



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE LA HARINA DE TRIGO
(*Genustriticum*) TIPO PANADERA ELABORADA EN MOLINOS
CORDILLERA - SUCESORES DE JACOBO PAREDES M.S.A.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA DE ALIMENTOS**

MARÍA JOSÉ PAZMIÑO BONILLA

DIRECTORA: ING. GABRIELA VERNAZA,PhD.

Quito, noviembre 2013

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2013
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **MARÍA JOSÉ PAZMIÑO BONILLA**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

MARÍA JOSÉ PAZMIÑO BONILLA

C.I. 0201572856

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “Determinación del perfil de la harina de trigo (*Genustriticum*) tipo panadera elaborada en Molinos Cordillera - Sucesores De Jacobo Paredes M.S.A.”, que, para aspirar al título de Ingeniera de Alimentos fue desarrollado por María José Pazmiño, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

Ing. Gabriela Vernaza, PhD

DIRECTORA DEL TRABAJO

C.I. 1711111243

SUCESORES DE JACOBO PAREDES M. S.A.

Molino y Pastificio

CARTA DE LA EMPRESA

A petición verbal de la interesada CERTIFICO que la señorita **MARÍA JOSÉ PAZMIÑO BONILLA**, cédula de ciudadanía Nro. 020157285-6 desarrolló su tesis previa a la obtención del título con el tema "DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE LA HARINA DE TRIGO (*GENUSTRITICUM*) TIPO PANADERA ELABORADA EN MOLINOS CORDILLERA - SUCESORES DE JACOBO PAREDES M.S.A" en las instalaciones del Laboratorio de nuestra empresa.

Es todo cuanto puedo constatar en honor a la verdad.

La interesada puede hacer uso del presente CERTIFICADO como bien tuviere.

Atentamente,



Ing. Marcela Balseca.

Jefe de Control de Calidad

Sucesores de J. Paredes M.S.A.

Cusubamba Oe1-17 y Av. Maldonado / Teléfonos: (593-2) 2678 980 - 2678 979 / Fax: (593-2) 2673 005
Casilla Postal: 17-07-9396 / email: sucesor@molitor.com
Quito ~ Ecuador



DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo primeramente a mis padres Ángel y Ruth por ser el pilar fundamental de mi vida, que con esfuerzo y sabiduría han sabido guiarme en el camino correcto en mi formación personal y profesional.

A mis abuelos, hermanos, familiares y amigos por todo el amor, apoyo incondicional y confianza que nos hemos demostrado.

María José

AGRADECIMIENTO

Mis grandes agradecimientos y gratitud.

A mis Padres y familiares que han sido un ejemplo a seguir durante toda mi vida.

A la Universidad Tecnológica Equinoccial, brillante institución que me ha brindado todo el conocimiento necesario para enriquecer mi formación académica por medio de sus respectivos docentes, en especial a los Ingenieros: Jorge Viteri, Bolívar Haro, Víctor Carrión, Carlota Moreno y Gabriela Vernaza, porque me enseñaron el verdadero significado de un profesional con principios éticos.

A la Empresa Molino Cordillera – Sucesores de Jacobo Paredes M.S.A. por la oportunidad brindada para la realización de este trabajo de titulación, en especial a la Ing. Marcela Balseca, gracias por la oportunidad, consejos, guías y recomendaciones que me impartió para la culminación del presente trabajo.

Gracias, a mis amigos quienes directa e indirectamente aportaron para que este sueño hoy sea una realidad.

María José

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	ix
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 TRIGO	4
2.1.1 GENERALIDADES	4
2.1.2 CARACTERÍSTICAS.....	5
2.1.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA PLANTA DEL TRIGO .	5
2.1.4 PARTES DEL GRANO	6
2.1.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL.....	7
2.1.6 CLASIFICACIÓN DEL TRIGO.....	9
2.1.6.1 Según el tipo de pan: Trigos fuertes y flojos	9
2.1.6.2 Según el grano: Trigos duros, blandos y compactos	9
2.1.6.3 Clasificación por cosecha	10
2.1.6.4 Según el color	10
2.1.7 PRODUCCIÓN DE TRIGO EN ECUADOR.....	10
2.1.8 CANADA WESTERN RED SPRING WHEAT CWRS.....	11
2.1.8.1 Breve descripción del Trigo CWRS.....	11
2.1.8.2 Normas Físicas de exportación.....	12

2.1.8.3	Importancia	13
2.2	HARINA DE TRIGO TIPO PANADERA	13
2.2.1	COMPOSICIÓN QUÍMICA	14
2.2.1.1	Almidón	15
2.2.1.2	Gluten	16
2.2.1.3	Lípidos	18
2.2.1.4	Agua	18
2.2.1.5	Minerales: Cenizas	18
2.2.2	Características de calidad de las harinas	19
2.2.2.1	Color	19
2.2.2.2	Fuerza.....	19
2.2.2.3	Tolerancia	19
2.2.2.4	Absorción	20
2.3	PAN	20
2.3.1	INGREDIENTES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DEL PAN	20
2.3.1.1	Harina de trigo	20
2.3.1.2	Agua	21
2.3.1.3	Levadura.....	21
2.3.1.4	Sal.....	21
2.3.1.5	Azúcar.....	22
2.3.1.6	Grasas	22
2.3.2	CALIDAD DEL PAN.....	23
2.3.2.1	Cualidades Sensoriales	23
2.4	CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS	24
2.4.1	ALVEÓGRAFO DE CHOPIN.....	25

2.4.1.1 Valor P	26
2.4.1.2 Valor L	26
2.4.1.3 Valor P/L	27
2.4.1.4 Valor W	28
2.4.1.5 Degradación	28
2.4.2 MIXOLAB	29
2.4.2.1 Mixolab Standard	29
2.4.2.2 Mixolab Profiler	31
3. METODOLOGÍA.....	34
3.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE HARINA DE TRIGO	34
3.2 ANÁLISIS QUÍMICOS	35
3.2.1 GLUTEN.....	35
3.3 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD.....	35
3.4 PRUEBAS DE PANIFICACIÓN	36
3.4.1 Determinación del Color del pan	37
3.4.2 Determinación del Volumen específico	37
3.5 ANÁLISIS REOLÓGICOS – MIXOLAB Y ALVEÓGRAFO.....	37
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	38
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	41
4.1 ANÁLISIS QUÍMICOS	41
4.1.1 ANÁLISIS DE GLUTEN.....	41
4.1.2 ANÁLISIS DE HUMEDAD	43
4.2 PRUEBAS REOLÓGICAS	45
4.2.1 PRUEBAS REOLÓGICAS CON EL MIXOLAB	45

4.2.1.1 Caracterización de masas mediante el uso del Mixolab Profiler.....	45
4.3 PERFIL OBJETIVO DE LA HARINA DE TRIGO	54
4.4 PRUEBAS REOLÓGICAS CON EL ALVEÓGRAFO	59
4.4.1 FUERZA PANADERA (W).....	61
4.4.2 EQUILIBRIO (P/L)	61
4.5 COLOR DE LA CORTEZA DEL PAN	62
4.6 COMPARACIÓN DEL VOLUMEN ESPECÍFICO DE LOS PANES DEL PERFIL OBJETIVO	63
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
5.1 CONCLUSIONES	66
5.2 RECOMENDACIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXO	74

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Taxonomía del trigo	5
Tabla 2. Composición típica de macro y micro nutrientes del grano de trigo por 100 gramos	8
Tabla 3. Composición promedio de un cariósido de trigo	9
Tabla 4. Producción de trigo en Ecuador	11
Tabla 5. Normas de exportación para el Trigo CWRS.....	12
Tabla 6. Requisitos físicos y químicos de la harina panificable de trigo	14
Tabla 7. Composición típica de macro y micro nutrientes de la harina de trigo por 100 gramos	15
Tabla 8. Clasificación de las harinas según el número de proteínas.....	17
Tabla 9. División de las proteínas de la harina	17
Tabla 10. Tenacidad.....	26
Tabla 11. Elasticidad	27
Tabla 12. Condiciones de Equilibrio (P/L)	27
Tabla 13. Fuerza (W).....	28
Tabla 14. Índices de actividad amilásica	33
Tabla 15. Formulación de Pan de molde	36
Tabla 16. Análisis de Gluten de la harina de trigo tipo panadera	41
Tabla 17. Análisis de humedad de la harina de trigo tipo panadera	43
Tabla 18. Caracterización del comportamiento reológico de 22 muestras de harina de trigo tipo panadera en el Mixolab Profiler	45
Tabla 19. Muestras dentro y fuera de los límites de control superior y límites de control inferior	55
Tabla 20. Límites superiores e inferiores de las 6 características del Mixolab y su respectivo índice de calificación	58
Tabla 21. Resultado de los alveogramas realizados con las 22 muestras de harina de trigo tipo panadera	60

Tabla 22. Análisis sensorial de las 13 muestras de pan del perfil objetivo de la harina elaborada en Molino Cordillera – Sucesores de Jacobo Paredes.....	63
Tabla 22. Análisis sensorial de las 13 muestras de pan del perfil objetivo de la harina elaborada en Molino Cordillera – Sucesores de Jacobo Paredes (continuación)	64

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Estructura del grano de trigo.....	6
Figura 2. Curva tipo del Mixolab Standard	29
Figura 3. Curva tipo del Mixolab Profiler	31
Figura 4. Gráfico de control x-Rm de Gluten de la harina de trigo tipo panadera.....	42
Figura 5. Gráfico de control x-Rm de humedad de la harina de trigo tipo panadera.....	44
Figura 6. Gráfico de control x-Rm del porcentaje de absorción de agua de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera.....	46
Figura 7. Gráfico de control x-Rm del amasado de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera	48
Figura 8. Gráfico de control x-Rm de la fuerza de gluten de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera	49
Figura 9. Gráfico de control x-Rm de la viscosidad de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera	51
Figura 10. Gráfico de control x-Rm de la actividad amilásica de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera	52
Figura 11. Gráfico de control de la retrogradación de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera	53
Figura 12. Perfil objetivo de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera.....	56
Figura 13. Perfil objetivo de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera elaborada por el Mixolab Profiler.....	57
Figura 14. Panes elaborados a diferentes temperaturas	62

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1. INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VERIFICACIÓN DEL TIEMPO DE REPOSO	74
ANEXO 2. FACTORES PARA LA ELABORACIÓN DE GRÁFICOS DE CONTROL	77

RESUMEN

El trigo es un cereal fundamental en la alimentación humana, por ser materia prima principal en la elaboración de la harina. El principal componente de la formulación de la masa panaria, es la harina tipo panadera, que procede del proceso de molturación del trigo. Herramientas como el Mixolab, permiten hacer un perfil objetivo de la harina, ya que establece límites de aceptabilidad. El objetivo del presente trabajo fue determinar el perfil de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) tipo panadera elaborada en Molino Cordillera – Sucesores de Jacobo Paredes M.S.A. Para la recolección de las 22 muestras de harina primero se evaluó y determinó el tiempo de reposo en el cual la harina era estable en sus características reológicas. De cada muestra de harina se evaluó el porcentaje de gluten, y se determinó la humedad, según los análisis de las normas INEN. Se realizaron pruebas de panificación, elaborando pan blanco tipo molde bajo condiciones establecidas en ensayos preliminares. Se evaluó sensorialmente a cada pan con un puntaje máximo de 100 puntos, en base a características externas e internas. Y se realizaron los análisis reológicos por medio del Mixolab y el Alveógrafo. Se hicieron gráficos de control de los valores de cada parámetro del Mixolab, y se estableció los índices del perfil de la harina. Las características del aspecto exterior e interior del pan, no presentaron diferencias en los panes que forman el perfil objetivo de la harina. En el perfil se determinó que la harina tuvo un índice de absorción alto, un buen índice de amasado, específico para panificación, un índice de gluten bajo, un índice de muy baja viscosidad, y una resistencia bastante fuerte a los ataques de las amilasas y, un índice de retrogradación bajo, es decir una larga vida útil para el pan. Además la harina fue fuerte, y más tenaz que extensible. Se observó que el pan de la muestra 17 obtuvo mejor volumen que la muestra 10, debido a un mayor porcentaje de absorción, incremento del amasado y gluten.

ABSTRACT

Wheat is an important cereal for human consumption, being the main raw material in the production of flour for bread making. . Tools like Mixolab, let to make flour profiles because it establishes limits of acceptability. The aim of this study was to determine the profile of bread wheat (*Triticum aestivum*) flour elaborated in Molino Cordillera - Sucesores de Jacobo Paredes M.S.A. For collecting the 22 flour samples, first the dwell time where the rheological characteristics of flour are stable, were evaluated and determined. The gluten percentage and the moisture content were determined in each sample, according to INEN standards. Baking tests were performed, producing white loaf bread, which conditions were establish in preliminary tests. Sensory evaluation was performed to each bread with a maximum score of 100 points, based on external and internal charactersitics. Rheological analyzes were performed using the Mixolab and Alveograph. Control charts were made for each value obtained from the Mixolab test, and a flour profile were established. The characteristics of the exterior and interior of the bread did not showed any difference in breads that conform the profile. The profile showed that flour had a high absorption rate, a good mixing tolerance index, low gluten index, very low viscosity index, quite strong resistance to attack by amylases and a low retrogradation rate, which means long shel-life for bread. Flour was also strong, and more tenacious than extensible. It was observed that the sample bread 17 scored better specific volume than the sample 10, due to the higher rate of water, better mixing tolerance index and higher gluten content.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Debido al aumento de la población ecuatoriana, la demanda de trigo ha venido creciendo y las industrias que dependen de este, se han visto obligadas a importar más del 90% del trigo que se consume en el país, ya que es un cereal fundamental en la alimentación humana, por ser materia prima principal en la elaboración de la harina para pan, al constituir el 70% de su costo total (El Telégrafo, 2012; El Universo, 2012; González, 2012).

El principal componente de la formulación de la masa panaria, es la harina, que procede del proceso de molturación de los cereales, siendo la harina de trigo la más importante, la que debe tener dos propiedades fundamentales: las cualidades fermentativas que se refieren a la capacidad amilásica, y las cualidades elásticas que están ligadas a la reología de la masa (Lascano, 2010; Sánchez, 2003).

Las proteínas de la harina de trigo, específicamente las proteínas del gluten le confieren a la masa una funcionalidad única que la diferencia del resto de las harinas de otros cereales, la masa de harina de trigo se comporta desde el punto de vista reológico como un fluido viscoelástico, propiedad que hace a la masa elástica y extensible. Las proteínas contenidas en la harina, las podemos dividir en dos grupos: no formadoras de masa, aquellas proteínas solubles que no forman gluten, y no tienen importancia para la panificación; y formadoras de masa, aquellas proteínas insolubles como la gliadina y glutenina, que al combinarse con el agua forman una red que atrapa los granos de almidón, capaz de retener el dióxido de carbono (CO₂) liberado durante la fermentación, constituyendo el gluten. El contenido en gluten es característica del trigo, hablándose de trigos duros cuando su contenido es mayor al 13% (De la Vega, 2009; Axonas, 2010).

Las harinas de trigo se pueden clasificar en tres grupos: para panificación, para la elaboración de pastas y para la elaboración de galletas. Las harinas

que presentan una mayor proporción de gluteninas son más fuertes y tenaces, que son utilizadas para elaborar galletas; mientras que las harinas que presentan una mayor proporción de gliadinas son más viscosas y extensibles, y se utilizan para elaborar pastas; y las harinas con una relación balanceada de gliadinas y gluteninas, presentan una fuerza media y son utilizadas para panadería (DuocUC, 2010; Sánchez, 2003).

En la industria de panificación existe la necesidad de un mejor entendimiento de los factores que controlan la reología de la masa de trigo, ya que la industria panadera es una de las más importantes en el país, especialmente en la fabricación a nivel artesanal y semi-industrial, quienes se han convertido en los consumidores más importantes de harina de trigo elaborada por el sector molinero (Lascano, 2010; Cauvain & Young, 2008). Herramientas como el MIXOLAB, permiten hacer un perfil patrón de la harina, al establecer límites de aceptabilidad, para determinar de forma rápida si la harina cumple con las especificaciones requeridas de absorción de agua, fuerza de gluten, índice de amasado, índice de viscosidad, índice de resistencia a la amilasa e índice de retrogradación del almidón; y si no cumple con los parámetros, el software sugiere una serie de modificaciones que permitirán ajustar la harina para que cumpla con el perfil deseado (Ronquillo, 2012; Trejo, 2012; Panera, 2009; ABN, 2009).

Al ser la harina panadera el producto de mayor importancia elaborado en el Molino de Sucesores de Jacobo Paredes M.S.A. se busca determinar el perfil óptimo para alcanzar los estándares de calidad requeridos. En este sentido el MIXOLAB es un gran aporte para la comunicación entre proveedor y cliente, y exista un trabajo colaborativo para corregir posibles defectos en ambos sentidos (Ruiz, 2008; ABN, 2009).

El objetivo del presente trabajo fue determinar el perfil de la harina de trigo (*Genustriticum*) tipo panadera elaborada en Molinos Cordillera - Sucesores de Jacobo Paredes M.S.A.

Para alcanzar el objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar la harina de trigo (*Triticum aestivum*) tipo panadera, en los parámetros físico-químicos de gluten y humedad.
- Elaborar pan blanco tipo molde a partir de la harina de trigo tipo panadera.
- Analizar el comportamiento reológico de la masa del pan blanco tipo molde con el equipo Mixolab y Alveógrafo, para determinar el perfil de la harina de trigo tipo panadera.

2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1 TRIGO

2.1.1 GENERALIDADES

El trigo, “rey de los cereales”, tiene su origen en el viejo mundo, específicamente en Asia Menor, Asia Central y África del Norte. Según los restos prehistóricos, el trigo se cultiva desde aproximadamente 3000 años antes de Cristo. Es la planta más ampliamente cultivada en el mundo, es por ello que puede superar incluso a todas las demás especies productoras de semillas silvestres o domesticadas. Es la cosecha más importante de los Estados Unidos y Canadá, y crece en zonas de la mayoría de los países de América latina, Europa y Asia (Lescano, 2010; Garcés, 2010; Martínez, 2010).

