromato de potasio, dicromato de potasio, hipoclorito de calcio, hipoclorito de sodio y algunas veces también ácido perclórico. ⁽¹²⁾

La adición de almidones oxidados acelera los procesos que toman lugar en masa y afecta sus propiedades en una forma deseable. El último efecto es mejoramiento de las propiedades estructurales y mecánica de la masa. ⁽¹⁴⁾



Fig 3. Esquema de los diferentes usos de almidón de maíz.

En adhesivos; estos encuentran su mayor aplicación como un almidón de viscosidad baja y estable. Un adhesivo es una sustancia capaz de unir o pegar dos superficies adhiriéndolas con fuerza a cada una de ellas.

El proceso de pegado básicamente consiste en la unión de dos materiales a través de una interfase que posee un espesor menor al de las superficies que une, este proceso es eficaz si consideramos los siguientes factores:

- a) Afinidad del adhesivo por el material de los objetos que se van a unir.
- b) Tendencia del adhesivo a mojar la superficie del material.
- c) Tendencia del adhesivo a penetrar la superficie del material.
- d) Consistencia y continuidad de la materia adhesiva.
- e) Espesor y flexibilidad de la carga adhesiva. ⁽⁸⁾

Dentro de los sectores industriales que utilizan adhesivos están:

- Construcción
- Madera y mueble
- Embalaje y etiquetado
- Textiles
- Industria del papel, etc. ⁽⁹⁾

3.3 CLASIFICACION DE ADHESIVOS. ⁽⁹⁾

Existen diferentes variedades de adhesivos que se clasifican de acuerdo a ciertos parámetros.

3.3.1 *Por la manera en que operan las fuerzas adhesivas:*

- Adhesivos sensibles al disolvente o activada por éste.
- Adhesivos sensibles al calor o termooclusivas.
- Adhesivos sensibles a la presión.
- Adhesivos por reacción química.

3.3.2 *Por la naturaleza de sus principales componentes:*

- Naturales (almidón).
- Sintéticos.

En el uso de adhesivos naturales, se debe considerar el secado; el cuál se efectúa por evaporación de solventes y la duración de la evaporación se le conoce como “TIEMPO DE SECADO”, éste es aquel que necesita los solventes para su evaporación y depende de la clase de solvente y las condiciones atmosféricas reinantes. ⁽¹⁴⁾

Después de la evaporación del solvente, el pegamento está pegajoso durante algún tiempo; a este lapso se le conoce como “TIEMPO ABIERTO”, aquí el pegamento tiene todavía pegajosidad, y es aquel durante el cuál las superficies se unen fuertemente al entrar en contacto. Al final el pegado se efectúa por el contacto de dos películas consigo mismo una vez transcurrido los dos tiempos.

Cuando hablamos de tiempo abierto, este puede variar según el pegamento, así, para adhesivos de corto tiempo abierto, normalmente se tiene que activar con calor por el contrario para adhesivos de largo tiempo abierto se efectúa el ensamble (contacto) en frío. ⁽¹⁴⁾

Dentro de las muchas propiedades adhesivas que posee el almidón está la bioadhesividad, este término es utilizado para describir un fenómeno que se relaciona con la capacidad de algunas macromoléculas sintéticas, biológicas o hidrocoloidales, de adherirse a tejidos biológicos. Este proceso sólo tiene lugar en presencia de agua.

Esta definición es probablemente suficiente para identificar el fenómeno de la simple adhesión. En efecto, todo material puede adherirse a un tejido biológico sobre todo a las mucosas, esto se debe a la naturaleza viscosa de la capa que la recubre.

Teniendo en cuenta que la mayoría, de las vías de administración de fármacos están revestidas de una capa de mucus, surgió la idea de aceptar el fenómeno de adhesión (unión durante un tiempo suficientemente prolongado de dos superficies por fuerzas interfaciales de tipo físico y/o químico) a la fijación de la forma farmacéutica a una zona concreta del cuerpo, desde donde se liberará el fármaco. ⁽¹³⁾

A las correspondientes formas de administración que se fijan a las mucosas se les denominan muco adhesivo, siendo su objetivo mantenerse fijadas en el lugar donde se realiza la liberación y/o absorción del fármaco, prolongando el tiempo de permanencia, a pesar de las circunstancias naturales que se oponen.

Por lo anterior la investigación básica farmacéutica se centra, desde hace muchos años, en la búsqueda de nuevas moléculas que den respuestas terapéuticas a las enfermedades aún por resolver y a las de última aparición.

Por medio de modificaciones estructurales, se intenta lograr acciones terapéuticas más selectivas, duraderas y/o con menor intensidad y número de efectos colaterales no deseables para el organismo humano.

Todo sistema bioadhesivo debe sus propiedades a la inclusión de un o varios tipos de moléculas poliméricas que, en condiciones apropiadas, son capaces de establecer interacciones con la superficie biológica, reteniendo así la forma liberadora de fármaco.

Entre las características que necesita tener un material para que pueda presentar una capacidad adhesiva apropiada son:

1. Grupos funcionales capaces de formar uniones tipo puente hidrogeno (- OH, - COOH).
2. Cargas aniónicas.
3. Cadenas poliméricas con elasticidad suficiente para poder penetrar a través de la capa de mucus.
4. Alto peso molecular.

Entre las macromoléculas que presentan estas características, se encuentran los hidrogeles, éstas son “matrices hidrofílicas”, con capacidad de hinchamiento cuando son colocadas en un medio acuoso. Normalmente, los hidrogeles son estructuras que presentan entrecruzamiento, y por ello no se disuelven en el medio y sólo puede absorber agua. Cuando las drogas son colocadas dentro de una matriz de hidrogel; el agua es absorbida dentro de la matriz y las cadenas se relajan permitiendo la liberación de las moléculas de las drogas a través de los espacios o canales de la red del hidrogel.

La investigación y desarrollo que se ha efectuado de las formas bioadhesivas tiene un particular atractivo debido a que con ellas se intenta lograr, los siguientes objetivos:

- Localización del sistema medicamentoso en una región determinada del organismo.
- Incremento del tiempo de permanencia del medicamento en dicha región por disminución de la velocidad de tránsito, consiguiendo un aumento neto del tiempo de efectividad del medicamento.
- Optimización de la absorción por incorporación de promotores de absorción, modificadores de pH, a la forma de administración.
- Mejoría sustancial en el contacto del fármaco disuelto con la mucosa a través de la cual se realiza el fenómeno de absorción.

- Pueden formularse como sistemas de liberación prolongada o controlada de la sustancia activa.
- Posibilidad de administrar sustancias de fácil degradación. ⁽¹³⁾

3.4 EL ALMIDON COMO AGENTE ESPESANTE. ⁽³⁾

El almidón comercial esta formado por granos en los que se ha retirado la mayor parte de la humedad; al secarse el grano, las moléculas de almidón se agrupan más estrechamente y el grano se encoge. Cuando los granos de almidón no cocidos ni dañados se colocan en agua fría absorben agua y se hinchan. Sin embargo la cantidad de agua absorbida y el hinchamiento son limitados. El pequeño aumento de volumen que tiene lugar en el agua a temperatura ambiente es una verdadera hinchazón y es reversible. La cristalinidad y birrefringencia de los gránulos no cambian. La captación de agua es exotérmica.

3.5 ESPESAMIENTO O GELATINIZACION. ⁽³⁾

Los granos de almidón pueden ser inducidos a hincharse enormemente calentándolos en mucha agua. Este empastamiento comúnmente referido como gelatinización es irreversible.

Naturaleza del proceso. Cuando la energía cinética de las moléculas de agua en contacto con los granos de almidón se hace lo suficientemente mayor como para producir la atracción entre las moléculas de almidón unidas por

puentes de hidrogeno dentro del gránulo, las moléculas de agua pueden penetrar al grano de almidón, primero en las áreas menos densas y luego que es elevada la temperatura, en las áreas cristalinas. Los dos diagramas de la figura 4 pueden ayudar a visualizar lo que sucede dentro del gránulo de almidón a medida que se empasta. El diagrama de la izquierda representa la disposición compacta de las moléculas de almidón antes que se gelatinice; el de la derecha representa la estructura menos densa, inflada con agua del almidón gelatinizado.

La captación de agua de los granos de almidón comienza a una temperatura variable de acuerdo con la fuente de almidón. Al ocurrir la suspensión lechosa se hace menos opaca y más translúcida y los granos hinchados pierden su birrefringencia e inician el espesamiento del líquido. El aumento de la translucidez se debe a que el índice de refracción de los granos hinchados es cercano al del agua.

Debido al gran número de grupos -OH presentes en la molécula de almidón estos granos pueden absorber grandes cantidades de agua. Dichos granos hinchados por el agua, se comportan como globos de gelatina elásticos y frágiles.

Aun cuando los granos han perdido su birrefringencia y se han hinchado al máximo, el espesamiento es incompleto debido a que el calentamiento adicional de la suspensión resulta en un espesamiento adicional.

Los granos de almidón gelatinizados pueden secarse, pero no regresan a su condición original.

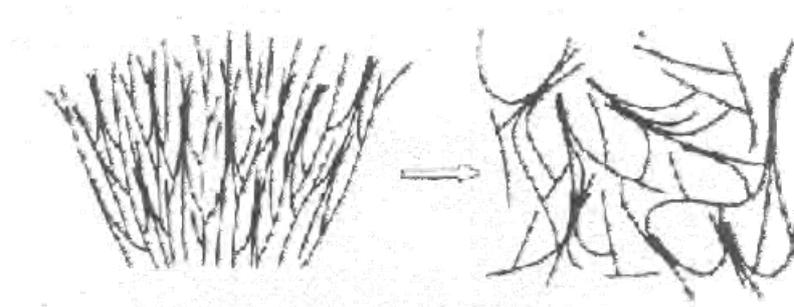


Fig. 4 Granulo de Almidón

3.6 EFECTO DE LA TEMPERATURA. ⁽³⁾

Entre más grandes los granos, tienden a hincharse a menores temperaturas. El aumento de la viscosidad al calentarse una suspensión de almidón en agua, es una forma conveniente de evaluar el progreso de empastamiento.

El intervalo en la temperatura de gelatinización varía con los diferentes almidones, así el almidón de trigo como el de maíz, necesita calentarse a una mayor temperatura antes de espesar, a diferencia de los demás.

El almidón de maíz necesita calentarse a una mayor temperatura antes de espesar. La gelatinización es completa en la mayoría de almidones a una temperatura no mayor de 95 °C (203 °F).

A medida aumenta la temperatura y transcurre el tiempo, hay un aumento de viscosidad, pero hay un momento aproximado a 95°C que la viscosidad es constante, por tanto al disminuir la temperatura y aumentar el tiempo la viscosidad aumenta (ver figura 7).

Cuando el almidón se calienta hasta ebullición el empastamiento es completo. Una vez los granos de almidón se han empastado completamente, debe evitarse el movimiento innecesario, puesto que la manipulación en este estado rompe los gránulos hinchados en fragmentos más pequeños y adelgaza la pasta.

Los granos de almidón que han gelatinizado pueden secarse (pero no regresa a su estado original), los granos secos empastados retienen la capacidad de reabsorber grandes cantidades de agua.

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0 DISEÑO METODOLOGICO.

4.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRAFICA.

Se realizó en las diferentes bibliotecas de: Facultad de Química y Farmacia, Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador, Universidad Católica de Occidente (UNICO), Internet.

4.2 INVESTIGACION DE CAMPO.

El tipo de estudio que presenta este trabajo de graduación según el tiempo de ocurrencia de los hechos, es de tipo prospectivo y según el análisis y alcance de los resultados, es de tipo experimental del cual se derivan dos hipótesis las cuales son:

Hipótesis Nula: el almidón al ser oxidado con Permanganato de potasio (KMnO_4) y Dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) a concentraciones de 1% y 10% pH de 1 y 10; tiempo de reacción de 3.5 h y 5 h se le modificaran las propiedades tales como: estructura molecular, adhesividad y tiempo de secado, viscosidad aparente, temperatura de gelatinización y la capacidad de hinchamiento.

Hipótesis Alternativa: Al oxidar el almidón con Permanganato de potasio (KMnO_4) y Dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) a concentraciones de 1% y 10% no se modifican ninguna de sus propiedades.

4.3 INVESTIGACION DE LABORATORIO.

Para la obtención del almidón de maíz oxidado, se realizó con dos reacciones químicas para lo cual se prepararon 16 muestras de 50.0 g de almidón en 250 mL de agua, para cada agente oxidante.

La oxidación de almidón se llevo a cabo con permanganato de potasio y dicromato de potasio, los cuales tienen la característica de ser agentes oxidante fuertes.

En dicha obtención se definieron 3 variables principales las cuales son:

Concentración de agente oxidante (1% y 10%).

Tiempo de reacción (3.5h y 5h)

pH (1y 10).

A las cuales se les aplicó un estudio estadístico, ya que presentan un diseño experimental 2^3 ; aplicando el Algoritmo de Yates para evaluar las características reológicas que presentó el almidón modificado.

La investigación experimental se realizó en los laboratorios de Química y Farmacia, Laboratorio de la Escuela de Ciencias Químicas y el Laboratorio de Empaque y Embalaje de la Escuela de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

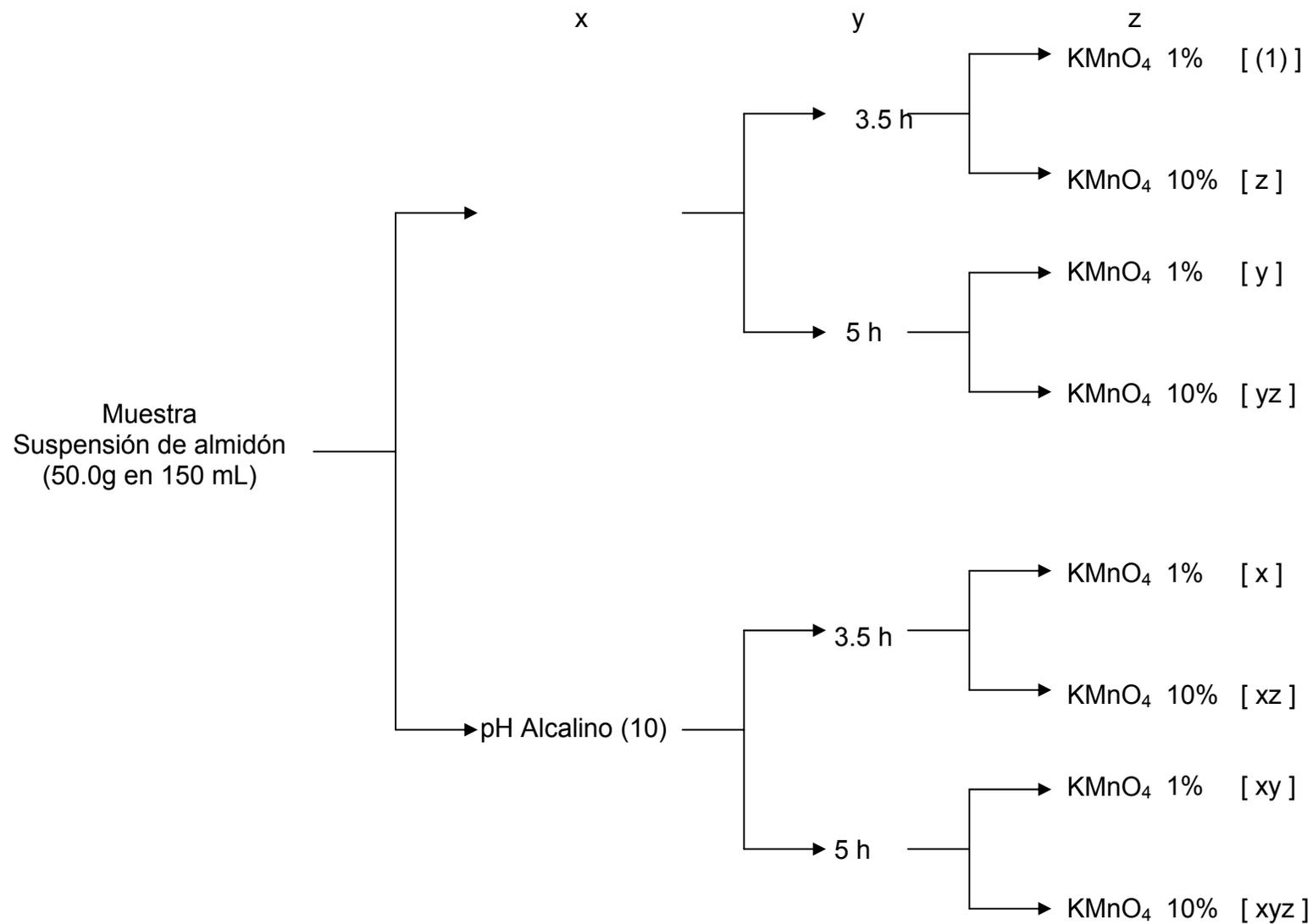


Fig. 5 Diagrama de trabajo para el permanganato de potasio donde x, es el pH; y, es el tiempo de reacción; z es la concentración del agente oxidante. Todas las muestras se realizaron por duplicado.

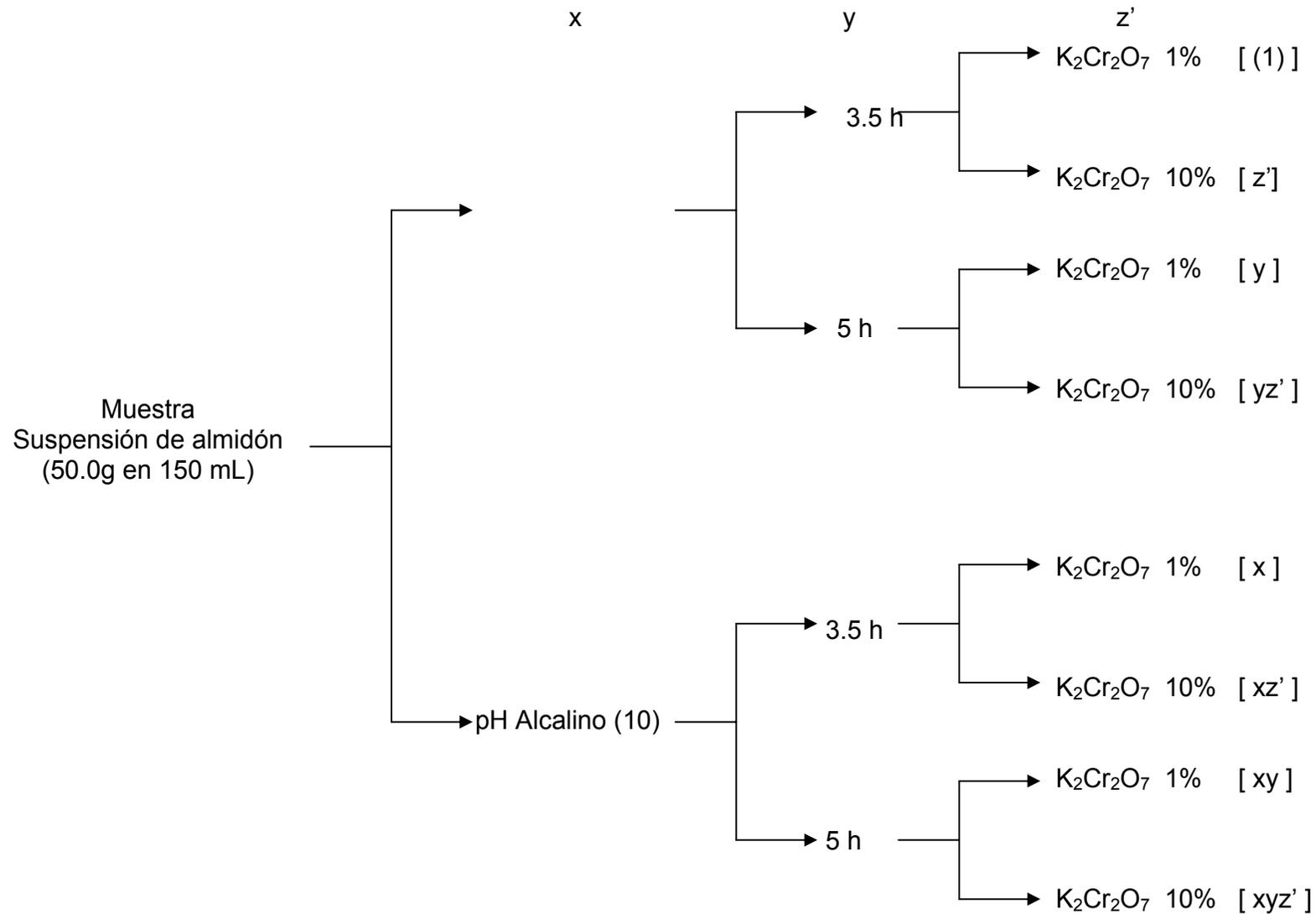


Fig. 6 Diagrama de trabajo para el dicromato de potasio donde x, es el pH; y, es el tiempo de reacción; z es la concentración del agente oxidante. Todas las muestras se realizaron por duplicado.

