

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA LA PRODUCCIÓN Y
EVALUACIÓN DE UN ADHESIVO A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA A NIVEL
DE LABORATORIO**

**ALVARO MIGUEL ALVARADO AYALA
ALEJANDRA AGUAS ACERO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ
2018**

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA LA PRODUCCIÓN Y
EVALUACIÓN DE UN ADHESIVO A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA A NIVEL
DE LABORATORIO**

**ALVARO MIGUEL ALVARADO AYALA
ALEJANDRA AGUAS ACERO**

**Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO QUÍMICO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ
2018**

Nota de aceptación

Edgar Fernando Moreno Torres

Iván Ramírez Marín

Elizabeth Torres Gámez

Bogotá D.C, Febrero de 2018

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano General Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa Ingeniería Química

Ing. LEONARDO DE JESUS HERRERA GUTIÉRREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Este proyecto de grado va dirigido principalmente a mis padres Hector Alberto Alvarado Gaona y Rosa Victoria Ayala Rojas, a mi hermana María Alejandra Alvarado Ayala, ya que, sin su apoyo constante, la paciencia en las largas noches de tener que soportar mi repertorio musical, los consejos, los regaños y las guías, no hubiese sido posible la culminación de este sueño, de esta meta.

Hoy inicia un nuevo camino de formación para el continuo progreso de un ingeniero; nuevos retos, desafíos y éxitos. Contaré con el apoyo de todos y cada uno de las personas que me rodean y me rodearán.

Quiero agradecer a toda mi familia, a mis tías Melvi Ayala, Claudia Ayala y Laura Ayala; a mis tíos Nelson Camargo, Néstor Ayala y Gabriel Hoyos; a mis primas Mariana, Ángela y Laura; a mis abuelos, a todos les debo mucho por las palabras de apoyo en los momentos más duros de mi vida, por todos los consejos, los regaños, sobre todo por estar siempre a mi lado; gracias a todo esto soy quien soy y me siento orgulloso de ello.

También deseo agradecer a la arquitecta Paula Garzón, dado que ha sido un largo camino, siempre contando con su apoyo, fue una gran persona y una gran amiga. A todos mis amigos, colegas y conocidos que hicieron parte de la ejecución y culminación de este proyecto y de la formación de este ingeniero químico; gracias por todos los aportes intelectuales, apoyo incondicional, por todos los momentos de sufrimientos, pero sobre todo por aquellos momentos en que llorábamos de los ataques de risa que teníamos por algún comentario o alguna anécdota que compartíamos en nuestros tiempos de descanso.

ALVARO MIGUEL ALVARADO AYALA

Principalmente a Dios por permitirme vivir esta etapa de aprendizaje, donde compartí y conocí gente maravillosa. A mis padres Edgar Aguas y Ma. Victoria Acero quienes con su amor, perseverancia, dedicación y esfuerzo me han dado las bases para ser quien soy el día de hoy. También a mi abuelita Hercilia que con sus consejos me daba ánimos para no desfallecer.

A todo el resto de mi familia, mi hermano, tíos, primos, amigos y compañeros, cada uno de ellos fueron en alguna ocasión una motivación para seguir adelante.

ALEJANDRA AGUAS ACERO

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este proyecto queremos agradecer a la Comercializadora Nacional de Papas R&G y al gerente de la misma Gonzalo Díaz Quintero, por la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo, por facilitarnos la información y la materia prima necesaria para el desarrollo y culminación de este proyecto de trabajo de grado.

Nosotros deseamos agradecer a todo el apoyo absoluto, incondicional, emocional y económico que recibimos por parte de nuestros padres, ya que sin ellos este proyecto no se hubiese podido ejecutar y por supuesto culminar. Son grandes personas, gracias por todos los consejos, indicaciones, guías y sobre todo la paciencia que han tenido con nosotros. No hay palabras que logren describir el sentimiento de responsabilidad que tenemos de sacar adelante este proyecto, luego de todos los esfuerzos que hacen e hicieron durante la realización del mismo.

Agradecemos a una gran persona y un excelente mentor, el Ingeniero Felipe Correa Mahecha, por su paciencia, sus orientaciones, sus palabras de apoyo, ánimo y por su constante exigencia para que adquiriéramos las capacidades que nos permitieron culminar este trabajo.

También deseamos agradecer a nuestro orientador del proyecto el Ingeniero Edgar Fernando Moreno, por las instrucciones al momento de redactar y estructurar el documento; por las orientaciones que nos permitieron dar soporte a los argumentos presentados en este documento.

También agradecemos al Ingeniero Daniel Esteban Sarmiento Lemus por su apoyo incondicional como colega y amigo al asistirnos en el inicio y desarrollo de este proyecto de trabajo de grado; por el apoyo recibido en los inicios del proyecto y en la recomendación ante la Comercializadora Nacional de Papas R&G.

Agradecemos al Ingeniero Marco Nicolás Castañeda Pérez por el gran apoyo recibido en la ejecución de la etapa experimental del proyecto, por ser participe en la discusión de los protocolos para la realización del mismo, por contribuir en la gestión de las instalaciones de laboratorios de la Universidad de América y también por los consejos recibidos en la discusión de resultados obtenidos.

Sin olvidar las instalaciones de Tecnoacademia del SENA, por facilitarnos las instalaciones de los laboratorios para el estudio de los ensayos de calidad del producto finalizado, además de las asesorías para el reporte de los datos obtenidos por los equipos usados.

A Calorcol S.A.S, en especial a Gloria Saavedra y su equipo CIS, por permitir el retiro de su puesto de trabajo en las ocasiones necesarias a la estudiante Alejandra Aguas, sin su comprensión y ayuda no lo hubiese logrado.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	30
OBJETIVOS	31
1. GENERALIDADES	32
1.1 PAPA DE VARIEDAD R-12 (Diacol-Capiro)	32
1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ALMIDÓN	33
1.2.1 Modificaciones del Almidón	34
1.2.1.1 Almidón Oxidado	35
1.2.1.2 Almidón Entrecruzado	36
1.2.1.3 Almidón Acétilado	36
1.2.1.4 Almidón Fosfatado	36
1.3 AMILOSA	36
1.4 AMILOPECTINA	37
1.5 PRODUCCIÓN Y COSECHAS DE PAPA DE VARIEDAD R-12	38
1.6 ADHESIVO	38
1.6.1 Colas animales	38
1.6.2 Adhesivos vegetales	39
1.6.3 Adhesivos sintéticos	39
1.7 HIDRÓLISIS	39
1.7.1 Hidrólisis ácida	39
1.7.2 Hidrólisis alcalina	42
1.7.3 Hidrólisis Enzimática	42
1.8 DEXTRINAS	44
2. CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA R-12	46
2.1 PROCESO ACTUAL DE LA EMPRESA COMERCIALIZADORA NACIONAL DE PAPAS R&G	46
2.1.1 Diagramas de procesos de la producción de papas fritas tipo “Cabello de Ángel” de la Comercializadora Nacional de Papas R&G	46
2.2 MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA R-12	47
2.2.1 Almidón de papa R-12	47
2.2.1.1 Industria alimenticia	47
2.2.1.2 Industria farmacéutica	47
2.2.1.3 Industria textil	47
2.2.1.4 Industria del papel y pulpa	47
2.2.1.5 Industria minera y petrolera	48
2.2.1.6 Industria química	48
2.3 MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA R-12	50
2.3.1 Plan de muestreo general almidón de papa R-12	51

2.3.2	Determinación del Porcentaje de Humedad del almidón de papa R-12	53
2.3.3	Determinación de la Viscosidad del almidón de papa R-12	54
2.3.4	Determinación de la Densidad del almidón de papa R-12	56
2.3.5	Determinación de pH en el almidón de papa R-12	57
2.3.6	Determinación del Porcentaje de Cenizas del almidón de papa R-12	59
2.3.7	Determinación de las Propiedades Organolépticas del almidón de papa R-12	60
3.	PRODUCCIÓN DE UN PEGANTE A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12	65
3.1	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE UN DISEÑO EXPERIMENTAL FACTORIAL 3K	65
3.2	PRIMERA ETAPA: “OBTENCIÓN DEL PEGANTE”	67
3.2.1	Diagrama de bloques para el desarrollo de la etapa “Obtención del Pegante”	67
3.2.2	Desarrollo de la primera etapa “Obtención del Pegante”	68
3.2.3	Reactivos para el desarrollo de la etapa “Obtención del Pegante”	69
3.2.3.1	Hidróxido de sodio	69
3.2.3.2	Ácido clorhídrico	70
3.2.3.3	Almidón de papa R-12	70
3.2.4	Composiciones de los diseños experimentales para el desarrollo de la etapa “Obtención del Pegante”	71
3.3	CARACTERIZACIÓN DEL PEGANTE A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12	72
3.3.1	Determinación del Porcentaje de Humedad de un Pegante a base de almidón de papa R-12	72
3.3.2	Determinación de la Viscosidad de un Pegante a base de almidón de papa R-12	75
3.3.3	Determinación de la Densidad de un Pegante a base de almidón de papa R-12	77
3.3.4	Determinación de pH de un Pegante a base de almidón de papa R-12	80
3.3.5	Determinación de las Propiedades Organolépticas del pegante a base de almidón de papa R-12	82
3.3.6	Formulaciones resultantes de la primera etapa “Obtención del Pegante”	86
4.	PRODUCCIÓN DE UN ADHESIVO A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12	90
4.1	SEGUNDA ETAPA: “OBTENCIÓN DEL ADHESIVO”	90
4.1.1	Diagrama de bloques para el desarrollo de la etapa “Obtención del Adhesivo”	90
4.1.2	Desarrollo de la segunda etapa “Obtención del Adhesivo”	91
4.1.3	Materiales y equipos para el desarrollo de la etapa “Obtención del Adhesivo”	92
4.1.4	Protocolos de laboratorio para el estudio de las propiedades de calidad de la etapa “Obtención del Adhesivo”	93
5.	EVALUACIÓN DE UN ADHESIVO A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12	94

5.1	CARACTERIZACIÓN DE UN ADHESIVO A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12	94
5.1.1	Determinación del Porcentaje de Humedad de un Adhesivo a base almidón de papa R-12	94
5.1.2	Determinación de la Viscosidad de un Adhesivo a base de almidón papa R-12	95
5.1.3	Determinación de la Densidad de un Adhesivo a base de almidón papa R-12	96
5.1.4	Determinación del pH de un Adhesivo a base de almidón de papa R-12	97
5.1.5	Determinación de las Propiedades Organolépticas de un Adhesivo a base de almidón de papa R-12	98
5.1.6	Prueba de “Adhesividad 90°”	99
5.1.7	Prueba de “Adhesividad 180°”	100
5.1.8	Prueba de “Pelado”	102
5.2	COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DE UN ADHESIVO A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12 FRENTE LAS PROPIEDADES DE ADHESIVOS COMERCIALES	103
5.3	RELACIÓN DE ANOVA	104
5.4	BALANCE DE MASA DE LA PRODUCCIÓN DE LA FORMULACIÓN G	104
5.4.1	Balance de masa para el desarrollo de la etapa “Obtención del Pegante”	104
5.4.2	Balance de masa para el desarrollo de la etapa “Obtención del Adhesivo”	105
6.	ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO	107
6.1	INVERSIÓN	107
6.2	INDICADORES PARA EVALUACION FINANCIERA	107
6.3	INGRESOS	108
6.3.1	Precio de venta	108
6.3.2	Demanda	109
6.3.3	Proyección ingresos	109
6.3.4	Proyección de producción	109
6.4	COSTOS DE PRODUCCION	109
6.4.1	Proyección costos de materiales directos usados	110
6.4.2	Costo mano de obra directa	110
6.4.3	Costos indirectos de fabricación	111
6.5	ESTADO DE RESULTADOS Y FLUJO DE CAJA	112
6.5.1	Estado de resultados	112
6.5.2	Flujo de caja	112
6.6	EVALUACION FINANCIERA	113
6.6.1	Tasa Interna de Oportunidad (TIO)	113
6.6.2	Valor Presente Neto (VPN)	113
6.6.3	Tasa Interna de Retorno (TIR)	114

7. CONCLUSIONES	115
8. RECOMENDACIONES	117
BIBLIOGRAFÍA	118
ANEXOS	123

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Estructura de la Celulosa.	23
Ilustración 2. Estructura del Almidón.	33
Ilustración 3. Estructura de la Amilosa.	37
Ilustración 4. Estructura de la Amilopectina.	37
Ilustración 5. Estructura de las Dextrinas.	44
Ilustración 6. Protocolo para la determinación del pH del muestreo de Almidón de papa R-12.	58
Ilustración 7. Superficies de estudio de la prueba de Adhesividad 90.	100
Ilustración 8. Prototipo de montaje de la Prueba de "Adhesividad 90°"	100
Ilustración 9. Prototipo de montaje de la Prueba de "Adhesividad 180°".	101
Ilustración 10. Prototipo de montaje de la Prueba de "Pelado".	102

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Muestra de torta de almidón de papa R-12.	48
Imagen 2. Formulaci3n A.	86
Imagen 3. Formulaci3n B.	86
Imagen 4. Formulaci3n C.	86
Imagen 5. Formulaci3n D.	86
Imagen 6. Formulaci3n E.	87
Imagen 7. Formulaci3n F.	87
Imagen 8. Formulaci3n G.	87
Imagen 9. Formulaci3n H.	87
Imagen 10. Formulaci3n I.	87
Imagen 11. Formulaci3n J.	88
Imagen 12. Formulaci3n K.	88
Imagen 13. Formulaci3n L.	88
Imagen 14. Formulaci3n M.	88
Imagen 15. Formulaci3n N.	88
Imagen 16. Formulaci3n O.	88
Imagen 17. Formulaci3n P.	89
Imagen 18. Formulaci3n Q.	89
Imagen 19. Formulaci3n R.	89
Imagen 20. Equipo de ensayos de tensi3n.	92

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Gelificación de gránulos de almidón.	24
Gráfica 2. Resultados de la determinación de las Propiedades Organolépticas del almidón de papa R-12.	63
Gráfica 3. Resultados del Porcentaje de Humedad de la caracterización de un Pegante a base de almidón de papa R-12.	74
Gráfica 4. Resultados de la Viscosidad de la caracterización de un Pegante a base de almidón de papa R-12.	76
Gráfica 5. Resultados de la Densidad de la caracterización de un Pegante a base de almidón de papa R-12.	79
Gráfica 6. Resultados de pH de la caracterización de un Pegante Alcalino a base de almidón de papa R-12.	81
Gráfica 7. Resultados de pH de la caracterización de un Pegante Ácido a base de almidón de papa R-12.	82
Gráfica 8. Prueba de "Adhesividad 90°" formulación B.	137
Gráfica 9. Prueba de "Adhesividad 90°" formulación F.	138
Gráfica 10. Prueba de "Adhesividad 90°" formulación G.	138
Gráfica 11. Prueba de "Adhesividad 180°" formulación B.	139
Gráfica 12. Prueba de "Adhesividad 180°" formulación F.	139
Gráfica 13. Prueba de "Adhesividad 180°" formulación G.	140
Gráfica 14. Prueba de "Pelado" formulación B.	140
Gráfica 15. Prueba de "Pelado" formulación F.	141
Gráfica 16. Prueba de "Pelado" formulación G.	141

LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama 1. Clasificación de almidones modificados.	35
Diagrama 2. Diagrama de bloques de la producción de papas fritas tipo "Cabello de Ángel" de la Comercializadora Nacional de Papas R&G.	46
Diagrama 3. Diseño plan de muestreo.	51
Diagrama 4. Plan de muestreo general para la caracterización del almidón de papa R-12.	52
Diagrama 5. Protocolo para la determinación del Porcentaje de Humedad del muestreo de Almidón de papa R-12.	53
Diagrama 6. Protocolo para la determinación de la Viscosidad del muestreo de Almidón de papa R-12.	55
Diagrama 7. Protocolo para determinación de la Densidad del muestreo de Almidón de papa R-12.	56
Diagrama 8. Protocolo para el análisis del Porcentaje de Cenizas del muestreo de Almidón de papa R-12.	59
Diagrama 9. Protocolo para el análisis de las propiedades organolépticas del muestreo de Almidón de papa R-12.	62
Diagrama 10. Diagrama de bloques para el desarrollo de la etapa "Obtención del Pegante".	67
Diagrama 11. Protocolo de laboratorio para el desarrollo de la etapa "Obtención del Pegante"	68
Diagrama 12. Protocolo para el análisis del Porcentaje de Humedad de un Pegante a base de almidón de papa R-12.	73
Diagrama 13. Protocolo para el análisis de la Viscosidad de un Pegante a base de almidón de papa R-12.	75
Diagrama 14. Protocolo para el análisis de la Densidad de un Pegante a base de almidón de papa R-12.	78
Diagrama 15. Protocolo para el análisis del pH de un Pegante a base de almidón de papa R-12.	80
Diagrama 16. Protocolo para el análisis de la Propiedades Organolépticas de un Pegante a base de almidón de papa R-12.	83
Diagrama 17. Diagrama de bloques para el desarrollo de la Etapa "Obtención del Adhesivo".	90
Diagrama 18. Protocolo de laboratorio para el desarrollo de la etapa "Obtención del Adhesivo".	91
Diagrama 19. Protocolo de la prueba de "Adhesividad 90°".	99
Diagrama 20. Protocolo de la prueba de "Adhesividad 180°".	101
Diagrama 21. Protocolo de la prueba de "Pelado".	102
Diagrama 22. Diagrama de balance de masa para el desarrollo de la etapa "Obtención del Pegante" de la Formulación G.	104
Diagrama 23. Diagrama de balance de masa para el desarrollo de la etapa "Obtención del Adhesivo" de la Formulación G.	105

Diagrama 24. Preparación de la instrumentación para la determinación del Porcentaje de Humedad del muestreo de Almidón de papa R-12.	124
Diagrama 25. Preparación de la instrumentación para la determinación de la Viscosidad del muestreo de Almidón de papa R-12.	124
Diagrama 26. Preparación de la instrumentación para la determinación de la Densidad del muestreo de Almidón de papa R-12.	125
Diagrama 27. Preparación de la instrumentación para la determinación del pH del muestreo de Almidón de papa R-12.	125
Diagrama 28. Preparación de la instrumentación para la determinación del Porcentaje de Cenizas del muestreo de Almidón de papa R-12.	126
Diagrama 29. Plan de muestreo para el análisis de la Densidad de un pegante/adhesivo a base de almidón de papa R-12.	126

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Resultados de la determinación del Porcentaje de Humedad en la caracterización del Almidón de papa R-12.	54
Tabla 2. Resultados de la determinación de la Viscosidad en la caracterización del Almidón de papa R-12.	55
Tabla 3. Resultados de la determinación de la Densidad en la caracterización del Almidón de papa R-12.	57
Tabla 4. Resultados de la determinación del pH en la caracterización del Almidón de papa R-12.	58
Tabla 5. Resultados de la determinación del Porcentaje de Cenizas en la caracterización del Almidón de papa R-12.	60
Tabla 6. Número de asignaturas y créditos semestrales del plan de estudios del programa de ingeniería química Universidad de América.	61
Tabla 7. Número de estudiantes activos de ingeniería química semestral del 2017-2.	61
Tabla 8. Resultados de la determinación de las Propiedades Organolépticas del muestreo de Almidón de papa R-12.	62
Tabla 9. Concentraciones de Hidróxido de Sodio.	70
Tabla 10. Concentraciones de Ácido Clorhídrico.	70
Tabla 11. Concentraciones de Almidón de Papa R-12.	71
Tabla 12. Composiciones de los diseños experimentales para el desarrollo de la etapa "Obtención del Pegante".	71
Tabla 13. Resultados de la determinación del Porcentaje de Humedad de los pegantes a base de almidón de papa R-12.	73
Tabla 14. Resultados de la determinación de la Viscosidad de los pegantes a base de almidón de papa R-12.	76
Tabla 15. Resultados de la determinación de la Densidad de los pegantes a base de almidón de papa R-12.	78
Tabla 16. Resultados de la determinación del pH de los pegantes a base de almidón de papa R-12.	81
Tabla 17. Resultados de la determinación de las Propiedades Organolépticas de los Pegantes Alcalinos.	84
Tabla 18. Resultados de la determinación de las Propiedades Organolépticas de los Pegantes Ácidos.	85
Tabla 19. Resultados de la determinación del Porcentaje de Humedad de los adhesivos a base de almidón de papa R-12.	95
Tabla 20. Resultados de la determinación de la Viscosidad de los adhesivos a base de almidón de papa R-12.	95
Tabla 21. Resultados de la determinación de la Densidad de los adhesivos a base de almidón de papa R-12	96
Tabla 22. Resultados de la determinación del pH de los adhesivos a base de almidón de papa R-12	97

Tabla 23. Resultados de las propiedades organolépticas de la etapa "Obtención del Adhesivo".	98
Tabla 24. Comparación de fuerzas resultantes de los diversos adhesivos de análisis.	103
Tabla 25. Inversión inicial	107
Tabla 26. Indicadores próximos 5 años.	108
Tabla 27. Proyección precio de venta	108
Tabla 28. Proyección demanda según incremento empresarial.	109
Tabla 29. Proyección de ingresos	109
Tabla 30. Proyección producción	109
Tabla 31. Costo de materia prima para 1 Kg de adhesivo.	110
Tabla 32. Costo unitario por año.	110
Tabla 33. Costo según la demanda por año.	110
Tabla 34. Costos de mano de obra anual.	111
Tabla 35: Costos indirectos de fabricación.	111
Tabla 36. Estado de resultados con el proyecto.	112
Tabla 37. Flujo de caja con el proyecto	112
Tabla 38. Indicadores financieros.	114
Tabla 39. Datos resultantes de ANOVA.	137

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Propiedades funcionales del Almidón de papa.	34
Cuadro 2. Producción de papa de variedad R-12 del año 2010 - 2015.	38
Cuadro 3. Condiciones y estudios de las concentraciones de los agentes hidrolizantes ácidos de referentes bibliográficos.	40
Cuadro 4. Condiciones y estudios de las concentraciones de los agentes hidrolizantes alcalinos de referentes bibliográficos.	42
Cuadro 5. Condiciones y estudios de las concentraciones en hidrólisis enzimática de referentes bibliográficos.	43
Cuadro 6. Información técnica de los tipos de dextrinas.	45
Cuadro 7. Muestra de torta de almidón de papa R-12.	48
Cuadro 8. Equipos para la caracterización del almidón de papa R-12.	49
Cuadro 9. Rotulo de la Gráfica 2: Resultados de la determinación de las Propiedades Organolépticas del almidón de papa R-12.	63
Cuadro 10. Diseño de experimentos 1: Almidón de papa R-12 con Hidróxido de Sodio (NaOH).	69
Cuadro 11. Diseño de experimentos 2: Almidón de papa R-12 con Ácido Clorhídrico (HCl).	69
Cuadro 12. Rotulo de las tablas de resultados de las Propiedades Organolépticas.	83
Cuadro 13. Pegantes resultantes del proceso hidrolítico alcalino (NaOH como agente hidrolizante).	86
Cuadro 14. Pegantes resultantes del proceso hidrolítico ácido (HCl como agente hidrolizante).	88
Cuadro 15. Reactivos usados en la producción del adhesivo.	92
Cuadro 16. Rotulo de la tabla de resultados de las Propiedades Organolépticas.	98
Cuadro 17. Resultados de estudio estadístico para la selección de los adhesivos comerciales.	103
Cuadro 18. Datos del diagrama de balance de masa para el desarrollo de la etapa "Obtención del Pegante" de la Formulación G.	105
Cuadro 19. Datos del diagrama de balance de masa para el desarrollo de la etapa "Obtención del Adhesivo" de la Formulación G.	106
Cuadro 20. Materiales y cantidades de la producción de un adhesivo a base de almidón de papa R-12 a nivel de laboratorio.	106
Cuadro 21. Prestaciones de ley.	111
Cuadro 22. Marco normativo del proyecto.	135

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Porcentaje de Humedad.	127
Ecuación 2. Densidad.	127
Ecuación 3. Porcentaje de Cenizas.	128
Ecuación 4. Concentración de Hidróxido de Sodio en Molaridad.	131
Ecuación 5. Concentración de Ácido clorhídrico en Molaridad.	131
Ecuación 6. Concentración de Almidón de Papa R-12 (%p/p).	132
Ecuación 7. Cálculo del número de tratamientos totales.	133
Ecuación 8. Proyección del precio.	134
Ecuación 9. Proyección de la demanda.	134
Ecuación 10. Proyección de los ingresos.	134
Ecuación 11. Costos de producción.	134
Ecuación 12. Costos de mano de obra.	134
Ecuación 13. Costos indirectos.	134
Ecuación 14. Valor Presente Neto VPN.	134
Ecuación 15. Tasa Interna de Retorno (TIR).	134

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Protocolos de preparación de la instrumentación para la caracterización del almidón de papa R-12	124
Anexo B. Muestras de cálculos de la caracterización del almidón de papa R-12	127
Anexo C. Muestra de cálculos de la caracterización de un Pegante a base de almidón de papa R-12	129
Anexo D. Muestra de cálculos de la caracterización de un Adhesivo a base de almidón de papa R-12	130
Anexo E. Muestra de cálculos de las concentraciones de los reactivos	131
Anexo F. Muestra de cálculos del número de tratamientos de los diseños experimentales	133
Anexo G. Muestra de cálculos de análisis financiero del proyecto	134
Anexo H. Marco Normativo	135
Anexo I. ANOVA	137
Anexo J. Rotulo del Plan de Muestreo Almidón de papa R-12	142

GLOSARIO

ADHESIÓN: estado en el cual dos superficies se mantienen unidas por fuerzas de interfase.¹

ADHESIVO: sustancia no metálica capaz de unir materiales por el contacto de sus superficies (adhesión), proporcionando a la unión una resistencia interna adecuada (cohesión).²

ALMIDÓN: el almidón es el carbohidrato de reserva más abundante en los tejidos vegetales, el cual le sirve a casi todas las plantas como reserva de carbohidratos para su uso metabólico, para el embrión vegetal de las semillas y para la hibernación natural o los llamados períodos de sequía.

ALÍCUOTA: volumen de líquido que corresponde a una fracción conocida de un volumen más grande.³

BIRREFRINGENCIA: propiedad óptica que consiste en desdoblar un rayo de luz incidente en dos rayos, como si el material tuviera dos índices de refracción distintos, este fenómeno se presenta en el almidón de papa, lo que lo convierte en un material birrefringente.

CAJA DE CARTÓN: aceptado como designación genérica para envases de cartón plegadizo. Para evitar confusión, se recomienda no usar solo el término “cartón”. En algunos países, el término “cartón” se usa para designar el material.

CELULOSA: es un biopolímero compuesto exclusivamente de moléculas (β -glucosa). Es la biomolécula orgánica más abundante ya que forma la mayor parte de la biomasa terrestre.⁴

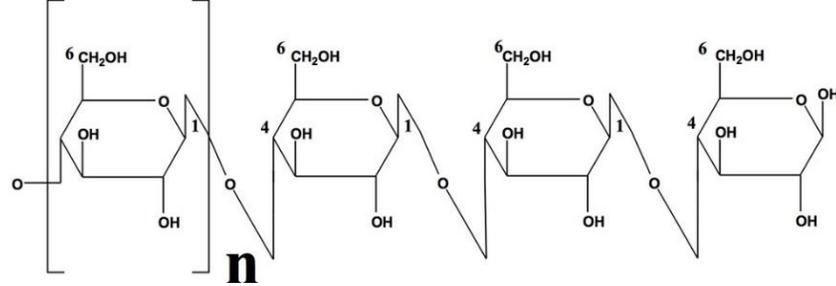
¹INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), NTC 4876 Terminología estándar para adhesivos, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-04-30. Cap. 2, p. 1

²INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), NTC 4876 Terminología estándar para adhesivos, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-04-30. Cap. 2, p. 1

³ DE QUIMICA. Disponible en: (<http://dequimica.com/glosario/562/Alicuota>)

⁴PEACOCK TRADING LLC, 2015, disponible en: (http://www.peacocktrade.com/producto.php?id_item=150&idsub=13)

Ilustración 1. Estructura de la Celulosa.



Fuente: MARTÍNEZ GUERRA, Juan José. Libro Electrónico de Bioquímica, México, Universidad autónoma de Aguascalientes, 2014.

COHESIÓN: estado en el cual los componentes de una masa de material se mantienen juntos por fuerzas químicas o físicas.⁵

COLA: se obtienen tras la cocción de pieles, carnazas y huesos de animales, proporciona una adherencia sólida, seca lento y tiene una alta sensibilidad a la humedad, este tipo de adhesiones pueden ser reversibles en el tiempo.

COLOR: es la sensación que produce los rayos luminosos en los órganos visuales, en donde cada color depende de la longitud de onda del rayo.⁶

DEXTRÓGIRO: sustancia que al ser atravesadas por una luz polarizada tiene la propiedad de girar el plano de la luz polarizada hacia la derecha.⁷

GELATINIZACIÓN: el proceso se presenta cuando los gránulos de almidón que son insolubles en agua fría debido a que su estructura es altamente organizada, se calientan de 60°C hasta 70°C y empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermicelares, estructuras amorfas que son menos organizadas y las más accesibles; aumentando de esta manera su volumen hasta alcanzar su valor máximo. Adicional a esto se presenta la extracción de la amilosa dejándola en su medio de suspensión.⁸

GELIFICACIÓN: son las modificaciones que ocurren cuando los gránulos de almidón se tratan con calor y en medio acuoso. Cuando se aplica calor a una disolución de almidón, se hinchan los gránulos por la absorción del agua. Desaparece la estructura cristalina de la amilopectina. El intervalo de temperatura

⁵INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), NTC 4876 Terminología estándar para adhesivos, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-04-30. Cap. 2, p. 4.

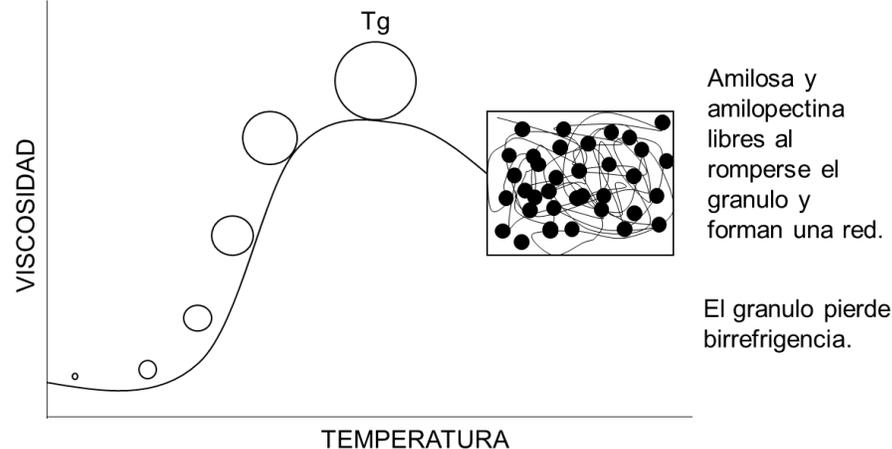
⁶PÉREZ PORTO, Julián y GARDEY, Ana. Definiciones, 2015, disponible en: (<https://definicion.de/color/>).

⁷ACADEMIC, Diccionario de uso del español actual con sinónimos y antónimos, Esacademic, 2015, disponible en: (http://synon_es.esacademic.com/16894/dextr%C3%B3giro).

⁸ZALDIVAR CORIA, Iliana. Departamento de programas audiovisuales, 2011, disponible en: (http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Seminario-Gelatinizacionyretrogradacion_25483.pdf)

en el que se produce el hinchamiento de los gránulos se denomina temperatura de gelificación.⁹

Gráfica 1. Gelificación de gránulos de almidón.



Fuente: (Recreación) UAM, 2005. Citado por: CHAVEZ BRITO, Daniel. Elaboración de goma modificada a partir de la dextrina de yuca para uso en la industria cartonera, Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2012, p 18.

HIDROSOLUBLE: es toda aquella sustancia que puede ser disuelta en agua bajo condiciones estándar (temperatura y presión de ambiente, 25°C y 1 atm respectivamente).

HINCHAMIENTO: los gránulos de almidón pierden su cristalinidad, absorben gran cantidad de agua provocando el aumento de su volumen.¹⁰

HUMEDAD RELATIVA: relación entre la presión parcial del vapor de agua que existe en la atmosfera y la máxima presión parcial posible a una misma temperatura el aire contiene la máxima cantidad posible de agua, se dice que está saturado y, en ese caso, la humedad relativa es del 100%.¹¹

INTERFASE: en una unión adhesiva, una región de dimensión finita que se extiende desde un punto en el sustrato en donde las propiedades locales (químicas, físicas, mecánicas y morfológicas) comienzan a diferir de las propiedades del sustrato, a un punto en el adhesivo en donde las propiedades locales son iguales a las propiedades del adhesivo.¹²

⁹CONTRERAS ESTRADA, Miguel, *et al.* Gelatinización y Gelificación de Almidones, Universidad Nacional de Callao, 2015, p 5.

¹⁰ HERNÁNDEZ MEDINA, Marilyn, *et al.* Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México, Ciencia e tecnología de alimentos, ISSN 0101-2061, 2008, p 718-726

¹¹INTERNATIONAL, Yachtpaint, 2017, disponible en: (<http://www.yachtpaint.com/esp/diy/ask-the-experts/qu%C3%A9-es-la-humedad-relativa.aspx>).

¹² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), NTC 4876 Terminología estándar para adhesivos, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-04-30. Cap. 2, p. 8

LEVÓGIRO: sustancia que al ser atravesadas por una luz polarizada tiene la propiedad de girar el plano de la luz polarizada hacia la izquierda.¹³

MONOSACÁRIDO: son las moléculas más simples, por lo tanto, las más estables, esto refiriéndose a que no permiten ser hidrolizadas, es decir, no es posible descomponerlas en moléculas aún más simples; por lo general su estructura está constituida de tres (3) a siete (7) átomos de carbono y su fórmula empírica es $(CH_2O)_n$. Un ejemplo de estos, si no es uno de los más reconocidos es el más importante, el cual se conoce como glucosa siendo la principal fuente de energía de las células en general.¹⁴

OLOR: aquella propiedad sustantiva de una sustancia que afecta el sentido del olfato.¹⁵

PEGANTE: originalmente, una gelatina dura obtenida de cueros, tendones, cartílagos, huesos, etc., de animales y también de un adhesivo preparado de esta sustancia mediante calentamiento con agua.¹⁶ Para el presente trabajo es el resultado obtenido del proceso hidrolítico, siendo este el material básico para la obtención del adhesivo.

POLIMERIZACIÓN: reacción química en la cual moléculas de un monómero se enlazan entre sí en unidades que se repiten para formar moléculas más grandes.¹⁷

POLISACÁRIDO: son moléculas conformadas por la conexión de varias moléculas de monosacáridos que reciben el nombre de monómeros, siendo la molécula principal y la más simple dentro de la estructura general. Estás son encargadas de cumplir el papel de reservas energéticas y estructurales de un organismo vivo.¹⁸

REOLOGÍA: es la ciencia de la deformación y flujo de la materia, su parámetro más característico es la viscosidad, que mide la resistencia interna que un fluido ofrece al movimiento relativo de sus distintas partes. Con suma importancia en el estudio

¹³FARLEX INC, The FreeDictionary, 2017, disponible en: (<https://es.thefreedictionary.com/lev%C3%B3giro>)

¹⁴PROYECTO BIOSFERA, Biosfera, 2000, disponible en: (<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/biomol/contenidos6.htm>)

¹⁵INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), Determinación del olor de los adhesivos, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-04-30.

¹⁶INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), NTC 4876 Terminología estándar para adhesivos, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-04-30. Cap. 2, p. 11.

¹⁷INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), NTC 4876 Terminología estándar para adhesivos, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-04-30. Cap. 2, p. 11.

¹⁸CASTAÑO, Enrique. Lidia con la química, 2015, disponible en: (<https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/2015/06/27/los-polisacaridos/>)

para las industrias de pinturas, aceites lubricantes, plásticos, alimentos o detergentes.¹⁹

RESISTENCIA DE LA UNIÓN: carga unitaria aplicada como tensión, compresión, flexión, desprendimiento, impacto, fractura o esfuerzo cortante, requeridas para romper un ensamble adhesivo con falla que ocurre en el plano de unión o cerca de él.²⁰

RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO: carga promedio por ancho unitario de la línea de unión, requerida para separar progresivamente una parte flexible de una parte rígida o de otra parte flexible.²¹

RETROGRADACIÓN: es el proceso de agregación y cristalización parcial de las moléculas de almidón gelatinizado que regresan a la condición original de baja solubilidad en agua fría, fenómeno causado por la formación de puentes de hidrógeno entre las cadenas lineales de amilosa, amilopectina y glucosa. Por ello, la cantidad y distribución de las longitudes de las cadenas, son los parámetros estructurales más estudiados. La retrogradación es un proceso que ocurre inicialmente durante el enfriamiento, después de la gelatinización o posterior a una reacción de hidrólisis, debido a la amilosa, y consecutivamente al incrementar la temperatura de 50°C y 60°C para acelerar el proceso.

Es un proceso dinámico que involucra la creación y la destrucción de niveles de interacción molecular entre el almidón y las moléculas de agua. Durante este, el almidón gelatinizado sufre transformaciones estructurales (por ejemplo, adición o eliminación de las cadenas) resultando en un cambio desde un estado inicial amorfo a un estado final más ordenado o cristalino.²²

SPINDLE: husillo, huso o punta de eje. Instrumento de medición de la viscosidad al momento de ejercer una agitación de la muestra.²³

¹⁹GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, Rebeca. Reología de líquidos viscosos, México, Instituto Tecnológico de Saltillo, 2013.

²⁰INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), NTC 4876 Terminología estándar para adhesivos, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-04-30. Cap. 2, p. 12.

²¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), NTC 4876 Terminología estándar para adhesivos, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-04-30. Cap. 2, p. 12.

²²CARRASCAL DELGADO, Fabián Alfredo. Obtención de dextrinas de alta solubilidad y mínima retrogradación a partir de almidón industrial de yuca, Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, 2005.

²³WORD REFERENCE. WordReference.com, 2017, disponible en: (<http://www.wordreference.com/es/translation.asp?tranword=spindle>)

TACK: también llamada Pegajosidad, aptitud de un material para construir una unión inmediata al ponerlo en contacto con otra superficie que puede ser un soporte u otra capa de adhesivo.²⁴

TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN: es el rango en el cual se presenta dicho fenómeno de crecimiento o aumento del tamaño y volumen de los gránulos y se caracteriza en la variedad de un almidón determinado, es decir, es característico de cada molécula que se vaya a evaluar.

²⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), NTC 4876 Terminología estándar para adhesivos, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-04-30. Cap. 2, p. 10.

RESUMEN

La empresa Comercializadora Nacional de Papas R & G, fabrica papas fritas tipo "Cabello de Ángel", pero como co-producto de este proceso se le presenta acumulación de almidón de papa, es por esto que desea una solución a la situación. Se presenta una propuesta de realización de un adhesivo para el sellado de las cajas que sea a base de dicho almidón, esta propuesta no solo sirve para reducir la acumulación de almidón, sino que brinda ingresos con un material que la empresa genera y no le representa un beneficio. Al realizar una profunda y exhaustiva revisión bibliográfica sobre los procesos de producción de adhesivos, se encuentra necesario realizar un proceso hidrolítico, debido a que es el mecanismo de producción de dextrinas, siendo estas el componente activo, responsables de la característica pegajosa de los productos finales; el proceso hidrolítico se puede dar por 3 vías: la vía ácida, la alcalina y la enzimática. Se opta por no realizar la ruta enzimática, debido que ésta requiere de tecnología mucho más especializada y de reactivos específicos aumentando su costo de manera considerable; únicamente se trabajaron las vías ácida y alcalina a lo largo del proyecto; basándose en la revisión se determinaron como agentes hidrolizantes el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio respectivamente. Se postuló un diseño experimental para la pre-experimentación donde se establecieron 3 concentraciones a evaluar para cada uno de los reactantes del procedimiento, es decir, el almidón, el hidróxido de sodio y el ácido clorhídrico. Permitiendo luego de realizar una serie de estudios pertinentes se descartaron las formulaciones por la vía ácida; debido al bajo poder adherente; obteniendo aquí el pegante, siendo este la materia base para la producción del adhesivo.