En Ecuador el trigo fue introducido por los españoles en la época de la conquista. El trigo (*Triticum aestivum* L.), junto con el arroz, el maíz y la cebada, son los cereales de mayor importancia (Garófalo, Ponce, & Abad, 2011; Silva, 2008; Garcés, 2010).

El trigo es una planta gramínea anual, pertenece al género *Triticum*, de la familia de las gramíneas, prospera en climas sub tropicales, moderadamente templados y moderadamente fríos. La temperatura adecuada para cultivarlo varía entre 15 y 31 °C (Ruiz, Cotrina, & De Neef, 2010; Garófalo, Ponce, & Abad, 2011; Lescano, 2010).

En su mayoría todo el trigo se destina a la fabricación de harinas para panificación y pastelería. En general, las harinas procedentes de variedades de grano duro se destinan a las panificadoras y a la fabricación de pastas alimenticias, y las procedentes de trigos blandos a la elaboración de productos pasteleros (Lescano, 2010).

2.1.2 CARACTERÍSTICAS

El trigo es una planta herbácea con inflorescencia en espiga, de crecimiento anual de la familia del césped. Sus hojas verdes, parecidas a las de otras gramíneas, brotan muy pronto y van seguidos por tallos muy delgados rematados por espigas de cuyos granos molidos se obtiene la harina. El triticum comprende numerosas especies que dependen de las características de la espiga, la cariósida y el tallo. El tallo es normalmente duro, lleno con hojas paralelinervias, de éste procede la característica inflorescencia (espiga) que puede ser aristada (si cada espiguilla termina con una arista) o mutada que carece de ella. Cada espiga puede contener de 25 a 40 granos, cuya forma puede ser redonda o alargada y cuyos colores varían desde el amarillo pajizo al rojizo (Janeta, 2011; Martínez & Paredes, 2013; Herrera, 2011).

2.1.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA PLANTA DEL TRIGO

Como se muestra en la tabla 1 el trigo pertenece a la familia de las gramíneas (Poaceae), siendo las variedades más cultivadas Triticum, durum y T. compactum. Siendo el T. aestivum el cereal panificable de mayor cultivo en el mundo.

Tabla 1. Taxonomía del trigo

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	Triticum L.

(Bedri, 2010)

2.1.4 PARTES DEL GRANO

En la figura 1 se puede observar un grano de trigo entero, el cual está conformado por tres partes: el germen, el salvado y el endospermo.

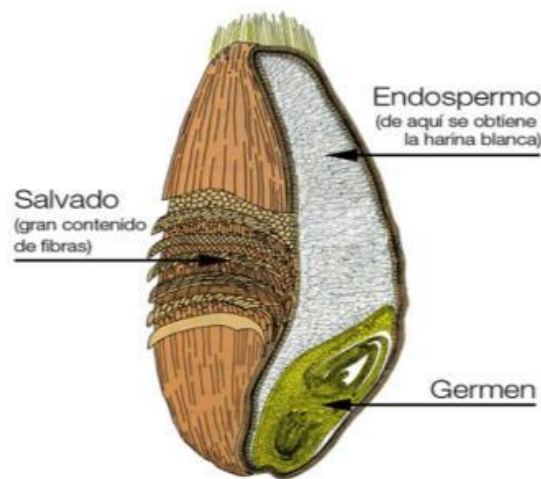


Figura 1. Estructura del grano de trigo

(Toaquiza, 2011)

Cada grano de trigo consta de las siguientes partes: (Calaveras, 2004; Zarco-Hernández, Michelena, & Royo, 1999; INFOAGRO, 2012).

a) Pericarpio

Comprende una serie de capas que conforman la envoltura del grano y que comúnmente se conoce como salvado.

- Capa protectora o gluma, cascarilla es la que protege al grano, está formado principalmente por fibra
- Pericarpio con sus tres subclases: epicarpio, mesocarpio y endocarpio (ricas en fibras y minerales)
 - ✓ La testa (rica en vitaminas y enzimas)
 - ✓ La capa de aleurona (rica en proteínas y grasas).

Presenta un alto contenido en fibra (9-12%), el mayor de todas las fracciones del trigo. Parte o la totalidad del salvado se elimina para elaborar la harina blanca, no puede digerirse, utilizándose fundamentalmente en alimentación animal. Tiene alrededor de 15.5% del peso del grano.

b) Germen o embrión

Se localiza en el centro o núcleo de la semilla, corresponde a un 2.5% a 3% del grano, es la parte “viva” de la semilla, que posteriormente dará origen a una nueva planta. Es rico en proteínas de alto valor biológico, ácidos grasos esenciales, vitaminas E y B₁ y elementos minerales. Durante la molienda se separa de la harina ya que por su alto contenido de grasas puede producir olores y sabores desagradables en la harina y el pan.

c) Endospermo

Estructura harinosa o feculenta que envuelve al embrión y que le proporciona los nutrientes necesarios para su desarrollo, comprende más de la mitad del grano y consiste principalmente en almidón. Tiene alrededor de 82.5% del peso del grano. De aquí se obtiene la harina. Tiene un alto contenido en almidón y materias proteicas especiales.

2.1.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL

El valor nutricional del trigo siempre ha sido una fuente importante de alimento para la humanidad. En la tabla 2 se detallan las cantidades de macro y micro nutrientes encontrados en 100 gramos de trigo, el cual que está formado por: hidratos de carbono (fibra cruda, almidón, maltosa, sucrosa, glucosa, melibiosa, pentosanos, galactosa, rafinosa); compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: albúmina, globulina, prolamina, residuo y gluteínas); lípidos (ácidos grasos: mirísitico, palmítico, esteárico, palmitooleico, oleico, linoleico, linolénico); sustancia minerales (potasio, fósforo, azufre y cloro) y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas

(inositol, colina y del complejo B); enzimas (β -amilasas, celulosas, glucosidasas) y otras sustancias como pigmentos. Estos nutrientes se encuentran distribuidos en las diversas áreas del grano de trigo, y algunos se concentran en regiones determinadas. El almidón está presente únicamente en el endospermo (Herrera, 2011; Prieto, Méndez, Román, & Prieto, 2005; Martínez & Paredes, 2013; Calaveras, 2004).

En la tabla 3 se presenta la composición promedio de un cariósido de trigo, la semilla de trigo es parte de un fruto llamado cariósido, en el cual las paredes del ovario (pericarpio) y la testa, están estrechamente unidas siendo inseparables.

Tabla 2. Composición típica de macro y micro nutrientes del grano de trigo por 100 gramos

Nutrientes	Unidades por 100 g	Grano de trigo
ANÁLISIS PROXIMAL		
Proteínas	g	12,6
Almidón	g	62,4
Lípidos	g	1,54
Cenizas	g	1,57
Fibra dietética	g	12,2
MINERALES		
Hierro	mg	3,19
Magnesio	mg	126
Fósforo	mg	288
Potasio	mg	363
Zinc	mg	2,65
Cobre	mg	0,43
VITAMINAS		
Tiamina	mg	0,38
Riboflavia	mg	0,12
Niacina	mg	5,46
Ácido	mg	0,95
B6	mg	0,30
A	IU	9
E	mg	1,01
K	mg	1,90
PERFIL LIPÍDICO		
Saturados	g	0,27
Monoinsaturados	g	0,20
Polinsaturados	g	0,63

(Lascano, 2010)

Tabla 3. Composición promedio de un cariósido de trigo

Componentes	Trigo
	(%)
Humedad	10.0 – 13.0
Carbohidratos	67.0 – 70.0
Proteína	10.0 – 15.0
Grasa	1.5 – 2.5
Fibra	2.0 – 2.5
Ceniza	1.5 – 2.0

(INFOAGRO, 2012)

Las variedades de trigo en Ecuador presentan un valor promedio de proteína entre 11 - 12%.

2.1.6 CLASIFICACIÓN DEL TRIGO

2.1.6.1 Según el tipo de pan: Trigos fuertes y flojos

Trigos fuertes: producen harina para panificación con piezas de gran volumen, buena textura de la miga y buenas características de conservación, tienen un alto contenido de proteína (Calaveras, 2004; Herrera, 2011).

Trigos flojos: producen harina con la que sólo se pueden conseguir pequeños panes con miga gruesa, o a su vez son utilizados para elaborar pasteles o galletas, son bajos en proteínas (Calaveras, 2004; Herrera, 2011).

2.1.6.2 Según el grano: Trigos duros, blandos y compactos

Trigos Duros: Granos fuertes, color cobre difíciles de partir, trigo muy apreciado por un alto contenido de proteínas y producen harinas aptas para producción de pastas y panificación (Calaveras, 2004; Herrera, 2011; Garcés, 2010).

Trigo común o blando: Granos blandos fáciles de partir, generalmente de un color más oro pálido. Bajo contenido de proteínas producen harinas aptas para la industria pastelera, en elaboraciones tales como biscochuelos, galletas, masa secas, etc. (Calaveras, 2004; Martínez & Paredes, 2013).

2.1.6.3 Clasificación por cosecha

Trigo de invierno: se siembra en otoño y se recoge en primavera, es el que se utiliza en el país.

Trigo de primavera: se siembra en primavera y se recoge en verano, es propio de países muy fríos. De esta forma se evitan las heladas del invierno que estropearían el trigo.

2.1.6.4 Según el color

- Ambarinos
- Rojos
- Blancos

2.1.7 PRODUCCIÓN DE TRIGO EN ECUADOR

El cultivo de trigo fue introducido en nuestro país en la época de la colonia, alrededor del año 1536, desde entonces es uno de los más importantes de la Región Interandina.

El Ecuador es dependiente total de importaciones, ya que tiene una mínima producción, esto se debe a que se consigue materia prima de mejor calidad y a menor precio. En la actualidad en el país se requiere 250 000 toneladas

métricas para satisfacer la demanda interna, como se presenta en la tabla 4 esta cantidad no se puede proveer a los consumidores del grano, por esta razón es necesario importar aproximadamente del 95% al 98% de dicha demanda (INEC, 2012).

Tabla 4. Producción de trigo en Ecuador

AÑO	Superficie cosechada (ha)	Producción (tonelada métrica)
1961	78 710	78 170
1971	75 960	68 493
1981	37 187	41 431
1991	37 040	24 614
2001	22 346	13 631
2007	14 000	11 540
2010	8 533	7 605

(INEC, 2012)

De acuerdo con cifras oficiales, el cultivo de trigo en Ecuador para el año 2010 bajó de las 10 000 hectáreas. Los últimos datos reales son del año 2007, cuando se registraron 14 000 hectáreas del producto en el país y con una marcada tendencia a la baja.

2.1.8 CANADA WESTERN RED SPRING WHEAT CWRS

2.1.8.1 Breve descripción del Trigo CWRS

Canadá es el mayor exportador del trigo duro rojo de primavera. El trigo CWRS (trigo rojo de primavera del oeste de Canadá) es conocido por sus excelentes características de molienda y panificación, con una pérdida mínima en la molienda.

La harina de trigo CWRS goza de muy buena reputación en la producción de pan de molde de alto volumen. Además, el gluten de este tipo de trigo es fuerte, se usa en mezclas con trigos más débiles, para elaborar deferentes productos como pan tipo francés, fideos, panes sin levadura y panes horneados al vapor (Dexter, Preston, & Woodbeck, 2012).

Este trigo se vende en tres clases distintas, siendo las dos superiores CWRS N°1 y CWRS N°2, las cuales se subdividen de acuerdo al nivel de proteína, garantizando distintos niveles de proteína 12,5%, 13,5% y 14,5%. La clasificación de cada cosecha anual depende de las condiciones de cultivo y de la demanda (Calentano & Montero, 2004).

La harina que se produce con las dos clases superiores se caracteriza por tener un gluten fuerte y a la vez dócil, y una elevada absorción de agua. Las dos clases superiores tienen características robustas, baja actividad alfa-amilasa y un “falling number” elevado.

2.1.8.2 Normas Físicas de exportación

Las especificaciones de exportación para las tres clases de trigo CWRS se indican en la tabla 5, se conoce que las especificaciones reales de los embarques de trigo canadiense suelen superar el valor mínimo o máximo de las normas de exportación.

Tabla 5. Normas de exportación para el Trigo CWRS

Clase	Peso Específico Mínimo	Materias aparte de los	Total (Incluyendo cereales)	Clases Contrastantes	Total (Incluyendo clases)
CWRS N°1	79	0.2%	0.40%	0.5%	1.5%
CWRS N°2	77.5	0.2%	0.75%	1.5%	3.0%
CWRS N°3	76.5	0.2%	1.25%	2.5%	5.0%

(Ruiz D. P., 2008)

2.1.8.3 Importancia

La calidad del trigo CWRS corresponde al gran rendimiento que tiene a nivel industrial, es decir en el proceso de molienda, ya que posee las siguientes características: alto rendimiento en harina, bajo porcentaje de cenizas, fácil de tratar durante la molienda, la cobertura del grano es fácilmente separable, con mayor peso y una alta uniformidad en el grano.

En cuanto a calidad panadera las propiedades más importantes de este tipo de trigo se debe a que tiene un buen tenor de gluten, buenos valores de fuerza panadera y buena estabilidad para que la masa sea extensible y elástica.

2.2 HARINA DE TRIGO TIPO PANADERA

La harina es el producto finalmente triturado obtenido de la molturación del grano de trigo maduro, sano y seco e industrialmente limpio. La molienda del trigo consiste en separar el endospermo que contiene almidón de las otras partes de grano. El trigo entero rinde más del 72% de harina blanca y el resto es un subproducto. En la molienda en grano de trigo se somete a diferentes tratamientos antes de convertirlo en harina (Ruiz D. P., 2008; Calaveras, 2004; INEN, 2006).

La harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína - gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente, ésta es una masa firme, con ligazón entre sí, que en nuestra mano ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada, y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación (leudado químico) para obtener el levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen (DuocUC, 2010).

El gluten se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina de trigo: gliadina y glutenina. El hinchamiento del gluten posibilita la formación de la masa: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retención de gases y mantenimiento de la forma original de las piezas (Matos, 2013).

Por lo general se aplica el término harina para referirse a la de trigo y se refiere indistintamente a la refinada como a la integral, por la importancia que esta tiene como base del pan que a su vez es un pilar de la alimentación en la cultura occidental. El uso de la harina de trigo en el pan es en parte gracias al gluten, que surge al mezclarla con agua. El gluten es una proteína compleja que le otorga al pan su elasticidad y consistencia (DuocUC, 2010).

2.2.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La tabla 6 establece los requisitos que deben cumplir las harinas de trigo para consumo humano.

Tabla 6. Requisitos físicos y químicos de la harina panificable de trigo

Requisitos	Unidades	Harina Panificable	
		Min.	Max.
Humedad	%	-	14.5
Proteína (base seca)	%	10	-
Cenizas (base seca)	%	-	0.75
Acidez (Exp. en ácido sulfúrico)	%	-	0.1
Gluten húmedo	%	25	-

(INEN, Harina de Trigo. Requisitos, 2006)

La harina de trigo tipo panadera es muy rica en hidratos de carbono, pero carece de minerales y vitaminas, como se detalla en la tabla 7.

Tabla 7. Composición típica de macro y micro nutrientes de la harina de trigo por 100 gramos

Nutrientes	Unidades por 100 g	Harina de trigo
ANÁLISIS PROXIMAL		
Proteínas	g	9.7
Almidón	g	58.9
Lípidos	g	1.48
Cenizas	g	0.58
Fibra dietética	g	5.5
MINERALES		
Hierro	mg	1.26
Magnesio	mg	25
Fósforo	mg	107
Potasio	mg	149
Zinc	mg	1.02
Cobre	mg	0.19
VITAMINAS		
Tiamina	mg	0.19
Riboflavia	mg	0.07
Niacina	mg	1.20
Ácido pantoténico	mg	0.25
B6	mg	0.04
A	IU	0
E	mg	0.05
K	mg	0.30
PERFIL LIPÍDICO		
Saturados	g	0.30
Monoinsaturados	g	0.19
Polinsaturados	g	0.85

(Martínez & Paredes, 2013)

2.2.1.1 Almidón

Es el componente principal de la harina. Es un polisacárido de glucosa, insoluble en agua fría, pero aumentando la temperatura (58-70°C) experimenta un ligero hinchamiento de sus granos. El almidón está constituido por dos componentes: amilosa que es un polímero de cadena

lineal y amilopectina que es un polímero de cadena ramificada (Reque, 2007).

La importancia del efecto del almidón en la panificación es debido a su capacidad de absorción, viscosidad y tamaño de los gránulos. Hay una relación entre el tamaño de los gránulos de almidón y la fuerza de las harinas, las harinas flojas suelen tener los gránulos más grandes y las harinas más fuertes tienen los gránulos más pequeños (Calaveras, 2004).

2.2.1.2 Gluten

El gluten es una mezcla compleja de proteínas de almacenamiento presentes en el trigo y en otros granos de cereales, tales como el triticale, la cebada y el centeno. La formación del gluten es un artefacto del procesamiento de la harina, se forma como resultado de la interacción de las dos principales clases de proteínas las gliadinas y las gluteninas, las cuales interactúan cuando la harina es mezclada con agua para formar la masa viscoelástica (Matos, 2013).

En general, las proteínas que constituyen el gluten son: las gliadinas, que contribuyen esencialmente a la viscosidad y a la extensibilidad de la masa y las gluteninas, que son responsables de la fuerza y elasticidad de la masa. Esta estructura distintiva es crucial para las características de la textura y de la miga del pan del trigo (INEN, Harina de trigo. Determinación del gluten, 1981; Ruiz D. P., 2008).