4.3.1 MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN OXIDADO CON KMnO_4 EN MEDIO ACIDO ⁽¹⁸⁾.

Preparar una suspensión de 50 gramos de almidón en 150 mL, de agua destilada, el pH es ajustado a 1.0 por la adición de H_2SO_4 2 N. Añadir la solución de KMnO_4 1% gota a gota durante 15 minutos bajo agitación continua manteniendo la temperatura a 30°C , el pH 1 se mantiene con la adición de H_2SO_4 2 N. El dióxido de manganeso se forma después de varios minutos con la primera adición de KMnO_4 1%. El ión reactante procede bajo una completa decoloración de la suspensión después de agregar 50 mL de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$. Para este caso, en 5 h o 3.5 h. El almidón oxidado es recolectado por filtración, lavado con agua destilada y posteriormente con acetona, y se seca por 2 h a 60°C .

De igual manera se procede con KMnO_4 al 10%, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ al 1%, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ al 10%.

4.3.2 MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN OXIDADO CON KMnO_4 EN MEDIO ALCALINO ⁽¹⁸⁾.

Preparar una suspensión de 50 g de almidón en 150 mL de agua destilada, en un baño de agua helada de 2 a 4⁰ C y añadir NaOH 25% hasta que la suspensión tenga un pH de 10. La solución de KMnO_4 al 1% es adicionada gota a gota por 50 minutos mediante una bureta.

El pH constantemente se mantiene en la mezcla de reacción por adición intermitentemente de NaOH 25% durante el tiempo de reacción. Para este caso, 5 h o 3.5 h. El pH puede ser ajustado a 3 con HS_2O_4 2N, el $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$ se adiciona para convertir el MnO_2 a sulfato de manganeso, y se adiciona más ácido para mantener constante el pH. El almidón oxidado blanco es lavado y secado por 2 h a 40⁰ C.

De igual manera se preparan las muestras con KMnO_4 al 10%, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ al 1%, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ al 10%.

4.3.3 IDENTIFICACION DE LOS GRUPOS CARBONILOS Y CARBOXILOS POR ESPECTROFOTOMETRIA INFRAROJO. (7)

1. Pesar 1.0 ± 0.1 mg de muestra finamente triturada para mezclar íntimamente con unos 100.0 mg de polvo de bromuro de potasio desecado.
2. La mezcla se tritura en un mortero de ágata.
3. Luego se comprime en un troquel especial a una presión de 700 a 1000 Kg. /cm² para obtener un disco transparente.
(Se pueden obtener mejores resultados si se forma el disco en el vacío para eliminar el aire ocluido).
4. Colocar el disco en el haz del instrumento para su análisis Espectroscópico. Los espectros resultantes a menudo presentan bandas a 345 y 1640 cm⁻¹ (2,9 y 6,1 μm) debido a las humedades absorbidas.

4.3.4 ESTUDIO DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA Y TIEMPO EN LA VISCOSIDAD DEL ALMIDÓN MODIFICADO. ⁽³⁾

Se prepara una suspensión de almidón modificado al 10% y se calienta la muestra a una temperatura entre 65 – 95 °C, a diferentes tiempos por ejemplo, 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 minutos.

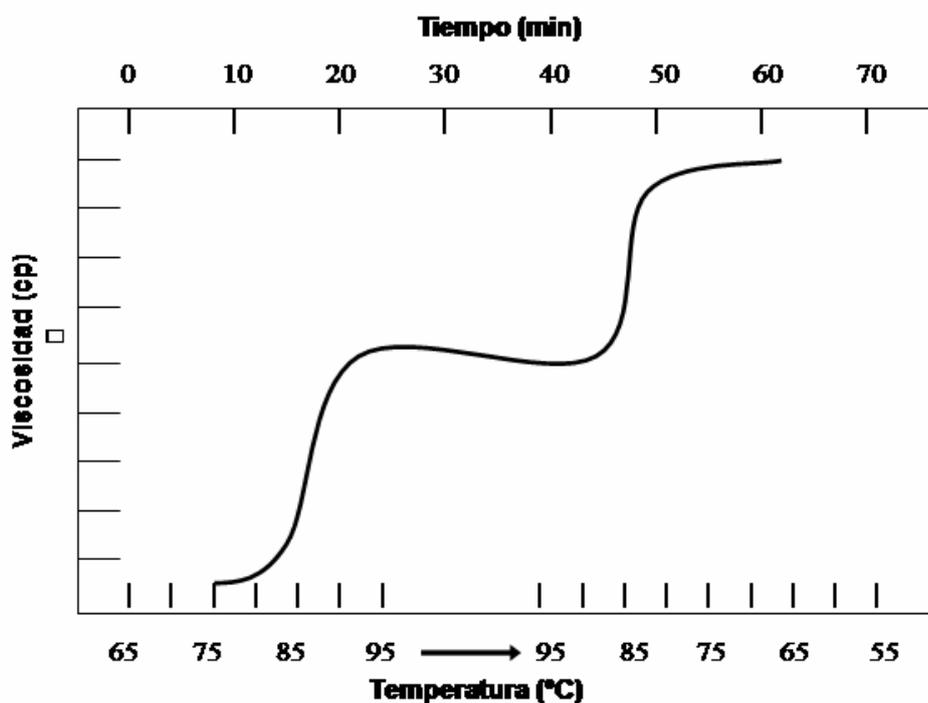


Figura 7. Cambios en la viscosidad durante el calentamiento, mantenimiento y enfriamiento de la pasta de almidón.

4.3.5. ENSAYO DE TENSION ⁽¹⁾.

Se realiza con la ayuda de un equipo que determina la fuerza necesaria para separar dos superficies pegadas con el material adhesivo, dando la carga soportada a la tensión y el desplazamiento de la capa adhesiva antes de la ruptura.

Equipo

La máquina utilizada en este caso es el tipo HT-9102, marca HUNG-TA. (Ver Anexo 4).

La distancia entre ambas mandíbulas debe ser de 180 ± 5 mm. El mecanismo medidor y registrador es una computadora dotada de un software llamado Rubber Testing Program, creado por la compañía HUNG – TA, que provee la fuerza (carga) ejercida a la unión adhesiva, en kilogramos (Kg), y el desplazamiento de la unión adhesiva antes de romperse, en milímetro (mm). Además, está dotada de un transductor, el cual convierte una señal física en una señal eléctrica.

Procedimiento: (Ver Figura 8)

- 1) Cortar 15 tiras de papel bond base 20 con dimensiones de 137.0mm x 25.4mm.
- 2) Aplicar el engrudo en una longitud de unión del segmento de 20.0mm., para obtener una longitud total de la muestra de 254mm., con un área de unión adhesiva de 508mm^2 se deja secar.

3) Pre-Acondicionamiento de muestra

Humedad: 25% HR (humedad relativa)

Temperatura: 20°C

Tiempo: 2h

3.1) Acondicionamiento

Humedad: 50% HR

Temperatura: 23°C

Tiempo: 6h

4) Colocar los extremos de los segmentos pegados en las mandíbulas de la máquina, dejando una distancia de 180.0 ± 0.5 mm entre ambas mandíbulas; ajustando muy bien la muestra.

5) Dejar funcionar la máquina hasta obtener los resultados.

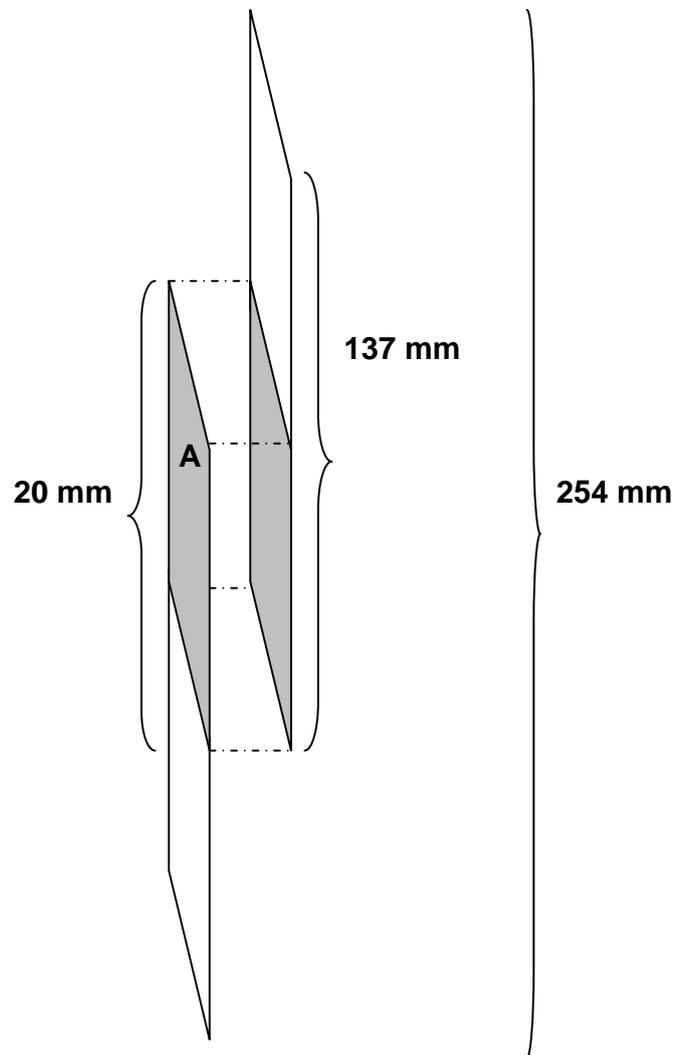


Figura 8. Esquema de las dimensiones para las muestra del ensayo de tensión y tiempo de secado; donde se muestra la longitud total de la muestra de 254 mm. [$137\text{mm} + (137\text{mm} - 20\text{mm}) = 254\text{ mm}$].

Nota: Esta figura no se encuentra a escala. El área correspondiente a la letra "A", está cubierta por adhesivo.

4.3.6. TIEMPO DE SECADO ⁽¹⁾.

Con la siguiente determinación se evalúa en que tiempo se cumple la función de pegado entre dos superficies y queden unidas entre sí.

Procedimiento: (Ver Figura 8).

- 1- Cortar 20 tiras de papel bond base 20 con dimensiones (137.0 x 25.4) mm.
- 2- Aplicar el adhesivo en una longitud de unión de segmento de 20mm, para obtener una longitud total de la muestra de 254mm, con un área adhesiva de 508mm².
- 3- Dejar secar cada una de las muestras y medir el tiempo en que las superficies queden completamente unidas.
- 4- Ajustar la muestra ubicando los extremos de los segmentos pegados en las mandíbulas de la máquina, dejando una distancia de 180mm entre ambas mandíbulas.
- 5- Dejar funcionar la máquina hasta obtener los resultados.

Nota: Para determinar el tiempo en el paso (3), se realiza una prueba de tensión cada 5 minutos para las muestras de almidón modificado y almidón de maíz sin modificar obteniéndose como tiempo de secado óptimo, el momento en que se mantuvo constante , la fuerza necesaria para separar las superficies pegadas.

4.3.7. DETERMINACION DE CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO. (5)

Pesar 10 g de almidón y colocarlos en un beaker de 250 mL adicionar agua destilada con la ayuda de una bureta de 50 mL; agitar mecánicamente y determinar el volumen gastado de agua destilada hasta que el almidón pierda su comportamiento reológico como polvo. (5)

Cálculos:

$$\text{Capacidad de hinchamiento} = \frac{\text{Peso de agua imbibida.}}{\text{Peso de sustancia que la imbibibe}} \times 100$$

4.3.8. DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD APARENTE (5).

La viscosidad aparente se determina en un viscosímetro Modelo VT - 01, marca Haake Alemania con la utilización de una spinter N° 5. Se prepara la suspensión de almidón al 10.0% colocándola en un baño de vapor y llevar a temperatura de 35° C con un pH = 7.

La viscosidad aparente del almidón de maíz sin oxidar es de 60 cp a 35°C.

4.3.9. DETERMINACION DE TEMPERATURA DE GELATINIZACION ⁽⁴⁾.

Preparar 100 mL de una suspensión al 8 % de almidón en beaker de 250 mL colocarlo en hot plate, con agitación mecánica y determinar la temperatura cuando el almidón se ha gelatinizado.

Los valores de temperatura de gelatinización para el almidón de maíz sin modificar son de 62 a 74° C. ⁽⁴⁾

4.3.10 EVALUACION DE LA INFLUENCIA DE PH, TIEMPO DE REACCION Y CONCENTRACION DEL AGENTE OXIDANTE PARA OBTENER ALMIDON OXIDADO UTILIZANDO EL ALGORITMO DE YATES PARA EL DISEÑO EXPERIMENTAL 2^3 ⁽¹⁰⁾.

UNIVERSO: El universo del presente trabajo estuvo conformado por el almidón de maíz comercial.

MUESTRA DE TRABAJO: Las muestras utilizadas en el trabajo serán las obtenidas al oxidar el almidón de maíz con dos agentes oxidantes como permanganato de potasio y dicromato de potasio al 1% y 10%, a pH alcalino y ácido y tiempo de reacción de 3.5 h y 5 h.

La obtención de dichas muestras estará sujeta a una serie de variables. Cada una de las muestras será clasificada adecuadamente para guardar con esto un orden en el análisis, se optó por asignarle a cada muestra una consonante que la hará identificable en cada una de las determinaciones a las que serán sometidas, las cuales presentan el diseño experimental 2^3

4.3.11 DISEÑO ESTADÍSTICO ₍₁₀₎.

El análisis de los resultados a obtener en la viscosidad aparente, temperatura de gelatinización y capacidad de hinchamiento se realizaron para las muestras que representen una diferencia considerable para las variables en estudio.

Los resultados obtenidos se analizarán haciendo las comparaciones entre cada una de las variables antes mencionadas para verificar cuál de estas influyen más en el proceso de oxidación de acuerdo a cada uno de los agentes oxidantes.

4.3.12 ALGORITMO DE YATES PARA EL DISEÑO 2^3 ₍₁₀₎.

Consiste en una tabulación de los datos del experimento. Al utilizar este algoritmo, primero se construye una tabla de las combinaciones de tratamientos y los correspondientes totales de tratamiento, en un orden estándar. Por orden estándar se entiende que cada factor se introduce uno a la vez combinándolo con todos los niveles de los factores que están por encima de él. Es así como el orden estándar de un diseño 2^2 es (1), x, y, xy, mientras que para un diseño 2^3 es (1), x, y, xy, z, xz, yz, xyz, y para un diseño 2^4 es (1), x, y, xy, z, xz, yz, xyz, a, xa, ya, xya, za, xza, yza, xyza. A continuación se efectúa el procedimiento siguiente de cuatro pasos:

1. Se etiqueta la columna adyacente (1). Las entradas en la mitad superior de esta columna se calculan sumando las respuestas en pares adyacentes. Las entradas de la parte inferior de esta columna se calculan cambiando el signo de la primera entrada de cada par de las respuestas originales y luego sumando los pares adyacentes.

2. Se etiqueta la columna adyacente (2). La columna (2) se construye con las entradas de la columna una (1), siguiendo el mismo procedimiento utilizado para generar la columna (1). El proceso continua hasta que se han construido k columnas. La columna (k) contiene los contrastes designado en los renglones.
3. Se calcula la suma de los cuadrados para los efectos elevando al cuadrado cada entrada de la columna k y dividiéndolo entre $n2^k$.
4. Se calcula las estimaciones de los efectos dividiendo cada entrada de la columna k entre $n2^{k-1}$.

En la tabla 1 se ilustra el análisis de una serie de datos empleando el Algoritmo de Yates.

TABLA1. ALGORITMO DE YATES APLICADO AL DISEÑO EXPERIMENTAL
 2^3 PARA LAS CARACTERISTICAS REOLOGICAS.

Combinaciones de tratamientos	Respuesta	(1)	(2)	(3)	Efecto	Suma de cuadrados (columna 3) ² $n2^3$	Estimaciones de los efectos columna 3 ($n2^2$)
(1)	16	38	85	177	Total	--	--
X	22	47	92	27	X	45.5625	3.375
Y	20	44	13	13	Y	10.5625	1.625
XY	27	48	14	11	XY	7.5625	1.375
Z	21	6	9	7	Z	3.0625	0.875
XZ	23	7	4	1	XZ	0.0625	0.125
YZ	18	2	1	-5	YZ	1.5625	-0.625
XYZ	30	12	10	9	XYZ	5.0625	1.125

CAPITULO V
RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO INFRAROJO DE LA MOLECULA POR LA APARICION DE GRUPOS CARBONILOS Y CARBOXILOS ⁽¹⁷⁾.

Los espectros obtenidos en la oxidación del almidón de maíz con el permanganato de potasio (KMnO_4) y dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) muestran bandas características de grupos funcionales en la región infrarroja de 4000 a 400 cm^{-1} .

Para saber si la molécula sufrió cambios, se utilizó la Relación de Absorbancia, pasando rectas de cresta a cresta y una recta perpendicular a ésta con el pico más alto como se muestra en la figura 9. Luego se determinó la relación con la siguiente fórmula:

FORMULA:

$$\text{Relación de Absorbancia} = A_{(1655\text{cm}^{-1}) \text{ mm C=O}} / A_{(3450\text{cm}^{-1}) \text{ mm O-H}}$$

Donde:

$A_{(1655)}$ = Absorbancia de la banda de C=O, medida en milímetros.

$A_{(3450)}$ = Absorbancia de la banda de O-H, medida en milímetros.