Al finalizar este procedimiento se hizo una selección de las 3 formulaciones de pegantes que poseían las propiedades adecuadas para la continuación en la producción del adhesivo, añadiéndole a las mismas formulaciones los demás aditivos para reforzar las propiedades de estos adhesivos. Se aplicaron pruebas de calidad como la adhesividad a 90°, la adhesividad a 180° y la prueba de pelado a 180° usando como guía las FINAT Test Methods 1, 2 y 3; esto con el fin de evaluar las propiedades del producto terminado y realizar una comparación con otros adhesivos, tales como: Pegastic, Super Bonder y el adhesivo usado en la empresa; para la selección del producto final más acertado y con este la evaluación financiera de la producción del mismo y las ventajas que posee frente a otros adhesivos.

El diseño de experimento 3² arrojó que el mejor adhesivo producido a nivel de laboratorio fue la formulación G la cual posee una concentración de 70 %p/p de almidón y una concentración de hidróxido de sodio con una concentración de 3M. Gracias al balance de masa y la proyección de producción que se presentará año tras año, se pueden conocer los ingresos y egresos que se presentarían si se realiza una producción mensual del adhesivo a base de almidón que tiene la empresa.

Palabras Clave: Adhesividad, Hidrólisis, Agente Hidrolizante, Formulación, Tack.

ABSTRACT

The Comercializadora Nacional de Papas R&G, manufactures potato chips "Cabello de Ángel", but as a co-product of this process there is an accumulation of corn, that is, a solution for this situation. A proposal is presented for the realization of an adhesive for the sealing of boxes that sea a base of said starch, this proposal not only serves to reduce the accumulation of starch, but also provides income with a material that the company generates and does not represent a Benefit.

When carrying out a thorough and exhaustive bibliographic review on the production processes of adhesives, it is necessary to carry out a hydrolytic process, because it is the dextrin production mechanism, being these the active component, responsible for the sticky characteristic of the final products; The hydrolytic process can be given in 3 ways: the acid, alkaline and enzymatic routes. It is decided not to carry out the enzymatic route, because it requires much more specialized technology and specific reagents, increasing its cost considerably; only the acid and alkaline routes were worked on throughout the project; Based on the revision, hydrochloric acid and sodium hydroxide respectively were determined as hydrolyzing agents. An experimental design was postulated for the pre-experimentation where 3 concentrations to be evaluated were established for each one of the process reactants, that is, starch, sodium hydroxide and hydrochloric acid. Allowing after carrying out a series of relevant studies, the formulations were discarded by the acid route; due to the low adherent power; obtaining here the glue, this being the base material for the production of the adhesive.

At the end of this procedure a selection was made of the 3 formulations of adhesives that had the appropriate properties for the continuation in the production of the adhesive, adding to the same formulations the other additives to reinforce the properties of these adhesives. Quality tests were applied such as 90 ° adhesiveness, 180 ° adhesiveness and the 180 ° peel test using FINAT Test Methods 1, 2 and 3 as a guide; this in order to evaluate the properties of the finished product and make a comparison with other adhesives, such as: Pegastic, Super Bonder and the adhesive used in the company; for the selection of the most successful final product and with this the financial evaluation of its production and the advantages it has over other adhesives.

The design of experiment 32 showed that the best adhesive produced at the laboratory level was the formulation G which has a concentration of 70% w / w of starch and a concentration of sodium hydroxide with a concentration of 3M. Thanks to the balance of mass and the projection of production that will be presented year after year, you can know the income and expenses that would arise if a monthly production of the starch-based adhesive is made that the company has.

Key Words: Adhesiveness, Hydrolysis, Hydrolyzing Agent, Formulation, Tack.

INTRODUCCIÓN

La empresa Comercializadora Nacional de Papas R&G, está ubicada en la Carrera 22 # 4ª – 31 de Soacha – Cundinamarca, ésta es reconocida por la producción de papas fritas tipo “Cabello de Ángel” o conocido comercialmente como papas fosforito, además de otros snacks de su línea de producción.

Actualmente en su línea de producción de papas fritas obtienen almidón, mal llamado “residuo” cuando en realidad es un co-producto; el cual no tiene utilidad para la empresa y por esta razón se comercializa a terceros, siendo estos productores de concentrado para animales, principalmente para ganado. Con esta situación la empresa no está explotando todas las ventajas que posee este producto, que puede ser usado en la industria textil, farmacéutica y en la fabricación de diversos productos como edulcorantes, adhesivos, biopolímeros, entre otros.

El objetivo del proyecto es dar un uso favorecedor a la empresa, y dado que la empresa para el sellado de los empaques conteniendo el producto terminado y listo para la distribución consumen alrededor de 7.500 metros de adhesivo cada mes; y deben adquirir suministros cada 2 meses, generando así un gasto fijo. Es por este motivo que se presenta una propuesta a las directivas sobre la posibilidad de la obtención de un adhesivo a partir del almidón, generando nuevas utilidades para la empresa; teniendo en cuenta que este tipo de productos pueden ser atractivos para la comercialización a un público determinado y obtener mejores beneficios al usar el almidón para el crecimiento de la empresa.

Los adhesivos son un elemento fundamental y necesario para las industrias en general, ya que cuentan con un mecanismo de sellado de los productos terminados, envasados y dispuestos a su comercialización.

En este momento se están reemplazando los adhesivos a base de silicatos de sosa o de derivados de petróleo, por adhesivos casi en su totalidad a base de almidón de diversas materias primas naturales, tales como: yuca, papa, maíz, yacón, entre otros.

En la actualidad se están utilizando almidones modificados y sus derivados. Entre ellos las dextrinas, constituyendo opciones tecnológicas alternativas para el sector industrial dadas por su funcionalidad, alto nivel de consumo y el precio manejado en el mercado. Las dextrinas son productos de degradación parcial del almidón, generados por procesos de ruptura hidrolítica mediante la alteración de la estructura del mismo almidón, la temperatura y los catalizadores utilizados; generando una reorganización de moléculas y la re-polimerización.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta para la producción de un adhesivo a base de almidón de papa a nivel de laboratorio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar las propiedades de la materia prima proveniente de la Comercializadora Nacional de Papas R&G.
- Seleccionar las condiciones del proceso para la producción del adhesivo, según las propiedades de la materia prima.
- Evaluar las propiedades del adhesivo producido a base de almidón de papa a nivel de laboratorio frente a los adhesivos comerciales (sintéticos).
- Analizar los ingresos y egresos de la producción de un adhesivo a base de almidón de papa a nivel de laboratorio.

1. GENERALIDADES

En este capítulo se presenta un análisis de la materia prima que para este proyecto es el almidón de papa de variedad R-12, la cual es suministrada por la empresa Comercializadora de Papas R&G, la selección de esta papa corresponde a un estudio que llevó a cabo la misma empresa y esa viene siendo la justificación del uso de esta variedad de papa para el desarrollo del proyecto; se hará un estudio de las propiedades principales que influyen directamente en el poder adhesivo del almidón; posteriormente se observarán las posibles modificaciones que puede sufrir la estructura del almidón para determinar si el efecto adhesivo aumenta o disminuye en cada caso, pero se enfocará a nivel teórico, dando la oportunidad de continuar con un futuro estudio para mejorar el producto final. Se tendrán en cuenta los métodos de hidrólisis alcalina, ácida y enzimática, siendo las primeras dos el eje de estudio del presente trabajo de grado; y la última se mencionará sólo a nivel teórico. Finalmente se realiza el análisis del material resultante del proceso hidrolítico, conocida como dextrina, siendo esta el componente activo del adhesivo deseado al finalizar el proyecto.

1.1 PAPA DE VARIEDAD R-12 (Diacol-Capiro)

La Diacol-Capiro, en el mercado es conocida con el nombre alterno de “R-12”. Presenta porte de planta medio, una floración media, un follaje verde oscuro y muy poca formación de frutos alrededor de este. Es relativamente tardía en cuanto a su desarrollo, se habla de 165 días a 2600 msnm, en cuanto a su consumo fresco se puede decir que es de buena aceptación, logra mantener una textura compacta al cocinar, es adecuada para sopas y cocida o salada. Es la principal variedad para procesamiento en Colombia, tanto en hojuela como en bastón. Posee una adaptación amplia, logra obtener un potencial de rendimiento en condiciones óptimas de cultivo es superior a las 40 t/ha y tiene periodo de reposo de 3 meses (15°C y 75% H.R.). Es algo susceptible a PYVV (variantes del virus del amarillento de las nervaduras de la hoja de papa) y, actualmente, es la variedad más susceptible a tizón tardío (*P. infestans*). Se cultiva en todas las regiones del país, siendo la principal variedad en el departamento de Antioquia y es la variedad de mayores costos de producción en Colombia debido a la buena oferta que puede presentar la mayor parte del año y que su producción logra adelantarse generalmente cerca de las plantas de procesamiento.²⁵

A pesar de esto, esta papa tiene algunas desventajas para un uso industrial, debido a un alto contenido de azúcares reductores (calidad organoléptica no aceptable y alto porcentaje de producto terminado quemado); contiene un bajo contenido de sólidos que logran limitar su rendimiento en línea, el grosor de su piel que conlleva

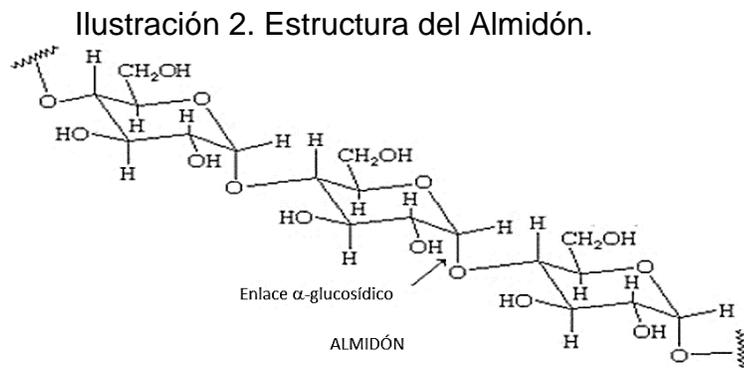
²⁵ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Papa UNC, 2000, disponible en: (<http://www.papaunc.com/catalogoExtendido.shtml?x=26>)

altos desperdicios y tiempos de pelado, por último, una profundidad de los ojos que afecta la presentación del producto terminado.²⁶

1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ALMIDÓN

El almidón se encuentra organizado en pequeños gránulos con tamaños y formas características como se puede ver en la Ilustración 2, dependiendo de la especie botánica, son insolubles en agua a temperatura ambiente y en la mayoría de solventes orgánicos. El tamaño del gránulo del almidón varía entre 10 y 100 μm de diámetro y es un factor determinante de su procesabilidad, ya que afecta la solubilidad y el poder de hinchamiento del gránulo.²⁷

El almidón es una mezcla de amilosa y amilopectina, dos polisacáridos muy similares. En el almidón de papa, la amilopectina se encuentra entre el 70% y 80% en peso, independiente del tamaño de los gránulos. Atribuyéndose su característica como una reserva energética, en el Cuadro 1 se pueden observar las principales propiedades que se pueden encontrar en el almidón de papa.



Fuente: CASA ABIERTA UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA. Citado por: CHAVEZ BRITO, Daniel. Elaboración de goma modificada a partir de la dextrina de yuca para uso en la industria cartonera, Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2012, p 14.

Adicional a lo ya mencionado sobre las formas y tamaños característicos del almidón, la Ilustración 2 refleja de manera más concisa el ordenamiento de la estructura del almidón, es decir, muestra de manera más clara los enlaces α -glucosídicos y su proyección debido a que es un polímero de naturaleza orgánica.

²⁶UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Papa UNC, 2000, disponible en: (<http://www.papaunc.com/catalogoExtendido.shtml?x=26>)

²⁷PARDO C., Oscar Hernando; CASTAÑEDA, Julio César y ORTIZ, César Armando. Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa, Tunja, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2013, p 290.

Cuadro 1. Propiedades funcionales del Almidón de papa.

PROPIEDAD	ALMIDÓN DE PAPA
Color	Blanco
Tamaño de partícula (μm)	5 - 100
Humedad (%)	18 - 20
Fósforo (%)	0,08
Proteína (%)	0,1
Grasa (%)	0,05
Amilosa (%)	20
Transparencia	Muy claro
Retrogradación	Media
Resistencia mecánica	Media – Baja
Textura	Larga
Temperatura de gelatinización ($^{\circ}\text{C}$)	58 – 65
Pico de viscosidad (cP)	800 – 2000

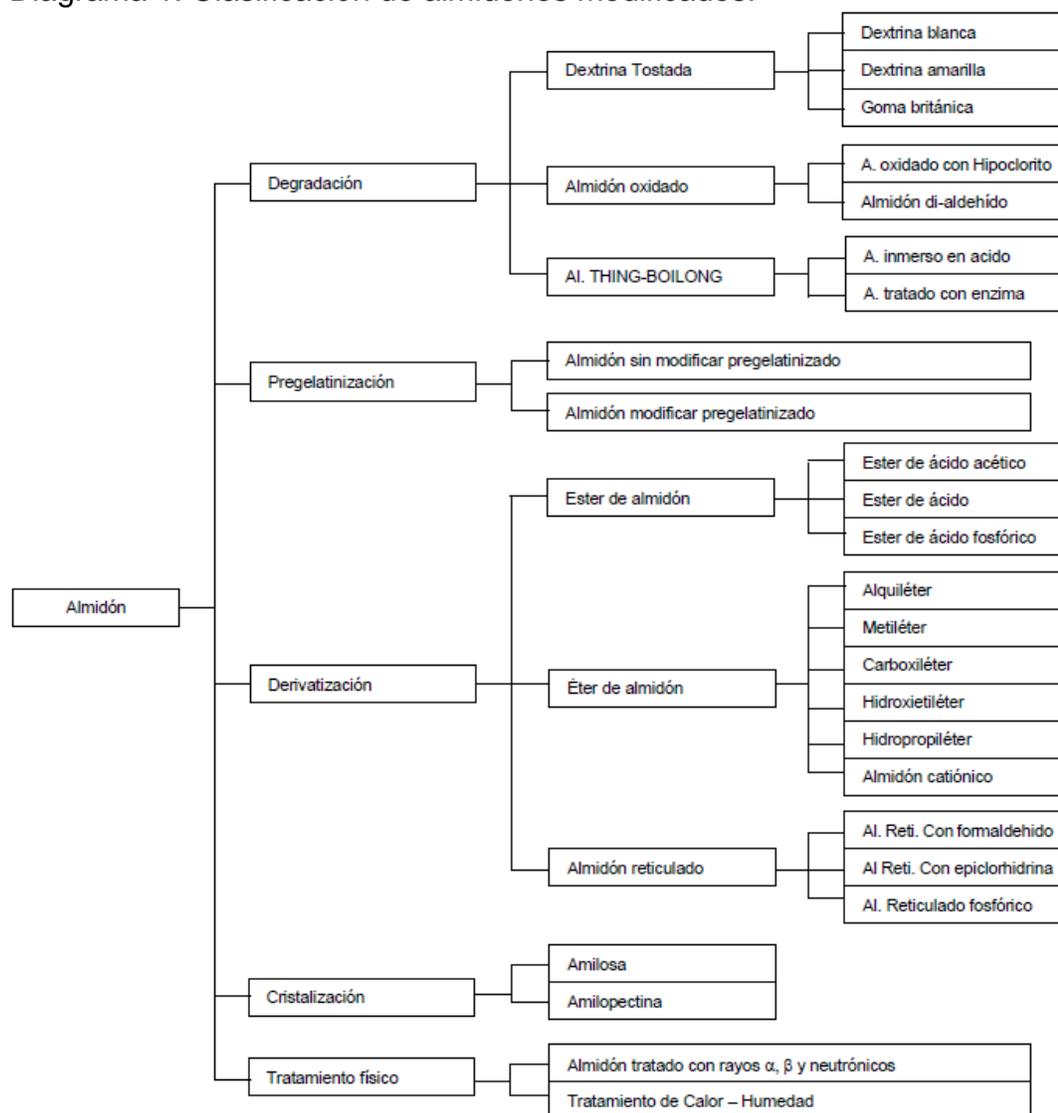
Fuente: GARCÍA REYES, Irene; CLAUDIO, Catalina y HERNÁNDEZ, Leticia. Ventajas, usos y aplicaciones de los almidones, Industrias alimenticias Fabp, S.A. de C.V, 2005, p 22-23.

El Cuadro 1 muestra las propiedades más representativas del almidón de papa, siendo este la materia prima que se usará en el desarrollo de este proyecto de trabajo de grado. Estas propiedades son relevantes para la etapa de la caracterización de la materia prima, dicho segmento se explicará de forma más detallada en el transcurso de este documento.

1.2.1 Modificaciones del Almidón. Puede ser modificado por vía ácida para reducir la viscosidad y ser usado en textiles, papel e industria de alimentos.

En el Diagrama 1 se pueden evidenciar un grupo de modificaciones ejecutadas sobre la estructura del almidón, y los efectos positivos o negativos se comprueban en las pruebas de calidad de las propiedades obtenidas del producto final; sin embargo, este tema será un análisis posterior dado que el presente trabajo de grado no está orientado al estudio de estas alteraciones estructurales.

Diagrama 1. Clasificación de almidones modificados.



Fuente: JAMES. 1979. Citado por: CHAVEZ BRITO, Daniel. Elaboración de goma modificada a partir de la dextrina de yuca para uso en la industria cartonera, Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2012, p 22.

1.2.1.1 Almidón Oxidado. Estos son obtenidos por la reacción del almidón con hipoclorito en medio alcalino, se producen simultáneamente reacciones de oxidación e hidrólisis que rompen los enlaces glucosídicos del almidón, se utilizan en la preparación de salsas y mayonesas; y tienen una pequeña participación en el mercado de encolado, no retrogradan ni melifican.²⁸

²⁸CHAVEZ BRITO, Daniel. Elaboración de goma modificada a partir de la dextrina de yuca para uso en la industria cartonera, Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2012, p 20.

1.2.1.2 Almidón Entrecruzado. Se obtiene por reacción con moléculas bifuncionales como la epíclorhidrina, el oxícloruro de fósforo o anhídrido mixtos de ácidos orgánicos, por esta ruta pueden obtenerse productos con cadenas entrecruzadas, muchos más estables y de gran resistencia, con escasa tendencia al hinchamiento. Son de especial interés para alimentos congelados, sobre todo si el tratamiento se combina con esterificación.²⁹

1.2.1.3 Almidón Acétilado. Es un almidón esterificado con anhídrido acético o acetato de vinilo, este presenta menor tendencia a la retrogradación.³⁰

1.2.1.4 Almidón Fosfatado. Es recomendado para alimentos refrigerados o congelados, es obtenido por tratamientos con ácido fosfórico, para introducir un grupo iónico fosfato a la estructura del almidón, así se pueden ser obtenidos almidones mono-ester-fosfato o poli-ester-fosfato, estos almidones son indicados para la elaboración de gelatinas y gomas coloidales y poseen estabilidad en el congelamiento.³¹

También hay procesos enzimáticos que dan origen a dextrina, maltosa y glucosa, azúcares con diferentes grados de endulzamiento y adherencia, la dextrina es la base para la elaboración de pegamentos, y la maltosa y la glucosa son de usos versátiles, como en alimentos y bebidas fermentadas.³²

1.3 AMILOSOSA

Es el producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos $\alpha(1,4)$, que establece largas cadenas lineales con 200-2500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α -D-(1,4)-glucana cuya unidad repetitiva es la α -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de hélice consta de seis moléculas de glucosa. El interior de la hélice contiene sólo átomos de hidrógeno, y es por tanto lipofílico, mientras que los grupos hidroxilo están situados en el exterior de la hélice. La mayoría de los almidones contienen alrededor del 25% de amilosa.

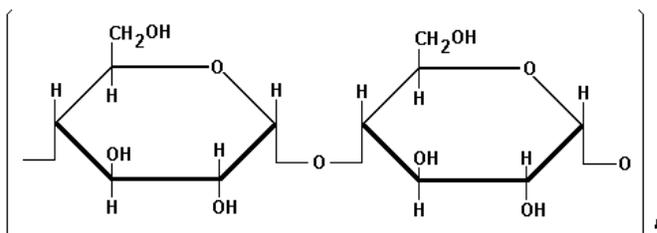
²⁹Ibid., p 20-21.

³⁰Ibid., p 21.

³¹Ibid., p 21.

³²Ibid., p 21.

Ilustración 3. Estructura de la Amilosa.



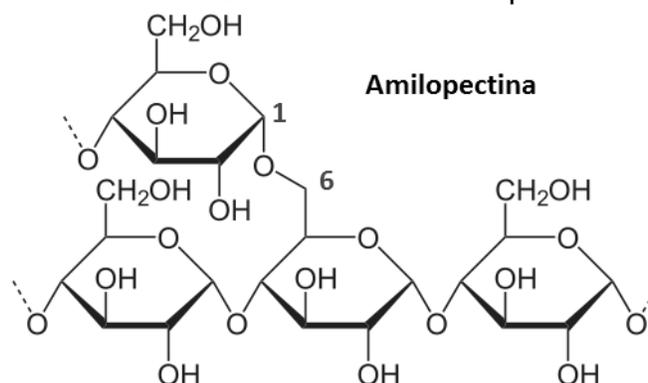
Fuente: NO SE LE PUEDE LLAMAR COCINA, disponible en: (<http://www.noselepuedellamarcocina.com/2008/07/04/la-harina-de-arroz-como-espesante-estabilizante-y-gelificante-instantaneo/>)

Lo que se puede observar de la Ilustración 3 es la estructura básica de la Amilosa que posee la papa dentro de su estructura mostrando como es la formación de sus enlaces y su elongación dado que es apenas un monómero, es decir, una pequeña parte, un fragmento de la gran estructura que en realidad es.

1.4 AMILOPECTINA

Contiene ramificaciones que le dan una forma molecular a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa. Su peso molecular es muy alto debido a que algunas de sus fracciones pueden alcanzar hasta los 200 millones de daltons. La amilopectina constituye alrededor del 75% de los almidones más comunes. Algunos almidones están constituidos exclusivamente por amilopectina y son conocidos como céreos.

Ilustración 4. Estructura de la Amilopectina.



Fuente: VEGA, Juan. Fed. Valenciana de fisiculturismo fitness, 2014, disponible en: (<http://www.fvff.es/amilopectina/>)

En la Ilustración 4 observamos la estructura de la Amilopectina de la papa, es la única que posee en su molécula grupos éster fosfato, unidos más frecuentemente en una posición O-6, mientras que el tercio restante lo hace en posición O-3.

1.5 PRODUCCIÓN Y COSECHAS DE PAPA DE VARIEDAD R-12

Según el Consejo Nacional de Papa los datos proporcionados, se determinó que la producción de papa a nivel de Colombia específicamente en departamentos como Boyacá, Antioquia, Cundinamarca, Nariño, entre otros; se ven referenciados en el Cuadro 2, la cual provee datos como el área de cultivos en hectáreas, la producción en toneladas y el rendimiento de producción siendo esta una relación entre toneladas producidas sobre área de cultivo; todo esto bajo un estudio llevado a cabo desde el año 2010 hasta el 2015.

Cuadro 2. Producción de papa de variedad R-12 del año 2010 - 2015.

PAPA	AÑOS					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Área (Ha)	138.631	128.310	130.525	127.400	122.300	125.600
Producción (Ton)	2.652.449	2.638.900	2.788.050	2.664.000	2.490.800	2.696.660
Rendimiento (Ton/Ha)	19,1	20,6	21,4	20,9	20,4	21,5

Fuente: CONCEJO NACIONAL DE PAPA, Fede papa, Documento estratégico pla 2020, 2015, disponible en:

(<https://www.fedepapa.com/recursos/Documento%20estrat%C3%A9gico%20Plan%202020.pdf>)

La producción de papa a nivel nacional desde el año 2010 hasta el año 2015, reflejado en el Cuadro 2 presenta que el año con mejor rendimiento de producción fue el año 2015 con un valor de 21,5 Ton/Ha. Se debe tener en cuenta que además del rendimiento obtenido en el año 2015, en el 2012 se puede evidenciar un rendimiento relativamente cercano al mejor obtenido hasta el 2015.

1.6 ADHESIVO

Es un material que permite la unión entre dos superficies o sustratos en el que actúan fuerzas esenciales como la adhesión y la cohesión; donde la adhesión es la fuerza de unión que se produce entre el adhesivo y el sustrato; y la cohesión es la resistencia ejercida en el interior del adhesivo para impedir la separación de estos. Y se pueden clasificar de la siguiente manera:

1.6.1 Colas animales. Son adhesivos preparados a partir del colágeno de los mamíferos, proteína del cuero, huesos y tendones.³³

³³E-INDUSTRIA, 2017, disponible en: (<http://www.eindustria.com/articulos/tipos-de-adhesivos-segun-su-origen-8101.htm>).

1.6.2 Adhesivos vegetales. Son aquellos solubles o dispersables en agua que son producidos o extraídos de materias primas naturales por procesos relativamente simples. Los almidones que constituyen la principal fuente de adhesivos proteínicos de origen vegetal, como la cola de soja, tiene propiedades similares a los adhesivos de origen animal. Especial interés tiene el grupo de gomas naturales como el caucho, el agar-agar o la goma arábica.³⁴

1.6.3 Adhesivos sintéticos. Un sistema adhesivo sintético contiene un componente básico, que es un polímero o macromolécula de origen sintético, fabricado industrialmente.³⁵

En general, un adhesivo sintético consta de:

- Una resina base sintética: homopolímero, copolímero o mezcla de polímeros.
- Una o varias resinas secundarias y polímeros auxiliares destinados a mejorar las características del adhesivo tanto para su manipulación como para su aplicación.
- Aditivos: plastificantes, endurecedores, antiespumantes, antioxidantes y bactericidas.
- Cargas y pigmentos.
- El vehículo que contiene las sustancias de la mezcla. Puede ser agua, en el caso de dispersiones y emulsiones, o bien, una mezcla de disolventes orgánicos (hidrocarburos, cetonas, éteres y alcoholes) en el caso de adhesivos en solución. Sin embargo, en muchos tipos de adhesivos son las propias resinas líquidas o en estado fundido las que mantienen la mezcla y aportan la acción adhesiva.

1.7 HIDRÓLISIS

Consiste en la descomposición o destrucción de una estructura química por efectos del agua (sus moléculas que la componen Oxígeno e Hidrógeno). En el que se pueden presentar en reacciones de cationes con el que el agua producirá una base débil, o en el caso de las reacciones de aniones con el que el agua producirá un ácido débil. El grado de hidrólisis es la fracción del ion que reacciona con el agua.

1.7.1 Hidrólisis ácida. Se trata de realizar el rompimiento de las moléculas del almidón para llegar a las dextrinas por medio de sustancias con un pH inferior a 7, a continuación, está la recopilación de artículos donde se ve la utilización de ácidos para llevar a cabo el procedimiento hidrolítico.

³⁴E-INDUSTRIA, 2017, disponible en: (<http://www.eindustria.com/articulos/tipos-de-adhesivos-segun-su-origen-8101.htm>).

³⁵ARRIANDIGA ABAROA, Maria Victoria. NTP 266: Adhesivos sintéticos: riesgo higiénico de resinas y otros componentes, Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, España, 1991.

Cuadro 3. Condiciones y estudios de las concentraciones de los agentes hidrolizantes ácidos de referentes bibliográficos.

Condiciones	Estudio
HCl 2.0 N, 0.5g almidón/40 mL, baño maría a temperatura de 29°C, tiempo de 0 a 15 días con agitación diaria, se neutraliza con NaOH 2.0 N.	Realización de la caracterización de almidones, donde reportaron el rendimiento, contenido de lípido, retención de agua factor de hinchamiento y estabilidad de descongelamiento. ³⁶
HCl 1.0 M, 1L/500g almidón, temperatura de 35°C agitación de 50 rpm por un tiempo de 6 horas.	Se empleó almidón nativo de plátano, se modificó químicamente por oxidación y por sinterización, donde se pudo observar que al hacer la modificación oxidativa el grado de sustitución fue de 0,13 y 0,03% de grupos de carbonilo y carboxilo. ³⁷
HCl 2,3,4%v, 100 g/L de almidón, con relación de 1:1, temperatura de 45,60 y 75°C, tiempo de 20,30 y 45 min, se ajustó pH con NaOH 5N.	Se hizo producción de bioetanol a partir de residuos de papa, yuca y naranja, pero se tuvo que implementar otra fuente de carbono ya que los mismos no son lo suficiente ricos en azúcares fermentables, se observó que la mejor combinación de factores fue: una concentración de 2%v, temperatura de 75°C y un tiempo de 30 min. ³⁸
H ₂ SO ₄ , 50 ml al 5%/ 100g almidón, 0,50; 0,75; 1; 2,5; 5%, temperatura 120°C, tiempo de 17 min, presión de 15 psi.	Se hizo principalmente una hidrólisis con NaOH donde se sumergen las cascaras de naranja y papa, luego se aplica la hidrólisis acida con H ₂ SO ₄ , donde se pudo determinar que la mejor concentración para obtener jarabe es del 5%. ³⁹

³⁶GUÍZAR MIRANDA, Albero; MONTAÑÉZ SOTO, José Luís y GARCÍA RUIZ, Ignacio. Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del tubérculo de camote del cerro, Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 2008, p 83.

³⁷RIVAS GONZÁLEZ, Mayra, *et al.* Caracterización morfológica, molecular y fisicoquímica del almidón de plátano oxidado y linterizado, Agrociencia, 2008, p 487-497.

³⁸QUINTERO MORA, Leidy Patricia, *et al.* Evaluación de residuos de papa, yuca y naranja para la producción de etanol en cultivo discontinuo utilizando *Saccharomyces cerevisiae*, Cúcuta, Universidad Francisco de Paula Santander, 2015, p 43-53.

³⁹GERENA BARON, Flor Marina. Obtención de jarabes azucarados a partir de la hidrólisis química de residuos de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis* l var valencia) y papa (*Solanum tuberosum*) variedad DiacolCapiro (R-12) para ser empleados como edulcorantes en la industria de alimentos, Duitama, Universidad nacional abierta y a distancia, 2013.

Cuadro 3. (Continuación).

Condiciones	Estudio
H ₂ SO ₄ 3,16M 15g almidón/ 100 mL ácido, agitación constante, temperatura de 40°C, tiempo 1,3,7 y 10 días	Se desea producir y caracterizar nanocristales de almidón de plátano, llevan un seguimiento del tamaño al paso de la hidrólisis, se concluyó que el tiempo de hidrólisis era influencia para la resistencia a la temperatura de los nanocristales. ⁴⁰
HCl 1N 1:4, suspensiones de almidón de 2, 4 6 %, tiempo de 30,40, 50 y 60 min.	Se estudia el efecto de la hidrólisis en el almidón de papa, se pudo concluir que donde se logró mayor cantidad de azúcares fue en la concentración de almidón del 6%, luego realizaron hidrólisis enzimática, dando esta última la mejor manera de obtención de alcohol, se obtuvo una mejor hidrólisis con una concentración de 6% de almidón y un tiempo de 60 min. ⁴¹
H ₂ SO ₄ y HCl concentraciones de 1.10%, temperaturas de 100-150°C, tiempo de 6 horas con agitación constante.	Desean conocer la proteína celular en la biomasa de la levadura de los residuos de naranja y papa, se recomienda usar concentraciones de H ₂ SO ₄ más diluidas, lograron producir grandes cantidades de sustratos azúcares para procesos biotecnológicos. ⁴²
HCl 13, 18, 23 y 33% p/p	Se quería hacer un adhesivo para superficies en madera, pero se determinó que la concentración de 13%, si se aumentaba o disminuía los rendimientos bajaban causando corrosión o no adherencia, la mejor concentración fue la de 23%. ⁴³

⁴⁰SÁNCHEZ DE LA CONCHA, S; PACHECO VARGAS, G; AGAMA ACEVEDO, E. Producción de nano cristales de almidón de plátano por hidrólisis ácida: caracterización parcial, Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2016, p 565-570.

⁴¹MALLAUPOMA MISARI, Sita Sonia y RAMOS MARTINEZ, Rosmery. Efecto del método de hidrólisis en el almidón de papa (*solanumtuberosum*) para la obtención de alcohol, Huancayo, Universidad nacional del centro de Perú, 2014.

⁴²CASTELLANOS RIVEROS, Alberto y TORRES VARGAS, Golda Meyer. Proteína celular en biomasa de la levadura producida a partir de residuos de cáscaras de naranja y papa para uso en la alimentación animal, Citecsa - instituto universitario de la paz, 2017.

⁴³HONGWEI, Yu, *et al.* Effect of HCl on Starch Structure and Properties of Starch-based Wood Adhesives, Department of Engineering, BioResources, 2016, p 1721-1728.

1.7.2 Hidrólisis alcalina. Igual que la hidrólisis acida la finalidad es la degradación de una molécula como puede ser un polisacárido usando un hidróxido fuerte o débil para catalizar la reacción y de esta manera permitir que se genere la ruptura del enlace con la adición del agua.

Cuadro 4. Condiciones y estudios de las concentraciones de los agentes hidrolizantes alcalinos de referentes bibliográficos.

Condiciones	Estudio
NaOH (0, 0.66, 1.33, 2% p/p), soluciones almidón (10, 20, 30, 40, 50%), tiempo de 16 min, temperatura de 68-72°C.	Se realizaron las hidrolisis y se hicieron pruebas de resistencia donde se obtuvo que la mejor relación de agente hidrolizante en cartón - cartón era entre 0,702 – 0,754 con una concentración de almidón de 35,1 – 37,7, también se obtuvieron resultados para papel-vidrio y papel-papel. ⁴⁴
NaOH 2,03% p/p, almidón 10,93%	Realizaron el estudio de hidrolizar almidón de yuca para el cartón corrugado, se tuvieron en cuenta el dimensionamiento de los materiales y equipos necesarios para llevar este estudio a nivel industrial, se concluyó que el rango en el que se podía manejar el NaOH es de 1-3% y del almidón de 70-90% p/p. ⁴⁵

1.7.3 Hidrólisis Enzimática. Los componentes principales del almidón se pueden hidrolizar utilizando amilasas como catalizadores. Estas amilasas se dividen en dos clases, formalmente conocidas como exo-enzimas y endo-enzimas.⁴⁶

La hidrólisis enzimática de los gránulos de almidón se afecta por la estructura del gránulo, el tipo de cristal, el tamaño del cristal, la relación amilosa/amilopectina y el peso molecular promedio de esta relación, la presencia de lípidos y proteínas, y condiciones de especificidad de reacción de la enzima.⁴⁷

⁴⁴HERNÁNDEZ RUIZ, Moisés y VERGARA NARVAEZ, Andrés. Elaboración y evaluación de un adhesivo a partir del almidón de yuca nativo, (manihotsculentacrantz), variedad m-tai, utilizando hidróxido de sodio como agente hidrolizante, Sincelejo, Universidad de Sucre, 2008.

⁴⁵CHAVEZ BRITO, Daniel. Elaboración de goma modificada a partir de la dextrina de yuca para uso en la industria cartonera, Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2012.

⁴⁶SCHWIMMER, Sigmund. Source book of Enzymology, Estados Unidos, The Avipublishing company, 1981, p 4, 114, 154-174, 675.

⁴⁷BYOUNG WOOK, Kong; JUNG, Kim y JAE, C. ProcinePancreatic – AmylaseHydrolysisof NativeStarch Granules as a Function of Granule SurfaceArea, China, Biotechnol, 2013, p 1162-1166.

Cuadro 5. Condiciones y estudios de las concentraciones en hidrólisis enzimática de referentes bibliográficos.

Condiciones	Estudio
Almidón 10, 20, 30, 40 y 50% p/v, enzima glucosa isomerasa AMG 300L, tiempo de 15 horas en reactor de lecho fijo.	Evalúan el rendimiento de jarabes de fructosa a nivel laboratorio, para la concentración de 30% de almidón se alcanzó aproximadamente el 100% de unidades de dextrosa. ⁴⁸
Temperatura de 48-80°C, 400-600rpm, concentración de harina de 28% p/v, pH de 5.3, carga enzimática de 4mL/L	Producción de bioetanol a partir de harina de yuca a partir de licuefacción y sacarificación, luego de realizar un diseño de experimentos 2 ² se pudo observar que la mejor combinación fue la de 64°C y 500 rpm con una concentración de etanol de 14.6% v/v y una productividad de 2.5g/lh, en un proceso de 48 horas. ⁴⁹
α -amilasa proveniente de <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , amiloglucosidasa proveniente de <i>Aspergillus niger</i> , temperatura 82°C con agitación constante, tiempo 13 días, pH 5,5.	Se realiza una hidrolisis al banano para la conversión de almidón en jarabe de glucosa, se observa que el tiempo optimo es de 2 horas, obtuvo 9, 10 y 11 unidades de glucosa luego de la hidrolisis para la primera etapa, en la segunda se hace un diseño experimental de 3 ² con un tiempo de 14 horas, con un rendimiento de 90,14% en glucosa. ⁵⁰
α -amilasa porcina pancreática, 3% de almidón nativo, tiempo de 3 horas, temperatura de 37°C con agitación constante, pH 7.0.	Se evalúa la susceptibilidad del almidón de yuca para llevar a cabo hidrolisis enzimática, utilizaron el método de Somogyi-Nelson, el cual tiene un arduo trabajo de calentamiento y enfriamiento por ciclos, el mayor rendimiento fue a los 170 min con un porcentaje de hidrolisis del 55.8%, claro que puede cambiar según sea el pretratamiento, con esto se disminuye el tiempo a 50-60 min y un rendimiento del 79.1%-90.5%. ⁵¹

⁴⁸ SALCEDO M, Jairo G.; MONTES M, Evelardo J. y PAJARO S, Jose L. producción de jarabes de fructosa por medio de la hidrólisis enzimática del almidón de yuca de las variedades corpoica m tai-8 y corpoica orense. Dyna 160, Medellín, 2009, p 121-130, ISSN 0012-7353.

⁴⁹ CASTAÑO PELAEZ, Hader, *et al.* Producción de etanol a partir d harina de yuca en un sistema de hidrólisis enzimática y fermentación simultánea. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Dyna, vol. 78, num 169, 2011, p 158-166.

⁵⁰ QUITIGUIÑA, Carla y SANTACRUZ, Stalin. Obtención de jarabe de glucosa a partir de la hidrolisis enzimática de almidon de banano, *Musa Cavendish*. Revista Bolivariana de química, vol. 29, Universidad de San Francisco de Quito, Ecuador, 30 de Junio de 2012, p 55-62.

⁵¹ MARTÍN, Jenny C. y LÓPEZ Elizabeth. Modificación física del almidón de yuca y evaluación de la susceptibilidad a la hidrolisis enzimática por una alfa amilasa. Vol 38, N 3, Revista Colombiana de química, 2009, p 395-408.

En los cuadros del 3 al 5, se hace una explicación breve sobre las clases de hidrólisis más significativas a considerar a lo largo de este proyecto de las cuales se realizarán una experimentación de las dos primeras para efectos de comparaciones de los resultados obtenidos de los dos métodos.

