



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL SANTA
FACULTAD: INGENIERÍA
E. A. P. : INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Tesis para optar el título profesional de
Ingeniero Agroindustrial.

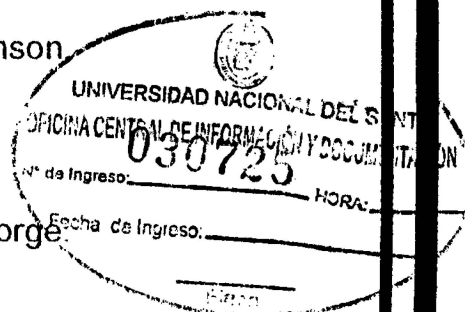
"Estudio de las características reológicas de la mezcla de
harina de trigo (*Triticum aestivum*), con harina de cebada
(*Hordeum vulgare*) y arveja (*Pesium sativum*) para la
elaboración de pan de molde integral"

Elaborado Por:

Bach. LOPEZ PERÉZ Heberth Edinson

Asesor :

Mg. DOMINGUEZ CASTAÑEDA Jorge



CHIMBOTE -PERÚ

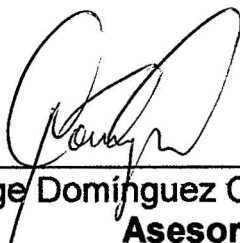
2015



APROBACIÓN DEL ASESOR DE TESIS.

En mi calidad de asesor, del Trabajo de Investigación realizado bajo el tema: **"ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DE LA MEZCLA DE HARINA DE TRIGO (*Triticum Aestivum*), CON HARINA DE CEBADA (*Hordeum Vulgare*) Y ARVEJA (*Pesium Sativum*) PARA LA ELABORACIÓN DE PAN DE MOLDE INTEGRAL"**, del Bachiller en Ing. Agroindustrial: **LOPEZ PEREZ HEBERTH EDINSON**, egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Santa; dejo constancia de su aprobación de dicho trabajo de investigación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de asesor.

Chimbote, setiembre del 2015.



Ms. Jorge Domínguez Castañeda
Asesor

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO.

“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DE LA MEZCLA DE HARINA DE TRIGO (*Triticum Aestivum*), CON HARINA DE CEBADA (*Hordeum Vulgare*) Y ARVEJA (*Pesium Sativum*) PARA LA ELABORACIÓN DE PAN DE MOLDE INTEGRAL”.

Tesis para optar el título profesional de Ing. Agroindustrial.

Autor: **LOPEZ PEREZ HEBERTH EDINSON.**

Los miembros del jurado evaluador, aprueban el presente Trabajo de investigación. Sustentado el día 22 de setiembre del 2015.

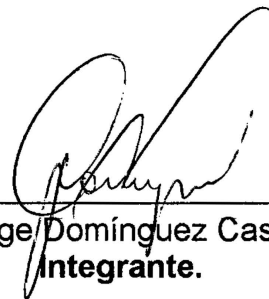
Para constancia firman:



Dra. Elza Aguirre Vargas
Presidenta.



Dr. Augusto Castillo Calderón
Secretario.



Ms. Jorge Domínguez Castañeda
Integrante.

DEDICATORIA

A DIOS por iluminarme en todo momento y por rodearme de todas aquellas personas que me ayudaron e hicieron posible culminar mis estudios universitarios.

A Madre que está en el cielo y que desde ahí me cuida y a mi Padre que siempre me conducen por el buen camino con su sabiduría de vida, y por haber brindado las mejores etapas de mi vida.

A mis Hermanos por ser aquellos que desde muy pequeña han brillado por ser ejemplos de lucha, honestidad y sacrificio por lo que se desea.

A mi Esposa por ser una persona luchadora que me ha enseñado siempre a seguir adelante a pesar de las dificultades que se presenten en nuestro camino y sobre todo a saberlas enfrentar con mucha valentía y honor y a mi hijo (Leo) por ser el motivo para seguir adelante con mis planes.

A todas mis amigas y amigos que en la etapa estudiantil y de mi vida, han sido mi apoyo en los buenos y malos momentos demostrando así que son mis mejores amigos.

LÓPEZ PÉREZ HEBERTH EDINSON

AGRADECIMIENTO.

Un agradecimiento especial a mi asesor del presente trabajo de investigación, Mg. DOMINGUEZ CASTAÑEDA Jorge, por sus sugerencias, ideas, respaldo y amistad durante los años académicos en la universidad.

Al Ing. Lenin palacios, ing. John Gonzales por su sugerencias y apoyo brindado para la elaboración y realización de la parte experimental de este trabajo de investigación.

Al Ing. Pedro Ayala por su amistad, apoyo y facilitarme el acceso de la planta piloto, para la elaboración del producto.

A la señorita Silvia Huacacolqui M. por su amistad, apoyo y colaboración al bríndame el material bibliográfico, durante los años académicos y la elaboración del informe de tesis.

LÓPEZ PÉREZ HEBERTH ENDINSON

RESUMEN

La harina de arveja (*Pisum sativum*) y la harina de cebada (*Hordeum vulgare*) son una fuente proteica de relativo bajo costo y escasamente utilizada en la elaboración de productos de consumo masivo. Su incorporación a la harina de trigo, en la elaboración de productos panificados, ofrece una buena alternativa para complementar un perfil nutricional del producto final. En el presente trabajo se evaluó el comportamiento reológico de las mezclas de harinas de trigo con harina de cebada y arveja para la elaboración de pan de molde integral, las mezclas tienen como límites de 85% a 100% para harina de trigo y 0% a 15% para harina de arveja y cebada, el número de mezclas fueron establecidas por el diseño de mezclas simplex reticular del paquete estadístico STATGRAPHICS 7.0., dicho paquete estableció 6 mezclas (harina de trigo, harina de cebada y harina de arveja) y un control o testigo. Se determinó la composición química proximal de las harinas empleadas en la mezcla.

Para seleccionar las mejores mezclas, se realizó el análisis reológico (amilógrafia, farinógrafia y extensógrafia), donde se observó que las mezclas con mayor sustitución de harina de cebada, se logra obtener un buen tiempo de desarrollo y consistencia, pero no una estabilidad y extensibilidad, siendo estos dos últimos muy importantes para la elaboración de productos esponjosos como es el pan de molde integral. Las características reológicas de control (T7) fueron: 1317 AU de gelatinización, 05:34mm:ss de tiempo de desarrollo, 683FE de consistencia, 55.6 % absorbancia de agua, 06.36 mm:ss de estabilidad, 58 FE de índice de tolerancia, 144cm² de energía y 69 mm de extensibilidad; según el análisis estadístico de las 6 mezclas, las que tienen características reológicas similares a las del control son; T3(63.00%HP, 3.50%HC, 3.50%HA y 30%HI), T4 (64.75%HP, 0.00%HC, 5.25%HA y 30%HI) y T5 (59.50%HP, 0.00%HC, 10.50%HA y 30%HI).

En el análisis química proximal de los panes de molde elaborado con la mezcla T3, T4 y T5; se logró obtener parámetros de proteínas y fibra superior a lo obtenido por el control y los parámetros de carbohidrato, grasas y cenizas fue similar a la del control. La evaluación sensorial de los panes de molde fue realizado por 40 panelistas, los puntajes asignados por el panel fueron en relación a su apariencia, color, sabor, textura y aceptabilidad del pan de molde integral y procesados estadísticamente la cual se obtuvo una calificación entre "regular" y "muy bueno" para los mezclas; siendo las formulaciones T3 y T4 las mas aceptadas.

ABSTRACT

Pea flour (*Pisum sativum*) and barley flour (*Hordeum vulgare*) are a protein source relatively inexpensive and barely used in the manufacture of consumer products. His incorporation to wheat flour in the preparation of bakery products, offers a good alternative to complement a nutritional profile of the final product. The aim of this present research was to analyze the rheological behavior of mixtures of wheat flour with barley flour and pea flour for making wholemeal bread, the mixtures have as limits of 85% to 100% for wheat flour and 0% to 15% for pea flour and barley, the number of mixtures were established by the design of lattice simplex mixtures statistical package STATGRAPHICS 7.0., Said package established six mixtures (wheat flour, barley flour and pea flour) and a control or witness. The nutritional content of the flour employed in the mixture was determined.

To select the best blends, it was held on rheological analysis (amilógrafia, farinógrafia and extensógrafia), where it was observed that the mixtures with higher substitution of barley flour, is possible to obtain a good development time and consistency were conducted, but stability and extensibility , the latter two very important for the production of foam products such as wholemeal bread. The rheological characteristics control (T7) were: 1317 AU gelatinization, 05: 34 mm: ss development time, 683FE consistency, 55.6% water absorbency, 06.36 mm: ss stability, 58 Fe tolerance index, 144cm² power and extensibility 69 mm; according to the statistical analysis of the 6 mixtures, which have similar control are rheological characteristics; T3 (63.00% HP, HC 3.50%, 3.50% and 30% HA HI), T4 (64.75% HP, HC 0.00%, 5.25% and 30% HA HI) and T5 (59.50% HP, HC 0.00%, 10.50% HA and 30% HI).

In the proximal chemical analysis of the wholemeal bread made with the mixture T3, T4 and T5 ; it was possible to obtain parameters and proteins than that obtained for control and parameters of carbohydrate, fat, fiber and ash was similar to the control. Sensory evaluation of the loaves was performed by 40 panelists, the scores assigned by the panel were in relation to their appearance, color, taste, texture and acceptability of wholemeal bread and processed statistically that a rating between "was obtained regular "and" very good "for the mixes; being the T3 and T4 formulations the most accepted.

INCIDE.

	pag
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. TRIGO.....	3
2.1.1. Clasificación del trigo.....	3
2.1.2. Trigo nacional y Producción del trigo.....	4
2.1.3. Estructura del grano de trigo.....	6
A. Pericarpio.....	6
B. Cubierta de la semilla.....	7
C. Capa de la aleurona.....	8
D. Germen.....	8
E. Endospermo.....	8
2.1.4. Composición química del trigo.....	9
A. carbohidratos.....	10
a) Almidón.....	10
b) Hemicelulosas.....	14
c) Celulosa.....	14
d) Azúcares Libres.....	14
B. Proteínas.....	15
C. Lípidos.....	17
D. Sales minerales.....	19
E. Vitaminas.....	19
2.2. CEBADA.....	19
2.2.1. Clasificación de la cebada.....	20
2.2.2. Importancia y producción de la cebada.....	20
2.2.3. Estructura del grano de la cebada.....	22
2.2.4. Composición química de la cebada.....	22
A. Proteínas.....	23
B. Lípidos.....	24
C. Carbohidratos.....	25
D. Minerales.....	26

	pag
2.3. ARVEJA.....	27
2.3.1. Clasificación de la arveja.....	27
2.3.2. Producción nacional de Arveja.....	27
2.3.3. La arveja en la alimentación y la salud del hombre	28
2.3.4. Estructura del grano de la arveja	29
A. Episperma	30
B. Endospermo.....	30
C. Eje embrionario.....	31
D. Tejido de reserva	31
2.3.5. Composición química de la arveja	32
A. Proteínas.....	33
B. Carbohidratos	34
C. Lípidos	34
D. Fibra	35
E. Minerales	35
F. Vitaminas	36
2.4. MEZCLA DE ALIMENTOS.....	36
2.5. REOLOGIA DE LAS HARINAS.....	37
2.5.1. Modelos reológicos	38
2.5.2. Equipos reologicos	40
A. Amilografo	40
B. Extensografo	41
C. Farinografo	42
2.6. GENERALIDADES DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL	43
2.6.1. Definición.....	43
2.6.2. Clasificación	43
2.6.3. Composición del pan de molde integral	44
A. Proteínas	45
B. Calorías	45
C. Carbohidrato	46
D. Aminoácidos	46
2.6.4. Ingredientes para la elaboración de pan de molde integral	47
A. Harina de trigo	47

B. Levadura	54
C. Materia grasosa	55
D. Azúcar	56
E. Agua	57
F. Sal	58
2.6.5. Aditivos para pan de molde	59
A. Mejorador enzimático	59
B. Antioxidantes	30
C. Conservadores	30
D. Emulsificantes	31
2.6.6. Etapas del proceso de producción del pan de molde integral.....	32
A. Pesaje y Medición.....	32
B. Mezcla y Amasado	32
C. Reposos	34
D. Boleado y pesado	34
E. Moldeado	34
F. Fermentación	34
G. Horneado	37
H. Enfriado y Reposo	38
I. Rebanado y Envasado	39
2.7. EVALUACIÓN SENSORIAL	39
2.7.1. Pruebas cuantitativas de consumo	70
2.7.2. Procedimientos de evaluación sensorial.....	72
2.8. DISEÑO EXPERIMENTAL	73
2.8.1. Método de superficie respuesta	73
2.8.2. Método de diseño de mezclas	76
A. Diseño simplex	78
B. Diseño simplex con centroide	78
C. Diseño simplex con centroide ampliado	78
III. MATERIALES Y METODOLOGÍA	79
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	79
3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS	80
3.2.1. Materia prima	80

3.2.2. Insumos	80
3.2.3. Equipos e Instrumentos	80
3.2.4. Otros materiales	81
3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	82
3.3.1. Obtención de la harina de cebada y arveja	82
3.3.2. Desarrollo de la investigación	84
3.3.2.1. Etapa I: recepción y evaluación de las harinas	84
3.3.2.2. Etapa II: formulaciones del diseño experimental para el pan de molde integral	85
A. Ingredientes del pan de molde.....	85
B. Diseño de experimental.....	86
3.3.2.3. Etapa III : Análisis reológica y optimización de las mezclas de harinas.....	87
A. Análisis Amilografico.....	88
B. Análisis Farinografico	88
C. Análisis Extensografico	89
3.3.2.4. Etapa IV: Producción y análisis del pan de molde integral.....	89
A. Producción de pan de molde integral	89
B. Análisis química primal del pan de molde integral	93
C. Análisis fisicoquímica del pan de molde integral.....	94
D. Análisis sensorial del pan de molde integral.....	95
3.3.2.5. Etapa V: procesamiento y análisis de los resultados.....	96
 V. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	98
4.1. PROPIEDADES DE LAS HARINAS	98
4.1.1. Composición química proximal	98
4.1.2. Colorimetría de las harinas	104
4.2. ANÁLISIS REOLOGICO DE LAS MEZCLA DE HARINAS	105
4.2.1. Análisis Amilografico	116
4.2.2. Análisis farinografico	115
A. Análisis del tiempo de desarrollo de la masa.....	120
B. Análisis de la consistencia	124
C. Análisis de la estabilidad	128

D. Análisis del índice de tolerancia	132
E. Análisis del Tiempo de Ruptura	136
4.2.3. Análisis Extensográfico	139
A. Análisis de la energía	144
B. Análisis de la resistencia a la extensibilidad	148
C. Análisis de la extensibilidad o elasticidad	152
D. Análisis del índice de extensibilidad	156
4.3. SELECCIÓN DE LAS MEJORES MEZCLAS.....	161
4.4. PRODUCCIÓN DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL	164
4.5. ANÁLISIS QUÍMICA PROXIMAL DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL..	167
4.6. ANÁLISIS COLORIMÉTRICO DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL.....	168
4.7. EVALUACIÓN DE LA TEXTURA DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL....	170
4.8. ANÁLISIS FÍSICO SENSORIAL DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL....	172
A. Análisis sensorial para la apariencia del pan de molde integral.....	172
B. Análisis sensorial para color para el pan de molde integral	175
C. Análisis sensorial para el sabor del pan de molde integral	180
D. Análisis sensorial de la textura del pan de molde integral	183
E. Análisis sensorial de aceptación general del pan de molde integral	186
V. CONCLUSIONES	190
VI. RECOMENDACIONES	191
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	192
VIII. ANEXO.....	207

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1: Siembra en las tres últimas campañas 2014-15 de trigo.....	5
Cuadro 2: Composición química de las diferentes partes del grano de trigo ...	10
Cuadro 3: Siembra de cebada en los tres últimos años, intenciones de siembra para la campaña agrícola 2014-2015 por regiones.....	21
Cuadro 4: Composición química de la carióspside de cebada (100 gr).....	23
Cuadro 5: Ácidos grasos presentes (100gr) de cebada.	24
Cuadro 6: Siembra de arveja en los tres últimos años, intenciones de siembra para la campaña agrícola 2014-2015.....	28
Cuadro 7: Composición química de la arveja en (100 gr).....	32
Cuadro 8: Contenido de aminoácidos en la arveja.....	33
Cuadro 9: Porcentaje de azúcares presente en (100 mgr).....	34
Cuadro 10: Porcentaje de minerales en la harina de arveja. (mmg/100gr).....	35
Cuadro 11: Composición química proximal de pan de molde integral (100gr)..	44
Cuadro 12: Carbohidratos en pan de molde integral (por 100gr.).....	46
Cuadro 13: Clasificación del trigo con base en sus características generales de calidad y su uso industrial.....	57
Cuadro 14: Principales genes relacionados con la calidad del trigo.....	59
Cuadro 15: Composición de la harina de trigo (100gr).....	60
Cuadro 16: Formulación de pan de molde integral (100gr).....	86
Cuadro 17: Límites bajos y altos de las harinas.....	86
Cuadro 18: Diseño de mezcla establecidas por el diseño de mezclas del programa STATGRAPHICS 7.0.....	87
Cuadro 19: Formulación de las harinas para los análisis reológicos.....	88
Cuadro 20: Formulación para la elaboración pan de molde integral (4000gr)...	90
Cuadro 21: Características con sus alternativas y escalas para la evaluación físico sensorial.....	95
Cuadro 22: Análisis químico proximal para 100gr. de harina Integral y la harina blanca o pandera.....	98
Cuadro 23: Análisis químico proximal para harina cebada (100gr)	100
Cuadro 24: Análisis químico proximal para harina arveja(100gr)	102
Cuadro 25: Colorimetría de la harina panadera (blanca), harina integral, harina cebada y harina de arvejas.....	104
Cuadro 26: Parámetros obtenidos del análisis amilográfico de las diferentes mezclas.....	110
Cuadro 27: Efectos estimados del análisis de varianza de modelos, para Máxima Gelatinización (UA).....	111
Cuadro 28: Resultados del modelo completo para Máxima Gelatinización	112

Cuadro 29: ANOVA para modelo cuadrático de Máxima Gelatinización.....	112
Cuadro 30: Resultados de ajuste de modelo para Máxima Gelatinización.....	113
Cuadro 31: Parámetros obtenidos del análisis farinografico de las diferentes mezclas.....	119
Cuadro 32: Efectos Estimados del modelo completo para DDT.....	121
Cuadro 33: Resultados del modelo completo para DDT.....	121
Cuadro 34: ANOVA para el tiempo de desarrollo (DDT).....	122
Cuadro 35: Resultados de ajuste de modelo para DDT.....	122
Cuadro 36: Efectos estimados del modelo completo para Consistencia	125
Cuadro 37: Resultados del modelo completo para Consistencia	125
Cuadro 38: ANOVA para Consistencia	126
Cuadro 39: Resultados de ajuste de modelo para Consistencia	126
Cuadro 40: Efectos estimados del modelo completo para Estabilidad.....	128
Cuadro 41: Resultados del modelo completo para Estabilidad.....	129
Cuadro 42: ANOVA para Estabilidad.....	129
Cuadro 43: Resultados de ajuste de modelo para Estabilidad.....	129
Cuadro 44: Efectos estimados del modelo completo para Índice de Tolerancia	133
Cuadro 45: Resultados del modelo completo para Índice de Tolerancia.....	133
Cuadro 46: ANOVA para Índice de Tolerancia.....	133
Cuadro 47: Resultados de ajuste de modelo para Índice de Tolerancia.....	134
Cuadro 48: Efectos estimados del modelo completo para Tiempo de Ruptura..	136
Cuadro 49: Resultados del modelo completo para Tiempo de Ruptura.....	136
Cuadro 50: ANOVA para Tiempo de Ruptura.....	137
Cuadro 51: Resultados de ajuste de modelo para Tiempo de ruptura.....	137
Cuadro 52: Parámetros obtenidos del análisis extensográfico de las diferentes mezclas.....	143
Cuadro 53: Efectos estimados del modelo completo para Energía.....	144
Cuadro 54: Resultados del modelo completo para Energía.....	144
Cuadro 55: ANOVA para Energía.....	145
Cuadro 56: Resultados de ajuste de modelo cuadrático.....	146
Cuadro 57: Efectos estimados del modelo completo para Resistencia a la Extensibilidad.....	148
Cuadro 58: Resultados del modelo completo para Resist. a la Extensibilidad..	149
Cuadro 59: Resultados del modelo completo para Resist. a la Extensibilidad...	149

Cuadro 60: Resultados de ajuste de modelo para Resist. a la Extensibilidad....	149
Cuadro 61: Efectos estimados del modelo completo para la Extensibilidad.....	152
Cuadro 62: Resultados del modelo completo para la Extensibilidad.....	153
Cuadro 63: ANOVA para la Extensibilidad.....	153
Cuadro 64: Resultados de ajuste de modelo para la Extensibilidad.....	154
Cuadro 65: Efectos estimados del modelo completo para el Índice Extensográfico.....	157
Cuadro 66: Resultados del modelo completo para el Índice Extensográfico.....	157
Cuadro 67: ANOVA para el Índice Extensográfico.....	158
Cuadro 68: Resultados de ajuste de modelo para el Índice Extensográfico.....	158
Cuadro 69: Características reológicas de las mejores mezclas.....	162
Cuadro 70: Formulación para la producción de pan de molde Integral.....	164
Cuadro 71: Resultado de los análisis químicos proximales del pan de molde integral.....	167
Cuadro 72: Colorimetría del pan de molde integral elaboradas con las mejores mezclas.....	169
Cuadro 73: Evaluación de la textura para los panes de molde integral.....	170
Cuadro 74: Elección de las alternativas de la apariencia del pan de molde integral.....	142
Cuadro 75: Análisis de varianza para apariencia del Pan de molde integral.....	173
Cuadro 76: Elección de las alternativas del color para el pan de molde integral, por los panelistas.....	176
Cuadro 77: Análisis de varianza para color del Pan de molde integral.....	177
Cuadro 78: Elección de las alternativas del sabor para el pan de molde integral, por los panelistas.....	180
Cuadro 79: Análisis de varianza para sabor del Pan de molde integral.....	181
Cuadro 80: Elección de las alternativas de la textura para el pan de molde integral, por los panelistas.....	184
Cuadro 81: Análisis de varianza para la textura del Pan de molde integral.....	184
Cuadro 82: Elección de las alternativas de aceptabilidad para el pan de molde integral, por los panelistas.....	186
Cuadro 83: Análisis de varianza para aceptabilidad del Pan de molde integral.....	187