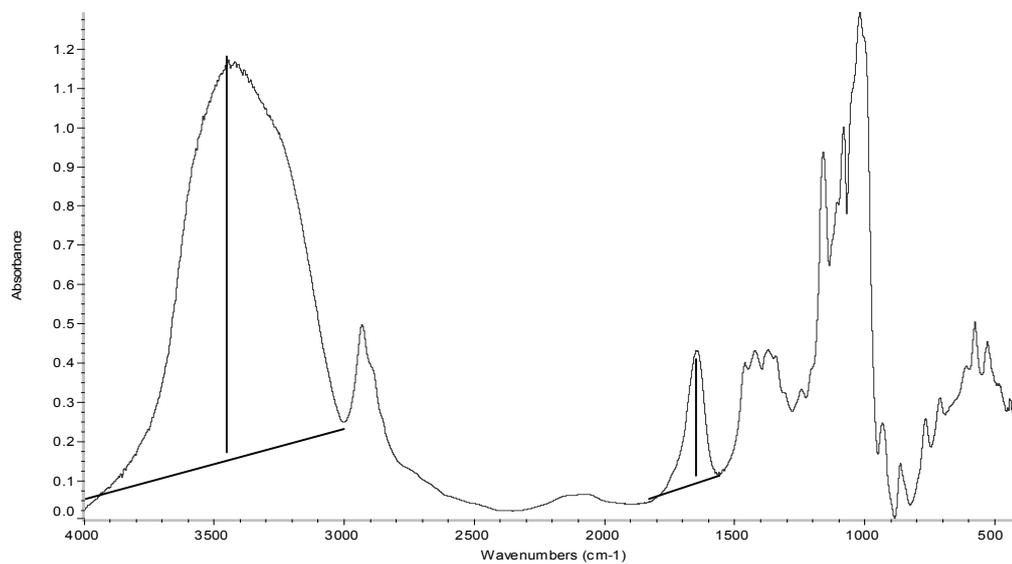


Fig. 9 Espectro Infrarrojo de una muestra de almidón oxidado.

Ejemplo: Para la figura 10, (ver anexo 2) espectro IR del almidón de maíz oxidado con permanganato de potasio 1%, muestra (x), a pH 1 y tiempo de reacción 3.5 h.

$$A = \frac{15}{48} = 0.3125$$

Tabla 2. Resultados que muestran la modificación que sufrió la molécula de almidón de maíz oxidada con permanganato de potasio.

MUESTRA	$A_{(1655\text{cm}^{-1})}\text{mm}$	$A_{(3450\text{cm}^{-1})}\text{mm}$	$RA = A_{(1655\text{cm}^{-1})}/A_{(3450\text{cm}^{-1})}$
Almidón sin modificar	17	70	0.2428
x	15	48	0.3125
y	15	47	0.3191
xy	18	54	0.3333
yz	15	43	0.3488
xy	15	49	0.3061
zy	15	47	0.3191
z	15	48	0.3125
xyz	14	48	0.2916

En la tabla anterior según los resultados obtenidos de RA, se observa que hubo una modificación en la estructura del almidón de maíz oxidado ya que los valores son mayores con respecto al almidón de maíz sin modificar. El valor más bajo es para la muestra xyz, es decir que ha cambiado la presencia de C=O con respecto a los O-H, presentando una mayor oxidación las demás muestras (yz).

TABLA 3. Resultados que muestran la modificación que sufrió la molécula de almidón de maíz oxidada con dicromato de potasio.

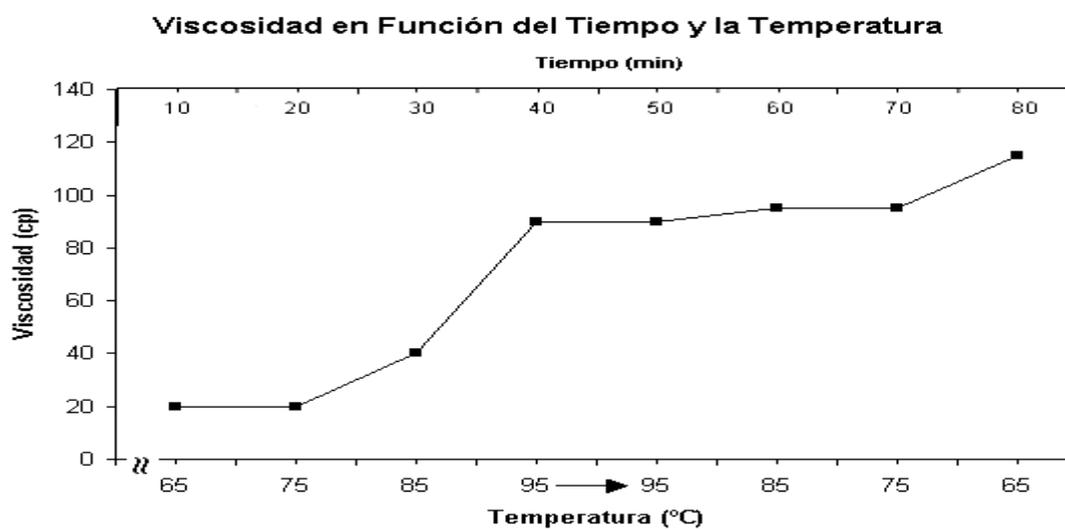
MUESTRA	$A_{(1655\text{cm}^{-1})}\text{mm}$	$A_{(3450\text{cm}^{-1})}\text{mm}$	$RA = A_{(1655\text{cm}^{-1})}/A_{(3450\text{cm}^{-1})}$
Almidón sin modificar	17	70	0.2428
x	14	50	0.2800
y	14	51	0.2745
xy	18	48	0.2916
yz'	13	45	0.2888
xy	18	45	0.400
z'y	15	51	0.2941
z'	14	48	0.2916
xyz'	14	46	0.3043

Con el agente oxidante $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, se advierte modificación en la estructura de la molécula de almidón pero en menor grado comparado con el almidón de maíz sin oxidar. El valor mas bajo es para la muestra y, siendo el valor más alto la muestra xy .

5.2. EFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO EN LA VISCOSIDAD DEL ALMIDÓN MODIFICADO. (3)

Tabla 4. Resultados obtenidos de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz sin modificar:

Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	20	20	20
75	18	22	20
85	35	45	40
95	90	90	90
95	90	90	90
85	90	100	95
75	95	95	95
65	110	120	115



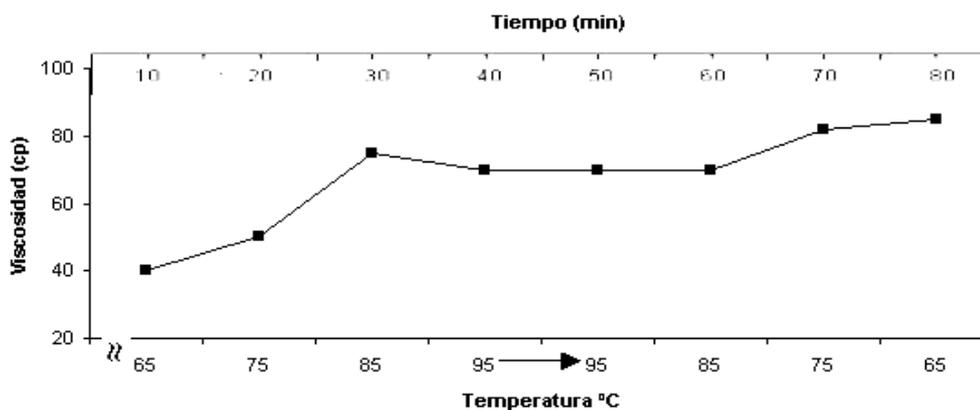
Grafica 1. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz.

5.2.1 RESULTADOS DEL ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE ALMIDON DE MAIZ OXIDADAS CON PERMANGANATO DE POTASIO.

Tabla 5. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 1%, pH 1 y tiempo de reacción de 3.5 h, muestra (1)

Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	50	30	40
75	50	50	50
85	70	80	75
95	70	70	70
95	70	70	70
85	65	75	70
75	80	84	82
65	90	80	85

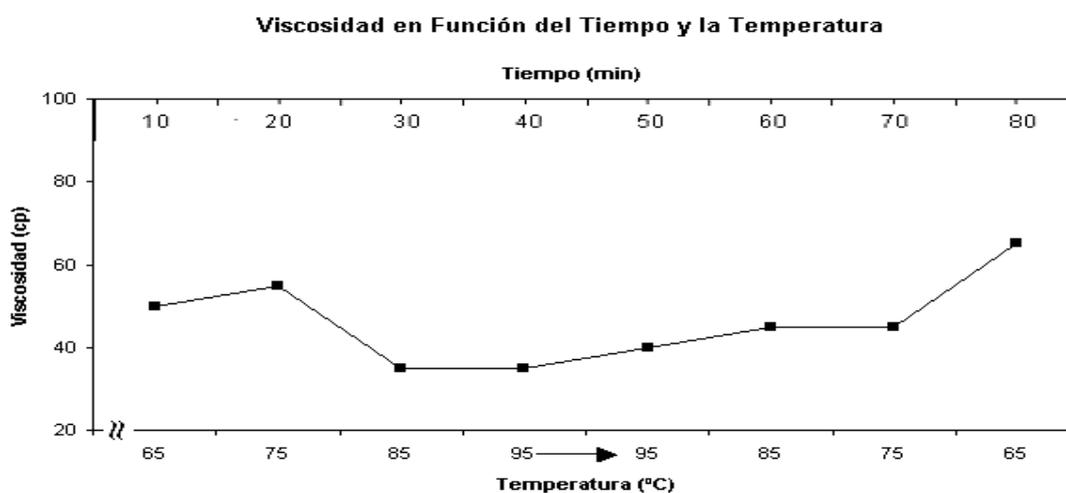
Viscosidad en Función del Tiempo y la Temperatura



Grafica 2. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 1%, pH 1 y tiempo de reacción de 3.5 h.

Tabla 6. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 10%, pH 10 y tiempo de reacción de 3.5 h, muestra (xz).

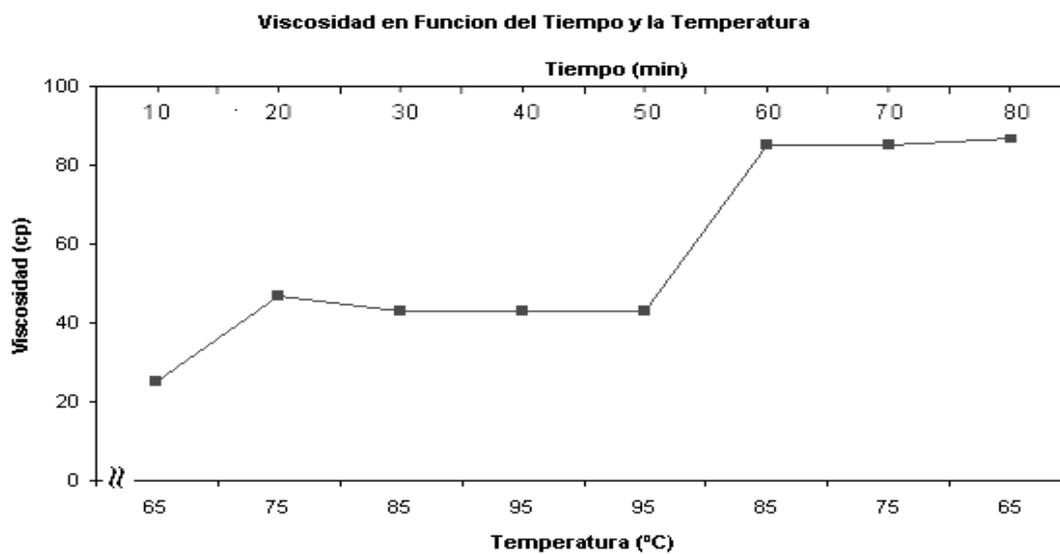
Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	50	50	50
75	55	55	55
85	35	35	35
95	35	35	35
95	40	40	40
85	45	45	45
75	45	45	45
65	65	65	65



Grafica 3. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 10%, pH 10 y tiempo de reacción de 3.5 h.

Tabla 7. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción de 3.5 h, muestra (x).

Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	20	30	25
75	54	40	47
85	40	46	43
95	43	43	43
95	43	43	43
85	85	85	85
75	80	90	85
65	86	88	87

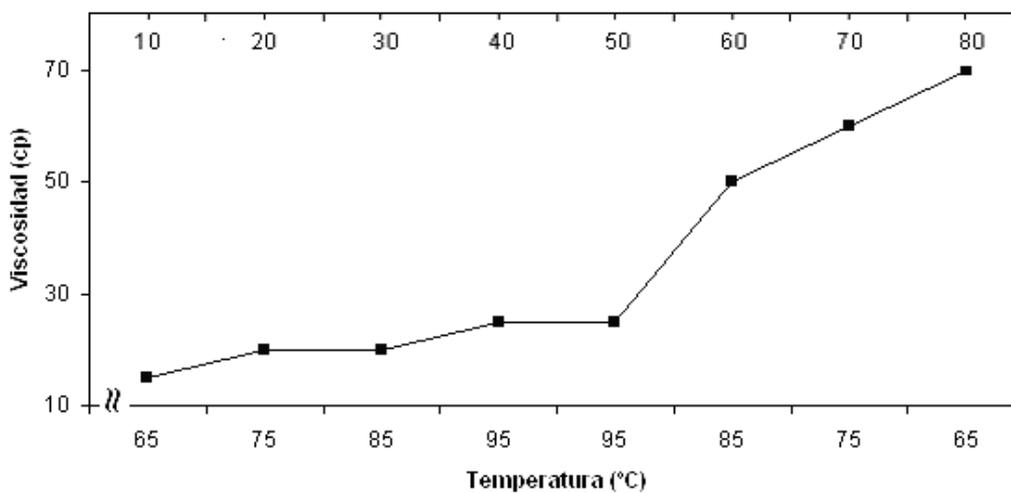


Grafica 4. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción de 3.5 h.

Tabla 8. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 10%, pH 1 y tiempo de reacción de 3.5 h, muestra (z).

Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	10	20	15
75	20	20	20
85	25	15	20
95	25	25	25
95	25	25	25
85	50	50	50
75	60	60	60
65	70	70	70

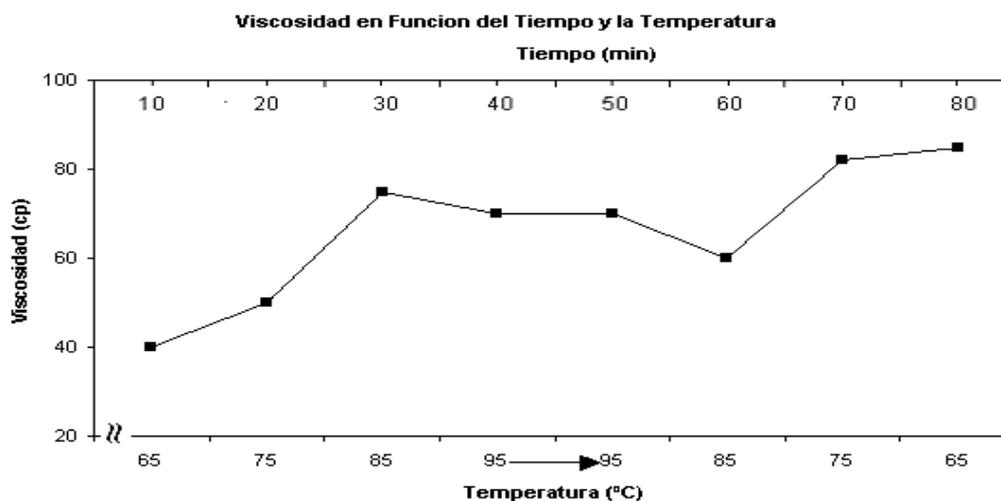
Viscosidad en Funcion del Tiempo y la Temperatura



Grafica 5. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 10%, pH 1 y tiempo de reacción de 3.5 h.

Tabla 9. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 10%, pH 1 y tiempo de reacción de 5 h, muestra (yz).

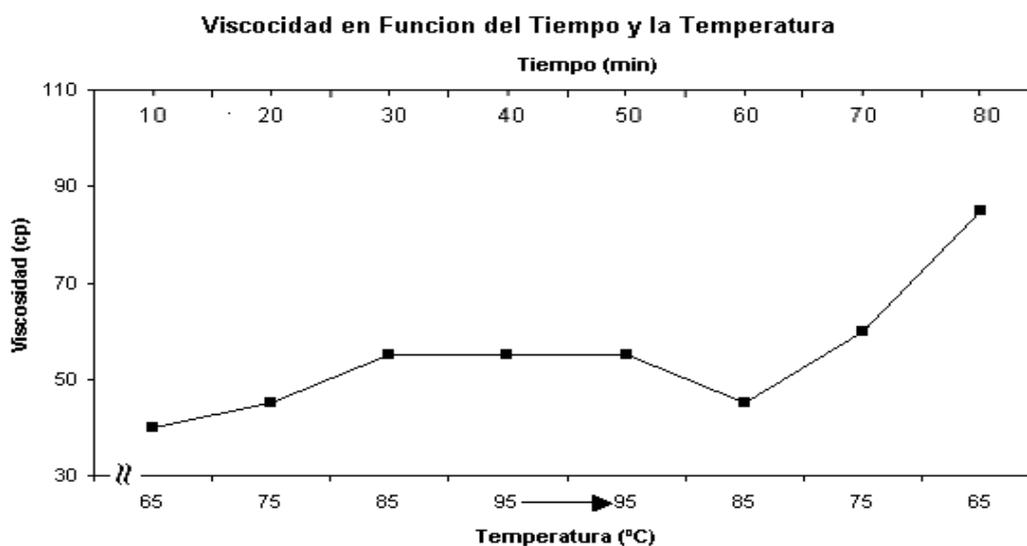
Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	35	45	40
75	55	45	50
85	70	80	75
95	70	70	70
95	70	70	70
85	62	58	60
75	82	82	82
65	85	85	85



Grafica 6. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 10%, pH 1 y tiempo de reacción de 5 h.

Tabla 10. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 1%, pH 1 y tiempo de reacción de 5 h, muestra (y).

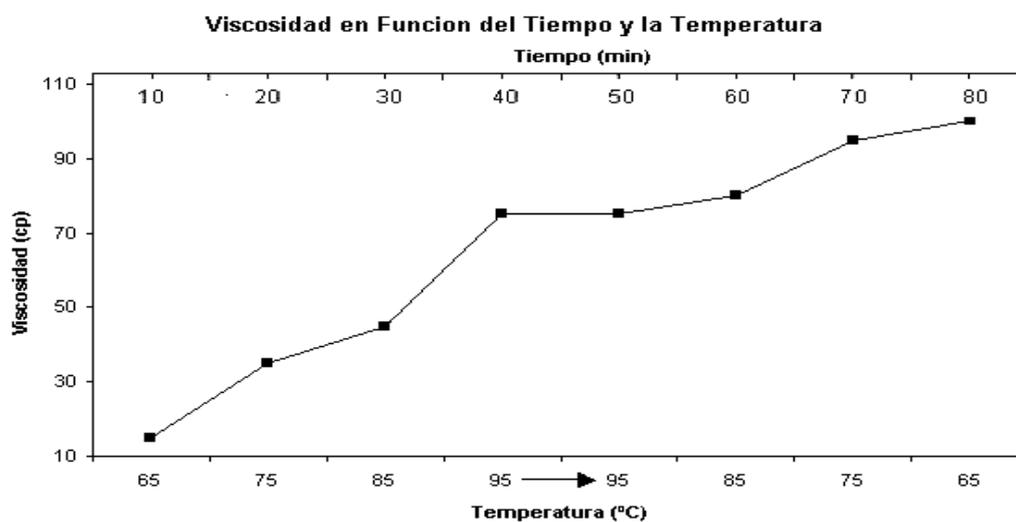
Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	42	38	40
75	40	50	45
85	55	55	55
95	50	60	55
95	55	55	55
85	40	50	45
75	65	55	60
65	85	85	85



Grafica 7. Resultado grafico de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 1%, pH 1 y tiempo de reacción de 5 h.