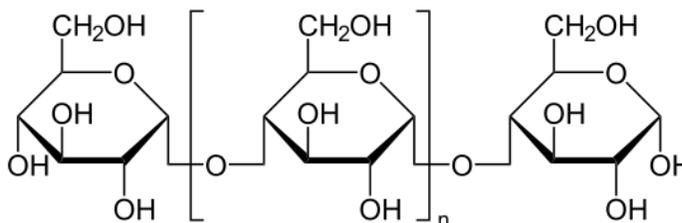
Contemplando los parámetros al momento de realizar una hidrólisis, se pudo evidenciar que la hidrólisis por vía enzimática requiere tecnología mucho más especializada y unos parámetros de operación determinantes los cuales necesitan un control permanente, es por estos que se decide no realizar ese tipo de hidrólisis en este proyecto, adicional se investigan los parámetros que se manejan en cuanto a concentración y tipo de hidrolizante ácido tal como se evidencia en los cuadros 3 y 4; en el procedimiento alcalino que es un de las variables que se consideran en el diseño de experimentos, en el Cuadro 5 se podrá observar dicha investigación.

Se evidencia que para la hidrólisis ácida en la mayoría de estudios reportados utilizan como agente hidrolizante el ácido clorhídrico en concentraciones alrededor de 1M, en la hidrólisis alcalina se usa hidróxido de sodio en 0.66 a 2.03% p/p con respecto al almidón.

1.8 DEXTRINAS

Son un grupo de oligosacáridos de poco peso molecular producidas por la hidrólisis del almidón. Tienen la misma fórmula general que los polisacáridos, pero son de una longitud de cadena más corta. La producción industrial es realizada generalmente por la hidrólisis ácida del almidón de patata. Las dextrinas son solubles en agua, sólidos de color blanco hasta levemente amarillo, ópticamente activos. Analíticamente, las dextrinas se pueden detectar con la solución de yodo, dando una coloración roja. Estas son una etapa intermedia entre el almidón y la dextrosa.

Ilustración 5. Estructura de las Dextrinas.



Fuente: HABLEMOS CLARO. 2001, disponible en: (<http://www.hablemosclaro.org/ingreperia/dextrina.aspx#.WOWtbtl1-Uk>)

Lo que se puede observar de la Ilustración 5 es la estructura básica de la Dextrina que se obtiene como resultado del proceso realizado con la hidrólisis y sus diversas clases; mostrando como es el efecto de reordenamiento de sus enlaces y su elongación dado que es apenas un monómero, es decir, una pequeña parte, un fragmento de la gran estructura que en realidad es.

Cuadro 6. Información técnica de los tipos de dextrinas.

PROPIEDADES	DEXTRINAS BLANCAS	DEXTRINAS AMARILLAS	GOMAS BRITÁNICAS
Temperatura de tostado (°C)	120 – 130	135 – 160	150 - 180
Tiempo de tostado (horas)	3 – 7	8 – 14	10 - 24
Concentración de catalizador	Alta.	Moderada.	Baja.
Solubilidad (en agua)	1% - 95%	Muy soluble	1% - 95%
Estabilidad de la viscosidad	Propenso a la retrogradación.	Buena estabilidad.	Buena estabilidad, incluso superior a la de las dextrinas amarillas.
Color	Blanco – aficionado.	Amarillo bronceado.	Amarillo marrón.
Usos	Industria Farmacéutica: diluyente de nutrientes de carbohidratos por fermentación.	Industria de pegamentos: las propiedades de este componente tienen un poder adherente, leve, pero es algo característico de estos, y como aditivos para la mejora de estas propiedades se involucran los reactantes como el bórax (tetraborato de sodio).	Industria textil: son usados como espesantes de las pastas de impresión y también poseen la facilidad de modificar las propiedades reológicas.

Fuente: PETRIE, Edward. Sforch and Dextrin-Based Hdliesives, Adhesives & Sealants Industry, 2005, p 44-49.

En el Cuadro 6 se presentan propiedades básicas siendo las más representativas para evaluar los resultados del procedimiento hidrolítico y con ello realizar un análisis de los efectos adhesivos y a su vez darle una clasificación a los productos finales que se obtendrán en este proyecto. Se presentarán todos los procedimientos de manera detallada para la obtención de un adhesivo.

Para concluir este capítulo, se debe resaltar la importancia de conocer todas las posibilidades que se tienen para la obtención del adhesivo, las propiedades del mismo almidón que afectan positivamente o negativamente el poder adherente del producto final. Las ventajas y desventajas que presentan cada uno de los mecanismos de hidrólisis, a nivel de concentraciones, volúmenes de operación y principalmente por la velocidad con la que se efectúa la hidrólisis o rompimiento de la molécula del almidón para la obtención de las dextrinas, siendo estas las promotoras del poder adhesivo.

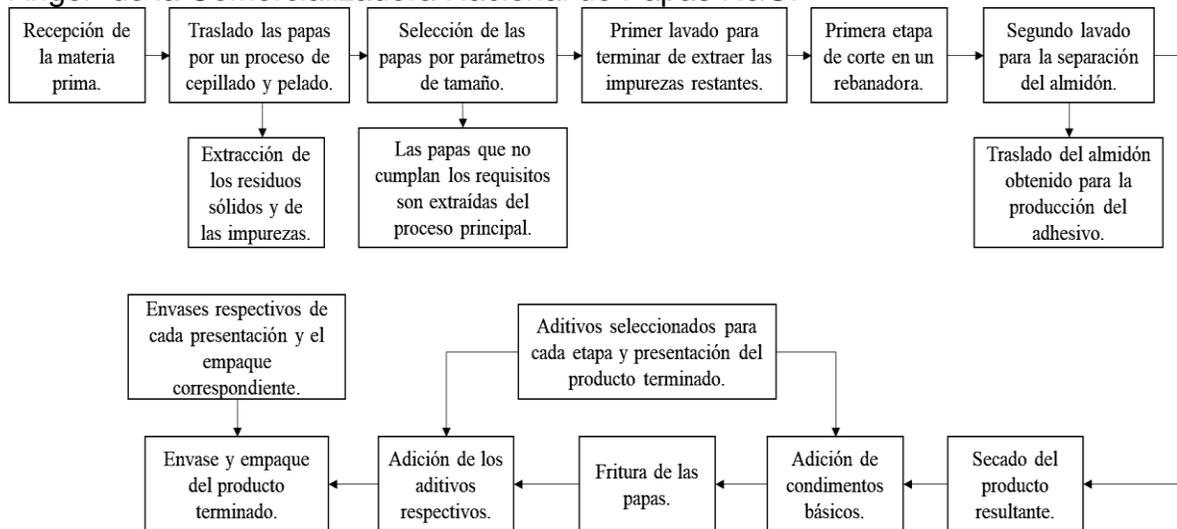
2. CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA R-12

Este segmento del proyecto está dirigido principalmente al análisis de los métodos aplicados a la caracterización de la materia prima siendo esta el almidón de papa R-12, siguiendo un estricto control de calidad usando las Normas Técnicas Colombianas (NTC) correspondientes de cada método y haciendo un comparativo empleando las normas ASTM para una mejor intervención al producto deseado al final del proyecto de trabajo de grado.

2.1 PROCESO ACTUAL DE LA EMPRESA COMERCIALIZADORA NACIONAL DE PAPAS R&G

2.1.1 Diagramas de procesos de la producción de papas fritas tipo “Cabello de Ángel” de la Comercializadora Nacional de Papas R&G

Diagrama 2. Diagrama de bloques de la producción de papas fritas tipo "Cabello de Ángel" de la Comercializadora Nacional de Papas R&G.



Fuente: Comercializadora Nacional de Papas R&G.

El Diagrama 2 representa el procedimiento de la producción de las papas fritas; inicialmente se efectúa la recepción y almacenamiento de las 100 toneladas de papa cruda (la cual se encuentra con altos contenidos de tierra, impurezas y con la cascara de la misma); posteriormente pasa a un proceso de cepillado para la extracción de dichas impurezas y algunos residuos sólidos, seguido de un primer baño para remover las trazas de material indeseado en el producto final; luego son enviadas a una rebanadora la cual les da un grosor determinado por la empresa y adicionalmente se separan los residuos; las papas rebanadas que pasen el control de selección por tamaño, donde las rebanadas que no cumplan con los estándares se rechazan y las que si cumplan con éstos, pasan a un segundo lavado (enjuague) en una cuba con agua fría; en esta donde se obtienen 3 toneladas de co-producto,

el almidón (“residuo” mal llamado por la empresa), el cual se separa por decantación para su comercialización a terceros para la producción de concentrado para ganado. Las papas rebanadas posterior a su segundo lavado se hacen pasar por un proceso de secado para la eliminación de la mayor cantidad posible de agua previo a la etapa de fritura; luego de esta se transportan por una banda transportadora con el fin de retirar el exceso de aceite para finalmente ser roseadas por los condimentos, aditivos, conservantes, entre otros materiales adicionales correspondientes a las distintas presentaciones; obteniendo una totalidad de 65 toneladas de producto terminado destinado al consumo humano. Las cantidades reportadas desde la recepción de la materia prima, hasta el producto terminado son manejadas mensualmente dentro de las instalaciones de la empresa Comercializadora Nacional de Papas R&G.

2.2 MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA R-12

2.2.1 Almidón de papa R-12. El almidón de papa R-12 y en general las diversas clases de papa poseen múltiples aplicativos a nivel industrial, tales como:

2.2.1.1 Industria alimenticia. La fécula de papa se utiliza para la fabricación de edulcorantes, como: la fructuosa y la glucosa. Además de ser un sustituto de la harina de trigo para repostería y pastelería; debido a que se usa para aumentar la esponjosidad y estabilidad de las galletas, bizcochos, entre otros. Se utiliza como espesante y estabilizante en helado, salsas, sopas y gelatinas. También es útil en la preparación de licores, y postres.⁵²

2.2.1.2 Industria farmacéutica. La fécula de papa se utiliza como materia prima para la producción de dextrosa. Además de la producción de tabletas y píldoras o medicamentos (“pastillas”).

2.2.1.3 Industria textil. La fécula de papa se emplea para producir gel o engrudo, que ayuda en las tintorerías y para el tratamiento de las ropas. A su vez, se utiliza como material para dar apresto a los tejidos.

2.2.1.4 Industria del papel y pulpa. La fécula de papa sirve para fabricar engrudo, para su posterior tratamiento y producir ciertos papeles como: papel couché, kraft, cartón y pasta de papel.

⁵²QUIMINET. 2012, disponible en: (<https://www.quiminet.com/articulos/los-mejores-usos-y-aplicaciones-para-la-fecula-de-papa-2877776.htm>)

2.2.1.5 Industria minera y petrolera. En las minas de potasio y perforaciones petrolíferas, la fécula de papa se utiliza como agente floculante. Mientras que en sistemas de tratamientos de aguas usadas se emplea para metales, como: el cobre o níquel. En la metalurgia ayuda a recuperar vanadio, es decir, funciona como floculante selectivo.

2.2.1.6 Industria química. La industria química, regularmente, se emplea la fécula de papa para la fabricación de colas o pegamentos, así como para la fabricación de espumas de poliuretano.

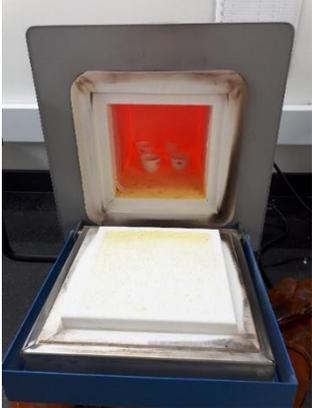
El Cuadro 7 proporciona la información de las propiedades que posee el almidón de papa R-12, proveniente de la Comercializadora Nacional de Papas R&G, en el estado de extracción de la línea principal de producción de las papas fritas tipo “Cabello de Ángel” de la empresa.

Cuadro 7. Muestra de torta de almidón de papa R-12.

Almidón de papa R-12	Propiedades	
Imagen 1. Muestra de torta de almidón de papa R-12.	Humedad (%)	51,241
	Densidad (g/mL)	1,006
	Viscosidad (cP)	24,250
	pH	5,278
	Cenizas (%)	0,002

Los equipos que se requieren para realizar el análisis del almidón de papa R-12 se encuentran reportados en el Cuadro 8 a continuación.

Cuadro 8. Equipos para la caracterización del almidón de papa R-12.

Equipo	Descripción	
Balanza analítica	Capacidad máxima de 220g/82g, legibilidad 0,001g, tamaño de plato 90 mm. Marca: Shimadzu – AUW220D.	
pH-metro	Multímetro Marca: HQ40d multi – HACH.	
Horno	Capacidad máxima 700°C. Marca: Binder.	
Mufla	Capacidad máxima 2.500°C. Marca: Binder.	

Cuadro 8. (Continuación).

Equipo	Descripción
Viscosímetro	Marca: Brookfield, Referencia: DV-E Viscometer, Modelo: RVDVE, Serial: E6505758, Frecuencia: 50/60 Hz, Voltaje: 115V, Poder: 20 Watts.
Probeta	Capacidad máxima de 100 mL.

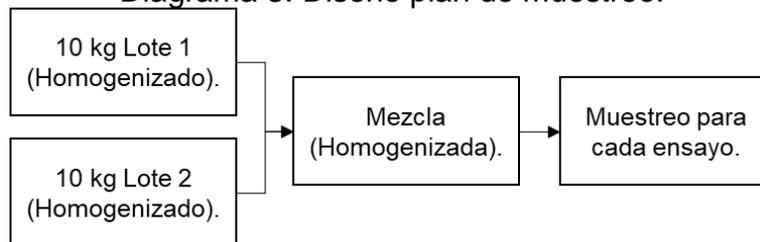


2.3 MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA R-12

Para efectos de la caracterización de la materia prima de este proyecto, en este caso el almidón de papa R-12 proveniente de la empresa Comercializadora Nacional de Papas R&G de Soacha; se establecieron los protocolos correspondientes a cada una de las pruebas y sus respectivas condiciones de operación; un plan de muestreo general para una toma de muestra correcta y adecuada; se crearon formatos para el reporte de los resultados y demás información pertinente para el proyecto. Cabe recordar que todos los procedimientos expuestos a continuación se hicieron bajo un control de las normas técnicas colombianas (NTC).

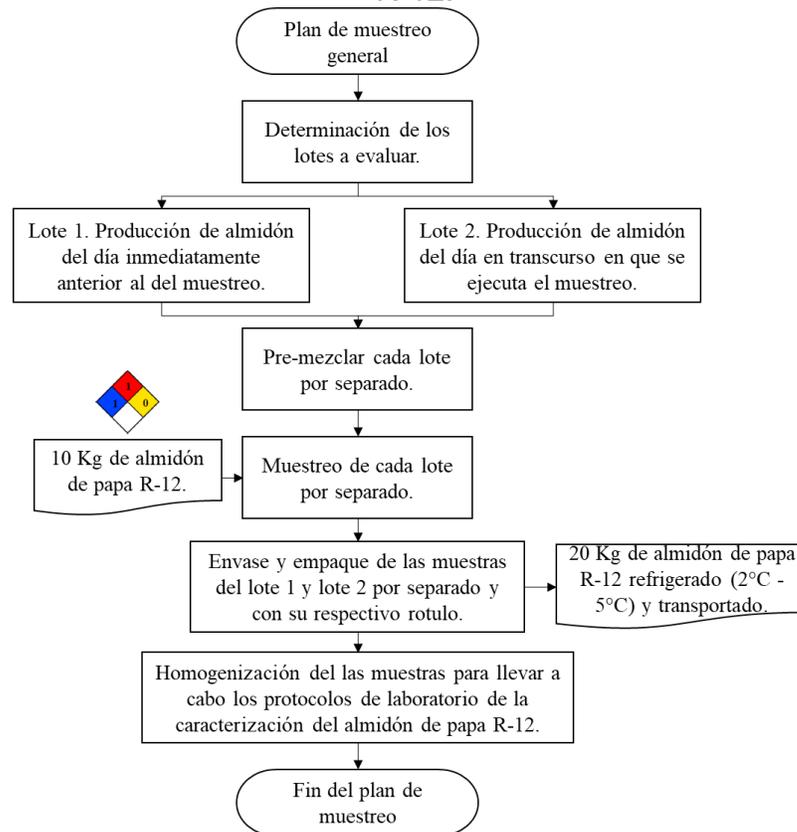
2.3.1 Plan de muestreo general almidón de papa R-12. Según la norma técnica a implementar la NTC 5667-15 “Calidad del agua. Muestreo. Parte 15: guía para la preservación y manejo de muestras de lodos y sedimentos”; el tipo de muestreo a realizar para este procedimiento de caracterización es de carácter compuesto; el cual consiste en la mezcla proporcional de dos o más lotes de producción, sin embargo de para este proyecto será de sólo dos lotes de producción debido a que la producción del almidón diaria es incorporada para la obtención de concentrados para animales, lo cual es ajeno a la empresa; cada lote de producción de almidón es de alrededor de 100 Kg diarios, de los cuales se destinarán de un 10% a un 20% de su totalidad a los estudios para el desarrollo del proyecto de grado, es decir, de 10 a 20 Kg serán el muestreo. Las muestras a tomar son de 10 Kg de la producción del día inmediatamente anterior y 10 Kg del día en transcurso en el que se ejecuta el plan de muestreo.

Diagrama 3. Diseño plan de muestreo.



La empresa por razones de salubridad sólo permite el almacenamiento del almidón luego de 1 día de obtenerlo, tiempos superiores a este son desechados; el proceso de muestro inicia realizando una homogenización de dos lotes, como se ha mencionado anteriormente, el primer lote corresponde a la producción del almidón del día que se realiza el muestreo y el segundo a la producción del día anterior; posteriormente se efectúa el muestreo de los 10 Kg de cada lote, se envasan y empacan en bolsas herméticas con su respectivo rotulado, para su transporte hasta las instalaciones de los laboratorios para los estudios estipulados de la caracterización. Durante el transporte estas muestras son refrigeradas en una nevera portátil que conserva una temperatura de 2°C a 5°C.

Diagrama 4. Plan de muestreo general para la caracterización del almidón de papa R-12.



El rotulado de cada muestra posee la siguiente información:

- Fecha, hora y lugar de recolección.
- Fecha, hora y lugar de producción.
- Número de muestra.
- Descripción y disposición.
- Nombre del personal encargado de la recolección.
- Conservación utilizada.
- Tipo de almacenamiento requerido.
- Información de integridad y manipulación de las muestras.

Al momento de hacer cualquiera de los procedimientos establecidos en los protocolos de laboratorio para la caracterización de almidón de papa R-12, se homogenizan las dos muestras tomadas anteriormente.

2.3.2 Determinación del Porcentaje de Humedad del almidón de papa R-12. La determinación del porcentaje de humedad se ejecutado bajo la NTC 529 “Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad”; los ensayos se deben desarrollar bajo los parámetros de muestreos de 8 g de materia prima en este caso de almidón, esta se lleva a un horno por un intervalo de tiempo de 4 horas y a en un rango de temperatura de 130°C; seguido de un desecador por un periodo de 45 minutos; para finalizar se realizan las 4 réplicas correspondientes. La preparación de la instrumentación se encuentra más detallada en el ANEXO A. Los cálculos llevados a cabo para la obtención de los resultados de esta práctica que se contemplan en la Tabla 1 y las muestras de los mismos se encuentran en el ANEXO B.

Diagrama 5. Protocolo para la determinación del Porcentaje de Humedad del muestreo de Almidón de papa R-12.

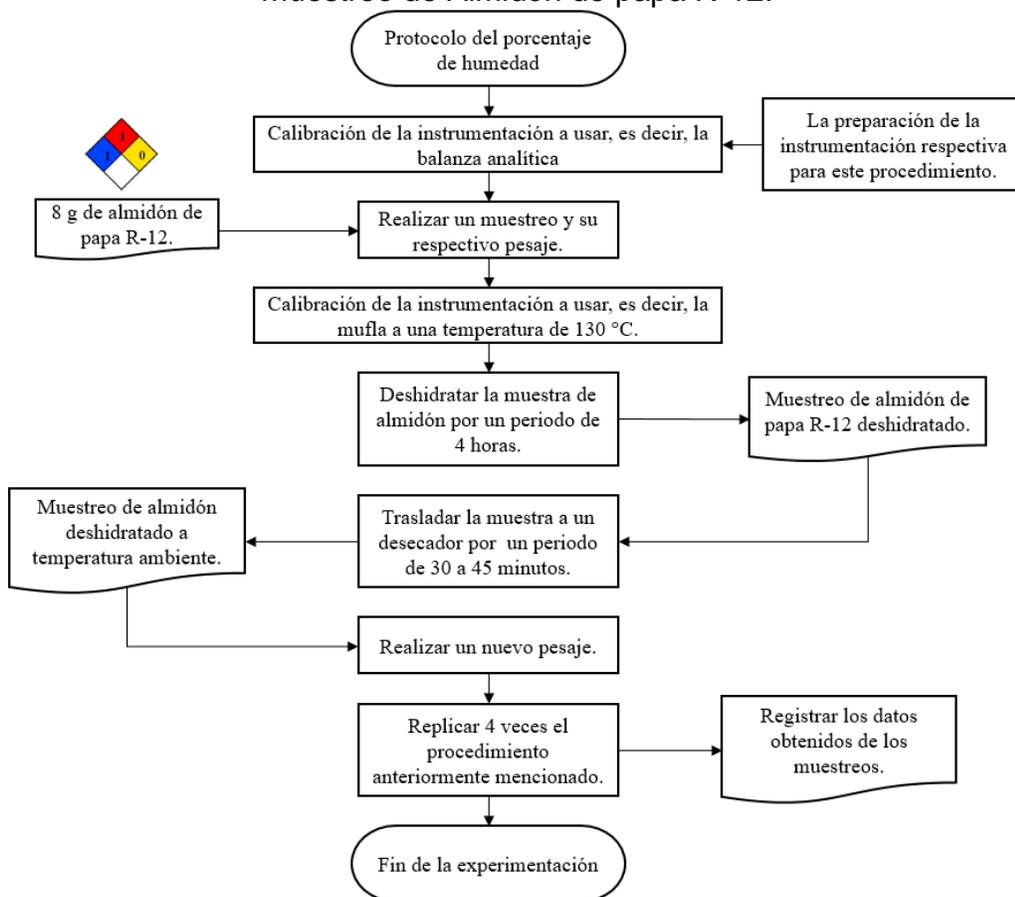


Tabla 1. Resultados de la determinación del Porcentaje de Humedad en la caracterización del Almidón de papa R-12.

Ensayo	Peso Almidón Húmedo (g)	Peso Almidón Seco (g)	% Humedad
1	8,009	3,965	50,493
2	8,018	3,913	51,197
3	8,076	3,914	51,535
4	8,085	3,902	51,738

Según los datos de la Tabla 1, se obtiene una desviación estándar de 0,546 para un error de 0,772%; lo que indica que mediante el procedimiento que se siguió de la norma NTC 529 se pudo divisar un error tolerable para poder llegar a un porcentaje de humedad promedio del 51,241%. Al compararlo con lo investigado en referencias bibliográficas. Se relaciona el porcentaje de humedad con un valor del 19%⁵³ ⁵⁴, 18% – 20%⁵⁵ y 17%- 18%⁵⁶.

Cabe resaltar que en este trabajo todos estos datos obtenidos de caracterización, parten del estado como suministra la Comercializadora de papas R&G la materia prima (el almidón de papa R-12), es decir, en un estado acuoso y muchos de estos resultados de la bibliografía se encuentra el almidón en polvo. Al determinar la mejor combinación de factores se podrá realizar la comparación de almidón nativo al modificado para poder generar el adhesivo.

2.3.3 Determinación de la Viscosidad del almidón de papa R-12. Por medio del manual de uso correspondiente al Viscosímetro Brookfield de referencia DV-E Viscometer indica ciertos parámetros de operación bajo una planilla representativa de varias sustancias y sus respectivas propiedades y comportamientos; el cual permite obtener como resultado la viscosidad de la muestra, la cantidad de materia aplicada para este estudio, husillo en este caso el número 3 y las revoluciones que se mantuvieron en 100 RPM; se realizaron 4 réplicas para efectos de análisis de esta propiedad. Los resultados en la Tabla 2.

⁵³HERNÁNDEZ MEDINA, Marilyn, *et al.* Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México, Ciencia y tecnología de alimentos, ISSN 0101-2061, 2008, p 721-722.

⁵⁴DIAZ CASTRO, Laura Jazmín y FIALLOS FIERRO, Fernando Fabián. Obtención de un nuevo adhesivo a partir del almidón modificado (carrier) de maíz para la Industria Cartonera Ecuatoriana, Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2011, p 22-23

⁵⁵GARCÍA REYES, Irene; CLAUDIO, Catalina y HERNÁNDEZ, Leticia. Ventajas, usos y aplicaciones de los almidones, Industrias alimenticias Fabp, S.A. de C.V, 2005, p 22-23

⁵⁶PALMA RODRÍGUEZ; AGAMA ACEVEDO; GONZÁLEZ SOTO y BELLO PÉREZ. Efecto del tamaño del granulo en la modificación química del almidón, XII congreso nacional de ciencia y tecnología de alimentos, 2010, p 283.

Diagrama 6. Protocolo para la determinación de la Viscosidad del muestreo de Almidón de papa R-12.

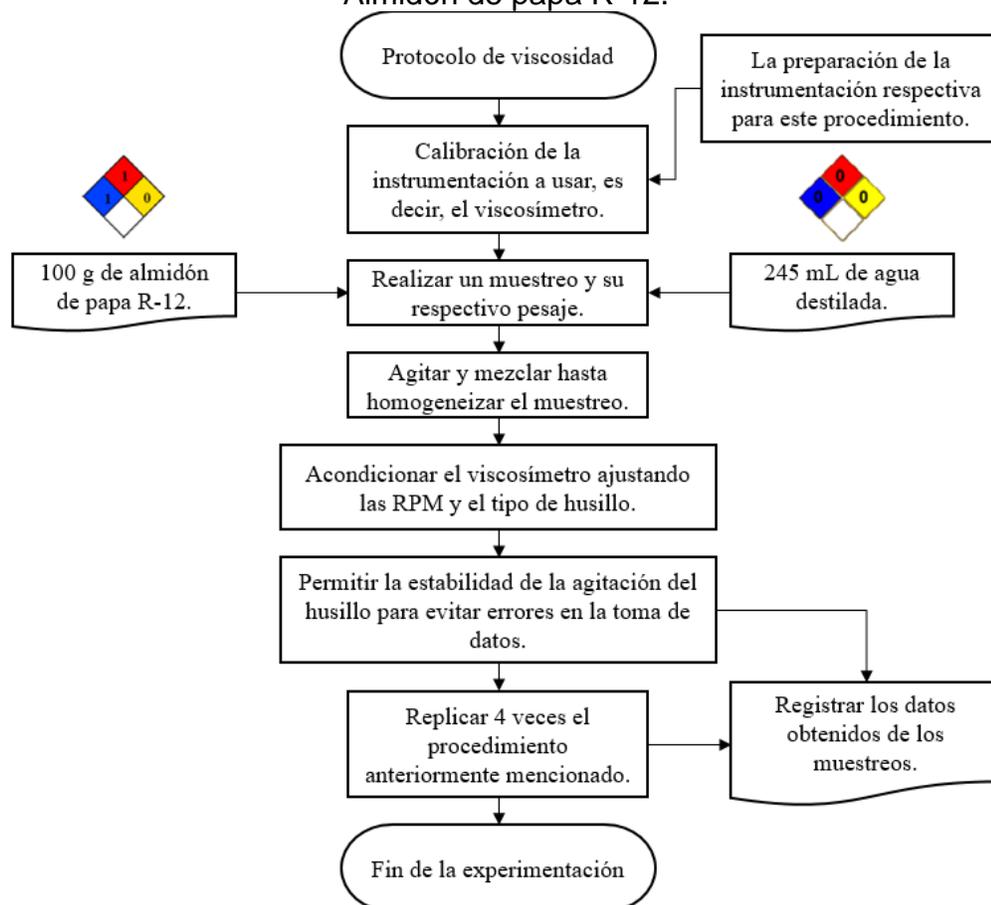


Tabla 2. Resultados de la determinación de la Viscosidad en la caracterización del Almidón de papa R-12.

Ensayo	Peso Almidón (g)	Viscosidad (cP)	%ERROR
1	100,046	25	0,025
2	100,081	23	0,023
3	100,001	24	0,024
4	100,017	25	0,025

Se obtuvo una desviación estándar de 0,957 con un error del 2,425% lo que arrojó un promedio para la viscosidad de las cuatro réplicas de 24,25 cP para almidón nativo de papa R-12 con lo que se realizará una comparación con el adhesivo final para ver que tanto fue su variación durante los procedimientos aplicados al muestreo dentro de sus propiedades, tal como se pueden apreciar los datos expuestos en la Tabla 2.

El uso de un viscosímetro permite la obtención de manera instantánea el valor de la viscosidad y el porcentaje de error de la sustancia de estudio; es muy útil puesto que se puede saber con precisión si el husillo y el spline aplicados son los apropiados para dicho material.

2.3.4 Determinación de la Densidad del almidón de papa R-12. Según la NTC 926 “Productos de molinería. Almidón de maíz no modificado (fécula de maíz)”, los ensayos se realizarán usando muestreos de 5 g de materia prima en este caso almidón, a través de probetas de 100 mL aforando 80 mL de agua destilada. Los resultados obtenidos en esta práctica se pueden contemplar en la Tabla 3 y las muestras de los mismos se encuentran en el ANEXO B.

Diagrama 7. Protocolo para determinación de la Densidad del muestreo de Almidón de papa R-12.

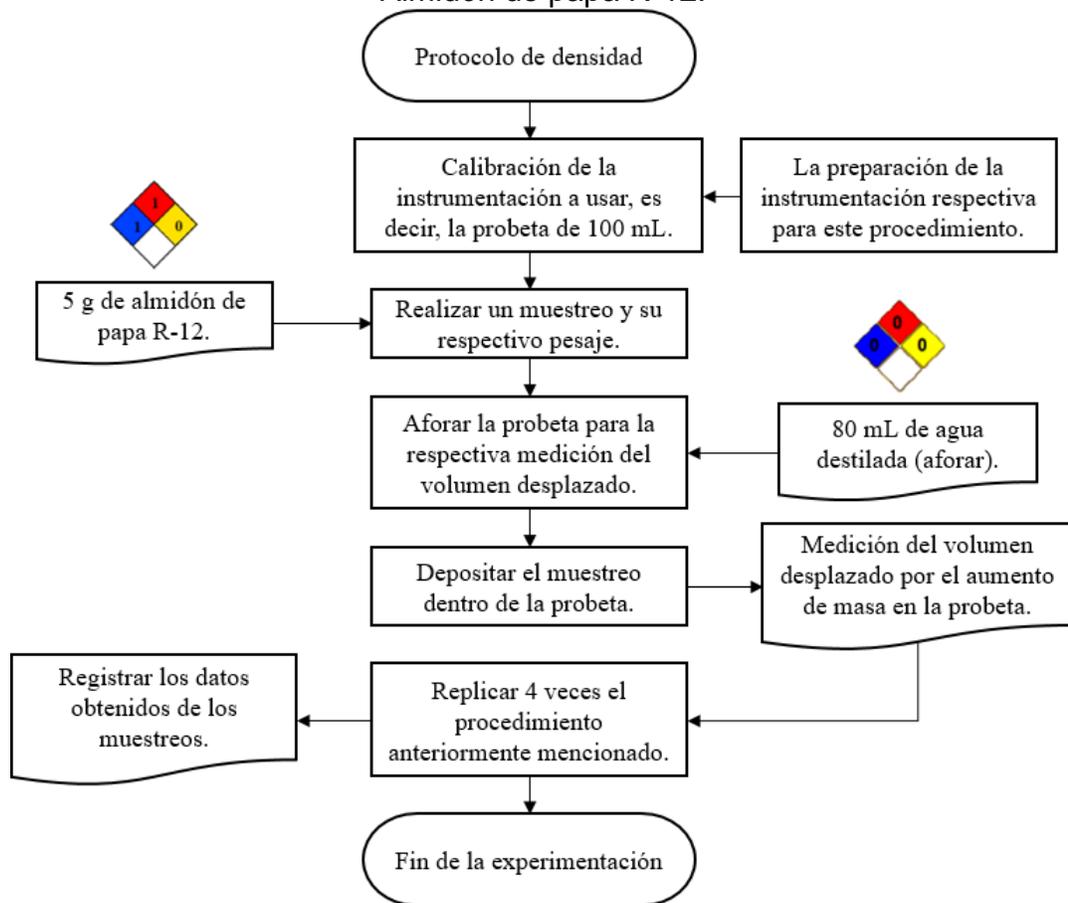


Tabla 3. Resultados de la determinación de la Densidad en la caracterización del Almidón de papa R-12.

Ensayo	Peso Almidón (g)	Volumen Desplazado (mL)	Densidad (g/mL)
1	5,034	5	1,0068
2	5,019	5	1,0038
3	5,012	5	1,0024
4	5,059	5	1,0118

Como ya se había mencionado anteriormente este procedimiento al igual que los anteriores y posteriores son de vital importancia para al finalizar el proyecto, realizar una serie de análisis comparativo de las variaciones de un cierto número de propiedades de la materia prima, para este caso el almidón de papa R-12 con los resultados obtenidos con el producto final, es decir, el adhesivo a base de almidón de papa R-12 y observar si dichos cambios favorecen o no el producto terminado.

Con los resultados expuestos en la Tabla 3, finales se dedujo una desviación estándar de 0,004 con un error del 0,308 % lo que es un error despreciable, dando como promedio una densidad de 1,006 g/mL.

Se puede concluir que al igual que en el estudio del porcentaje de humedad del almidón de papa R-12, expuesto anteriormente, esta propiedad tiene un comportamiento directamente proporcional entre la cantidad de materia que se evalúa en cada ensayo y el resultado de la densidad.

2.3.5 Determinación de pH en el almidón de papa R-12. Se tiene en cuenta la norma NTC 926 “Productos de molinería. Almidón de maíz no modificado (fécula de maíz)”; el procedimiento debe llevarse a cabo con la calibración del equipo, tomar un muestreo de 50 g de la materia prima en este caso el almidón; se realiza una dispersión del almidón agregando 245 mL de agua destilada y finalmente se hace la respectiva medición de las 4 réplicas. Los resultados de estas mediciones se encuentran registrados en la Tabla 4.

Ilustración 6. Protocolo para la determinación del pH del muestreo de Almidón de papa R-12.

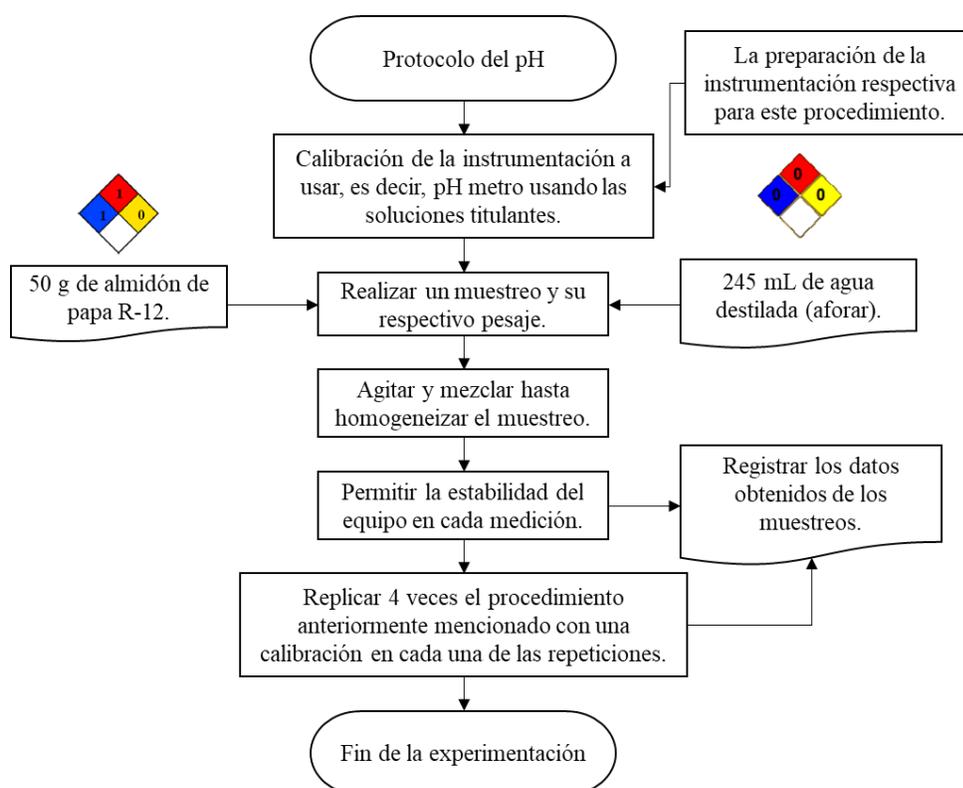


Tabla 4. Resultados de la determinación del pH en la caracterización del Almidón de papa R-12.

Ensayo	Peso Almidón (g)	pH
1	50,065	5,25
2	50,055	5,23
3	50,021	5,38
4	50,067	5,25

Los resultados de la Tabla 4, se puede llegar a examinar la concentración de los aditivos que se deben suministrar al pegante a base de almidón de papa R-12, luego de ejecutar los protocolos correspondientes a cada hidrólisis.

Al analizar los datos se pudo determinar una desviación estándar de 0,069 con un error de experimentación de 0,971 % para un promedio de medidas del pH de 5,278.

Se puede evidenciar un salto grande del valor del pH del ensayo 3 debido a un alto contenido de carga orgánica proveniente del plan de muestreo presentado en el apartado 2.3.1. del presente documento, lo que se quiere decir es que se presenta más concentración de partículas de almidón que por defecto habían iniciado su

proceso de fermentación durante la experimentación, sin embargo, hay que mencionar que al igual que en otros procedimientos ya mencionados es que siguió un protocolo al momento de ejecutarse, lo que quiere decir es que se hizo una intervención en el mismo, usando como método de control una homogenización de la muestra “madre”.

2.3.6 Determinación del Porcentaje de Cenizas del almidón de papa R-12.

Según la NTC 3806 “Cereales y productos de cereales molidos. Determinación de la ceniza total”; los ensayos se deben desarrollar bajo los parámetros de muestreos de 5 g de materia prima en este caso de almidón, se llevan a un horno por un intervalo de tiempo de 2 horas y a en un rango de temperatura de 900°C; seguido de un desecador por un periodo de 45 minutos. Los resultados obtenidos se reportan en la Tabla 5 y las muestras de los mismos se encuentran en el ANEXO B.

Diagrama 8. Protocolo para el análisis del Porcentaje de Cenizas del muestreo de Almidón de papa R-12.