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Pag
Figura N° 01: Comparativo de siembra 2014-15 por regiones del trigo.....	5
Figura N° 02: Partes de un grano de trigo.....	7
Figura N° 03: Composición de los lípidos de la harina de trigo.....	17
Figura N° 04: Siembra de cebada en los tres últimos años, intenciones de siembra para la campaña agrícola 2014-2015 por regiones.....	21
Figura N° 05: Estructura del grano de la cebada.....	22
Figura N° 06: Siembra de cebada en los tres últimos años, intenciones de siembra para la campaña agrícola 2014-2015 por regiones.....	28
Figura N° 07: Estructura de grado de arveja.....	30
Figura N° 08: Extensión lineal de un elemento.....	39
Figura N° 09: Prueba de flujo extenxial con velocidad constante del plato Superior y deformación controlada.....	40
Figura 10: Índices y comportamiento de amilografo.....	41
Figura 11: Comportamiento de un extensograma.....	42
Figura 12: Comportamiento de curvas del farinografo.....	43
Figura 13: Fermentación alcohólica.....	66
Figura 14: Superficie de respuesta.....	75
Figura 15: Diseño de red simplex y centroide para p=3 componentes.....	77
Figura 16: Diagrama de flujo para obtención de harina eguminosas	83
Figura 17: Diagrama de flujo para la elaboración de pan de molde.....	92
Figura 18: Diagrama de flujo del proceso de investigación.....	97
Figura 19-1 : Amilograma de la muestra testigo o patrón	107
Figura 19-2 : Amilograma de la muestra T1	107
Figura 19-3 : Amilograma de la muestra T2	107
Figura 19-4 : Amilograma de la muestra T3	108
Figura 19-5 : Amilograma de la muestra T4	108
Figura 19-6 : Amilograma de la muestra T5	108
Figura 19-7 : Amilograma de la muestra T6.....	109
Figura 20-1: Superficie resp. continua y solidad de máxima gelatinización.....	114
Figura 20-2: Superficie resp. con malla de máxima gelatinización	114
Figura 21-1: Farinograma de la muestra T1.....	116
Figura 21-2: Farinograma de la muestra T2.....	126
Figura 21-3: Farinograma de la muestra T3.....	126
Figura 21-4: Farinograma de la muestra T4.....	127
Figura 21-5: Farinograma de la muestra T5.....	127
Figura 21-6: Farinograma de la muestra T6.....	127
Figura 21-7: Farinograma de la muestra testigo o control.....	128
Figura 22-1: Superficies resp. continuas y sólido de tiempo de llega (DDT). 123	
Figura 22-2: Superficies respuesta con malla para tiempo de llega (DDT)... 124	
Figura 23-1: Superficies respuesta continuas y sólido para la Consistencia... 127	
Figura 23-2: Superficies respuesta con malla para la Consistencia (FE)..... 127	
Figura 24-1: Superficies respuesta continuas y sólido para Estabilidad..... 131	
Figura 24-2: Superficies respuesta con malla para Estabilidad..... 131	

Figura 25-1: Superficies resp. continuas y sólido para índice de tolerancia....	135
Figura 25-2: Superficies respuesta con malla para índice de tolerancia.....	135
Figura 26-1: Superficies resp. continuas y sólido para Tiempo de Ruptura...	138
Figura 26-2: Superficies respuesta con malla para Tiempo de Ruptura....	138
Figura 27-1: Extensograma de la muestra T1.....	140
Figura 27-2: Extensograma de la muestra T2.....	140
Figura 27-3: Extensograma de la muestra T3.....	141
Figura 27-4: Extensograma de la muestra T4.....	141
Figura 27-5: Extensograma de la muestra T5.....	141
Figura 27-6: Extensograma de la muestra T6.....	142
Figura 27-7: Extensograma de la muestra control o testigo	142
Figura 28-1: Superficies respuesta continuas y sólido para Energía.....	147
Figura 28-2: Superficies respuesta con malla para Energía.....	147
Figura 29-1: Superficies resp. continuas y sólido para Resist. Extensibilidad	150
Figura 29-2: Superficies resp. con malla para Resist. Extensibilidad.....	151
Figura 30-1: Superficies respuesta continuas y sólido para Extensibilidad....	154
Figura 30-2: Superficies respuesta con malla para Extensibilidad.....	155
Figura 31-1: Superficies resp. continuas y sólido del Índice Extensográfico...	159
Figura 31-2: Superficies Respuesta con Malla Índice Extensográfico.....	160
Figura 32: Diagrama de flujo para la elaboración de pan de molde integral.....	165
Figura 33: Muestras de cuatro formulaciones en la elaboración de pan de molde integral.....	166
Figura 34: Textura de los panes de molde de las mejores mezclas.....	171
Figura 35: Dispersión de las alternativas de la apariencia que muestras las cuatro formulaciones de pan de molde integral.....	174
Figura 36: Grafico caja bigotes para la apariencia de los cuatro formulaciones en la elaboración de pan de molde integral.....	174
Figura 37: Dispersión de las alternativas del color, que muestras las cuatro formulaciones de pan de molde integral.....	178
Figura 38: Grafico caja bigotes para color de los cuatro formulaciones en la elaboración de pan de molde integral.....	179
Figura 39: Muestras de las cuatro formulaciones en la elaboración de pan de molde integral.....	179
Figura 40: Dispersión de las alternativas del sabor, que muestras las cuatro formulaciones de pan de molde integral.....	181
Figura 41: Grafico caja bigotes para sabor de los cuatro formulaciones en la elaboración de pan de molde integral.....	182
Figura 42: Dispersión de las alternativas de la textura, que muestras las cuatro formulaciones de pan de molde integral.....	185
Figura 43: Grafico caja bigotes para la textura de los cuatro formulaciones en la elaboración de pan de molde integral.....	186
Figura 44: Dispersión de las alternativas de aceptabilidad, que muestras las cuatro formulaciones de pan de molde integral.....	188
Figura 45: Grafico caja bigotes para aceptabilidad de los cuatro formulaciones en la elaboración de pan de molde integral.....	189

I. INTRODUCCIÓN

Las panificadoras son muy exigentes y necesitan distintos tipos de harinas, para elaborar mediante procesos altamente automatizados, diferentes productos que luego se comercializan masivamente en supermercados a otros locales. Ello ha determinado que los volúmenes de compra de trigo por parte de la molinería sean cada vez más acotados a especificaciones más estrictas. (Montoya L, 2012).

La calidad panadera de una harina se determina por las propiedades del pan que se puede obtener a partir de ella, tales como volumen, terneza, esponjosidad. Existen además diversas determinaciones tradicionales: relación gluten húmedo/gluten seco, concentración de proteína, ensayos reológicos (alveograma, farinograma, extensograma, entre otros) que permiten predecir su comportamiento en la panificación posterior. (Steffolani M. 2010)

En los últimos años, se ha comenzado a utilizar diversos cereales, leguminosas y tubérculos nacionales como cebada, maíz, quinua, trigo y papa como una alternativa para contrarrestar las exigencias de la población, mediante la elaboración de alimentos básicos de consumo diario como es el pan. En diversas partes de América, se ha incrementado el uso de arveja dulce (*Pisum sativum*) para la elaboración de productos de panificación con elevado aporte proteico, los cuales tienen como finalidad mejorar la calidad proteica en los panes a base de harina de trigo (*Triticum aestivum*) mediante el aporte de aminoácidos que le son deficientes (Alasino, María Celia 2008). Por lo mencionado este estudio pretende incluir alimentos autóctonos, como la cebada y la arveja, en la elaboración de pan de molde integral, a través de una sustitución parcial de la harina de trigo.

La industria panadera ha respondido a las exigencias de la población desarrollando panes que se enlistan en los llamados alimentos funcionales, los que se definen como aquellos alimentos que entregan algún beneficio para la salud, además de la simple provisión de nutrientes (Caracé, 2013). La harina de arveja permite mejorar la calidad proteica e incrementar el contenido en fibra en los alimentos, la cebada es rica en proteínas y aminoácidos. (Lascano, 2009).

Analizar el efecto de la incorporación de En los procesos de panificación la materia prima principal utilizada proviene de las importaciones. Por lo que es necesario, buscar alimentos nativos que puedan ser utilizados como sustitutos en la elaboración de pan. Actualmente, en el país se están realizando investigaciones para sustituir la harina de trigo por harinas no tradicionales con el objetivo de obtener un mejor valor nutricional, sin embargo, se desconoce sus consecuencias en las características reológicas y sensoriales (Jara, 2006).

Unos de los componentes que tecnológicamente son importantes y que determinan la calidad del pan son las proteínas, principalmente las proteínas que integran el gluten (gliadinas y gluteninas). Es importante conocer este tipo de proteínas así como sus propiedades funcionales, para determinar el uso que se les puede dar ya sea para la elaboración de pan o para la elaboración de otros productos (Pacheco, 2002)

Lo explicado en los párrafos anteriores, ha servido de incentivo para el diseño de un nuevo producto de panificación, con un nuevo sabor, nueva apariencia, con un nuevo valor nutricional. Es así que el presente trabajo de investigación tiene como título: "Estudio de las características reológicas de mezclas de harinas de trigo, con harina de cebada y arveja para la elaboración de pan de molde integral", tiene como objetivo principal estudiar el comportamiento reológico de las mezclas de harinas de trigo con harina de cebada y arveja para la elaboración de pan de molde, y como objetivos específicos:

- Determinar la composición química-proximal de las harinas.
- Analizar el efecto de incorporación de harina de cebada y arveja sobre las características reológicas de pan de molde integral con diferentes niveles de sustitución, utilizando el amilógrafo, farinógrafo y extensógrafo.
- Seleccionar las mejores mezclas de harinas de trigo con harina cebada y arveja empleando el programa estadístico statgraphics 7.0.
- Analizar el efecto de la incorporación de harina de arveja y cebada sobre las características sensoriales y su composición química-proximal de los panes de molde integral.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. TRIGO.

El trigo tiene sus orígenes en la Antigua Mesopotamia. Las más antiguas evidencias arqueológicas del cultivo de trigo vienen de Siria, Jordania, Turquía e Irak. De estudios hechos en excavaciones en el cercano Oriente, se deduce que, aparentemente, hubo dos clases de trigo silvestre en esa región hace aproximadamente 10.000 años. En la actualidad ambos trigos todavía se cultivan en el Cercano Oriente. (Cori de Mendoza, Marta E ., 2004)

Después de un lento período de progreso, el trigo se convirtió en el mejor de los cereales alimentarios. La calidad de trigo para panificación mejoró, y el pan se convirtió en una forma u otra en un importante alimento para el mundo Occidental. Durante mucho tiempo, este cereal se convirtió en un símbolo mundial, reflejando la situación alimentaria de millones de personas, además de ser un indicador de las condiciones económicas y de la estabilidad política. (Dupont y Altenbach, 2003).

2.1.1. Clasificación del trigo.

La clasificación botánica del trigo es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Gramineae

Género: Triticum.

Las especies pertenecientes al género Triticum se dividen según sus juegos cromosómicos en Diploides ($2n=14$), Tetraploides ($2n=28$), y Hexaploides ($2n=42$). (Dupont y Altenbach, 2003).

Clasificación de especies del género *Triticum*.

- ❖ Especies que poseen $2n=14$ cromosomas (diploides)
 - *Triticum monococcum* o escaña menor.

- ❖ Especies que poseen $2n=48$ cromosomas (tetraploides)
 - *Triticum diccoides* o escaña almidonera salvaje
 - *T. diccicum* o escaña almidonera
 - *T. turgidum* o trigo de Polonia
 - *T. durum* o duro. Usando en la fabricación de spaghetti u otras.

- ❖ Especies que poseen $2n=42$ cromosomas (hexaploides)
 - ***Triticum aestivum***, es un hexaploide, el cual domina la producción mundial. Trigo “harina-panadero” destinado, prácticamente en su totalidad, al consumo humano. Las clases Rojo Duro, son usados principalmente para producción de pan fermentado. Las clases Rojo Blando son usadas especialmente para pastas, crackers y cookies. (Dupont y Altenbach, 2003).

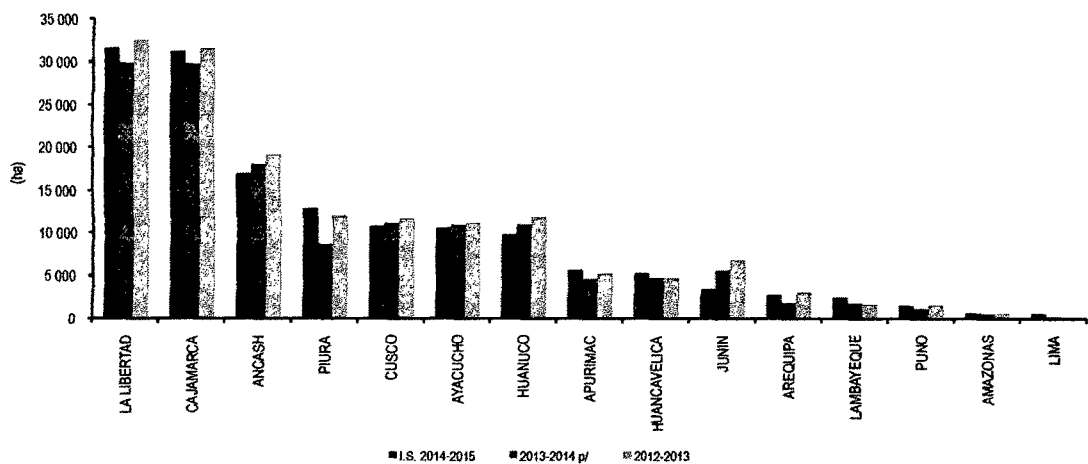
 - ***Triticum compactum***, es un trigo también tipo hexaploide, que es usado para pastas de una manera similar como el trigo Rojo Blando.

Aproximadamente el 90 a 95 % del trigo que se produce en el mundo, que son casi 600 millones de toneladas es de la variedad de trigo común (*T. aestivum*). Dupont y Altenbach, 2003).

2.1.2. Trigo nacional y Producción del trigo.

Las intenciones de siembra para la campaña agrícola 2014-2015 para este cultivo son de 146,3 mil hectáreas, con las que se incrementaría en 6,1 mil hectáreas (4,3% más) lo sembrado en la campaña agrícola 2013-2014, diferencia positiva que se encuentra dentro del rango de fluctuación para las siembras entre campañas. (MINAGRI-OEEE, 2014).

Las siembras, mayormente se realizarían de octubre a marzo sembrándose 136,4 mil ha. (93,2% del total de las intenciones de siembra del cultivo). Los estimados de siembra para la campaña agrícola 2014-2015 muestran que las mayores siembras se realizarían en La Libertad con 31,6 mil ha., Cajamarca con 1,2 mil ha., Ancash con 16,9 mil ha., Piura con 12,8 mil ha., Cusco con 10,8 mil ha., Ayacucho con 10,5 mil ha. y Huánuco con 9,7 mil ha., las que alcanzarían alrededor de 123,6 mil hectáreas (84,4% del total). (MINAGRI-OEEE, 2014).



Fuente: MINAGRI-OEEE, 2014.

Figura 01: Siembra en las tres últimas campañas, intención de siembra 2014-15 de trigo (ha.) por región.

Cuadro 01: Siembra en las tres últimas campañas, intención de siembra 2014-15 de trigo (ha.) por región.

REGION	Intenciones de Siembra 2014-2015			Campaña agrícola			Var. (ht. / 2014-2014)	
	Estimado	Máximo	Mínimo	2011-2012	2012-2013	2013-2014 p/	%	(ha)
TOTAL	146 347	176 535	118 360	152 699	154 685	140 289	4,3	6 059
LA LIBERTAD	31 603	37 285	23 941	32 149	32 582	29 879	6	1 724
CAJAMARCA	31 209	34 880	27 743	31 635	31 634	28 738	5	1 471
ANCASH	16 910	19 815	14 210	18 260	19 161	18 010	-8	-1 100
PIURA	12 927	16 243	9 691	11 512	12 075	8 895	48	4 132
CUSCO	10 751	12 094	9 431	11 191	11 656	11 142	-4	-391
AYACUCHO	10 528	13 755	8 266	10 579	11 118	10 912	-4	-384
HUANUCO	9 747	12 676	7 495	12 094	11 890	10 950	-11	-1 203
APURIMAC	5 658	7 033	4 522	6 227	5 258	4 622	22	1 036
HUANCAVELICA	5 261	6 583	4 175	4 287	4 731	4 729	11	532
JUNIN	3 440	4 355	2 792	6 729	6 805	5 620	-39	-2 180
AREQUIPA	2 765	3 869	1 699	3 235	3 126	1 822	52	943
LAMBAYEQUE	2 430	2 810	1 850	1 700	1 713	1 778	37	654
PUNO	1 507	2 633	1 160	1 572	1 579	1 175	28	332
AMAZONAS	633	789	504	623	618	556	14	78
LIMA	571	885	410	270	273	257	122	314
PASCO	254	356	184	411	314	249	2	5
MOQUEGUA	132	215	101	87	106	85	103	67
ICA	85	121	60	33	38	56	52	29
TACNA	34	56	25	66	19	32	6	2
LIMA METROPOLITANA	2	3	1	0	0	5	-56	-3
CALLAO	0	0	0	0	0	0	0	0
LORETO	0	0	0	0	0	0	0	0
MADRE DE DIOS	0	0	0	0	0	0	0	0
SAN MARTIN	0	0	0	0	0	0	0	0
TUMBES	0	0	0	0	0	0	0	0
UCAYALI	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: MINAGRI-OEEE, 2014.

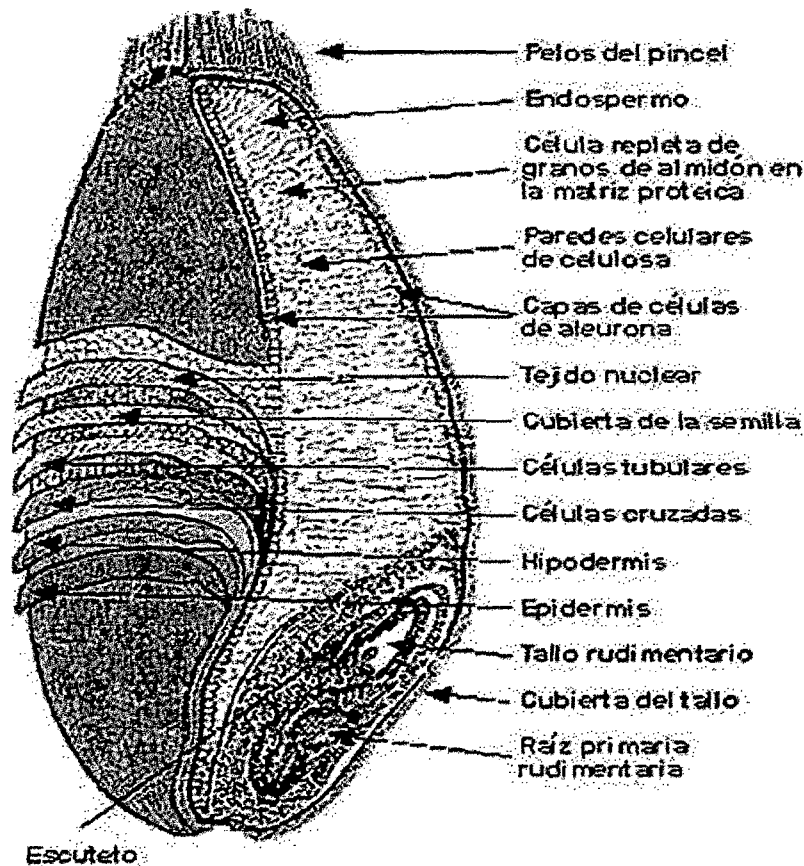
2.1.3. Estructura del grano de trigo.

El grano de trigo tiene una estructura compleja, con forma alargada, una única semilla de 6 a 8 mm de largo y de 3 a 4 mm de ancho; presenta en la parte opuesta al embrión, una barbilla o pincel. El tamaño de los granos varía ampliamente según la variedad y según la posición en la espiga. Los granos de trigo son redondeados en la parte dorsal (el mismo lado del germen) y poseen un surco a lo largo de la parte ventral (lado opuesto al germen). El surco, que abarca aproximadamente toda la longitud del grano, penetra casi hasta el centro (Badui 2006).

Los dos carrillos pueden llegar a tocarse ocultando así la verdadera profundidad del surco. Este surco no solamente dificulta la separación del salvado del endospermo, sino que constituye un foco de contaminación de microorganismos y de polvo. La textura y color de los granos de trigo, varía en gran medida. El color, generalmente blanco o rojo (aunque también puede ser púrpura), depende del pigmento de la cubierta de la semilla. La presencia y tipo de pigmentos es una función genética y por tanto puede ser objeto de manipulación por parte del seleccionador para conseguir el color deseado (Arias 2002).

A. Pericarpio.

Rodea toda la semilla y está constituido por varias capas. La parte más interna del pericarpio exterior está formado por restos de células de paredes delgadas, por lo que, al no presentar una estructura celular continua, constituye un plano natural para la división. El pericarpio interior está formado por células intermedias, células cruzadas y células tubulares. Ni las intermedias ni las tubulares cubren por completo el grano. Las células cruzadas son largas y cilíndricas y tienen su eje longitudinal perpendicular al eje longitudinal del grano. El conjunto del pericarpio comprende el 5% del grano y aproximadamente está formado por un 6% de proteína, un 2% de cenizas, 20% de celulosa, 0,5% de grasa y el resto por pentosanas (Badui 2006).



Fuente: Callejo González, m. (2002).

Figura 02: Partes de un grano de trigo.

B. Cubierta de la semilla o Testa.

La cubierta de la semilla está unida firmemente a las células tubulares por su lado exterior y a la epidermis nuclear por el interior. Está compuesta por tres capas:

- ✓ Cutícula exterior gruesa
- ✓ Capa pigmentada
- ✓ Cutícula interior fina

Si el grano es muy blanquecino, la cubierta de la semilla apenas contará con dos capas de células de celulosa comprimidas debido a la práctica inexistencia de la capa pigmentada. El espesor de la cubierta de la semilla varía entre 5 y 8 μm . La epidermis nuclear está unida estrechamente tanto a la cubierta de la semilla como a la capa de aleurona (Badui 2006).