La cantidad de proteína es muy diferente en diversos tipos de harina. Especial influencia sobre el contenido de proteínas y con ello sobre la cantidad de gluten tiene el tipo de trigo, época de cosecha y grado de extracción. A las harinas que contienen menos proteína - gluten se las llama pobres en gluten, en cambio, ricas en gluten son aquellas cuyo contenido de

gluten seco es superior al 10 %, como se muestra en la tabla 8. Harinas ricas en gluten se prefieren para masas de levadura, especialmente las utilizadas en la elaboración de masas para hojaldre. Para masas secas, no es conveniente un gluten tenaz y formador de masa.

Tabla 8. Clasificación de las harinas según el número de proteínas

Harina (% Gluten)	Usos
<8%	Tendencia forrajera y no son satisfactorias para la elaboración de pan.
8%	Panificables pero con procedencia del trigo flojo.
9%	Media fuerza
>11%	Gran fuerza utilizadas en repostería y bollería congelada. En casos de fabricación de pan, se utiliza en panes que en su formulación llevan leche, grasa, etc., como es el caso del pan de molde.

(Calaveras, 2004)

Tabla 9. División de las proteínas de la harina

Proteínas	Solubles No forman masa 15%	Albúmina	15%	Están en muy pequeñas cantidades, provienen principalmente de las capas externas del grano. No tienen importancia para la panificación.	
		Globulina	6.5%		
		Péptidos	0.5%		
	Insolubles Forman masa 85%	Gliadina	33%		Necesarias las dos para formar el gluten. Se encargan de dar las características reológicas de la masa
		Glutenina	45%		
	Total	100%			

(Calaveras, 2004)

Ningún área de procesamiento de alimentos goza de mayores beneficios de la funcionalidad del gluten que la industria de la panadería. Las propiedades viscoelásticas exclusivas del gluten de trigo mejoran la fuerza de la masa, la tolerancia al mezclado y a la manipulación. Su capacidad de formar película proporciona retención de gas y expansión controlada, lo que permite mejorar el volumen, la uniformidad y la textura, sus propiedades termoestables contribuyen a la rigidez de la estructura necesaria y a las características de la mordida; su capacidad de absorción de agua mejora el rendimiento del producto horneado, permitiendo obtener productos más suaves, y con mayor

vida útil. Tanto proteínas solubles e insolubles del gluten, señaladas en la tabla 9, juegan un papel primordial en la determinación de las características únicas del trigo durante el horneado, ya que le confieren capacidad reabsorción de agua, cohesividad, viscosidad, extensibilidad, elasticidad, resistencia al estiramiento, tolerancia al mezclado, y capacidad de retener gas (Matos, 2013).

2.2.1.3 Lípidos

Las grasas de la harina proceden de los residuos de las envolturas y de partículas del germen. El contenido de grasas depende por tanto del grado de extracción de la harina. Mientras mayor sea su contenido en grasa más fácilmente se enranciará, no siendo posible ya su utilización (Reque, 2007).

2.2.1.4 Agua

La humedad de una harina, según la norma INEN, no puede sobrepasar el 14,5%, es decir que 100 kilos de harina pueden contener, como máximo, 14.5 litros de agua.

2.2.1.5 Minerales: Cenizas

Casi todos los países han clasificado sus harinas según la materia mineral que contienen, determinando el contenido máximo de cenizas para cada tipo. Las cenizas están formadas principalmente por calcio, magnesio, sodio, potasio, etc., procedentes de la parte externa del grano, que se incorporan a la harina según la tasa de extracción (Sánchez y Pineda, 2003).

2.2.2 Características de calidad de las harinas

La calidad de una harina está directamente relacionada con el tipo de trigo del cual procede y el tratamiento que ha recibido durante el proceso de molienda.

2.2.2.1 Color

El color debe ser un color marfil. Las harinas recién molidas presentan un color amarillento, pero a medida que pasa el tiempo la harina va adquiriendo un color más claro por la acción del oxígeno del aire sobre ciertos pigmentos que le daban el tono amarillento original. El porcentaje de extracción también determina el color de la harina. Mientras más alta es la extracción, mayor cantidad de partículas de salvado tendrá y por lo tanto será más oscura (DuocUC, 2010).

2.2.2.2 Fuerza

Se refiere a la cantidad y calidad de las proteínas que poseen. De acuerdo a esto representarán mayor o menor capacidad para resistir el trabajo mecánico durante el amasado, corte, ovillado, sobado, retener gases de la fermentación y dar pan de buen volumen y presentación (DuocUC, 2010).

2.2.2.3 Tolerancia

Se refiere a la capacidad para soportar fermentaciones largas.

2.2.2.4 Absorción

Se relaciona con la capacidad para absorber y retener agua en la formación de la masa.

2.3 PAN

Actualmente el pan en sus múltiples formas, es uno de los alimentos mas consumidos por la humanidad, tradicionalmente elaborado a partir de harina de trigo, y también puede ser elaborado con otros tipos de cereales que pueden molerse para obtener harina, pero la capacidad de las proteínas contenidas en el trigo para transformar una porción de harina y agua en una masa viscoelástica que se transforma en pan, queda limitada al trigo y otras pocas semillas de cereales de uso común (Cauvain & Young, 2008).

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies de microorganismos propios de la fermentación panaria, como el *Saccharomyces cerevisiae* (Calaveras, 2004).

2.3.1 INGREDIENTES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DEL PAN

Los ingredientes esenciales de todas las formulaciones y necesarios para la elaboración de productos de panadería son los siguientes:

2.3.1.1 Harina de trigo

Es el ingrediente mayoritario en las formulaciones de pan junto con el agua, establece la base de la estructura del pan. La calidad de la harina es un parámetro que afecta las características del producto final.

2.3.1.2 Agua

Tras la harina, el agua es el segundo ingrediente mayoritario. Hidrata los diferentes constituyentes de la harina, dando lugar a la masa de pan. Cuando se amasa harina con la adecuada cantidad de agua, las proteínas gliadina y glutenina al mezclarse forman el gluten unidos por un enlace covalente que finalmente será responsable del volumen de la masa. La cantidad de agua que contiene la masa de pan depende entre otros, de la harina, y normalmente oscila entre un 50% y 70% en base a la cantidad de harina. El pH, la dureza del agua, la temperatura, etc. son parámetros que pueden afectar en mayor o menor medida las propiedades de la masa. En ocasiones se usa una temperatura determinada en el agua para controlar la temperatura final de la masa (Calaveras, 2004).

2.3.1.3 Levadura

La principal función de la levadura es la producción de gas, la función de la levadura en la fermentación de las masas es una actividad biológica compleja, en la que las enzimas producen CO₂ para leudar, es decir aumentar el volumen de la masa. También permite la modificación de la reología, acidificación de la masa, contribución al aroma y sabor del pan, etc. (Calaveras, 2004).

2.3.1.4 Sal

Es un compuesto químico formado por cloro (Cl) y sodio (Na) llamado cloruro de sodio. Se debe utilizar la sal de granulometría fina, con una cantidad moderada de yodo (0.004) para evitar trastornos orgánicos, garantizar una pureza por encima del 95% y sea blanca. La sal le da a la masa fuerza de cohesión al fortalecer el gluten, y mejora el sabor, ya que

contrarresta el desagradable sabor a ciertas harinas. También controla o reduce la actividad de la levadura, ejerce una acción bactericida al no permite fermentaciones indeseables dentro de la masa. Las proporciones recomendables a utilizar son desde 1.5% a 3% en relación a la cantidad de harina (Sánchez y Pineda, 2003; Ronquillo, 2012; Cazares, 2011).

2.3.1.5 Azúcar

Compuesto químico formado por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O). En panificación se utiliza sacarosa o azúcar de caña. El azúcar en la panificación sirve de alimento para la levadura, produciendo la reacción de la amilosis que es el desdoblamiento de los azúcares complejos a azúcares simples. Adicionalmente ayuda a una rápida formación de la corteza del pan debido a la caramelización del azúcar por medio de la reacción de Maillard (permite un conjunto complejo de reacciones químicas que se producen entre las proteínas y los azúcares reductores que se dan al calentar los alimentos o mezclas similares dando coloraciones marrones), permitiendo que la temperatura del horno no ingrese directamente dentro del pan para que pueda cocinarse y también para evitar la pérdida del agua. Además el azúcar es higroscópico, absorbe humedad y trata de guardarse con el agua, dándole suavidad al producto (Cazares, 2011; Ronquillo, 2012).

2.3.1.6 Grasas

Son productos cuyo componente mayoritario es la materia grasa de origen animal vegetal o sus mezclas, que tienen como constituyentes principales los glicéridos de los ácidos grasos (Sánchez y Pineda, 2003).

Las grasas se dividen en: manteca o grasa de cerdo, que brindan un buen sabor al pan; mantequilla, es la grasa separada de la leche por medio del

batido; y aceites vegetales, los que se obtienen sometiendo las semillas (girasol, maní, etc.) a un proceso de prensado (Cazares, 2011).

Este ingrediente brinda elasticidad, debido a que debilita o acorta una masa aflojando su red de gluten causando que el producto horneado sea más suave, se quiebre más fácilmente y tenga una palatabilidad más blanda; y un punto de cremar que se define como la propiedad de incorporar aire en el proceso de batido. También mejora la apariencia, produciendo un efecto lubricante; aumenta el valor alimenticio, y mejora la conservación al disminuir la pérdida de humedad, lo que ayuda a mantener el pan fresco.

2.3.2 CALIDAD DEL PAN

Es el conjunto de cualidades sensoriales (sabor, olor, color, textura, forma y apariencia), higiénicas y físico químicas, que hacen que el pan sea aceptable al consumidor.

2.3.2.1 Cualidades Sensoriales

Entre las características externas que con más frecuencia se estiman son las dimensiones, el volumen, apariencia, el color y la formación de la corteza. Las dimensiones críticas para la mayoría de los panes son la longitud y la altura, que se pueden medir con reglas o cintas graduadas. La apariencia externa del producto, el color y formación de la corteza se estiman por el contraste entre las áreas oscuras de la corteza y las más claras que se forman después de horneado, y comúnmente se valoran mediante técnicas descriptivas (Cauvain & Young, 2008).

El volumen del pan no depende solamente de la calidad de la harina, sino también de la manipulación del panadero. Todas las harinas fuertes

necesitan de un tiempo de fermentación más largo que las harinas flojas, para producir un pan bueno y voluminoso (Lascano, 2010).

Las características internas principales del pan dependen generalmente del tamaño, número y distribución de los alveolos en la miga. Todas las variedades de pan tienen una formación de alveolos de diferente forma, tamaño y distribución. Cada alveolo está rodeado por una red de hebras conectadas entre sí, gluten coagulado en la que los gránulos de almidón y las partículas de salvado están firmemente incrustados (Cauvain & Young, 2008).

La textura de la miga del pan, es de interés por las propiedades mecánicas como firmeza y elasticidad, las cuales se tratan de asociar a características relacionadas con la palatabilidad/masticabilidad, mediante la adaptación de los métodos físicos fundamentales de análisis (Lascano, 2010).

Otros factores que intervienen en la calidad sensorial del pan son el sabor y aroma. En los productos fermentados estos atributos provienen de la contribución de los ingredientes y los métodos de panificación que se utilicen, además de los compuestos volátiles formados durante la fermentación (Calaveras, 2004; Lascano, 2010).

2.4 CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS

Las características reológicas son importantes por ser específicas para las harinas y por la variedad de instrumentos que se han desarrollado para su medida. Las pruebas más importantes para determinar la funcionalidad de harinas de trigo son las denominadas reológicas, que tienen como objetivo estudiar las propiedades físicas del gluten hidratado, formado después del amasado. Los resultados están estrechamente vinculados con parámetros de procesamiento, absorción de agua, tiempo de amasado óptimo, tiempo

de reposo, fermentado, calidad de formado y producto terminado (Ronquillo, 2012; Gómez-Ortiz, Cifuentes-Díaz de León, & Orea-Lara, 2012).

La consistencia o movilidad de la masa está directamente relacionada a su contenido de agua, y por lo tanto su rendimiento en pan. Las propiedades físicas de la masa se derivan principalmente de la interacción de los estados de materia líquido y sólido. Es así que la masa presenta la plasticidad que combina los atributos de ambos: fluídos y sólidos, elasticidad que es atributo de los sólidos, y la viscosidad que es una característica de los líquidos. Podemos decir que la masa es un material viscoelástico (Sánchez y Pineda, 2003).

Con estas propiedades se pueden evaluar las características reológicas de la masa mediante equipos como el farinógrafo, extensógrafo, alveógrafo entre otros.

2.4.1 ALVEÓGRAFO DE CHOPIN

El alveógrafo permite la caracterización del comportamiento de la masa y su retención de gases durante la fermentación a hidratación adaptada (consistencia constante). Se compone de tres bloques: amasadora, alveógrafo y manómetro (Lascano, 2010; Calaveras, 2004).

Representa de forma gráfica y numérica, la fuerza y las cualidades físicas de la harina. Este método consiste en obtener una masa compuesta por unas cantidades fijas de harina, agua y sal (2.5%) que se amasan durante un tiempo definido, luego se lamina y se obtienen de esta lámina 5 discos de masa, que después de un tiempo de reposo se colocan sobre una chapa con un agujero en el que se les insufla aire. Con este método se obtiene los siguientes índices:

2.4.1.1 Valor P

Expresa la tenacidad y mide la resistencia que opone la masa a la rotura. Se presenta en el alveograma, por la altura de la curva expresada en milímetros. Tiene relación con la absorción de agua, de esta manera una masa más tenaz, es decir mayor a 60, necesitará más agua para tener la consistencia habitual, valores que se presentan en la tabla 10 (Sánchez y Pineda, 2003; Calaveras, 2004).

Tabla 10. Tenacidad

P (mmH ₂ O)	
>60	Muy tenaz
50 - 60	Tenaz
35 - 50	Normal
25 - 35	Limitada tenacidad
<25	Baja tenacidad

(Calaveras, 2004)

2.4.1.2 Valor L

Expresa la extensibilidad y mide la capacidad de la masa para ser estirada, la tabla 11 indica valores de elasticidad de las masas. Se presenta por la longitud de la abscisa o base de la gráfica. Nos da una idea de la capacidad de retención de gases en la fermentación (Sánchez y Pineda, 2003; Calaveras, 2004).

Tabla 11. Elasticidad

L (mm)	
>115	Muy extensible (desarrollada extensibilidad)
90 - 115	Buena extensibilidad (elevada)
70 - 90	Débil o Limitada extensibilidad
<50	Baja extensibilidad

(Calaveras, 2004)

2.4.1.3 Valor P/L

Indica el equilibrio y es la relación entre la tenacidad y la extensibilidad. Del equilibrio depende el destino más adecuado de la harina (panadería, galletería, fabricación de pastas, etc.). Harinas para panificación tienen valores entre 0.2 y 0.7, dependiendo del pan que se va a realizar, como se observa en la tabla 12. Se establece al dividir la tenacidad ya multiplicada por el coeficiente de correlación 1.1; para la extensibilidad (Sánchez y Pineda, 2003; Calaveras, 2004).

Tabla 12. Condiciones de Equilibrio (P/L)

Valor	Tipo de pan
0,2 - 0,4	Pan común
0,4 – 0,5	Pan francés
0,6 – 0,7	Pan de molde

(Calaveras, 2004)

2.4.1.4 Valor W

Expresa la fuerza panadera e indica el trabajo necesario para deformar una lámina de masa empujada por aire hasta su rotura. Permite conocer la capacidad del gluten de retener gas carbónico, y por lo tanto conocer el volumen del pan. Se representa por la superficie de la curva del alveograma. La tabla 13 señala una clasificación de harinas según valores de fuerza expuestos por el alveógrafo.

Tabla 13. Fuerza (W)

W (J)	Tipo de harina
>250	Fuertes o Mejorantes
200 - 250	Gran Fuerza
150 - 200	Media fuerza
90 - 250	Flojas
< 90	Muy Flojas

(Calaveras, 2004)

2.4.1.5 Degradación

Indica la pérdida de las cualidades plásticas de la masa y expresa el debilitamiento de la masa durante el reposo. Todos estos índices para medir la reología de las masas, están muy relacionados entre sí, por lo que, para enjuiciar un trigo, una harina, una masa panadera, el valor de un solo índice debe ser tomado con ciertas reservas.

2.4.2 MIXOLAB

El Mixolab System es una herramienta que permite obtener información completa sobre el comportamiento de los diferentes componentes de las harinas (almidón, proteínas y agua) y también el efecto de los componentes menores como fibras, lípidos y enzimas (CHOPIN-Technologies, 2012).

2.4.2.1 Mixolab Standard

A través del mixolab estándar se obtienen parámetros basados en la fuerza que ejercen las aspas del Mixolab durante el amasado como: C1: Desarrollo de la masa, C2: Debilitamiento de la proteína, C3: Gelatinización del almidón, C4: Actividad amilásica y C5: retrogradación del almidón, como se muestra en la figura 2 (Ronquillo, 2012).