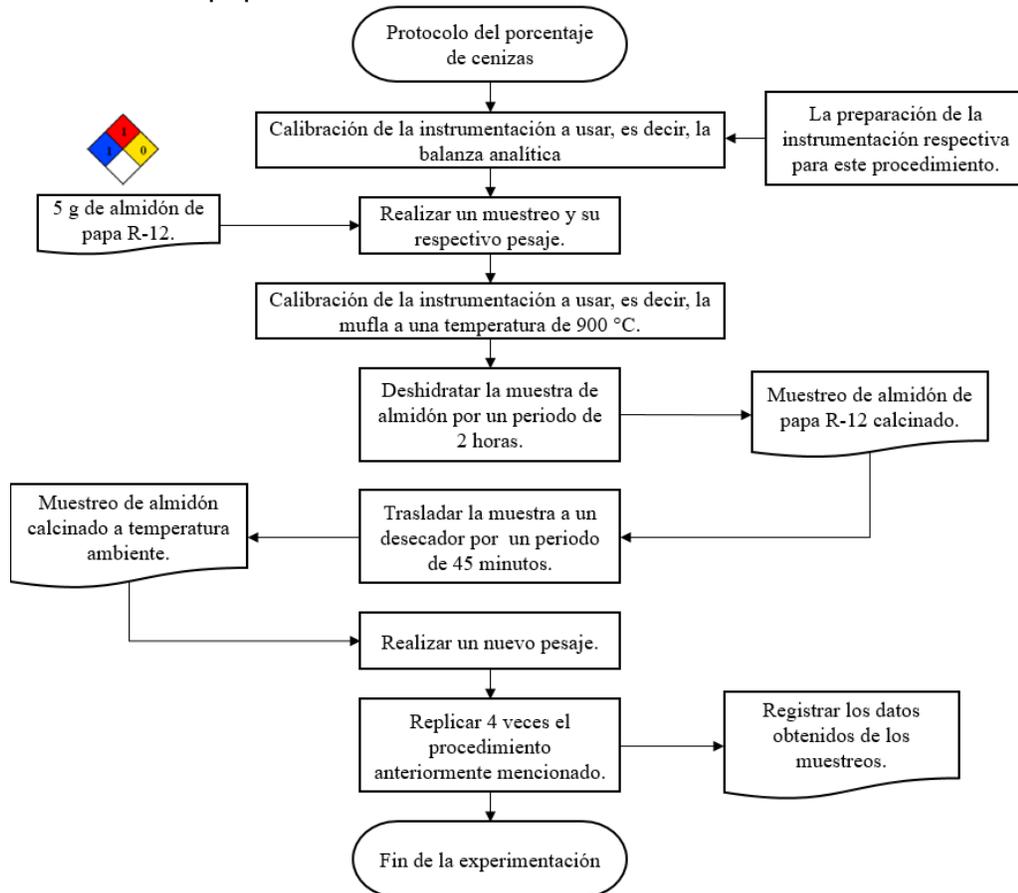


Tabla 5. Resultados de la determinación del Porcentaje de Cenizas en la caracterización del Almidón de papa R-12.

Ensayo	Peso Almidón Húmedo (g)	Peso Almidón Seco (g)	% Humedad (g/g)	% Cenizas (g/g)
1	5,071	0,015	50,493	0,00597
2	5,084	0,003	51,197	0,00121
3	5,039	0,001	51,535	0,00041
4	5,005	0,002	51,738	0,00083

De acuerdo a los datos obtenidos en la experimentación el porcentaje de cenizas se puede obtener una desviación de 0,003 con un error de 0,919 %, todo esto para indicar que el promedio de las cenizas es del 0,002 %.

El porcentaje de cenizas con un valor de 0,40%⁵⁷, difiere en gran medida a la obtenida, debido a que la norma aplicada se debe tener en cuenta el porcentaje de humedad en la fórmula de obtención de cenizas y como el almidón viene en una presentación acuosa su porcentaje de humedad es alto, comparándolo con los resultados encontrados en una profunda revisión bibliográfica como se demostró anteriormente.

2.3.7 Determinación de las Propiedades Organolépticas del almidón de papa R-12. La determinación de las propiedades organolépticas hace parte del estudio estético del producto final, además de mostrar los cambios no solo estructurales de la molécula del almidón, sino las propiedades que pueden ser percibidas a través de los sentidos del olfato, el tacto y la vista. Para ello se ha especificado que es de vital importancia el estudio de varias propiedades dentro de ellas están las de carácter organoléptico; para este estudio se ha propuesto un análisis estadístico usando información suministrada por la Universidad de América del segundo semestre del año 2017, dicha información es acerca del número de estudiantes totales activos en la institución de 1376 del programa de ingeniería química; seleccionando un grupo de personas de los semestres de 8º, 9º y 10º, dado que estos ya han culminado aproximadamente el 79,43% del plan de estudios formulado por la institución educativa, es decir, ya tienen capacidades para la formulación de problemas y de dar opiniones de carácter más profesional.

⁵⁷HERNÁNDEZ MEDINA, Marilyn, *et al.* Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México, Ciencia de tecnología de alimentos, ISSN 0101-2061, 2008, p 722.

Tabla 6. Número de asignaturas y créditos semestrales del plan de estudios del programa de ingeniería química Universidad de América.

SEMESTRE	No. ASIGNATURAS	No. CRÉDITOS		% CRÉDITOS
		SEMESTRAL	ACUMULATIVOS	
1	6	16	16	9,14
2	7	17	33	18,86
3	6	14	47	26,86
4	6	18	65	37,14
5	7	19	84	48,00
6	7	18	102	58,29
7	7	19	121	69,14
8	6	18	139	79,43
9	6	18	157	89,71
10	6	18	175	100,00
TOTAL	64	175	-	-

Fuente: Fundación Universidad de América. En línea (<http://www.uamerica.edu.co/programas-academicos/pregrado/ingenieria-quimica/>). Consultado el 15 de agosto de 2017.

Partiendo de la información suministrada de la Tabla 6, se determina que un estudiante de 7mo semestre debe cumplir con un 79,43% de aprobación de las asignaturas totales que debe cursar en su formación profesional y el equivalente al 69,14% de los créditos, estos datos determinan que tan efectiva será la opinión de un estudiante experimentado al momento de aportar a los resultados de la experimentación. El grupo anteriormente mencionado de los semestres 8vo, 9no y 10mo corresponden a un total de 404 estudiantes, y para poder llevar a cabo se sugiere por parte de analistas estadísticos la toma una muestra del 20% del total de la población como mínimo, teniendo en cuenta que estos valores representan un riesgo dado que el porcentaje de error al momento de reportar los resultados; pero para evitar estos errores en la toma de datos y de la obtención de los resultados se más eficaz se tomará una muestra representativa del 60% del total de la población, lo que quiere decir es que se realizará el estudio a un grupo de 242,4 personas, es decir, 242 estudiantes.

Tabla 7. Número de estudiantes activos de ingeniería química semestral del 2017.

SEMESTRE	No. ESTUDIANTES ACTIVOS	SEMESTRE	No. ESTUDIANTES ACTIVOS
1	70	6	132
2	273	7	107
3	106	8	138
4	188	9	122
5	96	10	144
ESTUDIANTES TOTALES		1376	

Fuente: Fundación Universidad de América. Decanatura Ingeniería Química. 15 de agosto de 2017.

Para aspectos de control y una posterior comparación de los resultados que se obtenidos del adhesivo al finalizar el proyecto, se ha descartado la propiedad del sabor debido a que en las etapas “Obtención del pegante” y “Obtención del Adhesivo”, se usan componentes químicos que pueden ser tóxicos para la salud de las personas si estos son ingeridos; dichos componentes son el ácido clorhídrico, hidróxido de sodio, formaldehído entre otros para reforzar las propiedades del mismo adhesivo. Los resultados obtenidos se encuentran registrados en la Tabla 8.

Diagrama 9. Protocolo para el análisis de las propiedades organolépticas del muestreo de Almidón de papa R-12.

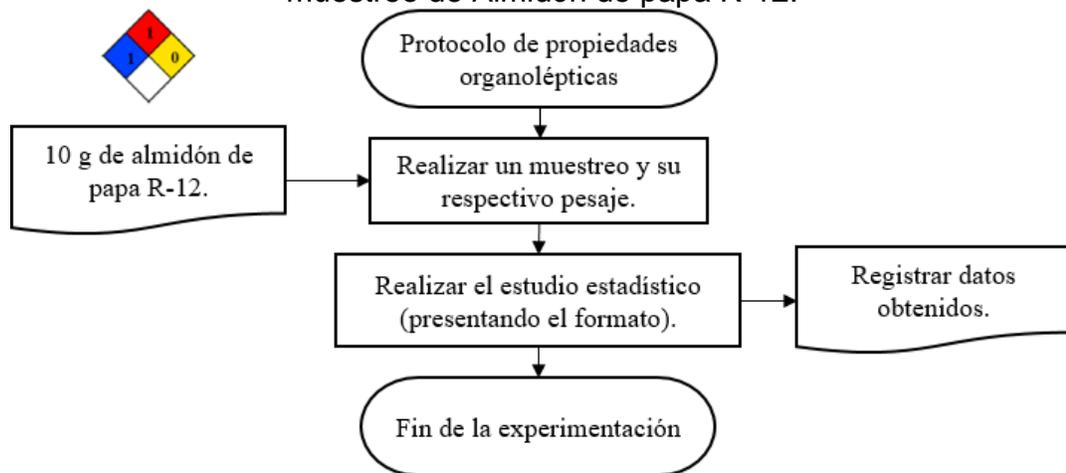
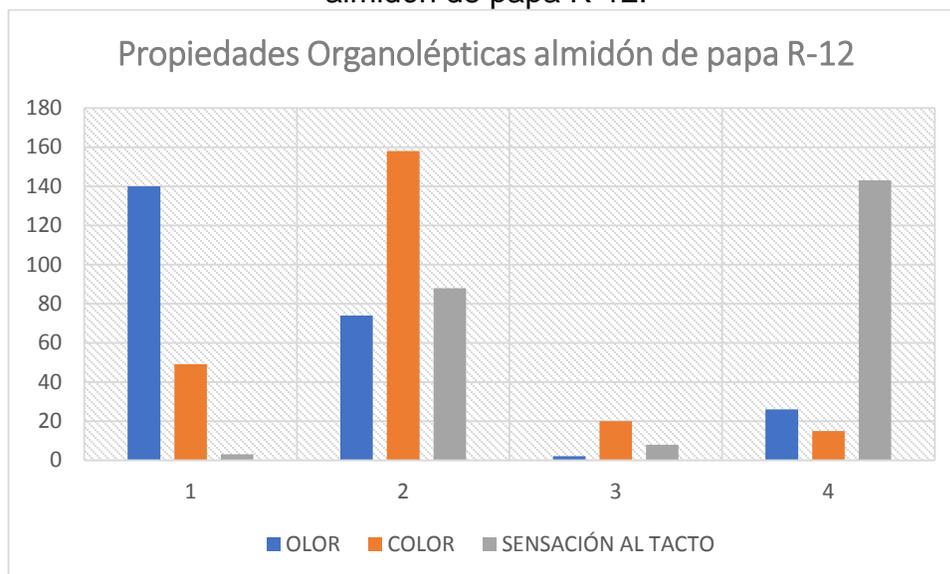


Tabla 8. Resultados de la determinación de las Propiedades Organolépticas del muestreo de Almidón de papa R-12.

Olor	Agradable	140	57,85 %
	Tolerable	74	30,58 %
	Desagradable	2	0,83 %
	Sin olor	26	10,74 %
Color	Amarillo	49	20,25 %
	Blanco	158	65,29 %
	Translucido	20	8,26 %
	Grisáceo	15	6,20 %
Sensación al tacto	Aguado	3	1,24 %
	Blando (Semisólido)	88	36,36 %
	Duro	8	3,31 %
	Arenoso	143	59,09 %
Población total		242	

Gráfica 2. Resultados de la determinación de las Propiedades Organolépticas del almidón de papa R-12.



En la Gráfica 2 se puede evidenciar de manera más clara los datos reportados en la tabla anterior, luego de ejecutar el muestreo del almidón de papa R-12 y el estudio estadístico presentado anteriormente en el protocolo.

Cuadro 9. Rotulo de la Gráfica 2: Resultados de la determinación de las Propiedades Organolépticas del almidón de papa R-12.

Ítem	Color	Variable	Propiedad
1	Azul	Agradable	Olor
	Naranja	Amarillo	Color
	Gris	Aguado	Sensación al tacto
2	Azul	Tolerable	Olor
	Naranja	Blanco	Color
	Gris	Blando (Semisólido)	Sensación al tacto
3	Azul	Desagradable	Olor
	Naranja	Translucido	Color
	Gris	Duro	Sensación al tacto
4	Azul	Sin olor	Olor
	Naranja	Grisáceo	Color
	Gris	Arenoso	Sensación al tacto

El Cuadro 9 proporciona información sobre los indicadores de colores Azul, Naranja y Gris reportados en la Gráfica 2, dando a conocer a que ítem de los datos reportados de forma más detallada sobre el número de personas encuestadas y de las respuestas suministradas; se encuentran en el apartado 2.3.7 del presente documento.

Como conclusión de este capítulo, es importante considerar que las propiedades analizadas anteriormente son factores claves para el posterior control de la adhesividad que poseerá el producto de interés; sin embargo hay un gran número de propiedades que no se analizaron debido a su poca influencia o importancia para el estudio de la adhesividad y otras como el control de proteínas presentes dentro del almidón de papa R-12 son objeto de un estudio posterior dado que pueden presentar una perturbación al proyecto ya establecido, es decir, a la observación de las variables de concentraciones de amilopectina y amilosa, los cuales como ya se mencionó anteriormente son los componentes principales de la estructura del almidón de papa R-12; y las concentraciones de los agentes hidrolizantes usados en este proyecto.

3. PRODUCCIÓN DE UN PEGANTE A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12

En el presente capítulo se explican las dos etapas diseñadas para la producción del adhesivo a base de almidón de papa R-12; la primera etapa denominada “Obtención del Pegante”, siendo esta una pre-experimentación basándose en un diseño experimental de 3^2 , de esto se explica de manera más detallada en el apartado 3.1. del presente documento; este procedimiento radica en la postulación de formulaciones y de ellas seleccionar las más adecuadas para la ejecución de la siguiente etapa denominada “Obtención del Adhesivo”, para ello se tendrán en cuenta ciertos criterios para realizar la elección, tales como las propiedades que se evaluaron en la caracterización del almidón de papa R-12 y pruebas para la determinación cualitativa del poder adherente de los resultados obtenidos de la primera etapa, sin embargo, se explica de manera más precisa en el apartado 4.1. del presente documento. Además, se hace una explicación de todos los parámetros de operación, los factores, los niveles y demás aspectos que se harán partícipes del desarrollo de este capítulo y su cumplimiento de los objetivos plasmados para el proyecto de trabajo de grado.

3.1 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE UN DISEÑO EXPERIMENTAL FACTORIAL 3^K

Todo investigador se enfrenta a dos difíciles tareas, tales como: descubrir y entender las complejas relaciones que puedan existir entre múltiples variables y, alcanzar este objetivo a pesar de que los datos estén contaminados por un error experimental. Normalmente, es más eficiente el efecto de múltiples variables simultáneamente ejecutadas.

Para realizar un diseño experimental del tipo factorial, se seleccionan un número fijo de “niveles” para cada una de un conjunto de variables “factores” y luego se hacen experimentos con todas las combinaciones posibles y como paso comprobatorio de errores experimentales se realizan sus respectivas réplicas con el fin de evitar posibles complicaciones al momento de analizar los resultados obtenidos. Planteando de esta manera un diseño de $3^k * j \Rightarrow 3^2 * 3$, siendo tres niveles correspondientes a las concentraciones de cada agente hidrolizante; como ya se han venido hablando a lo largo del presente documento, estos son el hidróxido de sodio (NaOH) y el ácido clorhídrico (HCl); y las concentraciones del almidón.

Para el presente proyecto se realizarán dos diseños experimentales para cada una de las combinaciones entre la materia prima y cada uno de los agentes hidrolizantes expuestos anteriormente; el primer diseño experimental consistirá en la combinación entre el Hidróxido de Sodio (NaOH) y el almidón de papa R-12 y el segundo diseño experimental consistirá en la combinación entre el Ácido Clorhídrico (HCl) y el almidón de papa R-12; para cada uno de estos procedimientos se tendrán en cuenta las concentraciones de cada una de las sustancias a evaluar. Cabe

resaltar que la combinación entre el Hidróxido de Sodio y el Ácido Clorhídrico no se llevarán a cabo dado que no son de manera pertinente para los objetivos del proyecto. Y como último aspecto para cada uno de los diseños experimentales es la consideración de la ejecución de las 3 réplicas correspondientes a cada ensayo.

Dando como resultado un total de 27 ensayos de experimentación por cada diseño experimental formulado, resultando un total de 54 posibles combinaciones en la realización de la etapa de “Obtención del Pegante” las cuales se evaluarán, haciendo una comparativa frente a las propiedades resultantes de una selección de características de adhesión por medio de pruebas de calidad del adhesivo usado como blanco analítico proveniente de la empresa Comercializadora Nacional de Papas R&G. Al final de estos procedimientos se harán las adiciones de los demás reactivos que actuarán como refuerzos de las propiedades adhesivas de los ensayos que estén de los parámetros establecidos en las hipótesis de las que se hablarán a continuación. Los cálculos respectivos se encuentran en el ANEXO F.

Teniendo en cuenta una referencia bibliográfica, se pueden determinar los valores y resultados obtenidos por experimentaciones previas bajo diversas condiciones, esto para dar la aproximación más adecuada para la ejecución del procedimiento planteado para el presente proyecto de trabajo de grado; los resultados de esta investigación se encuentran reportados en el apartado 1.7., del presente documento.

Como parámetros para la experimentación se establecen los siguientes conceptos claves, los cuales son:

- Hipótesis: Si la fuerza de adhesión de los ensayos obtenidos de la etapa “Obtención del Pegante” es mayor o igual a la fuerza de adhesión que presenta el adhesivo proveniente de la Comercializadora Nacional de Papas R&G son candidatos de continuar a la etapa de “Obtención del Adhesivo”.
- Hipótesis nula: Si la fuerza de adhesión de los ensayos obtenidos de la etapa “Obtención del Pegante” es menor a la fuerza de adhesión que presenta el adhesivo proveniente de la Comercializadora Nacional de Papas R&G no son candidatos de continuar a la etapa de “Obtención del Adhesivo”.
- Niveles: 3 concentraciones (correspondientes a los dos componentes de cada uno de los dos diseños).
- Variables Independientes:
 - ✓ Concentración del almidón de papa R-12 [70, 80, 90] %p/p.
 - ✓ Concentración del ácido clorhídrico (HCl) [2, 6, 12] M.
 - ✓ Concentración del hidróxido de sodio (NaOH) [0.5;0.7;3] M.
- Variables Dependientes:
 - ✓ Temperatura de reacción (temperatura de gelatinización): 64°C.
- Réplicas: 3.
- Variable Respuesta: Fuerza de adhesión.

- Numero de tratamientos: Son los ensayos totales finales, 27 ensayos por cada diseño experimental; 54 ensayos totales finales.

Recordando que los diseños experimentales que se llevarán a cabo serán de la siguiente manera:

- Diseño experimental 1: Almidón de papa R-12 con Hidróxido de Sodio.
- Diseño experimental 2: Almidón de papa R-12 con Ácido Clorhídrico.

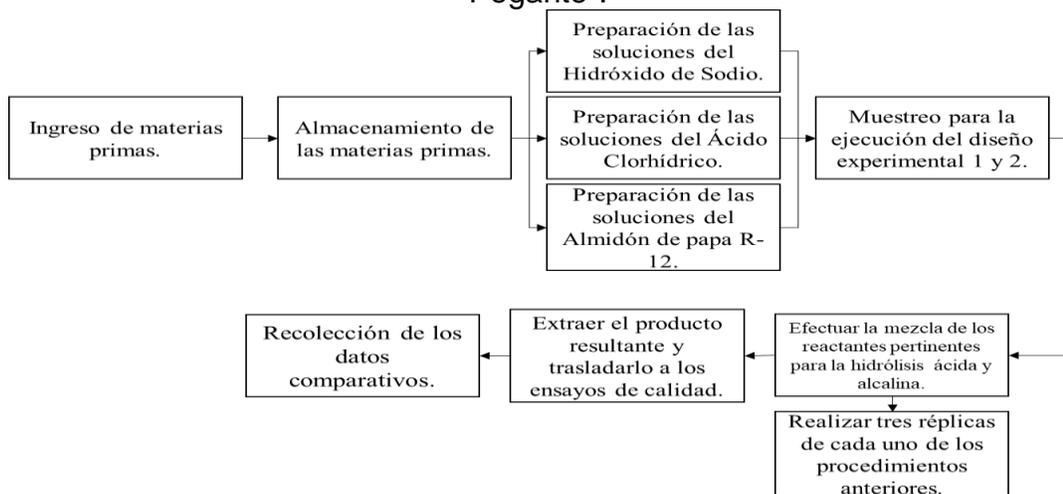
3.2 PRIMERA ETAPA: “OBTENCIÓN DEL PEGANTE”

Como ya se ha mencionado a lo largo del presente documento se han establecido dos etapas para el desarrollo del proyecto; la primera se denominó “Obtención del Pegante”, siendo esta la más importante debido a que se lleva a cabo una pre-experimentación para la determinación de las mejores formulaciones para la producción de un adhesivo a base de almidón de papa R-12, además de la aplicación de los dos métodos hidrolíticos postulados; de los que previamente se ha hablado y explicado en la sección 1.7. Para este proyecto se seleccionaron el método de la ruta hidrolítica alcalina y el de la ruta hidrolítica ácida; usando como agentes hidrolizantes el Hidróxido de Sodio y el Ácido Clorhídrico respectivamente.

Se analiza el efecto de las concentraciones de los mismos junto con el almidón de papa R-12 para la producción del adhesivo a nivel de laboratorio. Reflejado en el Diagrama 11. En este segmento se mostrarán los protocolos que se ejecutarán para el cumplimiento de esta etapa y su posterior análisis de resultados.

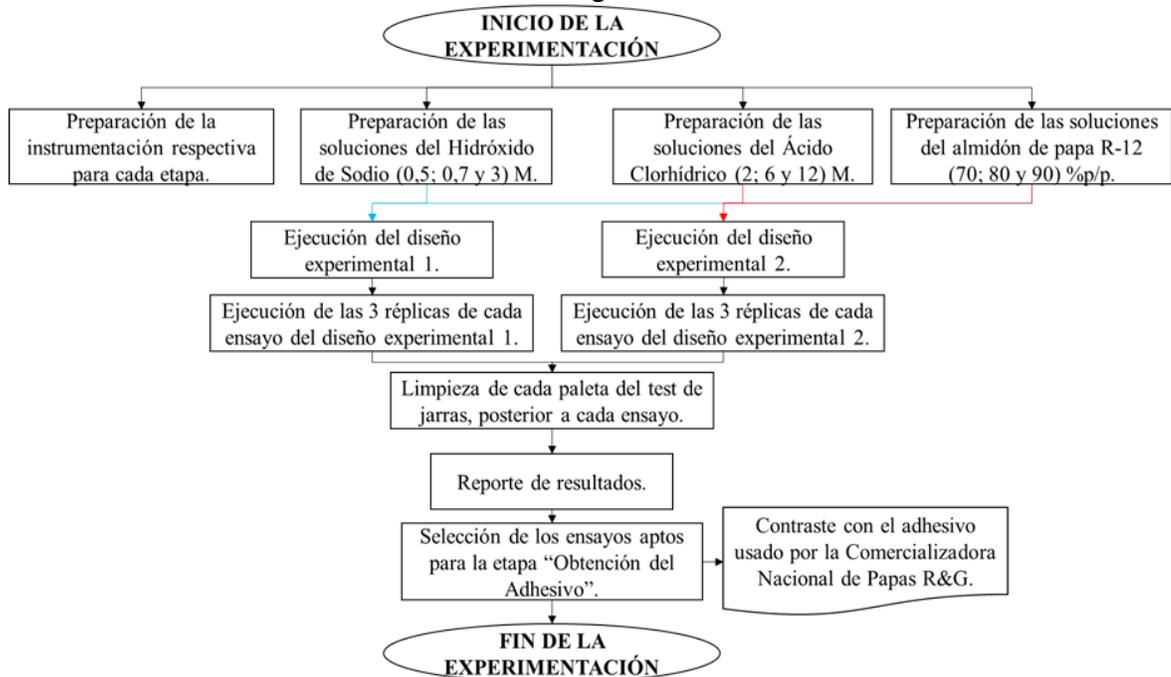
3.2.1 Diagrama de bloques para el desarrollo de la etapa “Obtención del Pegante”

Diagrama 10. Diagrama de bloques para el desarrollo de la etapa "Obtención del Pegante".



3.2.2 Desarrollo de la primera etapa “Obtención del Pegante”

Diagrama 11. Protocolo de laboratorio para el desarrollo de la etapa “Obtención del Pegante”.



Inicialmente se deben preparar las respectivas soluciones de los agentes hidrolizantes a sus respectivas concentraciones, las cuales son de Hidróxido de Sodio de 0,5 M, 0,7 M y 3 M; las concentraciones respectivas del Ácido Clorhídrico son 2 M, 6 M y 12 M; y las soluciones del almidón de papa R-12, previamente establecidos en valores de 70 %p/p, 80 %p/p y 90 %p/p.

Se inicia la ejecución del diseño experimental anteriormente mencionado, realizando cada una de las formulaciones de estos, ilustrados en el Cuadro 12 y Cuadro 13; efectuando 3 réplicas por cada ensayo, como carácter obligatorio para reducir el porcentaje de error por los múltiples factores que lo puedan ocasionar.

Los diseños experimentales consisten en la mezcla constante entre las concentraciones del almidón y del agente hidrolizante en un agitador industrial (escala laboratorio), dado que este posee como característica la agitación constante y controlada por periodos de 15 minutos. Una vez ambos diseños experimentales sean efectuados, se realizarán las pruebas de calidad para determinar los ensayos aptos para la continuación de la siguiente etapa “Obtención del Adhesivo”, donde se añadirán diversas sustancias como formaldehído, aromatizantes, entre otros; para reforzar las propiedades de resistencia a la temperatura, condiciones climáticas de alto porcentaje de humedad, dado que las moléculas resultantes del proceso hidrolítico son de naturaleza hidrofóbica.

Cuadro 10. Diseño de experimentos 1: Almidón de papa R-12 con Hidróxido de Sodio (NaOH).

Concentraciones		Hidróxido de sodio (NaOH) [M]								
		0.5			0.7			3		
Almidón de	70	A1	A2	A3	D1	D2	D3	G1	G2	G3
papa R-12	80	B1	B2	B3	E1	E2	E3	H1	H2	H3
[%p/p]	90	C1	C2	C3	F1	F2	F3	I1	I2	I3

La información suministrada en el Cuadro 10 representa el sistema de rotulado que se aplicará a cada uno de los ensayos durante la experimentación para que sea de forma más clara, precisa y eficaz al momento de monitorear los resultados obtenidos durante las etapas posteriores de estudio de las propiedades que poseen los ensayos de la primera etapa de producción “Obtención del Pegante” correspondiente al diseño experimental 1.

Cuadro 11. Diseño de experimentos 2: Almidón de papa R-12 con Ácido Clorhídrico (HCl).

Concentraciones		Ácido clorhídrico (HCl) [M]								
		2			6			12		
Almidón de	70	J1	J2	J3	M1	M2	M3	P1	P2	P3
papa R-12	80	K1	K2	K3	N1	N2	N3	Q1	Q2	Q3
[%p/p]	90	L1	L2	L3	O1	O2	O3	R1	R2	R3

La información suministrada en el Cuadro 11, al igual que el Cuadro 10 representa el sistema de rotulado que se aplicará a cada uno de los ensayos durante la experimentación para que sea de forma más clara, precisa y eficaz al momento de monitorear los resultados obtenidos durante las etapas posteriores de estudio de las propiedades que poseen los ensayos de la primera etapa de producción “Obtención del Pegante”; con la diferencia que esta es destinada al diseño experimental 2.

3.2.3 Reactivos para el desarrollo de la etapa “Obtención del Pegante”. Las concentraciones de estos reactivos se determinaron al momento de realizar un análisis exhaustivo en referencias bibliográficas y de una secuencia pre-experimental; dado que son los resultados más adecuados para el proceso planteado y los más cercanos al objetivo final de este trabajo.

3.2.3.1 Hidróxido de sodio. Este reactivo es proporcionado por las instalaciones de la Universidad de América, el cual se encuentra concentrado y la presentación es sólida (escamas). Además de ser uno de los agentes hidrolizantes postulados para el desarrollo del adhesivo para el proyecto por la ruta de hidrólisis alcalina.

Los cálculos realizados se encuentran en el ANEXO E, explicándose de manera detallada con sus fórmulas respectivas a cada una de las variaciones para este procedimiento; los resultados obtenidos de este procedimiento se muestran en la Tabla 9, que se muestra a continuación:

Tabla 9. Concentraciones de Hidróxido de Sodio.

Soluciones	m_{sto} (g)	V_{sln} (L)	Concentración (M)
1	4,9996	0,250	0,5
2	6,9994	0,250	0,7
3	29,9978	0,250	3

3.2.3.2 Ácido clorhídrico. Este reactivo es proporcionado por las instalaciones de la Universidad de América, el cual se encuentra en una concentración de 12 M. Además de ser uno de los agentes hidrolizantes postulados para el desarrollo del adhesivo para el proyecto por la ruta de hidrólisis ácida.

Los cálculos realizados se encuentran en el ANEXO E, explicándose de manera detallada con sus fórmulas respectivas a cada una de las variaciones para este procedimiento; los resultados obtenidos de este procedimiento se muestran en la Tabla 10 que se muestra a continuación:

Tabla 10. Concentraciones de Ácido Clorhídrico.

Soluciones	V_{sto} (mL)	V_{slv} (mL)	Concentración (M)
1	41,667	208,333	2
2	125	125	6
3	250	0	12

Los datos anteriormente mencionados reflejan las cantidades del soluto el cual para este caso es el Ácido Clorhídrico y el solvente es el Agua Destilada. Los volúmenes usados para la preparación de estas soluciones serán de 250 mL para facilidad de operación dado que este reactivo es altamente peligroso al ser manipulado.

3.2.3.3 Almidón de papa R-12. Este reactivo fue proporcionado por la empresa Comercializadora Nacional de Papas R&G ubicada en Soacha – Cundinamarca. Siendo esta la materia prima para el desarrollo del proyecto de trabajo de grado.

Los cálculos realizados se encuentran en el ANEXO E, explicándose de manera detallada con sus fórmulas respectivas a cada una de las variaciones para este procedimiento; los resultados obtenidos de este procedimiento se muestran en la Tabla 11:

Tabla 11. Concentraciones de Almidón de Papa R-12.

Soluciones	m_{sto} (g)	m_{slv} (g)	m_{sln} (g)	%p/p
1	70	30	100	70
2	80	20	100	80
3	90	10	100	90

3.2.4 Composiciones de los diseños experimentales para el desarrollo de la etapa “Obtención del Pegante”. Los pesajes realizados para cada una de las formulaciones constan de una solución de almidón de papa R-12 son en proporción 70 g de almidón con 30 mL de agua, 80 g de almidón con 20 mL de agua y 90 g de almidón con 10 mL de agua; y la reacción con una solución del agente hidrolizante, tal como se puede evidenciar en la Tabla 9 para el proceso hidrolítico alcalino y la Tabla 10 para el proceso ácido, tomando una alícuota de 50 mL para efectos de control sobre los resultados que pueden ser obtenidos luego de la hidrólisis. Dichos pesajes se encuentran reportados en la Tabla 12.

Tabla 12. Composiciones de los diseños experimentales para el desarrollo de la etapa “Obtención del Pegante”.

Diseño experimental 1			Diseño experimental 2								
A	70,000	D	70,046	G	70,055	J	70,028	M	70,007	P	70,012
	70,010		70,050		70,022		70,011		70,001		70,001
	70,004		70,052		70,017		70,009		70,055		70,005
B	80,055	E	80,070	H	80,094	K	80,047	N	80,075	Q	80,089
	80,011		80,071		80,023		80,044		80,077		80,077
	80,033		80,068		80,020		80,050		80,074		80,088
C	90,036	F	90,059	I	90,068	L	90,018	O	90,023	R	90,066
	90,034		90,044		90,077		90,022		90,020		90,090
	90,022		90,000		90,053		90,023		90,021		90,055

La información suministrada en la Tabla 12 son los valores de las cantidades usadas en cada una de las formulaciones postuladas para el desarrollo de la primera etapa del proyecto denominada “Obtención del Pegante” y sus respectivas réplicas para el análisis de todos los comportamientos sufridos por la materia prima. Hay que aclarar que los criterios de selección de las formulaciones más adecuadas para la ejecución de la segunda etapa denominada “Obtención del Adhesivo” consta de una serie de análisis que van desde las comparaciones de los cambios sufridos en los aspectos del porcentaje de humedad, hasta las pruebas de tensión para conocer la capacidad que soporta el adhesivo en la resistencia de la separación de las superficies de estudio. Los ensayos de tensión que se ejecutan sobre las muestras de cada una de las formulaciones se analizarán de manera cualitativa, es decir, se realizarán de manera manual los estudios de tensión para la determinación de la fuerza de adherencia que soporta cada una las muestras. Además de las soluciones de almidón estimadas para este proyecto, se toma una alícuota de 50 mL de cada

uno de los agentes hidrolizantes para las rutas hidrolíticas alcalina y ácida, únicamente con el objetivo de actuar como factor de comparación de las alteraciones estructurales del almidón y de esta manera la determinación de la efectividad de los materiales de estudio.

3.3 CARACTERIZACIÓN DEL PEGANTE A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12

3.3.1 Determinación del Porcentaje de Humedad de un Pegante a base de almidón de papa R-12. El procedimiento para la determinación del porcentaje de humedad del pegante a base de almidón de papa R-12 se llevará a cabo bajo la reglamentación obtenida de la norma técnica colombiana NTC 529 “Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad”; los ensayos se deben realizar pesajes de 8 g de la materia a analizar en este caso es el adhesivo a base de almidón de papa R-12, se someter a una temperatura de 130°C por un periodo de tiempo de 4 horas, seguido de un proceso de des humidificación por un periodo de tiempo de 45 minutos; para finalizar se realizar un nuevo pesaje para determinar la cantidad de agua fue retirada en el procedimiento anteriormente mencionado. Los cálculos realizados se encuentran en el ANEXO C. Los resultados obtenidos se encuentran reportados a continuación en la Tabla 13.

Diagrama 12. Protocolo para el análisis del Porcentaje de Humedad de un Pegante a base de almidón de papa R-12.

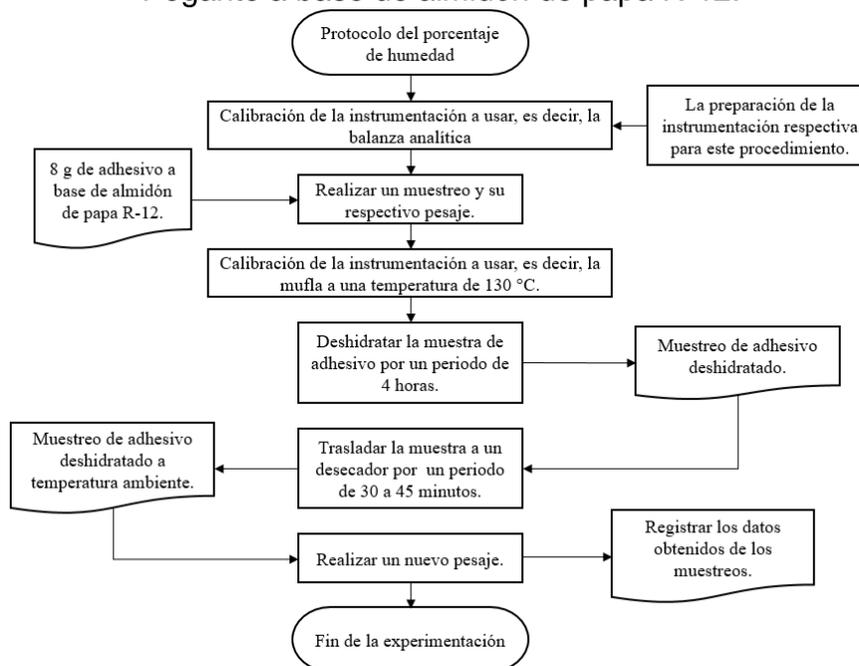


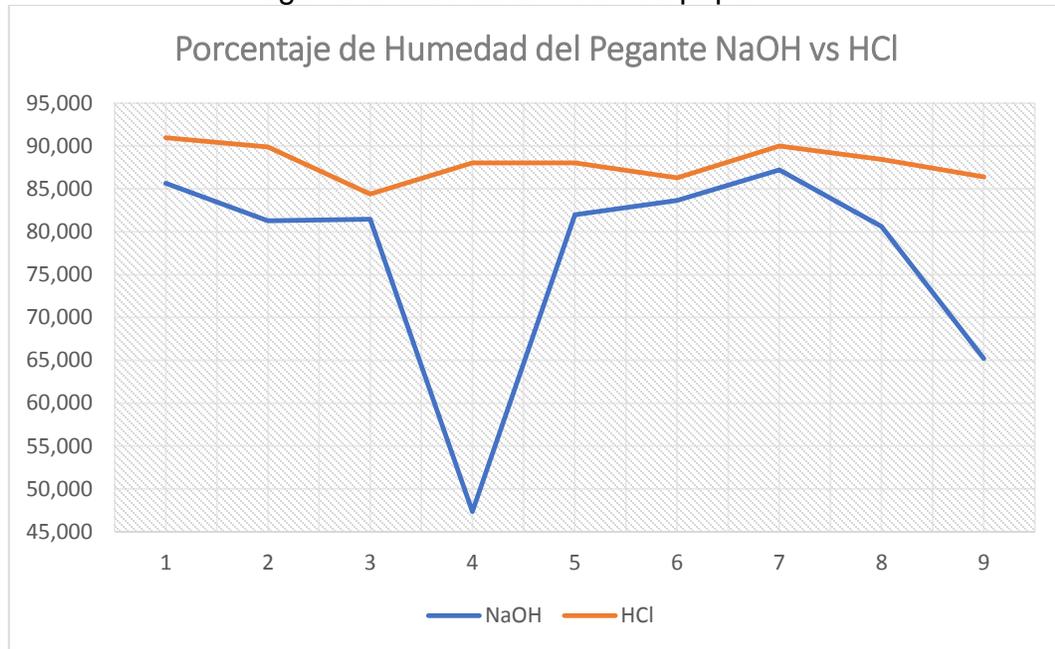
Tabla 13. Resultados de la determinación del Porcentaje de Humedad de los pegantes a base de almidón de papa R-12.

Diseño experimental 1				Diseño experimental 2			
Ensayo	Peso Adhesivo Húmedo (g)	Peso Adhesivo Seco (g)	% Humedad	Ensayo	Peso Adhesivo Húmedo (g)	Peso Adhesivo Seco (g)	% Humedad
A	8,061	1,155	85,672	J	8,099	0,731	90,974
B	7,999	1,497	81,285	K	8,070	0,817	89,876
C	8,098	1,501	81,465	L	8,006	1,249	84,399
D	7,979	4,201	47,349	M	8,093	0,968	88,039
E	8,095	1,460	81,964	N	8,089	0,968	88,033
F	8,000	1,307	83,663	O	8,000	1,096	86,300
G	7,997	1,023	87,208	P	8,009	0,802	89,986
H	8,022	1,555	80,616	Q	8,053	0,930	88,452
I	8,068	2,809	65,183	R	8,090	1,100	86,403

Según los datos de la Tabla 13, se obtiene una desviación estándar para los ensayos alcalinos y ácidos de 12,837 y 2,089 respectivamente; y errores de 0,120% y 0,141%; lo que quiere decir que al momento de aplicar la NTC 529 “Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad”, se logró de

manera efectiva obteniendo porcentajes de humedad de 77,156% y 88,051% respectivamente, lo que es coherente debido a que la muestra del almidón poseía una cantidad agua aproximadamente del 50%, luego de la preparación de las soluciones de almidón en cada ensayo, más el agua que contienen las soluciones del hidróxido de sodio y el ácido clorhídrico aumentan el porcentaje de humedad del pegante resultante de los procesos hidrolíticos.

Gráfica 3. Resultados del Porcentaje de Humedad de la caracterización de un Pegante a base de almidón de papa R-12.



En la Gráfica 3 se pueden evidenciar picos que representan un porcentaje bajo de humedad, esto se debe a que las soluciones de hidróxido de sodio y agua son reacciones exotérmicas, en el procedimiento de homogenización hay una pérdida de agua, además que al momento de entrar en contacto con las soluciones de almidón se presenta el mismo efecto generando una disminución del contenido de agua dentro de los ensayos y se evidencian dichos picos de caída.