C. Capa de aleurona.

Por lo general, tiene el espesor de una célula y rodea el grano por completo, incluyendo el endospermo feculento y el germen. Desde el punto de vista botánico, es la capa exterior del endospermo. Sin embargo, se elimina durante la molienda junto con la cubierta de la semilla y el pericarpio, constituyendo lo que se denomina salvado. Las células de aleurona tienen paredes gruesas, su forma es cúbica y carecen de almidón. La composición de las paredes celulares es fundamentalmente celulosa. Las células de aleurona poseen un núcleo grande y numerosos gránulos de aleurona. La estructura y composición de los granos de aleurona es compleja. La capa de aleurona es relativamente rica en proteínas, fósforo, lípidos y niacina. Además, la aleurona, es más rica en tiamina y riboflavina que otras partes del salvado, y su actividad enzimática es alta (Badui 2006).

D. Germen.

El germen de trigo abarca el 2,5-3,5% del grano. Está constituido por dos partes principales:

- ❖ El embrión, rico en vitaminas, minerales y lípidos.
- ❖ El escutelo, cubierta del embrión que lo envuelve y lo separa del resto del endospermo (Serna, 1996).

E. Endospermo.

El endospermo feculento, excluyendo la capa de aleurona, está constituido por tres tipos de células:

- ❖ Periféricas: de estas está compuesta la primera fila de células incluida dentro de la capa de aleurona, generalmente son pequeñas, con diámetros iguales en todas las direcciones o ligeramente elongados hacia el centro del grano.
- ❖ Prismáticas: están rodeadas por células periféricas, se extienden hacia el interior.

- ❖ Centrales: se encuentran en el interior de las células prismáticas; su tamaño y forma son más irregulares que las otras dos células.

Las paredes celulares del endospermo están formadas por pentosanas, otras hemicelulosas y β -glucanos, pero no por celulosa. El espesor de las paredes celulares varía con la posición en el grano; son más gruesas cerca de la capa de aleurona. El espesor de las paredes celulares resulta variable en las diferentes variedades y también según los tipos de trigo duro y blando (Lascano, A. & Sandoval, G. 2009)

El contenido de las células del endospermo junto a las paredes celulares del endospermo constituye la harina. Las células están repletas de granos de almidón incluidos en una matriz proteica, proteína en su mayor parte aunque no toda constituida por gluten (proteína de reserva del trigo). Cuando madura el trigo, se sintetiza el gluten en los cuerpos proteicos. Los granos de almidón aparecen como granos grandes, lenticulares entre 15-40 μm y como pequeños granos esféricos de 1-10 μm de diámetro. (Serna, 1996).

2.1.4. Composición química del trigo.

En la siguiente tabla, aparece reflejada la composición química de las diferentes partes del grano de trigo y del total de las mismas.

Como puede apreciarse, materias celulósicas y hemicelulosas están casi ausentes en la parte central del endospermo, mientras que el almidón no aparece en los tejidos externos. Las proteínas se encuentran en elevada proporción en la zona comprendida entre el tegumento seminal y la capa de aleurona. El contenido en lípidos es elevado en el germen (15%) y un poco más débil en las cubiertas externas de la semilla (7-8%) Las vitaminas en baja proporción, se encuentran principalmente en la zona situada entre el tegumento seminal y el germen (Quaglia, 1991).

Cuadro 02: Composición química de las partes del grano de trigo (%)

Parte del grano (% de la masa del grano)	Proteínas	Materias minerales	Lípidos	Celulosa	Hemicelulosas	Almidón
Pericarpio (4%)	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Tegumento seminal (1%)	15-20	10-15	3-5	30-35	25-30	0
Epidermis nucelar envuelta proteica (7-9%)	30-35	6-15	7-8	6	30-35	10
Germen (3%)	35-40	5-6	15	1	20	20
Endospermo (82-85%)	8-13	0,35-0,60	1	0,3	0,5-3,0	70-85
GRANO ENTERO (100%)	10-14	1,6-2,1	1,5-2,5	2-3	5-8	60-70

Fuente: Callejo González, M. (2002).

A. Carbohidratos

Los hidratos de carbono representan el 90% aproximadamente del peso seco de los granos de cereales, esta constituidos principalmente por (Quaglia, 1991):

- ✓ Almidón: 60% del total en el cereal
- ✓ Hemicelulosas: el 5%
- ✓ Celulosa: 2%
- ✓ Azúcares libres: 3%

a) Almidón.

Los cereales almacenan energía en el grano en forma de almidón. La cantidad de almidón contenido en el grano es del 60% aproximadamente. Por esto, gran parte del alimento consumido por los humanos, está en forma de almidón; una fuente excelente de energía (Quaglia, 1991).

El almidón está compuesto fundamentalmente por glucosa y aunque se pueden encontrar otros elementos en pequeñas cantidades, estos han aparecido a niveles tan bajos que no se ha podido determinar si son oligoelementos del almidón o contaminantes no eliminados en el proceso de extracción. Entre estas sustancias menores destaca la presencia de lípidos y también de minerales como el fósforo y nitrógeno, el primero en forma de fosfolípidos y el segundo bien como componente proteico o lipídico. Básicamente el almidón está constituido por polímeros de α -D-glucosa pudiéndose distinguir dos tipos (Quaglia, 1991):

- **Amilosa:** Se trata de un polímero lineal de α -D-glucosa unidas por enlaces glucosídicos α -1,4. Debido al enlace α -1,4 los anillos de glucosa no se encuentran en una misma zona planar por lo que la amilosa no es una cadena plana sino que forma un ángulo cada glucosa con su anterior, dando lugar a una hélice tubular estabilizada con puentes de hidrógeno. El peso molecular de la amilosa es del orden de 250,000 pero varía mucho dependiendo de la especie, variedad y estado de maduración. Se presenta en forma cristalina debido al gran número de enlaces por puentes de hidrógeno existentes entre grupos hidroxilos (Belitz y Grosch, 1988).

Esta naturaleza lineal y la longitud de las cadenas, confieren a la amilosa algunas propiedades únicas, como su capacidad para formar complejos con el yodo, alcohol o ácidos orgánicos, denominados complejos de inclusión helicoidal, siendo en el caso de los compuestos formados con yodo especialmente curioso, ya que el yodo, al incluirse en el hueco central de la hélice, da un típico color azul, que puede ser utilizado como criterio de identificación (Belitz y Grosch, 1988). La particular naturaleza de la amilosa, es también responsable de la tendencia a asociarse consigo misma y precipitar en la solución. La amilosa cristaliza fácilmente de una solución o se retrograda. La retrogradación es el término utilizado para denotar la cristalización en geles de almidón (Badui Dergal S.,2006).

- **Amilopectina:** La amilopectina está formada por α -D-glucosa unida por enlaces α -1,4. La amilopectina está mucho más ramificada que la amilosa con un 4-5% de enlaces α -1,6. La molécula de amilopectina es enorme, 108 de peso molecular y más de medio millón de restos de glucosa, una de las mayores que se encuentra en la naturaleza. La forma de la amilopectina se asemeja a un ovillo, reticulado en las tres dimensiones, en el que cada 20-25 anillos de glucosa existe una ramificación en α -1,6. (Hoseney, 1994).
- Durante la cocción, la amilopectina absorbe mucha agua y es en gran parte responsable de la hinchazón de los gránulos de almidón. Las moléculas de amilopectina retrogradan, tienen poca tendencia a la recristalización y, por tanto poseen elevado poder de retención de agua. (Hoseney, 1994).

Características de los almidones.

Las alteraciones que sufre el almidón al ser calentado con agua, son las responsables de las características particulares de muchos de los alimentos como por ejemplo la viscosidad y tacto al paladar de salsas. Cuando se coloca el almidón en agua, ésta penetra libremente por el grano, o en realidad, por la mayoría de las moléculas pequeñas. El almidón puede retener un 30% de su peso seco en forma de humedad. El grano se hincha ligeramente; el cambio de volumen y la absorción de agua son reversibles, y el calentamiento del sistema hasta justamente por debajo del punto de gelificación, no originará ninguna otra alteración. Sin embargo, el calentamiento a temperaturas superiores, produce alteraciones irreversibles (Badui Dergal S.,2006).

Si calentamos a velocidad constante una disolución de almidón en agua se observa que entre 50-57°C, la viscosidad aumenta; esto coincide con la denominada pérdida de birrefringencia. El calentamiento prolongado en exceso de agua, conduce a un aumento superior adicional de la viscosidad. Este comportamiento se hace patente en aparatos como el amilógrafo (Montoya 2012)

El aumento de viscosidad que se produce al calentar el almidón en agua, es principalmente, el resultado de la absorción de agua e hinchamiento del almidón. Al continuar el calentamiento, se distorsiona el grano de almidón y pasa a la solución almidón soluble; este almidón y la continuada absorción de agua por lo que queda de los granos de almidón, son los responsables del aumento de viscosidad. Estas alteraciones que se producen después de la gelificación (pérdida de birrefringencia) se llama "pasting" o empaste. La solubilización del almidón es continua. No es completa mientras no se haya solubilizado totalmente la estructura granular. (Brandt, Velimirov A. 2005).

En el amilógrafo la temperatura no puede exceder de 100°C, pues el sistema herviría, por eso, el calentamiento se detiene al llegar a los 95°C, manteniendo la temperatura durante una hora. Se dice entonces que el almidón está "cooked" (cocido). La viscosidad del sistema con almidón, disminuye mientras se mantiene el calentamiento a 95°C durante una hora. La disminución de viscosidad es debida a la orientación de las moléculas del almidón soluble en el sentido de la agitación del sistema. Este fenómeno llamado "shear thinning" (aclarado mecánico), es una propiedad importante de las pastas de almidón (Bernardette. 2007).

Al ir enfriándose la pasta de almidón, las cadenas van perdiendo energía y los enlaces hidrógeno se hacen más fuertes proporcionando firmeza al gel. Al envejecer el gel, o si se congela y descongela, las cadenas del almidón tienden a interactuar fuertemente entre sí, forzando al agua a salir del sistema. La expulsión de agua del gel se llama sinéresis. El almacenamiento más prolongado da lugar a mayor interacción entre las cadenas de almidón y eventualmente a la formación de cristales. Este proceso, llamado retrogradación, es la cristalización de cadenas de almidón en el gel. Como el área cristalizada altera el índice de refracción, el gel se va volviendo más opaco a medida que la retrogradación progresa. (Bernardette. 2007).

La amilosa es la responsable de la retrogradación del almidón como consecuencia de su estructura lineal. La amilopectina tiene poca tendencia a retrogradar como consecuencia de su estructura ramificada poco apta para la formación de redes moleculares (Rodríguez,2005)

b) Hemicelulosas.

También denominadas pentosanas, son los componentes fundamentales de las paredes celulares y constituyen el material de unión que mantiene juntas a las células. Su principal característica es que su hidrólisis libera principalmente azúcares de tipo pentosas como xilosa y arabinosa.

También se pueden encontrar hexosas como la glucosa y galactosa, y ácidos urónicos como el glucurónico y galacturónico. Aunque algunas poseen estructura fibrilar, la mayoría tiene estructura amorfa y químicamente son muy diferentes unas de otras. Las pentosas absorben gran cantidad de agua y son capaces de formar disoluciones viscosas. En el trigo aparecen con un porcentaje entre el 2-3% (E. Magaña B., 2009).

c) Celulosa.

Principal componente de la cáscara. Está formada principalmente por moléculas de glucosa unidas por enlaces β -1,4 formando un polímero de gran longitud. Como no es ramificado y tiene su configuración esencialmente lineal, se asocia fuertemente consigo mismo y es muy insoluble. Debido a su alto grado de ordenación y a los enlaces beta, más estables que los alfa, las celulosas son muy resistentes (E. Magaña B., 2009).

d) Azúcares libres.

Los granos de trigo contienen un 3% de azúcares libres entre los que se encuentran muchos oligosacáridos, de los cuales el más importante es la sacarosa seguida de rafinosa, además se han encontrado fructosa, glucosa y algunos disacáridos como la maltosa. Los azúcares libres son más importantes en las capas de salvado que en el endospermo. Tienen gran interés tecnológico ya que son los primeros que utilizan las levaduras en el proceso de fermentación (E. Magaña B., 2009).

B. Proteínas.

Representan alrededor del 10-14% en peso del grano entero de trigo. La distribución de las proteínas no es uniforme dentro del grano. Las proteínas del trigo fueron clasificadas por primera vez por Osborne (1907), en función de su solubilidad, aunque actualmente se considera una clasificación demasiado simplificada (Dupont y Altenbach, 2003):

- ✓ **Albúminas:** solubles en agua, representan el 5-10% respecto al total proteico
- ✓ **Globulinas:** solubles en soluciones salinas diluidas, representan el 5-10% respecto al total proteico.
- ✓ **Prolaminas:** solubles en soluciones alcohólicas, con el 40-50% respecto al total de proteínas.
- ✓ **Glutelinas:** solubles en soluciones diluidas de ácidos o álcalis, que representa el 30-40%.

Las prolaminas y glutelinas son las fracciones mayores de proteínas en el grano de cereal. En el trigo se llaman gliadinas y gluteninas respectivamente y forman el gluten. Entre las harinas de los cereales, solamente la de trigo tiene la habilidad de formar una masa fuerte, cohesiva, y capaz de retener el gas producido por la fermentación, dando por cocción un producto esponjoso (Dupont y Altenbach, 2003).

Las características particulares del trigo, se atribuyen fundamentalmente a las proteínas presentes en su composición y más concretamente a las proteínas de reserva gliadinas y gluteninas las cuales poseen la propiedad de combinarse con agua dando lugar al gluten, responsable directo de la capacidad de la masa de retener gas. El gluten es insoluble en agua y por tanto puede aislarse sometiendo la masa (harina + agua) a un trabajo mecánico bajo corriente de agua. Una vez aislado se observa que el gluten posee unas propiedades características (cohesividad, extensibilidad, elasticidad) propias de la masa panadera. (Jara, C. 2006).

En cuanto a sus proteínas, el gluten está formado por dos tipos de proteínas:

- **Gluteninas:** pertenecen al grupo de las glutelinas, con alto peso molecular que oscila entre unos 100.000 y varios millones, y cadenas ramificadas. Físicamente, la proteína es elástica, pero no coherente. La glutenina confiere aparentemente a la masa su propiedad de resistencia a la extensión (Dupont y Altenbach, 2003).
- **Gliadinas:** pertenece al grupo de las prolaminas, con un peso molecular medio de unos 40.000, son de cadena simple y son extremadamente pegajosas cuando están hidratadas. Tienen poca o nula resistencia a la extensión y parecen ser las responsables de la coherencia de la masa (Dupont y Altenbach, 2003).

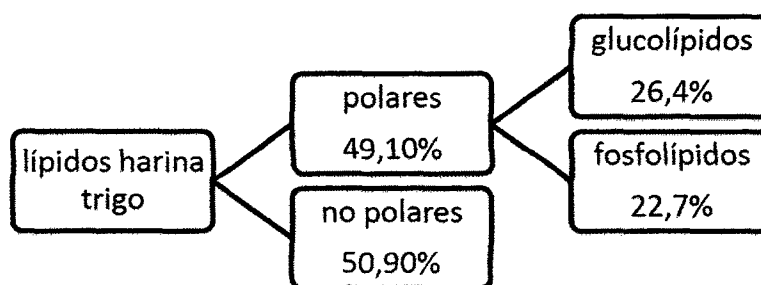
En resumen, las gliadinas son responsables de la cohesividad de la masa, mientras que las gluteninas lo son de la elasticidad, pero es necesario que exista un equilibrio entre ambas. Para que el gluten sea estable y se forme, es necesario que se establezcan enlaces intermoleculares que lo estabilicen, y son del tipo disulfuro, puentes de hidrógeno, enlaces hidrofóbicos e iónicos.

Las proteínas del gluten están constituidas por gran cantidad de aminoácidos, siendo deficientes en aminoácidos esenciales como la lisina y metionina, considerándose a la proteína del trigo de baja calidad, sin embargo, poseen un elevado contenido en glutamina. Para conocer el contenido en proteína de una muestra se utiliza el método Kjeldhal, que cuantifica el nitrógeno de la muestra; después se multiplica el valor del contenido en nitrógeno por un factor de transformación (5,7) obteniendo así el contenido total en proteína (E. Magaña B., 2009).

C. Lípidos.

Forman parte del trigo en pequeñas proporciones 1,5-2,5% y están localizados principalmente en el germen y en la cubierta de la semilla. Aun siendo minoritarios, estos lípidos tienen efectos beneficiosos en el proceso de panificación.

Cuando son extraídos con agua saturada de butanol a temperatura ambiente, muestran una composición casi equitativa de lípidos polares y no polares. De entre los lípidos polares, cerca de un 26% son glucolípidos y un 23% corresponde a los fosfolípidos (Quaglia, 1991). También podemos encontrar cantidades apreciables de mono y diglicéridos y ácidos grasos libres. Los ácidos grasos saturados constituyen el 11-26% del total y los no saturados el 72-85%. (Jara, C., 2006).



Fuente: López, 2005.

Figura 03: Composición de los lípidos de la harina de trigo.

Los lípidos se encuentran en todos los tejidos del grano, generalmente como componentes de la membrana celular. También existen lípidos en una fina membrana que recubre los gránulos de almidón, así como en forma de incrustaciones en las membranas que recubren los granos proteicos del endospermo y el escutelo. Por último también se encuentran en la esferosoma, parece ser que asociadas con proteínas a la capa de aleurona, escutelo y germen. En los productos de molturación los lípidos pueden hidrolizarse por acción de las lipasas presentes en el grano y oxidarse, bien por medio de lipoxidasas o por la presencia de oxígeno (Quaglia, 1991).

En el grano no suelen estar en contacto con enzimas y lípidos y por tanto será en las roturas producidas durante la molienda cuando se pongan en contacto con el consiguiente peligro de la aparición de alteraciones que dan lugar al típico olor y sabor a rancio, alteraciones que se ven favorecidas con un aumento de la temperatura. Será importante por tanto que en los procesos de molturación se separe el germen, de importante contenido lipídico con lo que se mejorará la conservación del producto final. En las harinas se pueden distinguir básicamente dos tipos de lípidos en su papel en el proceso de panificación se refiere(Jara, C., 2006):

- Los lípidos enlazados dentro del gránulo de almidón con las cadenas helicoidales de amilosa, fundamentalmente monoácidos.
- Lípidos libres, fundamentalmente triglicéridos, glucolípidos y fosfolípidos.

En el proceso de panificación los más importantes serán los libres y de ellos los polares ya que van a actuar como agentes humectantes facilitando la hidratación de la harina y la ordenación y deslizamiento de las moléculas de proteína durante el amasado. Los lípidos polares se unirán a la proteína formando una doble capa de la que los grupos polares de los lípidos se asocian con restos proteicos polares mientras que los grupos lipídicos apolares se orientan hacia el interior de esa doble capa.

Por otra parte como ya hemos visto el enranciamiento oxidativo de la fracción grasa produce un deterioro organoléptico de las harinas almacenadas, sin embargo en el proceso de panificación las oxidaciones que se dan en los lípidos de las harinas producirán compuestos, fundamentalmente carbonílicos, que influyen en las propiedades de la masa por formar enlaces cruzados y contribuyen al aroma característico del pan. (Jara, C. 2006).

D. Sales minerales.

La mayor parte de las sustancias inorgánicas del trigo se encuentran en el salvado y en la capa de aleurona y su cantidad oscila entre 1,5-2%. Entre los elementos inorgánicos destacan el fósforo, potásico y en menor proporción magnesio, silicio y sodio. Gran parte del fósforo presente en los cereales se encuentra como ácido fítico el cual se combina con el calcio y el magnesio para formar la fitina, la cual es insoluble, por lo que el fósforo presente en esta forma es mal asimilado por el organismo humano. Debido a su distribución en el grano, una harina tendrá un contenido en cenizas tanto más elevado cuanto mayor sean las partículas de salvado presentes en la misma, que estará correlacionado con la tasa de extracción de la molienda (Gomez E., 1989).

E. Vitaminas.

Los granos de cereales son muy ricos en vitaminas del grupo B. La más importante es la niacina que se encuentra en el salvado, aunque la mayor parte como niacina no asimilable. A la niacina le siguen en importancia el ácido pantotéico o vitamina B3 que se encuentra en el endospermo y capa de aleurona, la piroxina o B6 situada en la capa de aleurona fundamentalmente, la tiamina o B1 centrada en el escutelo y la riboflavina o B2 que se distribuye uniformemente por todo el grano. Además de vitaminas del grupo B, los granos de trigo también son ricos en vitamina E (tocoferol) la cual se distribuye con bastante uniformidad a lo largo del grano destacando en el germen. Las vitaminas son muy sensibles al calor, por lo que los tratamientos tecnológicos a los que sea sometido el trigo y sus derivados pueden producir variaciones en cuanto al contenido vitamínico de partida. (Jara, C., 2006).

2.2. CEBADA.

La cebada, (*Hordeum distichum* L. - *Hordeum hexastichum* L.) es el más antiguo de los cereales que el hombre ha cultivado. Tuvo su origen en Asia y su cultivo en la China se registra hacia el 2.800 A.C. donde se utilizaba como alimento humano y animal. Igualmente y con los mismos fines, se cultivaba en Egipto.

2.2.1. Clasificación de cebada.

La cebada es una planta monocotiledónea anual perteneciente a (Marco C, Molina J. 2008):

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae(gramíneas).