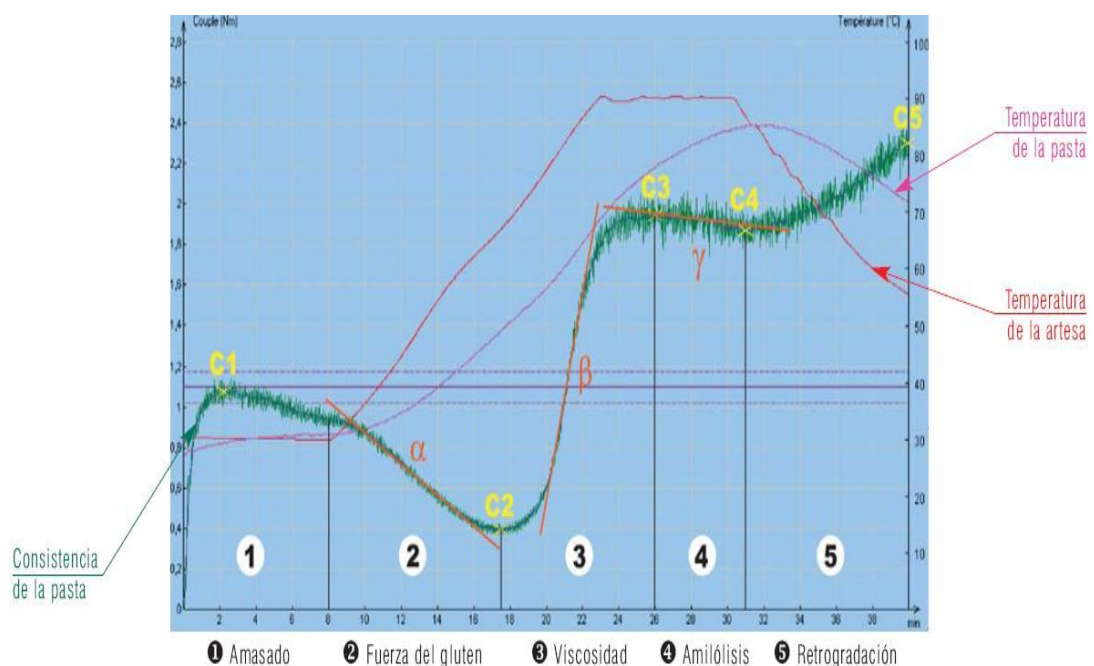


Figura 2. Curva tipo del Mixolab Standard

(CHOPIN-Technologies, 2012)

En la gráfica del Mixolab se encuentran números que corresponden a:

1. Amasado o Desarrollo

En esta etapa, a temperatura constante (30°C) se determina el poder de absorción de agua de las harinas y se mide las características de las masas durante el amasado (estabilidad y elasticidad).

2. Fuerza de las proteínas

A medida que la temperatura de la masa aumenta (30°C y 60°C) la consistencia disminuye. La intensidad de este debilitamiento depende de la calidad de las proteínas.

3. Gelatinización del almidón

A partir de la temperatura (entre 60°C y casi 80°C) inicial de gelatinización, los fenómenos vinculados a la gelatinización del almidón se vuelven preponderantes y se observa entonces un incremento de la consistencia. La intensidad de este incremento depende del tipo de almidón y eventualmente de los aditivos añadidos.

4. Actividad amilásica (con una temperatura alta)

El valor de la consistencia al final de la curva depende mayoritariamente de la actividad amilásica endógena o añadida. Cuanto más grande sea la disminución de la consistencia, más importante será la actividad amilásica.

5. La retrogradación del almidón

Al enfriarse se retrograda el almidón y la consistencia del producto aumenta. Algunos productos químicos tienen una acción sobre este fenómeno,

retrasando la deshidratación y permitiendo obtener una mayor conservación del producto elaborado.

2.4.2.2 Mixolab Profiler

La calidad de la harina se puede juzgar en función de uso final, el Mixolab Profiler permite caracterizar una harina en función de seis índices cualitativos que se utilizan fácilmente para el establecimiento de los criterios de las especificaciones de requisitos: índice de absorción, índice de gluten, índice de amilasa, índice de amasado, índice viscosidad e índice de retrogradación (Ronquillo, 2012; CHOPIN-Technologies, 2012).

En la figura 3 se muestra la curva emitida por el Mixolab profiler, en la que se observan los 6 índices referentes a la calidad de una harina.

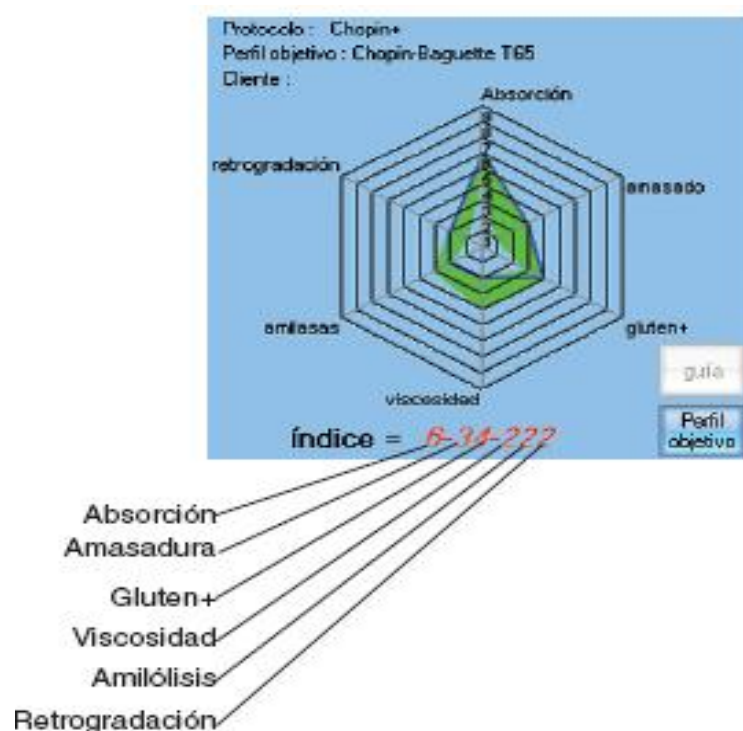


Figura 3. Curva tipo del Mixolab Profiler

(CHOPIN-Technologies, 2012)

Índice de Absorción: representa la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia en el amasado (propiedades mecánicas). Se encuentra directamente relacionada con la cantidad de pan que puede ser producida por kilo de harina, y depende de la cantidad y calidad de gluten, y la dureza del endospermo. Cuanto más alto es el índice de absorción, más alto es la absorción de agua de la masa (Álvarez, 2012; Dubat, 2013).

C1: Índice de Amasado: el volumen, la formación de la miga, la textura de la miga, su resiliencia, están influenciados por el proceso de amasado. Cuanto más alto es el índice de amasado, más estable es la masa durante el amasado (Álvarez, 2012; Dubat, 2013).

C2: Índice de Gluten+: un índice bajo mostrará una gran caída de viscosidad durante esta fase. En lo contrario un índice de gluten alto resaltará un buen mantenimiento de la estructura proteica, supuestamente debido al gran número de enlaces de hidrógeno. Cuanto más alto es el índice de gluten más resistente a la presión (amasado y calentamiento) será el gluten (Álvarez, 2012; Dubat, 2013).

C3: Índice de Viscosidad: cuando la temperatura alcanza más de 50-60°C la viscosidad de la masa aumenta muy rápido al compás del almidón que gelatiniza y de las proteínas que polimerizan. El índice de viscosidad queda en la fase donde muchos parámetros fisicoquímicos y bioquímicos trabajan juntos. En este momento, la proteína ya no impacta y el agua migra desde la proteína hacia el almidón (Álvarez, 2012; Dubat, 2013).

El principal sistema bioquímico está basado sobre el dúo almidón/amilasa. La viscosidad máxima dependerá de 2 factores interdependientes que son la gelatinización del almidón y los exógenos y endógenos ataques de enzimas amilasas. Cuanto más alto es el índice, más viscosa será la masa frente al calentamiento.

C4: Índice Amilásico: la amilasa es una enzima que degrada el almidón. El índice amilásico será alto con una baja actividad amilásica (hipodiatásica), mientras que un bajo índice mostrará una importante actividad amilásica (hiperdiatásica), es decir una relación inversa, la misma que se describe en la tabla 14 (Ronquillo, 2012).

Tabla 14. Índices de actividad amilásica

Índice Amilásico	Actividad
8-10	Gran actividad diastásica
5-7	No favorable
1-4	Gran actividad hiperdiastásica

(CHOPIN-Technologies, 2012)

C5: Índice de retrogradación: el almidón tiene un papel crítico en el endurecimiento del pan. Cuando los panes bajan de temperatura luego de la cocción le da firmeza a la miga. Mientras mayor sea la retrogradación mayor será el índice de retrogradación. Y si el índice es bajo establece una larga vida útil para el pan (Álvarez, 2012; Ronquillo, 2012).

3. METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

3.1 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE HARINA DE TRIGO

El estudio se realizó con harina de trigo tipo panadera de la empresa Molino Cordillera - Sucesores de Jacobo Paredes M.S.A, de la ciudad de Quito provincia de Pichincha.

Antes de recolectar las muestras se evaluó y determinó el tiempo de reposo durante los días 2, 5 y 7 (Anexo 1), en los cuales se verificó que existía variabilidad al pasar los días, y se estableció el día de reposo adecuado en el cual la harina era estable en sus características reológicas.

Se observó que al segundo día de reposo la harina era inestable, ya que presentó cambios en los resultados de los análisis, principalmente en el de retrogradación, por lo que se descartó ese día. Para los días quinto y séptimo presentó un comportamiento estable en todos los parámetros analizados en el Mixolab. Se definió que para las pruebas se utilizó una harina con un reposo de 5 días, ya que esta muestra es la más idónea, y cumple con la estabilidad en sus características.

Se recolectaron muestras de 10 kg de la producción diaria de harina de trigo tipo panadera, durante 22 producciones consecutivas; éstas fueron etiquetadas y almacenadas en el laboratorio de Control de Calidad de la empresa.

3.2 ANÁLISIS QUÍMICOS

3.2.1 GLUTEN

Para determinar el gluten en la harina de trigo tipo panadera se realizó el método de la Norma INEN 529 (1980), con ciertos cambios que se estandarizaron en la empresa para desarrollarlo rápidamente.

Se pesó 20 gramos de muestra en un plato de porcelana, luego se añadió 10 mililitros de una solución al 2% de cloruro de sodio previamente preparada, luego se homogenizó las dos partes con la mano hasta formar una bola de masa cuidando no perder harina, después se llenó el plato, con la bola de masa dentro, de agua fría y se dejó reposar durante 20 minutos. Al pasar este tiempo se tomó la bola de masa y se lavó a mano dejando caer un ligero chorro de agua hasta conseguir que el gluten quede limpio y sin partículas de harina. Después se secó el gluten con las manos previamente limpias y secas, y se pesó. Se registró el resultado en gramos, el cual fue multiplicado por 5 para obtener el gluten húmedo y éste valor a su vez se divide para 3 para calcular el gluten seco. Análisis que se ejecutó una sola vez, para cada muestra de harina recolectada.

3.3 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Se realizó la determinación de humedad de las muestras de harina de trigo una vez por cada muestra analizada, mediante el Método rápido de la termobalanza según la Norma Mexicana de Alimentos NMX-F-428 (1982).

Se pesó 1,3 gramos aproximadamente de muestra en un plato de aluminio previamente tarado en la termobalanza GF Serie AD-4700. Luego se bajó la tapa de la balanza. Después de pasado un tiempo de 11 min, se tomó la lectura y se registró este valor como porcentaje de humedad.

3.4 PRUEBAS DE PANIFICACIÓN

Se realizaron pruebas preliminares para determinar las condiciones óptimas de tiempo y velocidad de amasado, humedad, temperatura y tiempo durante la fermentación y horneado, para elaborar pan blanco tipo molde.

Se realizó una prueba de panificación para cada una de las 22 muestras de harina recolectadas y almacenadas cinco días. En estas pruebas se elaboró pan blanco tipo molde con la formulación establecida por GRANOTEC como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Formulación de Pan de molde

Ingrediente	%	Gramos
Harina	100	1000
Agua	54	540
Levadura	3	30
Sal	2	20
Azúcar	10	100
Manteca	5	50
Margarina	5	50

(GRANOTEC, 2013)

El proceso de elaboración consistió en agregar los ingredientes: harina, sal, azúcar, manteca en una mezcladora eléctrica, en la cual se amasó por 1 min a velocidad baja, y luego se incorporó la levadura diluida en el agua y se dejó en la amasadora durante 10 min a velocidad alta, hasta formar la red de gluten. Una vez obtenida la masa se dejó reposar por 10 min sobre una mesa de acero inoxidable. Terminado este tiempo la masa fue cortada en una porción de 460 gramos para formar el pan de molde, y en pedazos de 60 gramos para bolear y formar panes redondos; estos panes se colocaron en latas previamente engrasadas, las mismas que se llevaron a la cámara

de fermentación marca UNOX modelo XL 195-B, durante 45 min a una temperatura de 38°C. Luego se transfirieron las latas al horno de convección con sistema de vapor, marca UNOX, modelo ROSELLA XF 195, y se procedió a hornear los panes durante 45 minutos con una temperatura de 165°C (DuocUC, 2010).

3.4.1 Determinación del Color del pan

Para el color se tomó 3 panes elaborados a distintos tiempos de horneado pero con la misma temperatura, y se escogió a nivel visual el mejor color.

3.4.2 Determinación del Volumen específico

Este parámetro fue medido con una modificación del método 10-05 de la AACC (2000), la cual consiste en determinar el volumen del pan por medio del desplazamiento de granos de trigo en un recipiente cilíndrico de vidrio de 15 cm de diámetro y 20 cm de altura. El método se realizó de la siguiente manera: en el recipiente vacío se introducen las semillas y se marca la altura alcanzada, luego se vacía el recipiente colocando las semillas en otro recipiente. Luego se introduce el pan en el recipiente, y se coloca nuevamente todas las semillas y se mide la distancia de desplazamiento de las mismas a partir de la marca.

3.5 ANÁLISIS REOLÓGICOS – MIXOLAB Y ALVEÓGRAFO

Los análisis reológicos se realizaron por medio del Mixolab y el Alveógrafo que son herramientas, que permiten caracterizar el comportamiento reológico de una masa sometida al amasado a diferentes temperaturas.

Estos procedimientos fueron efectuados para las 22 muestras de harina de trigo tipo panadera, en la empresa GRANOTEC de la ciudad de Guayaquil.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En este estudio se realizaron gráficos de control, que son representaciones gráficas de los valores de una característica resultado de un proceso, es decir se realizó un gráfico de control de cada parámetro medido por el Mixolab, y también de cada característica evaluada por el Alveógrafo. Para esto se utilizó el paquete informático Excel 2007.

Un gráfico de control representa la evolución en el tiempo de una característica de calidad medida a partir de una muestra, es decir es una representación gráfica en los ejes cartesianos, donde en el eje horizontal se indica el número de la muestra, y en el eje vertical se indican los parámetros observados en las muestras. El propósito de una gráfica de control es determinar si el desempeño de un proceso se mantiene en un nivel aceptable de calidad, cualquier proceso experimenta una variabilidad natural, debida a fuentes poco importantes e incontrolables. El gráfico cuenta con una línea central (LC) o media de los datos, y dos límites de control, uno superior (LCS) y otro inferior (LCI). Estos dos límites constituyen los criterios de decisión para el funcionamiento del proceso, es decir, cuando los puntos correspondientes a las observaciones están dentro de estas líneas se dice que el proceso está bajo control, sin embargo, cuando un punto cae fuera de dichos límites se interpreta como una evidencia de que el proceso está fuera de control (Huerga, Blanco , & Abad, 2005) (Walpole, Myers, Myers , & Ye, 2007).

En el presente trabajo se utilizó gráficos de control individuales con rangos móviles, ya que el tamaño de la muestra a monitorear el proceso fue de una unidad. Se aplican estos gráficos cuando hay inspección automática de

parámetros o piezas individuales, los procesos son largos cuyas características de fabricación puedan considerarse semejantes, las mediciones entre las muestras difieren muy poco y son para muestreos por ensayos destructivos con altos costos (Cuatrecasas, 2012).

Para establecer las muestras que se encuentran dentro del perfil de la harina, se trabajaron con las 22 muestras, se calculó el promedio de cada uno de los parámetros del Mixolab, se calcularon los rangos móviles, se obtuvo el rango móvil medio y se calculan los límites de control superior e inferior para los gráficos de la media y rango respectivamente.

Para el cálculo de los límites de control para las medias, se utilizó las fórmulas 1 y 2, calculados con la constante $E_2=2,66$ (Anderson, Sweeney, & Thomas, 2008; Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2007):

$$LCI = \bar{X} - E_2 \overline{R_{Mo}} \quad [1]$$

$$LCS = \bar{X} + E_2 \overline{R_{Mo}} \quad [2]$$

Donde:

\bar{X} : media aritmética

E_2 : constante para la gráfica de medias

$\overline{R_{Mo}}$: media de rangos móviles

Para el cálculo de los límites de control para los rangos móviles se utilizó las fórmulas 3 y 4 (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2007):

$$LCI = D_4 \overline{R_{Mo}} \quad [3]$$

$$LCS = D_3 \overline{R_{Mo}} \quad [4]$$

Donde:

D_4 : constante de LCI para la gráfica de rangos móviles (ANEXO 2)

D_3 : constante de LCS para la gráfica de rangos móviles (ANEXO 2)

$\overline{R_{Mo}}$: media de rangos móviles

Se interpretó únicamente la gráfica de medias, ya que se tomó muestras de la producción durante un determinado periodo de tiempo en el que se supo que el proceso estaba bajo control. Una vez que se construyó el gráfico, éste se utilizó para comprobar si el proceso estaba bajo control, caso contrario se descartó aquellas muestras en las que el proceso no estuvo bajo control. Mientras que el gráfico de rangos muestra la variabilidad de las características analizadas, el rango de una muestra es la diferencia entre los valores extremos.

Los resultados fueron presentados en tablas y gráficos para la mejor comprensión y entendimiento, para determinar el perfil de la harina de trigo tipo panadera de Molino Cordillera-Sucesores de Jacobo Paredes.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS QUÍMICOS

4.1.1 ANÁLISIS DE GLUTEN

Los datos de la tabla 16 y de la figura 4, indican los resultados obtenidos de los análisis de gluten de las 22 muestras recolectadas, cuyo promedio de gluten húmedo es de 37.4% y gluten seco 12.5%, resultados que concuerdan con las especificaciones de la ficha técnica de la harina de trigo tipo panadera elaborada por Sucesores de Jacobo Paredes M.S.A. (2013).