Tabla 11. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción de 5 h, muestra (xy).

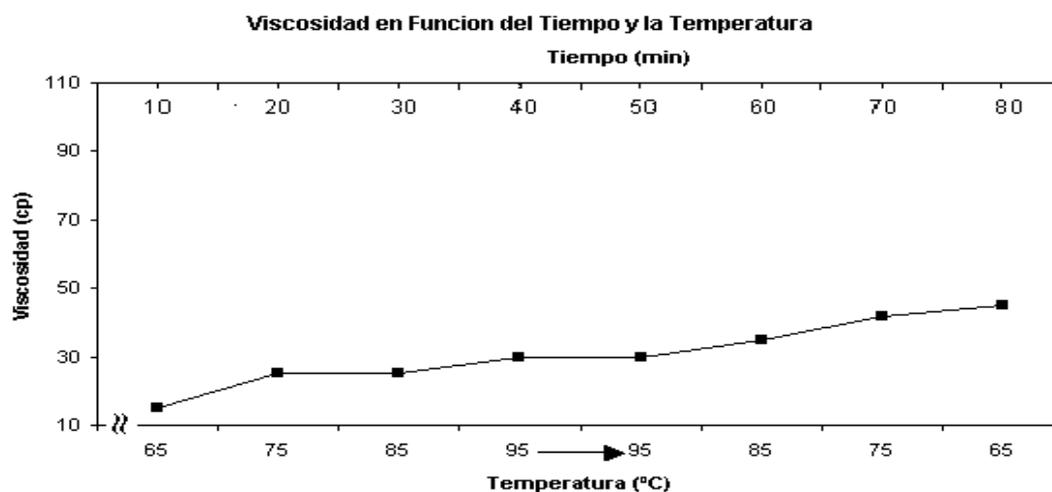
Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	20	10	15
75	35	35	35
85	45	45	45
95	75	75	75
95	75	75	75
85	85	75	80
75	95	95	95
65	100	100	100



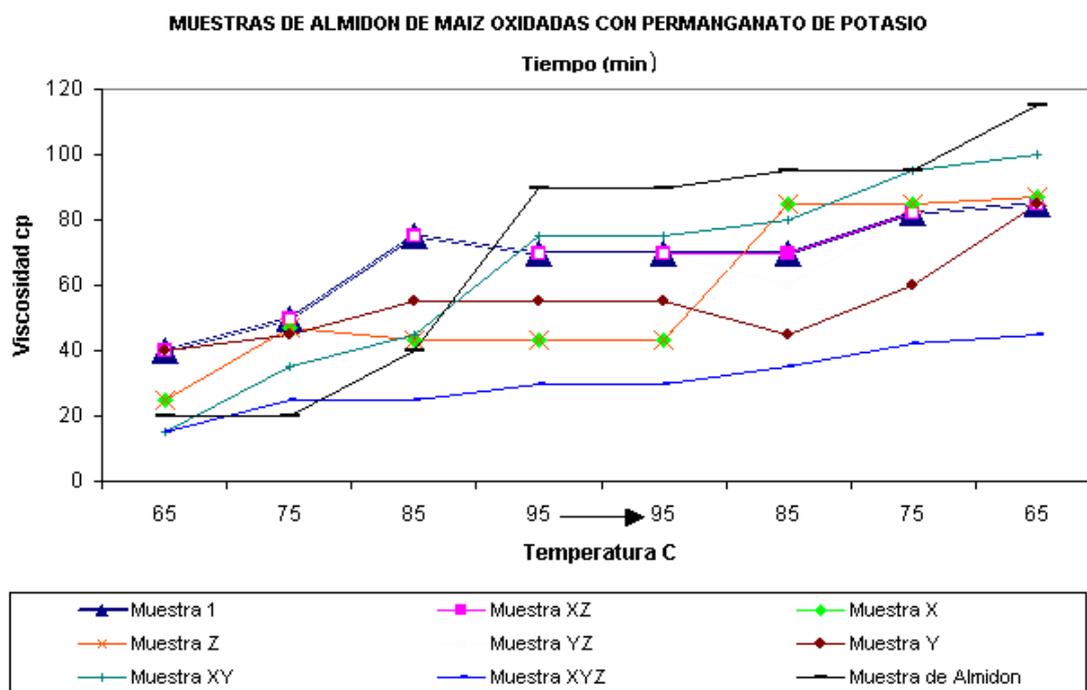
Grafica 8. Resultado grafico de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción de 5 h.

Tabla 12. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 10%, pH 10 y tiempo de reacción de 5 h, muestra (xyz).

Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	20	10	15
75	25	25	25
85	30	20	25
95	30	30	30
95	30	30	30
85	35	35	35
75	40	44	42
65	47	42	45



Grafica 9. Resultado grafico de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio 10%, pH 10 y tiempo de reacción de 5 h.



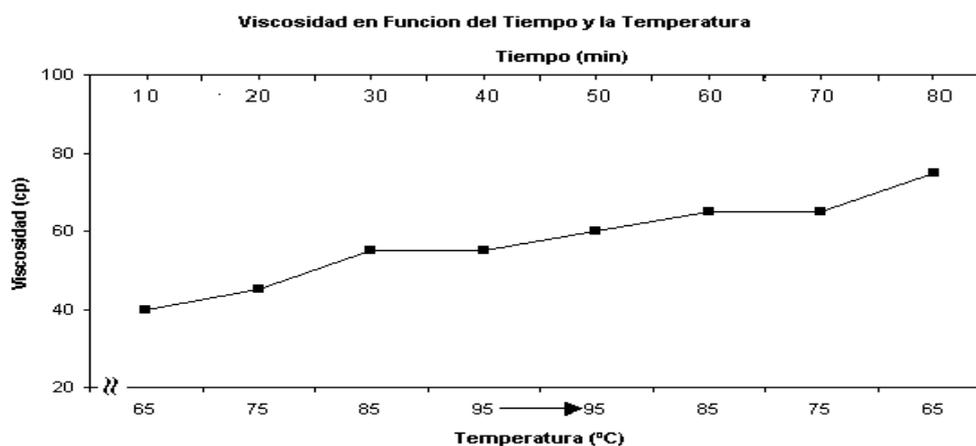
Grafica 10. Comparación gráfica de las medidas de viscosidad vrs temperatura para todas las muestras de almidón oxidadas con permanganato de potasio.

Como se puede observar en las muestras de almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio siguen la misma tendencia de la curva del almidón de maíz sin oxidar, sin embargo la viscosidad desciende notablemente comparada con el almidón de maíz, excepto en la muestra yz que presenta un comportamiento diferente. Posiblemente por que ella presenta un nivel bajo de oxidación.

5.2.2 RESULTADOS DEL ANALISIS DE LAS MUESTRAS DE ALMIDON DE MAIZ OXIDADAS CON DICROMATO DE POTASIO.

Tabla 13. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción de 3.5 h, muestra (x).

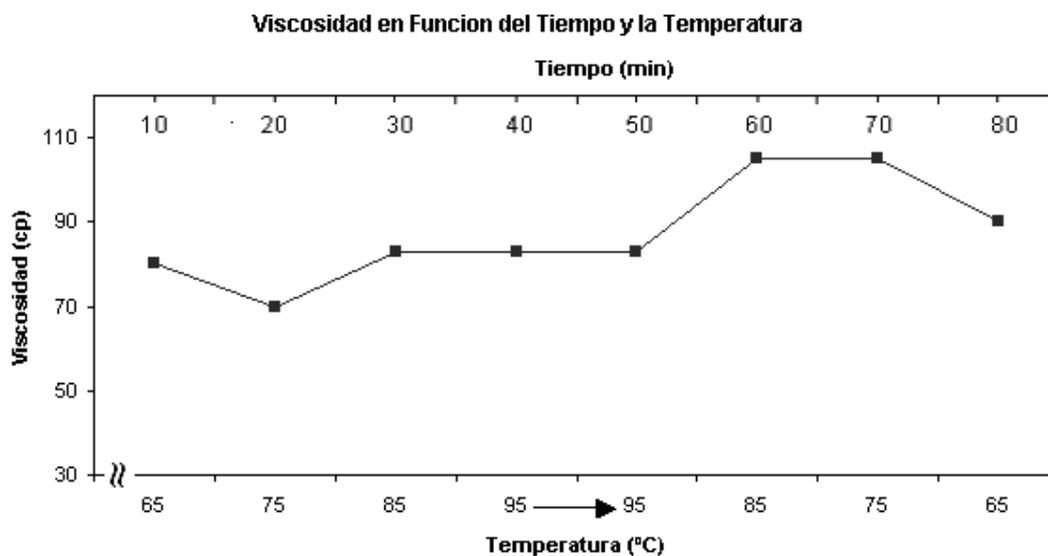
Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	45	35	40
75	40	50	45
85	58	52	55
95	55	55	55
95	65	55	60
85	55	70	65
75	65	65	65
65	72	78	75



Grafica 11. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción de 3.5 h.

Tabla 14. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 10%, pH 1 y tiempo de reacción de 3.5 h, muestra (z').

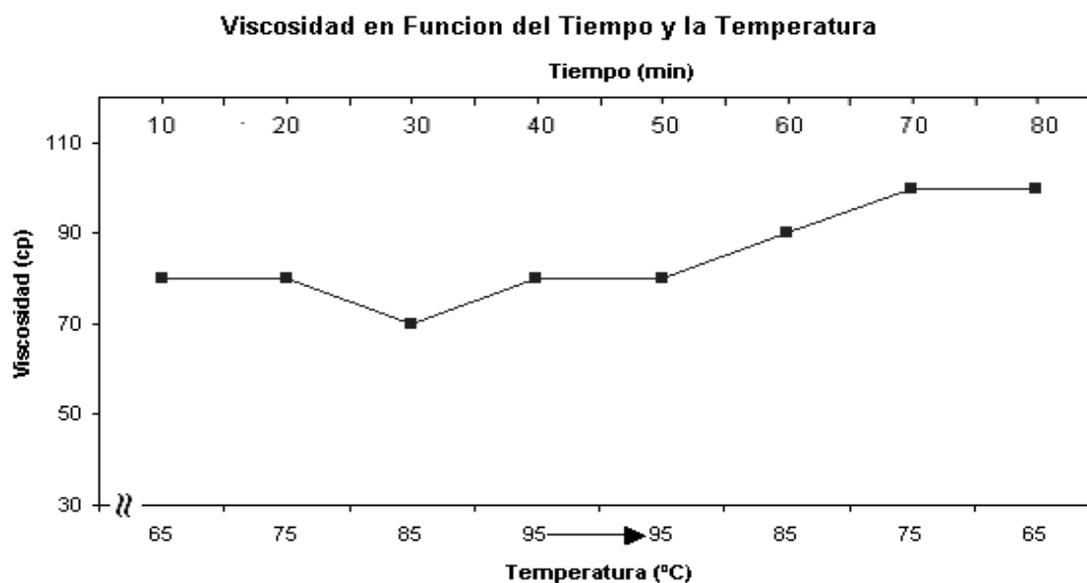
Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	70	90	80
75	75	65	70
85	80	86	83
95	86	80	83
95	83	83	83
85	100	110	105
75	105	105	105
65	95	85	90



Grafica 12. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 10%, pH 1 y tiempo de reacción de 3.5 h.

Tabla 15. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 10%, pH 10 y tiempo de reacción de 3.5 h, muestra (xz').

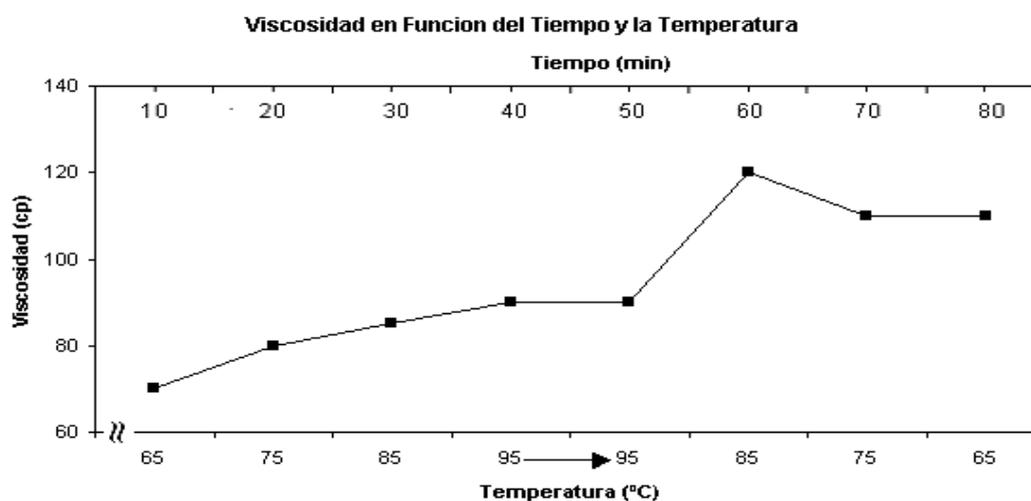
Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	80	80	80
75	85	75	80
85	70	70	70
95	90	70	80
95	80	80	80
85	85	95	90
75	100	100	100
65	95	105	100



Grafica 13. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 10%, pH 10 y tiempo de reacción de 3.5 h.

Tabla 16. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 1%, pH 1 y tiempo de reacción de 3.5 h, muestra (1).

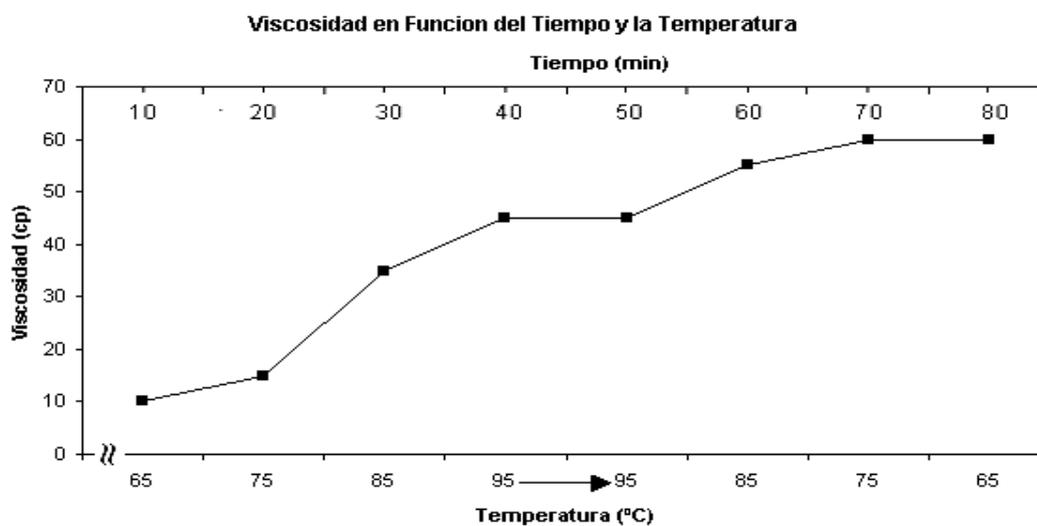
Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	65	75	70
75	75	85	80
85	85	85	85
95	95	85	90
95	90	90	90
85	115	125	120
75	120	100	110
65	115	105	110



Grafica 14. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 1%, pH 1 y tiempo de reacción de 3.5 h.

Tabla 17. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 10%, pH 1 y tiempo de reacción de 5 h, muestra (yz').

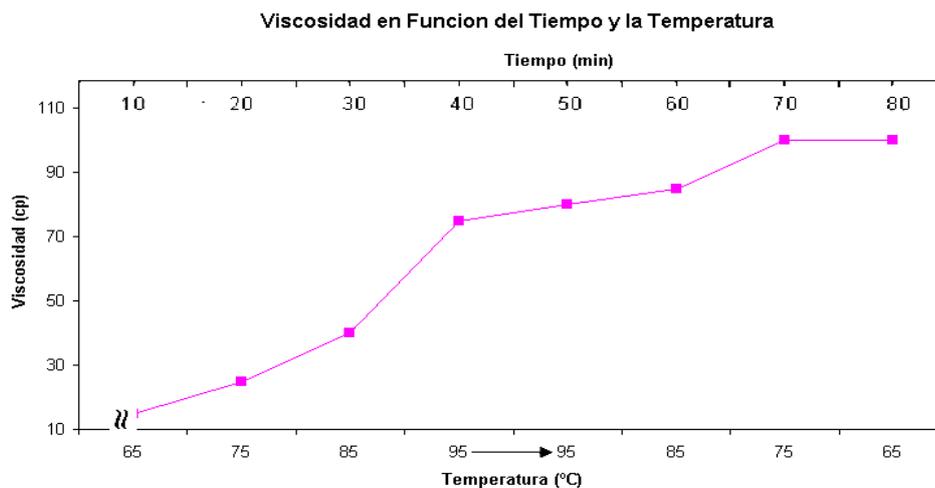
Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	11	9	10
75	20	10	15
85	30	40	35
95	45	45	45
95	45	45	45
85	50	60	55
75	60	60	60
65	60	60	60



Grafica 15. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 10%, pH 1 y tiempo de reacción de 5 h.

Tabla 18. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 1%, pH 1 y tiempo de reacción de 5 h, muestra (y).

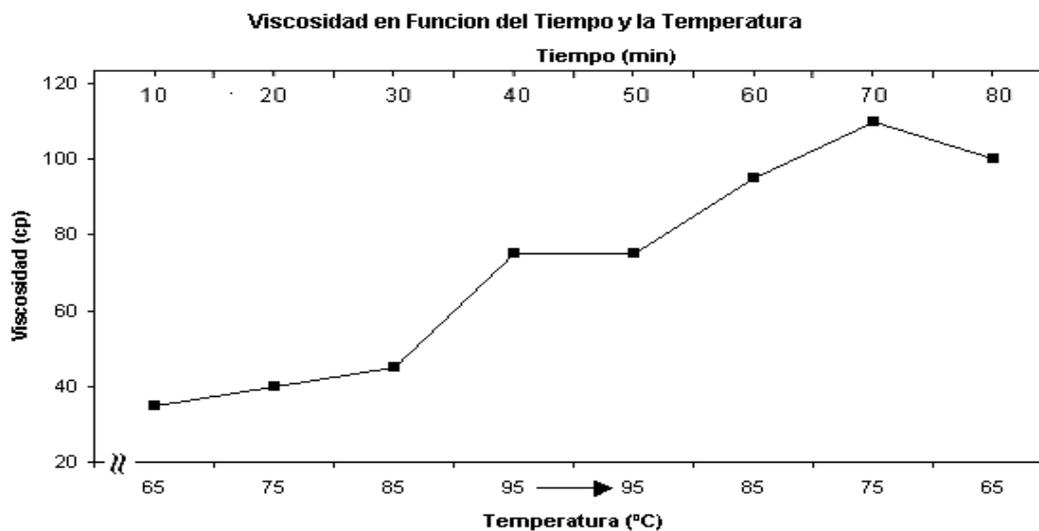
Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	15	15	15
75	20	30	25
85	45	35	40
95	70	80	75
95	80	80	80
85	88	82	85
75	100	100	100
65	95	105	100



Grafica 16. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 1%, pH 1 y tiempo de reacción de 5 h.

Tabla 19. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción de 5 h, muestra (xy).