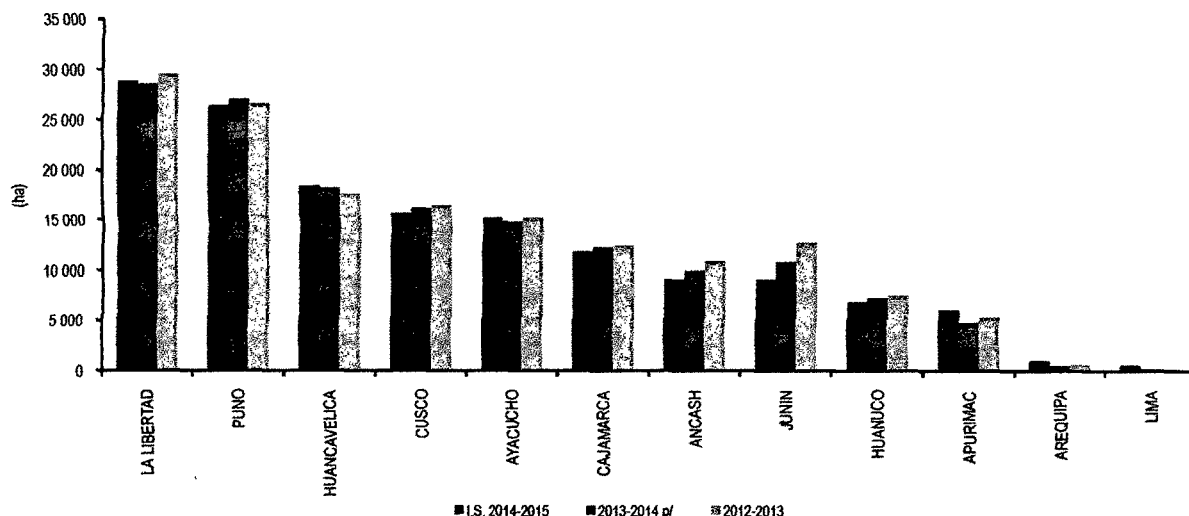
Género: Hordeum

Especie: Hordeum vulgare, Hordeum spontaneum (silvestre), Hordeum distichum L., (para la obtención de cerveza) y .Hordeum hexastichum L. (como forraje).

2.2.2. Importancia y producción de la cebada.

En la próxima campaña agrícola 2014-2015, el cultivo de la cebada alcanzaría a 150,3 mil hectáreas, inferior en 1,1% (1,7 mil ha menos) con lo ejecutado en la campaña 2013-2014, considerándose dentro del rango de variación entre las siembras de campañas consecutivas. Las mayores siembras de cebada serían de octubre a febrero, instalándose 140,4 hectáreas (93,4% de las intenciones de siembras para la campaña 2014).

Las regiones que alcanzarían mayores siembras son La Libertad con 28,9 mil he., Puno con 26,5 mil he., Huancavelica con 18,5 mil he., Cusco con 15,7 mil he., Ayacucho con 15,2 mil he., Cajamarca con 11,8 mil he., Ancash con 9,1 mil he. y Junín con 9,1 mil he., regiones con las que se tendría 134,6 mil hectáreas del total con cebada, cubriendo el 89,6% de las intenciones de siembra para la próxima campaña. (MINAGRI-OEEE, 2014).



Fuente: MINAGRI-OEEE, 2014.

Figura 04: Siembra de cebada en los tres últimos años, intenciones de siembra para la campaña agrícola 2014-2015 por regiones.

Cuadro 03: Siembra de cebada en los tres últimos años, intenciones de siembra para la campaña agrícola 2014-2015 por regiones.

REGION	Intenciones de Siembra 2014-2015			Campaña agrícola			Var. (nt/ 2013-2014)	
	Estimado	Maximo	Minimo	2011-2012	2012-2013	2013-2014 p/	%	(ha)
TOTAL	150 337	182 049	120 875	156 038	158 856	151 888	1,1	1 651
LA LIBERTAD	29 895	33 813	21 133	30 107	29 596	28 617	1	278
PUNO	26 456	33 788	21 129	26 544	26 650	27 105	-2	-850
HUANCAVELICA	18 461	21 462	15 459	17 717	17 641	18 284	1	177
CUSCO	15 678	17 320	13 808	15 916	16 526	16 200	-3	-522
AYACUCHO	15 169	19 064	12 109	14 282	15 212	14 806	2	363
CAJAMARCA	11 799	14 052	9 838	12 484	12 494	12 281	-4	-482
ANCASH	9 105	11 240	7 528	10 703	10 948	9 981	-8,6	-856
JUNIN	9 082	10 785	7 548	12 985	12 780	10 832	-16,2	-1 750
HUANUCO	6 857	9 110	5 344	7 605	7 541	7 295	-8	-438
APURIMAC	6 079	7 546	4 965	5 594	5 372	4 796	28,8	1 283
AREQUIPA	1 007	1 310	767	682	637	543	85	464
LIMA	576	875	414	272	291	220	162	356
PIURA	370	587	259	336	368	367	1	3
MOQUEGUA	230	338	165	135	181	97	137	133
LAMBAYEQUE	168	219	116	109	171	141	19	27
PASCO	147	217	102	268	188	152	-3	-5
ICA	133	172	93	73	86	77	73	56
AMAZONAS	125	189	99	213	207	213	-41	-88
LIMA METROPOLITANA	1	2	1	0	6	1	0	0
CALLAO	0	0	0	0	0	0	0	0
LORETO	0	0	0	0	0	0	0	0
MADRE DE DIOS	0	0	0	0	0	0	0	0
SAN MARTIN	0	0	0	0	0	0	0	0
TACNA	0	0	0	2	2	0	0	0
TUMBES	0	0	0	0	0	0	0	0
UCAYALI	0	0	0	0	0	0	0	0

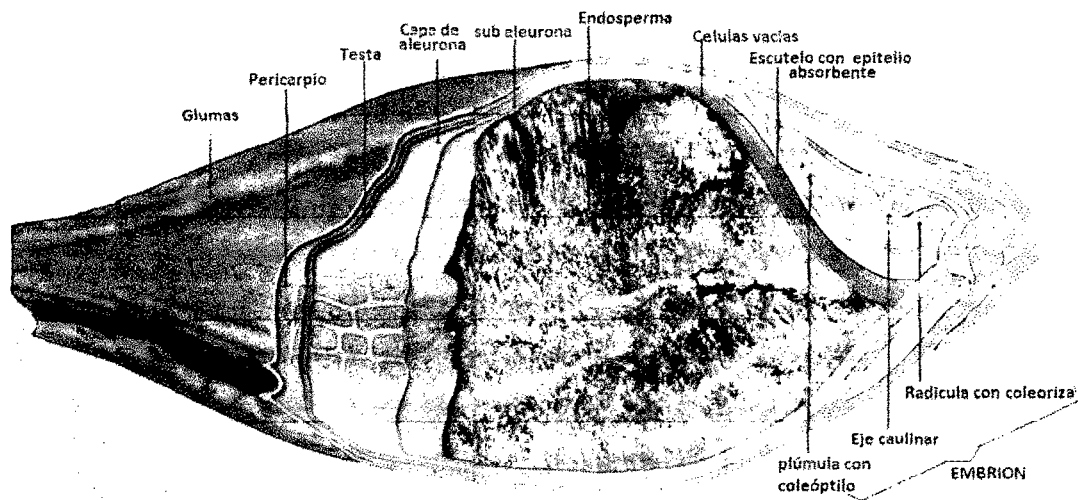
Fuente: MINAGRI-OEEE, 2014.

Según investigaciones la cebada es buena para prevenir o tratar algunas enfermedades, de ahí que en ocasiones se le diera un uso medicinal. Por ejemplo, gracias a su composición nutricional se ha relacionado el consumo de cebada por una reducción de las lipoproteínas LDL causantes de la presencia del colesterol nocivo, por lo que es buena para tratar el exceso de colesterol (Lascano, A., 2009).

2.2.3. Estructura del grano de cebada.

El grano está vestido por palea y lema, la primera cubre el grano y la segunda lo envuelve. El tamaño depende de las condiciones ambientales. Longitud máxima de 9,5 mm. y mínima de 6,0 mm; de ancho 2,5 y 3,0 mm (Molina Cano J.L., 1989)

El endospermo ocupa la mayor parte del grano y constituye la reserva alimenticia de la planta (almidón), la cual será posteriormente la fuente de azúcares del mosto. Sin embargo, la levadura no puede metabolizar este almidón, ya que posee una estructura formada por cadenas complejas de azúcares. Por este motivo debe ocurrir una transformación previa del almidón a azúcares sencillos (glucosa, maltosa y maltotriosa), tal proceso se realiza en la cocción y en el malteado (Molina Cano J.L., 1989)



Fuente: Klaus Brenner (2005)

Figura 05: Estructura del grano de la cebada.

2.2.4. Composición química de la cebada.

En el cuadro siguiente se muestra la composición del grano de la cebada, siendo identificado el β -glucano como componente principal de la fibra soluble del grano de cebada, constituyendo el 75% (w/w) de la pared celular. Su estructura molecular es la responsable de su solubilidad en agua y contribuye a su papel beneficioso en la salud humana (López P, 2007).

Cuadro 04: Composición química del grano de la cebada en 100 gr.

Componentes	Porcentajes (%)
Humedad	12.0 – 13.0
Carbohidratos	65.0 – 72.0
Proteína	10.0 – 11.0
Grasa	1.5 – 2.5
Fibra	2.5 – 4.5
Ceniza	2.0 – 3.0

Fuente: Callejo, 2002

A. Proteínas.

Las proteínas en la cebada están compuestas de cuatro grupos que varían en solubilidad. La fracción de albúmina corresponde a menos del 10% de las proteínas; a las globulinas corresponde aproximadamente el 20%, las hordeínas (solubles en alcohol al 70%) constituyen el 30% y el 40% restante de las proteínas son glutelinas. Aproximadamente la mitad de los residuos de aminoácidos en las hordeínas están constituidas de glutamina o prolina; la composición de aminoácidos de las glutelinas se asemeja a la de las hordeínas, pero es menos extrema. Las albúminas y las globulinas se conforman por enzimas, nucleoproteínas y glucoproteínas, sustancias biológicamente activas que juegan un papel crítico durante la germinación. De las cuatro fracciones proteicas, las albúminas y las globulinas tienen el menor balance de aminoácidos esenciales, porque son especialmente ricas en lisina. Aproximadamente el 80% de las proteínas del grano es de almacenamiento y reserva como las prolaminas y glutelinas. (López P., 2005).

La fracción proteica más importante desde el punto de vista nutricional son las prolaminas, estas proteínas de almacén se forman en los protoplástidos durante la maduración del grano. Las prolaminas están encerradas en los llamados cuerpos proteicos localizados en el endospermo. Esta fracción proteica adquiere distintos nombres según el cereal, en la cebada se llama hordeína. Las glutelinas son las principales proteínas estructurales del endospermo, básicamente se encuentran situadas dentro de la matriz proteica y asociadas con las prolaminas (López P, 2006).

Las proteínas de los cereales, como la mayoría de las proteínas vegetales, son deficientes de ciertos aminoácidos, esenciales como la lisina, treonina, histidina, metionina y triptófano. En su estructura primaria, las moléculas de proteína están formadas por cadenas de aminoácidos unidos entre sí por enlaces peptídicos entre el grupo carboxilo (COOH) de un aminoácido y el grupo amino. En las proteínas de los cereales se encuentran unos 18 aminoácidos diferentes. (Borneo, R., 2008).

B. Lípidos

La materia grasa (lípidos), se encuentra en menor proporción en relación a otros constituyentes del grano de cebada. Sin embargo, estos constituyentes tienen una gran importancia desde el punto de vista para procesos metabólicos. Más de la mitad de los lípidos de los cereales son lípidos no polares, principalmente triglicéridos, así como diglicéridos y ésteres de esteroides y ácidos grasos libres. El resto son lípidos polares como son glicolípidos y fosfolípidos (Callejo, 2002).

Cuadro 05: Ácidos grasos presentes en 100gr de cebada.

NOMBRE	PORCENTAJE (%)
Acido palmítico	25
Acido oléico	8
Acido linoleico	61
Acido linolénico	6

Fuente: Callejo, (2002).

Los lípidos de la cebada se concentran en el embrión y en la capa de aleurona y son ricos en ácidos grasos insaturados. Aunque el grano entero sólo tiene el 2% de material extractable en éter de petróleo, los embriones aislados contienen el 15%. En la cuadro 05 se presentan algunos ácidos grasos esenciales presentes en el grano de cebada. (López P., Guzmán, 2005).

C. Carbohidratos.

La cebada es rica en azúcares o hidratos de carbono, principalmente en almidón y celulosa y cantidades menores de maltosa y rafinosa. En proporciones menores, contiene también hidratos de carbono simple como fructosa y glucosa y otros azúcares.

La cebada al igual que el resto de los cereales, es un alimento que proporciona una gran cantidad de energía (aproximado de 354 Kcal/ 100g). El poder energético de la cebada proviene principalmente de su riqueza en los hidratos de carbono que es de 76.38%. La rafinosa es el mayor de los oligosacáridos presentes en la cebada y se considera cerca de 25% de los carbohidratos de bajo peso molecular del grano. Más del 80% de este oligosacárido está en el embrión y su metabolismo es rápido durante los estados de germinación. Comparando con otros cereales, posee más hidratos que el maíz 74.2%, que el trigo 68.3% o que la avena 66.27% aunque un poco menos que el arroz 77.24%. (López P, 2007).

La sacarosa está virtualmente restringida al embrión y a la aleurona, representa del 12 al 15%. La rafinosa es también otro de los constituyentes principales del embrión y corresponde aproximadamente al 5% del peso seco, las vainas contienen más de los dos tercios de los granos de celulosa; las paredes celulares del endospermo harinoso central carecen de celulosa verdadera (López P, 2007).

La cebada madura puede contener más del 2% de fructosanos y a diferencia del almidón, en el que se encuentran restringidos al endospermo, los fructosanos se distribuyen en todo el grano. Los polisacáridos no amiláceos incluyen todos los componentes del grano no unidos mediante enlaces α -glucosídicos. Incluyen celulosa, β -glucanos, hemicelulosas y gluco y galacto-mananos. Las glicoproteínas son similares a las pentosanas porque poseen una larga fracción polisacáridica pero solo una relativamente pequeña fracción proteica. (Callejo, 2002).

D. Minerales.

Su importancia fisiológica es que intervienen en la regulación de ciertos estados fisicoquímicos de los tejidos y líquidos corporales. Tienen además, gran importancia para la regulación del equilibrio ácido-base, intervienen sobre la contractilidad muscular, sobre la excitabilidad nerviosa (el aumento de K actúa excitando el vago y los aumentos de Ca excitan el simpático), influyen en los efectos de las hormonas (el potasio intensifica la acción de la tiroxina y debilita la acción adrenalínica, el calcio atenúa la acción de la tiroxina y aumentan la acción adrenalínica) (Isla, C.R. 1998).

La importancia de los minerales para el buen funcionamiento del organismo y su influencia en la conservación de la salud es algo que está ampliamente demostrado. Por tanto, la existencia de carencias o subcarencias, tan frecuentes hoy en día, debido al tipo de alimentación, modo de vida, poca calidad de los alimentos, etc., tienen grandes repercusiones a nivel del organismo. Destacamos su contenido en: Potasio y Sodio, necesarios para mantener el equilibrio osmótico celular, evitando tanto la retención de agua (edemas) y las deshidrataciones, así como las consecuencias que de ello se derivarían a nivel de los diferentes órganos, (corazón, circulación, riñón, transmisión nerviosa, etc.) (SARH. 1983).

Por la presencia de Calcio, Fósforo y Magnesio, interviene en la excitabilidad neuromuscular, favoreciendo la contracción muscular y evitando la aparición de fatiga muscular (también interviene en esta acción el Na y el K). La carencia de estos elementos nos pueden dar alteraciones óseas (osteoporosis), nerviosas (insomnio, hiperemotividad), muscular (fatiga, contracciones, calambres), cardíacas (palpitaciones), etc. (Isla, C.R. 1998).

Por su contenido en Zinc y Cobre, estimula la producción de linfocitos, aumentando la capacidad defensiva del organismo. Además la presencia de zinc favorece la génesis del fluido seminal, siendo útil en casos de impotencia sexual. (Isla, C.R. 1998).

2.3. ARVEJA.

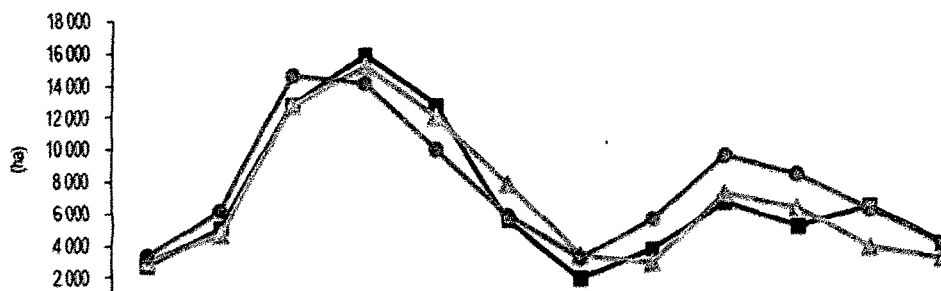
Arveja es una de las plantas cultivadas más antiguas, encontrándose referencias escritas de haber sido ya utilizada por pueblos neolíticos del Cercano Oriente, 7.000 a 6.000 años a.C., la zona de cultivo comprendida desde el Mediterráneo, pasando por el Medio Oriente, hasta el suroeste de Asia. Su cultivo se expandió a regiones templadas y zonas altas de los trópicos de todo el mundo, siendo hoy ampliamente cultivada y consumida, ya sea como hortaliza fresca o como semilla seca, en casi todos los países, siendo Estados Unidos, India, Rusia, Francia y Gran Bretaña, los mayores productores de arveja verde del mundo (Castro 2005).

2.3.1. Clasificación de arveja.

Reino	: Vegetal.
Clase	: Angiosperma.
Subclase	: Dicotiledóneas.
Orden	: Leguminosas.
Familia	: Papilionaceae.
Género	: Pisum.
Especie	: Sativum.
Nombre científico	: Pisum sativum L.
Nombre común	: Arveja, alverja, guisante, chicharo.

2.3.2. Producción nacional de Arveja.

El resto de las variables muestran una variación porcentual del avance y el mes de: cosecha (33.8 y 93.9%), producción (75.3 y 214.9%) y rendimiento (31.0 y 62.4%), las provincias que registran crecimiento en estas variables tanto en el avance como en el mes son: Huánuco (distrito de Chinchao) y Dos de Mayo, y solo en el avance la provincia de Ambo y Huamalíes. A continuación se presenta el comportamiento de siembra durante los últimos años (MINAGRI-OEEE, 2014).



Fuente: MINAGRI-OEEE, 2014.

Figura 06: Siembra de arveja en los tres últimos años, intenciones de siembra para la campaña agrícola 2014-2015 por meses.

Cuadro 06: Siembra arveja en los tres últimos años, intenciones de siembra para la campaña agrícola 2014-2015.

CULTIVOS	Intenciones de Siembra 2014-2015			Campaña agrícola			Var. (Int./ 2013-2014)	
	Estimado	Máximo	Mínimo	2011-2012	2012-2013	2013-2014 p/	%	(ha)
TOTAL NACIONAL	2 178 489	2 634 021	1 760 162	2 107 583	2 121 137	2 095 604	4,0	82 885
Frijol grano	92 583	117 133	71 619	83 497	83 690	84 077	10,1	8 506
Quinua	82 403	106 087	64 434	42 077	47 543	61 833	33,3	20 570
Haba grano seco	62 252	79 029	49 418	57 791	58 789	59 303	5,0	2 949
Arveja grano seco	56 291	70 454	44 671	54 051	54 175	51 977	8,3	4 314
Maiz choco	42 826	52 570	34 299	39 580	45 566	43 900	-2,4	-1 074
Algodón	38 433	45 168	31 708	49 430	30 393	30 616	25,5	7 817
Arveja grano verde	37 480	48 259	29 428	32 770	34 375	32 760	14,4	4 720
Olluco	29 843	40 833	22 498	28 156	29 151	29 626	0,7	217
Cebolla 2/	18 383	24 914	13 079	17 921	19 173	17 547	4,8	836
Haba grano verde	17 247	23 578	12 954	14 471	14 699	14 928	15,5	2 319
Camote	16 132	21 196	11 813	17 340	16 846	17 306	-6,8	-1 174
Zapallo	10 798	15 275	7 806	7 422	7 804	8 086	33,5	2 712
Ajo	7 773	10 818	5 542	7 856	7 632	6 810	14,1	963
Zanahoria	7 676	11 027	5 600	8 208	7 834	7 188	6,8	488
Tomate	7 491	10 582	5 435	5 754	5 899	6 528	14,8	963

Fuente: MINAGRI-OEEE, 2014.

2.3.3. La arveja en la alimentación y la salud del hombre.

Las arvejas se pueden consumir frescas o secas, las frescas son mucho más dulces y sabrosas, y contienen mucha más agua que las secas, pero menos proteínas, grasas e hidratos de carbono. El aporte energético es muy diferente si se trata de arvejas frescas (unas 74 kcal/100 g), o de arvejas secas (con un contenido calórico de unas 317 kcal/100 g). Este contenido calórico es debido principalmente a la presencia de hidratos de carbono (56%) y proteínas (21,6%), ya que su contenido en grasa es poco significativo (2,3%) (Castro C, 2005).

La arveja aporta cantidades considerables de hidratos de carbono, constituidos en su mayor parte por hidratos de carbono complejos como el almidón, y una pequeña proporción de sacarosa. No obstante, cuando la arveja es fresca, recién recogida, presenta un sabor más dulce, debido a la presencia de azúcares simples, que conforme pasa el tiempo, se transforman en almidón. Es entonces cuando las arvejas se muestran algo menos dulces, se secan y son más difíciles de digerir. (Castro C, 2005).

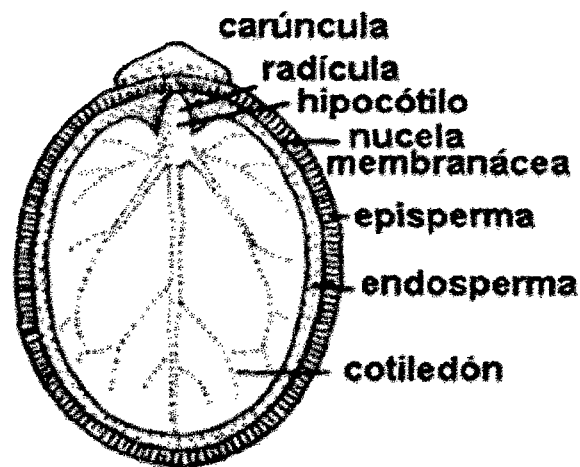
El contenido proteico es diferente dependiendo de si son arvejas frescas (6%) o secas (22%). Las arvejas secas aportan las mismas proteínas que el resto de las legumbres. No obstante, las proteínas presentes en la arveja, al igual que en otras legumbres, contienen un exceso de lisina y son pobres en metionina. Por este motivo, se aconseja combinarlos con otros alimentos (con los cereales, por ejemplo, que son ricos en metionina, pero les falta lisina) para obtener una proteína de mayor calidad. (Castro C, 2005).