Tabla 16. Análisis de Gluten de la harina de trigo tipo panadera

N° muestra	% GlutenSeco	Rango móvil
1	12,33	
2	12,33	0,00
3	12,50	0,17
4	12,17	0,33
5	12,67	0,50
6	12,33	0,34
7	12,33	0,00
8	12,50	0,17
9	12,50	0,00
10	12,67	0,17
11	12,33	0,34
12	12,50	0,17
13	12,50	0,00
14	12,33	0,17
15	12,33	0,00
16	12,50	0,17
17	13,17	0,67
18	12,83	0,34
19	12,83	0,00
20	12,83	0,00
21	12,83	0,00
22	12,67	0,16
Promedio	12,54	0,18
E2	2,66	
LCI	12,08	
LCS	13,01	

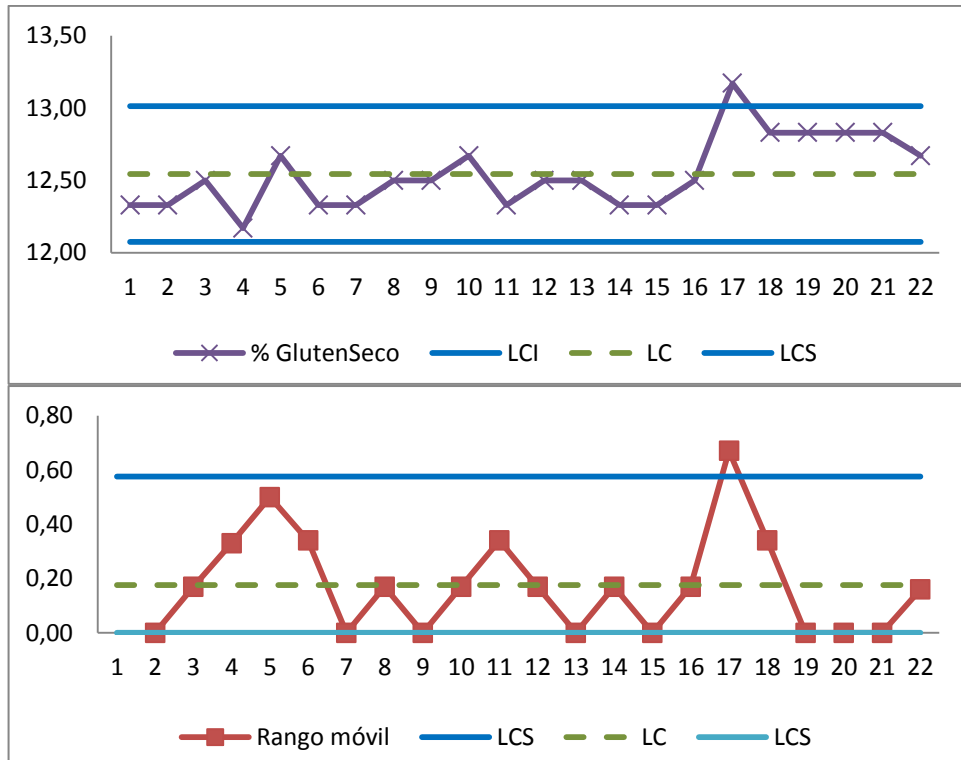


Figura 4. Gráfico de control \bar{X} -Rm de Gluten de la harina de trigo tipo panadera

El gluten es una de las propiedades más importantes de la harina, ya que de las características plásticas del proceso de amasado durante la elaboración de pan, dependen de la hidratación que tenga. La determinación de su cantidad y calidad es una forma de valorar la aptitud panadera de una harina. El contenido mínimo de gluten húmedo y gluten seco en las harinas de panificación es de 24% y 8% respectivamente (Ronquillo, 2012).

Según Calaveras (2004), el gluten seco en harinas de panificación debe ser de 8% en una harina de mediana fuerza y mayor a 11% en una harina fuerte.

De acuerdo con la Norma INEN 529 (2006), el porcentaje mínimo de gluten húmedo debe ser mayor al 25%.

Los valores de gluten seco obtenidos en este estudio están relacionados con otros autores como Gómez-Ortiz, Cifuentes-Díaz de León, & Orea-Lara (2012), y De la Horra, Seghezzi, Molfese, & Ribotta (2012), que en sus

ensayos tuvieron resultados de 10.88% y 11.60% respectivamente, lo que demuestra que la harina elaborada en la empresa está dentro de los parámetros de contenido de gluten de una harina apta para panificación.

4.1.2 ANÁLISIS DE HUMEDAD

Los resultados obtenidos en la tabla 17 y en la figura 5, demuestran que la harina tiene un contenido promedio de humedad de 13.4%, y en otros estudios realizados por Lascano (2010) y Osella, Sánchez, González, & De la Torre (2006), se obtuvo una humedad de 13.5%, valores similares que se encuentran dentro de las especificaciones de la ficha técnica de la harina de trigo tipo panadera elaborada por Sucesores de Jacobo Paredes M.S.A. (2013).

Tabla 17. Análisis de humedad de la harina de trigo tipo panadera

N° muestra	%Humedad	Rango móvil
1	13,38	
2	13,22	0,16
3	13,59	0,37
4	13,25	0,34
5	13,64	0,39
6	13,18	0,46
7	13,22	0,04
8	13,09	0,13
9	13,16	0,07
10	12,99	0,17
11	12,88	0,11
12	13,10	0,22
13	14,39	1,29
14	13,32	1,07
15	13,55	0,23
16	14,40	0,85
17	12,75	1,65
18	12,68	0,07
19	12,68	0
20	13,30	0,62
21	14,71	1,41
22	14,13	0,58
Promedio	13,31	0,49
E2	2,66	
LCI	12,02	
LCS	14,61	

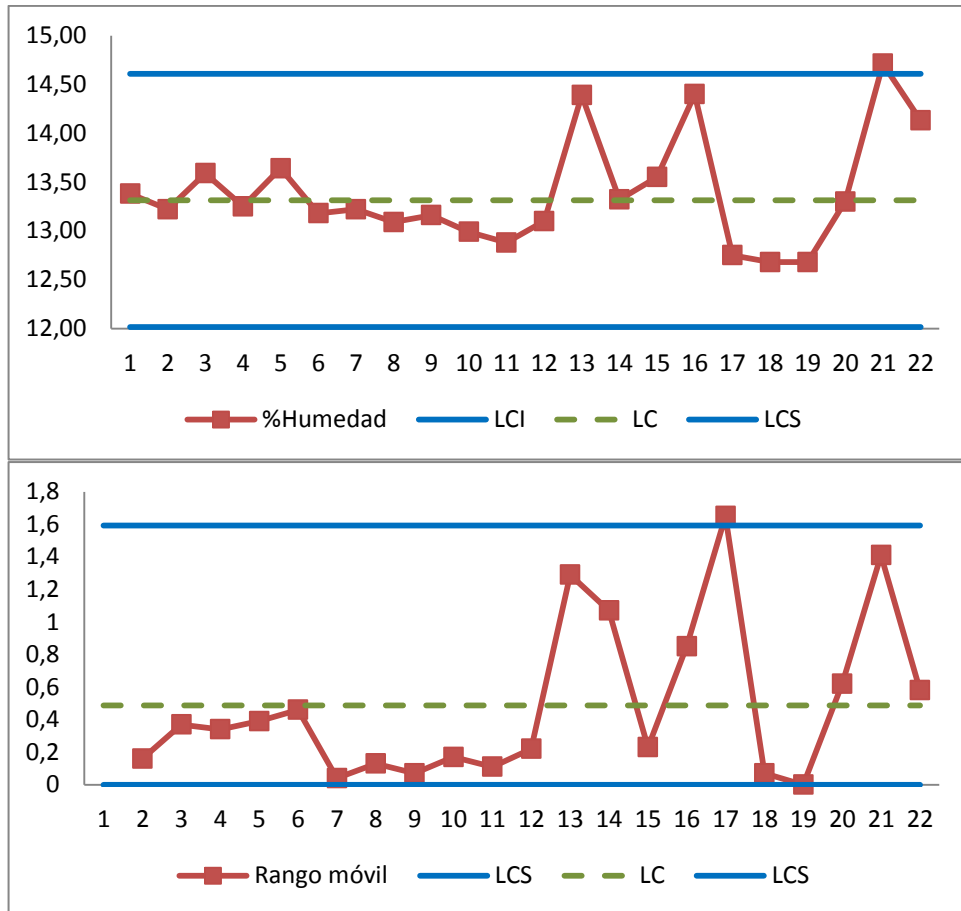


Figura 5. Gráfico de control \bar{X} -Rm de humedad de la harina de trigo tipo panadera

En el proceso de obtención de harina se realiza limpiezas preliminares al trigo para después someterlo a un acondicionamiento, siendo un tratamiento a base de humedad y calor, produciéndose cambios en las características mecánicas de los diferentes tejidos del grano, mejorando de esta manera las posibilidades de separación del endospermo de las restantes capas del grano. Este acondicionamiento influye no solo en el rendimiento de molienda, sino también en la calidad de la harina obtenida. El porcentaje de humedad la harina obtenida es aproximadamente del 15% (Cazares, 2011). Según la Norma INEN 616 (2006), el contenido máximo de humedad es del 14.5%.

4.2 PRUEBAS REOLÓGICAS

4.2.1 PRUEBAS REOLÓGICAS CON EL MIXOLAB

4.2.1.1 Caracterización de masas mediante el uso del Mixolab Profiler

En la tabla 18 se muestra los resultados de los datos de los seis índices: arrojados por el Mixolab Profiler, en las 22 muestras de harina de trigo.

Tabla 18. Caracterización del comportamiento reológico de 22 muestras de harina de trigo tipo panadera en el Mixolab Profiler

N° mta.	Mixolab					
	Absorción	Amasado C1	Gluten C2	Viscosidad C3	Amilasa C4	Retrogradación C5
1	60,80	1,15	0,25	1,24	1,06	1,49
2	60,80	1,12	0,26	1,33	1,25	1,85
3	62,10	1,10	0,26	1,31	1,22	1,82
4	62,20	1,09	0,25	1,25	1,15	1,73
5	61,50	1,12	0,29	1,28	1,19	1,60
6	63,10	1,15	0,35	1,30	1,18	1,62
7	63,90	1,13	0,29	1,27	1,13	1,58
8	63,90	1,06	0,28	1,30	1,18	1,67
9	63,90	1,07	0,29	1,28	1,10	1,64
10	63,90	1,14	0,29	1,29	1,22	1,54
11	62,60	1,13	0,32	1,30	1,21	1,70
12	62,90	1,09	0,29	1,31	1,21	1,77
13	62,90	1,12	0,30	1,31	1,21	1,78
14	62,90	1,05	0,28	1,28	1,16	1,72
15	65,70	1,12	0,33	1,34	1,26	1,75
16	62,10	1,13	0,22	1,21	1,14	1,66
17	62,90	1,08	0,26	1,28	1,21	1,78
18	62,10	1,12	0,29	1,27	1,18	1,73
19	62,10	1,09	0,28	1,30	1,23	1,79
20	62,80	1,11	0,28	1,24	1,10	1,58
21	62,80	1,13	0,26	1,26	1,16	1,66
22	62,80	1,07	0,25	1,24	1,17	1,71
Promedio	62,76	1,11	0,28	1,28	1,18	1,69
E2	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66
LCS	64,63	1,20	0,35	1,38	1,34	1,93
LCl	60,88	1,01	0,21	1,19	1,02	1,45

ABSORCIÓN DE AGUA

La figura 6 presenta las muestras que están dentro de los límites de control superior (LCS = 64.83%) y límite de control inferior (LCI = 60.88%), calculados.

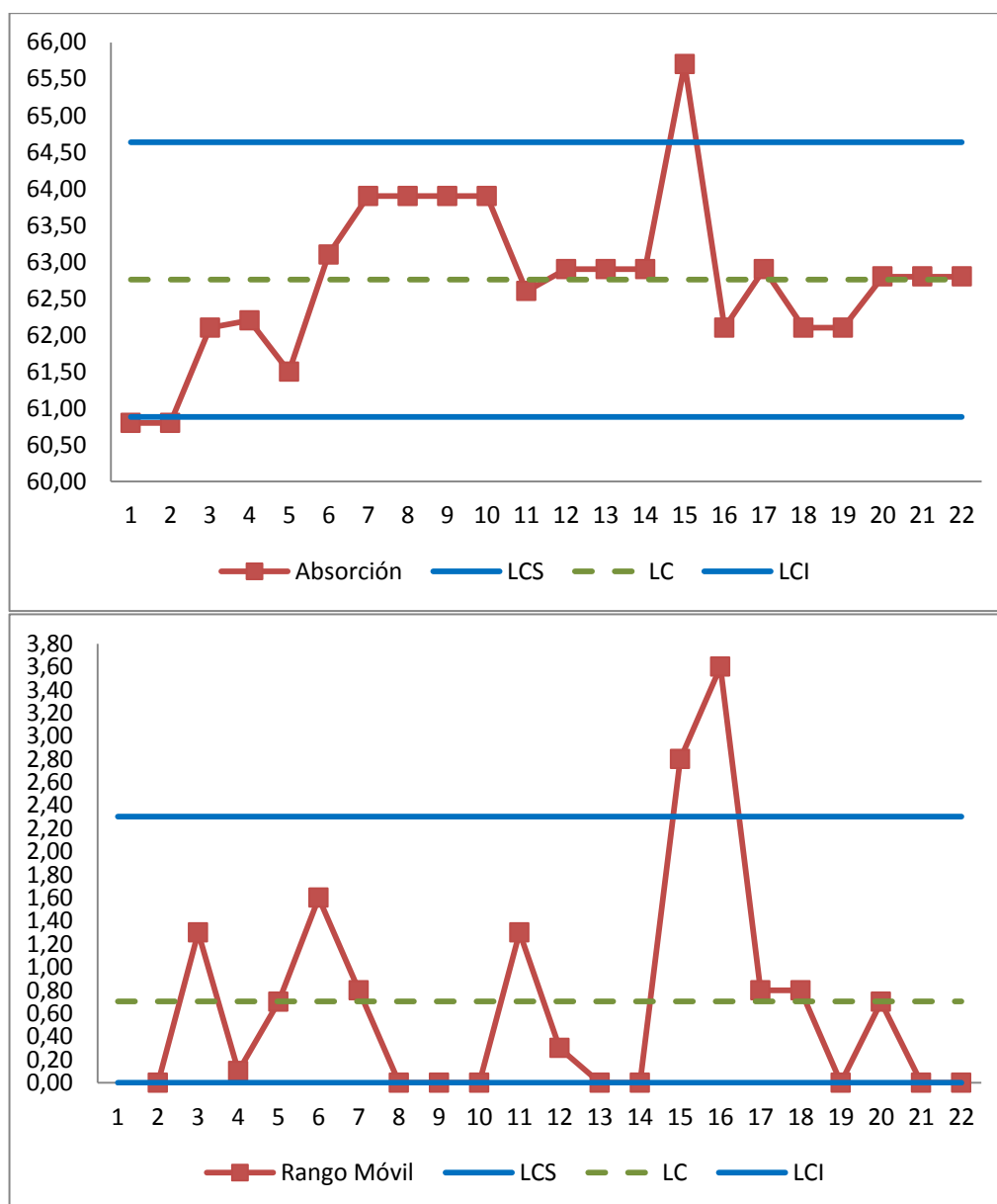


Figura 6. Gráfico de control \bar{X} -Rm del porcentaje de absorción de agua de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera

El potencial de hidratación de las harinas se ve reflejado en su capacidad de absorber agua hasta formar una masa viscoelástica, lo que da una idea de cuánto va a rendir en la producción del pan, es decir a mayor absorción de agua mayor rendimiento. El almidón dañado es el gran responsable de las diferencias de absorción de agua, propiedades de manipulación de la masa, producción de azúcares y aflojamiento durante la fermentación (Ronquillo, 2012; Lascano, 2010).

Según Ronquillo (2012) la harina de trigo tiene una absorción de agua del 64.06%, y Lascano (2010) en su trabajo presenta una absorción de agua del 63.7%, valores que están dentro de los mínimos y máximos calculados para elaborar el perfil de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera, lo que se traduce en un mayor rendimiento, es decir más número de panes.

C1: AMASADO

El índice de amasado representa la resistencia que presenta la harina al amasado. A niveles intermedios de humedad y con agitación continua, el sistema harina-agua se vuelve menos húmedo y pegajoso, constituyéndose en una masa cohesiva y elástica. Al mezclar por largos periodos la masa se vuelve más resistente a la extensión, lo que se conoce como el desarrollo completo de la masa (CHOPIN-Technologies, 2012; Lascano, 2010).

La figura 7 muestra los resultados del índice de amasado, con límites de control (LCS = 1.20; LCI = 1.01), valores que concuerdan con Ronquillo (2012) con un índice de amasado de 1.14, mientras que Lascano (2010) presenta un índice de amasado de 3. La variación de los valores de amasado depende de la cantidad de gluten presente en la harina, ya que a mayor cantidad de la proteína existe una mayor resistencia a la acción de amasado, y de esta manera la masa es capaz de soportar el estiramiento durante la fermentación de las masas.