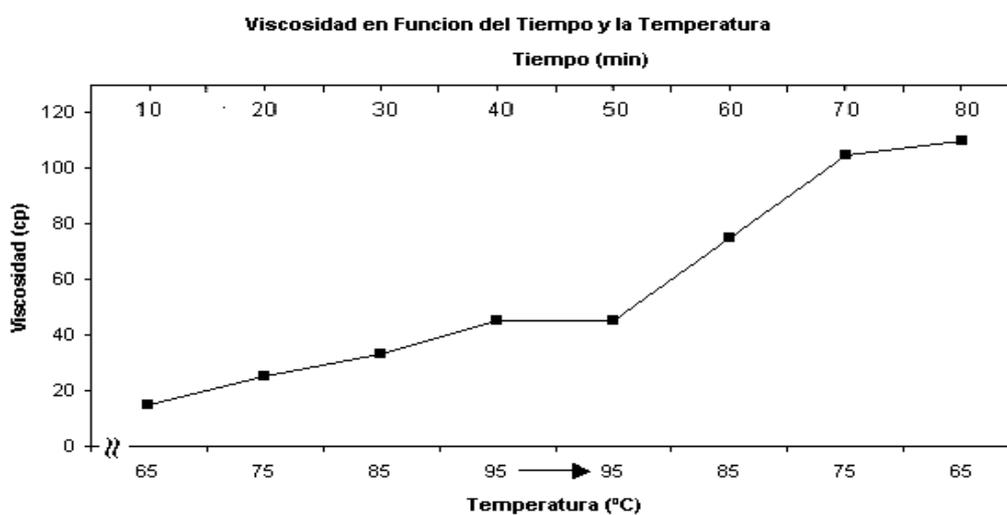
Temperatura	Replica 1	Replica 2	Promedio
65	30	40	35
75	45	35	40
85	45	45	45
95	70	80	75
95	75	75	75
85	95	95	95
75	110	110	110
65	100	100	100



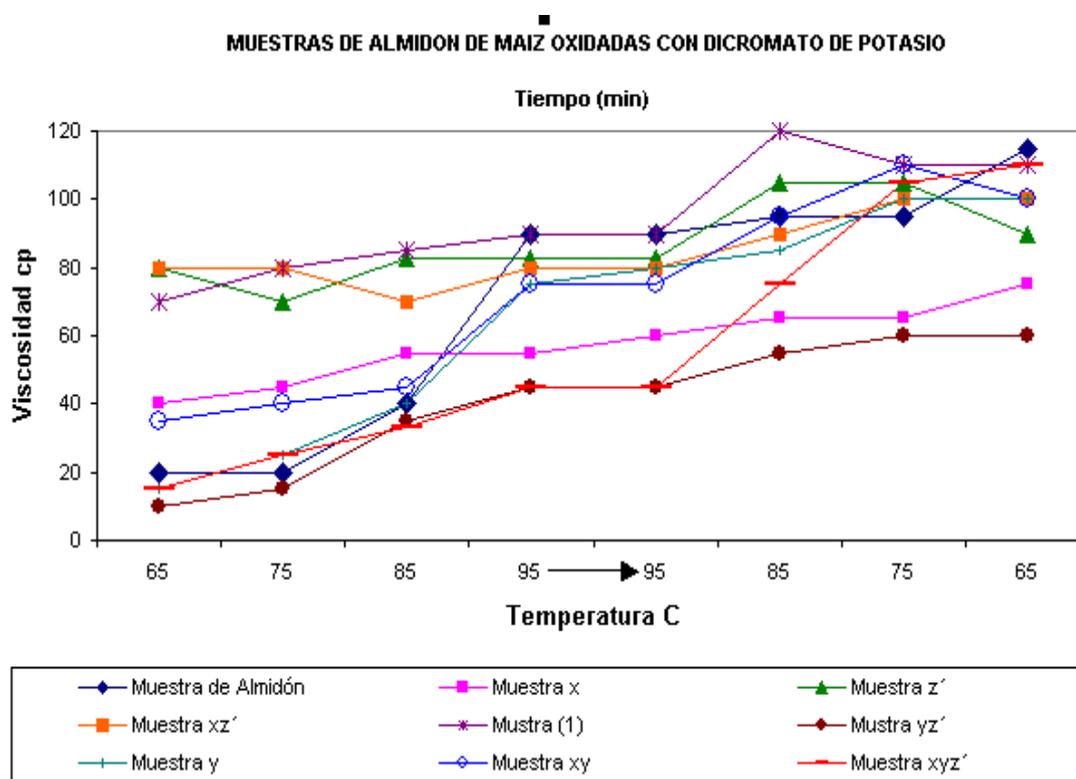
Grafica 17. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 1%, pH 10 y tiempo de reacción de 5 h.

Tabla 20. Resultados obtenidos de la muestra de almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 10%, pH 10 y tiempo de reacción de 5 h, muestra (xyz').

Temperatura	Viscosidad	Viscosidad	Viscosidad
65	20	10	15
75	30	20	25
85	36	30	33
95	40	50	45
95	42	48	45
85	75	75	75
75	110	100	105
65	110	110	110



Grafica 18. Resultado gráfico de los promedios de las medidas de viscosidad vrs temperatura para el almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio 10%, pH 10 y tiempo de reacción de 5 h.



Grafica 19. Comparación grafica de las medidas de viscosidad vrs temperatura para todas las muestras de almidón oxidadas con dicromato de potasio

En los resultados obtenidos utilizando el dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) las viscosidades de cada muestra dieron diferentes comparadas con el almidón de maíz sin oxidar, las muestra x, xy, xz', xyz' tienden a formar una curva aunque el lapso de viscosidades constante se dió a diferentes temperaturas.

5.3 CAPACIDAD ADHESIVA Y TIEMPO DE SECADO DE
LOS ALMIDONES MODIFICADOS CON DIFERENTES AGENTES
OXIDANTES. (1).

ENSAYO DE TENSIÓN.

Tabla 21. Resultados obtenidos en la prueba “Ensayo de Tensión” para las
muestras oxidadas con permanganato de potasio (KMnO₄). (1)

Muestra	Replica				
		1	2	3	Promedio
Almidón sin modificar		5.04	4.82	4.74	4.87
(1)		4.54	5.08	5.81	5.14
z		5.47	5.39	4.83	5.23
y		4.54	5.08	4.81	4.85
yz		4.71	4.47	4.31	4.50
x		4.97	5.39	5.18	5.19
xz		4.94	5.38	5.16	5.18
xy		4.33	5.01	4.67	4.70
xyz		4.89	5.12	4.67	5.06
Almidón comercial *		5.10	5.26	4.51	4.97
Resistol **		4.78	5.04	5.04	4.94

* Testigo 1

** Testigo R

Nota: Todas las unidades de las diferentes muestras están en kgf.

La muestra que presenta mayor fuerza es la z; comparada con el almidón de maíz, el almidón comercial y el resistol. Las muestras: y, yz , xy presentaron menor fuerza para separar dos superficies adhesivas entre sí

Tabla 22. Resultados obtenidos en la prueba “Ensayo de Tensión” para las muestras oxidadas con dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$).

Muestra	Replica				
		1	2	3	Promedio
Almidón sin modificar		5.04	4.82	4.74	4.87
(1)		5.00	5.00	4.78	4.93
z'		4.92	4.75	4.84	4.87
y		4.94	4.29	5.09	4.77
yz'		5.39	4.83	4.34	4.85
x		4.79	5.05	4.92	4.97
xz'		4.91	4.15	4.92	4.66
xy		4.73	4.97	4.85	4.87
xyz'		4.92	4.92	5.05	4.96
Almidón comercial*		5.10	5.26	4.51	4.97
Resistol **		4.78	5.04	5.04	4.94

* Testigo 1

** Testigo R

Nota: Todas las unidades de las diferentes muestras están en kgf.

En esta prueba se puede observar que las fuerzas obtenidas son menores comparadas con el almidón de maíz sin oxidar, almidón comercial y el resistol; excepto las muestra (1), (x), y la muestra (xyz'), que son mayores.

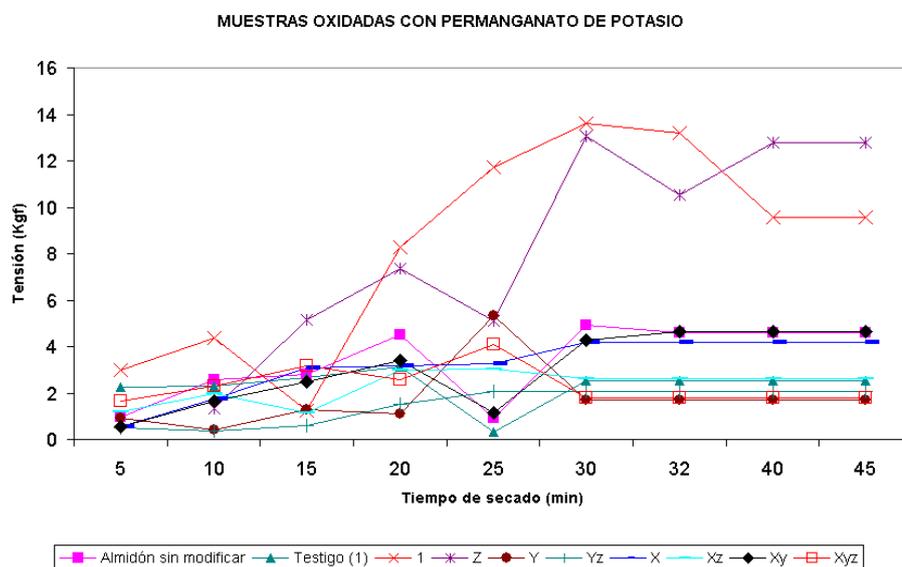
TIEMPO DE SECADO.

Tabla 23. Cuadro de resultados obtenidos para el “Tiempo de Secado” para las muestras oxidadas con permanganato de potasio (KMnO₄).

Muestra		Tiempo de secado (min)								
		5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
Tensión (Kgf)	Almidón sin modificar	0.96	2.56	2.79	4.50	4.60	4.90	4.61	4.61	4.61
	Testigo (1) *	2.26	2.32	2.65	3.12	2.55	2.55	2.55	2.55	2.55
	1	2.98	4.36	1.26	8.26	11.71	13.59	13.2	9.55	9.55
	z	1.20	1.34	5.14	7.34	1.50	13.06	10.54	12.78	12.78
	y	0.93	0.43	1.31	1.10	5.32	1.70	1.70	1.70	1.70
	yz	0.50	0.38	0.58	1.53	2.09	2.09	2.09	2.09	2.09
	x	0.57	1.77	3.07	3.17	3.27	4.17	4.17	4.17	4.17
	xz	1.21	1.99	1.13	2.99	3.04	2.62	2.62	2.62	2.62
	xy	0.56	1.66	2.48	3.38	1.13	4.26	4.64	4.64	4.64
	Xyz	1.67	2.31	3.17	2.56	4.07	1.78	1.78	1.78	1.78

* Almidón comercial.

Los resultados pueden representarse por medio de un gráfico.



Grafica 20. Resultado gráfico de la tensión vrs el tiempo de secado para las muestras de almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio.

El gráfico anterior muestra el tiempo en que alcanza el secado óptimo tomando como referencia cuando la fuerza que se ejerce al separar dos superficies se mantiene constante en cada una de las muestras, como se observa la muestra yz su fuerza se mantiene constante a menor tiempo comparándola con el almidón de maíz sin modificar a diferencia de las muestras x, y, xy, yz, xyz y el T1 que presentan igual tiempo de secado óptimo.

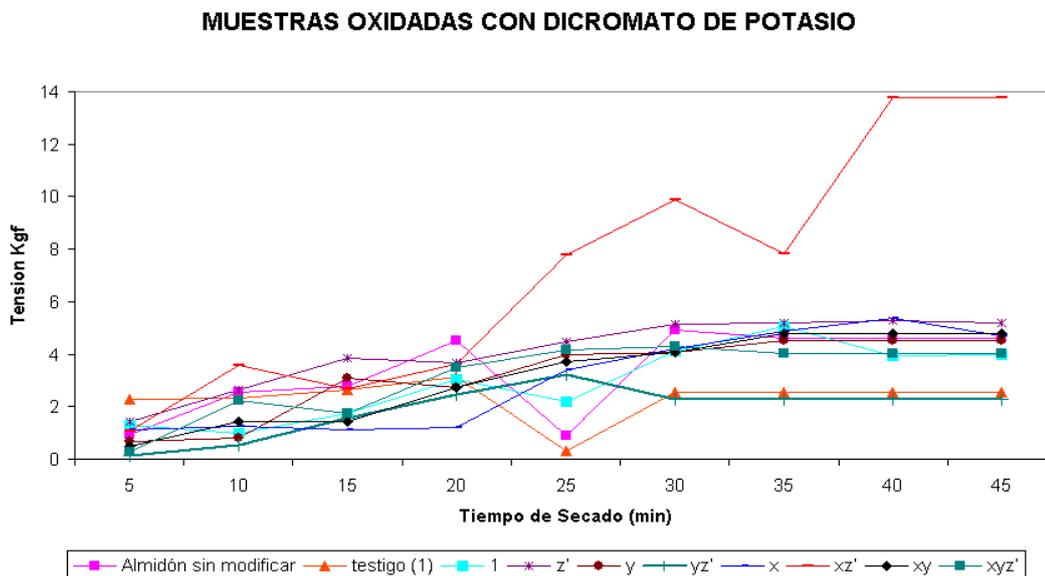
Para las muestras (1) y (z) su tiempo de secado óptimo se dio a los 40 minutos.

Tabla 24. Resultados obtenidos para el tiempo de secado para las muestras oxidadas con dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$).

Muestra		Tiempo de secado (min)								
		5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'
Tensión (Kgf)	Almidón sin modificar	0.96	2.56	2.79	4.50	4.70	4.90	4.61	4.61	4.61
	Testigo (1) *	2.26	2.32	2.65	3.12	0.30	2.55	2.55	2.55	2.55
	1	1.30	0.97	1.76	3.06	2.17	4.13	5.04	3.95	3.97
	z'	1.42	2.66	3.86	3.67	4.49	5.15	5.17	5.30	5.17
	y	0.65	0.79	3.10	2.71	4.00	4.07	4.53	4.53	4.53
	yz'	0.15	0.53	1.58	2.48	3.21	2.27	2.27	2.27	2.27
	x	1.10	1.25	1.11	1.21	3.38	4.22	4.86	5.35	4.69
	xz'	1.09	3.57	2.67	3.63	7.8	9.89	7.83	13.79	13.79
	xy	0.51	1.44	1.45	2.75	3.71	4.08	4.77	4.77	4.77
	xyz'	0.25	2.24	1.74	3.47	4.16	4.28	4.04	4.04	4.04

* Almidón comercial.

Los resultados pueden representarse por medio de un gráfico.



Grafica 21. Resultado gráfico de la tensión vrs el tiempo de secado para las muestras de almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio.

El gráfico anterior muestra que tan rápido el almidón de maíz oxidado (adhesivo) hace su acción de pegado óptimo, tomando como referencia cuando la fuerza que se ejerce al separar dos superficies se mantenga constante en cada una de las muestras, cuando el almidón es oxidado con dicromato de potasio. Las muestras (y) y (xyz') presentan igual tiempo de secado que el almidón de maíz sin modificar, no así las muestras (z') y (yz') presentan menor tiempo de secado, pero igual que el testigo (1).

Las muestras (1), x, xy, xz' la fuerza se mantuvo constante a los 40 minutos.

5.4 CARACTERIZAR CIERTAS REOLOGÍAS COMO CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO, VISCOSIDAD APARENTE Y TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN, DE LOS ALMIDONES OXIDADOS.

CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO ⁽⁵⁾.

Tabla 25. Resultados obtenidos del agua imbibida para las muestras oxidadas con permanganato de potasio (KMnO₄).

Muestra	Replica	
	1	2
Almidón sin modificar	3.3mL	3.3mL
(1)	6.3mL	6.0mL
z	7.3mL	8.3mL
y	7.3mL	7.3mL
yz	8.0mL	7.5mL
x	6.3mL	6.0mL
xz	6.9mL	7.0mL
xy	6.7mL	6.5mL
xyz	6.9mL	6.3mL

Cálculos:

$$\text{Capacidad de hinchamiento} = \frac{\text{Peso de agua imbibida.}}{\text{Peso de sustancia que la imbibida}} \times 100$$

Peso de la sustancia que la imbibibe refiere a los gramos de base seca de almidón de maíz modificado y almidón sin modificar.

Ejemplo: Muestra (1)

Peso de la muestra = 10.0 g

Volumen de agua gastado = 6.3 mL

Asumiendo que la densidad del agua es 1 g/mL se tiene:

$$D = \frac{m}{V}$$

Donde:

D = Densidad (g/mL)

m = masa (g)

V = volumen (mL)

$m = V \times D$

$m = 6.3 \text{ mL} \times 1 \text{ g/mL} = 6.3 \text{ g}$

Entonces los resultados de agua imbibida se reportan en g.

$$\text{Capacidad de hinchamiento} = \frac{6.3 \text{ g}}{10.0 \text{ g}} \times 100$$

Capacidad de hinchamiento 63.0%

Tabla 26. Resultados de la capacidad de hinchamiento para las muestras oxidadas con permanganato de potasio (KMnO₄).

Muestra	Replica		
		1	2
Almidon sin modificar		33.0%	33.0%
(1)		63.0%	60.0%
z		73.0%	83.0%
y		73.0%	73.0%
yz		80.0%	75.0%
xz		63.0%	60.0%
xy		69.0%	70.0%
xyz		67.0%	65.0%
		69.0%	63.0%

La tabla anterior muestra la capacidad que posee el almidón modificado de absorber agua en comparación con el almidón sin modificar.

Al efectuar el análisis de los resultados se observan diferencias significativas de las muestras de almidón de maíz oxidado y el almidón de maíz sin modificar.

Tabla 27. Resultados obtenidos del agua imbibida para las muestras oxidadas con dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$).

Muestra \ Replica	1	2
Almidón sin modificar	3.3mL	3.3mL
(1)	8.0mL	8.3mL
z'	7.5mL	7.9mL
y	7.5mL	7.7mL
yz'	7.3mL	7.2mL
x	7.2mL	7.2mL
xz'	6.6mL	6.9mL
xy	7.3mL	7.4mL
xyz'	7.0mL	7.2mL

Tabla 28. Resultados de la capacidad de hinchamiento para las muestras oxidadas con dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$).

Muestra	Replica		
		1	2
Almidón sin modificar		33.0%	33.0%
(1)		80.0%	83.0%
z'		75.0%	79.0%
y		75.0%	77.0%
yz'		73.0%	72.0%
x		72.0%	72.0%
xz'		66.0%	69.0%
xy		73.0%	74.0%
xyz'		70.0%	72.0%

En el análisis de resultados de la tabla anterior se observa notablemente un incremento de los valores de los almidones oxidados con respecto al almidón sin modificar, siendo las muestras (1) y z' las que presentan mayor aumento en dicha reología, en comparación a las demás muestras.

5.5 VISCOSIDAD APARENTE ⁽⁵⁾.

Tabla 29. Resultados de la viscosidad aparente de las muestras oxidadas con permanganato de potasio (KMnO₄).

Muestra	Replica	
	1	2
Almidón sin modificar	90.0cp	90.0cp
(1)	90.0cp	90.0cp
z	80.0cp	70.0cp
y	75.0cp	73.0cp
yz	55.0cp	55.0cp
x	55.0cp	40.0cp
xz	80.0cp	65.0cp
xy	75.0cp	50.0cp
xyz	45.0cp	30.0cp

Los resultados de las muestras de almidón oxidado son menores, comparados con los del almidón sin modificar. Se puede observar que la muestra que presenta menor viscosidad es xyz, pudiendo ser utilizada en la industria de alimentos, y las muestras (1), (z) y (y) las que presentan mayor viscosidad.