3.3.2 Determinación de la Viscosidad de un Pegante a base de almidón de papa R-12. Para la determinación de la viscosidad que presenta el pegante a base de almidón de papa R-12 se aplicará el procedimiento establecido por las normas técnicas colombianas NTC 2790 “Adhesivos. Métodos de ensayo para determinar la viscosidad” y NTC 5063 “Adhesivos. Método de ensayo para determinar la viscosidad aparente de adhesivos con velocidad de corte dependiente de las propiedades de flujo”. Se tomará una muestra de 100 g de un lote de adhesivo determinado, posteriormente se le añadirán 245 mL de un agente diluyente, se mezclará constantemente cada muestra por un periodo de 5 minutos; después de este paso se someterá la muestra y con ayuda del manual de uso del Viscosímetro Brookfield de referencia DV-E Viscometer para la determinación de los parámetros de operación, manteniendo el husillo número 3 y las 100 RPM, con esto se obtienen los resultados sobre la viscosidad de la sustancia analizada y el porcentaje de error que también proporciona el equipo. Los resultados obtenidos se encuentran reportados a continuación en la Tabla 14.

Diagrama 13. Protocolo para el análisis de la Viscosidad de un Pegante a base de almidón de papa R-12.

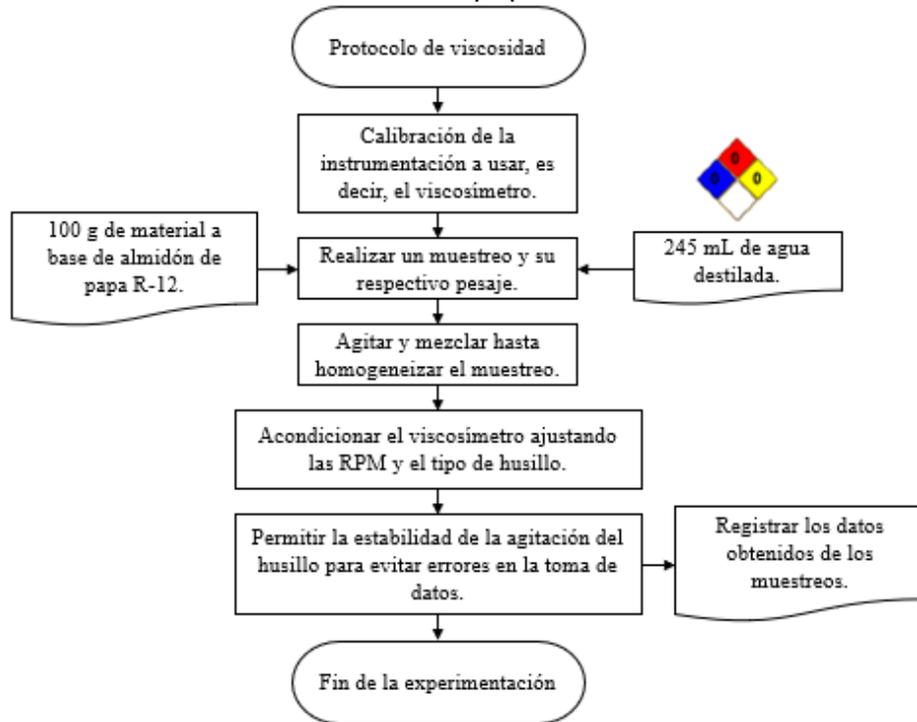
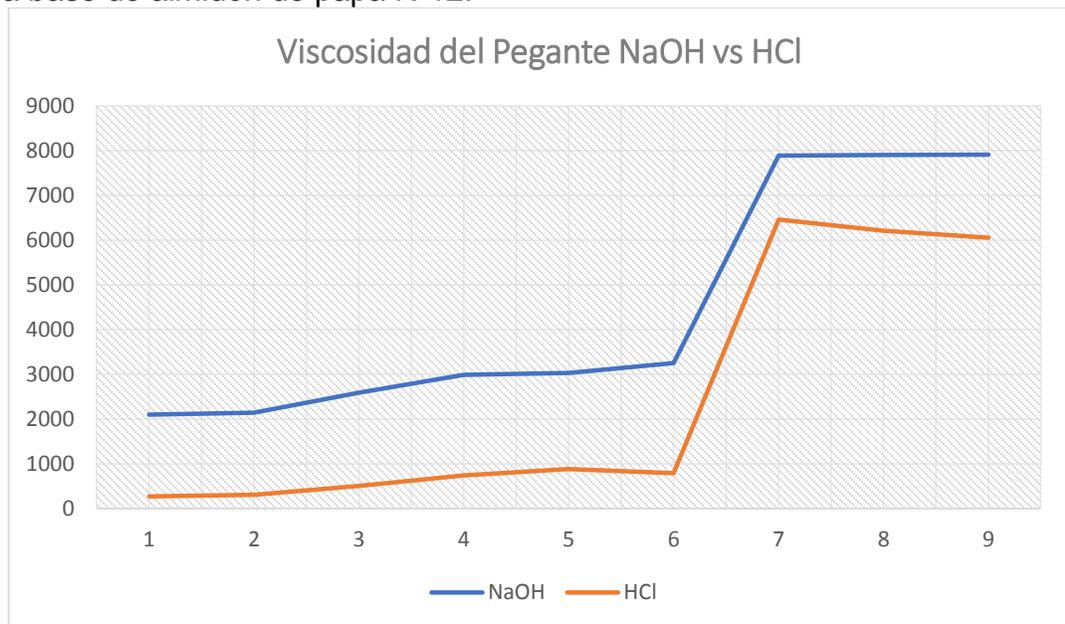


Tabla 14. Resultados de la determinación de la Viscosidad de los pegantes a base de almidón de papa R-12.

Diseño experimental 1				Diseño experimental 2			
Ensayo	Peso pegante (g)	Viscosidad (cp)	% error	Ensayo	Peso pegante (g)	Viscosidad (cp)	% error
A	100,012	2098	0,042	J	100,002	270	0,034
B	100,147	2144	0,041	K	100,018	310	0,021
C	100,164	2590	0,048	L	100,197	510	0,024
D	100,016	2988	0,048	M	100,021	744	0,015
E	100,005	3030	0,037	N	100,039	885	0,024
F	100,145	3254	0,032	O	100,109	789	0,018
G	100,003	7885	0,065	P	100,042	6456	0,018
H	100,026	7899	0,081	Q	100,05	6211	0,019
I	100,198	7910	0,051	R	100,208	6056	0,012

El uso de un viscosímetro permite la obtención de manera instantánea el valor de la viscosidad y el porcentaje de error de la sustancia de estudio; es muy útil puesto que se puede saber con precisión si el husillo y el splindle aplicados son los apropiados para dicho material.

Gráfica 4. Resultados de la Viscosidad de la caracterización de un Pegante a base de almidón de papa R-12.



De la Tabla 14 se obtuvieron resultados de una desviación estándar para los ensayos alcalinos y ácidos de 2635,165 y 2837,405; promedios de 4422 cP y 2470 cP; y errores de 0,049% y 0,092% respectivamente. La razón de la diferencia de los promedios de viscosidades en cada uno de los tipos de ensayos, es decir, entre los alcalinos y los ácidos se debe a que las concentraciones usadas para los ensayos ácidos son muy agresivas con las moléculas de almidón y no degradan las moléculas hasta la estructura de las dextrinas impidiendo obtener su naturaleza adhesiva.

La Gráfica 4 refleja las propiedades que adquieren los adhesivos resultantes del proceso hidrolítico con hidróxido de sodio, los cuales presentan de manera efectiva la naturaleza adhesiva en su gran mayoría de formulaciones y la presentación de los mismos resultados son satisfactorios a los buscado por los desarrolladores del proyecto.

3.3.3 Determinación de la Densidad de un Pegante a base de almidón de papa R-12. El procedimiento para la determinación de la densidad del pegante a base de almidón de papa R-12 se ejecutará siguiendo lo expresado por la norma técnica colombiana NTC 2988 “Adhesivos. Determinación de la densidad de adhesivos que se presentan en forma fluido.”; la cual dice que se debe ejecutar un plan de muestreo inicial tal como se evidencia en el ANEXO A; seguido de la calibración de la instrumentación a usar, la cual para esta propiedad se trata de una “copa de peso por galón”, la cual se debe pesar vacía; luego se llena la misma con adhesivo y se cierra permitiendo un escape de aire y de exceso de adhesivo para que el volumen controlado por el fabricante permita el análisis correcto; consecutivamente se realiza un nuevo pesa, estos pesajes se hacen a temperatura ambiente y como última parte se debe realizar el respectivo reporte de los datos obtenidos. Los cálculos respectivos se encuentran en el ANEXO C. Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 15.

Diagrama 14. Protocolo para el análisis de la Densidad de un Pegante a base de almidón de papa R-12.

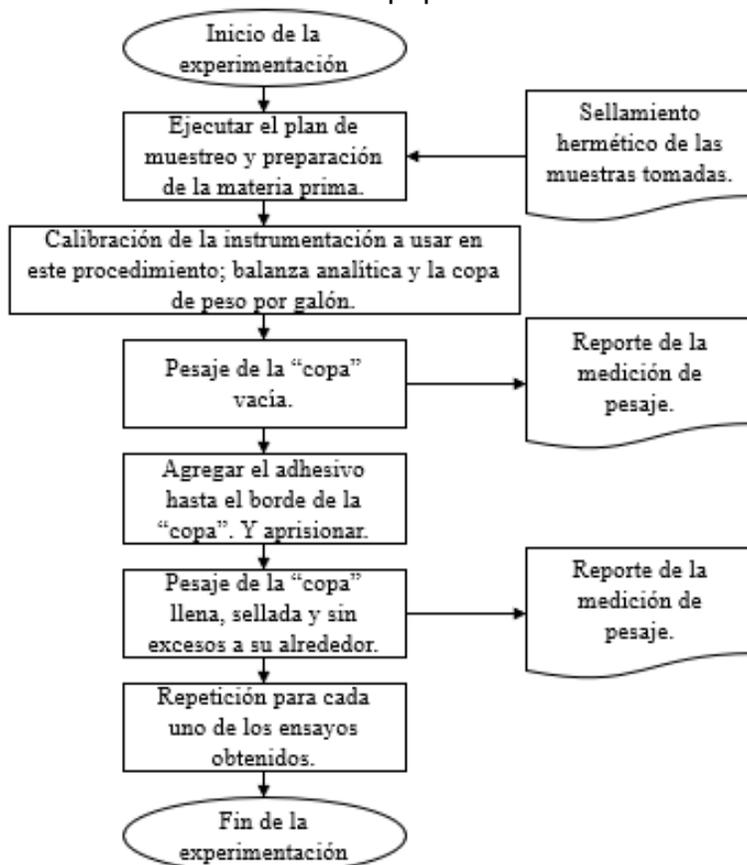
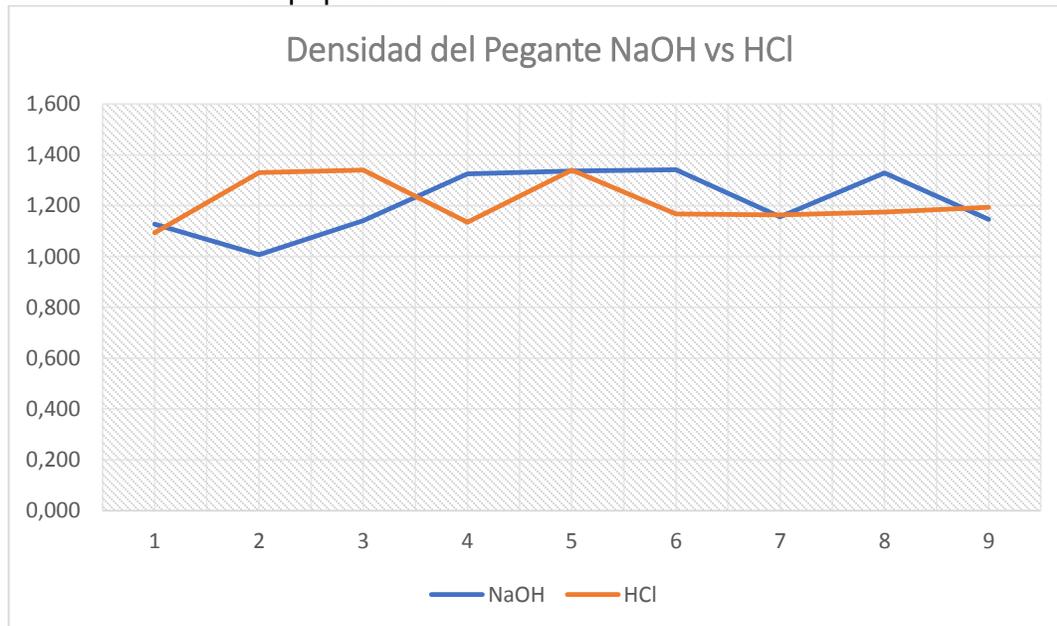


Tabla 15. Resultados de la determinación de la Densidad de los pegantes a base de almidón de papa R-12.

Diseño experimental 1				Diseño experimental 2			
Ensayo	Peso adhesivo (g)	Volumen "copa" (ml)	Densidad (g/ml)	Ensayo	Peso adhesivo (g)	Volumen "copa" (ml)	Densidad (g/ml)
A	28,13	24,960	1,127	J	27,28	24,960	1,093
B	25,15	24,989	1,006	K	33,24	24,989	1,330
C	28,49	24,960	1,141	L	33,45	24,960	1,340
D	33,11	24,989	1,325	M	28,34	24,989	1,134
E	33,36	24,960	1,337	N	33,45	24,960	1,340
F	33,53	24,989	1,342	O	29,14	24,960	1,167
G	28,85	24,960	1,156	P	29,08	24,989	1,164
H	33,19	24,989	1,328	Q	29,37	24,989	1,175
I	28,60	24,960	1,146	R	29,80	24,960	1,194

Los datos reportados en la Tabla 15, es obtuvieron que para los ensayos alcalinos y ácidos los resultados fueron: desviación estándar de 0,123 y 0,095; promedios de densidad de 1,212 g/mL y 1,215 g/mL; y un porcentaje de error de 0,089% y 0,066% respectivamente.

Gráfica 5. Resultados de la Densidad de la caracterización de un Pegante a base de almidón de papa R-12.



En la Gráfica 5 podemos evidencia comportamientos similares a lo largo de la caracterización de cada una de las formulaciones ejecutadas en la primera etapa “Obtención del Pegante”; las variaciones o perturbaciones al momento de la toma de resultados se debe principalmente a la facilidad de manipulación de las mismas muestras, es decir, como bien ya se había mencionado anteriormente las formulaciones ácidas en su gran mayoría se presentan de forma líquida lo que permite la eliminación de las cavidades de aire en la “copa” al momento de realizar el ensayo; caso contrario se genera en las formulaciones alcalinas, en estas se presentan de manera más consistentes (semilíquidas) y otras son demasiado viscosas albergando zonas con aire impidiendo la extracción total del mismo al momento de la ejecución y toma de datos de esta etapa de caracterización de la densidad. Dichos casos se pueden ver de manera más clara en las formulaciones G, H e I; cuyas imágenes de los resultados se encuentran reportados en el apartado 3.3.6. del presente documento.

3.3.4 Determinación de pH de un Pegante a base de almidón de papa R-12.

Tomando como referencia la norma técnica colombiana NTC 926 “Productos de molinería. Almidón de maíz no modificado (fécula de maíz)”, el procedimiento sugerido debe ser ejecutado de la siguiente manera; inicialmente se deben calibrar todos los equipos a utilizar, en este caso el potenciómetro; se tomará una muestra de 50 g de la materia a analizar, seguido de una dispersión de la misma en 245 mL de agua destilada y finalmente se realiza la medición y reporte de los datos obtenidos por el equipo. Los resultados de las mediciones realizadas se encuentran reportados en la Tabla 16.

Diagrama 15. Protocolo para el análisis del pH de un Pegante a base de almidón de papa R-12.

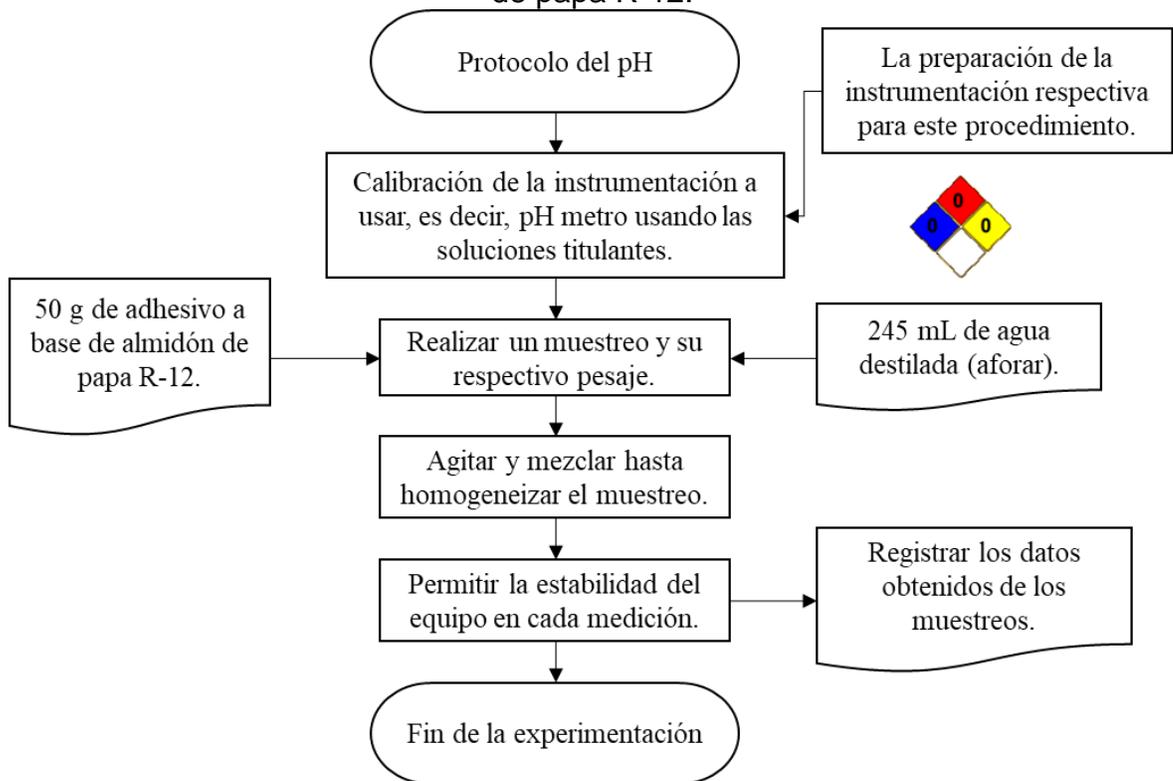


Tabla 16. Resultados de la determinación del pH de los pegantes a base de almidón de papa R-12.

Diseño experimental 1			Diseño experimental 2		
Ensayo	Peso adhesivo (g)	pH	Ensayo	Peso adhesivo (g)	pH
A	50,001	11,950	J	50,043	0,720
B	50,071	11,970	L	50,056	0,870
C	50,215	12,110	K	50,220	0,900
D	50,047	12,170	M	50,045	0,380
E	50,038	12,230	N	50,049	0,760
F	50,201	12,250	O	50,221	0,770
G	49,842	12,070	P	50,042	0,480
H	50,037	12,140	Q	50,039	0,610
I	50,210	12,280	R	50,201	0,250

Al analizar los datos reportados en la Tabla 16 se determina que para los ensayos alcalinos y ácidos presentan: una desviación estándar de 0,118 y 0,225; promedios de 12,130 y 0,638; y porcentajes de error de 0,008% y 0,947% respectivamente.

Gráfica 6. Resultados de pH de la caracterización de un Pegante Alcalino a base de almidón de papa R-12.



Gráfica 7. Resultados de pH de la caracterización de un Pegante Ácido a base de almidón de papa R-12.



En la Gráfica 6 se evidencia un comportamiento con tendencia lineal en cada una de las formulaciones, las variaciones que se presentan, se deben directamente a las concentraciones de cada una de las soluciones de hidróxido aplicadas para la producción del pegante de los mismos.

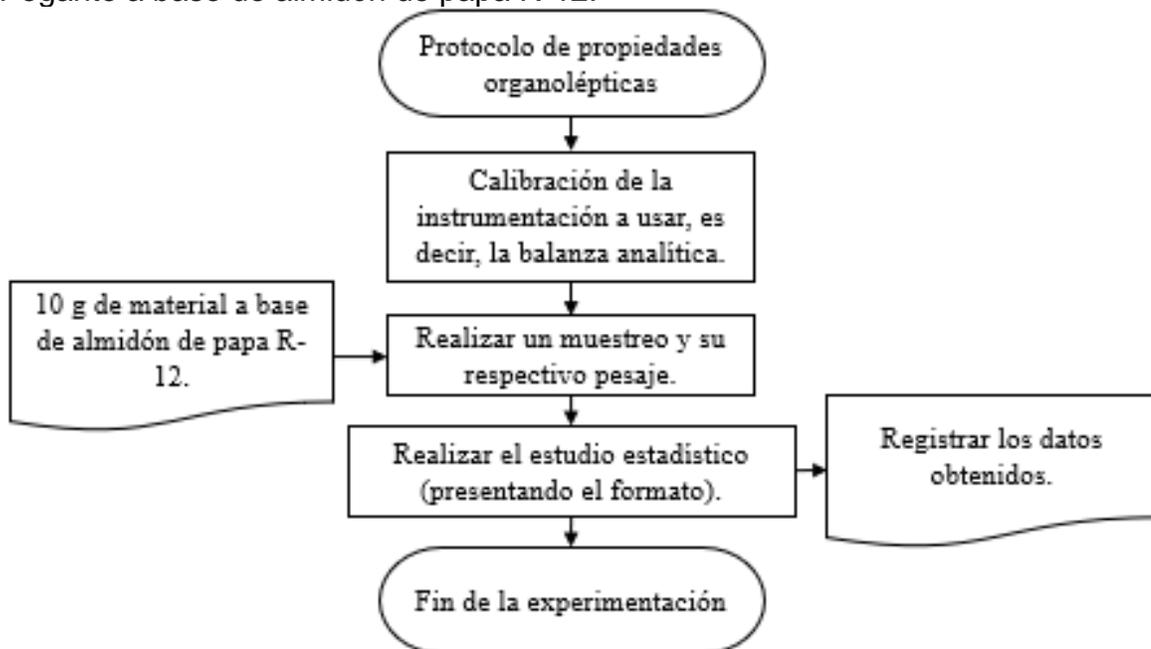
En la Gráfica 7 se presentan comportamientos irregulares, debido a la degradación de las moléculas de almidón de manera agresiva, a las concentraciones de las soluciones preparadas tanto del almidón de papa R-12 como con las concentraciones del ácido clorhídrico.

3.3.5 Determinación de las Propiedades Organolépticas del pegante a base de almidón de papa R-12. El procedimiento a seguir para la caracterización de las propiedades organolépticas del pegante obtenido en este proyecto se evaluará siguiendo los mismos parámetros que se encuentran descritos en el apartado 2.3.7. del presente documento, es decir, se llevará a cabo un estudio estadístico a una población de estudiantes del programa de ingeniería química de la Universidad de América, cuyo grupo se reduce a estudiantes entre 8° y 10° semestre dado que ellos ya poseen los conocimientos adecuados para dar una opinión mucho más idónea; dicho grupo de estudiantes comprende un grupo total de 404 personas de las cuales se analizarán las opiniones del 60% del total de población, como ya se había explicado anteriormente este dato es sugerido por analistas estadísticos para la reducir así el porcentaje de error al momento de la toma de datos y de su posterior estudio, lo que se quiere decir que el procedimiento se hará a 242 personas en total.

Además de lo ya mencionado, se debe tener en cuenta que como ya se dijo antes la propiedad del sabor no se evaluará ni en la caracterización del almidón de papa R-12 o en el adhesivo a base del mismo, dado que durante la experimentación se usaron componentes químicos tales como Hidróxido de Sodio, Ácido Clorhídrico, Bórax, Formaldehído, entre otros y estos son factores que permiten la exclusión de

esta propiedad; sin embargo, las propiedades de olor, color y sensación al tacto se seguirán evaluando.

Diagrama 16. Protocolo para el análisis de la Propiedades Organolépticas de un Pegante a base de almidón de papa R-12.



Los resultados obtenidos se muestran para la primera etapa “Obtención del Pegante”; la fase alcalina en la Tabla 17 y en la Tabla 18 los resultados de la fase ácida del proyecto.

Cuadro 12. Rotulo de las tablas de resultados de las Propiedades Organolépticas.

Olor	O1 Agradable	Color	C1 Amarillento	Sensación al tacto	S1 Líquido
	O2 Tolerable		C2 Blanco Translucido		S2 Viscoso Blando
	O3 Desagradable		C3 (Blanco) Translucido		S3 (Pasta)
	O4 Sin olor		C4 (Marrón)		S4 Duro

Tabla 17. Resultados de la determinación de las Propiedades Organolépticas de los Pegantes Alcalinos.

Ensayo	Resultados propiedades organolépticas pegantes alcalinos											
	Olor				Color				Sensación al tacto			
	O1	O2	O3	O4	C1	C2	C3	C4	S1	S2	S3	S4
A	140	89	13	0	0	0	123	119	0	144	0	98
	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,4	0,0	0,6	0,0	0,4
	8	7	5	0	0	0	1	9	0	0	0	0
B	212	18	12	0	0	235	7	0	0	199	43	0
	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,8	0,1	0,0
	8	7	5	0	0	7	3	0	0	2	8	0
C	189	53	0	0	0	228	14	0	0	0	178	64
	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,2
	8	2	0	0	0	4	6	0	0	0	4	6
D	177	62	0	3	1	0	22	219	0	17	37	188
	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,1	0,7
	3	6	0	1	0	0	9	0	0	7	5	8
E	238	4	0	0	0	242	0	0	0	8	234	0
	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0
	8	2	0	0	0	0	0	0	0	3	7	0
F	158	82	0	2	9	233	0	0	0	214	27	1
	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,8	0,1	0,0
	5	4	0	1	4	6	0	0	0	8	1	0
G	133	76	0	33	236	0	0	6	0	242	0	0
	0,5	0,3	0,0	0,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
	5	1	0	4	8	0	0	2	0	0	0	0
H	112	85	0	45	234	0	0	8	0	242	0	0
	0,4	0,3	0,0	0,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
	6	5	0	9	7	0	0	3	0	0	0	0
I	112	78	0	52	235	0	0	7	0	242	0	0
	0,4	0,3	0,0	0,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
	6	2	0	1	7	0	0	3	0	0	0	0

Tabla 18. Resultados de la determinación de las Propiedades Organolépticas de los Pegantes Ácidos.

Ensayo	Resultados propiedades organolépticas pegantes ácidos											
	Olor				Color				Sensación al tacto			
	O1	O2	O3	O4	C1	C2	C3	C4	S1	S2	S3	S4
J	0	14	228	0	0	211	23	8	242	0	0	0
	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,8	0,1	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
K	0	6	4	0	0	7	0	3	0	0	0	0
	0	15	227	0	0	213	23	6	94	0	146	2
L	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,8	0,1	0,0	0,3	0,0	0,6	0,0
	0	6	4	0	0	8	0	2	9	0	0	1
M	0	14	227	1	1	213	22	5	94	0	140	8
	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,3	0,0	0,5	0,0
N	0	6	4	0	0	8	9	2	9	0	8	3
	0	0	242	0	0	8	12	222	242	0	0	0
O	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,0	0,0	0,0	0,0
	0	0	0	0	0	3	5	2	0	0	0	0
P	1	3	238	0	0	242	0	0	0	0	26	216
	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8
Q	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	1	9
	0	0	242	0	0	0	28	214	242	0	0	0
R	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	1,0	0,0	0,0	0,0
	0	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0
S	0	2	238	2	0	0	30	212	241	1	0	0
	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	1,0	0,0	0,0	0,0
T	0	1	8	1	0	0	2	8	0	0	0	0
	0	4	237	1	0	0	0	242	242	0	0	0
U	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0
	0	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V	0	3	238	1	0	0	0	242	242	0	0	0
	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0
W	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0

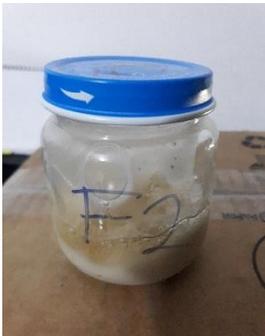
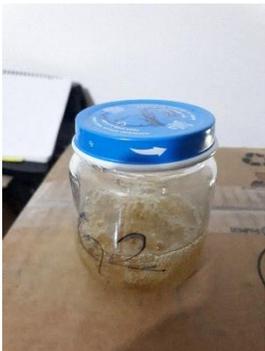
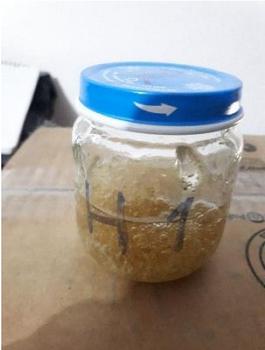
Para una lectura más sencilla de las tablas anteriormente mostradas, se hace de la siguiente manera: cada una de las formulaciones se subdivide en 2 filas, la fila superior corresponde al número de personas que dieron respuesta a cada ítem evaluado y la fila inferior corresponde al porcentaje que representa ese grupo de personas que dieron una respuesta sobre las 242 personas encuestadas en la totalidad para la evaluación de cada uno de los aspectos del pegante.

3.3.6 Formulaciones resultantes de la primera etapa “Obtención del Pegante”. En este segmento se expondrán los pegantes resultantes de la ejecución de la hidrólisis alcalina usando hidróxido de sodio como agente hidrolítico en el Cuadro 13 y la hidrólisis ácida usando ácido clorhídrico en el Cuadro 14; dichos resultados se presentan por formulaciones, es decir, se reportan una réplica de cada grupo. Las formulaciones se encuentran explicadas de manera más clara en el apartado 3.2.4 del presente documento, respecto a las composiciones que poseen cada una.

Cuadro 13. Pegantes resultantes del proceso hidrolítico alcalino (NaOH como agente hidrolizante).

	Formulación	Propiedades	Formulación	Propiedades			
A		Humedad (%)	85,67	B		Humedad (%)	81,29
		Viscosidad (cP)	2098			Viscosidad (cP)	2144
		Densidad (g/mL)	1,13			Densidad (g/mL)	1,01
		pH	11,95			pH	11,97
Imagen 2. Formulación A.			Imagen 3. Formulación B.				
C		Humedad (%)	81,47	D		Humedad (%)	47,35
		Viscosidad (cP)	2590			Viscosidad (cP)	2988
		Densidad (g/mL)	1,14			Densidad (g/mL)	1,33
		pH	12,11			pH	12,17
Imagen 4. Formulación C.			Imagen 5. Formulación D.				

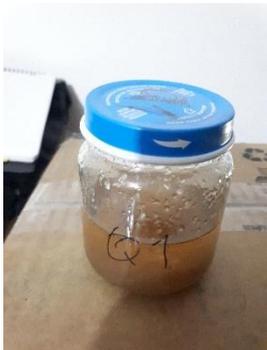
Cuadro 13. (Continuación).

Formulación		Propiedades		Formulación		Propiedades	
E		Humedad (%)	81,96	F		Humedad (%)	83,66
		Viscosidad (cP)	3030			Viscosidad (cP)	3254
		Densidad (g/mL)	1,34			Densidad (g/mL)	1,34
		pH	12,23			pH	12,25
Imagen 6. Formulación E.				Imagen 7. Formulación F.			
G		Humedad (%)	87,21	H		Humedad (%)	80,62
		Viscosidad (cP)	7885			Viscosidad (cP)	7899
		Densidad (g/mL)	1,16			Densidad (g/mL)	1,33
		pH	12,07			pH	12,14
Imagen 8. Formulación G.				Imagen 9. Formulación H.			
I		Humedad (%)	65,18				
		Viscosidad (cP)	7910				
		Densidad (g/mL)	1,15				
		pH	12,28				
Imagen 10. Formulación I.							

Cuadro 14. Pegantes resultantes del proceso hidrolítico ácido (HCl como agente hidrolizante).

Formulación		Propiedades		Formulación		Propiedades	
J		Humedad (%)	90,97	K		Humedad (%)	89,88
		Viscosidad (cP)	270			Viscosidad (cP)	310
		Densidad (g/mL)	1,09			Densidad (g/mL)	1,33
		pH	0,72			pH	0,87
Imagen 11. Formulación J.				Imagen 12. Formulación K.			
L		Humedad (%)	84,40	M		Humedad (%)	88,04
		Viscosidad (cP)	510			Viscosidad (cP)	744
		Densidad (g/mL)	1,34			Densidad (g/mL)	1,13
		pH	0,90			pH	0,38
Imagen 13. Formulación L.				Imagen 14. Formulación M.			
N		Humedad (%)	88,03	O		Humedad (%)	86,30
		Viscosidad (cP)	885			Viscosidad (cP)	789
		Densidad (g/mL)	1,34			Densidad (g/mL)	1,17
		pH	0,76			pH	0,77
Imagen 15. Formulación N.				Imagen 16. Formulación O.			

Cuadro 14. (Continuación).

Formulación		Propiedades		Formulación		Propiedades	
P		Humedad (%)	89,9 9	Q		Humedad (%)	88,4 5
		Viscosidad (cP)	6456			Viscosidad (cP)	6211
		Densidad (g/mL)	1,16			Densidad (g/mL)	1,18
		pH	0,48			pH	0,61
Imagen 17. Formulación P.				Imagen 18. Formulación Q.			
R		Humedad (%)	84,4 0				
		Viscosidad (cP)	6056				
		Densidad (g/mL)	1,19				
		pH	0,25				
Imagen 19. Formulación R.							

Para concluir con este capítulo, se deben resaltar los resultados obtenidos del proceso hidrolítico alcalino fueron en su mayoría satisfactorios para los evaluadores, debido principalmente a que las formulaciones de este proceso se determinaron que 7 de 9 de ellas presentaron un poder adherente significativo de las cuales se seleccionaron las formulaciones B, F y G para la continuación de la siguiente etapa expuesta para este proyecto en los capítulos 4 y 5; además de poseer características favorables como la facilidad de dispersión en las superficies de estudio (para este caso son de unión cartón – cartón). Todos estos aspectos superaron de manera significativa a los resultados obtenidos del proceso hidrolítico ácido, dado que 2 de 9 formulaciones se presentaron en estado semisólido, con propiedades adherentes nulas, y las demás formulaciones se encuentran en estado líquido, esto se debe a que las concentraciones de ácido usadas en este proyecto fueron demasiado agresivas para la materia prima, degradando las moléculas del almidón más de lo necesario; desnaturalizando la materia prima, impidiendo el desarrollo de las características del tack por esta ruta hidrolítica.

4. PRODUCCIÓN DE UN ADHESIVO A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12

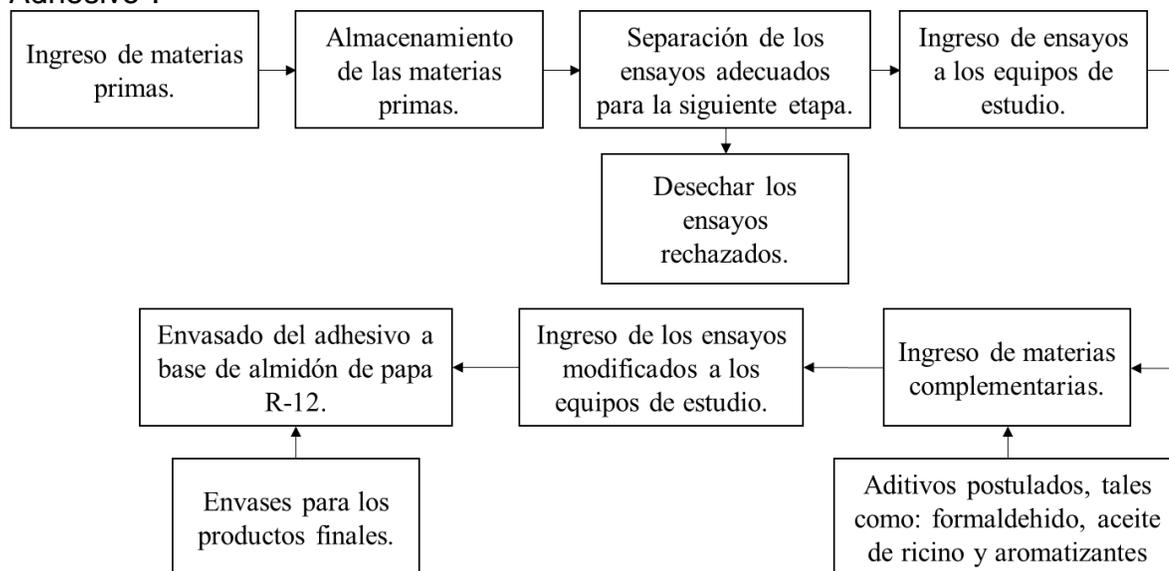
En este capítulo corresponde a la ejecución de la segunda etapa “Obtención del Adhesivo”, se trabaja sobre los resultados previamente seleccionados del apartado 3.2 del presente documento, para la adición de los demás reactivos, tales como el aceite de ricino, el formaldehído y de manera opcional los aromatizantes. La culminación de este capítulo permite el cumplimiento del segundo objetivo planteado para este proyecto de trabajo de grado.

4.1 SEGUNDA ETAPA: “OBTENCIÓN DEL ADHESIVO”

Esta etapa consiste en la adición de sustancias químicas que darán una mejora de las propiedades del pegante obtenido, las propiedades que serán reforzadas son: resistencia al agua, ya que las sustancias resultantes de los procesos de hidrólisis ácida y alcalina son las dextrinas y estas poseen una característica hidrosoluble; resistencia térmica siendo estas unas de las propiedades que poseen deficiencias.

4.1.1 Diagrama de bloques para el desarrollo de la etapa “Obtención del Adhesivo”

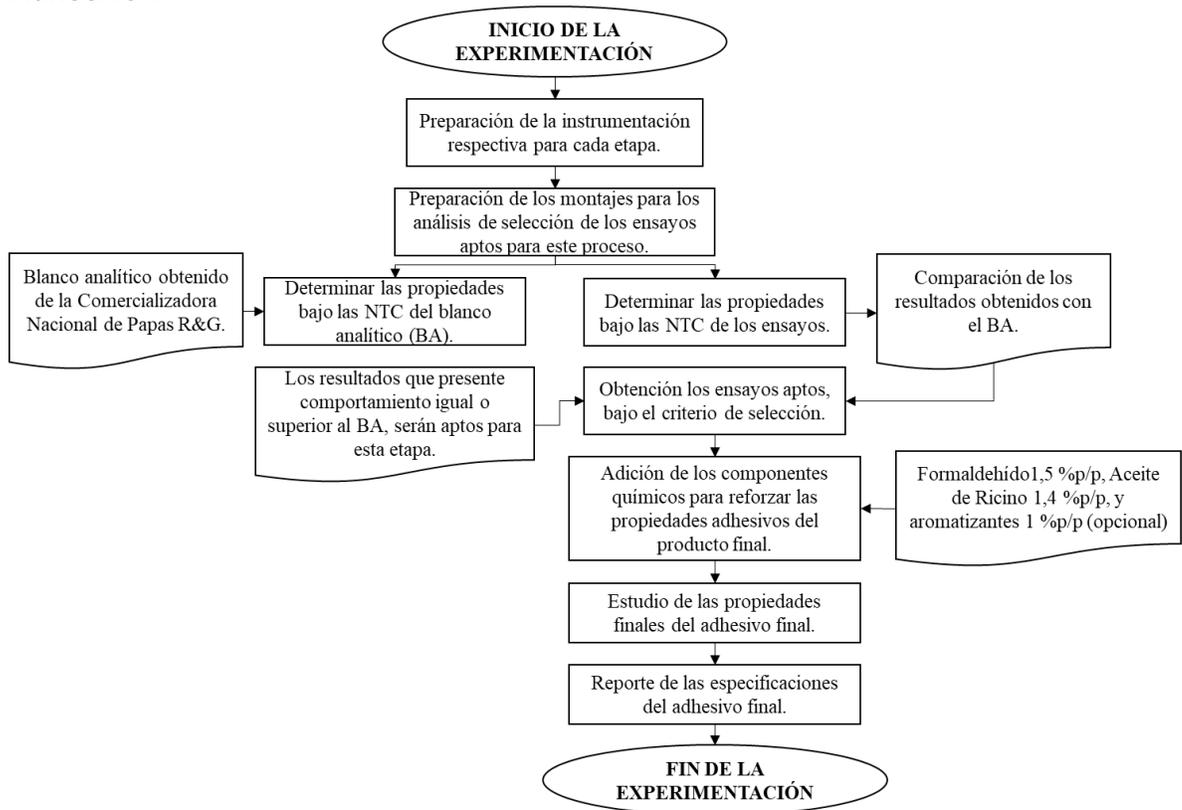
Diagrama 17. Diagrama de bloques para el desarrollo de la Etapa "Obtención del Adhesivo".