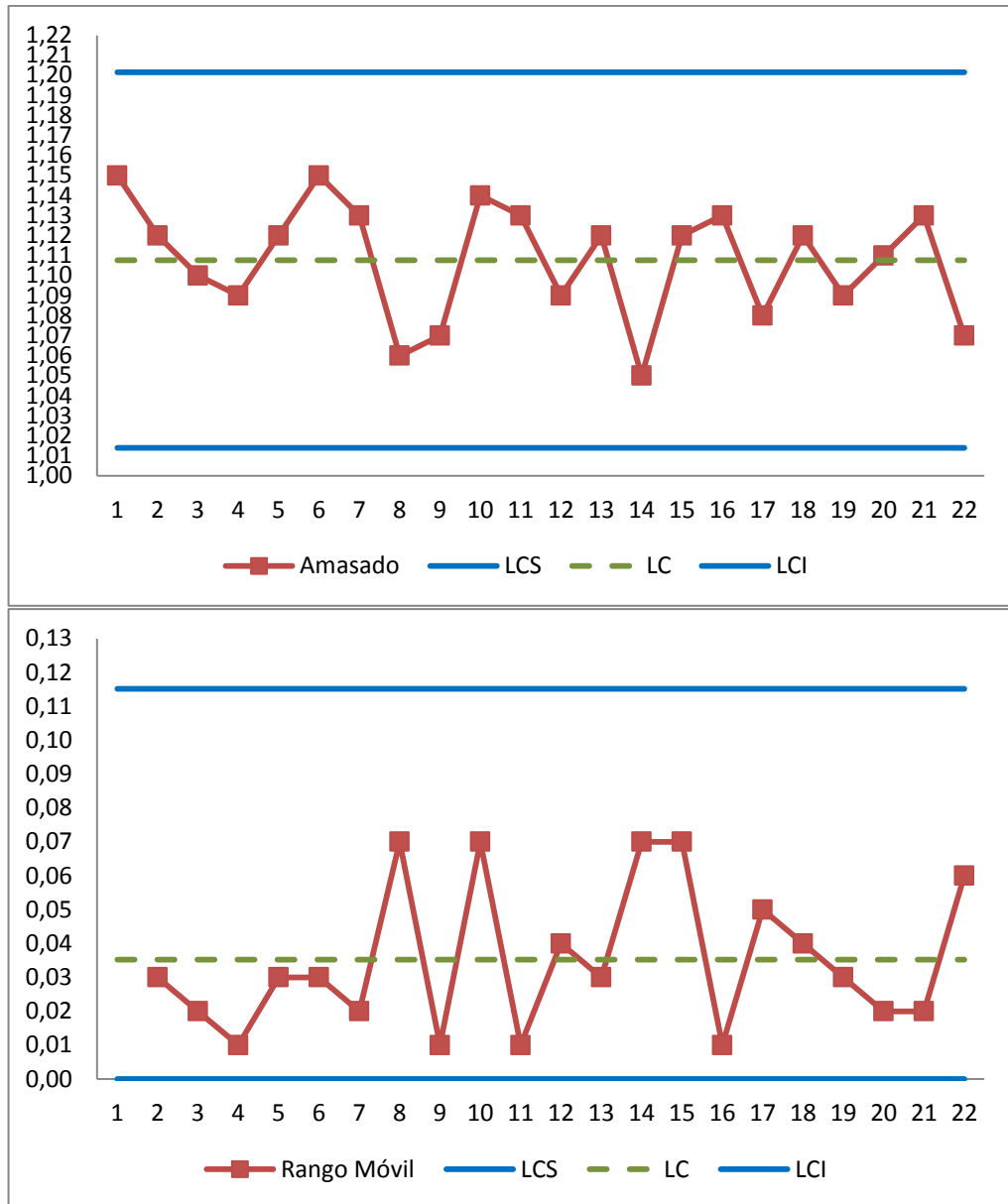


Figura 7. Gráfico de control \bar{X} -Rm del amasado de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera

Se consideró a la harina elaborada en Molino Cordillera – Sucesores de Jacobo Paredes apta para panificación, ya que según lo reportado por Toaquiza (2011) una harina con un índice de 1.15, es apta para la elaboración de pan, con una resistencia de la masa al proceso de amasado menos prolongado.

C2: FUERZA DE GLUTEN

La figura 8 representa los resultados de gluten reportados, cuyos límites (LCS = 0.35 y LCI = 0.21) se muestran a continuación.

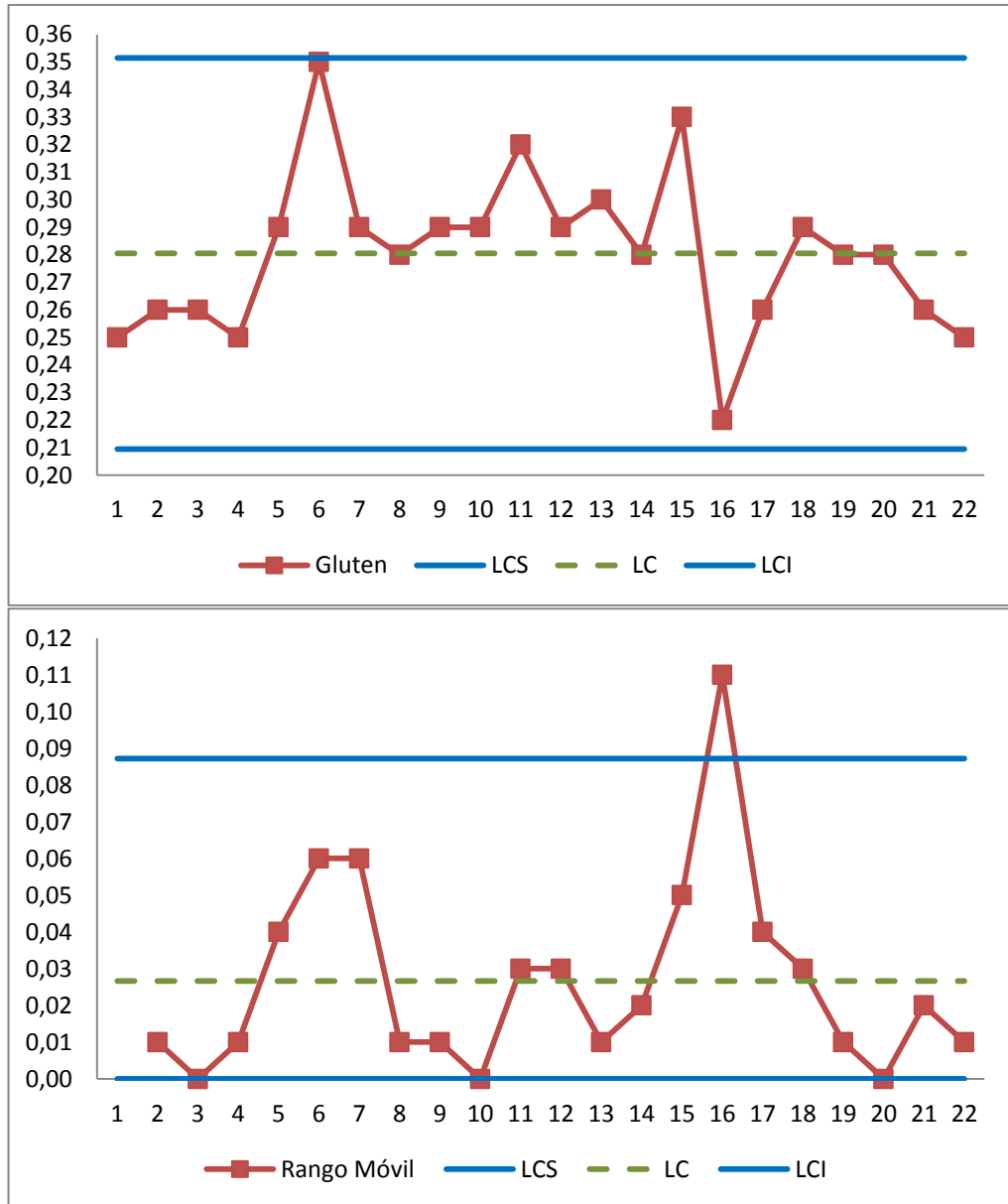


Figura 8. Gráfico de control \bar{X} -Rm de la fuerza de gluten de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera

La fuerza de gluten se refiere al tiempo de estabilidad y desarrollo de las masas. La fuerza depende de la calidad y no de la cantidad de las proteínas, los componentes que determinan la calidad panadera del trigo son las proteínas formadoras del gluten, estas son las gluteninas que dan elasticidad y fuerza a la masa, y las gliadinas que proporcionan extensibilidad y viscosidad a la masa (Toaquiza, 2011; Lascano, 2010).

En otros estudios Ronquillo (2012) y Lascano (2010) presentan resultados de fuerza de gluten de 0.47 y 0.48 respectivamente, valores superiores a los reportados en la harina elaborada en Molino Cordillera, esto puede ser debido a que la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera tenga mayor cantidad de hemicelulasas, lo que provoca la destrucción de los grupos xilanos, produciendo mayor pentosanos por lo que se da el debilitamiento de la red de gluten (Toaquiza, 2011).

C3-C4: VISCOSIDAD Y AMILASAS

En la figura 9 están los resultados de viscosidad con LCS=1.38 y LCI=1.19; y en la figura 10 los resultados de actividad amilásica cuyos LCS=1.34 y LCI=1.02.

La influencia de la actividad amilásica es de gran importancia en las características de la miga del pan. A partir de cierta temperatura, los fenómenos vinculados a la gelatinización del almidón se vuelven preponderantes, y se observa entonces un incremento de la consistencia. La intensidad de este incremento depende de la calidad del almidón y eventualmente, de los aditivos añadidos. La amilasa disminuye rápidamente, la viscosidad de la masa del almidón gelatinizado e hidroliza el almidón (55°C-65°C), es decir en su inicio, y la inactivación de las enzimas durante el proceso de cocción (75°C) (Calaveras, 2004; Lascano, 2010; Toaquiza, 2011).

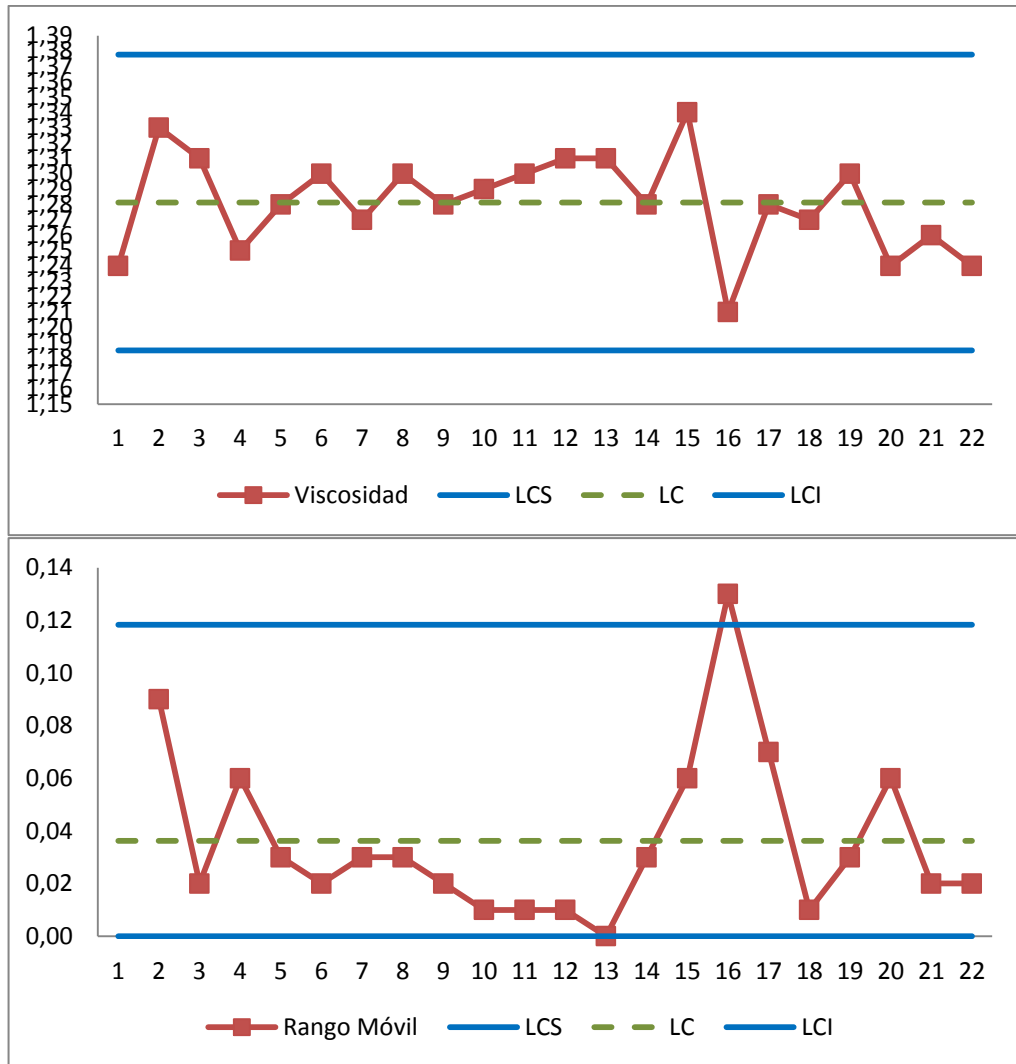


Figura 9. Gráfico de control \bar{X} -Rm de la viscosidad de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera

Según Toaquiza (2011) el valor de viscosidad es de 1.55 y de actividad amilásica es de 1.49; los resultados de este estudio fueron mejores porque se obtuvo valores menores, ya que la viscosidad y la resistencia de la amilasa tienen una relación indirectamente proporcional, es decir mayores los valores de viscosidad y de amilasas menos fuerte es la actividad amilásica. Por ello es importante controlar la cantidad de amilasas con el fin de conservar las características del pan, ya que una excesiva actividad

amilásica dará como resultado una masa más blanda, pegajosa lo cual será difícil de trabajar.

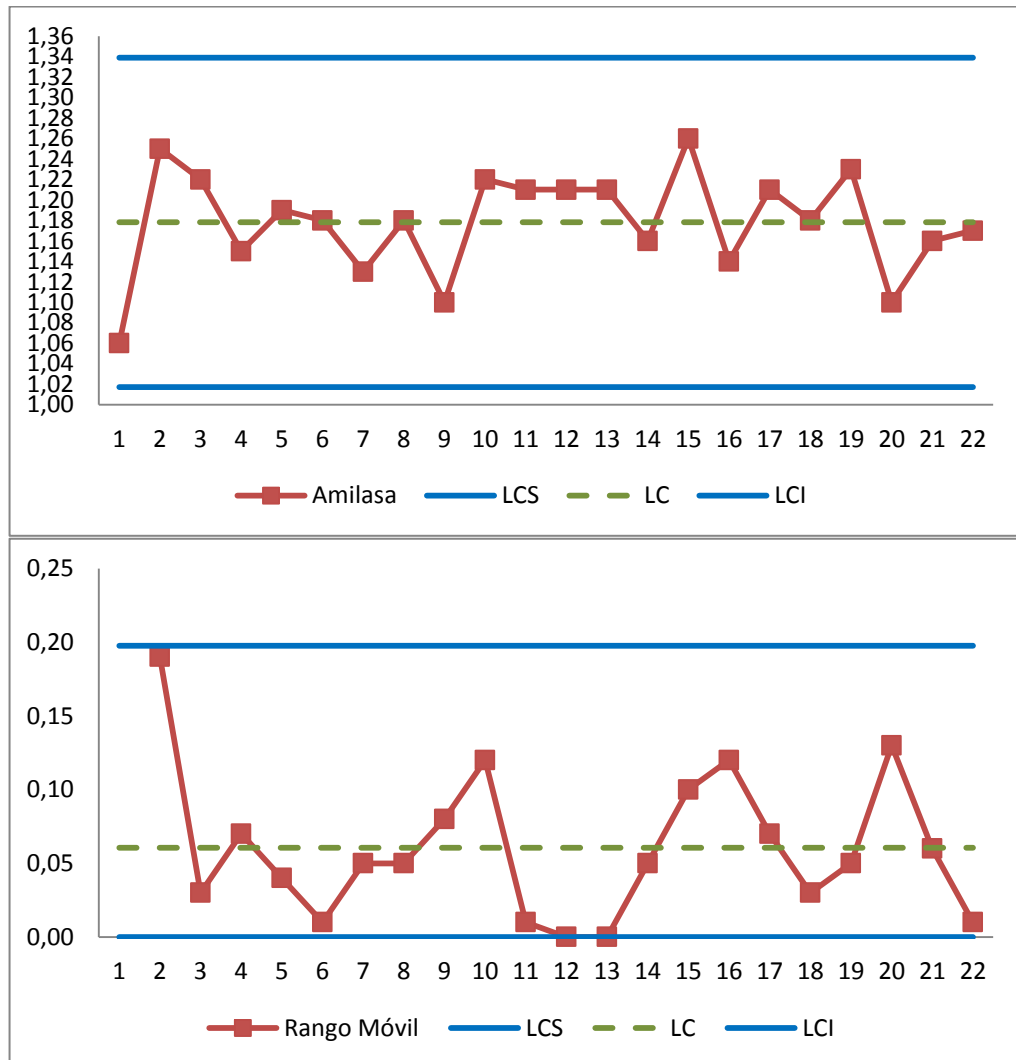


Figura 10. Gráfico de control \bar{X} -Rm de la actividad amilásica de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera

Cabe resaltar que la actividad amilásica dentro de la masa resulta importante para las características de la miga, tanto en el color como en la textura (suave y esponjosa) (Calaveras, 2004).

C5: RETROGRADACIÓN

En la figura 11 se muestran los valores de retrogradación de las 22 muestras analizadas, con LCS = 1.93 y LCI = 1.45.