Tabla 30. Resultados obtenidos de la viscosidad aparente de las muestras oxidadas con dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$).

Muestra	Replica		
		1	2
Almidón sin modificar		90.0cp	90.0cp
(1)		70.0cp	75.0cp
z'		25.0cp	20.0cp
y		55.0cp	45.0cp
yz'		70.0cp	70.0cp
x		80.0cp	75.0cp
xz'		35.0cp	40.0cp
xy		75.0cp	70.0cp
xyz'		20.0cp	20.0cp

Al llevar a cabo el análisis de los resultados de las muestras de almidón oxidado se puede notar que estos valores son menores al compararlos con el almidón de maíz sin modificar. Siendo la muestra xyz' la que nos interesa para la industria alimenticia y cosmética puesto que presenta un valor bajo de viscosidad aparente.

5.6 TEMPERATURA DE GELATINIZACION ⁽⁴⁾.

Tabla 31. Resultados de la temperatura de gelatinización para las muestras oxidadas con permanganato de potasio (KMnO₄).

Replica	1	2
Muestra		
Almidón sin modificar	80° C	80° C
(1)	71° C	70° C
z	70° C	69° C
y	72° C	71° C
yz	69° C	70° C
x	74° C	73° C
xz	72° C	71° C
xy	72° C	72° C
xyz	72° C	70° C

Los resultados obtenidos muestran la capacidad que tienen los gránulos de almidón de poder absorber agua cuando son sometidos a calentamiento, observándose que las muestras presentan valores dentro del rango de temperatura de gelatinización, asegurando que las muestras tienen un grado de oxidación en dicha molécula .

Tabla 32. Resultados de la temperatura de gelatinización para las muestras oxidadas con dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$).

Muestra	Replica		
		1	2
Almidon sin modificar		80° C	80° C
(1)		70° C	72° C
z'		69° C	69° C
y		71° C	75° C
yz'		79° C	77° C
x		70° C	70° C
xz'		71° C	69° C
xy		71° C	70° C
xyz'		70° C	73° C

Los datos muestran la capacidad que tienen los gránulos de almidón oxidado de poder absorber agua sometida al calentamiento. Siendo los valores de las muestras de almidón oxidado menores que las del almidón de maíz sin modificar, la muestra z' posee el valor mas bajo, lo que nos indica que esta molécula presentó un grado mayor de oxidación comparado con las otras muestras.

Tabla 33. Comparación de los resultados obtenidos del almidón de maíz y el almidón oxidado con permanganato de potasio y dicromato de potasio.

Variable Muestra	AGENTE OXIDANTE					
	Permanganato de Potasio (KMnO ₄)			Dicromato de Potasio (K ₂ Cr ₂ O ₇)		
	Viscosidad Aparente (cp)	Capacidad De Hinchariento (%)	Temperatura De Gelatinización °C	Viscosidad Aparente (cp)	Capacidad De Hinchariento (%)	Temperatura De Gelatinización °C
Almidón sin modificar	90	33	80	90	33	80
(1)	70	63	71	90	80	70
z	75	60	70	90	83	72
y	25	73	70	80	75	69
	20	83	69	70	79	69
	55	73	72	75	75	71
yz	45	73	71	73	77	75
	70	80	69	55	73	79
x	70	75	70	55	72	75
	80	63	74	55	72	70
	75	60	73	40	72	70
xz	35	69	72	80	66	71
	40	70	71	65	69	69
xy	75	67	72	75	73	71
	70	65	72	30	74	70
xyz	20	69	72	45	70	70
	20	63	70	30	72	73

Como se puede observar en la tabla anterior, en la columna de la temperatura de gelatinización se aprecia una disminución de sus valores en relación con el almidón sin modificar (80°C); sin embargo en la medida que se incrementa la oxidación se aprecia una evidente tendencia al incremento en el valor de la capacidad de hinchamiento.

Del análisis de los valores de viscosidad aparente para cada una de las muestras se infiere una degradación o hidrólisis parcial del almidón durante el proceso de oxidación ya que de manera general los geles de los almidones oxidados poseen viscosidades inferiores a la del almidón nativo.

6.0 APLICACIÓN DEL ALGORITMO DE YATES AL DISEÑO EXPERIMENTAL
2³ PARA EVALUAR LA INFLUENCIA DEL PH, TIEMPO DE REACCION Y
CONCENTRACION DEL AGENTE OXIDANTE EN LAS PROPIEDADES
REOLOGICAS CARACTERIZADAS ANTERIORMENTE. ⁽¹⁰⁾

El estudio prospectivo – experimental que se presentó abarca 3 variables las cuales fueron estudiadas estadísticamente mediante la aplicación del algoritmo de Yates para comprobar cuales de estas variables afectan más el proceso de oxidación del almidón de maíz.

Las variables a considerar son:

pH

Tiempo de Reacción

Concentración del agente oxidante

Representadas cada una como x, y, z respectivamente para el Permanganato de Potasio (KMnO_4), y como x, y, z' para el Dicromato de Potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

Nota: Solamente se le colocó apóstrofe a la muestra representada como z del dicromato de potasio para poder diferenciar la concentración de este agente oxidante.

Tabla 34. Aplicación del Algoritmo de Yates a los resultados de la Capacidad de Hinchamiento para el Permanganato de Potasio (KMnO₄). ⁽¹⁰⁾

Muestra	R1	R2	Total	1	2	3	(Columna3)² * (n²³)	(Columna3)** (n²)
(1)	63	60	123	279	580	1106	-	-
z	73	83	156	301	526	58	210.25	7.25
y	73	73	146	262	42	24	36.00	3.00
yz	80	75	155	264	16	-40	100.00	-5.00
x	63	60	123	33	22	-54	182.25	-6.75
xz	69	70	139	9	2	-26	42.25	-3.25
xy	67	65	132	16	-24	-20	25.00	-2.50
xyz	69	63	132	0	-16	8	4.00	1.00
$\Sigma = 1106$							$\Sigma = 599.75$	

* Suma de cuadrados

** Estimaciones de los efectos

DETERMINACION DEL ERROR ⁽¹⁰⁾.

Sumatoria total de los cuadrados:

$$SS_T = \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y \sum_{k=1}^z - \frac{\Sigma (\text{Suma de cuadrado})}{2n}$$

$$63^2 + 60^2 + 73^2 + \dots + 65^2 + 69^2 + 63^2 = 77144$$

$$SS_T = 77144 - \frac{(1106)^2}{16} = 0.3125$$

Suma de cuadrados de error:

$$SS_E = \frac{SS_T - SS_{\text{subtotales}}}{n} = \frac{691.71 - 599.75}{8} = 11.5$$

Cálculo del error estándar de cada efecto:

$$se_{(\text{efecto})} = \sqrt{\frac{1 * s^2}{n2^{k-2}}}$$

Donde:

n = número de réplicas

k = tres factores en estudio

s = media de los cuadrados del error

$$s = \sqrt{\frac{11.5}{4}} = 1.69$$

$$Z : 7.25 \pm 1.69^*$$

$$Y : 3.00 \pm 1.69^*$$

$$YZ : -5.00 \pm 1.69$$

$$X : -6.75 \pm 1.69$$

$$XZ : -3.25 \pm 1.69$$

$$XY : -2.50 \pm 1.69$$

$$XYZ : 1.00 \pm 1.69$$

Al analizar los resultados se puede verificar que cada valor tiene dos errores estándar de las estimaciones de los efectos. En este caso los dos efectos principales que importan son Z y Y puesto que estas dos vías son las que favorecieron el proceso de oxidación.

Z= KMNO₄ 10%, 3.5 h , pH 1

Y= KM_NO₄ 1%, 5 h, pH 1

Tabla 35. Aplicación del Algoritmo de Yates a la Capacidad de Hinchamiento para el Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$).

Muestra	R1	R2	Total	1	2	3	<u>(Columna3)</u> ² *	<u>(Columna3)</u> **
							(n2 ³)	(n2 ²)
(1)	80	83	163	317	614	1182	-	-
z'	75	79	154	297	568	-30	56.25	-3.75
Y	75	77	152	279	-16	-10	6.25	-1.25
yz'	73	72	145	289	-14	6	2.25	0.75
X	72	72	144	-9	-20	-46	132.25	-5.75
xz'	66	69	135	-7	10	2	0.25	0.25
xy	73	74	147	-9	2	30	56.25	3.75
xyz'	70	72	142	-5	4	2	0.25	0.25
			$\Sigma = 1182$				$\Sigma = 253.75$	

* Suma de cuadrados

** Estimaciones de los efectos

$$80^2 + 83^2 + 75^2 + \dots + 74^2 + 70^2 + 72^2 = 87596$$

$$87596 - \frac{(1182)^2}{16} = 275.75$$

$$\text{Error} = \frac{275.75 - 253.75}{8} = 2.75$$

$$s = \sqrt{\frac{2.5}{4}} = 0.82$$

$$Z' : -3.75 \pm 0.82$$

$$Y : -1.25 \pm 0.82$$

$$YZ' : 0.75 \pm 0.82$$

$$X : -5.75 \pm 0.82$$

$$XZ' : 0.25 \pm 0.82$$

$$XY : 3.75 \pm 0.82^*$$

$$XYZ' : 0.52 \pm 0.82$$

En esta prueba los resultados nos muestran que la vía XY es la que nos interesa en el proceso de oxidación del almidón de maíz, ya que las variables consideradas que más influyeron son:

XY= $K_2Cr_2O_7$ 1%, pH = 10, 5 h

Tabla 36. Aplicación del Algoritmo de Yates a la Viscosidad Aparente para el Permanganato de Potasio (KMnO₄).

Muestra	R1	R2	Total	1	2	3	<u>(Columna3)² *</u> (n2 ³)	<u>(Columna3)**</u> (n2 ²)
(1)	90	90	180	310	568	1028	-	-
Z	80	70	150	258	440	-68	56.25	-3.75
Y	75	73	148	240	-68	-10	6.25	-1.25
Yz	55	55	110	200	0	6	2.25	0.75
X	55	40	95	-30	-52	-46	132.25	-5.75
Xz	80	65	145	-38	-40	2	0.25	0.25
Xy	75	50	125	50	8	30	56.25	3.75
Xyz	45	30	75	-50	-100	2	0.25	0.25
$\Sigma = 1028$				$\Sigma = 253.75$				

* Suma de cuadrados

** Estimaciones de los efectos

$$90^2 + 90^2 + 80^2 + \dots + 50^2 + 45^2 + 30^2 = 5163.75$$

$$5163.75 - \frac{(1182)^2}{16} = 230.15$$

$$\text{Error} = \frac{253.75 - 230.15}{8} = 2.75$$

$$s = \sqrt{\frac{2.75}{4}} = 7.58$$

$$Z : -8.50 \pm 7.58$$

$$Y : -14.12 \pm 7.58$$

$$YZ : -21.00 \pm 7.58$$

$$X : -18.50 \pm 7.58$$

$$XZ : 8.50 \pm 7.58^*$$

$$XY : 4.00 \pm 7.58$$

$$XYZ : -4.00 \pm 7.58$$

Los resultados obtenidos demuestran que el proceso XZ es el que favoreció la oxidación del almidón, siendo las variables a considerar las siguientes:

XZ = KMnO₄ 10%, pH 10, 3.5 h

Tabla 37. Aplicación del Algoritmo de Yates a la Viscosidad Aparente para el
Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$).

Muestra	R1	R2	Total	1	2	3	(Columna3)² * (n2³)	(Columna3) ** (n2²)	
(1)	70	75	145	190	430	845	-	-	
z'	25	20	45	240	415	-245	3751.56	-30.62	
Y	55	45	100	230	-60	5	1.56	0.62	
yz'	70	70	140	185	-185	115	826.56	14.37	
X	80	75	155	-100	50	-15	14.06	-1.87	
xz'	35	40	75	40	-45	-125	976.56	-15.62	
Xy	75	70	145	-80	140	-95	564.06	-11.87	
xyz'	20	20	40	-105	-25	-165	1701.56	-20.62	
			$\Sigma = 845$				$\Sigma = 7835.98$		

* Suma de cuadrados

** Estimaciones de los efectos

$$70^2 + 75^2 + 25^2 + \dots + 70^2 + 20^2 + 20^2 = 53075$$

$$53075 - \frac{(845)^2}{16} = 8448.44$$

$$\text{Error} = \frac{8448.44 - 7835.98}{8} = 76.56$$

$$s = \sqrt{\frac{76.56}{4}} = 4.37$$

$$Z' : -30.62 \pm 4.37$$

$$Y : 0.62 \pm 4.37$$

$$YZ' : 14.37 \pm 4.37 *$$

$$X : -1.87 \pm 4.37$$

$$XZ' : -15.62 \pm 4.37$$

$$XY : -11.87 \pm 4.37$$

$$XYZ' : -20.62 \pm 4.37$$

En la aplicación del Algoritmo de Yates a la viscosidad aparente de las muestras de almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$:

Los resultados indican que en el proceso de oxidación del almidón de maíz la variable que más influyó fue:

$$YZ' = K_2Cr_2O_7 \text{ 10\%, pH=1, 5 h}$$

Tabla 38. Aplicación del Algoritmo de Yates a la Temperatura de Gelatinización para el Permanganato de Potasio (KMnO₄).

Muestra	R1	R2	Total	1	2	3	<u>(Columna3)² *</u> (n2 ³)	<u>(Columna3)^{**}</u> (n2 ²)
(1)	71	70	141	280	562	1138	-	-
Z	70	69	139	282	576	-7	3.06	-0.87
Y	72	71	143	290	-6	-2	0.25	-0.25
Yz	69	70	139	286	-1	-5	1.56	-0.62
X	74	73	147	-2	2	14	12.25	1.75
Xz	72	71	143	-4	-4	5	1.56	0.62
Xy	72	72	144	1	-2	-6	2.25	-0.75
XYZ	72	70	142	2	-3	-1	0.06	-0.12
$\Sigma = 1138$				$\Sigma = 21.00$				

* Suma de cuadrados

** Estimaciones de los efectos

$$71^2 + 70^2 + 70^2 + \dots + 72^2 + 72^2 + 70^2 = 80970$$

$$80970 - \frac{(1138)^2}{16} = 29.75$$

$$\text{Error} = \frac{29.75 - 21.00}{8} = 1.09$$

$$s = \sqrt{\frac{1.09}{4}} = 0.52$$

$$Z : -0.87 \pm 0.52$$

$$Y : -0.25 \pm 0.52$$

$$YZ : -0.62 \pm 0.52$$

$$X : 1.75 \pm 0.52^*$$

$$XZ : 0.62 \pm 0.52^*$$

$$XY : -0.75 \pm 0.52$$

$$XYZ : -0.12 \pm 0.52$$

En la aplicación del Algoritmo de Yates a la temperatura de gelatinización para las muestras de almidón de maíz oxidadas con permanganato de potasio (KMnO_4). Los resultados indican que las muestras que se favorecieron con el proceso de oxidación fueron x y xz, en las cuales las variables que afectaron dicha oxidación son:

X= KMnO_4 1%, 3.5 h, pH =10

XZ= KMnO_4 10%, 3.5 h, pH =10

Tabla 39. Aplicación del Algoritmo de Yates a la Temperatura de Gelatinización para el Dicromato de Potasio ($K_2Cr_2O_7$).

Muestra	R1	R2	Total	1	2	3	(Columna3)² * (n2³)	(Columna3) ** (n2²)
(1)	70	72	142	280	582	1146	-	-
z'	69	69	138	302	564	8	4.00	1.00
Y	71	75	146	280	6	26	42.25	3.25
yz'	79	77	156	284	2	16	16.00	2.00
X	70	70	140	-4	22	-18	20.25	-2.25
xz'	71	69	140	10	4	-4	1.00	-0.5
Xy	71	70	141	0	14	-18	20.25	-2.25
XYZ'	70	73	143	2	2	-12	9.00	-1.50
$\Sigma = 1146$							$\Sigma = 19.00$	

* Suma de cuadrados

** Estimaciones de los efectos

$$71^2 + 72^2 + 69^2 + \dots + 70^2 + 70^2 + 73^2 = 82214$$

$$82214 - \frac{(1146)^2}{16} = 131.75$$

$$\text{Error} = \frac{131.75 - 19.00}{8} = 14.09$$

$$s = \sqrt{\frac{14.09}{4}} = 1.87$$

$$Z' : 1.00 \pm 1.87$$

$$Y : 3.25 \pm 1.87^*$$

$$YZ' : 2.00 \pm 1.87^*$$

$$X : -2.25 \pm 1.87$$

$$XZ' : -0.50 \pm 1.87$$

$$XY : -2.25 \pm 1.87$$

$$XYZ' : -1.50 \pm 1.87$$

En la aplicación del Algoritmo de Yates a la temperatura de gelatinización para las muestras de almidón de maíz oxidadas con dicromato de potasio. Se puede verificar que al proceso que favoreció fue la vía Y y YZ' :

$$Y = \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ 1\%, 5 h, pH=1}$$

$$YZ' = \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ 10\%, 5 h, pH=10}$$

CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

1. Los dos tipos de oxidación que se realizaron a las muestras de almidón de maíz, nos hace verificar según los resultados obtenidos de RA en la tabla 2 y tabla 3, que éste sufrió una modificación química, es decir hubo un aumento en la relación del C=O con respecto al O – H.
2. Los resultados del análisis infrarrojo demuestran que el proceso de modificación química del almidón de maíz nunca es completa, por lo que el almidón de maíz siempre tendrá presente grupos alcohólicos en su estructura.
3. La disminución que presentaron los valores de temperatura de gelatinización en las muestras de almidón de maíz oxidado se debe a que en el proceso de oxidación aparecieron grupos C – O y O – H, los cuales le proporcionan al almidón de maíz oxidado mayor afinidad por el agua. Lo que explica que dicho almidón sea capaz de hincharse a valores de temperatura menores que el almidón de maíz sin modificar.
4. El resultado obtenido en el análisis estadístico, se plantea la conveniencia de incrementar las tres variables: pH (x), tiempo de reacción (y), y concentración del agente oxidante(z) para aumentar el nivel de oxidación, lo cual se demuestra en la tabla 2 con el valor de RA en la muestra yz lo que indica que fue la muestra que sufrió mayor oxidación.

5. Por resultados obtenidos en nuestro trabajo experimental la muestra que presenta viscosidad baja según la tabla 30, es la muestra xyz (almidón de maíz oxidado con permanganato de potasio 10%, a pH 10 y tiempo de reacción 5 h). Y, según la tabla 31, la muestra xyz' (almidón de maíz oxidado con dicromato de potasio 10%, a pH 10 y tiempo de reacción 5 h).

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

1. Realizar ensayos haciendo una variación de pH, tiempo de reacción y concentración del agente oxidante; así como también utilizar otros agentes oxidantes como: el Bromato de Potasio, Dicromato de Potasio, Hipoclorito de Sodio, Hipoclorito de Calcio y Ácido Perclórico, para determinar la capacidad de adhesión, tiempo de secado de los almidones oxidados para ser utilizados en la industria del papel como agente encolante.
2. Utilizar el almidón de maíz oxidado como desintegrante en tabletas, debido a la capacidad de hinchamiento que presentan estos almidones; siendo la muestra (1) de almidón de maíz oxidada con $K_2Cr_2O_7$ al 1 % , la que presenta mayor capacidad desintegrante .
3. Utilizar almidones oxidados, como espesante en las industrias de alimentos, cosmética y farmacéutica.