4.1.2 Desarrollo de la segunda etapa “Obtención del Adhesivo”. Esta etapa del proyecto consiste principalmente en ejecutar estudios sobre el comportamiento del pegante obtenido en el apartado 3 del presente documento, haciendo comparaciones directas de los resultados obtenidos por el blanco analítico (B.A.) procedente de la Comercializadora Nacional de Papas R&G para realizar una selección de los ensayos más adecuados para la siguiente sección, la cual radica en la adición de componentes que refuercen las propiedades adherentes de los pegantes previamente seleccionados, los cuales son (junto a sus respectivas concentraciones): formaldehído 1-1,5 %p/p; aceite de ricino 0,3-2,5 %p/p; y aromatizantes (de carácter opcional) posterior a un estudio estadístico demostrando si es pertinente la adición de estos al producto terminado.

Como se mencionó anteriormente las pruebas de calidad que se aplicarán al pegante, es decir, a cada uno de los ensayos resultantes de la etapa “Obtención del Pegante” y la selección para la segunda etapa “Obtención del Adhesivo”, serán las siguientes: Prueba de “Adhesividad 90°” (Diagrama 19), Prueba de “Adhesividad 180°” (Diagrama 20) y Prueba de “Pelado” (Diagrama 21).

Diagrama 18. Protocolo de laboratorio para el desarrollo de la etapa “Obtención del Adhesivo”.



A lo largo de este capítulo se habla de forma más clara y detallada sobre los procedimientos, reporte de resultados de cada una de estas pruebas y su respectivo análisis.

4.1.3 Materiales y equipos para el desarrollo de la etapa “Obtención del Adhesivo”

En el Cuadro 15 se presentan los reactivos usados a lo largo del desarrollo de la segunda etapa del proyecto durante la fase de experimentación.

Cuadro 15. Reactivos usados en la producción del adhesivo.

Reactivos	Función
Formaldehido (1,0 - 1,5) %p/p	Es usado como un agente preservativo o de conservante dado que la materia que se usa en la práctica es orgánica y esta es propensa a la degradación.
Aceite de Ricino (0,3 - 2,5) %p/p	Es usado como un plastificante para darle su presentación final, es decir, si va ser un producto húmedo o semihúmedo, dependiendo de la concentración añadida.
Aromatizantes Comerciales (0,5 – 1,0) %p/p	Es usado por carácter meramente estético, es decir, de utilidad en la imagen comercial del producto final. Puede ser usado de manera opcional.
Pegante a base almidón de papa R-12	Es la materia prima de la cual se desarrollará la etapa “Obtención del Adhesivo”, postulada dentro de los objetivos del presente proyecto de trabajo de grado.
Agua destilada	Es usada como agente diluyente en las soluciones del almidón o en el pegante (dado su naturaleza hidrosoluble) por ser una masa de dextrinas para facilitar la manipulación de los desarrolladores del proyecto.

Equipos	Función
Máquina de ensayos de tensión	Es usado para la determinación de la carga (fuerza) que soportan los adhesivos, previo al rompimiento del efecto adherente de los mismos sobre las superficies de interés. Marca: MRC Scientific Instruments. Referencia: UTM-65B.



Imagen 20. Equipo de ensayos de tensión.

4.1.4 Protocolos de laboratorio para el estudio de las propiedades de calidad de la etapa “Obtención del Adhesivo”. En este apartado se harán estudios de tensión que logran soportar los adhesivos obtenidos durante todo el proceso de experimentación; con el fin de determinar la formulación más exitosa de las postuladas en cada uno de los diseños experimentales (el proceso hidrolítico ácido y alcalino).

Sin embargo, hay que aclarar que los ensayos postulados para el proceso hidrolítico ácido arrojan resultados poco satisfactorios dado que las formulaciones aceptables dan resultados con una alta humedad sobre las superficies de estudio luego de un periodo de secado, para dichas superficies son cartón dado que es el objetivo final de funcionamiento.

Para concluir con este capítulo se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos en la etapa “Obtención del Pegante” permitieron realizar una pre-experimentación para la selección de las formulaciones más adecuadas para la siguiente etapa “Obtención del Adhesivo” y así mismo la cuantificación de las concentraciones de los aditivos estimados para aplicar en las formulaciones más aceptables y de esta manera generar un estimado para realizar un proceso de escalamiento industrial.

5. EVALUACIÓN DE UN ADHESIVO A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12

5.1 CARACTERIZACIÓN DE UN ADHESIVO A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12

Para tener una idea clara del cambio físico de las moléculas del almidón durante el proceso de hidrólisis se realizará un estudio de un cierto grupo de propiedades de los adhesivos obtenidos del apartado 4.1 del presente documento, se hace una selección de las formulaciones que presentan las mejores condiciones para dicho estudio, se hacen evaluaciones de las propiedades para tener un criterio apropiado para su selección, además de unos análisis cualitativos por medio de pruebas de tensión bajo parámetros técnicos de las FINAT Test Methods, en superficies de cartón para cuantificar de manera sensorial (manual) el poder adherente de las muestras evaluadas; y su consecutiva adición de los reactivos que refuerzan las propiedades que afectan al producto tales como su naturaleza hidrofóbica.

Las propiedades en las que se enfocará este capítulo para la caracterización del adhesivo serán: porcentaje de humedad, densidad, viscosidad, propiedades organolépticas y los ensayos de calidad como lo son: la prueba de “Adhesividad 90°”, la prueba de “Adhesividad 180°” y la prueba de “Pelado”; debido a que representan los puntos claves al momento de la toma de decisiones sobre el futuro del producto, a nivel interno de la empresa la Comercializadora Nacional de Papas R&G y su posibilidad de comercialización a diversos consumidores finales.

5.1.1 Determinación del Porcentaje de Humedad de un Adhesivo a base de almidón de papa R-12. El protocolo para la ejecución de este procedimiento para la determinación del porcentaje de humedad del pegante a base de almidón de papa R-12 se llevará a cabo bajo la reglamentación obtenida de la norma técnica colombiana NTC 529 “Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad”; los ensayos se deben realizar pesajes de 8 g de la materia a analizar en este caso es el adhesivo a base de almidón de papa R-12, se someter a una temperatura de 130°C por un periodo de tiempo de 4 horas, seguido de un proceso de des humidificación por un periodo de tiempo de 45 minutos; para finalizar se realizar un nuevo pesaje para determinar la cantidad de agua fue retirada en el procedimiento anteriormente mencionado; tal como se efectuó en la caracterización del pegante en el apartado 3.3.1, los cálculos respectivos se encuentran en el ANEXO D; y los resultados obtenidos se encuentran reportados en la Tabla 19.

Tabla 19. Resultados de la determinación del Porcentaje de Humedad de los adhesivos a base de almidón de papa R-12.

Ensayo	Peso Adhesivo Húmedo (g)	Peso Adhesivo Seco (g)	% Humedad
B	8,007	1,283	83,977
F	8,055	0,843	89,534
G	8,073	0,911	88,715

Los datos reportados en la Tabla 19 presentan una desviación estándar de 3,001; un promedio de 87,409% y un porcentaje de error del 2,618%. para cada una de las formulaciones seleccionadas para la segunda etapa difieren principalmente en las presentaciones en las que se encuentran, es decir, que las formulaciones B y F son semilíquidas; mientras que la G es más viscosa pero a pesar de esto posee una gran cantidad de agua dentro de su estructura y esto le da una propiedad de facilidad de dispersión, es decir, es sencillo la aplicación de esta sustancia en la superficie de interés y mantiene una consistencia viscosa.

5.1.2 Determinación de la Viscosidad de un Adhesivo a base de almidón de papa R-12. Para la determinación de la viscosidad que presenta el pegante a base de almidón de papa R-12 se aplicará el procedimiento establecido por las normas técnicas colombianas NTC 2790 “Adhesivos. Métodos de ensayo para determinar la viscosidad” y NTC 5063 “Adhesivos. Método de ensayo para determinar la viscosidad aparente de adhesivos con velocidad de corte dependiente de las propiedades de flujo”. Se tomará una muestra de 100 g de un lote de adhesivo determinado, posteriormente se le añadirán 245 mL de un agente diluyente, se mezclará constantemente cada muestra por un periodo de 5 minutos; después de este paso se someterá la muestra y con ayuda del manual de uso del Viscosímetro Brookfield de referencia DV-E Viscometer para la determinación de los parámetros de operación, manteniendo el husillo número 3 y las 100 RPM, con esto se obtienen los resultados sobre la viscosidad de la sustancia analizada y el porcentaje de error que también proporciona el equipo; tal como se efectuó en la caracterización del pegante en el apartado 3.3.2. Los resultados obtenidos se encuentran reportados a continuación en la Tabla 20.

Tabla 20. Resultados de la determinación de la Viscosidad de los adhesivos a base de almidón de papa R-12.

Ensayo	Peso adhesivo (g)	Viscosidad (cp)	%error
B	100,077	3211	2,3
F	100,085	4768	4,2
G	100,009	9994	5,6

Los datos reportados en la Tabla 20 presenta una desviación estándar de 3553,037; un promedio de 5991 cP y un porcentaje de error del 4,033%.

El comportamiento de los resultados obtenidos es creciente, esto es característico de las concentraciones del hidróxido de sodio aplicado en las formulaciones dando resultados progresivos en cada una de ellas. Como se ha mencionado en este capítulo la formulación G presenta buenas propiedades adherentes, posee un alto valor de viscosidad (9994 cP), pero a pesar de ello es fácil su dispersión sobre la superficie de interés.

5.1.3 Determinación de la Densidad de un Adhesivo a base de almidón de papa R-12. El procedimiento para la determinación de la densidad del pegante a base de almidón de papa R-12 se ejecutará siguiendo lo expresado por la norma técnica colombiana NTC 2988 “Adhesivos. Determinación de la densidad de adhesivos que se presentan en forma fluido.”; la cual dice que se debe ejecutar un plan de muestreo inicial tal como se evidencia en el ANEXO A; seguido de la calibración de la instrumentación a usar, la cual para esta propiedad se trata de una “copa de peso por galón”, la cual se debe pesar vacía; luego se llena la misma con adhesivo y se cierra permitiendo un escape de aire y de exceso de adhesivo para que el volumen controlado por el fabricante permita el análisis correcto; consecutivamente se realiza un nuevo pesa, estos pesajes se hacen a temperatura ambiente y como última parte se debe realizar el respectivo reporte de los datos obtenidos, tal como se efectuó en la caracterización del pegante en el apartado 3.3.3. Los cálculos respectivos se encuentran en el ANEXO D. Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla 21.

Tabla 21. Resultados de la determinación de la Densidad de los adhesivos a base de almidón de papa R-12

Ensayo	Peso adhesivo (g)	Volumen "copa" (ml)	Densidad (g/ml)
B	28,99	24,989	1,160
F	37,10	24,989	1,485
G	35,20	24,960	1,410

Los datos reportados en la Tabla 21 presentan una desviación estándar de 0,170; un promedio de 1,352 g/mL y un porcentaje de error del 9,448%.

Se refleja lo mencionado anteriormente en el apartado 5.1.1., del presente documento, el cual trata sobre el porcentaje de humedad de las formulaciones evaluadas en este capítulo; representa que ambas propiedades están ligadas entre sí dado que la formulación menor contenido de agua en su estructura, es la que tiene la densidad más baja y sucesivamente con las otras dos.

5.1.4 Determinación del pH de un Adhesivo a base de almidón de papa R-12.

El protocolo recomendado para la ejecución de este procedimiento se basa en la NTC 926 “Productos de molinería. Almidón de maíz no modificado (fécula de maíz)”, el procedimiento sugerido debe ser ejecutado de la siguiente manera; inicialmente se deben calibrar todos los equipos a utilizar, en este caso el potenciómetro; se tomará una muestra de 50 g de la materia a analizar, seguido de una dispersión de la misma en 245 mL de agua destilada y finalmente se realiza la medición y reporte de los datos obtenidos por el equipo, tal como se efectuó en la caracterización del pegante en el apartado 3.3.4. Los cálculos respectivos se encuentran en el ANEXO D; y los resultados obtenidos se encuentran reportados en la Tabla 22.

Tabla 22. Resultados de la determinación del pH de los adhesivos a base de almidón de papa R-12

Ensayo	Peso adhesivo (g)	pH
B	49,997	11,74
F	50,09	11,36
G	50,084	11,79

Los datos reportados en la Tabla 22 presentan una desviación estándar de 0,235; un promedio de 11,630 g/mL y un porcentaje de error del 1,548%.

Adicionalmente se puede evidenciar en la Tabla 22, la formulación con el pH más alcalino de las 3 evaluadas es la formulación G, inicialmente porque esta fue elaborada bajo una concentración de hidróxido de sodio de 3M, es decir, la más concentrada de las postuladas en el segmento experimental del proyecto; y como elemento adicional la adición de los aditivos correspondientes a la segunda etapa “Obtención del Adhesivo” fomentaron el aumento ligero de la acidez, dado que el valor inicial del pH de la formulación G en la etapa de pegante era de 12,07 y finalmente se encuentra con un pH de 11,79.

5.1.5 Determinación de las Propiedades Organolépticas de un Adhesivo a base de almidón de papa R-12. El procedimiento a seguir para la caracterización de las propiedades organolépticas del pegante obtenido en este proyecto se evaluará siguiendo los mismos parámetros que se encuentran descritos en el apartado 2.3.7. del presente documento, es decir, se llevará a cabo un estudio estadístico a una población de estudiantes del programa de ingeniería química de la Universidad de América, cuyo grupo se reduce a estudiantes entre 8° y 10° semestre dado que ellos ya poseen los conocimientos adecuados para dar una opinión mucho más idónea; dicho grupo de estudiantes comprende un grupo total de 404 personas de las cuales se analizarán las opiniones del 60% del total de población, como ya se había explicado anteriormente este dato es sugerido por analistas estadísticos para la reducir así el porcentaje de error al momento de la toma de datos y de su posterior estudio, lo que se quiere decir que el procedimiento se hará a 242 personas en total.

Lo anteriormente mencionado se puede ver en el apartado 3.3.5, del presente documento. Los resultados obtenidos se encuentran reportados en la Tabla 23.

Cuadro 16. Rotulo de la tabla de resultados de las Propiedades Organolépticas.

Olor	O1 Agradable	Color	C1 Amarillento	Sensación al tacto	S1 Líquido
	O2 Tolerable		C2 Blanco		S2 Viscoso
	O3 Desagradable		C3 Translucido (Blanco)		S3 Blando (Pasta)
	O4 Sin olor		C4 Translucido (Marrón)		S4 Duro

El Cuadro 16 reporta el rotulo usado en la Tabla 23, mostrando el significado de cada una de las variaciones correspondientes a cada propiedad evaluada.

Tabla 23. Resultados de las propiedades organolépticas de la etapa "Obtención del Adhesivo".

Ensayo	Resultados propiedades organolépticas pegantes alcalinos											
	Olor				Color				Sensación al tacto			
	O1	O2	O3	O4	C1	C2	C3	C4	S1	S2	S3	S4
B	110	120	9	3	0	223	17	2	0	29	213	0
	0,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	0,0
	5	0	4	1	0	2	7	1	0	2	8	0
F	178	51	13	0	0	234	8	0	0	14	228	0
	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0
	4	1	5	0	0	7	3	0	0	6	4	0
G	189	53	0	0	218	0	0	24	0	242	0	0
	0,7	0,2	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,1	0,0	1,0	0,0	0,0
	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Para una lectura más sencilla de las tablas anteriormente mostradas, se hace de la siguiente manera: cada una de las formulaciones se subdivide en 2 filas, la fila superior corresponde al número de personas que dieron respuesta a cada ítem evaluado y la fila inferior corresponde al porcentaje que representa ese grupo de personas que dieron una respuesta sobre las 242 personas encuestadas en la totalidad para la evaluación de cada uno de los aspectos del pegante.

Según el estudio estadístico la formulación más aceptada por la comunidad estudiantil de la Fundación Universidad de América es la formulación G; tanto por sus propiedades adhesivas como por las propiedades organolépticas.

5.1.6 Prueba de “Adhesividad 90°”. Este procedimiento consiste en impregnar el adhesivo con dimensiones de 17,5 cm x 2,5 cm; a dos superficies con dimensiones de 15,2 cm x 30,5 cm; las cuales tendrán un periodo de 15 minutos de secado, posteriormente se puede realizar el desprendimiento de forma manual o mecánica aplicando una fuerza de separación tal como se puede observar en la Ilustración 7 e Ilustración 8, generando un ángulo de 90°; midiendo la fuerza necesaria para la separación de las superficies entre sí. Este procedimiento se debe aplicar tanto al blanco analítico como a los ensayos obtenidos anteriormente. Este procedimiento es basado en la FTM 2 y la ASTM D1876 01 “Standard Test Method for Peel Resistance of Adhesives (T-Peel Test)”.

Diagrama 19. Protocolo de la prueba de “Adhesividad 90°”.

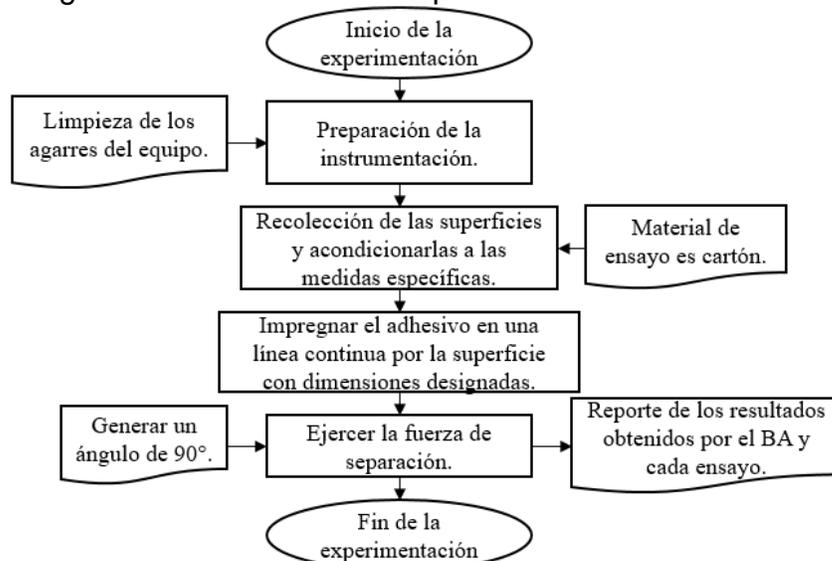
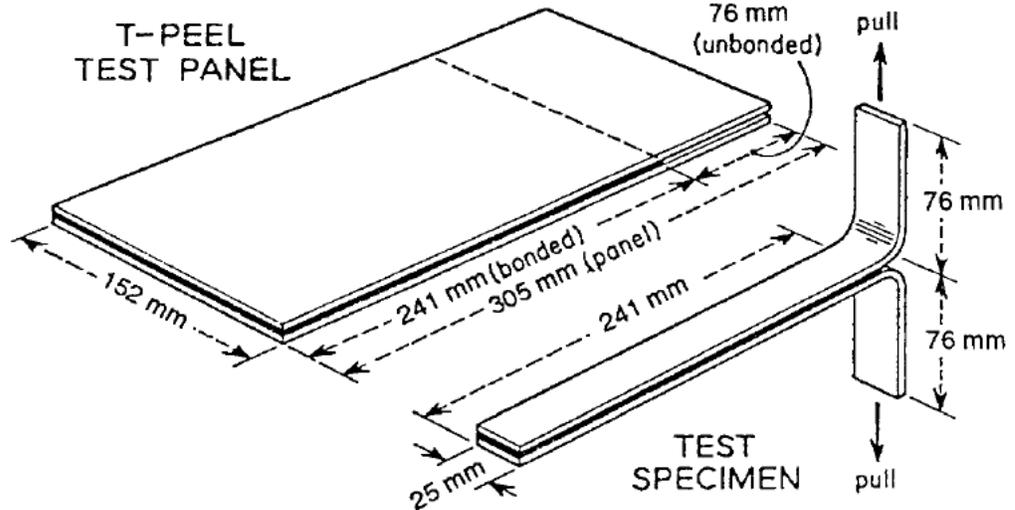
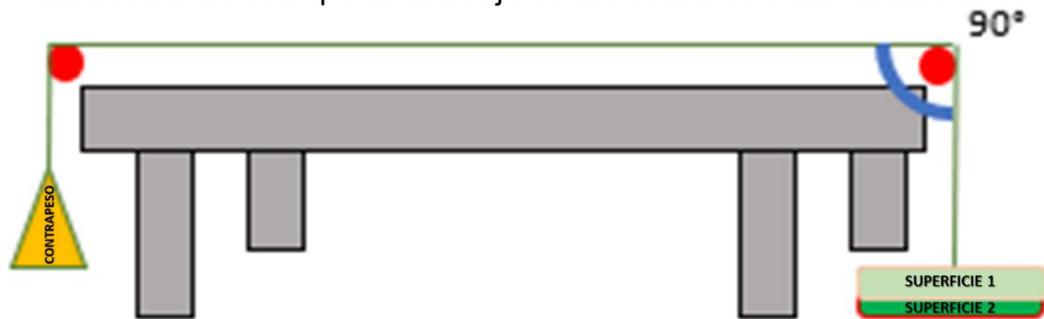


Ilustración 7. Superficies de estudio de la prueba de Adhesividad 90.



Fuente: AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. D 1876 – 01 Standard Test Method for Peel Resistance of Adhesives (T-Peel Test), Estados Unidos, American Society of Testing Materials, 2008.

Ilustración 8. Prototipo de montaje de la Prueba de “Adhesividad 90°”



5.1.7 Prueba de “Adhesividad 180°”. Este procedimiento consiste en impregnar el adhesivo a dos superficies, con dimensiones de 10 cm x 30 cm; la sección de dispersión tendrá unas dimensiones de 15 cm x 2,5 cm las cuales tendrán un periodo de 15 minutos de secado, posteriormente se puede realizar el desprendimiento de forma manual o mecánica aplicando una fuerza de separación tal como se puede observar en la Ilustración 9, generando un ángulo de 180°; midiendo la fuerza necesaria para la separación de las superficies entre sí. Este procedimiento se debe aplicar tanto al blanco analítico como a los ensayos obtenidos anteriormente. Tomando referencia de procedimiento estandarizado por la norma FTM 1.

Diagrama 20. Protocolo de la prueba de "Adhesividad 180°".

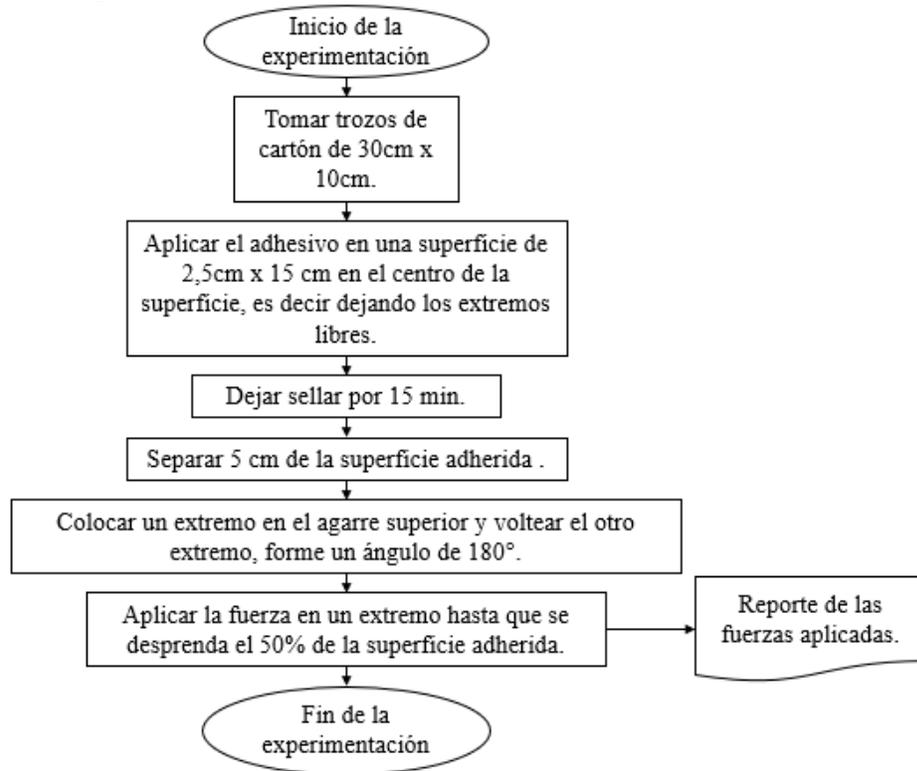
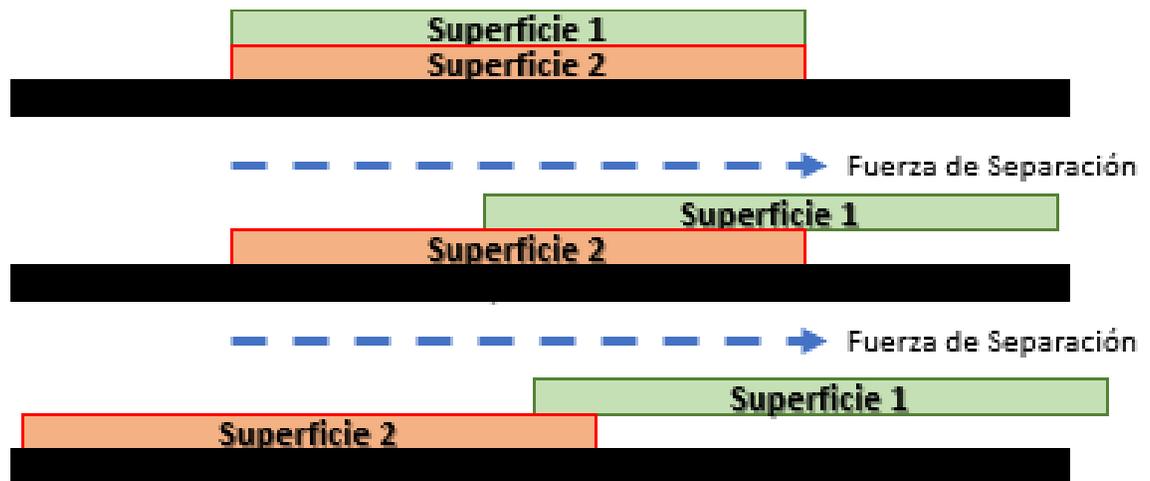


Ilustración 9. Prototipo de montaje de la Prueba de "Adhesividad 180°".



5.1.8 Prueba de “Pelado”. Este procedimiento consiste en impregnar el adhesivo a dos superficies, con dimensiones de 10 cm x 30 cm; la sección de dispersión tendrá unas dimensiones de 15 cm x 2,5 cm las cuales tendrán un periodo de 15 minutos de secado, posteriormente se puede realizar el desprendimiento de forma manual o mecánica aplicando una fuerza de separación tal como se puede observar en el Diagrama 21, generando un ángulo de 180°; midiendo la fuerza necesaria para la separación de las superficies entre sí. Este procedimiento se debe aplicar tanto al blanco analítico como a los ensayos obtenidos anteriormente. Con la diferencia al procedimiento de la prueba de “Adhesividad 180°”, que al momento de realizar la separación es levantando uno de los extremos, separando las dos superficies generando un desplazamiento abierto de una de las dos partes. Como se puede apreciar en la Ilustración 10. Tomando referencia de procedimiento estandarizado por las normas FTM 1 y FTM 3.

Diagrama 21. Protocolo de la prueba de "Pelado".

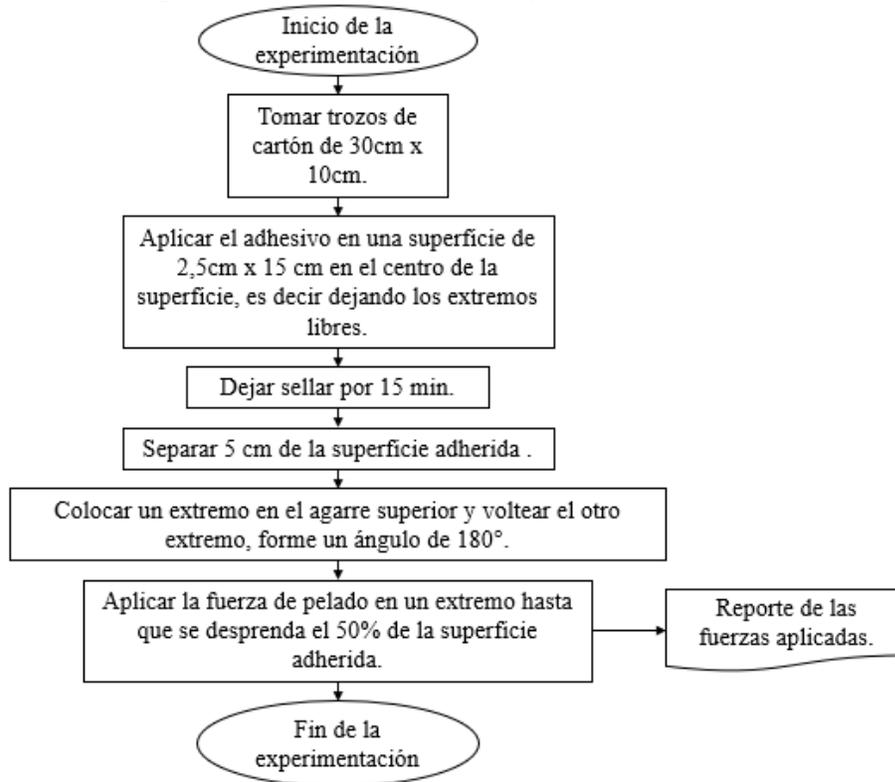


Ilustración 10. Prototipo de montaje de la Prueba de "Pelado".



5.2 COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DE UN ADHESIVO A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12 FRENTE LAS PROPIEDADES DE ADHESIVOS COMERCIALES

En este apartado se realizará una comparación de los resultados obtenidos de las pruebas de calidad mencionadas anteriormente y el obtenido a base de almidón de papa R-12.

Para la selección de estos adhesivos comerciales más reconocidos se llevó a cabo un estudio estadístico tal y como se presenta en los apartados 2.3.7, 3.3.5 y 5.1.5; los resultados obtenidos de este estudio estadístico se encuentran reportados en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Resultados de estudio estadístico para la selección de los adhesivos comerciales.

Adhesivos comerciales		
Colbón	13,22	32
Super Bonder	43,80	106
UHU	4,55	11
Fastix	0,00	0
Pegastic	38,43	93
Población total		242

El estudio estadístico reportado en el Cuadro 18 permite la selección de un grupo de adhesivos comerciales para efectuar un contraste adicional al ya establecido con el blanco analítico (B.A.); de los cuales el Super Bonder y Pegastic son los más usados y conocidos por la población evaluada. Como fase siguiente se ejecutan los protocolos de las pruebas de calidad a cada uno de los adhesivos postulados para realizar un control con el adhesivo a base de almidón de papa a nivel de laboratorio desarrollado a lo largo de este proyecto; los resultados de cada uno de estos protocolos se encuentran reportado en la Tabla 24.

Tabla 24. Comparación de fuerzas resultantes de los diversos adhesivos de análisis.

Adhesivo	Fuerza adhesividad 90° (N)	Fuerza adhesividad 180° (N)	Fuerza pelado (N)
Formulación B	7,798	194,143	7,630
Formulación F	12,447	206,833	7,219
Formulación G	14,896	212,519	13,632
B.A.	6,984	89,741	5,246
Pegastic	11,785	149,307	10,819
Super Bonder	15,266	191,865	15,515

5.3 RELACIÓN DE ANOVA

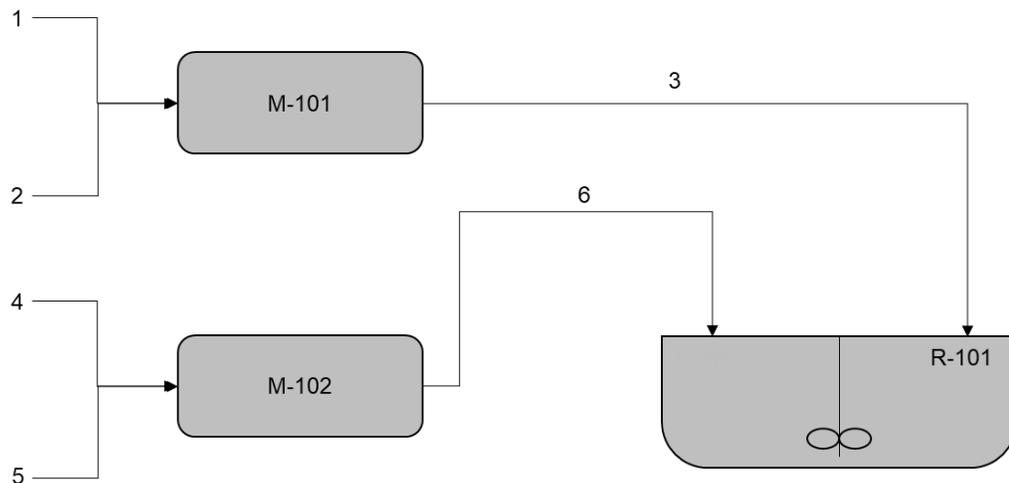
En el ANEXO I se podrán observar las gráficas y la Tabla 39, las cuales contienen los datos obtenidos de cada experimento de calidad con las respectivas réplicas, para poder deducir cuál sería la mejor formulación se grafican los datos de forma ascendente por formulación y luego se calcula la regresión lineal con su respectivo R^2 , el cual puede dar en un rango de 0 hasta 1 que indicara la relación que existen entre las variables X y Y, en este caso la relación de la formulación de adhesivo con el ensayo de calidad ejecutado, si el valor de R^2 da 0 quiere decir que no existe relación entre las variables y en caso de que su resultado sea 1, quiere decir que se presenta la máxima relación de las variables, basándose en esa teoría se concluye que la formulación que da mejores resultados por su proximidad de R^2 igual a 1 en los tres ensayos de calidad es el de la formulación G, la cual presenta una concentración de almidón de 70% p/p y una concentración de agente hidrolizante del 3M.

Cabe resaltar que las formulaciones de B y F, dieron resultados apreciables y cercanos a los que se presentaron en G, sin embargo, se decide escoger al que dio el máximo desempeño.

5.4 BALANCE DE MASA DE LA PRODUCCIÓN DE LA FORMULACIÓN G

5.4.1 Balance de masa para el desarrollo de la etapa “Obtención del Pegante”

Diagrama 22. Diagrama de balance de masa para el desarrollo de la etapa “Obtención del Pegante” de la Formulación G.



Para este segmento se realizó un escalamiento para simular las cantidades necesarias que requiere la empresa para el consumo total de la materia residual que tienen, es decir, el almidón de papa luego de la producción de papas fritas tipo “Cabello de Ángel”; y de esta manera obtener la totalidad del pegante almacenado

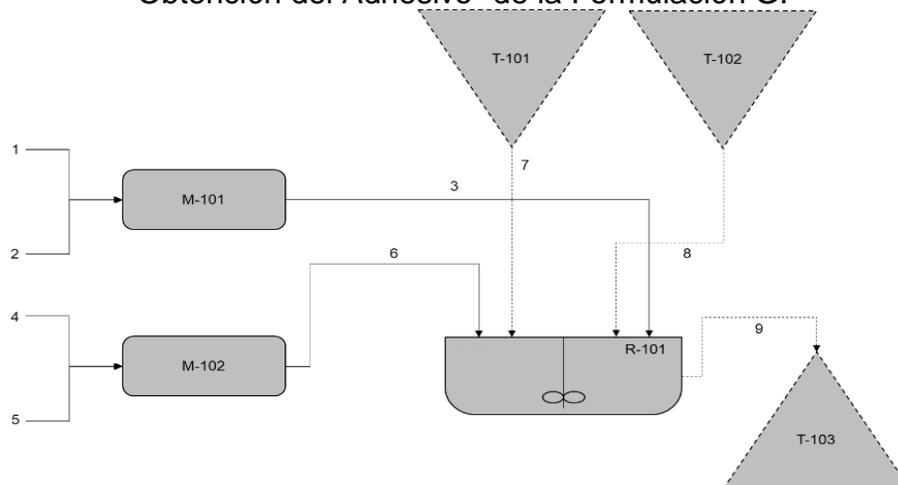
en el reactor (R-101) el cual requiere un sistema de agitación constante debido a que la solución del almidón tiende a sedimentarse en el fondo del reactor, lo que genera pérdidas al momento de la reacción hidrolítica; esto aplicado a la primera etapa de producción. Todo lo anteriormente mencionado se encuentra reportado en el Cuadro 18 para facilidad de lectura de los datos de las corrientes y equipos implicados para esta etapa en el Diagrama 22.

Cuadro 18. Datos del diagrama de balance de masa para el desarrollo de la etapa "Obtención del Pegante" de la Formulación G.

Ítem	Nombre	Cantidad (Ton)
Corriente 1	Almidón de papa R-12.	3,000
Corriente 2	Agua.	1,286
Corriente 3	Solución Almidón 70 %p/p.	4,286
Corriente 4	Hidróxido de Sodio (NaOH).	0,230
Corriente 5	Agua.	1,913
Corriente 6	Solución NaOH 3M.	2,143
M-101	Mezclador 1.	-
M-102	Mezclador 2.	-
R-101	Reactor 1.	-

5.4.2 Balance de masa para el desarrollo de la etapa "Obtención del Adhesivo"

Diagrama 23. Diagrama de balance de masa para el desarrollo de la etapa "Obtención del Adhesivo" de la Formulación G.



Como aspecto complementario a la Diagrama 22, se añaden las corrientes correspondientes a los aditivos como el formaldehído y el aceite de ricino que hacen parte de la producción de la etapa final del proyecto que corresponde a la etapa "Obtención del Adhesivo", tal como se evidencia en el Diagrama 23. Dentro de los

equipos complementarios en este esquema están los tanques de almacenamiento: T-101 (Aceite de Ricino), T-102 (Formaldehído) y la T-103 (Adhesivo a base de almidón de papa R-12); dando una producción de 6,656 toneladas de adhesivo a base de almidón de papa R-12. Cabe recordar que los diagramas y las cantidades respectivas son de un escalamiento de la empresa Comercializadora Nacional de Papas R&G para el consumo total del almidón obtenido como co-producto dentro de su línea de producción de papas fritas tipo “Cabello de Ángel”. Todo reportado en el Cuadro 19 para su análisis de cantidades usadas en la producción del adhesivo a base de almidón de papa R-12.

Cuadro 19. Datos del diagrama de balance de masa para el desarrollo de la etapa "Obtención del Adhesivo" de la Formulación G.

Ítem	Nombre	Cantidad (Ton)
Corriente 7	Aceite de Ricino.	0,123
Corriente 8	Formaldehído.	0,105
Corriente 9	Adhesivo.	6,656
T-101	Torre 1.	-
T-102	Torre 2.	-
T-103	Torre 3.	-

Para efectos del proyecto los cálculos del escalamiento a las cantidades requeridas por parte de la empresa Comercializadora Nacional de Papas R&G, partieron de los datos obtenidos para la producción del adhesivo a nivel de laboratorio, se encuentran reportados en el Cuadro 20 a continuación:

Cuadro 20. Materiales y cantidades de la producción de un adhesivo a base de almidón de papa R-12 a nivel de laboratorio.