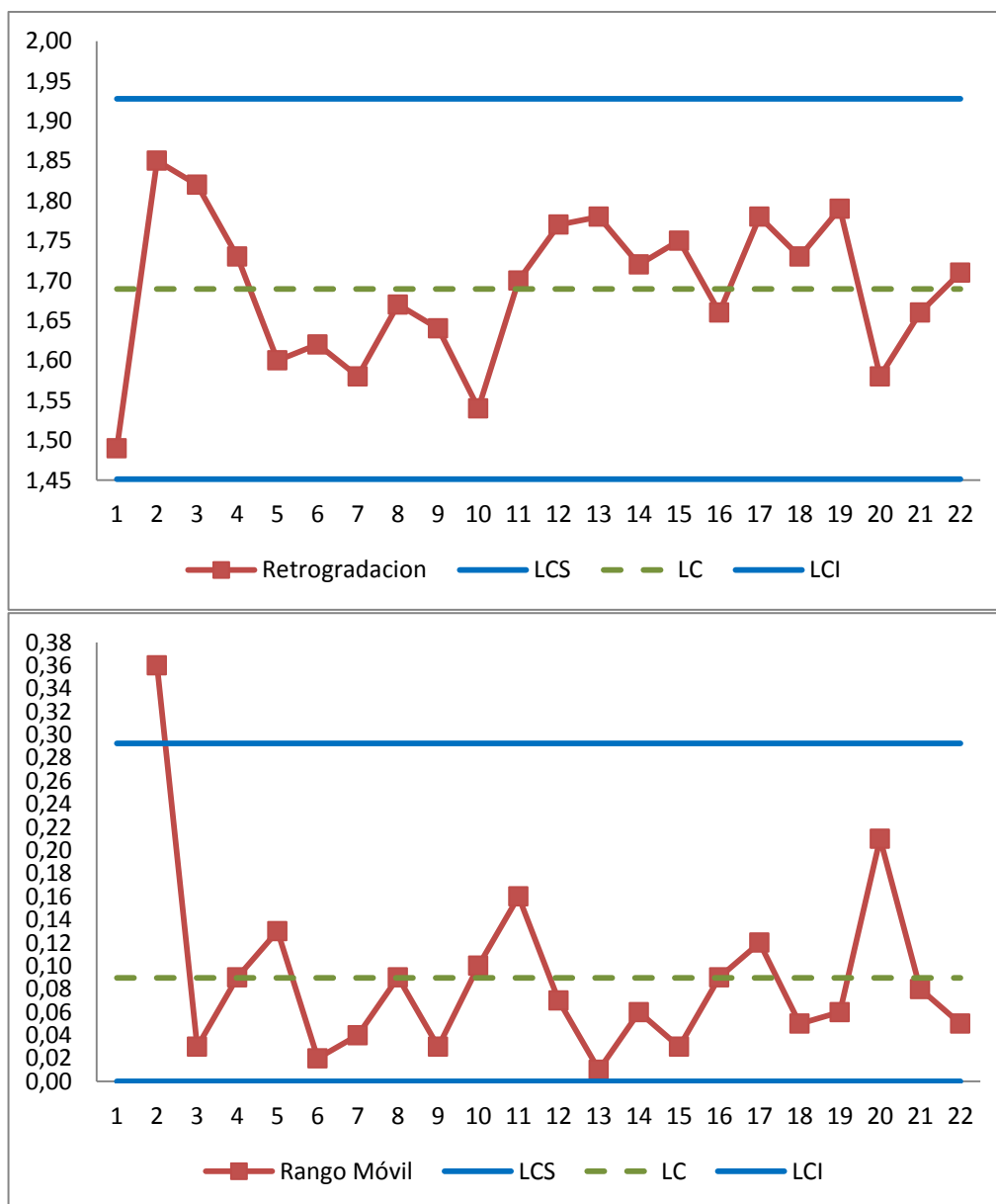


Figura 11. Gráfico de control \bar{X} -Rm de la retrogradación de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera

El índice de retrogradación da una información importante sobre el potencial de conservación del producto elaborado. El almidón es el constituyente mayoritario en la miga del pan, los cambios físicos que acompañan a la retrogradación del almidón han sido propuestos como la principal causa de endurecimiento del pan (CHOPIN-Technologies, 2012; Calaveras, 2004).

Según Toaquiza (2011) el valor de retrogradación es de 2.16; y en esta investigación se obtuvo valores menores, es decir se presentó menor retrogradación y por ende va a presentar un mayor tiempo de vida útil en lo que respecta al producto a elaborar. Los valores menores indican mayor conservación del pan.

4.3 PERFIL OBJETIVO DE LA HARINA DE TRIGO

Para realizar el perfil objetivo en el Mixolab Profiler se necesita analizar mínimo 20 muestras, de las cuales se calculan los valores mínimos y máximos de los datos obtenidos. De las muestras analizadas al menos 13 deben estar dentro de los límites de control superior e inferior de los seis parámetros arrojados por el Mixolab (Dubat, 2013).

En la tabla 19 se presentan las muestras que están dentro de los límites de control inferior (LCI) y límites de control superior (LCS), representados en los gráficos de control de los parámetros evaluados por el Mixolab anteriormente expuestos, para determinar el perfil objetivo. Las filas de color rojo son las muestras que están fuera de los límites de control. Con las filas de color amarillo se construyó el perfil objetivo de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera, como se muestra en la figura 12.

Tabla 19. Muestras dentro y fuera de los límites de control superior y límites de control inferior

N° muestra	Absorción	Amasado	Gluten	Viscosidad	Amilasa	Retrogradación
1	PPI	1,15	0,25	1,24	1,06	1,49
2	PPI	1,12	0,26	1,33	1,25	1,85
3	62,10	1,10	0,26	1,31	1,22	1,82
4	62,20	1,09	0,25	1,25	1,15	1,73
5	61,50	1,12	0,29	1,28	1,19	1,60
6	63,10	1,15	0,35	1,30	1,18	1,62
7	63,90	1,13	0,29	1,27	1,13	1,58
8	63,90	1,06	0,28	1,30	1,18	1,67
9	63,90	1,07	0,29	1,28	1,10	1,64
10	63,90	1,14	0,29	1,29	1,22	1,54
11	62,60	1,13	0,32	1,30	1,21	1,70
12	62,90	1,09	0,29	1,31	1,21	1,77
13	62,90	1,12	0,30	1,31	1,21	1,78
14	62,90	1,05	0,28	1,28	1,16	1,72
15	PPI	1,12	0,33	1,34	1,26	1,75
16	62,10	1,13	0,22	1,21	1,14	1,66
17	62,90	1,08	0,26	1,28	1,21	1,78
18	62,10	1,12	0,29	1,27	1,18	1,73
19	62,10	1,09	0,28	1,30	1,23	1,79
20	62,80	1,11	0,28	1,24	1,10	1,58
21	62,80	1,13	0,26	1,26	1,16	1,66
22	62,80	1,07	0,25	1,24	1,17	1,71
Promedio	60,28	1,11	0,28	1,28	1,18	1,69

PPI: posee patrón inestable

Nota: Filas de color rojo son muestras que están fuera de los límites de control, y con las filas de color amarillo se construyó el perfil objetivo de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera.

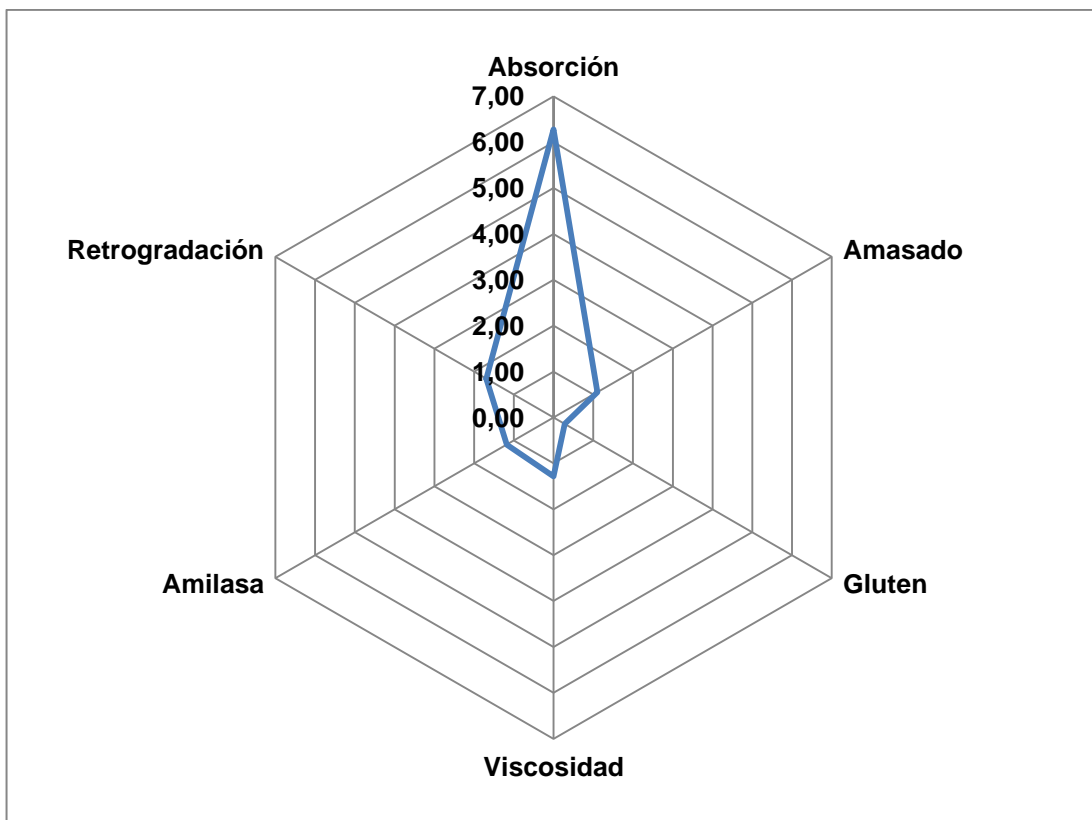


Figura 12. Perfil objetivo de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera

Para cada fase del ensayo, el Mixolab Profiler calificó a la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera con valores entre 0 y 9. El perfil tipo de la harina es una herramienta de comercio e intercambio con un índice de 6 dígitos como se muestra en la figura 13.

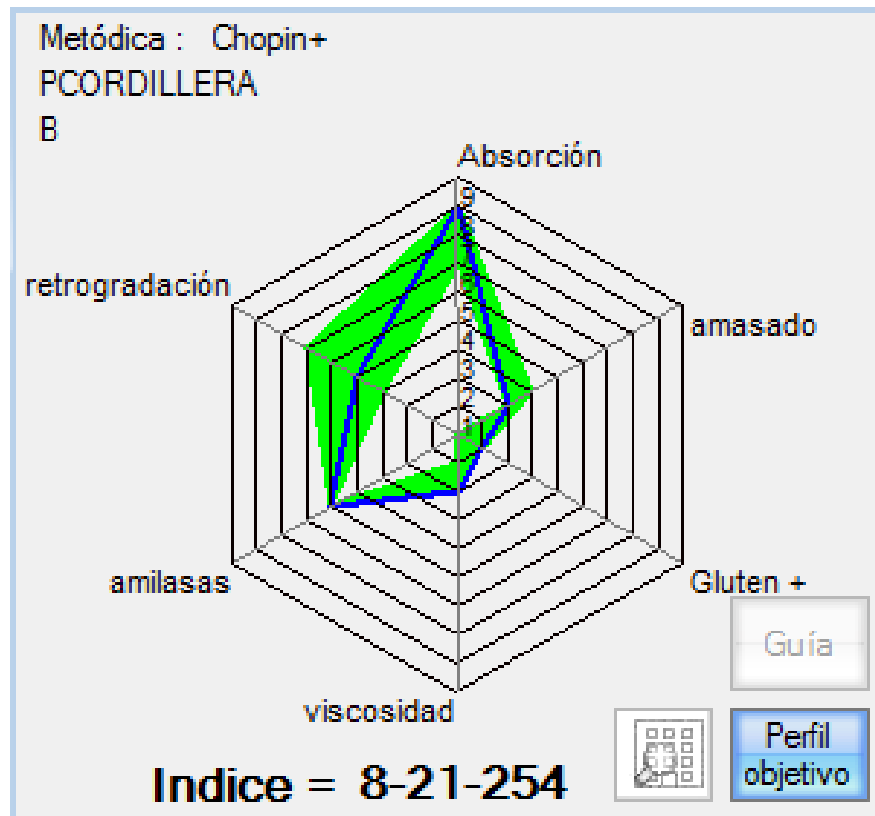


Figura 13. Perfil objetivo de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera elaborada por el Mixolab Profiler

La tabla 20, presenta los valores dentro de los cuales están las características analizadas por el Mixolab, y el índice de calificación de cada uno.

Esta harina analizada tiene un porcentaje de absorción alto, ya que mientras mayor es el índice de absorción, mayor es la absorción de agua de la masa. El índice de amasado depende del comportamiento de la masa durante el proceso de amasado, especialmente su estabilidad. Cuanto más estable será la masa, más alto será el índice. No puede haber un “buen índice” puesto que todo depende del proceso escogido. El índice de esta harina es específico para panificación.

Tabla 20. Límites superiores e inferiores de las 6 características del Mixolab y su respectivo índice de calificación

Características	LCS	LCI	Valor del Índice
Absorción	64,63	60,88	8
Amasado	1,20	1,01	2
Gluten	0,35	0,21	1
Viscosidad	1,38	1,19	2
Amilasa	1,34	1,02	5
Retrogradación	1,85	1,45	4

El índice de amasado depende del comportamiento de la masa durante el proceso de amasado, especialmente su estabilidad. Cuanto más estable será la masa, más alto será el índice. No puede haber un “buen índice” puesto que todo depende del proceso escogido. El índice de esta harina es específico para panificación.

La caída de la viscosidad viene especialmente del quiebre de los enlaces hidrógenos que agrupan los enlaces proteicos. Por lo tanto esta harina analizada tiene un índice Gluten bajo, que provoca una gran caída de viscosidad. Al contrario un índice Gluten alto resaltarán un buen mantenimiento de la estructura proteica, debido al gran número de enlaces de hidrógeno. Hay una relación entre la viscosidad mínima y el mantenimiento del volumen en el horno. Además, las masas con alto índice Gluten son demasiado elásticas y no levantan correctamente en el horno. Cuanto más alto es el índice Gluten, más resistente a la presión del amasado y calentamiento será el gluten. El Índice Gluten es un indicador de elasticidad (Toaquiza, 2011).

Una viscosidad baja indica un lote que tiene daño por germinación o que tiene un comportamiento de almidón no usual (Lascano, 2010). La harina evaluada demuestra un índice de muy baja viscosidad, y una resistencia bastante fuerte a los ataques de las amilasas. El valor de viscosidad está estrechamente relacionado con el índice de resistencia amilásica. Cuanto más alto es el Índice, más viscosa será la masa enfrentando el calentamiento.

Esta harina presenta un índice amilásico de 5, que representa una muestra que no tiene una gran actividad diastásica, es decir que no tiene una buena concentración de enzima alfa amilasas que ataquen el almidón descomponiéndolo en azúcares complejos, luego en azúcares simples y finalmente en alcohol. Cuanto más alto es el índice amilásico, es decir superior a 5, más baja es la actividad amilásica o diastásica.

La harina tiene un índice de retrogradación bajo, lo que determina una larga vida útil para el pan. Cuánto más alta sea la retrogradación, más alto será el índice de retrogradación.

4.4 PRUEBAS REOLÓGICAS CON EL ALVEÓGRAFO

Las 22 muestras de harina de trigo tipo panadera fueron evaluadas mediante un análisis alveográfico para caracterizar el comportamiento de las masas y su retención de gases durante el reposo después del amasado.

En la tabla 21 se muestra los resultados de los dos parámetros con mayor importancia del análisis alveográfico, que son: equilibrio (relación entre tenacidad/extensibilidad P/L) y fuerza de la masa (W), correspondientes a las 22 muestras de harina de trigo tipo panadera.

Tabla 21. Resultado de los alveogramas realizados con las 22 muestras de harina de trigo tipo panadera

N° muestra	Alveograma			
	Tenacidad	Extensibilidad	Fuerza	Equilibrio
	(P)	(L)	(W)	(P/L)
1	109	59	252	1,9
2	105	58	249	1,8
3	127	57	295	2,2
4	116	68	295	1,7
5	100	73	268	1,4
6	99	83	291	1,2
7	98	100	337	1
8	119	96	380	1,2
9	100	77	274	1,3
10	113	82	317	1,4
11	106	78	306	1,4
12	102	86	313	1,2
13	130	69	335	1,9
14	102	78	288	1,3
15	139	76	386	1,8
16	103	89	330	1,2
17	109	70	279	1,6
18	113	60	263	1,9
19	110	65	276	1,7
20	102	69	266	1,5
21	113	58	259	2
22	102	71	266	1,4
LCI			259	1,0
LCS			380	2,2

Nota: Filas de color rojo muestras que están fuera de los límites de control, y con las filas de color amarillo se construyó el perfil objetivo de la harina de trigo tipo panadera elaborada en Molino Cordillera.

4.4.1 FUERZA PANADERA (W)

El valor fuerza panadera expresa el trabajo de deformación de la masa y representa de cierta manera a la cantidad y calidad de gluten presente, es uno de los parámetros principales para clasificar a los trigos en duros, semiduros y blandos, de acuerdo a su uso industrial. Este parámetro se expresa en $J \cdot 10^{-4}$, pero en términos molineros solo se utiliza la cantidad en cifras enteras (Lascano, 2010).

Según Calaveras (2004) una fuerza mayor a 250 es una harina fuerte. Gómez-Ortiz, Cifuentes-Díaz de León, & Orea-Lara (2012) reportan datos entre 241 y 307, y califican a una harina obtenida de trigo CWRS como fuerte, valores que se encuentran dentro de los límites de control superior e inferior de las muestras escogidas para el perfil objetivo anteriormente determinado. Por lo tanto estos resultados de fuerza determinan a esta harina como fuerte, con características panaderas que se mejoran durante el tiempo de reposo, es decir que necesita un mayor tiempo de reposo de la masa al elaborar pan, incluso en productos que no tengan fermentación prolongada será necesario dejar reposar, y con aptitudes aptas para panificación y productos fermentados.

4.4.2 EQUILIBRIO (P/L)

Esta harina muestra valores de equilibrio mayores a 1, similares a los reportados por Lascano (2010). Por lo tanto, la harina elaborada en Molino Cordillera es más tenaz que extensible, por esta razón resultará una masa difícil de trabajar y con tendencia a encogerse después del formado de las piezas de pan. Sin embargo, la interacción entre sus componentes proteínalmidón permite un adecuado desarrollo de la masa durante la fermentación, por su capacidad de resistir a la presión del gas.

Otra variable importante en el análisis alveográfico es la relación que existe entre la resistencia que ofrece la masa al ser estirada y la capacidad para dejarse estirar, lo que se conoce como equilibrio entre las masas (Lascano, 2010).