Es necesario investigar este tipo de análisis: identificación de los grupos carbonilos y carboxilos por Espectrofotometría Infrarroja, efecto de la temperatura y el tiempo en la viscosidad del almidón modificado, tiempo de secado, capacidad de hinchamiento, viscosidad aparente, temperatura de gelatinización para los diferentes tipos de almidón, con el fin de mejorar las propiedades químicas de esta materia prima que se utiliza en la industria farmacéutica, alimenticia, cosmética, del papel, con el fin de mejorar ofertas en mercado.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA

1. Annual Book of ASTM Standards. Vol 15.0 año 1995. Packaging iflexible Barrier Materials; Businesslmaging Products. Pág. 42 – 44 y 530 – 531.
2. Bruneton, J. Elementos de Fotoquímica y de Farmacognosia. Editorial Acribia, S:A Zaragoza (España). Pág. #35, 36 y 37.
3. Charley, H. 1995, Tecnología de Alimentos. Procesos Químicos y Físicos en la preparación de Alimentos; Editorial Limusa. S.A de C.V; 3° Reimpresión.
4. Cherftel, J. C. y otros. 2000. Introducción a la Bioquímica de Tecnología de los Alimentos. 4ª reimpresión, Vol. 1. Madrid España. Editorial Acribia Pág. 118 – 129.
5. Delgado Cueva, N. Almidón. 1961. Trabajo de graduación de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
6. Del Pozo, A. y otros 1963. Enciclopedia farmacéutica. Tomo III. Barcelona, España. Editorial Científico. Medica.
7. Douglas A. Skoog y otros, Análisis Instrumental 4ª Edición, España, Editorial I Capella Pág. 320 – 339.
8. Kirk, R y otros. 1952. Enciclopedia de Tecnología Química, 1ª edición, México. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana. Tomos I , II y IX. Pág. 426-454; 13; 233.

9. Martínez M y otros. 2001. Adhesión y Uniones Adhesivas 1º Edición España. Universidad de Alicante.
10. Montgomery, D. C. y otros. 1996. Probabilidad y Estadística Aplicada a la Ingeniería. México, Editorial Mc GRAW – HILL.
11. Shriner, Fuson, Curtin. 2001. Identificación sistemática de compuestos Orgánicos, Editorial Limusa Noriega Editores. Pag 197 a 205.
12. Tyler, Varro E, 1968. Farmacognosia, 5º Edición. Argentina, Editorial Buenos Aires. Pág. 56-63.
13. Villar del Fresno, A Farmacognosia General. Editorial Síntesis S. A. Valle Hermoso, Madrid. Pág. 132, 134, 135.
14. <http://www.arrow.com.mx/pegado.html> Adhesivos de Contacto. Fecha de consulta 04/04/04.
15. <http://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n> Wikipedia, La Enciclopedia Libre. Fecha de consulta 17/03/04.
16. http://mx.geocities.com/avolaje/apuntes/polisacaridos_b1.html Avolaje – Polisacáridos. Fecha de consulta 15/04/04.
17. [www. Ualberta.ca/~csps](http://www.Ualberta.ca/~csps) Influencia de los métodos analíticos. Pag. 207-210. fecha de consulta 05/03/05
18. Díaz Molina, M. y otros. 1999. Síntesis de Almidón oxidado. La Habana, Cuba. Disponible en:
http://bvs.sld.cu/revistas/far/vol33_2_99/far03299htm.
Fecha de consulta 28/03/

ANEXOS

ANEXO N° 1.

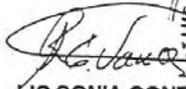
CERTIFICADO DE ANALISIS DE MATERIA PRIMA DEL ALMIDON DE MAÍZ

SIN MODIFICAR.

Apartado Postal 727
 Avenida Irazú 166
 Colonia Costa Rica
 San Salvador, El Salvador
 Tel.: 270-0222 con 5 Troncales
 Fax: 270-1501
 E-mail: falmar@netcomsa.com



CERTIFICADO DE ANALISIS DE MATERIA PRIMA

NOMBRE ALMIDON DE MAIZ		NCU 3238 - MP
LOTE RF 4330 RETACEO N/A		FECHA FABRICACION OCTUBRE 2003 FECHA VENCIMIENTO OCTUBRE 2005
DESCRIPCION Polvo fino de color blanco, muy estable al aire e inodoro con leve olor característico		
DETERMINACION	LIMITES	RESULTADO
IDENTIFICACIÓN	Producción de una jalea blancusca	APROBADO
	Producción de un color azul profundo	APROBADO
SOLUBILIDAD	Insoluble en Alcohol y agua fría	APROBADO
DETERMINACION DE pH	Entre 4.5 - 8.0	5.2
RESIDUO DE IGNICION	No excede más del 0.5%	0.39%
ETIQUETADO	DETALLE DE LA FUENTE BOTANICA DE LA QUE SE EXTRAJO	APROBADO
ANALISIS MICROBIOLÓGICO	No más de 100 UFC y No más de 50 UFH	APROBADO
PERDIDA POR SECADO	CONTIENE NO MAS DEL 14.% DE SU PESO	5.88%
OBSERVACIONES La Determinación de pH y El Residuo de Ignición son APROBADO		
FECHA INGRESO MUESTRA 22 de OCTUBRE de 2003	FECHA DE ANALISIS 24 de OCTUBRE de 2003	DECISION APROBADO
METODO DE REFERENCIA UTILIZADO USP XXIV	FECHA DE EMISION DEL CERTIFICADO 27 de OCTUBRE de 2003	ANALISTA  LIC.SONIA GONZALEZ ★



ANEXO N° 2.

ESPECTROS OBTENIDOS EN LA MODIFICACION QUIMICA QUE SUFRIO
LA MOLECULA DEL ALMIDON POR LA APARICION DE GRUPOS
CARBONILOS Y CARBOXILOS.

ANEXO 2

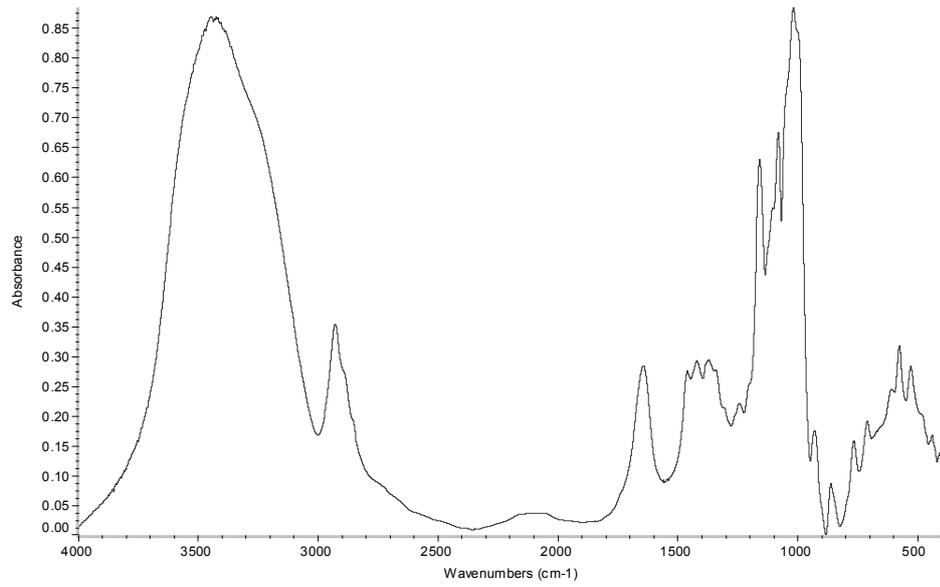


Figura 10. Espectro IR del almidón de maíz sin modificar.

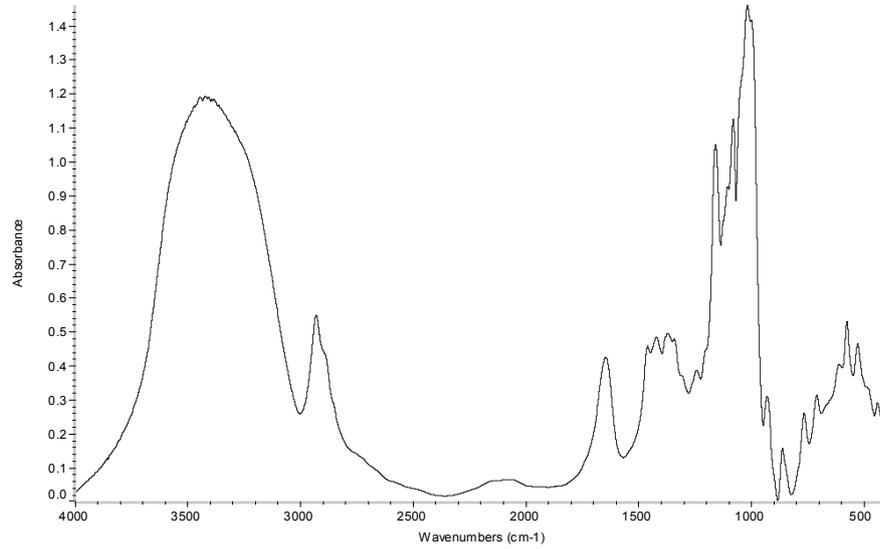


Figura 11. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 1%, a pH 1 y tiempo de reacción 3.5h, muestra (1).

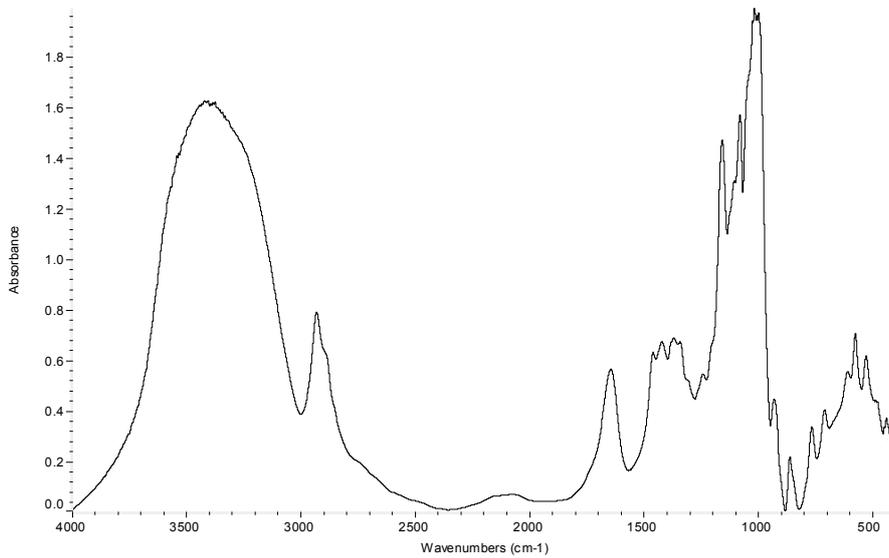


Figura 12. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 10%, a pH 1 y tiempo de reacción 3.5h, muestra (z).

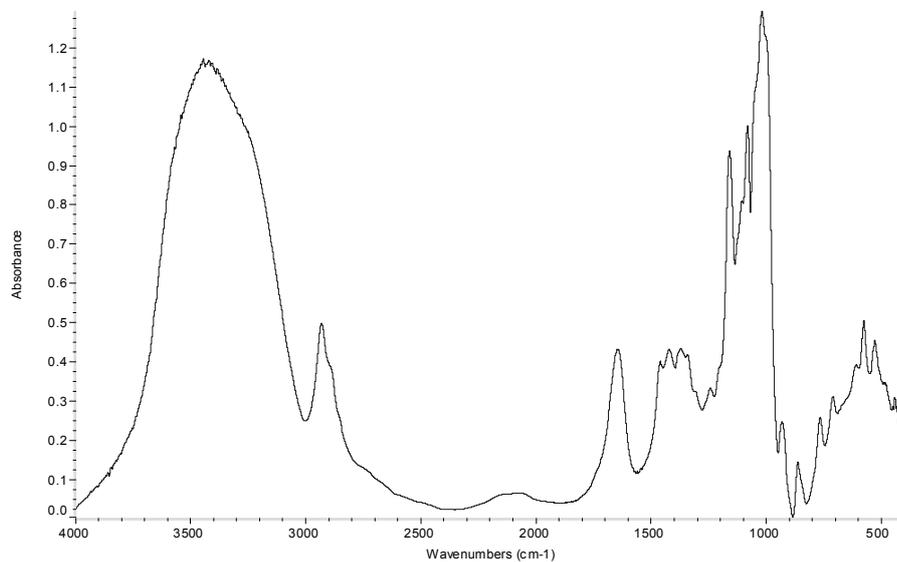


Figura 13. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 10%, a pH 1 y tiempo de reacción 5h, muestra (yz).

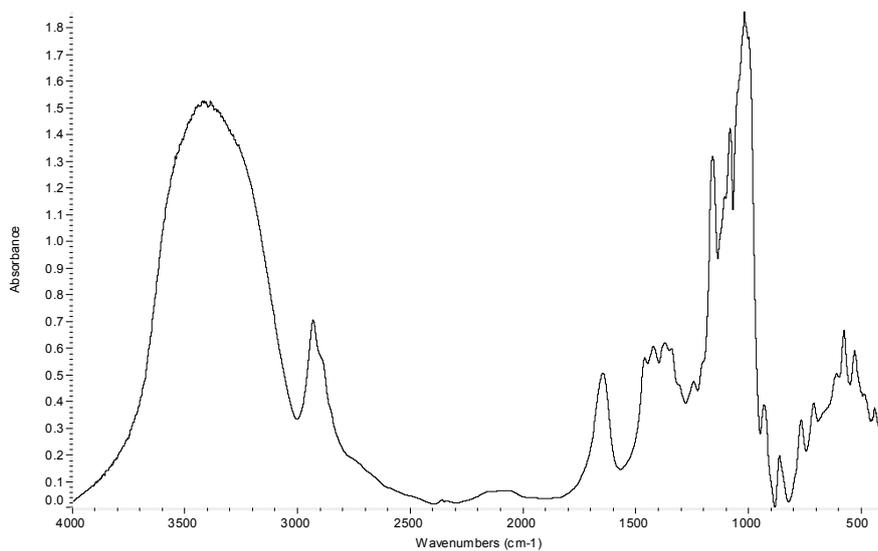


Figura 14. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 1%, a pH 1 y tiempo de reacción 5h, muestra (y).

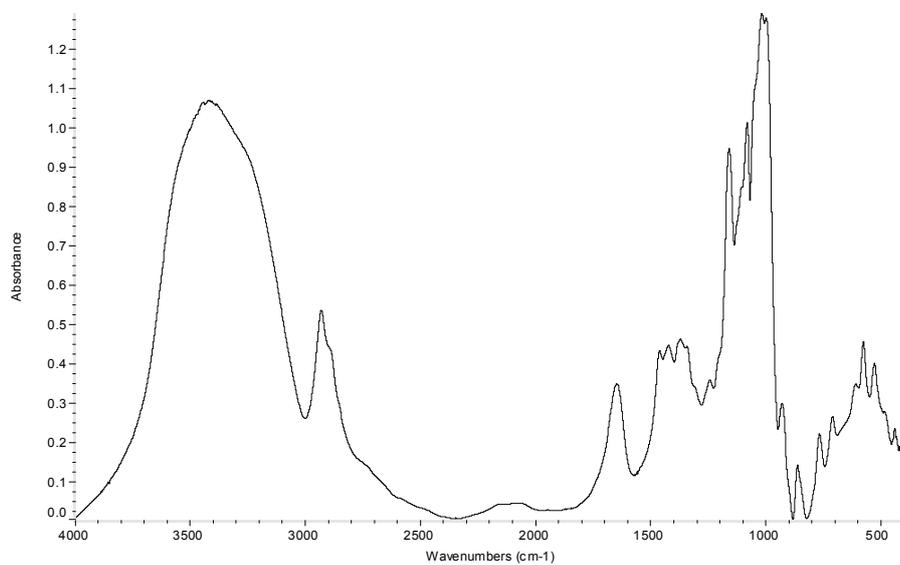


Figura 15. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 1%, a pH 10 y tiempo de reacción 3.5h, muestra (x).

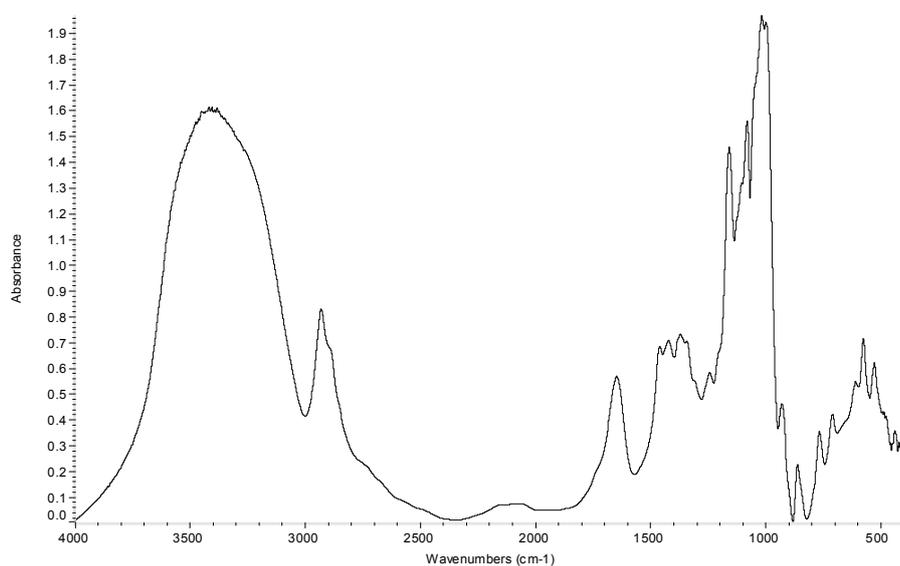


Figura 16. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 10%, a pH 10 y tiempo de reacción 3.5h, muestra (xz).

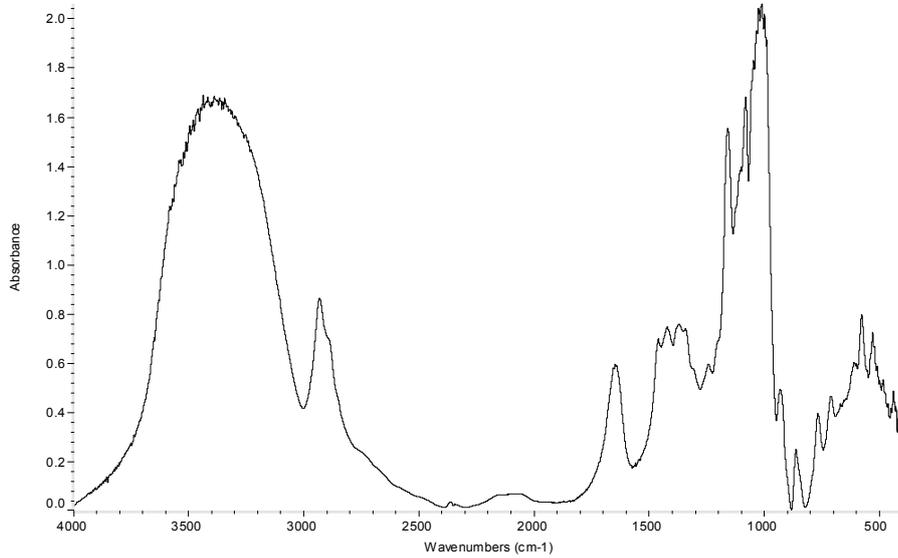


Figura 17. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 1%, a pH 10 y tiempo de reacción 5h, muestra (xy).