Material	Cantidad (g)	Proporción
Almidón de papa R-12.	70	0,4507
Agua.	74,645	0,4806
Hidróxido de Sodio (NaOH).	5,355	0,0345
Formaldehído.	2,445	0,0157
Aceite de Ricino.	2,88	0,0185
TOTAL		155,325

Para concluir el capítulo, se puede observar que, en algunos ensayos de calidad, los cuales se realizaron siguiendo parámetros de la normatividad encontrada correspondientes a cada uno, el adhesivo a partir de almidón de papa supera a los adhesivos comerciales, lo cual ratifica que sería una buena elección para realizar el cierre de las cajas en la Comercializadora Nacional de Papas R & G y las opciones de la comercialización del adhesivo podría ser viable y muy benéfico para la empresa.

6. ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

El análisis financiero va permitir relacionar los ingresos y egresos presentes en la producción de este proyecto, en donde están involucrados los costos por inversión en maquinaria y equipos, costo de producto, precio de venta, demanda y la viabilidad con respecto a ingresos que la empresa obtendrá en los próximos 5 años. Todos los cálculos de los procedimientos expuestos a lo largo de este segmento se encuentran reportados en el ANEXO G.

6.1 INVERSIÓN

Es donde se incluyen esos equipos o maquinaria también llamados activos fijos los cuales son necesarios para la puesta en marcha del proyecto, como son: principalmente la adecuación del espacio para realizar el proyecto en la empresa Comercializadora Nacional de papas R & G, ya que no va ser necesario la inversión en compra de terrenos, el pH-metro, la balanza de precisión, agitador industrial y el viscosímetro. Los precios de estos equipos mencionados se obtuvieron por medio de la página web de Equipos y laboratorios de Colombia los cuales cuentan con certificación ISO 9001 e IQNet, la cual tiene un amplio catálogo de productos para equipos de laboratorio y material científico.

La inversión será para una planta en donde se pueda producir el adhesivo correspondiente a la cantidad de almidón generado, para lo cual la empresa necesitaría realizar una inversión de \$9,000,000 aproximadamente estos costos se ven relacionados en la Tabla 25, la empresa ha considerado que para evitar gastos financieros de intereses y demás hará la adquisición de dichos materiales de contado.

Tabla 25. Inversión inicial

Inversión	Total
Adecuaciones	\$ 300,000
pH-metro	\$ 1,520,000
Balanza	\$ 820,000
Agitador industrial	\$ 3,000,000
Viscosímetro	\$ 3,359,000
INVERSION TOTAL	\$ 8,999,000

6.2 INDICADORES PARA EVALUACION FINANCIERA

Como anteriormente se ha manifestado la evaluación financiera se hará en una proyección de 5 años correspondientes desde el 2019 al 2023, para esto es necesario tener en cuenta las posibles variaciones que se podrán presentar en dichos años, es allí donde se utilizara el índice de precio al consumidor (IPC), al realizar un análisis financiero no se pudo encontrar relación con los datos históricos

reportados, debido a que la macroeconomía varía dependiendo el estado económico del país, es por esto que se maneja un IPC para cada año en un porcentaje del 3.46%, que está en la media histórica, además se tendrá en cuenta el incremento empresarial que la empresa destina para el proyecto que será del 15%.

Con el IPC se podrá estimar la inflación de los productos año tras año, como es el precio al público, gastos administrativos, costo de materiales y equipos, en cuanto al incremento empresarial permitirá estimar la demanda de los próximos 5 años.

También se debe tener en cuenta el impuesto de renta a la cual la empresa está obligada a declarar, cabe resaltar que estos datos incluidos en la Tabla 26, son para una estimación anual.

Tabla 26. Indicadores próximos 5 años.

Indicador/año	2019	2020	2021	2022	2023
IPC	3.46%	3.46%	3.46%	3.46%	3.46%
Renta	25%	25%	25%	25%	25%
Incremento empresarial	15%	15%	15%	15%	15%

6.3 INGRESOS

Se observará el costo de producción, precio de venta y demanda, todo esto para poder determinar los ingresos que tendrá la empresa en dicha proyección.

6.3.1 Precio de venta. La empresa implementará esta alternativa para darle un uso al almidón y obtener un ingreso extra, pero históricamente no se tiene una referencia para el precio de venta, es por esto que, según los gastos tanto de materia prima como de personal necesario para elaborar el adhesivo, se le dará un precio de \$13,325 por kilogramo aproximadamente.

Teniendo en cuenta la variación del IPC se obtendrán los precios contemplados en la Tabla 27 correspondiente a cada año.

Tabla 27. Proyección precio de venta

Producto	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Adhesivo (Kg)	\$13,325	\$13,786	\$14,263	\$14,756	\$15,267	\$ 15,795

6.3.2 Demanda. Este indicador se obtuvo contemplando las cantidades de almidón que la empresa genera en un mes de producción continua y la compra que la misma hace en adhesivos comerciales para realizar el sellado de las cajas junto con empresas aliadas. Los datos en la Tabla 28 se obtuvieron gracias a la relación del crecimiento de la empresa para los próximos años, esta tabla está en kilogramos de adhesivo.

Tabla 28. Proyección demanda según incremento empresarial.

Producto	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Adhesivo (kg)	6657	7655	8804	10124	11643	13389

6.3.3 Proyección ingresos. Teniendo en cuenta los ítems anteriores de demanda y precio de venta, se pudo en la Tabla 29 relacionar los ingresos que se obtendrían, en la producción del adhesivo de forma anual.

Tabla 29. Proyección de ingresos

PRODUCTO	ADHESIVO
2018	\$ 88.699.862
2019	\$ 105.534.208
2020	\$ 125.563.546
2021	\$ 149.394.251
2022	\$ 177.747.786
2023	\$ 211.482.539

6.3.4 Proyección de producción. Debido a que la empresa requiere tener el adhesivo a su plena disposición se realizarán las mismas cantidades de producto demandadas en la producción anual, teniendo en el incremento de la empresa, los datos se observarán en la Tabla 30.

Tabla 30. Proyección producción

Producto	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Adhesivo (kg)	6657	7655	8804	10124	11643	13389

6.4 COSTOS DE PRODUCCION

Son todos aquellos costos de materiales, mano de obra directa y costos indirectos como son los servicios públicos, arriendos, entre otros, en la Tabla 31 se encuentran los costos de cada materia prima necesarios para producir 1 Kg de adhesivo comercial.

Tabla 31. Costo de materia prima para 1 Kg de adhesivo.

Insumo	Cantidad	Valor	Total
Agua (g)	48.057	\$ 2	\$ 96
Almidón (g)	45.066	\$ 0,30	\$ 14
Hidróxido de sodio (g)	3.447	\$ 112	\$ 386
Formaldehído (g)	1.574	\$ 316,56	\$ 498
Aceite de ricino (g)	1.854	\$ 16,67	\$ 31
Total			\$ 1.025

El costo el que genera la producción de cada Kilogramo de adhesivo a la empresa sería de \$1,025 pesos, Comercializadora nacional de papas R & G quiere tener una ganancia considerable, teniendo en cuenta que están haciendo una inversión y que depositaron un dinero de contado lo venderán al público a \$13,325, lo cual da un 300% de ganancia.

6.4.1 Proyección costos de materiales directos usados. Teniendo claro el costo que representa la realización del adhesivo, se estima en la Tabla 32 los costos por kilogramo y en la Tabla 33 los costos totales teniendo en cuenta la demanda proyectada.

Tabla 32. Costo unitario por año.

Proceso	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Adhesivo	\$1,025	\$1,060	\$1,097	\$1,135	\$1,174	\$1,215

Tabla 33. Costo según la demanda por año.

Proceso	Adhesivo
2018	\$ 6.823.066
2019	\$ 8.118.016
2020	\$ 9.658.734
2021	\$ 11.491.865
2022	\$ 13.672.907
2023	\$ 16.267.888

6.4.2 Costo mano de obra directa. Como la naturaleza de la empresa es diferente a la del proyecto, haremos una capacitación tanto teórica como practica para que el empleado a cargo de realizar el adhesivo sepa de forma precisa y ordenada la secuencia del proceso, para esta labor se destinaran dos empleados, cada uno contara con un salario mínimo legal vigente y todas sus prestaciones de ley, en el Cuadro 21 se podrá observar más detalladamente estos porcentajes y valores, cabe resaltar que los riesgos profesionales se evaluaran según el nivel IX.

Cuadro 21. Prestaciones de ley.

REF.	VALOR
Salario Mínimo	\$ 781,242
Aux. de transporte	\$ 88,211
Salud	8.50%
Pensiones	12%
Riesgos profesionales	4.350%
% aportes parafiscales	9%
Cesantías	8.33%
Prima de servicios	8.33%
Vacaciones	4.17%
Interés cesantías	1%

Fuente: Banco de la República, 2017, Colombia, disponible en: (<http://www.banrep.gov.co/es/node/33530>)

En la Tabla 34 se podrá observar el total por año que tiene el costo de la mano de obra para la fabricación del adhesivo.

Tabla 34. Costos de mano de obra anual.

Producción	2019	2020	2021	2022	2023
Sueldo	\$ 899.536	\$ 899.536	\$ 899.536	\$ 899.536	\$ 899.536
Prestaciones sociales	\$ 196.369	\$ 196.369	\$ 196.369	\$ 196.369	\$ 196.369
Aportes parafiscales	\$ 304.493	\$ 304.493	\$ 304.493	\$ 304.493	\$ 304.493
Total	\$33.609.546	\$33.609.546	\$33.609.546	\$33.609.546	\$33.609.546

6.4.3 Costos indirectos de fabricación. Los costos relacionados en la tabla 35, son aquellos que no están relacionados directamente con el proceso de producción como la mano de obra y los materiales, pero son costos que si no se vinculan al proceso no se podría realizar el mismo.

Tabla 35: Costos indirectos de fabricación.

DESCRIPCIÓN	SERVICIOS	OTROS	TOTAL
2018	\$ 1.100.000	\$ 80.000	\$ 14.160.000
2019	\$ 1.138.060	\$ 82.768	\$ 14.649.936
2020	\$ 1.177.437	\$ 85.632	\$ 15.156.824
2021	\$ 1.218.176	\$ 88.595	\$ 15.681.250
2022	\$ 1.260.325	\$ 91.660	\$ 16.223.821
2023	\$ 1.303.932	\$ 94.831	\$ 16.785.165

6.5 ESTADO DE RESULTADOS Y FLUJO DE CAJA

Anteriormente se definieron los ingresos y egresos que la empresa puede presentar en la proyección del proyecto, a continuación, se realizarán las pérdidas y ganancias junto al flujo de caja que se presentaría.

6.5.1 Estado de resultados. En la Tabla 36 se podrán observar los costos de producción y los próximos ingresos por ventas, adicional se contemplará el impuesto del 25% que se le impone a cada empresa.

Tabla 36. Estado de resultados con el proyecto.

Especificación	2019	2020	2021	2022	2023
Ingresos operacionales	\$105,534,208	\$125,563,546	\$149,394,251	\$177,747,786	\$211,482,539
Costos de ventas	\$(56,377,498)	\$(58,425,104)	\$(60,782,662)	\$(63,506,274)	\$(66,662,599)
Materiales	\$(8,118,016)	\$(9,658,734)	\$(11,491,865)	\$(13,672,907)	\$(16,267,888)
Mano de Obra Directa	\$(33,609,546)	\$(33,609,546)	\$(33,609,546)	\$(33,609,546)	\$(33,609,546)
Costos Indirectos de Fabricación	\$(14,649,936)	\$(15,156,824)	\$(15,681,250)	\$(16,223,821)	\$(16,785,165)
Utilidad bruta	\$49,156,710	\$67,138,442	\$88,611,590	\$114,241,512	\$144,819,939
Gastos administrativos	\$(33,609,546)	\$(33,609,546)	\$(33,609,546)	\$(33,609,546)	\$(33,609,546)
Utilidad operacional	\$15,547,164	\$33,528,895	\$55,002,043	\$80,631,966	\$111,210,393
Otros gastos	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Otros ingresos	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Utilidad antes de impuestos	\$15,547,164	\$33,528,895	\$55,002,043	\$80,631,966	\$111,210,393
Impuestos (25%)	\$(3,886,791)	\$(8,382,224)	\$(13,750,511)	\$(20,157,991)	\$(27,802,598)
Utilidad neta	\$11,660,373	\$25,146,672	\$41,251,533	\$60,473,974	\$83,407,795

Se observa que a pesar de contemplar todos los costos de venta que genera el proyecto, queda una utilidad gracias a los ingresos que el mismo genera.

6.5.2 Flujo de caja. Este a diferencia del estado de resultados nos va dar una comparación de ingresos y egresos con respecto a la situación actual como a la propuesta, dichos datos se pueden contemplar en la Tabla 37.

Tabla 37. Flujo de caja con el proyecto

Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ingresos						
Ventas		\$105.534.208	\$125.563.546	\$149.394.251	\$177.747.786	\$211.482.539
Ingresos totales		\$105.534.208	\$125.563.546	\$149.394.251	\$177.747.786	\$211.482.539
Egresos						
Materiales		\$(8.118.016)	\$(9.658.734)	\$11.491.865	\$(13.672.907)	\$(16.267.888)
Mano de obra directa		\$(33.609.546)	\$(33.609.546)	\$(33.609.546)	\$(33.609.546)	\$(33.609.546)
Costos indirectos de fabricación		\$(14.649.936)	\$(15.156.824)	\$(15.681.250)	\$(16.223.821)	\$(16.785.165)
Gastos administrativos		\$(33.609.546)	\$(33.609.546)	\$(33.609.546)	\$(33.609.546)	\$(33.609.546)
Impuestos		\$(3.886.791)	\$(8.382.224)	\$(13.750.511)	\$(20.157.991)	\$(27.802.598)
Egresos totales		\$(93.873.835)	\$(100.416.874)	\$(108.142.718)	\$(117.273.811)	\$(128.074.743)
Saldo neto del periodo	\$ (8.999.000)	\$ (11.660.373)	\$25.146.672	\$41.251.533	\$60.473.975	\$83.407.796

En el año de planeación del proyecto se presentará un saldo neto del periodo negativo, ya que es en este periodo donde se realizará la inversión de la maquinaria y equipo, pero inmediatamente en el primer año de ejecución se comenzarán a ver las ganancias que con el paso de los años irán incrementando, dando resultados positivos a la empresa.

6.6 EVALUACION FINANCIERA

Teniendo el flujo de caja que se obtendrá gracia a la implementación de este proyecto, se realizará el análisis financiero gracias a la tasa interna de oportunidad (TIO), valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR).

6.6.1 Tasa Interna de Oportunidad (TIO). Es la tasa que estipula la empresa para que determine el costo de oportunidad del dinero aportado, en Comercializadora nacional de papas R & G tiene el 15% de efectivo anual para estos proyectos.

6.6.2 Valor Presente Neto (VPN). Es el valor presente neto propuesto el cuál si es mayor a cero, el proyecto será viable económicamente, para realizar este cálculo se tiene en cuenta la tasa interna de oportunidad (TIO) ya definida.

6.6.3 Tasa Interna de Retorno (TIR). Es la tasa de rentabilidad del proyecto, esta tasa se obtiene igualando la fórmula del VPN a cero, la TIR debe ser comparada con la TIO, si la TIR es mayor que la TIO el proyecto es económicamente viable.

En la Tabla 38 se pueden evidenciar estos indicadores, donde indican que para la empresa Comercializadora nacional de papas R & G es viable económicamente, ya que el VPN es mayor a cero y la TIR es mayor que la TIO.

Tabla 38. Indicadores financieros.

Indicador	Resultado
TIO	15%
TIR	205%
VPN	\$123,323,110

Para concluir este capítulo, se debe tener en cuenta que los datos y cálculos realizados fueron de gran importancia en el desarrollo de este proyecto ya que nos muestra a grandes rasgos los beneficios económicos que se presentarían en la implementación del mismo.

7. CONCLUSIONES

- Inicialmente en los datos obtenidos de la parte experimental de la caracterización del almidón de papa R-12, se determinó que los valores del porcentaje de humedad supera de manera agresiva a los datos reportados por otros autores que realizaron una prueba de la misma propiedad, esto debido principalmente a la naturaleza o estado en el cual se llevó a cabo dicho estudio, es decir, la mayoría de los artículos que dan resultados de porcentaje de humedad en rangos de 17% al 20% como punto máximo, se hizo el estudio sobre harina de almidón; mientras que en el presente proyecto de trabajo de grado se trabajó con “torta” de almidón, en el punto de extracción del almidón por parte de la empresa Comercializadora Nacional de Papas R&G presenta un alto contenido de agua en su masa resultante y es por este motivo que los porcentajes son tan distantes, como ya se ha mostrado anteriormente el porcentaje de humedad promedio de este estudio fue del 51,241%; con respecto al porcentaje de cenizas, se realizó el cálculo y procedimiento con respecto a la norma anteriormente citada en donde se utiliza el porcentaje de humedad obtenido y al ser este alto, va arrojar igualmente un resultado relativamente de cenizas alto.
- Se deben resaltar los resultados obtenidos del proceso hidrolítico alcalino fueron en su mayoría satisfactorios para los evaluadores, debido principalmente a que las formulaciones de este proceso se determinaron que 7 de 9 de ellas presentaron un poder adherente significativo de las cuales se seleccionaron las formulaciones B, F y G para la continuación de la siguiente etapa expuesta para este proyecto; además de poseer características favorables como la facilidad de dispersión en las superficies de estudio (para este caso son de unión cartón – cartón). Todos estos aspectos superaron de manera significativa a los resultados obtenidos del proceso hidrolítico ácido, dado que de esta ruta hidrolítica se obtuvieron 2 de 9 formulaciones en estado semisólido, sin embargo, sus propiedades adherentes son pocas o nulas, y las demás 7 formulaciones se encuentran en estado líquido, esto se debe a que las concentraciones de ácido usadas en este proyecto fueron demasiado agresivas para la materia prima, degradando las moléculas del almidón más de lo necesario, es decir, no se obtuvieron las dextrinas deseadas y es por esta razón que se desnaturalizaron, impidiendo el desarrollo de las características del tack por esta ruta hidrolítica.
- Los resultados de la hidrólisis alcalina obtenidos en la pre-experimentación, arrojaron que la mayoría de las formulaciones presentan un poder adherente satisfactorio para los desarrolladores, permitiendo así la selección de 3 formulaciones de las 18 expuestas, para las pruebas de calidad de los adhesivos luego de la adición de los aditivos o reactivos complementarios. Produciendo un

fuerte competidor frente a uno de los adhesivos comerciales más comunes y sobre todo más usado por su alta eficiencia de adhesión, el Super Bonder.

- Luego de hacer un profunda análisis de los resultados obtenidos de las diferentes formulaciones postuladas y de la selección bajo una serie de ensayos técnicos para la determinación de la funcionalidad del adhesivo, se llevó a cabo un proceso de escalamiento a nivel industrial para realizar los estudios y comparaciones pertinentes a los aspectos financieros del proyecto, determinando así los ingresos y egresos que se podrían presentar, gracias a los resultados del Valor Presente Neto (VPN) siendo este superior a cero (0) y que el porcentaje de la Tasa Interna de Retorno (TIR) es mayor a la Tasa Interna de Oportunidad (TIO), se concluyó que el proyecto es económicamente viable para los intereses de la empresa Comercializadora Nacional de Papas R&G.

8. RECOMENDACIONES

- Una proyección comercial del adhesivo obtenido a partir de un componente orgánico, es decir, no solo la aplicación del mismo producto en las instalaciones de la Comercializadora Nacional de Papas R&G sino también la comercialización del mismo a un público más amplio.
- Posibilidades en la modificación de las proteínas presentes en el almidón de papa R-12 pueden demostrar un cambio significativo en el poder adherente, se sugiere un estudio posterior para ver como altera los resultados presentados en el presente documento, suministrando estos cambios a la estructura del almidón de papa R-12.
- Comparación de la producción del adhesivo a partir de almidón de papa R-12 aplicando los mismos mecanismos, en este caso la hidrólisis alcalina y ácida, variando el producto de origen, es decir, cambiar la variedad de papa de las múltiples existentes en el mercado.
- Nuevos estudios en la aplicación de nuevos agentes hidrolizantes, sugeridos el ácido sulfúrico y el hidróxido de potasio por referencias bibliográficas.
- Neutralización de los ensayos resultantes para análisis de las propiedades con un pH neutro y reportar las variaciones con los datos obtenido en este proyecto de trabajo de grado.

BIBLIOGRAFÍA

ACADEMIC, Diccionario de uso del español actual con sinónimos y antónimos, Esacademic, 2015, disponible en: (http://synon_es.esacademic.com/16894/dextr%C3%B3).

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. D 1876 – 01 Standard Test Method for Peel Resistance of Adhesives (T-Peel Test), Estados Unidos, American Society of Testing Materials, 2008.

ARRIANDIGA ABAROA, Maria Victoria. NTP 266: Adhesivos sintéticos: riesgo higiénico de resinas y otros componentes, Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, España, 1991.

BANCO DE LA REPÚBLICA, 2017, Colombia, disponible en: (<http://www.banrep.gov.co/es/node/33530>).

BYOUNG WOOK, Kong; JUNG, Kim y JAE, C. ProcinePancreatic – AmylaseHydrolysisofNativeStarch Granules as a Function of Granule SurfaceArea, China, Biotechnol, 2013, p 1162-1166.

CARRASCAL DELGADO, Fabián Alfredo. Obtención de dextrinas de alta solubilidad y mínima retrogradación a partir de almidón industrial de yuca, Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, 2005.

CASA ABIERTA UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA. Citado por: CHAVEZ BRITO, Daniel. Elaboración de goma modificada a partir de la dextrina de yuca para uso en la industria cartonera, Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2012, p 14.

CASTAÑO PELAEZ, Hader, et al. Producción de etanol a partir d harina de yuca en un sistema de hidrólisis enzimática y fermentación simultánea. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Dyna, vol. 78, num 169, 2011, p 158-166.

CASTAÑO, Enrique. Lidia con la química, 2015, disponible en: (<https://lidiaconlaquimica.wordpress.com/2015/06/27/los-polisacaridos/>)

CASTELLANOS RIVEROS, Alberto y TORRES VARGAS, Golda Meyer. Proteína celular en biomasa de la levadura producida a partir de residuos de cáscaras de naranja y papa para uso en la alimentación animal, Citecsa - instituto universitario de la paz, 2017.

CHAVEZ BRITO, Daniel. Elaboración de goma modificada a partir de la dextrina de yuca para uso en la industria cartonera, Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2012, p 20-21.

CONCEJO NACIONAL DE PAPA, Fede papa, Documento estrategico pla 2020, 2015, disponible en: (<https://www.fedepapa.com/recursos/Documento%20estrat%C3%A9gico%20Plan%202020.pdf>)

CONTRERAS ESTRADA, Miguel, et al. Gelatinización y Gelificación de Almidones, Universidad Nacional de Callao, 2015, p 5.

DE QUIMICA. Disponible en: (<http://dequimica.com/glosario/562/Alicuota>)

DIAZ CASTRO, Laura Jazmín y FIALLOS FIERRO, Fernando Fabián. Obtención de un nuevo adhesivo a partir del almidón modificado (carrier) de maíz para la Industria Cartonera Ecuatoriana, Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2011, p 22-23

E-INDUSTRIA, 2017, disponible en: (<http://www.eindustria.com/articulos/tipos-de-adhesivos-segun-su-origen-8101.htm>).

FARLEX INC, TheFreeDictionary, 2017, disponible en: (<https://es.thefreedictionary.com/lev%C3%B3giro>)

Fundación Universidad de América. Decanatura Ingeniería Química. 15 de agosto de 2017.

Fundación Universidad de América. En línea (<http://www.uamerica.edu.co/programas-academicos/pregrado/ingenieria-quimica/>). Consultado el 15 de agosto de 2017.

GARCÍA REYES, Irene; CLAUDIO, Catalina y HERNÁNDEZ, Leticia. Ventajas, usos y aplicaciones de los almidones, Industrias alimenticias Fabp, S.A. de C.V, 2005, p 22-23.

GERENA BARON, Flor Marina. Obtención de jarabes azucarados a partir de la hidrólisis química de residuos de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis* l var valencia) y papa (*Solanum tuberosum*) variedad DiacolCapiro (R-12) para ser empleados como edulcorantes en la industria de alimentos, Duitama, Universidad nacional abierta y a distancia, 2013.

GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, Rebeca. Reología de líquidos viscosos, México, Instituto Tecnológico de Saltillo, 2013.

GUÍZAR MIRANDA, Albero; MONTAÑÉZ SOTO, José Luís y GARCÍA RUIZ, Ignacio. Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del tubérculo de camote del cerro, Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 2008, p 83.

HABLEMOS CLARO. 2001, disponible en: (<http://www.hablemosclaro.org/ingrepedia/dextrina.aspx#.WOWtbtl1-Uk>).

HERNÁNDEZ MEDINA, Marilyn, *et al.* Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México, Ciencia y tecnología de alimentos, ISSN 0101-2061, 2008, p 718-726.

HERNÁNDEZ RUIZ, Moisés y VERGARA NARVAEZ, Andrés. Elaboración y evaluación de un adhesivo a partir del almidón de yuca nativo, (manihotsculentacrantz), variedad m-tai, utilizando hidróxido de sodio como agente hidrolizante, Sincelejo, Universidad de Sucre, 2008.

HONGWEI, Yu, *et al.* Effect of HCl on Starch Structure and Properties of Starch-based Wood Adhesives, Department of Engineering, BioResources, 2016, p 1721-1728.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC), NTC 4876 Terminología estándar para adhesivos, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-04-30. Cap. 2, p. 1, 4, 8, 10, 11, 12,

_____, NTC 1486 Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-07-23.

_____, NTC 4490 Referencias documentales para fuentes de información electrónicas, ICONTEC, Bogotá, versión 1998-10-28.

_____, NTC 5613 Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-07-23.

_____, NTC 5602 Determinación del olor de los adhesivos, ICONTEC, Bogotá, versión 2008-04-30.

INTERNATIONAL, Yachtpaint, 2017, disponible en: (<http://www.yachtpaint.com/esp/diy/ask-the-experts/qu%C3%A9-es-la-humedad-relativa.aspx>).

JAMES. 1979. Citado por: CHAVEZ BRITO, Daniel. Elaboración de goma modificada a partir de la dextrina de yuca para uso en la industria cartonera, Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2012, p 22.

MALLAUPOMA MISARI, Sita Sonia y RAMOS MARTINEZ, Rosmery. Efecto del método de hidrólisis en el almidón de papa (*solanumtuberosum*) para la obtención de alcohol, Huancayo, Universidad nacional del centro de Perú, 2014.

MARTÍN, Jenny C. y LÓPEZ Elizabeth. Modificación física del almidón de yuca y evaluación de la susceptibilidad a la hidrólisis enzimática por una alfa amilasa. Vol 38, N 3, Revista Colombiana de química, 2009, p 395-408.

MARTÍNEZ GUERRA, Juan José. Libro Electrónico de Bioquímica, México, Universidad autónoma de Aguascalientes, 2014.

NO SE LE PUEDE LLAMAR COCINA, disponible en: (<http://www.noselepuedellamarcocina.com/2008/07/04/la-harina-de-arroz-como-espesante-estabilizante-y-gelificante-instantaneo/>)

PALMA RODRÍGUEZ; AGAMA ACEVEDO; GONZÁLEZ SOTO y BELLO PÉREZ. Efecto del tamaño del granulo en la modificación química del almidón, XII congreso nacional de ciencia y tecnología de alimentos, 2010, p 283.

PARDO C., Oscar Hernando; CASTAÑEDA, Julio César y ORTIZ, César Armando. Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa, Tunja, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2013, p 290.

PEACOCK TRADING LLC, 2015, disponible en: (http://www.peacocktrade.com/producto.php?id_item=150&idsub=13)

PÉREZ PORTO, Julián y GARDEY, Ana. Definiciones, 2015, disponible en: (<https://definicion.de/color/>).

PETRIE, Edward. Sforch and Dextrin-BasedHdliesives, Adhesives&SealantsIndustry, 2005, p 44-49.

PROYECTO BIOSFERA, Biosfera, 2000, disponible en: (<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/biomol/contenidos6.htm>)

QUIMINET. 2012, disponible en: (<https://www.quiminet.com/articulos/los-mejores-usos-y-aplicaciones-para-la-fecula-de-papa-2877776.htm>)

QUINTERO MORA, Leidy Patricia, *et al.* Evaluación de residuos de papa, yuca y naranja para la producción de etanol en cultivo discontinuo utilizando *Saccharomycescerevisiae*, Cúcuta, Universidad Francisco de Paula Santander, 2015, p 43-53.

QUITIGUIÑA, Carla y SANTACRUZ, Stalin. Obtención de jarabe de glucosa a partir de la hidrolisis enzimática de almidón de banano, *Musa Cavendish*. Revista Bolivariana de química, vol. 29, Universidad de San Francisco de Quito, Ecuador, 30 de Junio de 2012, p 55-62.

RIVAS GONZÁLEZ, Mayra, *et al.* Caracterización morfológica, molecular y fisicoquímica del almidón de plátano oxidado y lintnerizado, *Agrociencia*, 2008, p 487-497.

SALCEDO M, Jairo G.; MONTES M, Evelardo J. y PAJARO S, Jose L. producción de jarabes de fructosa por medio de la hidrólisis enzimática del almidón de yuca de las variedades corpoica m tai-8 y corpoica orense. Dyna 160, Medellín, 2009, p 121-130, ISSN 0012-7353.

SÁNCHEZ DE LA CONCHA, S; PACHECO VARGAS, G; AGAMA ACEVEDO, E. Producción de nano cristales de almidón de plátano por hidrólisis ácida: caracterización parcial, Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2016, p 565-570.

SCHWIMMER, Sigmund. Source book of Enzymology, Estados Unidos, The Avipublishingcompany, 1981, p 4, 114, 154-174, 675.

UAM, 2005. Citado por: CHAVEZ BRITO, Daniel. Elaboración de goma modificada a partir de la dextrina de yuca para uso en la industria cartonera, Guayaquil, Universidad de Guayaquil, 2012, p 18.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Papa UNC, 2000, disponible en: (<http://www.papaunc.com/catalogoExtendido.shtml?x=26>)

VEGA, Juan. Fed. Valenciana de fisioculturismofitness, 2014, disponible en: (<http://www.fvff.es/amilopectina/>)

WORD REFERENCE. WordReference.com, 2017, disponible en: (<http://www.wordreference.com/es/translation.asp?tranword=spindle>)

ZALDIVAR CORIA, Iliana. Departamento de programas audiovisuales, 2011, disponible en: (http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Seminario-Gelatinizacionyretrogradacion_25483.pdf)

ANEXOS

ANEXO A

PROTOCOLOS DE PREPARACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA R-12

Diagrama 24. Preparación de la instrumentación para la determinación del Porcentaje de Humedad del muestreo de Almidón de papa R-12.

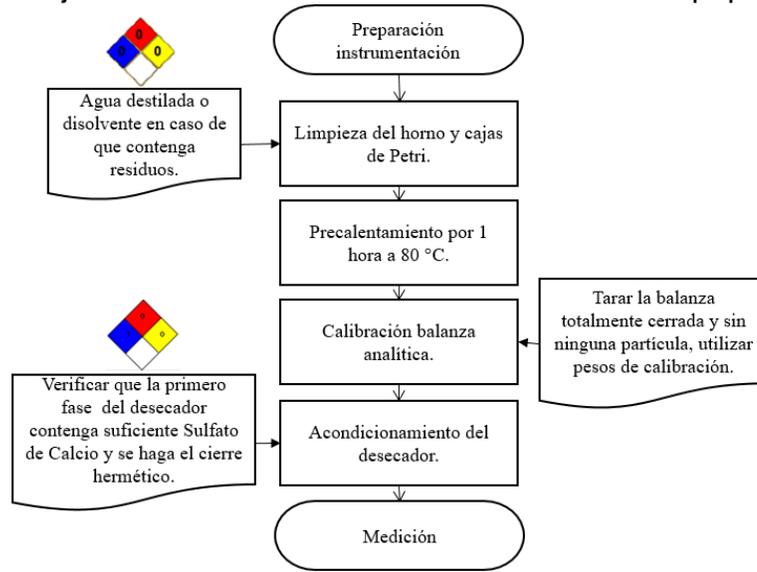


Diagrama 25. Preparación de la instrumentación para la determinación de la Viscosidad del muestreo de Almidón de papa R-12.

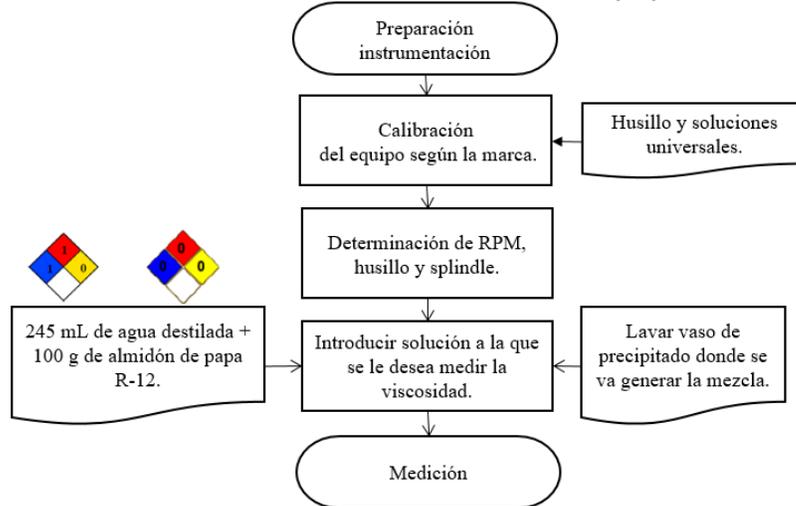


Diagrama 26. Preparación de la instrumentación para la determinación de la Densidad del muestreo de Almidón de papa R-12.

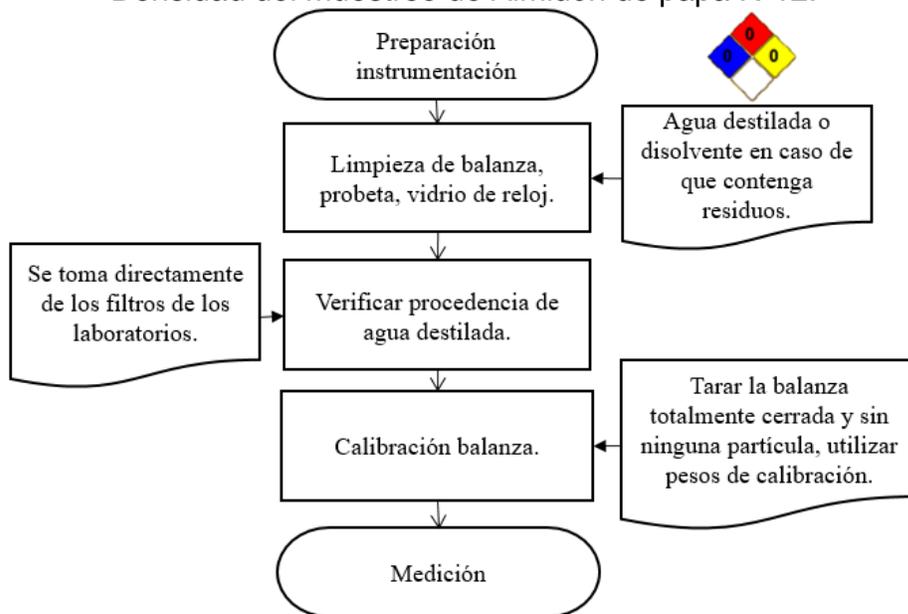


Diagrama 27. Preparación de la instrumentación para la determinación del pH del muestreo de Almidón de papa R-12.

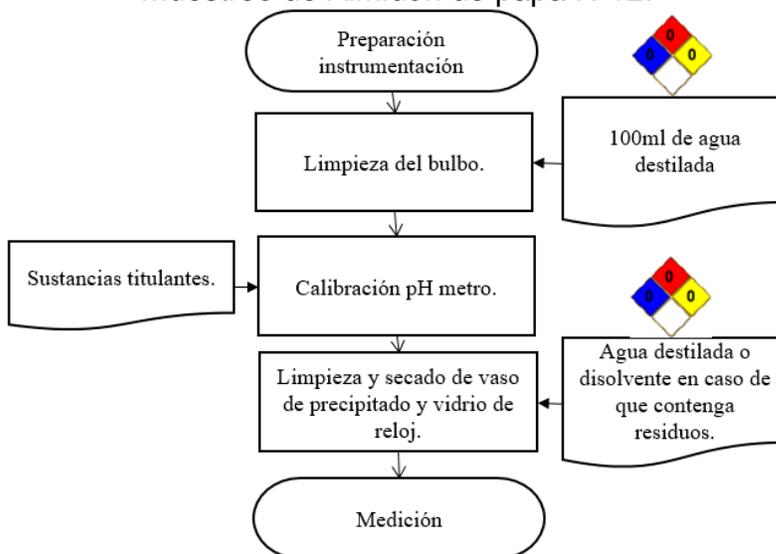


Diagrama 28. Preparación de la instrumentación para la determinación del Porcentaje de Cenizas del muestreo de Almidón de papa R-12.

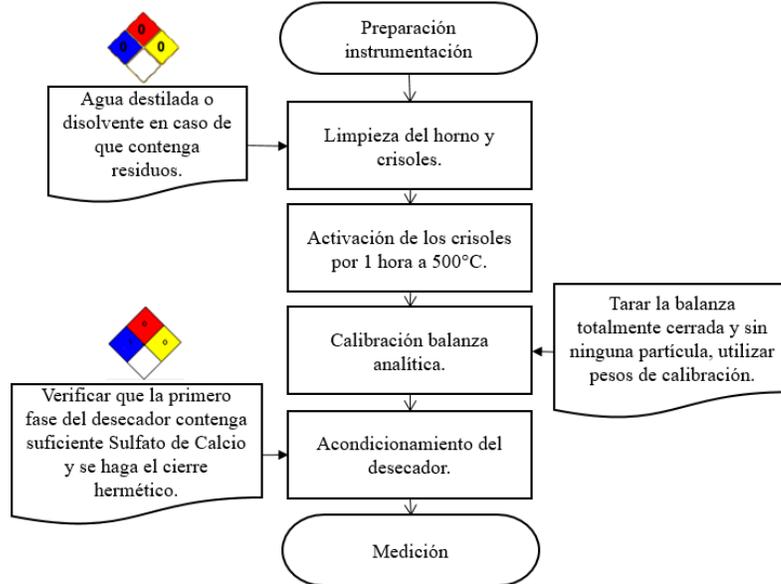


Diagrama 29. Plan de muestreo para el análisis de la Densidad de un pegante/adhesivo a base de almidón de papa R-12.