Las arvejas, como todas las legumbres, son una importante fuente de fibra. Contienen fibra de los dos tipos: soluble e insoluble. La fibra soluble ayuda a reducir niveles elevados de colesterol y azúcar en sangre, mientras que la fibra insoluble contribuye a regular el buen funcionamiento del intestino, evitando el estreñimiento. Además, la fibra en general, produce sensación de saciedad, con lo cual se nota menos "hambre", y es muy útil para un control y pérdida de peso. Las arvejas secas contienen abundante fibra en su piel, lo que le confiere su textura rígida y dura (Castro C, 2005).

2.3.4. Estructura del grano de arveja.

El ciclo vital de las plantas abarca en su fase de reproducción sexual la formación de estructuras que contiene un pequeño embrión. Este embrión se origina del crecimiento, por división celular de la ovocélula, la cual es fertilizada por el núcleo espermático del polen. El embrión, envuelto en el tegumento derivado del óvulo, es la unidad de dispersión, conservación y reproducción de la especie; se denomina semilla (Gómez, G.H. 2008).

Los elementos básicos de la estructura de una arveja son: tegumentos, embrión y tejido de reserva, los cuales constituyen el esporofito joven parcialmente desarrollado. En las semillas de algunas plantas el tejido nuclear persiste y puede originar el perispermo (Gómez, G.H. 2008).



Fuente. Maria Gonzalez Ana (2013)

Figura 07: Estructura de grado de arveja.

A. Episperma.

El epispermo es una cubierta seminal; en algunas semillas está constituido por dos partes: la testa o cubierta seminal externa, que puede ser considerada pétrea, coriáceas, membranosa o carnosa. En la testa se puede reconocer: el hilo o cicatriz que señala el punto de intersección de la semilla al funículo, a través de él el agua penetra con facilidad; el micrópilo u orificio por el cual penetra el tubo polínico al rudimento seminal; el rafe, sutura que se origina del contacto estrecho del rudimento seminal anátropo con el funículo. Las excrescencias de la testa son: el arilo que se origina en el hilo y la carúncula, estructura de consistencia esponjosa y de origen micropilar (Medina, C., 1989).

B. Endospermo

El endospermo es la cubierta seminal interna, es delgada y generalmente blanquecina. Los tegumentos, testas o cubiertas protectoras delimitan la semilla. Están constituidos por una o varias hileras de células originadas de integumentos ovulares y a veces por pericarpio que se origina a partir de las paredes del ovario. (Medina, C., 1989).

Las funciones de la cubierta externa de las semillas son (Medina, C., 1989):

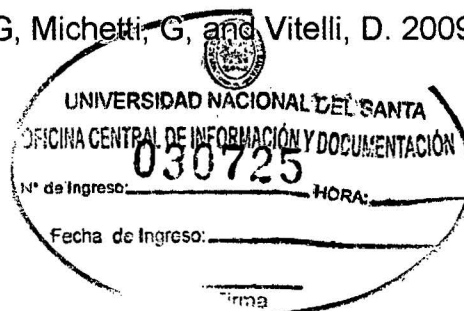
- Mantener unidas las partes internas de la semilla.
- Proteger las partes internas contra el choque y la abrasión.
- Servir como barrera contra la entrada de microorganismos a la semilla.
- Regular la velocidad de rehidratación de la semilla.
- Normalizar el intercambio gaseoso.
- Inhibir la germinación, causando hornacina.

C. Eje embrionario.

El embrión o eje embrionario tiene función reproductiva, siendo capaz de iniciar divisiones celulares y crecer. Es la parte vital de la semilla. Es un eje porque inicia el crecimiento en dos direcciones con el fin de originar la raíz y el vástago. El eje embrionario es generalmente pequeño, en comparación con otras partes de la semilla. El embrión es la planta en miniatura. Está constituido por radícula, plúmula, uno o dos cotiledones, hipocótilo y epicótilo (Prieto, G, Michetti, G, and Vitelli, D. 2009).

D. Tejido de reserva.

A partir del tejido de reserva se obtiene las sustancias orgánicas que son fuente de energía para la elaboración de nuevas paredes celulares, citoplasma y núcleos, desde que se inicia la germinación hasta que la planta se torna autotrófica, es decir es capaz de sintetizar materia orgánica mediante el proceso de fotosíntesis. Las reservas de la semilla pueden localizarse en los cotiledones, en el endospermo o en el perispermo. Los cotiledones se originan del cigoto y hacen parte del embrión. En muchas especies el embrión se desarrolla absorbiendo todo el endospermo y acumulando sustancias de reserva en los cotiledones; en estos casos, los cotiledones se presentan voluminosos y las semillas se llaman exalbuminosas (Prieto, G, Michetti, G, and Vitelli, D. 2009).



El núcleo del endosperma primario se forma por la fusión de un espermatozoide con dos núcleos polares o con un núcleo secundario y se inicia un proceso continuo de divisiones que culmina con la formación del endospermo. En muchas especies, en los primeros estados de desarrollo del endospermo se forman numerosos núcleos libres y posteriormente se originan las paredes. En otras, las divisiones nucleares son seguidas inmediatamente por divisiones celulares completas (Medina, C., 1989).

2.3.5. Composición química de la arveja.

La arveja es una fuente relativamente barata de proteínas y fácil de producir siendo además un alimento que no está muy explotado en el mercado. Tiene un alto contenido de proteínas y ha sido sugerida como una fuente alternativa de proteínas, sobre todo en circunstancias donde la soya no se puede usar por intolerancias o reacciones alérgicas. Las arvejas, como la mayoría de las leguminosas, son deficientes en metionina y ricas en lisina, al contrario de los cereales. Estas carencias se pueden superar realizando mezclas apropiadas con productos de legumbres, a fin de aumentar la calidad proteica de los productos panificados (Castro C., 2005).

La composición química del grano de arveja se encuentra en el siguiente cuadro.

Cuadro 07: Composición química de la arveja en 100 gr.

COMPONENTES	ESTADO	
	Verde %	Seco %
Agua	70 – 75	10 – 12
Proteína	5,0 – 7,0	20 – 23
Carbohidratos	14 – 18	61 – 63
Grasa	0,2 – 0,4	1,5 – 2,0
Fibra	2,0 – 3,0	5,0 – 7,0
Cenizas	0,5 – 1,0	2,5 – 3,0

Fuente: Terranova Enciclopedia Agropecuaria (2011)

A. Proteínas.

Las leguminosas poseen gran cantidad de proteínas, lo que las transforma en un alimento nutricionalmente interesante

Bressani y Elias (1980) indican que la arveja (*Pisum sativum*) contiene hasta 28,8% en peso seco, de proteínas. También mencionan en su estudio que el contenido de proteínas en leguminosas varía entre un 17 y 40%. La arveja tiene un alto contenido de proteína (26%) y junto a su contenido de carbohidratos la convierte en un alimento de alto interés para la alimentación humana (Castro, 1996).

Gómez (1983) señala que el contenido proteico de las leguminosas generalmente es superior al 20%, lo que las convierte en alimentos concentrados. Zorita, Piccioni; FAO; Lain. Son citados por GOMEZ (1983), que entregan diferentes contenidos proteicos para la arveja, tales como 15,9; 19,4; 22,5 y 21,0%, respectivamente.

Las proteínas de semillas de leguminosas son ricas en lisina y suplementan muy bien a las proteínas de los cereales, deficitarios en este aminoácido esencial, pero que presentan un buen aporte de metionina, del cual las leguminosas son deficitarias (Pennacchiotti, 1989).

Cuadro 08: Contenido de aminoácidos en la arveja.

Aminoácidos esenciales	g/16 g N
Cistina	1,0
Metionina	0,9
Lisina	7,3
Isoleucina	4,2
Leucina	7,0
Fenilalanina	4,4
Tirosina	3,1
Treonina	3,8
Triptófano	—
Valina	4,7

FUENTE: CUBERO y MORENO (1983).

B. Carbohidratos.

En conjunto con las proteínas otorgan a la leguminosa su calidad nutricional, los carbohidratos en leguminosas oscilan entre 57 y 65%, dependiendo de la especie (Altschul, 1974). Según Castro (1996), señala que el contenido de carbohidratos es un 60% en arvejas. Müller e Isbary; Isbary son citados por Garrido (1979) e indican que más del 50% del peso seco de la arveja son carbohidratos, un 5 a 6% son azúcares que se encuentran en la forma de cinco componentes diferentes; glucosa, sacarosa, rafinosa, estaquiosa y verbascosa. Garrido (1979), indican que existe una diferencia entre el contenido de azúcares de arvejas rugosas y lisas, donde las primeras tienen siempre un nivel más alto que las segundas.

Haro es citado por Castro Contreras (2005) quien analizó la calidad nutritiva de las leguminosas de grano, indica que para arvejas de grano rugoso el contenido de carbohidratos es de 60% y para arvejas de grano liso es de 67%, cuyo principal constituyente es el almidón. En cuadro siguiente se presentan datos sobre el contenido de carbohidratos.

Cuadro 09: Composición de carbohidratos de la arveja en 100 mg.

Tipo de azúcar	Grano liso	Grano rugoso
Almidón	47,9	32,9
Xilosa	6,3	4,9
Azúcares solubles en etanol	Menor a 10	10,2
Sacarosa	30	34

FUENTE: CUBERO y MORENO (1983).

C. Lípidos.

Los lípidos contenidos en las leguminosas constituyen un pequeño porcentaje sobre toda la composición, variando de 1 a 6% dependiendo de la especie Bressani (1980). Un estudio, citado por (Altschul 1974), determina que el contenido de triglicéridos en arvejas es 0,89%. Las leguminosas usualmente contienen sólo entre 1 y 2% de lípidos, existen algunas excepciones notables como soya o maní que contienen 18 y 43,3%, respectivamente (Haro, 1983).

D. Fibra.

Los granos de leguminosas comestibles poseen comúnmente entre un 3 y un 8% de fibra cruda (Altschul, 1974). En muchos países son consumidos descascarados, debido a su cutícula fibrosa, lo que aumenta su digestibilidad y valor nutritivo (Pennacchiotti, 1989).

El contenido de fibra cruda en arveja oscila entre 0,4 y 1,1% para harina precocida y de 4,8 a 6,5% para harina cruda, observándose la disminución de su contenido al ser sometida a la precocción, Bressani (1980), menciona el contenido de fibra cruda para la especie *Pisum sativum* igual a 6,7% de peso seco. (Romeo. 1983). Silva (1990) indica la importancia de mantener niveles de fibra inferiores a 10% del alimento, ya que el contenido de fibra incide directamente sobre el consumo del alimento, aumentando su tamaño y distensibilidad estomacal, además disminuye el tiempo de evacuación gástrica, disminuyendo la digestibilidad de la materia seca debido a que el alimento se mantiene por menor tiempo en el tracto digestivo.

E. Minerales.

El contenido de cenizas en las leguminosas varía en un rango entre 2,5 y 4,2%, encontrándose fósforo en mayores cantidades, cerca de 300 mg/100 g de leguminosa; el contenido de calcio disponible es cercano a 100 mg/100 g; contenido de hierro entre 5 y 12 mg/100 g; en definitiva las leguminosas son fuentes pobres de minerales. El proceso de germinación permite una mayor disponibilidad de minerales (Altschul, 1974). El contenido de cenizas en harina de arveja cruda es de un 3% y para la harina precocida es de un 6,8%. (Romeo 1983).

Cuadro 10: Porcentaje de minerales en harina de arveja. (mmg/100gr).

Tipo de harina	Fe	P	Ca	Cu	Na	K
Harina de arveja cruda	33,3	302	56	0,95	28	886
Harina de arveja precocida	16,4	276	64	0,55	2012	719

Fuente: Romeo (1983).

El contenido de fósforo para granos de arveja descascarados varía según su contenido proteico, por ejemplo, para granos con 28,5% de proteína el contenido de fósforo es 0,36%, para 24,2% de proteína contendrá un 0,30%, los rangos presentados llegan hasta 0,46% y presentan una leve relación inversa con el contenido proteico. (Reichert y Mackenzie, 1982).

F. Vitaminas.

Las leguminosas son claramente una buena fuente de tiamina, riboflavina y niacina, también se destaca que su contenido se ve favorecido con el proceso de germinación (Altschul, 1974). Según la investigación presentada por Romeo (1983) se indica que los promedios de tiamina para la harina cruda y precocida de arveja fueron 0,61 y 0,12 mg/100g respectivamente. Y para la riboflavina fueron 0,08 y 0,04 mg/100g respectivamente.

2.4. MEZCLA DE LOS ALIMENTOS.

El promotor de esta teoría nutricional fue el médico estadounidense Williams Howard Hay. Nacido en Pennsylvania en 1866. Desarrolló un método de alimentación, al que denominó "combinar alimentos", consistente en hacer coincidir en la misma comida alimentos de condiciones digestivas similares con alimentos compatibles entre ellos durante el proceso de digestión.

Los alimentos son, desde un punto de vista exclusivamente químico, sólido o líquido que aportan al organismo la energía y los materiales que este necesita para desarrollar sin problemas sus funciones de crecimiento, reparación y reproducción. Los nutrientes son las sustancias contenidas en los alimentos que se encargan de llevar a cabo esas funciones. Estos pueden ser divididos en dos grupos fundamentales, Macronutrientes (grasas, proteínas e hidratos de carbono). Micronutrientes como vitaminas y minerales (Pennacchiotti, I. 1989)

Normalmente la ingesta de complementos proteicos suele hacerse cuando queremos conseguir masa muscular de forma rápida sin sopesar las consecuencias que esto puede tener para nuestro cuerpo, y es que un exceso de proteínas en la dieta puede afectar a los riñones y al hígado. Pero no solamente podemos conseguir esto, sino que demasiadas proteínas pueden desencadenar un aumento de la cantidad de grasa corporal, ya que si nuestros músculos no las utilizan se acaba convirtiendo en grasa aumentando nuestro volumen pero de forma insana y opuesta a la que buscamos cuando entrenamos en el gimnasio (CODEX STAN 146-1985).

2.5. REOLOGIA DE LAS HARINAS.

Las propiedades reológicas determinan el comportamiento de las masas de harina durante el manejo mecánico, además de su influencia en la calidad del producto final. Tener conocimiento del comportamiento reológico de las masas y sus propiedades empieza a tomar importancia debido a la creciente automatización de la industria de la panificación (Mani, 1992).

Cuando harina y agua son mezcladas y sometidas a un amasado, ocurre una desnaturalización mecánica de las proteínas del gluten. Básicamente se pueden imaginar que en la masa sometida a fuerzas externas los enlaces débiles que mantienen juntos a sus constituyentes pueden romperse y reformarse, seguidos del relajamiento de la masa, total o parcialmente, bajo la aplicación de un esfuerzo (Masi 1998).

La glutenina es la porción a la que se le atribuye el papel de dar firmeza y fuerza, en tanto que la gliadina actúa como el adhesivo que mantiene unidas las partículas de glutenina. Un componente crítico en la masa para pan, la harina, es responsable por mucho del carácter viscoelástico y por ello ha sido el centro de las investigaciones en reología dinámica. El gluten y las principales mezclas del almidón se emplean frecuentemente en las pruebas reológicas, no solo para controlar el contenido de proteína en la masa, además ayuda a comprender la interacción con otros ingredientes como el almidón dañado, agua y pentosanas solubles e insolubles, celulosa, lípidos y proteínas incluidas enzimas (Masi 1998).

Las medidas dinámicas de módulos de una geometría regular sometida a pequeñas amplitudes de deformación (pruebas oscilatorias) son una técnica deseable en la caracterización de la influencia del contenido de agua y temperatura en el comportamiento reológico de las masas (Hoseney 1995).

2.5.1. Modelos reológicos.

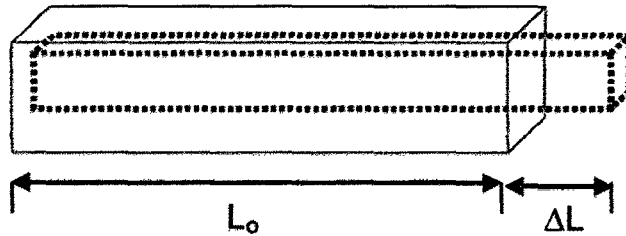
Las propiedades reológicas de un alimento pueden expresarse en términos de funciones viscosas, elásticas y visco elásticas que relacionan el esfuerzo con la deformación. El esfuerzo, definido como una fuerza sobre unidad de área y expresado generalmente en Pa (N/m²), puede producirse por tensión, compresión o corte, mientras que la deformación, medida adimensional, es la razón del cambio de longitud de deformación con la longitud original del material cuando se aplica un esfuerzo.

La derivada de la deformación con respecto al tiempo de la velocidad de deformación expresado en s⁻¹. Las funciones de viscosidad se utilizan generalmente para relacionar el esfuerzo con la velocidad de corte en sistema líquidos, mientras que las funciones de elasticidad relacionan el esfuerzo con la deformación en materiales sólidos (Rao V., Dexter 2000).

Las ecuaciones que muestran la relación entre el esfuerzo y la deformación se denominan ecuaciones reológicas de estado o ecuaciones constitutivas. Una ecuación constitutiva es útil para predecir el movimiento o flujo de un material y estimar los fenómenos e interacciones físicas de sus componentes. El conocimiento del comportamiento reológico de las masas se puede profundizar si se desarrollan ecuaciones fundamentales que relacionen la composición, la estructura y el comportamiento del material con su procesamiento. La aplicación de las ecuaciones constitutivas requiere de datos reológicos (esfuerzo, deformación y/o velocidad de corte) que estén disponibles en unidades fundamentales. En el caso de las masas, datos apropiados para el análisis por ecuaciones constitutivas o modelos reológicos son relativamente escasos (Bagley, 1992).

El modelo extensional biaxial se puede desarrollar a partir de las ecuaciones de deformación y esfuerzo; por consiguiente, si se considera una barra regular levemente elongada en ΔL por una fuerza de tensión, su longitud se representa como se muestra en la Ecuación 1.

$$L = L_0 + \Delta L \dots \dots \dots \text{Ecuacion (1)}$$



Fuente Bagley, (1992).

Figura 08: Extensión lineal de un elemento.

ΔL puede expresarse en terminos de la deformacion de Cauchy (ϵ_c deformacion de ingenieria) o la deformacion de Hencky (ϵ_h deformacion verdadera).

$$\epsilon_c = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L}{L_0} - 1 \dots \dots \dots \text{ecuacion (2)}$$

$$\epsilon_h = \int_{L_0}^L \frac{dL}{L} = \ln\left(\frac{L}{L_0}\right) \dots \dots \dots \text{ecuacion (3)}$$

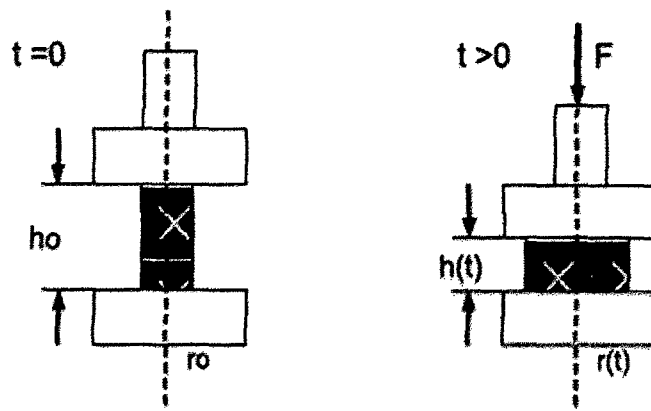
La selección del tipo de deformación a utilizar se determina por la conveniencia del método, eh se prefiere para cálculos con productos que presentan grandes deformaciones (Steffe, 1996).

Cuando se aplica un esfuerzo de compresión en dirección vertical como en la siguiente, la deformación de Hencky se representa como en la Ecuación 4.

$$d\epsilon_h = -\frac{dh}{h} \dots \dots \dots \text{Ecuación (4)}$$

Donde h es función del tiempo y representa la altura que separa los platos. La velocidad de deformación se representa en la Ecuación 5.

$$\bar{\epsilon}_h = \frac{d\epsilon_h}{dt} = \left(-\frac{1}{h}\right) \frac{dh}{dt} \dots \dots \dots \text{ecuación (5)}$$



Fuente. Bagley, (1992).

Figura 09. Prueba de flujo extencial con velocidad constante del plato Superior y deformación controlada.

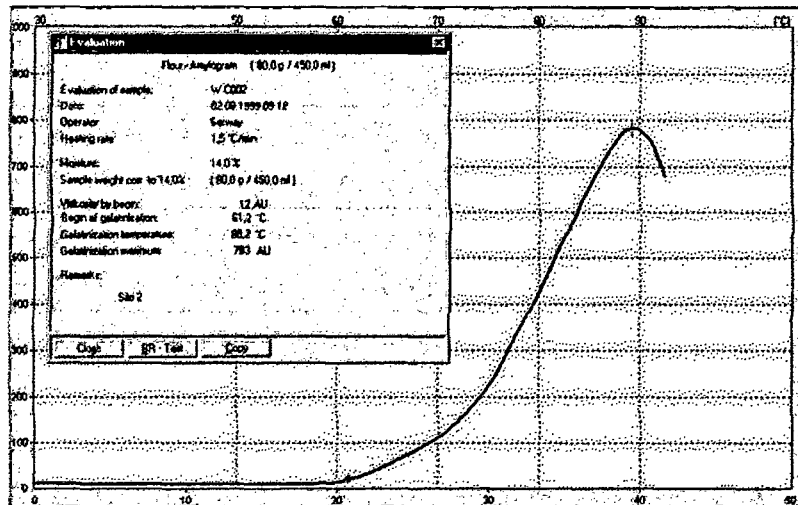
2.5.2. Equipos reológicos.

A. Amilógrafo.

Durante muchas décadas, el amilógrafo de Brabender ha sido y sigue siendo el instrumento estándar a nivel mundial para la medición de las propiedades de gelatinización y la actividad enzimática (α -amilasa) de la harina de trigo y de centeno. El instrumento permite (TecnoSA 2012):

- Evaluación de la calidad de la harina y de su idoneidad para varias aplicaciones.
- Control de producción y control de la mezcla de harinas en el molino.
- Medición de las propiedades de horneado de la harina (contenido de α -amilasa, máximo de gelatinización, temperatura en el máximo de gelatinización).
- Evaluación de harinas especiales.
- Medir la influencia de la adición de enzimas.