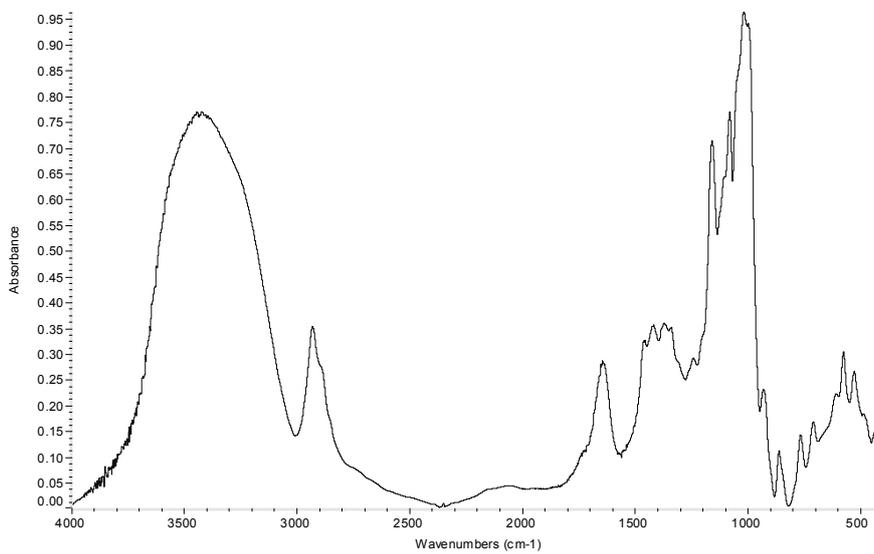


Figura 18. Espectro IR del almidón oxidado con permanganato de potasio 10%, a pH 10 y tiempo de reacción 5h, muestra (xyz).

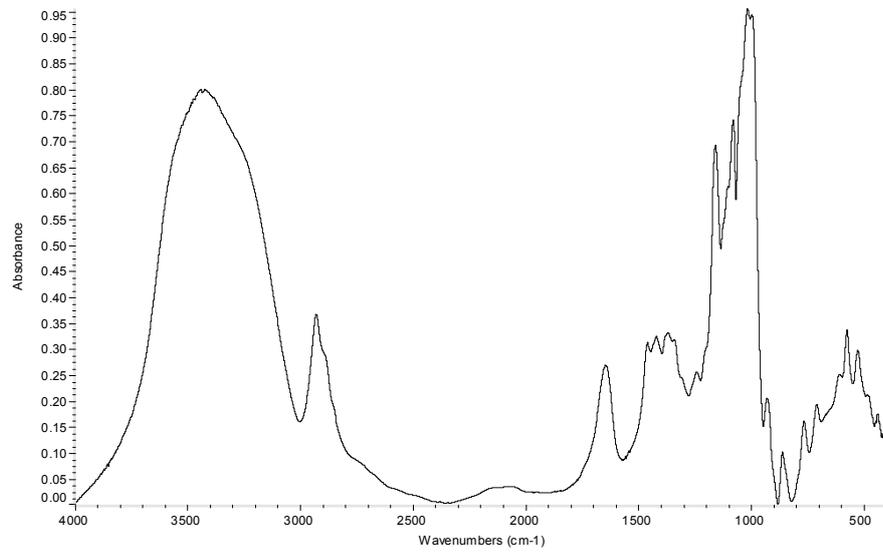


Figura 19. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 1%, a pH 1 y tiempo de reacción 3.5h, muestra (1).

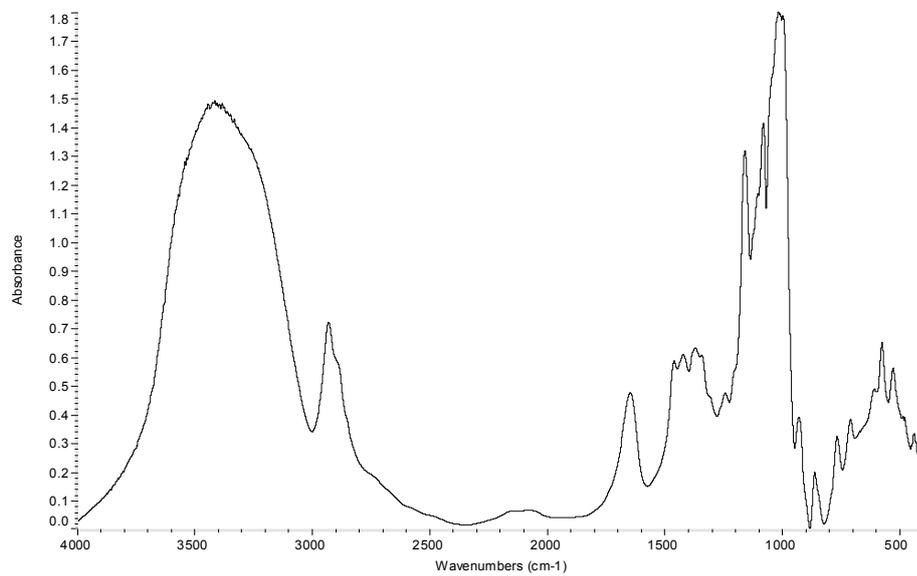


Figura 20. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 10%, a pH 1 y tiempo de reacción 3.5 h, muestra (z').

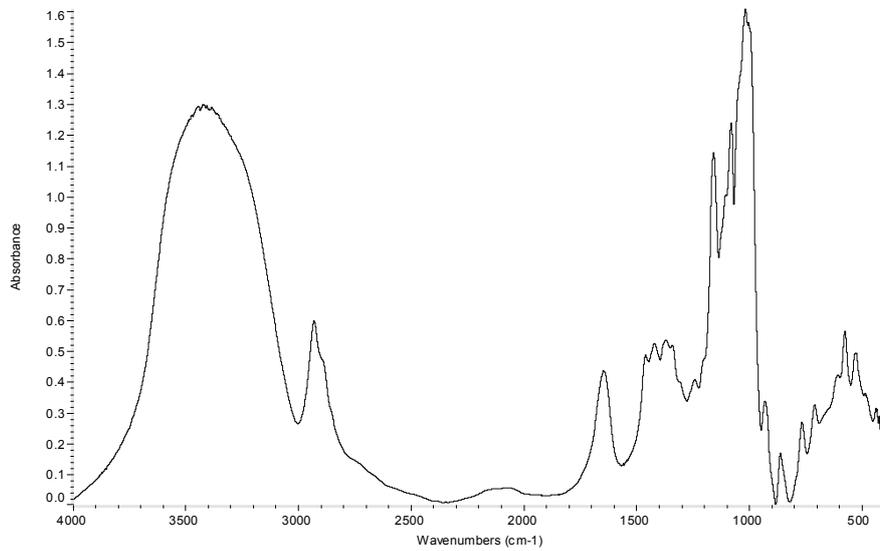


Figura 21. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 1%, a pH 1 y tiempo de reacción 5h, muestra (y).

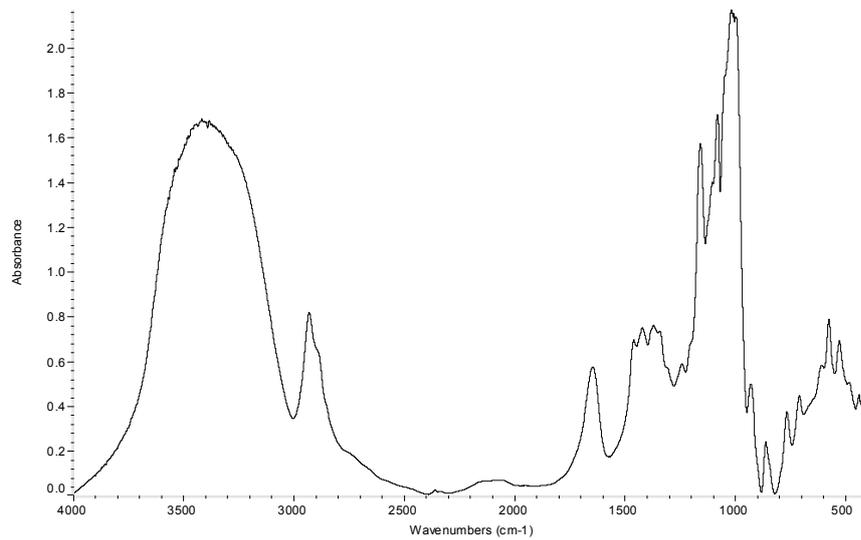


Figura 22. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 10%, a pH 1 y tiempo de reacción 5h, muestra (yz').

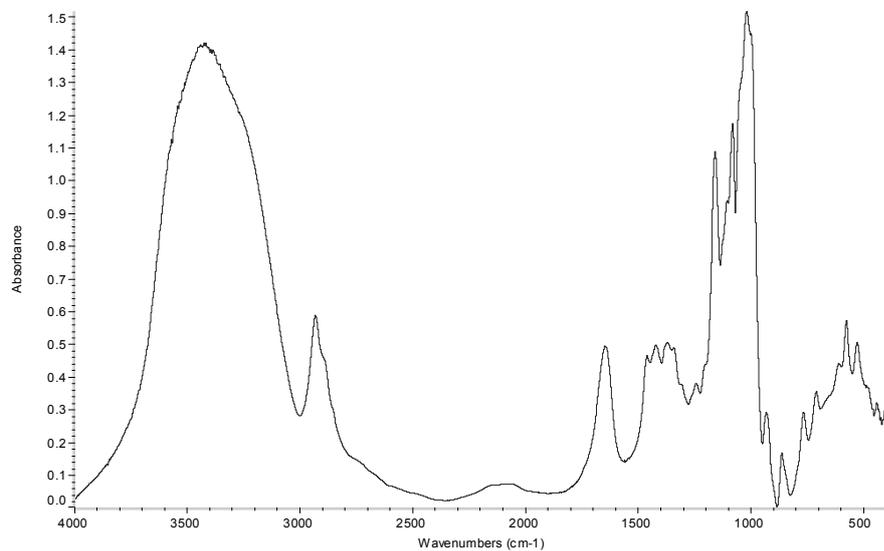


Figura 23. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 1%, a pH 10 y tiempo de reacción 3.5h, muestra (x).

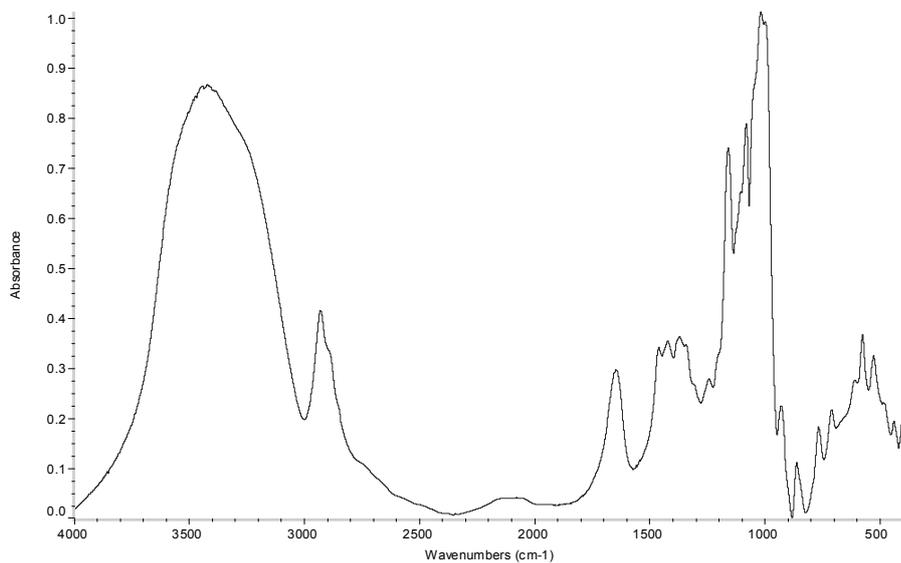


Figura 24. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 10%, a pH 10 y tiempo de reacción 3.5h, muestra (xz').

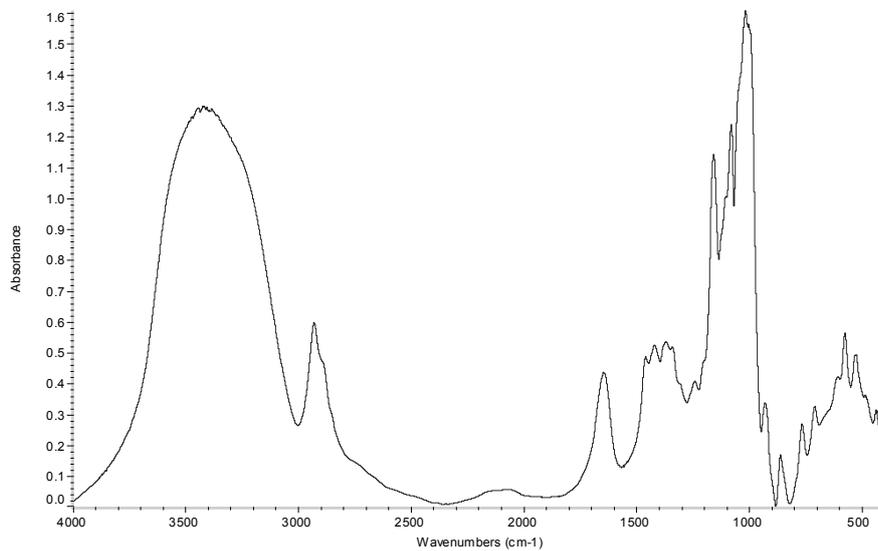


Figura 25. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 1%, a pH 10 y tiempo de reacción 5h, muestra (xy).

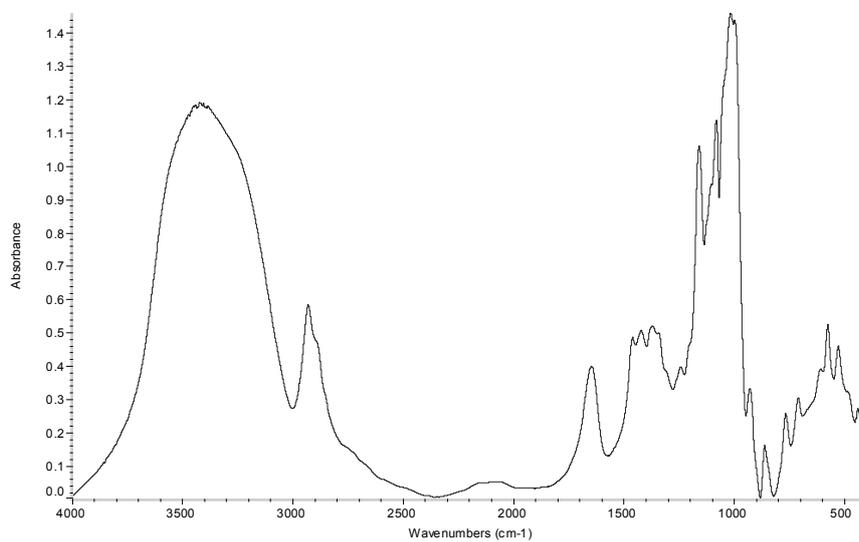


Figura 26. Espectro IR del almidón oxidado con dicromato de potasio 10%, a pH 10 y tiempo de reacción 5h, muestra (xyz').

ANEXO N° 3

CRISTALERIA Y MATERIALES

ANEXO 3

Cristalería:

Agitadores de vidrio

Balones volumetricos de 5 mL

Beaker 100, 250, 400, 600 mL

Buretas 50 mL.

Cápsulas de porcelana.

Embudo Bushner.

Espátulas

Frascos de vidrio y plástico

Frasco lavador de 250 mL

Goteros

Kitasato de 500 mL

Magnetos

Papel (aluminio, filtro, glassin, pH y toalla)

Perilla de goma

Pipetas morh

Pipetas volumétricas 2, 4 mL.

Pinza de extensión

Pinza de sostén

Pinza para bureta

Probetas 10, 25, 100 mL.

Soporte metálico.

Termómetro 100°C

Tijeras

Equipo:

Balanza Analítica METTLER INSTRUMENT CORP Type H5 Cap 160g

N°126931

Balanza Granataria marca OHAUS

Baño de Agua

Bomba de filtración al vacío. GAS: modelo No 052L V4. G18D Serie No 375P

Cámara de Humedad HT-9745, marca HUNG - TA

Equipo para Ensayo de Tensión tipo HT – 9102, marca HUNG - TA

Espectrofotómetro Infra Rojo de Transformada de Fourier

Estufa. Precisión Scientific: modelo 25EG Serie 9603-004

Hot plate. Fisher: modelo – 75h Serie 557101942

Viscosímetro modelo VT – 01, marca Haake Alemania

Reactivos:

Ácido sulfúrico 2N

Agua destilada

Almidón de Maíz en suspensión de 50 en 150.

Bisulfito de Potasio 5 %

Dicromato de potasio 1%

Dicromato de potasio 10%

Hidróxido de sodio 25%

Permanganato de potasio 1%

Permanganato de Potasio 10%

Materia Prima:

Almidón de maíz

ANEXO N° 4

MÁQUINA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE TENSION

ANEXO 4

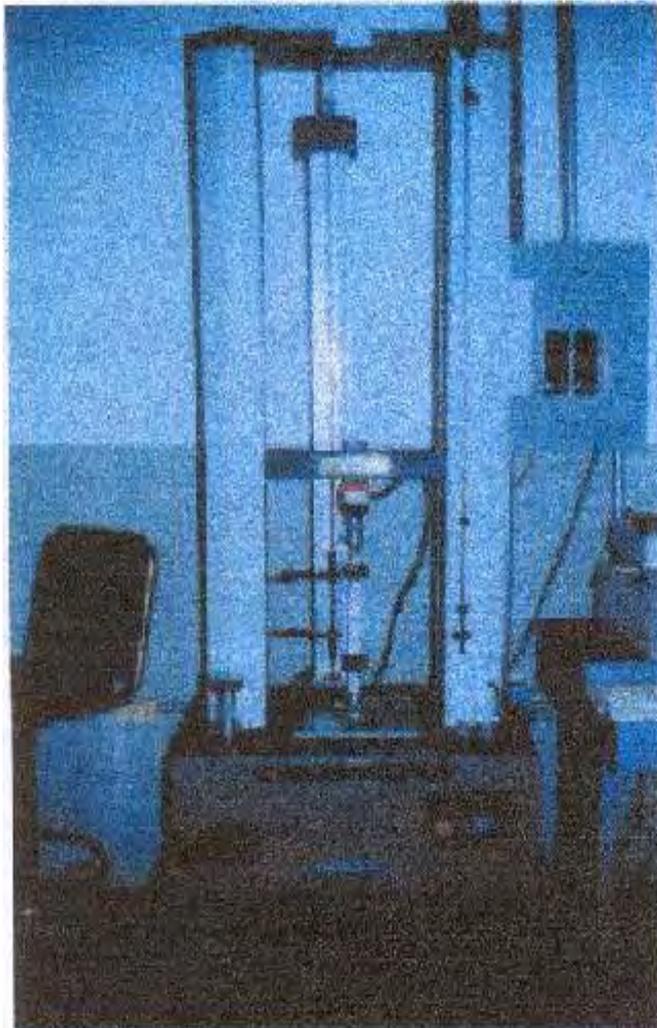


Figura 6. Maquina para realizar el “Ensayo de Tensión” Marca HUNG-TA