ANEXO B

MUESTRA DE CÁLCULOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA R-12

Determinación del Porcentaje de Humedad del almidón de papa R-12

Ecuación 1. Porcentaje de Humedad.

$$\%Humedad = \%H = \frac{Peso_{Humedo} - Peso_{Seco}}{Peso_{Humedo}} * 100\%$$

Ensayo 1

$$\begin{aligned}Peso_{Vidrio} &= 42,826 \text{ g} & Peso_{Humedo} &= 50,835 \text{ g} & Peso_{Seco} &= 46,791 \text{ g} \\Peso_{Humedo \text{ Neto}} &= Peso_{Humedo} - Peso_{Vidrio} = 50,835 \text{ g} - 42,826 \text{ g} = 8,009 \text{ g} \\Peso_{Seco \text{ Neto}} &= Peso_{Seco} - Peso_{Vidrio} = 46,791 \text{ g} - 42,826 \text{ g} = 3,965 \text{ g} \\ \%Humedad &= \frac{8,009 \text{ g} - 3,965 \text{ g}}{8,009 \text{ g}} * 100\% \Rightarrow \%H = 50,493 \%\end{aligned}$$

Ensayo 2

$$\begin{aligned}Peso_{Vidrio} &= 40,702 \text{ g} & Peso_{Humedo} &= 48,72 \text{ g} & Peso_{Seco} &= 44,615 \text{ g} \\Peso_{Humedo \text{ Neto}} &= Peso_{Humedo} - Peso_{Vidrio} = 48,72 \text{ g} - 40,702 \text{ g} = 8,018 \text{ g} \\Peso_{Seco \text{ Neto}} &= Peso_{Seco} - Peso_{Vidrio} = 44,615 \text{ g} - 40,702 \text{ g} = 3,913 \text{ g} \\ \%Humedad &= \frac{8,018 \text{ g} - 3,913 \text{ g}}{8,018 \text{ g}} * 100\% \Rightarrow \%H = 51,197 \%\end{aligned}$$

Ensayo 3

$$\begin{aligned}Peso_{Vidrio} &= 43,156 \text{ g} & Peso_{Humedo} &= 51,232 \text{ g} & Peso_{Seco} &= 47,070 \text{ g} \\Peso_{Humedo \text{ Neto}} &= Peso_{Humedo} - Peso_{Vidrio} = 51,232 \text{ g} - 43,156 \text{ g} = 8,076 \text{ g} \\Peso_{Seco \text{ Neto}} &= Peso_{Seco} - Peso_{Vidrio} = 47,070 \text{ g} - 43,156 \text{ g} = 3,914 \text{ g} \\ \%Humedad &= \frac{8,076 \text{ g} - 3,914 \text{ g}}{8,076 \text{ g}} * 100\% \Rightarrow \%H = 51,535 \%\end{aligned}$$

Ensayo 4

$$\begin{aligned}Peso_{Vidrio} &= 49,021 \text{ g} & Peso_{Humedo} &= 57,106 \text{ g} & Peso_{Seco} &= 52,923 \text{ g} \\Peso_{Humedo \text{ Neto}} &= Peso_{Humedo} - Peso_{Vidrio} = 57,106 \text{ g} - 49,021 \text{ g} = 8,085 \text{ g} \\Peso_{Seco \text{ Neto}} &= Peso_{Seco} - Peso_{Vidrio} = 52,923 \text{ g} - 49,021 \text{ g} = 3,902 \text{ g} \\ \%Humedad &= \frac{8,085 \text{ g} - 3,902 \text{ g}}{8,085 \text{ g}} * 100\% \Rightarrow \%H = 51,738 \%\end{aligned}$$

Determinación de la Densidad del almidón de papa R-12

Ecuación 2. Densidad.

$$\rho = \frac{m \text{ (g)}}{V_f \text{ (mL)} - V_o \text{ (mL)}}$$

Ensayo 1

$$\rho = \frac{5,034 \text{ g}}{85 \text{ mL} - 80 \text{ mL}} = \frac{5,034 \text{ g}}{5 \text{ mL}} = 1,0068 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

Ensayo 2

Ensayo 3

$$\rho = \frac{5,019 \text{ g}}{85 \text{ mL} - 80 \text{ mL}} = \frac{5,019 \text{ g}}{5 \text{ mL}} = 1,0038 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

Ensayo 4

$$\rho = \frac{5,012 \text{ g}}{85 \text{ mL} - 80 \text{ mL}} = \frac{5,012 \text{ g}}{5 \text{ mL}} = 1,0024 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

$$\rho = \frac{5,059 \text{ g}}{85 \text{ mL} - 80 \text{ mL}} = \frac{5,059 \text{ g}}{5 \text{ mL}} = 1,0118 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

Determinación del Porcentaje de Cenizas del almidón de papa R-12

Ecuación 3. Porcentaje de Cenizas.

$$\%Cenizas = \%CE = \frac{\text{Masa Cenizas (g)}}{[\text{Masa Muestreo (g)}] * [100 - \%Humedad]} * 100\%$$

Ensayo 1

$$\text{Masa Cenizas} = 0,015 \text{ g} \qquad \text{Masa Muestreo} = 5,071 \text{ g}$$

$$\%Humedad = 50,493\%$$

$$\%Cenizas = \frac{0,015 \text{ g}}{[5,071 \text{ g}] * [100 - 50,493]} * 100\% \Rightarrow \%CE = 0,00597\%$$

Ensayo 2

$$\text{Masa Cenizas} = 0,003 \text{ g} \qquad \text{Masa Muestreo} = 5,084 \text{ g}$$

$$\%Humedad = 51,197\%$$

$$\%Cenizas = \frac{0,003 \text{ g}}{[5,084 \text{ g}] * [100 - 51,197]} * 100\% \Rightarrow \%CE = 0,00121\%$$

Ensayo 3

$$\text{Masa Cenizas} = 0,001 \text{ g} \qquad \text{Masa Muestreo} = 5,039 \text{ g}$$

$$\%Humedad = 51,535\%$$

$$\%Cenizas = \frac{0,001 \text{ g}}{[5,039 \text{ g}] * [100 - 51,535]} * 100\% \Rightarrow \%CE = 0,00041\%$$

Ensayo 4

$$\text{Masa Cenizas} = 0,002 \text{ g} \qquad \text{Masa Muestreo} = 5,005 \text{ g}$$

$$\%Humedad = 51,738\%$$

$$\%Cenizas = \frac{0,002 \text{ g}}{[5,005 \text{ g}] * [100 - 51,738]} * 100\% \Rightarrow \%CE = 0,00083\%$$

ANEXO C

MUESTRA DE CÁLCULOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE UN PEGANTE A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12

Determinación del Porcentaje de Humedad de un Pegante a base de almidón de papa R-12

Ecuación 1. Porcentaje de Humedad.

$$\%Humedad = \%H = \frac{Peso_{Humedo} - Peso_{Seco}}{Peso_{Humedo}} * 100\%$$

Ensayo Tratamiento A

$$Peso_{vidrio} = 31,000 \text{ g} \quad Peso_{Humedo} = 39,061 \text{ g} \quad Peso_{Seco} = 32,155 \text{ g}$$

$$Peso_{Humedo \text{ Neto}} = Peso_{Humedo} - Peso_{vidrio} = 39,061 \text{ g} - 31,000 \text{ g} = 8,061 \text{ g}$$

$$Peso_{Seco \text{ Neto}} = Peso_{Seco} - Peso_{vidrio} = 32,155 \text{ g} - 31,000 \text{ g} = 1,155 \text{ g}$$

$$\%Humedad = \frac{8,061 \text{ g} - 1,155 \text{ g}}{8,061 \text{ g}} * 100\% \Rightarrow \%H = 85,672 \%$$

La secuencia de cálculos para los demás tratamientos se aplica a lo anteriormente reflejado para el Tratamiento A.

Determinación de la Densidad de un Pegante a base de almidón de papa R-12

Ecuación 2. Densidad.

$$\rho = \frac{m_{CopaLlena} (g) - m_{CopaVacía} (g)}{V_{Copa} (mL)}$$

Ensayo Tratamiento A

$$\rho = \frac{51,89 \text{ g} - 23,76 \text{ g}}{24,960 \text{ mL}} = \frac{28,13 \text{ g}}{24,960 \text{ mL}} = 1,127 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

La secuencia de cálculos para los demás tratamientos se aplica a lo anteriormente reflejado para el Tratamiento A.

ANEXO D

MUESTRA DE CÁLCULOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE UN ADHESIVO A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA R-12

Determinación del Porcentaje de Humedad de un Adhesivo a base de almidón de papa R-12

Ecuación 1. Porcentaje de Humedad.

$$\%Humedad = \%H = \frac{Peso_{Humedo} - Peso_{Seco}}{Peso_{Humedo}} * 100\%$$

Ensayo Formulación B

$$\begin{aligned}Peso_{vidrio} &= 38,561 \text{ g} & Peso_{Humedo} &= 46,568 \text{ g} & Peso_{Seco} &= 39,844 \text{ g} \\Peso_{Humedo \textit{ Neto}} &= Peso_{Humedo} - Peso_{vidrio} = 46,568 \text{ g} - 38,561 \text{ g} = 8,007 \text{ g} \\Peso_{Seco \textit{ Neto}} &= Peso_{Seco} - Peso_{vidrio} = 39,844 \text{ g} - 38,561 \text{ g} = 1,283 \text{ g} \\ \%Humedad &= \frac{8,007 \text{ g} - 1,283 \text{ g}}{8,007 \text{ g}} * 100\% \Rightarrow \%H = 83,977 \%\end{aligned}$$

Ensayo Formulación F

$$\begin{aligned}Peso_{vidrio} &= 42,244 \text{ g} & Peso_{Humedo} &= 50,299 \text{ g} & Peso_{Seco} &= 43,087 \text{ g} \\Peso_{Humedo \textit{ Neto}} &= Peso_{Humedo} - Peso_{vidrio} = 50,299 \text{ g} - 42,244 \text{ g} = 8,055 \text{ g} \\Peso_{Seco \textit{ Neto}} &= Peso_{Seco} - Peso_{vidrio} = 43,087 \text{ g} - 42,244 \text{ g} = 0,843 \text{ g} \\ \%Humedad &= \frac{8,055 \text{ g} - 0,843 \text{ g}}{8,055 \text{ g}} * 100\% \Rightarrow \%H = 89,534 \%\end{aligned}$$

Ensayo Formulación G

$$\begin{aligned}Peso_{vidrio} &= 35,378 \text{ g} & Peso_{Humedo} &= 43,451 \text{ g} & Peso_{Seco} &= 36,289 \text{ g} \\Peso_{Humedo \textit{ Neto}} &= Peso_{Humedo} - Peso_{vidrio} = 43,451 \text{ g} - 35,378 \text{ g} = 8,073 \text{ g} \\Peso_{Seco \textit{ Neto}} &= Peso_{Seco} - Peso_{vidrio} = 36,289 \text{ g} - 35,378 \text{ g} = 0,911 \text{ g} \\ \%Humedad &= \frac{8,073 \text{ g} - 0,911 \text{ g}}{8,073 \text{ g}} * 100\% \Rightarrow \%H = 88,715 \%\end{aligned}$$

Determinación de la Densidad de un Adhesivo a base de almidón de papa R-12

Ecuación 2. Densidad.

$$\rho = \frac{m_{CopaLlena} (g) - m_{CopaVacía} (g)}{V_{Copa} (mL)}$$

Ensayo Formulación B

$$\rho = \frac{52,78 \text{ g} - 23,79 \text{ g}}{24,989 \text{ mL}} = \frac{28,99 \text{ g}}{24,989 \text{ mL}} = 1,160 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

Ensayo Formulación F

$$\rho = \frac{60,89 \text{ g} - 23,79 \text{ g}}{24,989 \text{ mL}} = \frac{37,10 \text{ g}}{24,989 \text{ mL}} = 1,485 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

Ensayo Formulación G

$$\rho = \frac{58,96 \text{ g} - 23,76 \text{ g}}{24,960 \text{ mL}} = \frac{35,20 \text{ g}}{24,989 \text{ mL}} = 1,410 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

ANEXO E

MUESTRA DE CÁLCULOS DE LAS CONCENTRACIONES DE LOS REACTIVOS

Concentración de Hidróxido de Sodio

Ecuación 4. Concentración de Hidróxido de Sodio en Molaridad.

$$M_{NaOH} = \frac{mol_{NaOH}}{V_{Solución}}$$

Solución 1

$$m_{NaOH} = 4,9996g \quad V_{Solución} = 250 \text{ mL} = 0,250 \text{ L}$$

$$mol_{NaOH} = 4,9996g * \left(\frac{1 \text{ mol}}{39,997g} \right) = 0,124999375 \text{ mol}$$

$$M_{NaOH} = \frac{0,124999375 \text{ mol}}{0,250 \text{ L}} = 0,4999975 \text{ M} = 0,5 \text{ M}$$

Solución 2

$$m_{NaOH} = 6,9994g \quad V_{Solución} = 250 \text{ mL} = 0,250 \text{ L}$$

$$mol_{NaOH} = 6,9994g * \left(\frac{1 \text{ mol}}{39,997g} \right) = 0,174998125 \text{ mol}$$

$$M_{NaOH} = \frac{0,174998125 \text{ mol}}{0,250 \text{ L}} = 0,6999925 \text{ M} = 0,7 \text{ M}$$

Solución 3

$$m_{NaOH} = 29,9978g \quad V_{Solución} = 250 \text{ mL} = 0,250 \text{ L}$$

$$mol_{NaOH} = 29,9978g * \left(\frac{1 \text{ mol}}{39,997g} \right) = 0,750001250 \text{ mol}$$

$$M_{NaOH} = \frac{0,750001250 \text{ mol}}{0,250 \text{ L}} = 3,000005 \text{ M} = 3 \text{ M}$$

Concentración del Ácido Clorhídrico

Ecuación 5. Concentración de Ácido clorhídrico en Molaridad.

$$V_{HCl_1} C_{HCl_1} = C_{HCl_2} V_{HCl_2} \quad \Rightarrow \quad V_{HCl_1} = \frac{C_{HCl_2} V_{HCl_2}}{C_{HCl_1}}$$

$$V_{stn} = V_{HCl_1} + V_{H_2O} \quad \Rightarrow \quad V_{H_2O} = V_{stn} - V_{HCl_1}$$

Solución 1

$$V_{HCl_1} [12 \text{ M}] = [250 \text{ mL}] [2 \text{ M}] \quad \Rightarrow \quad V_{HCl_1} = \frac{[250 \text{ mL}] [2 \text{ M}]}{[12 \text{ M}]} = 41,6667 \text{ mL}$$

$$250 \text{ mL} = 41,6667 \text{ mL} + V_{H_2O} \quad \Rightarrow \quad V_{H_2O} = 250 \text{ mL} - 41,6667 \text{ mL} = 208,3333 \text{ mL}$$

Solución 2

$$V_{HCl_1} [12 \text{ M}] = [250 \text{ mL}] [6 \text{ M}] \quad \Rightarrow \quad V_{HCl_1} = \frac{[250 \text{ mL}] [6 \text{ M}]}{[12 \text{ M}]} = 125 \text{ mL}$$

$$250 \text{ mL} = 125 \text{ mL} + V_{H_2O} \quad \Rightarrow \quad V_{H_2O} = 250 \text{ mL} - 125 \text{ mL} = 125 \text{ mL}$$

Solución 3

$$V_{HCl_1} [12 M] = [250 mL][12 M] \quad \Rightarrow \quad V_{HCl_1} = \frac{[250 mL][12 M]}{[12 M]} = 250 mL$$

$$250 mL = 250 mL + V_{H_2O} \quad \Rightarrow \quad V_{H_2O} = 250 mL - 250 mL = 0 mL$$

Concentración de almidón de papa R-12

Ecuación 6. Concentración de Almidón de Papa R-12 (%p/p).

$$\% P/P = \frac{m_{Almidón}}{m_{Solución}} * 100\% = \frac{m_{Almidón}}{m_{Almidón} + m_{H_2O}} * 100\%$$

Solución 1

$$m_{Soluta} = m_{Almidón} = 70g \quad m_{Solvente} = m_{H_2O} = 30g$$

$$\% P/P = \frac{70g}{(70 + 30)g} * 100\% = 70\%$$

Solución 2

$$m_{Soluta} = m_{Almidón} = 80g \quad m_{Solvente} = m_{H_2O} = 20g$$

$$\% P/P = \frac{80g}{(80 + 20)g} * 100\% = 80\%$$

Solución 3

$$m_{Soluta} = m_{Almidón} = 90g \quad m_{Solvente} = m_{H_2O} = 10g$$

$$\% P/P = \frac{90g}{(90 + 10)g} * 100\% = 90\%$$

ANEXO F

MUESTRA DE CÁLCULOS DEL NÚMERO DE TRATAMIENTOS DE LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES

Ecuación 7. Cálculo del número de tratamientos totales.

$$\text{No. Tratamientos} = \{[(\text{Niveles})^{\text{Variables Independientes}}] * \text{Réplicas}\}$$

$$\begin{aligned} \text{No. Tratamientos Diseño 1} &= \text{NTD1} = \{(3)^2 * 3\} \\ \text{No. Tratamientos Diseño 1} &= \text{NTD1} = \{9 * 3\} = 27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{No. Tratamientos Diseño 2} &= \text{NTD2} = \{(3)^2 * 3\} \\ \text{No. Tratamientos Diseño 2} &= \text{NTD2} = \{9 * 3\} = 27 \end{aligned}$$

$$\text{No. Tratamientos Totales} = \text{NTD1} + \text{NTD2}$$

$$\text{No. Tratamientos Totales} = 27 + 27 = 54$$

ANEXO G

MUESTRA DE CÁLCULOS DE ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

Proyección de precio

Ecuación 8. Proyección del precio.

$$\text{Precio Actual} = \text{Precio Anterior} + \text{IPC}$$

Proyección de demanda

Ecuación 9. Proyección de la demanda.

$$\text{Demanda Actual} = \text{Demanda Anterior} + \text{PIB}$$

Proyección de ingresos

Ecuación 10. Proyección de los ingresos.

$$\text{Ingresos} = \text{proyección de precio} * \text{proyección de demanda}$$

Costos de producción

Ecuación 11. Costos de producción.

$$\text{Costo Pcc por unidad} = \text{precio de insumos} + \text{IPC}$$

$$\text{Costo Pcc por año} = \text{costo pcc por unidad} * \text{proyección de demanda}$$

Costos mano de obra

Ecuación 12. Costos de mano de obra.

$$\text{Sueldo} = \text{Salario mínimo} + \text{aux. de transporte}$$

$$\text{Prestaciones sociales}$$

$$= \text{Cesantías} + \text{Prima de servicios} + \text{Vacaciones}$$

$$+ \text{Interes a las cesantías}$$

$$\text{Aportes parafiscales}$$

$$= \text{Salud} + \text{Pensiones} + \text{Riesgos profesionales} + \text{Sena}$$

$$+ \text{subsidio familiar} + \text{ICBF}$$

Costos indirectos

Ecuación 13. Costos indirectos.

$$\text{Costos indirectos} = (\text{seguros} + \text{servicios} + \text{otros}) + \text{IPC}$$

Valor Presente Neto

Ecuación 14. Valor Presente Neto VPN.

$$\text{VPN} = -\text{inversión} + \frac{\text{FCN}_{1\text{año}}}{(1+i)^1} + \frac{\text{FCN}_{2\text{año}}}{(1+i)^2} + \frac{\text{FCN}_{3\text{año}}}{(1+i)^3} + \frac{\text{FCN}_{4\text{año}}}{(1+i)^4} + \frac{\text{FCN}_{5\text{año}}}{(1+i)^5}$$

FCN: flujo de caja neto

$i = \text{TIO (tasa interna de oportunidad)}$

Tasa Interna de Retorno

Ecuación 15. Tasa Interna de Retorno (TIR).

$$0 \approx -\text{inversión} + \frac{\text{FCN}_{1\text{año}}}{(1+i)^1} + \frac{\text{FCN}_{2\text{año}}}{(1+i)^2} + \frac{\text{FCN}_{3\text{año}}}{(1+i)^3} + \frac{\text{FCN}_{4\text{año}}}{(1+i)^4} + \frac{\text{FCN}_{5\text{año}}}{(1+i)^5}$$

FCN: flujo de caja neto

$i = \text{TIO (tasa interna de oportunidad)}$

ANEXO H

MARCO NORMATIVO

Cuadro 22. Marco normativo del proyecto.

NORMA	TÍTULO	VERSIÓN
ASTM D1876 01	Standard Test Method for Peel Resistance of Adhesives (T-Peel Test).	2008/05/23
ASTM D903 98	Standard Test Method for Peel or Stripping Strength of Adhesive Bonds.	2010/04/10
ASTM D3330	Standard Test Method for Peel Adhesion of Pressure-Sensitive Tape.	1996/01/01
FINAT Test Methods 1	Prueba de desprendimiento del adhesivo (180°).	2010/07/28
FINAT Test Methods 2	Prueba de desprendimiento del adhesivo (90°).	2010/07/28
FINAT Test Methods 3	Prueba de desprendimiento a baja velocidad (180°).	2010/07/28
NTC 271	Cereales, leguminosas secas y sus productos molidos. Muestreo de lotes estáticos.	2001/10/31
NTC 440	Productos alimenticios. Métodos de Ensayo.	2015/08/19
NTC 529	Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad.	2009/10/21
NTC 926	Productos de molinería. Almidón de maíz no modificado (fécula de maíz).	2016/04/13
NTC 1486	Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación	2008/07/23
NTC 2790	Adhesivos. Métodos de ensayo para determinar la viscosidad.	2011/12/15
NTC 2988	Adhesivos. Determinación de la densidad de adhesivos que se presentan en forma fluida.	1996/01/01
NTC 3806	Cereales y productos de cereales molidos. Determinación de la ceniza total.	1995/10/18
NTC 4490	Referencias documentales para fuentes de información electrónicas.	1998/10/28
NTC 4647	Alimento para animales. Preparación de las muestras de ensayo.	1999/07/28
NTC 4876	Terminología estándar para adhesivos.	2010/12/15
NTC 5004	Adhesivos. Toma de muestras.	2010/11/28
NTC 5063	Adhesivos. Método de ensayo para determinar la viscosidad aparente de adhesivos con velocidad de corte dependiente de las propiedades de flujo.	2002/07/17
NTC 5168	Adhesivos. Clasificación general.	2003/05/28

Cuadro 22. (Continuación).

NORMA	TÍTULO	VERSIÓN
NTC 5602	Determinación del olor de los adhesivos.	2008/04/30
NTC 5605	Determinación de la vida útil de adhesivos líquidos o en pasta de acuerdo con su consistencia y fuerza de adhesión.	2008/05/28
NTC 5613	Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura.	2008/07/23
NTC 5667-15	Calidad del agua. muestreo. parte 15: guía para la preservación y manejo de muestras de lodos y sedimentos.	2000/12/15

ANEXO I

ANOVA

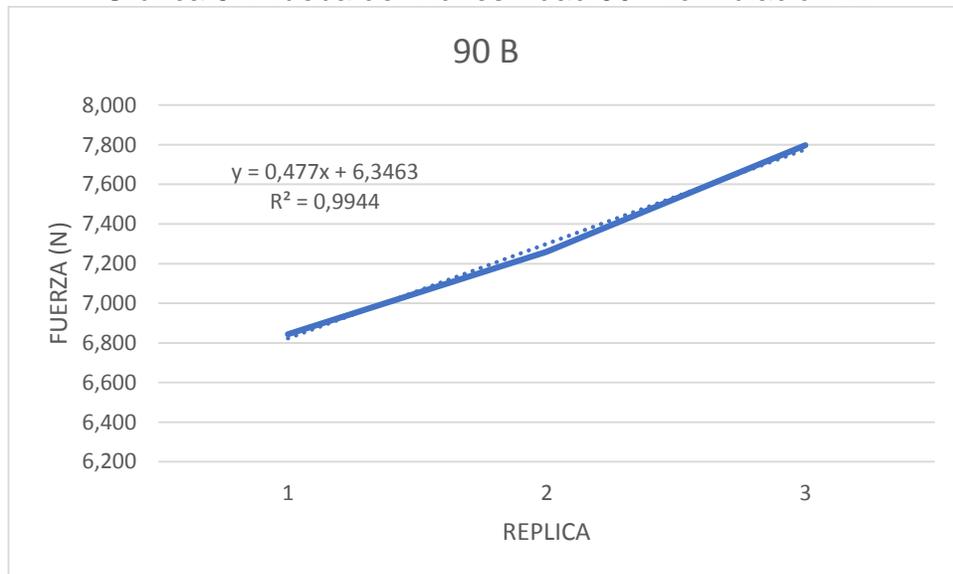
Relación de datos con sus respectivas replicas para el diseño de experimento

Tabla 39. Datos resultantes de ANOVA.

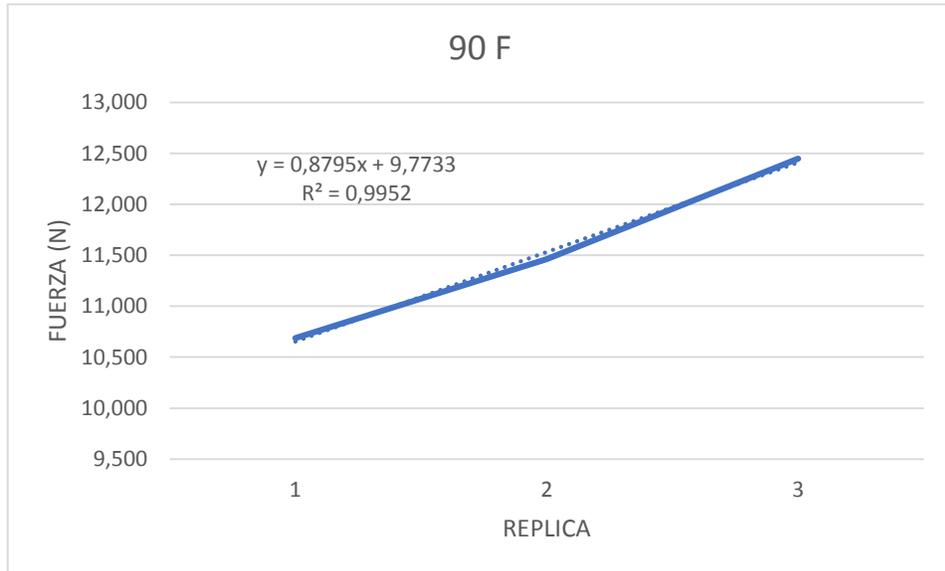
	B		F		G	
	R ²	FUERZA (N)	R ²	FUERZA (N)	R ²	FUERZA (N)
90	0.9944	6.844	0.9952	10.688	0.9959	14.556
		7.259		11.462		14.745
		7.798		12.447		14.896
180	0.8822	99.224	0.9109	142.403	0.989	127.732
		116.641		157.162		177.864
		194.143		206.833		212.519
PELADO	0.7747	3.776	0.7692	4.168	0.8944	7.767
		3.903		4.246		8.954
		7.630		7.219		13.632

Prueba de "Adhesividad 90°"

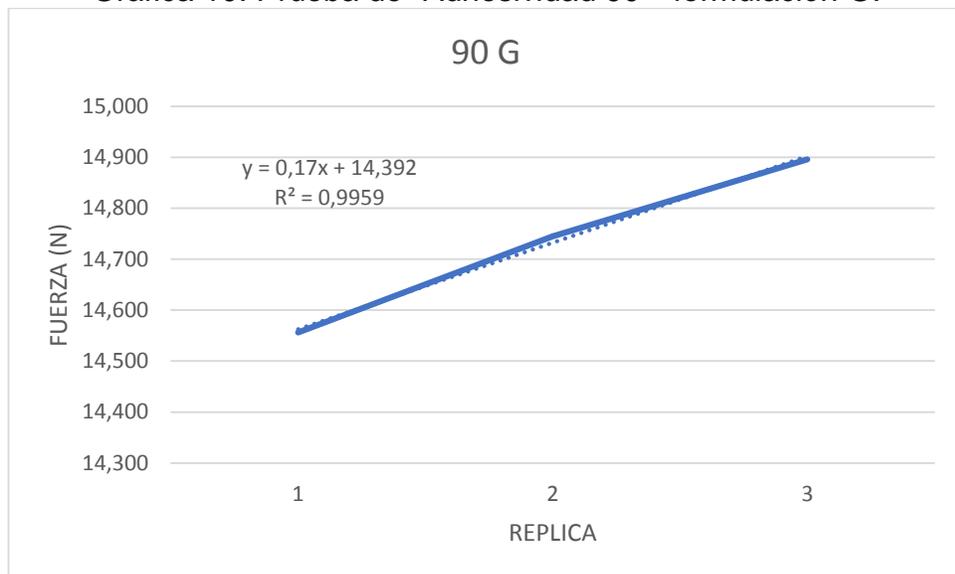
Gráfica 8. Prueba de "Adhesividad 90°" formulación B.



Gráfica 9. Prueba de "Adhesividad 90°" formulación F.

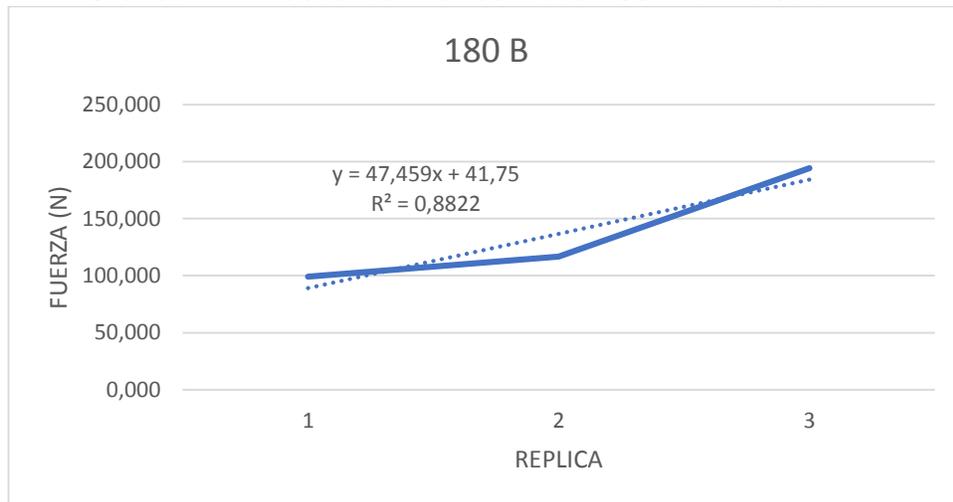


Gráfica 10. Prueba de "Adhesividad 90°" formulación G.

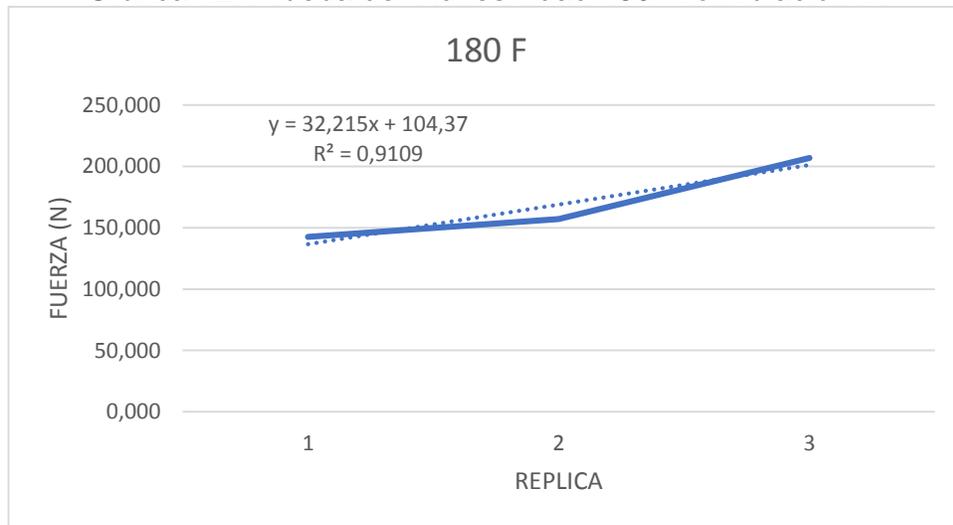


Prueba de "Adhesividad 180°"

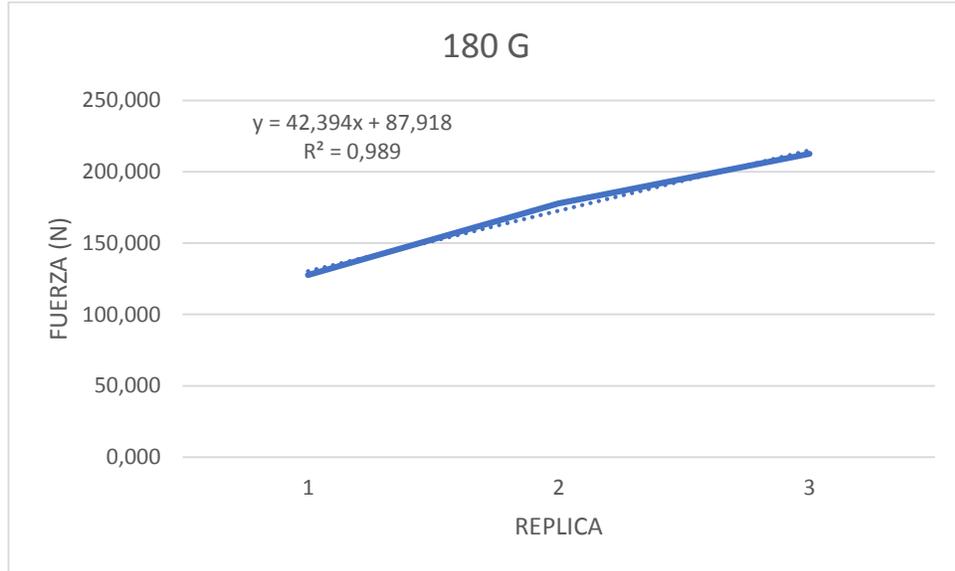
Gráfica 11. Prueba de "Adhesividad 180°" formulación B.



Gráfica 12. Prueba de "Adhesividad 180°" formulación F.

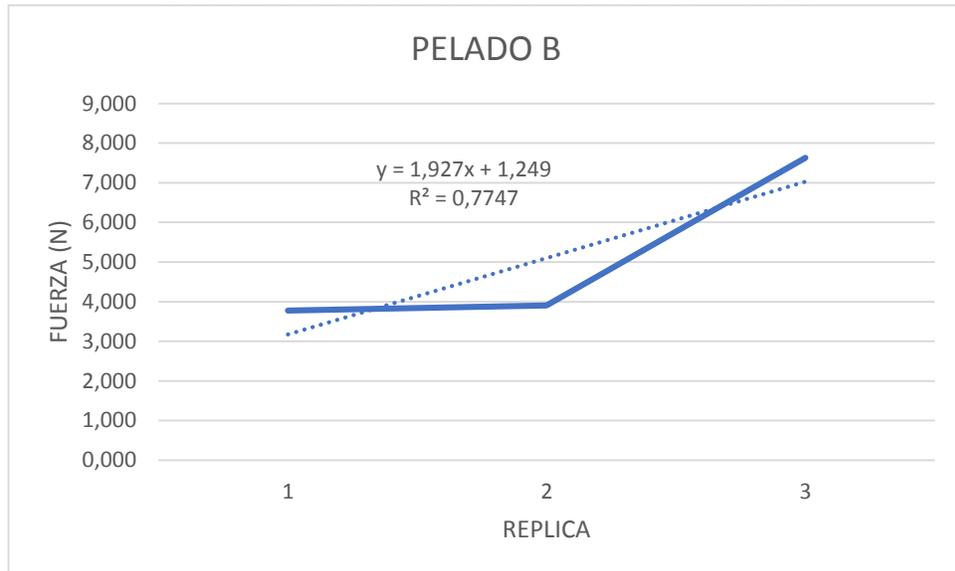


Gráfica 13. Prueba de "Adhesividad 180°" formulación G.

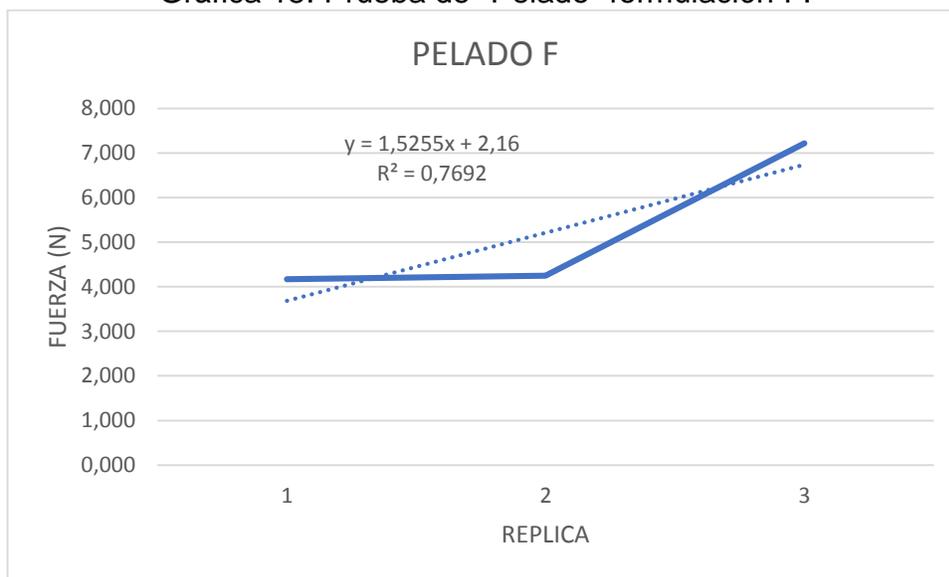


Prueba de "Pelado"

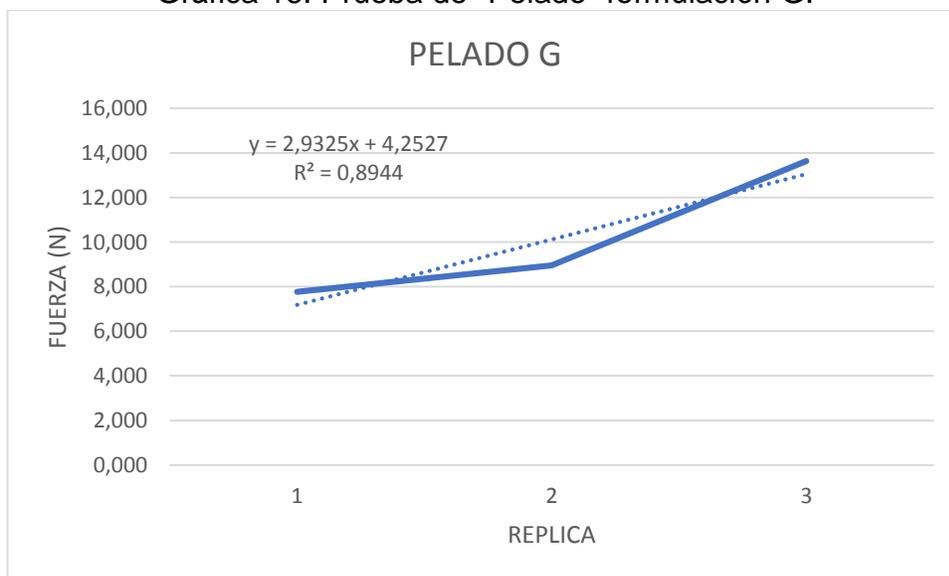
Gráfica 14. Prueba de "Pelado" formulación B.



Gráfica 15. Prueba de "Pelado" formulación F.



Gráfica 16. Prueba de "Pelado" formulación G.



ANEXO J

ROTULO DEL PLAN DE MUESTREO ALMIDÓN DE PAPA R-12

Ver en el CD.

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotros **ALVARO MIGUEL ALVARADO AYALA** y **ALEJANDRA AGUAS ACERO** en calidad de titulares de la obra **DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA LA PRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN ADHESIVO A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA A NIVEL DE LABORATORIO**, elaborada en el año 2017, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

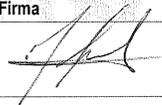
AUTORIZAMOS	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	X	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		X

Para constancia se firma el presente documento en (la ciudad), a los 21 días del mes de febrero del año 2018.

LOS AUTORES:

Autor 1

Nombres	Apellidos
ALVARO MIGUEL	ALVARADO AYALA
Documento de identificación No	Firma
C.C. 1.020.783.318	

Autor 2

Nombres	Apellidos
ALEJANDRA	AGUAS ACERO
Documento de identificación No	Firma
C.C. 1.069.744.548	

Nota: Incluya un apartado (copie y pegue el cuadro anterior), para los datos y la firma de cada uno de los autores de la obra.