El equipo ha sido completamente revisado y actualizado y ahora aparece con características técnicas mejoradas y en un nuevo diseño compacto. El sistema de medida mecánico fue sustituido por un sistema electrónico. El resultado es el amilógrafo-E, equipo de medida computarizado y que cumple con los estándares internacionales.



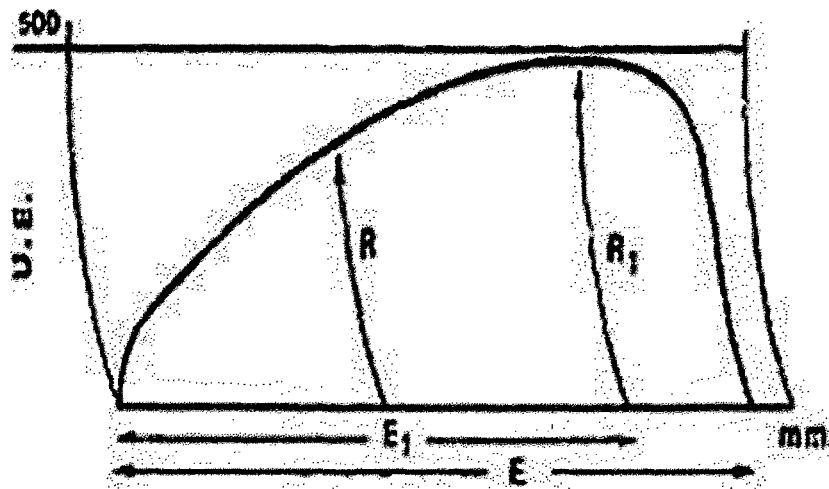
Fuente: Tecnosa (2012).

Figura 10: Índices y comportamiento de amilógrafo.

B. Extensógrafo.

El extensógrafo mide la estabilidad de la masa y la resistencia que la misma opone durante el período de reposo. Se utiliza exclusivamente para los trigos blandos y es particularmente apto para examinar la influencia que tienen algunos agentes mejorantes, como el ácido absórbico sobre la masa. Determina el cambio en la tenacidad y elasticidad de la masa con respecto al tiempo, principalmente en la etapa de fermentación (Oliver, J.R., Allen, H.M. 1992). Los principales índices que se obtienen de la curva son:

- **Resistencia R**, altura del extensograma (U.E.) correspondientes al punto de base situado a 5cm de distancia del comienzo de la curva.
- **Resistencia R1**, altura máxima de la curva.
- **Extensibilidad E**, corresponde a la longitud de la base desde el comienzo hasta el final del extensograma (mm).
- **Extensibilidad E1**, longitud de la base desde el comienzo de la curva hasta el final del punto correspondiente a la máxima resistencia R1.
- **La resistencia R/E**. Si la relación R/E es grande la masa será poco extensible.
- **Área del extensograma**, fuerza de la masa, área bajo la curva del extensograma.



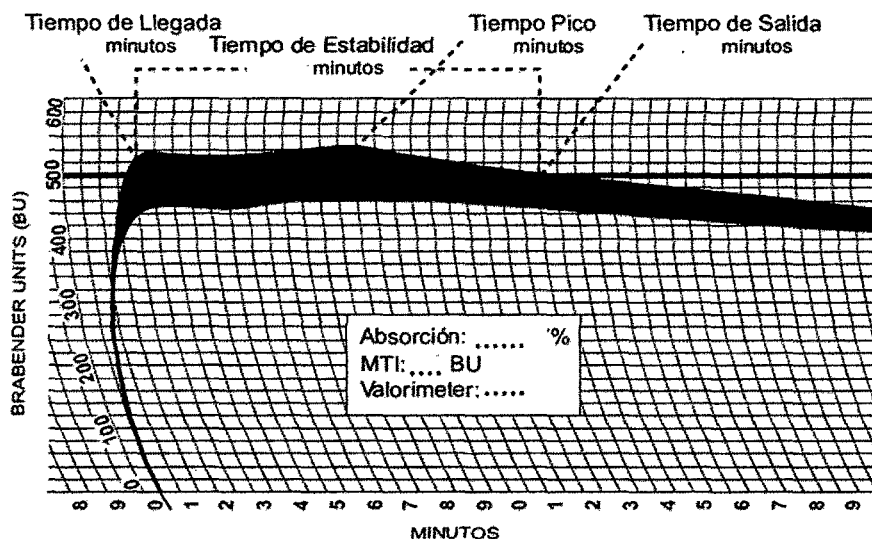
Fuente: Surco Almendras J., Alvarado K. (2010)
Figura 11: Comportamiento de un extensograma.

C. Farinógrafo.

El análisis farinográfico permite medir la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y la absorción del agua necesaria para alcanzar ésta consistencia. Esta prueba mide la resistencia que opone la masa al amasado y consiste en determinar por medio de prueba y error la cantidad óptima de agua para lograr la consistencia ideal de la masa (500 Unidades Brabender). Los parámetros reportados son (Serna-Saldívar, 1996):

- tiempo de desarrollo (TdFar),
- absorción de agua (Abs, %),
- estabilidad (Est, min) e
- índice de tolerancia al amasado (ITA).

El TdFar es el tiempo que tarda la masa en adquirir su consistencia óptima. La estabilidad y el ITA son parámetros importantes, sobretodo en la industria de panificación, ya que dan una idea de la calidad de la masa, si la misma es sobreamasada o trabajada en exceso. La industria panadera prefiere harinas con alta absorción de agua, tiempo promedio de mezclado y buena estabilidad o ITA (Serna-Saldívar, 1996).



Fuente: Serna-Saldívar, (1996).

Figura 12: Comportamiento de curvas del farinógrafo.

2.6. GENERALIDADES DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL.

2.6.1. Definición.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206.004 (INDECOPI, 1988), pan de molde es el producto obtenido por la cocción en moldes, de una masa fermentada hecha básicamente con harina de trigo, agua potable, sal, azúcar, levadura y manteca, pudiendo tener otros ingredientes y aditivos permitidos.

2.6.2. Clasificación

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206.004 (INDECOPI, 1988), según el grado de extracción de la harina utilizada, el pan de molde se clasificará en:

- PAN INTEGRAL: Es el pan de molde elaborado con harina integral.
- PAN BLANCO: Es el pan de molde elaborado con harina, con un máximo de 82% de extracción.
- PAN CORRIENTE: Es el pan de molde elaborado con harina de más de 82% hasta 86% de extracción.
- PAN TOSTADO DE MOLDE: Es el producto que como producto anterior tiene el pan de molde y que ha sido tostado (o secado) bajo condiciones controladas.

2.6.3. Composición del pan de molde integral.

Las proporciones de composición y calidad de los del pan de molde integral pueden variar según el tipo y la cantidad de los ingredientes así como la forma en que se he preparado el alimento, además de otros factores que puedan intervenir en la modificación de sus nutrientes. El pan de molde integral es un alimento sin colesterol y por lo tanto, su consumo ayuda a mantener bajo el colesterol, lo cual es beneficioso para nuestro sistema circulatorio y nuestro corazón (INDECOPI, 1988).

A continuación se muestra una tabla con el resumen de los principales nutrientes del pan de molde integral. En ellas se incluyen sus principales nutrientes así como como la proporción de cada uno.

Cuadro 11: Composición química proximal de pan de molde integral (100gr.)

Componentes	Cantidad
Proteínas	10.90g.
Humedad	38.0 g
Carbohidratos	44g.
Grasas	3 g.
Fibra	6.g
Colesterol	0.g
Sodio	530 mg
Azúcar	1.80g.
Caloría	259 kcal.
Vitamina A	0.0 ug
Vitamina C	0.30 mg
Vitamina B12	0.08 ug
Calcio	99mg.
Hierro	3.77 mg

Fuente USDA (2009)

A. Proteínas.

La cantidad de proteínas del pan de molde integral, es de 10,90 g. por cada 100 gramos. Las proteínas que tiene el pan de molde integral, se usan en nuestro organismo para crear nuevas proteínas, responsables de construir tejidos, como los de nuestra masa muscular, y regular los fluidos del organismo entre otras funciones. Las proteínas de este alimento perteneciente a la categoría de los panes, están formadas por aminoácidos como ácido aspártico, ácido glutámico, alanina, arginina, cistina, fenilalanina, glicina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, prolina, serina, tirosina, treonina, triptófano y valina. Estos aminoácidos se combinan para formar las proteínas del pan de molde integral (Calderón, 2005). Nuestro cuerpo usa las proteínas del pan de molde integral para construir los tejidos que forman nuestros músculos. Estas proteínas también son útiles y necesarias para mantener nuestros músculos ya que sin un aporte adecuado de proteínas, como las que proporciona el consumo de pan de molde integral, nuestra masa muscular se debilitaría y reduciría paulatinamente. Las proteínas del pan de molde integral se descomponen en aminoácidos en nuestro organismo para su asimilación. Además de ser útiles para la creación de nueva masa muscular, también intervienen en funciones fisiológicas sin las cuales, nuestro organismo no podría subsistir (Quaglia, 1991).

B. Calorías.

La cantidad de calorías del pan de molde integral, es de 259 kcal. por cada 100 gramos. El aporte energético de 100 gramos de pan de molde integral es aproximadamente un 9% de la cantidad diaria recomendada de calorías que necesita un adulto de mediana edad y de estatura media que realice una actividad física moderada. Las calorías de este alimento, que pertenece a la categoría de los panes, proporcionan a nuestro organismo la energía que necesita para realizar las actividades diarias. Sin calorías como las que proporciona el pan de molde integral, no tendríamos energía pero es importante tener en cuenta que un exceso de calorías puede producir sobrepeso (Calderón, 2005).

C. Carbohidratos.

A continuación, se muestran una serie de tablas con la cantidad de carbohidratos del pan de molde integral, uno de los alimentos pertenecientes a la categoría de los panes(Carrera 1995):

Cuadro 12: Carbohidratos en pan de molde integral (por 100gr.)

Nutriente	Cantidad	Nutriente	Cantidad
Azúcar	1,80 g.	Lactosa	0 g.
Fructosa	0 g.	Maltosa	0 g.
Galactosa	0 g.	Oligosacáridos	0 g.
Glucosa	0 g.	Sacarosa	0 g.

Fuente: (Mohan,, 2005).

Los ácidos orgánicos del pan de molde integral tales como Ácido acético, Ácido oxálico, Ácido cítrico, Ácido tartárico, Ácido láctico, Ácidos y Ácido málico son menores a 0.05g de 100 g de pan de molde integral (Carrera 1995):

Los hidratos de carbono no disponibles del pan de molde integral es de Almidón 42,20 g., Lignina 0 g., Almidón resistente 0 g., Polisacáridos no celulósicos insolubles 0 g., Celulosa 0 g., Polisacáridos no celulósicos solubles 0 g. La cantidad de estos nutrientes corresponde a 100 gramos de pan de molde integral (Peña, 2002).

D. Aminoácidos.

A continuación, se muestran la cantidad de aminoácidos del pan de molde integral, uno de los alimentos pertenecientes a la categoría de los panes: Ácido aspártico 628 mg., Leucina 762 mg, Ácido glutámico 3239 mg., Lisina 343 mg., Alanina 405 mg., Metionina 182 mg., Arginina 481 mg., Prolina 1083 mg., Cistina 236 mg., Serina 532 mg., Fenilalanina 528 mg., Tirosina 311 mg., Glicina 418 mg., Treonina 335 mg., Hidroxiprolina 0 mg., Triptófano 142 mg., Histidina 244 mg., Valina 500 mg., Isoleucina 422 mg. Estos aminoácidos se combinan para formar proteínas. La cantidad de aminoácidos, corresponde a 100 gramos de pan de molde integral (Quintero. 2008).

2.6.4. Ingredientes para la elaboración del pan de molde integral.

Los ingredientes indispensables o básicos en la elaboración del pan de molde son: la harina de trigo, el agua, la levadura y la sal. Si faltará sólo uno de estos ingredientes no se podría elaborar el pan de molde. Estos ingredientes son los responsables de las características, apariencia, textura y sabor del pan (Calaveras. 2004).

Los ingredientes secundarios son: el azúcar, la grasa, el suero de leche y aditivos. Se puede producir pan de molde sin estos ingredientes, pero si queremos tener mayor calidad en los panes de molde, debemos de utilizarlas de todas maneras. A continuación se detallan cada uno de los ingredientes (Calaveras. 2004).

A. Harinas de trigo.

Según la Legislación peruana, harina es el producto resultante de la molienda del grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) con o sin separación parcial de la cáscara. La designación "harina" es exclusiva del producto obtenido de la molienda de trigo. A los productos obtenidos de la molienda de otros granos (cereales y menestras), tubérculos y raíces le corresponde la denominación de "harina" seguida del nombre del vegetal de que provienen. A este tipo de harinas se les denomina sucedáneas (IIAI .1977).

La harina de trigo es la materia prima esencial en el completo sentido de la palabra: formadora de la masa para la elaboración de productos panificables. La harina de trigo tiene gluten que se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina: 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 de las piezas. La cantidad de proteína es muy diferente en diversos tipos de harina (Calderón P. 2005).

a) Clasificación del trigo según su comercialización.

De acuerdo a su hábito de crecimiento éstos se clasifican en trigos invernales, primaverales e intermedios o facultativos. El trigo hexaploide (*Triticum aestivum*), comúnmente conocido como harinero, también se clasifica con base en el color de su grano en rojo y blanco. El trigo tetraploide (*Triticum durum*) es comúnmente conocido como durum o cristalino y tiene color ámbar (Gómez E. 1989).

La clasificación del trigo, con base en su uso o procesamiento, es de acuerdo a su textura y características de fuerza de gluten. Los trigos de gluten fuerte y extensible (grupo 1) son necesarios en los procesos mecanizados de panificación (pan de molde en general) en los cuales las masas deben tolerar el trabajo intenso al cual son sometidas. Estos trigos también son utilizados como correctores de trigos de menor fuerza de gluten. Los trigos con gluten medio fuerte y extensible (grupo 2) son aptos para la producción semi-mecanizada y manual de pan a partir de masas fermentadas (pan blanco, pan de masa hojaldrada y pan dulce, moldeados manualmente y horneado sin molde) y no fermentadas (pan plano como el árabe, tortilla de harina, etc.) (Gómez E. 1989).

Por otro lado, los trigos de endospermo suave (o blando) y gluten débil (grupo 3), son requeridos en la industria galletera y de repostería. Estos trigos deben poseer un contenido de proteína menor que el de los trigos de los grupos 1 y 2. Los trigos de gluten tenaz (poco extensibles), del grupo 4, son altamente indeseables en la industria panificadora, ya que producen masas de panificación que, por el hecho de tener extensibilidad muy limitada, presentan poca tolerancia al sobremezclado, deficiente capacidad de expansión durante la fermentación y el horneado. El trigo cristalino o durum (grupo 5) produce semolina (harina gruesa) de color amarillo y posee un gluten medio fuerte a fuerte y tenaz, adecuado para elaborar pastas alimenticias muy densas y resistentes (Gómez E. 1989).

Cuadro 13. Clasificación del trigo con base en sus características generales de calidad y su uso industrial.

Grupo de calidad	Fuerza de gluten	Uso industrial	Observaciones
Grupo 1 (F)	Fuerte/extensible	-Panificación mecanizada -Mejorador de trigos de menor fuerza de gluten	Endospermo duro a semi-duro
Grupo 2 (M)	Medio/extensible	-Panificación manual y semi-mecanizada	Endospermo duro a semi-duro
Grupo 3 (S)	Débil/extensible	-Galletería y repostería -Panificación artesanal	Endospermo suave (blando)
Grupo 4 (T)	Medio/tenaz (poco extensible)	-Algunos productos de repostería	Endospermo duro a semi-duro No panificable
Grupo 5 (C) (<i>T. durum</i>)	Fuerte/tenaz	-Elaboración de pastas alimenticias (espagueti, etc.)	Endospermo muy duro y cristalino No panificable

Fuente: Peña (1991).

b) Cantidad de proteína.

El contenido de proteína del grano de trigo puede variar entre 9 y 17%, dependiendo de factores genéticos y factores asociados con el cultivo del cereal. Una propiedad única del trigo es que cuando su proteína insoluble hace contacto con el agua, forma el gluten que confiere visco-elasticidad a la masa de panificación. Por lo tanto, el gluten es el componente del grano de trigo más determinante de la calidad del mismo. Esta propiedad del trigo es una de las principales razones de que sea el cereal más cultivado del mundo (la otra es su gran adaptabilidad a diversos ambientes) (Callejo P. 2002)

La proteína del gluten representa entre 78 y 85% de la proteína total del endospermo de trigo y, por lo tanto, las variaciones en el contenido total de proteína indican las variaciones en el contenido de gluten. Esta relación está bien establecida y, en consecuencia, cuanto mayor el contenido de proteína (y de gluten) mayor será la calidad (fuerza de gluten) de panificación de la variedad (Acosta S. 2001).

c) Calidad de proteína.

La cantidad de proteína, por sí sola, no siempre puede explicar las diferencias en las propiedades viscoelásticas de las masas de diferentes variedades. Por lo tanto, la calidad de la proteína del gluten es también un factor determinante (Sánchez H. 2009).

Cuadro 14. Principales genes relacionados con la calidad del trigo.

Característica	Gen	Cromosoma
Dureza del grano	<i>Ha</i>	5DS
Puroindolinas	<i>Pina-D1</i>	5DS
	<i>Pinb-D1</i>	5DS
Almidón (contenido de amilosa y amilopectina)		
Enzimas del granulo de almidón	<i>Wx-1</i>	7AS,4AL,7DS
Proteínas de almacenamiento		
Gluteninas	<i>Glu-1</i>	1AL,1BL,1DL
	<i>Glu-3</i>	1AS,1BS,1DS
Gliadinas	<i>Gli-1</i>	1AS,1BS,1DS
	<i>Gli-2</i>	6AS,6BS,6DS
	<i>Gli-3</i>	1AS,1BS
Contenido de proteína	<i>Pro1, Pro 2</i>	5DL, 5DS
Enzimas		
Alfa-amilasas	<i>Alpha-Amy-1</i>	6AL,6BL,6DL
	<i>Alpha-Amy-2</i>	7AL,7BL,7DL

Fuente: Weegels (1996).

La calidad de la proteína del gluten (propiedades viscoelásticas o fuerza de gluten) depende de dos factores principales (Weegels, 1996):

- La proporción de dos componentes denominados gliadina (proteína que confiere flujo viscoso a la masa) y glutenina (da elasticidad y extensibilidad a la masa).

- La presencia de unidades específicas de glutenina, conocidas como gluteninas de alto (APM) y de bajo (BPM) peso molecular, que pueden contribuir de manera positiva o negativa a la obtención de gluten fuerte y extensible.

Debido a diferencias genéticas mayores, el trigo harinero tiene algunas proteínas del gluten que el trigo cristalino no posee (las del genomio D). Por esto, el gluten del trigo cristalino no presenta la extensibilidad necesaria para producir masas expansibles de panificación, lo cual, por el contrario, sí es favorable para elaborar pastas alimenticias rígidas y densas. Dado que la mayoría de las proteínas que contribuyen a la formación de gluten se encuentran bajo control genético, éstas pueden ser manipuladas y recombinadas mediante el fitomejoramiento.

d) Clasificación de la harina de trigo

La clasificación de las harinas de trigo son (Tejero 2002):

- **Harina Fuerza:** Es la harina que contiene un elevado contenido de gluten, hecho que facilita que la masa pueda fermentar y retener el gas generado es una especie de burbujas. Debe proceder de trigos especiales o duros. Debido a que la harina puede absorber más cantidad de agua, da como resultado un pan más tierno y que aguanta más tiempo sin secarse.
- **Harina Floja:** Se utiliza para preparar aquellas elaboraciones de pastelería y repostería que no se deben trabajarse excesivamente para evitar que tomen correa.
- **Harinas acondicionadas y enriquecidas:** Las harinas no siempre reúnen las condiciones óptimas para poder proporcionar un buen resultado en las elaboraciones de pastelería que deban prepararse utilizando tecnología moderna.

Si se elabora un pan esta harina presenta problemas en la fermentación, la masa no esponja tanto, hace que quede más apelmazado, y tiende a secarse rápidamente.

En estas ocasiones se le añaden ciertos productos (aditivos) con objeto de mejorar el nivel de plasticidad de la masa obtenida y sus características organolépticas de sabor, aroma y color, así como reducir el tiempo de fermentación. En el caso de harinas enriquecidas únicamente se aumentan el número de nutrientes, por ejemplo las proteínas (Lazcano A. 2009).

e) Composición de la harina de trigo.

En el cuadro siguiente se presenta la composición química de la harina de trigo:

Cuadro 15. Composición de la harina de trigo en 100gr.

Componentes	Mínimo (%)	Máximo (%)
Proteínas	7.5	15.0
Cenizas	0.3	1.0
Grasas	1.0	1.5
Fibras	0.4	0.5
Carbohidratos	68.0	75.0

Fuente: Weegels (1996).

➤ **Carbohidratos:**

Es el componente principal de la harina. Es un polisacárido de glucosa, insoluble en agua fría, pero aumentando la temperatura experimenta un ligero hinchamiento de sus granos.

El almidón está constituido por dos tipos de cadena (Brumovsky Luis. 2013):

- ✓ Amilosa: polímero de cadena lineal.
- ✓ Amilopectina polímero de cadena ramificada.

Junto con el almidón, vamos a encontrar unas enzimas que van a degradar un 10% del almidón hasta azúcares simples, son la alfa y la beta amilasa. Estas enzimas van a degradar el almidón hasta dextrina, maltosa y glucosa que servirá de alimento a las levaduras durante la fermentación (Gomez E. 1989).

➤ **Proteínas:**

La cantidad de proteínas varía mucho según el tipo de trigo, la época de recolección y la tasa de extracción. El gluten es un complejo de proteínas insolubles en agua, que le confiere a la harina de trigo la cualidad de ser panificable. Está formado por (Badui D. 1999):

- Glutenina, proteína encargada de la fuerza o tenacidad de la masa.
- Gliadina, proteína responsable de la elasticidad de la masa.