Es importante tomar en cuenta, que el equilibrio ideal de las harinas está en función del tipo de pan, ya que harinas muy tenaces presentan masas difíciles de trabajar y tienden a encogerse, mientras que masas muy extensibles presentan poca resistencia a la presión que ejercen los gases, esto tiende a un relajamiento de la misma, y en consecuencia la obtención de panes aplanados y poco desarrollados (Calaveras, 2004).

4.5 COLOR DE LA CORTEZA DEL PAN

El color se escogió entre 3 panes sometidos a diferentes temperaturas de horneado como se indica en la figura 14, se eligió el mejor color como dorado al pan horneado a una temperatura de 165°C.



Figura 14. Panes elaborados a diferentes temperaturas

El color de la corteza está dado por el proceso de cocción de la masa, y esto da origen a cambios, que están asociados a un fenómeno conocido como pardeamiento o reacción de Maillard (Toaquiza, 2011).

4.6 COMPARACIÓN DEL VOLUMEN ESPECÍFICO DE LOS PANES DEL PERFIL OBJETIVO

Los resultados que se presentan en la tabla 22, son los correspondientes a las 19 muestras de pan del perfil objetivo determinado, con su respectiva imagen, volumen específico y tipo de miga.














Los valores de volumen de los panes escogidos están en un rango de 410 a 425, valores similares a los reportados por Toaquiza (2011).

Se escogió a los panes de las muestras 10 y 17 presentados en la tabla 22, por tener el mayor y menor valor de volumen específico respectivamente, y se los comparó en las características obtenidas en el Mixolab.

Tabla 22. Análisis sensorial de las 13 muestras de pan del perfil objetivo de la harina elaborada en Molino Cordillera – Sucesores de Jacobo Paredes

N° muestra	Imagen Pan de Molde	Volumen (cc) Pan redondo	Miga
3		420	abierta
4		415	abierta
5		418	abierta
6		420	abierta
7		420	abierta
8		423	abierta
9		418	abierta

Tabla 23. Análisis sensorial de las 13 muestras de pan del perfil objetivo de la harina elaborada en Molino Cordillera – Sucesores de Jacobo Paredes (continuación)

9		418	abierta
10		425	abierta
11		415	abierta
12		422	abierta
13		420	abierta
14		421	abierta
16		418	abierta
17		410	abierta
18		415	abierta
19		420	abierta
20		418	abierta
21		423	abierta
22		421	abierta

De las diecinueve muestras elegidas para la determinación del perfil objetivo, se puede decir que los panes de las muestras 10 y 17 en los parámetros como absorción, se observa una variación en aumento de 1 % lo que se refleja en la panadería como mayor rendimiento en pan, y ayuda a que la masa sea plástica suave y elástica, y con ello hay un crecimiento en la fermentación, provocada por la generación de gas y así durante la cocción se obtiene un mejor volumen final del pan.

Además al comparar las muestras unas con otras, existe un aumento de las amilasas, que quiere decir que con un incremento de amilasas durante la fermentación se obtiene un desprendimiento gaseoso uniforme, aumentando de esta forma el volumen y mejorando la textura del pan, consiguiendo una miga de porosidad más fina, de costra más uniforme y de mejor color lo que se aprecia en los productos de panadería.

De los datos de los alveogramas se observa que la muestra de pan 10 tuvo una W y P/L mayores que la muestra de pan 17, lo que significa que a mayor W hay una mejor resistencia de la masa frente al amasado junto con absorción de aire; y a mayor P/L hay un mejor desarrollo de la masa durante la fermentación, y con ello una mayor producción y retención de gas, lo que se traduce en mejor volumen del pan.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los análisis de gluten de las muestras recolectadas, obtuvieron un promedio de gluten húmedo 37.4% y gluten seco 12.5%, resultados que están dentro de las especificaciones de la ficha técnica de la harina de trigo tipo panadera elaborada por Sucesores de Jacobo Paredes M.S.A. lo que demuestra que la harina elaborada en la empresa está dentro de los parámetros de contenido de gluten de una harina apta para panificación.
- Las muestras de harina analizadas tuvieron un contenido promedio de humedad de 13.4%, porcentaje que cumple con las especificaciones para el consumo humano según la INEN.
- Se elaboró pan blanco tipo molde con un porcentaje de agua del 64% aproximadamente dentro de la formulación, con el que se obtuvo un buen aspecto de la masa, y un apropiado rendimiento final de pan.
- El perfil de la harina evaluada presentó alta absorción de agua, no requiere mucho tiempo de amasado, las proteínas del gluten son aptas para procesos de panificación, la masa frente al calentamiento no es viscosa, no tiene una gran actividad diastásica, es decir que no tiene una buena concentración de enzima alfa amilasas que ataquen el almidón. Por último el pan tipo molde tuvo una larga vida útil. Los resultados de fuerza determinaron que fue una harina fuerte, con características panaderas que mejoran durante el tiempo de reposo, y fue más tenaz que extensible, por lo que resultó masas difíciles de trabajar y con tendencia a encogerse después del formado de las piezas de pan.

- Al comparar los panes de las muestras 10 y 17 se observó que en los parámetros como absorción, se observa una variación en aumento de 1% lo que se refleja en la panadería como mayor rendimiento en pan

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis sensorial, de los panes elaborados con las muestras de harina recolectadas, para elaborar el perfil de la harina tipo panadera del Molino Cordillera – Sucesores de Jacobo Paredes, con la ayuda de miembros de la empresa.
- Para mantener los resultados de estandarización en la fábrica Molino Cordillera – Sucesores de Jacobo Paredes, se recomienda validar el perfil objetivo elaborado, con la recolección y análisis de más muestras.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- ABN. (2009). *Aplicaciones Biológicas a la Nutrición*. Recuperado de Caracterización de Harinas: <http://www.abnspain.com/es/component/content/article/10/89-mixolab.html>
- Acosta, K. (2007). *Elaboración de una pasta alimentaria a partir de sémolas de diferentes variedades de cebada*. Trabajo de titulación previa la obtención de Químico en Alimentos. Hidalgo, México.
- Álvarez, M. A. (2012). *Utilización de mejoradores en la harina de trigo nacional (Triticum aestivum) para la elaboración de pan*. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniero de Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Axonas. (2010). *La clasificación de trigo según sus características de calidad*. Recuperado de Tecnogranosysemillas: <http://tecgranosysemillas.files.wordpress.com/2013/05/la-clasificacic3b3n-del-trigo-segc3ban-sus-caracteristicas-de-calidad.pdf>
- Anderson, D., Sweeney, D., & Thomas, W. (2008). *Estadística para Administración y Economía*. México: CENGAGE Learning.
- Bedri. (2010). Taxonomía del cultivo del trigo. *Terminología del trigo*, 38-40.
- Calaveras, J. (2004). *Nuevo Tratado de paificación y bollería*. Madrid: AMV.
- Calentano, N., & Montero, K. (2004). *Clasificación del Trigo Argentino para su Comercialización*. Buenos Aires: Universidad del CEMA.
- Cauvain, S., & Young, L. (2008). *Productos de panadería*. Zaragoza: ACRIBIA S.A.
- Cazares, M. J. (2011). *Evaluación físico-química y farinográfica de la harina de trigo (Triticum aestivatum) obtenida en los pasajes de molienda de*

la Industrial Molinos. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniería de Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.

CHOPIN-Technologies. (2012). *Mixolab Applications Handbook*. Villeneuve-la-Garenne.

De la Horra, A. E., Seghezzi, E., Molfese, P. D., & Ribotta, A. E. (2012). *Indicadores de calidad e las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos*. Córdoba.

De la Vega, G. (2009). *Temas de ciencia y tecnología. Proteínas de la harina de trigo*, pág 27-32.

Dexter, J. E., Preston, K. R., & Woodbeck, N. (2012). *Canadian Wheat*. Ottawa.

Dubat, A. (2013). *El Mixolab: Herramienta completa para el control de calidad en molinería industrial*. Chopin Technologies.

DuocUC. (2010). *Manual de Panadería*. Santiago.

El Telégrafo. (2012). *Ecuador importa más del 90% del trigo que consume*, pág. 15.

El Universo. (2012). *Ecuador busca retornar a la sustentabilidad en trigo*, pág. 12.

Garcés, M. E. (2010). *Proyecto de Prefactibilidad para creación de una empresa ubicada en el cantón Cotacachi en la provincia de Imbabura que se dedique a la comercialización de trigo en las provincias de Pichincha e Imbabura*. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniería de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.

Garófalo, J., Ponce, L., & Abad, S. (2011). *Guía del Cultivo de Trigo*. Quito: INIAP.

- Gómez-Ortiz, S., Cifuentes-Díaz de León, A., & Orea-Lara, G. (2012). *Cambios reológicos en una masa panaria durante el tiempo de reposo*. México.
- González, A. (2012). *Desarrollo de un producto de panificación a partir de una harina compuesta de trigo, garbanzo y brócoli*. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniero Agroindustrial. Universidad de San Buenaventura. Cali, Colombia.
- Herrera, V. (2011). *Influencia de las harinas de trigo, plátano y haba en la elaboración de galletas integrales*. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniero de Alimentos. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Huerga, C. C., Blanco, A. P., & Abad, G. J. (2005). *Aplicación de los gráficos de control en el análisis textil*. *Pecunia*, 125-148.
- INEC. (2012). *Impulso a la producción en la Sierra*. Boletín Agropecuario mensual, 1-5.
- INEN. (1980). *Harina de Trigo. Determinación de Gluten*.
- INEN. (1981). *Harina de trigo. Determinación del gluten*.
- INEN. (2006). *Harina de Trigo. Requisitos*.
- INEN. (1981). *Harina de Trigo. Ensayo de Panificación*.
- INFOAGRO. (2012). *Cereales: Trigo*. IICA. Recuperado de <http://www.infoagro.com/herbáceos/cereales/trigo.htm>
- Janeta, P. V. (2011). *Evaluación agronómica de cinco materiales promisorios de trigo (Triticum vulgare L.), en dos localidades de la provincia de Chimborazo y una en la provincia de Bolívar*. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniero Químico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

- Lascano, A. V. (2010). *Estudio reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada, maíz, quinua, trigo y tubérculo: papa nacionales con trigo importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas alimenticias*. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniero de Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Lescano, L. (2010). *Caracterización de las Harinas de Trigo Nacional (Cojitambo), Maíz (Iniap 122), Cebada (Cañicapa), Quinua, Papa (Gabriela), destinadas a panificación mediante la determinación de las propiedades funcionales de sus almidones*. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniero de Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Martínez, A., & Paredes, J. (2013). *Construcción de un descascarador de Cebada y Trigo*. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniero Químico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Martínez, J. C. (2010). *Proyecto de prefactibilidad de la elaboración e industrialización del pan de harina de trigo enriquecido con harina de plátano aplicado a la repostería*. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniero de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.
- Matos, M. E. (2013). *Formulación y desarrollo de productos horneados libres de gluten a base de harina de arroz enriquecidos con proteínas*. Trabajo de tesis previa a la obtención de doctor en química de alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- NMX. (1982). *Determinación de humedad (Método rápido de la termobalanza)*.
- Osella, C. A., Sánchez, H. D., González, R. J., & De la torre, M. A. (2006). Molienda de Trigo: Ensayos comparativos de escala industrial con Planta Piloto. *Información tecnológica*, 33 - 39.

- Panera. (2009). Chopin Technologies. *Molinería, Panadería y Pastelería*, 3-4.
- Prieto, J., Méndez, M., Román, A., & Prieto, F. (2005). Estudio comparativo de características físicoquímicas de cereales Kellog's. *Revista Chilena de Nutrición*, 4-10.
- Reque, J. D. (2007). *Estudio de pre-factibilidad para la fabricación de harina de arroz y su utilización en panificación*. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniero Químico. Pontificia Universidad Católica de Lima. Perú, Lima.
- Ronquillo, H. R. (2012). *Estudio del efecto de la adición de la enzima alfa amilasa en un pan tipo muffin, elaborado con diferentes tipo de harina de trigo*. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniero de Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Ruiz, C., Cotrina, J., & De Neef, J. (2010). *Manual tecnificado del cultivo de trigo en la sierra*. Programa de Desarrollo Rural Sostenible. Cajamarca, Perú.
- Ruiz, D. P. (2008). *Diseño de fórmula para harina panadera mediante la utilización de enzimas y análisis costo-beneficio, en la empresa Sucesores de Jacobo Paredes M.S.A. Quito, 2007*. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniero de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.
- Sánchez, M. T. (2003). *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas*. Madrid: AMV EDICIONES.
- Sánchez y Pineda, M. T. (2003). *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas*. Madrid: AMV Ediciones.
- Toaquiza, A. M. (2011). *Evaluación del efecto de enzimas (gluco-oxidasas, hemicelulasas) y emulsificantes (esteaoril lactilato de sodio) en la calidad de pan elaborado con sustitución parcial de harina de trigo*

nacional (Triticum vulgare) variedad Cojitambo. Trabajo de titulación previa la obtención de Ingeniero de Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.

Trejo, M. (2012). GRANOTEC. Recuperado de Mixolab: herramienta eficiente para control de calidad e investigación: <http://www.granotec.com/new/20120515143234/>

Zarco-Hernández, J., Michelena, A., & Royo, C. (1999). *Calidad del trigo duro en España*. Barcelona: Cultivos extensivos.

ANEXOS

ANEXO 1. INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VERIFICACIÓN DEL TIEMPO DE REPOSO

Nutrición y Biotecnología para la Salud

GRANOTEC

INFORME TECNICO

Mayo 2013

Objetivo:

Recomendar el tiempo de reposo (2,5,7 días) para el proyecto mixolab

ANÁLISIS DE VERIFICACION REALIZADO EN LABORATORIO DE GRANOTEC ECUADOR S.A.:

Información General

PRODUCTO Harina
PROVEEDOR Cordillera

Este análisis corresponde a una sola muestra de Cordillera , de acuerdo a la aplicación de esta muestra de harina se logra un buen comportamiento durante el proceso de panificación

Pan tipo Sierra

Día 2	Día 5	Día 7
		
Volumen =450	Volumen=440	Volumen =440
Absorción = 57%	Absorción=57%	Absorción=57%
Miga=Abierta	Miga=Abierta	Miga=Abierta



Granotec Ecuador
Parque Ind. Inmocoisa Km 3,5
Vía Daule, Calle Guinealla y Casuarinas,
Guayaquil

Tel. : +593 (4) 370-8080
correo@granotec.com.ec
www.granotec.com

Transferencia
Tecnológica
Capacitación

Innovación
Investigación
y Desarrollo

Nutrientes e
Ingredientes
Productos

Garantía
Calidad y
Compromiso



ALVEOGRAMA

PARAMETROS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
	DIA 2	DIA 5	DIA 7
P	123	114	116
L	54	60	63
W	268	271	283
P/L	2,28	1,9	1,84
IE	59,6	60,5	59,1

MIXOLAB

PARAMETROS	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS
	DIA 2	DIA 5	DIA 7
C1	1,05	1,13	1,10
C2	0,26	0,28	0,27
C3	1,28	1,32	1,29
C4	1,17	1,21	1,20
C5	1,69	1,86	1,72



Granotec Ecuador
Parque Ind. Innoconsa Km 9,5
Vía Daule, Calle Guinepalla y Casuarinas,
Guayaquil

Tel.: +503 (4) 370-6080
correo@granotec.com.ec
www.granotec.com

Transferencia
Tecnológica
Capacitación

Innovación
Investigación
y Desarrollo

Nutrientes e
Ingredientes
Productos

Garantía
Calidad y
Compromiso



CONCLUSION

De la muestra de harina para panificación enviada por el proveedor Cordillera se evalúa y determina el tiempo de reposo durante los días 2, 5 y 7 días, en donde se verifica si existe variabilidad durante este tiempo y establecer el día de reposo adecuado en donde la harina se vuelve estable en sus características reológicas.

Se concluye que al segundo día de reposo la harina es inestable ya que presenta durante los análisis cambios en los resultados sobre todo en el de retrogradación por lo cual se descarta este día, para los días quinto y séptimos presenta un comportamiento estable en todos los parámetros analizados en el mixolab

Se define para las pruebas se va a utilizar una harina con un reposo de 5 días ya que esta muestra es la más idónea y cumple con la estabilidad en sus características para el proyecto

Elaborado por

Ma. Fernanda Riofrio A

Asistente de Calidad y Desarrollo



Granotec Ecuador
Parque Ind. Intraconza Km 9.5
Via Daule, Calle Guinepeta y Casuarinas,
Guayaquil

Tel.: +593 (0) 370-6090
comercio@granotec.com.ec
www.granotec.com

**Transferencia
Tecnológica**
Capacitación

**Innovación
Investigación
y Desarrollo**

**Nutrientes e
Ingredientes
Productos**

**Garantía
Calidad y
Compromiso**



ANEXO 2. FACTORES PARA LA ELABORACIÓN DE GRÁFICAS DE CONTROL

Observaciones en la muestra, <i>n</i>	Gráfica para promedios				Gráfica para las desviaciones estándar						Gráfica para rangos			
	Factores para los límites de control		Factores para la línea central		Factores para los límites de control		Factores para la línea central		Factores para los límites de control		Factores para la línea central			
	A_1	A_2	c_4	Uc_4	B_3	B_4	B_5	B_6	d_2	Ud_2	d_3	D_3	D_4	
2	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.267	
3	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	2.574	
4	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	2.282	
5	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	2.114	
6	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	2.004	
7	0.419	1.182	0.9594	1.04230	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.076	1.924	
8	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.136	1.864	
9	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.184	1.816	
10	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.223	1.777	
11	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.256	1.744	
12	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.283	1.717	
13	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	0.307	1.693	
14	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	0.328	1.672	
15	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	0.347	1.653	
16	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	0.363	1.637	
17	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	0.378	1.622	
18	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	0.391	1.608	
19	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	0.403	1.597	
20	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	0.415	1.585	
21	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	0.425	1.575	
22	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	0.434	1.566	
23	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	0.443	1.557	
24	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	0.451	1.548	
25	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	0.459	1.541	