La cantidad de gluten presente en una harina es lo que determina que la harina sea "fuerte" o "floja". La harina fuerte es rica en gluten, tiene la capacidad de retener mucha agua, dando masas consistentes y elásticas, panes de buen aspecto, textura y volumen satisfactorios. La harina floja es pobre en gluten, absorbe poca agua, forma masas flojas y con tendencia a fluir durante la fermentación, dando panes bajos y de textura deficiente.

➤ **Grasas:**

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 (Calaveras Jesús, 2004).

➤ **Humedad:**

La humedad de una harina, según la norma peruana ITINTEC 205.027,1986 nos señala que no puede sobrepasar el 15%, es decir que 100 kilos de harina pueden contener, como máximo, 15 litros de agua. Naturalmente la harina puede estar más seca (Calaveras Jesús, 2004).

➤ **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 su tasa de extracción (Acosta S., 2001).

B. Levadura.

La levadura es un organismo vivo capaz de crecer y reproducirse cuando encuentra el ambiente propicio. Son vegetales microscópicos que pertenecen a la familia *Saccharomyces* siendo exclusivo para panificación *Saccharomyces cerevisiae*, haciendo posible la fermentación alcohólica cuando se le somete a ciertas condiciones especiales. La levadura para actuar necesita humedad, azúcares simples (levulosa y dextrosa), materiales nitrogenadas que lo toman de la proteína de la harina, minerales y temperatura adecuada, pero su actividad depende de su contenido de enzimas, coenzimas y activadores (Bennion, 1970).

La fermentación en los alimentos es casi siempre una mezcla de carbohidratos, grasas, proteínas, etc. Los cuales sufren modificaciones simultáneas bajo la acción de diferentes tipos de fermentos. Merece también ser destacada la importancia de la levadura por el gran poder alimenticio que provee al organismo, ya que posee un alto contenido de proteínas y complejo vitamínico del grupo B (Calaveras Jesús, 2004).

La levadura es un fermento que produce una sustancia que rompe los almidones de la harina y los transforma en azúcar y éstos a su vez en alcohol y gas carbónico, que le da al pan su carácter esponjoso.

La cantidad de levadura a utilizar en una masa está regulada por (Calaveras Jesús, 2004):

- ✓ Tiempo de fermentación : fermentaciones largas necesitan menos levadura
- ✓ temperatura: la recomendada para una buena acción de la levadura es 26°C. Temperaturas más bajas retendrán la acción, temperaturas altas debilitan su acción (sobre 35°C) sobre los 60°C se muere totalmente. Para una buena conservación se puede refrigerar a 5°C.
- ✓ Riqueza de la fórmula: fórmulas con alto contenido de azúcar, sal, leche grasas y huevos deben llevar más levadura.
- ✓ La fuerza de la harina: harinas duras requieren más tiempo de fermentación y menos cantidad de levadura.: harinas blandas requieren más levadura para reducir el tiempo de fermentación.

C. Materia grasosa.

Las materias grasas pueden ser elaboradas a partir de aceites hidrogenados animales o vegetales, o a partir de grasas animales como manteca de cerdo o grasa de vacuno (Quaglia, 1991):

:

- Manteca o grasa de cerdo. Brindan un buen sabor al pan.
- Mantequilla. Es la grasa separada de la leche por medio del batido.
- Aceites vegetales. Se obtienen sometiendo las semillas a un proceso de prensado (girasol, maíz, soya, ajonjolí etc.).

Las grasas son sustancias que se emplean para la elaboración de productos horneados mejorando la característica de las masas, donde las grasas se reparten en finas capas entre los hilos del gluten de la masa, produciendo un efecto lubricante, da una masa suave y la uniformidad de la miga es más pronunciada (Quaglia, 1991).

La manteca vegetal hidrogenada y/o la manteca animal tienen importantes funciones (Hernández C., 2000):

- ✓ Función lubricante: es la más importante en el proceso de panificación. La grasa se distribuye en la masa uniformemente impidiendo la fuga de humedad del producto.
- ✓ Función aireadora: importante en el ramo de la pastelería, donde se requiere incorporar al batido gran cantidad de aire para incrementar su volumen. Esta tarea la debe realizar la materia grasa, que captura el aire en forma de pequeñas burbujas para acumular el vapor durante el horneado, generando así el volumen.
- ✓ Función estabilizadora: confiere resistencia a los batidos para evitar "su caída" durante el horneado. Se encuentra estrechamente ligada con la función aireadora de la masa en la panificación. Sirve para acondicionar el gluten, permitiéndole un adecuado desarrollo.
- ✓ Conservación del producto: las propiedades de los productos que nosotros percibimos con los sentidos, se conservan con la adición de la materia grasa. Propiedad organoléptica. El producto se conserva fresco durante un tiempo más prolongado, debido a que mantiene una mayor cantidad de humedad retardando el proceso de envejecimiento.

D. Azúcar.

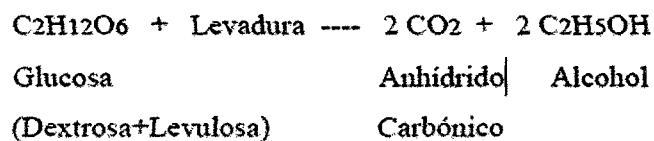
El agregado de pequeñas cantidades de azúcar a masas de levadura, produce una fermentación más activa al ser demolida por las enzimas de la levadura (sacarosa, enzimas).

Mayores cantidades de azúcar, en cambio, demoran la fermentación, pues el azúcar daña la levadura al extraer el agua. Las masas ricas en azúcar, deben por ello, llevar una mayor cantidad de levadura y se recomienda la preparación de una esponja (Calaveras. 2004).

El azúcar es usado en la panificación por diversas razones, las principales son (Calaveras. 2004):

- ✓ Es un alimento de la levadura.
- ✓ Contribuye al ablandamiento inicial de la mezcla.
- ✓ Aumenta la tolerancia de la fermentación.
- ✓ Determina la temperatura del horneado.
- ✓ Da color al pan al caramelizarse en la corteza durante la cocción
- ✓ Mejora la conservación
- ✓ Mejora la textura de la miga
- ✓ Da al pan mayor valor nutritivo y mejora su sabor.
- ✓ La cantidad de azúcar varía dependiendo del tipo de producto los porcentajes van del 2% al 25%.
- ✓ Los mejoradores tienen azúcares propios, por tanto no es necesario agregar más cantidad.

Quaglia (1991) , menciona que la levadura ataca a los azúcares fermentables (dextrosa y levulosa) que están presentes en la harina, como la maltosa formada en la hidrólisis del almidón, por eso su importancia en la disposición de azúcares para producir CO₂ que sirva para elevar la masa según la ecuación



E. Agua.

El agua es uno de los ingredientes más importantes en la elaboración del pan, y su calidad tiene una importancia fundamental en la técnica de la panificación, en la excelencia del producto, en la estructura de costos y en la comercialización (Hernández C. 2000).

La cantidad de agua depende del tipo de pan, de la harina y su capacidad de absorción y de la maquinaria que tenemos en el taller.

El agua es el elemento fundamental para solubilizar los ingredientes de panificación: activa la levadura y las enzimas de la malta, el agua hidrata los almidones de la harina, que junto con el gluten, dan por resultado, una masa plástica, suave y elástica. Esta masa va crecer por acción del gas que se produce en la fermentación (Calaveras. 2004).

El agua es el agente necesario para el desarrollo y formación del gluten una vez que la harina hidratada es sujeta a la acción mecánica del mezclado o amasado, la distribución del agua en la masa es generalmente de 31% con la gliadina y las gluteninas 46% con la fracción almidonosa y 23% con la pentosanas. Una vez que la masa es sujeta al proceso de horneado para la formación de pan pierde aproximadamente 10% de humedad y 77 y 23% del agua queda ligada a la porción almidonosa gelatinizada y a las pentosanas respectivamente. El gluten se desnaturaliza y prácticamente pierde su función legadora de agua (Serna, 1996).

La presencia del agua hace posible la porosidad y el buen sabor del pan. Una masa con poco agua da un producto seco y quebradizo. El agua blanda no tiene minerales, cuando se trabaja con ella se forman masas pegajosas. Lo más recomendable es utilizar el agua medianamente dura (de lluvia o potable). Esta tiene suficientes sales minerales que refuerzan el gluten y sirven como nutrientes para la levadura mejorando de esta forma la producción (Quaglia 1991).

F. Sal.

Es otro de los ingredientes básicos en la elaboración del pan. Se conoce como sal comestible o simplemente sal al cloruro sódico obtenido y conservado de forma que se pueda utilizar en la alimentación humana (Serna, 1996).

La sal cumple las siguientes funciones (Calaveras 2004):

- ✓ Controla la acción de la levadura evitando fermentaciones indeseables en la masa, retarda la fermentación de la levadura y con la mayor fuerza del gluten, produce una fermentación más lenta y equilibrada, con suficiente estabilidad en la fermentación final. La miga resulta de poros finos.
- ✓ Mejor coloración de la corteza: la sal por sí misma no produce color, pero como en la masa quedan más azúcares (al demorar la fermentación se consumen menos azúcares) con capacidad de oscurecer la corteza.
- ✓ Ejerce una función bactericida, Coadyuva a mantener la humedad de la pieza una vez que esta ha salido del horno.
- ✓ Da sabor y hace resaltar los sabores de los otros ingredientes
- ✓ Fortalece el gluten, mejora la consistencia y capacidad de elaboración de la masa.
- ✓ La cantidad de sal a utilizarse, varía con el tipo de pan que se desea producir, de acuerdo a la formulación. El porcentaje varía del 1% al 2,5%.

2.6.5. Aditivos para pan de molde.

En la elaboración del pan de molde estará permitido el uso de los siguientes aditivos según la Norma ITINTEC 206.004 (1988), el mismo que será verificado por la autoridad sanitaria así como también la verificación de su pureza.

A. Mejorador Enzimas.

Mejoradores de Masa. Son agentes que se añaden en pequeñas cantidades como ingredientes del pan, con la intención de mejorar las características iniciales de la harina, referidas fundamentalmente al color, contenido en enzimas y características plásticas de la masa.

El mejorador completo que normalmente emplea el panadero está compuesto de diacetil tartárico, ácido ascórbico y enzimas α -amilasas. Esta mezcla de principios activos proporciona una gran expansión del pan en el horno. Cuando la subida del pan en la fase de cocción es exagerada se corre el riesgo de que el pan se arrugue durante el enfriamiento. Por tanto hay que moderar el uso de dichos mejorantes. (Calaveras Jesús 2004,).

B. Antioxidantes.

Son utilizados para alargar la vida de anaquel del producto en cuanto a estabilidad ante la oxidación de las grasas que contienen las masas para la elaboración del pan con la finalidad de evitar el enranciamiento. Cabe aclarar que su poder antioxidante no es permanente, sin embargo alargará significativamente el período de iniciación de la oxidación, la cual se inicia por compuestos catalizadores como trazas de metales, luz, temperatura, exposición prolongada al oxígeno, entre otros factores. Como ejemplos se puede mencionar al Butil Hidroxianisol (BHA), Butil Hidroxitolueno (BHT), y al Terbutil hidroxiquinona (TBHQ) (Hernández C. 2000).

C. Conservadores.

Son sustancias que se añaden a los productos alimentarios para protegerlos de alteraciones biológicas como la fermentación o enmohecimiento, putrefacción y acidificación. Los conservadores más utilizados en el ramo de la panificación son los propionatos de sodio y calcio, aunque también se utilizan los sorbatos de sodio y potasio.

- **Propionato de Calcio.** Es efectivo para prevenir el desarrollo de Bacilos productores de filamentación y hongos. Se digiere fácilmente y es metabolizado en la misma forma que los carbohidratos. Contribuye al suministro de calcio y a la reducción de sodio en los alimentos (Hernández C. 2000).

- **Propionato de Sodio.** Es efectivo para prevenir el desarrollo de Bacilos productores de filamentación y otras bacterias. Es apropiado para productos de fermentación. No tiene interferencia con leudantes como el polvo para hornear.
- **Colorantes.** Son sustancias elaboradas por procesos químicos (sintéticos), o por extracción y separación de fuentes animales, vegetales o minerales (naturales), que al ser añadidas, proporcionan atracción visual, reforzando el color característico del producto terminado o variando el color inicial con la finalidad de hacerlo más atractivo. Los más utilizados son el amarillo 5 (amarillos pollo), amarillo 6 (naranja) y carmín (rojo) y caramelo (café) (Hernández C. 2000).

D. Emulsificantes.

Se denominan emulsificantes o emulsionantes a las sustancias que favorecen la formación y estabilización de las emulsiones. Una emulsión está compuesta por dos elementos no mezclables: uno de ellos es un producto con afinidad por las materias grasas (lipófilo) y el otro con afinidad por el agua (hidrófilo), es decir, el objetivo principal de estos productos es unir moléculas de agua y aceite en forma homogénea lo que se denomina balance hidrolipofílico.

Las gotas de agua dispersas se reagrupan para formar una capa acuosa diferenciada de la capa aceitosa. Los emulsionantes, gracias a la estructura particular de sus moléculas, compuestas de una parte hidrófila y otra lipófila, forman una película resistente en la superficie de las gotitas dispersadas y evitan así su combinación. De esta forma los emulsionantes sirven de unión entre las dos fases de la emulsión (Hernández C. 2000).

A continuación se presentan algunos de los emulsificantes que más se utilizan en panificación existen otros más sin embargo solo se presentan los que son más funcionales y fácil de adquirir (Calaveras Jesús, 2004).

- **La lecitina.** Es un líquido que contiene fósforo, emulsificante muy usado en la industria de panificación y por ende en la industria de productos con levadura.
- **El huevo.** Fue uno de los primeros emulsificantes usados en alimentos. La yema de huevo contiene lecitina lo que contribuye a estabilizar la emulsión.
- **Mono y Diglicéridos.** Estos dos emulsificantes son muy utilizados por su funcionalidad y estabilidad que ofrecen.
- **Estearil 2 - lactilato de sodio.** Es menos utilizado que los anteriores pero también usado en algunas formulaciones.

2.6.6 Etapas del procesamiento del pan de molde integral.

Para obtener buenos resultados finales, es indispensable contar con fórmulas debidamente balanceadas y contar también con materias primas de buena calidad y que sean confiables. El método utilizado es el de masa directa procedimiento reportado por el Servicio Nacional de Aprendizaje - Colombia (SENA). Manual sobre el proceso de panificación (1985).

A. Pesaje y Medición:

se hace de acuerdo con las cantidades establecidas en la formulación para cada producto, pesar todos los ingredientes sólidos y medir los líquidos utilizando balanza y recipiente con escala de medidas, este pesaje se debe realizar lo más preciso posible de lo contrario los productos saldrán con muchos defectos. El pesado no debe realizarse por aproximación ni utilizando medidas como la pizca, el puñado.

B. Mezcla y Amasado.

Los objetivos de este paso son la distribución homogénea de los ingredientes y un adecuado desarrollo del gluten. Los métodos más empleados son el directo en el cual todos los ingredientes se mezclan al mismo tiempo y el de esponja en el cual inicialmente solo se mezclan la mitad de los ingredientes, completándose la mezcla después de la fermentación.

Durante el amasado se producen diversos efectos que posteriormente caracterizarán al pan:

- Homogeneización: al añadir agua se produce un cambio en el estado natural de las materias primas transformándose todos los ingredientes en un solo cuerpo llamado masa. Una masa está bien amasada cuando:
 - ✓ Se agarra en un solo cuerpo a los brazos de la amasadora.
 - ✓ Estirando una porción de la misma tiene la suficiente elasticidad como para formar una fina película de masa.
 - ✓ Se observan poros blancos que determinan una buena oxigenación.
 - ✓ Como resultado del amasado obtenemos una masa fina y elástica.
- Aumento del volumen: como resultado de la hidratación de las proteínas, contacto con el oxígeno y una pequeña fermentación que se produce desde el mismo momento en el que se añade la levadura.
- Aumento de la temperatura: por el calor natural de las materias primas y del obrador junto con el calor por fricción con la amasadora y el calor que se produce en cualquier roce entre moléculas. Esto obliga a añadir hielo a la masa para facilitar el trabajo.

Cantidad de agua que se necesita para mezclar las materias primas y obtener una masa elástica, homogénea y consistente.

$$\text{Hidratación de la masa} = \text{agua} \times 100 / \text{Kg. Harina}$$

Cuando las cadenas de gluten mantienen una forma elástica y compacta, la estructura almidonosa forma un solo cuerpo y podemos afirmar que la masa tiene una buena consistencia. Este proceso es favorecido con agua no muy fría y temperaturas de masa cercanas a 24°C. La temperatura óptima debe calcularse para cada proceso.

C. Reposo.

Su objetivo es dejar descansar la masa durante aproximadamente 10 Minutos sobre una mesa, a temperatura ambiente. Esto permitirá que la masa se relaje, facilitando una mejor división y armado de la masa

D. Boleado y pesado.

La finalidad del boleado es producir una capa seca en las piezas individuales que admitan un formado suave y coexistan desgarres en la masa en el formado. El espolvoreo tiene una gran importancia ya que si existe mucha harina la pieza suele abrirse y formar grietas o malas formaciones. El formado se produce al introducir la masa en recipientes con la forma deseado del pan. La división se realiza en dos etapas:

- División y pesado de una gran masa.
- Subdivisión volumétrica después.

E. Moldeado.

Este proceso Debe hacerse en 15 - 25 minutos, ya que tiempos más largos provocará aumento de la temperatura, principio de fermentación y elevada acidez, haciendo que las masas sean excesivamente pegajosas, con pesos variables, color de la corteza desigual y ausencia de sabor característico del pan. Cuanto mayor es el tiempo de división la masa disminuye en peso por unidad de volumen.

F. Fermentación.

a) Etapas de la fermentación:

En cualquier fermentación panadera, deben producirse tres etapas fundamentales:

- **Primera Etapa:** Es una fermentación muy rápida y dura relativamente poco tiempo. Se inicia en la amasadora al poco tiempo de añadir la levadura, ya que las células de *S. cerevisiae* comienzan la metabolización de los primeros azúcares libres existentes en la harina.

- **Segunda Etapa:** Es la etapa más larga y se considera que los enzimas -amilasa, -amilasa, Glucosidasa y Aminoglucosidasa actúan sobre el almidón. En esta etapa es donde se produce la mayor cantidad de fermentación alcohólica a la par que, aunque en menor grado, también se dan otro tipo de fermentaciones complementarias como son la butírica, láctica o acética. El tiempo puede comprenderse desde el reposo de las piezas a la fermentación en cámara o masera, siendo estos tiempos bastante largos.

Los panes moldeados se colocan nuevamente en el cuarto de fermentación donde crece aproximadamente el doble de su tamaño a una temperatura de 30-35°C y una humedad entre 80-85%.

- **Tercera Etapa:** Es una fermentación normalmente de corto tiempo, aunque tiene mucho que ver con el tamaño de la pieza, ya que se finaliza cuando en el interior de la pieza se alcanzan los 55°C pues a dicha temperatura, las células de levadura, mueren. Así pues podemos decir que esta etapa acontece finalmente en el horno.

b) Procesos químicos en la fermentación.

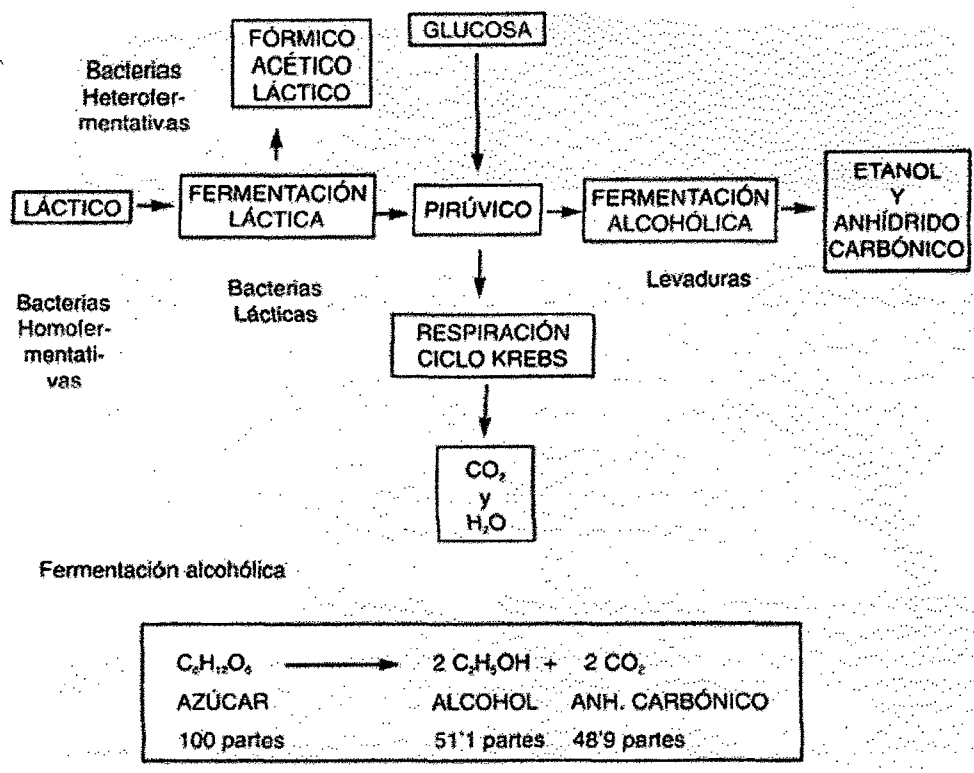
A la hora de hablar de los procesos químicos producidos en la fermentación, debemos tener en cuenta que su fundamento es producir:

- Aumento de volumen de la masa.
- Textura fina y ligera.
- Producción de aromas.

Podríamos decir que estos procesos tienen lugar en el reposo de las piezas en condiciones favorables de humedad y temperatura.

❖ **Fermentación Alcohólica:** La fermentación alcohólica es la más importante en el desarrollo canario y responsable de la mayor parte de aromas del pan. Consiste en la transformación de glucosa en etanol y anhídrido carbónico y siendo ésta característica de las levaduras.

Aproximadamente el 90% de los azúcares siguen este proceso fermentativo y el 10% restante, en la prácticas, sufren fermentaciones diferentes, que comentaremos posteriormente, originando diversos ácidos y otros compuesto siendo mayor o menor su desarrollo según sea la presencia de dichos microorganismos en la harina y en la levadura.



Fuente: Hernández C., (2000)

Figura 13: Fermentación alcohólica.

❖ **Fermentación Láctica:** Ésta se produce a partir de la hidrólisis de la lactosa, produciendo glucosa que es transformada a su vez en ácido láctico.

Esta fermentación tiene un efecto positivo ya que produce una pequeña cantidad de acidez que favorece la extensibilidad del gluten y colabora en los aromas canarios; además es necesaria una pequeña cantidad de ácido láctico, pues las levaduras para su correcta evolución necesitan algo de acidez para su correcto desarrollo y actuación.

- ❖ **Fermentación Butírica:** Esta fermentación se produce a continuación de la fermentación láctica, donde el ácido láctico es atacado por diferentes bacterias butíricas produciendo ácido butírico el cual viene acompañado de hidrógeno y anhídrido carbónico.

Si la temperatura no es muy elevada, este tipo de bacterias no se desarrollan y por tanto no aparece dicho ácido, que, en cantidades elevadas produce aromas y sabores indeseables a la masa.

- ❖ **Fermentación Acética:** Esta fermentación se genera por la acción de bacterias del género *Acetobacter*, que transforman el etanol en ácido acético y se caracterizan por reaccionar de manera óptima en presencia de aire. (Hernández C., 2000)

G. Horneado.

En esta etapa las piezas de masa sufren una serie de transformaciones de tipo físico, químico y biológico, de forma que al final obtenemos un producto comestible y con unas buenas características organolépticas y nutritivas.

Cuando el producto adquiere una temperatura interna de 45-50°C la producción de gas se inactiva por la muerte de la levadura y da el volumen final del pan y la miga se expande por la acción del gas; cuando el producto tiene una temperatura interna entre 60 - 70°C hay coagulación de proteína y gelatinización de los almidones, el producto pierde su plasticidad y adquiere la forma definitiva del pan.

En la segunda etapa ocurre el secado que forma la corteza y el cocimiento. En nuestro producto se necesita una temperatura de 190 – 200 °C durante un intervalo de tiempo de 40 minutos. Esto es debido a una menor consistencia de la masa (ya que posee una mayor cantidad de grasas) y una menor relación superficie/masa interna en relación al pan común, así como por el peso de las piezas de masa.

Durante la cocción, en el momento que se alcanza una temperatura de 100 °C parte del agua de la masa se evapora. Cuando esta migración del agua desde el interior al exterior cesa, comienza a formarse la corteza. Además, a causa de la temperatura del horno se produce una dilatación del gas y un aumento de la tensión de vapor de agua, cuya consecuencia es el rápido aumento de volumen del pan, tras aproximadamente diez minutos de cocción. Conforme la temperatura de la masa va aumentando, se producen una serie de fenómenos bioquímicos en ella:

- ✓ Tras alcanzar los 65 °C la actividad de la levadura y de las enzimas cesa. En este momento comienza la coagulación del gluten y la parcial dextrinización del almidón.
- ✓ Eliminación de agua por vaporización.
- ✓ Pérdida de la consistencia plástica de la masa, de forma que comienza a tener una estructura más rígida.
- ✓ Reducción del contenido en algunas vitaminas, fundamentalmente tiamina y riboflavina.
- ✓ El gradiente de temperaturas que se origina en el alimento hace que en el interior se forme la miga, y en cambio a temperaturas mayores, en la corteza, comience el proceso de dextrinización y caramelización de los azúcares.

Eliminación del gas presente en la masa así como de las sustancias volátiles como los alcoholes y éteres que se forman tanto en la fermentación como en la cocción, constituyendo el característico aroma del producto final.

H. Enfriado y reposo.

Es una etapa esencial para el posterior envasado ya que si envasásemos con el pan caliente se formaría una película de agua sobre la superficie del pan a causa de la evaporación de su agua de constitución, lo cual favorecería el crecimiento microbiano.

I. Rebanado y envasado.

Consiste en la división en partes iguales de las piezas de pan de molde que caracteriza el producto final. Las piezas de pan ya cortadas, serán envasadas de forma automática o manual y llevadas hacia un almacén donde se guardarán hasta su comercialización. Debe efectuarse a temperatura ambiente no todos los tipos de pan se empaquetan pero cuando se hace no se deben empaquetar panes aun calientes (27-30°C) y no empaquetar en polietilenos que contengan polímeros tóxicos (SENA, 1985).

2.7. EVALUACIÓN SENSORIAL.

La evaluación sensorial se ha definido como una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones percibidas por los sentidos de las personas hacia ciertas características intrínsecas de un alimento como son su sabor, olor, color y textura (Stone y Sidel, 2004), que son los indicadores de aceptación o rechazo de un producto, por lo que el resultado de este complejo de sensaciones captadas e interpretadas son usadas para medir la calidad de los mismos La valoración sensorial es útil además para el control del proceso, tanto como adaptación del alimento a su perfil final, como para realizar modificaciones o correcciones; permitiendo obtener condiciones para conseguir datos que posteriormente serán tratados estadísticamente (Sancho., 2002).

El análisis sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. Esta disciplina comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos e intenta aislar las propiedades sensoriales y aportar información útil para el desarrollo de productos, control durante la elaboración, vigilancia durante el almacenamiento, entre otras (Lawless y Heymann, 2010).

Las pruebas de análisis sensorial permiten traducir las preferencias de los consumidores en atributos bien definidos para un producto. La información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtiene empleando métodos de análisis denominados pruebas orientadas al consumidor (Watts , 1989). Señalan que estas pruebas deben realizarse exclusivamente con consumidores y no con evaluadores entrenados. (Arrabal y Ciappini 2000)

2.7.1. Pruebas cuantitativas de consumo.

Las pruebas empleadas para evaluar la preferencia, aceptabilidad o grado en que gusta un producto se conocen como "pruebas cuantitativas de consumo o —pruebas orientadas al consumidor" (POC), ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Existen tres dimensiones básicas en este tipo de investigación:

- ✓ sensorial o hedónica.
- ✓ conveniencia (facilidad para comprar, transportar, conservar, etc.),
- ✓ beneficios del producto relacionados con la salud.

La selección y aceptación de un nuevo producto alimenticio depende de muchos factores. El desarrollo de pruebas de análisis sensorial, adaptadas al perfil del consumidor, permite identificar preferencias o rechazos relacionados a la creación de hábitos y prácticas alimentarias. (Álvarez D., 2008).

A continuación se exponen algunos conceptos y metodologías empleados en este tipo de análisis.

- a) **Escalas de intervalo:** Permiten ordenar muestras, de acuerdo a la magnitud de una sola característica del producto o de acuerdo a la aceptabilidad o preferencia, además indican el grado de diferencia entre muestras. En las POC se registra el grado de satisfacción, el nivel de preferencia o la aceptabilidad de los productos (Watts., 1989).

- b) **Pruebas de preferencia:** En las pruebas de preferencia, a los consumidores se les presentan dos o más muestras y se les pidió que indicaran cuál es la muestra de su preferencia (Drake, 2007). Si hay más de dos muestras se puede solicitar a los consumidores que ordenen su preferencia (mayor a menor). Son prueba de fácil realización y la pregunta es comprendida por los consumidores de todas las edades, incluso aquellas con poca preparación. Para determinar las diferencias se aplica análisis estadístico no paramétrico]. Sin embargo, un inconveniente principal es que no se determina el nivel de gusto (Clark., 2009).
- c) **Pruebas de aceptabilidad:** Las pruebas de aceptación también se conocen como de *nivel de agrado* (hedónicas). Son un componente valioso y necesario de todos los programas sensoriales (. Se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores y según su tipo permiten medir cuánto agrada o desagradó dicho producto. La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo). Para determinar la aceptabilidad de un producto se pueden usar pruebas de ordenamiento, escalas categorizadas y pruebas de comparación pareada (Clark., 2009).
- **Prueba de aceptabilidad por ordenamiento** .En esta prueba se les pide a los panelistas que ordenen las muestras codificadas, con base a su aceptabilidad. Usualmente, no se permite la ubicación de dos muestras en la misma posición. Para esto se entregan a cada panelista tres o más muestras en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de tres dígitos. Todas las muestras se presentan simultáneamente, en un orden balanceado o en un orden aleatorio. En esta prueba es posible saborear las muestras más de una vez (Clark., 2009).

- **Prueba Hedónica (escala de nueve puntos):** La escala más utilizada es la escala hedónica de 9 puntos, aunque también existen variantes de ésta, como son la de 7, 5 y 3 puntos o la escala gráfica de cara sonriente que se utiliza generalmente con niños (Stone y Sidel, 2004). Es la prueba recomendada para la mayoría de estudios, o en proyectos de investigación estándar, donde el objetivo es simplemente determinar si existen diferencias entre los productos en la aceptación del consumidor (Drake, 2007).

A los panelistas se les pide evaluar muestras codificadas de varios productos, indicando cuanto les agrada cada muestra, marcando una de las categorías en la escala, que va desde "me gusta extremadamente" hasta "me disgusta extremadamente". Cabe resaltar que la escala puede ser presentada gráfica, numérica o textualmente, horizontal o verticalmente y se utiliza para indicar las diferencias en gusto del consumidor de los productos. En esta escala es permitido asignar la misma categoría a más de una muestra. Las muestras se presentan en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de 3 dígitos. Las muestras se codifican con números aleatorios. (Drake, 2007).

2.7.2. Procedimientos de evaluación sensorial.

La evaluación sensorial es llevada a cabo por los miembros de un panel de cata, preferiblemente en cabinas individuales, bajo condiciones controladas. Todas las distracciones, desviaciones y factores psicológicos adversos deben ser minimizados para que la evaluación sea realmente una evaluación de la muestra que está siendo analizada y no una reacción a circunstancias adversas, prejuicios sociales o las opiniones de los otros catadores. El nivel de ruido debe ser controlado para evitar distracciones, la temperatura y la humedad deberían estar dentro de unos niveles aceptables. Además, no debería haber olores extraños que puedan distraer a la gente al hacer los juicios sobre el producto que se está evaluando (Stone y Sidel, 2004).

Es importante que los catadores no hayan comido alimentos muy especiados o con mucho sabor antes de probar las muestras de alimentos, o sus valoraciones pueden ser alteradas. Preferiblemente, los catadores deberían no haber comido nada inmediatamente antes de llevar a cabo una prueba de sabor. Para limpiar el paladar, habitualmente se les pide a los catadores que tomen un trozo de pan tostado y un sorbo de agua para aclarar sus bocas antes de probar cualquier muestra que vaya a ser evaluadas. (Drake, 2007),

2.8. DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se podría definir el Diseño Estadístico de Experimentos (DEE), también denominado diseño experimental, como una metodología basada en útiles matemáticos y estadísticos cuyo objetivo es ayudar al experimentador a Seleccionar la estrategia experimental óptima que permita obtener la información buscada con el mínimo coste, y evaluar los resultados experimentales obtenidos, garantizando la máxima fiabilidad en las conclusiones que se obtengan.

2.8.1. Método de superficie respuesta.

Las técnicas del Diseño de Experimento (DOE) en un grupo son técnicas que ayudan a entender mejor y optimizar su respuesta. La metodología de la respuesta de superficie es regularmente usada para definir modelos después de que factores importantes han sido determinados usando diseños factoriales, especialmente si se sospecha que hay una superficie de respuesta con curvatura (Eduardo R., Alejandro Q., Lisímaco A. 2006).

La diferencia entre una ecuación respuesta de superficie y la ecuación para un diseño factorial es la adición de los términos cuadrados que permiten curvatura en la respuesta del modelo (ver gráfico siguiente), haciendo útil este para (Cornell, 2002):

- Entendimiento y mapeo de una región de respuesta de superficie. Respuesta del modelo de superficie de ecuación para ver el cambio de inputs de influencia variable a una respuesta de nuestro interés.
- Encuentro de niveles de inputs variables que optimizan una respuesta.
- Selección de las condiciones de operación que logran las especificaciones.

Las Terminologías del diseño superficie respuesta son:

- a) **Factores.** Son las condiciones del proceso que influyen la variable de respuesta. Estos pueden ser cuantitativos o cualitativos. En el presente trabajo los factores se corresponden con el ángulo de la lámina correspondiente, por tanto tendremos tantos factores como número de láminas.
- b) **Respuesta.** Es una cantidad medible cuyo valor se ve afectado al cambiar los niveles de los factores. El interés principal es optimizar dicho valor. En el presente trabajo la Respuesta no es más que el resultado de la aplicación del Criterio de Tsai-Wu.
- c) **Función de respuesta.** Al decir que un valor de respuesta Y depende de los niveles x_1, x_2, \dots, x_k de k factores, $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k$, estamos diciendo que existe una función matemática de x_1, x_2, \dots, x_k cuyo valor para una combinación dada de los niveles de los factores corresponde a Y , esto es $Y=f(x_1, x_2, \dots, x_k)$.
- d) **Función de respuesta predicha.** La función de respuesta se puede representar con una ecuación polinomial. El éxito en una investigación de una superficie de respuesta depende de que la respuesta se pueda ajustar a un polinomio de primer o segundo grado. Supongamos que la función de respuesta para los niveles de dos factores se puede expresar utilizando un polinomio de primer grado.

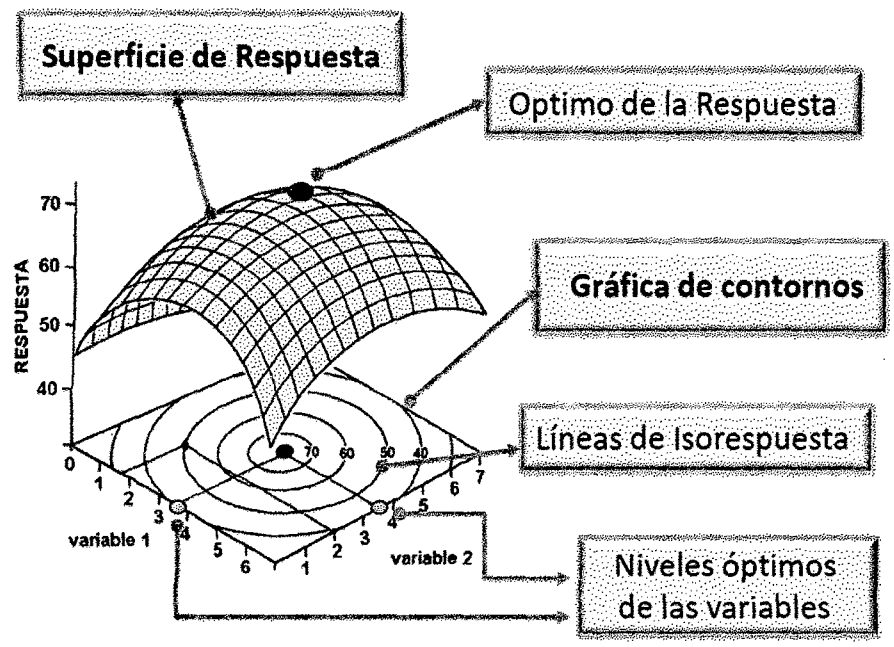
La ecuación o polinomio será.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$$

Donde β_0 , β_1 y β_2 son los coeficientes de la regresión a estimar, x_1 y x_2 representan los niveles de x_1 y x_2 respectivamente. Suponiendo que se dispone de $N \geq 3$ valores de respuesta (Y), con los estimadores b_0 , b_1 y b_2 se obtienen β_0 , β_1 y β_2 respectivamente. Al remplazar los coeficientes de regresión por sus estimadores obtenemos:

$$\bar{Y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

Donde \bar{Y} denota el valor estimado de Y dado por x_1 y x_2 .



Fuente: Soto, 2006

Figura 14: Superficie de respuesta.

Superficie de respuesta. La relación $Y=f(x_1, x_2, \dots, x_k)$ entre Y y los niveles de los k factores x_1, x_2, \dots, x_k representa una superficie. Con k factores la superficie está en $k+1$ dimensiones. Por ejemplo cuando se tiene $Y=f(x_1)$ la superficie está en dos dimensiones, mientras que si tenemos $Y=f(x_1, x_2)$ la superficie está en tres dimensiones.

2.8.2. Método de diseño de mezclas.

El diseño de mezclas fue propuesto por Scheffer (1958), el mismo autor en la década de los 60s (1963) lo utilizó en la industria química para optimizar la experimentación industrial de productos y procesos químicos, especialmente en la fabricación de insecticidas, petroquímica y cementos. En la industria de alimentos se ha venido aplicando desde la década de los 70s, el primer trabajo fue reportado por Henika y Palmer (1976) en mezcla de cereales; Huor *et al* (1981), en pruebas de valoración sensorial optimizaron las proporciones de melón, piña y naranja en un ponche de fruta, siguiendo su evolución hasta la década actual en la que muchas revistas técnicas reportan aplicaciones con diseño de mezclas (Álvarez y Salamanca, 2007).

En este tipo de experimentos los factores que intervienen son las proporciones de los componentes de la mezcla y las respuestas a optimizar son función de esas proporciones, con respecto al total y no dependen de la cantidad de cada componente. Por lo que un diseño de mezcla es para estudiar las características de los productos asociados con cambios en proporción a los componentes, condiciones del proceso, o la cantidad de la mezcla. (Solís, 2008)

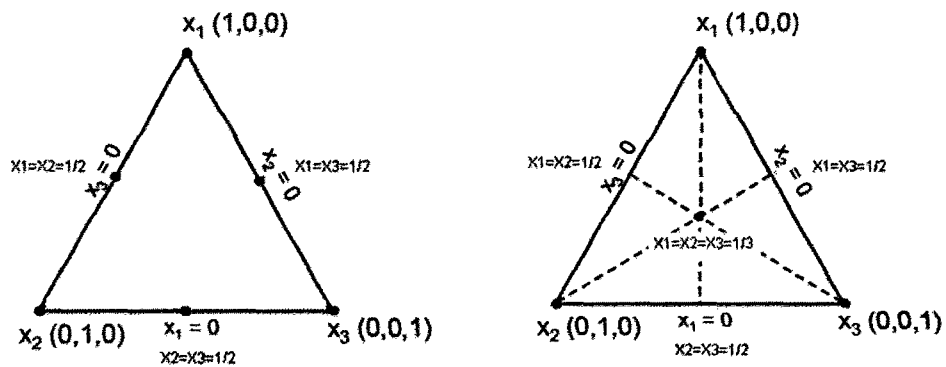
La forma como se analiza este tipo de diseño es a través de una superficie de respuesta, que es la que permite encontrar la mezcla óptima, siendo una característica especial de los diseños de mezclas en que la cantidad total de la mezcla normalmente se fija en el diseño de experimentos y la cantidad de cada componente es proporcional a la cantidad total, además la proporción en el experimento de mezclas no puede variar independientemente como en los diseños factoriales porque ellas están restringidas a que la suma sea constante (1 o 100%); si consideramos la mezcla ternaria de tres componentes, las proporciones de los tres componentes se anotarán como x_1 , x_2 y x_3 , donde:

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1$$

Estos últimos trabajan con variables que son totalmente independientes (variables de proceso), mientras los primeros están definidos para problemas de mezclas físicas de componentes donde no existe total independencia entre las variables, que en este caso son las proporciones de los ingredientes de una formulación dada. La dependencia entre las variables está condicionada por la restricción de unicidad, su representación matemática es la siguiente (Cafaggi S., 2003):

$$\sum_{i=1}^q x_i = 1$$

Donde q es el número efectivo de variables y x_i son los componentes de la mezcla física. La restricción de unicidad impone que el número efectivo de variables es $q-1$ por lo que las áreas de muestreo difieren para un problema con mezclas a uno con variables de proceso.



FUENTE: Montgomery (2002).

Figura 15-1: Diseño de red simplex para p=3 componentes **Figura 15-2: Diseño de centroide simplex para p=3 componentes.**

Cuando las proporciones en que se mezclan los ingredientes de un producto constituyen las variables de entrada o "independientes" lo más adecuado es emplear un Diseño de Mezclas. El empleo de este tipo de diseños adquiere gran importancia en campos como el de la investigación en alimentos, debido a que el desarrollo de cualquier nuevo producto o la modificación de uno ya existente que implique la mezcla de dos o más ingredientes requieren de alguna forma la realización de experimentos de mezcla. (Hare, 1974)

Los diseños con mezclas se emplean para explorar cómo los cambios en la composición de la mezcla pueden afectar las propiedades de estas. En un experimento de mezclas, los factores independientes son proporciones de diversos componentes de una mezcla. Para el diseño experimental de mezclas se usan dos tipos de diseños según el Instituto de Estadística (Institut de Statistique, 2000):

- A. Diseño simplex.:** El arreglo formado por una distribución uniforme de coordenadas de diseño en un sistema simplex, se conoce como retícula. Los diseños de retícula simplex se componen de una malla de coordenadas de diseño construidas de manera que permiten estimar las ecuaciones polinomiales de la superficie de respuesta. La designación (k, m) se usa en un diseño de retícula simplex con k componentes para estimar una ecuación polinomial de superficie de respuesta de grado m . Por ejemplo el diseño de retícula simplex tiene 3 componentes en la mezcla para estimar una ecuación de superficie de respuesta cuadrática.

- B. Diseño simplex con centroide:** El diseño simplex con centroide es un diseño en el sistema de coordenadas simplex que se compone de mezclas que contienen 1, 2, 3 o k componentes en proporciones iguales.

- C. Diseño simplex con centroide ampliado:** Es posible obtener mezclas más completas si se aumentan los diseños centroides simplex con mezclas sobre los ejes del espacio de factores. Los puntos del diseño se colocan en cada eje, equidistantes al centro o centroide hacia los vértices. Un diseño de k componentes tendrá puntos de diseño adicionales las con coordenadas.

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA.

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.

El presente trabajo se desarrolló en los siguientes ambientes:

- Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales de la Escuela Académica Profesional de Agroindustria – de la Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales de la Escuela Académica Profesional de Agroindustria – de la Universidad Nacional del Santa.
- Instalaciones de la Planta Piloto de Agroindustria – de la Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio COLECBI- Nuevo Chimbote.

En el presente trabajo se empleó las siguientes modalidades de investigación:

La Investigación bibliográfica – documental: Con el objetivo de conocer, comparar, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre una cuestión determinada, basándose en documentos, o en libros, revistas, periódicos, proyectos, tesis e internet y otras publicaciones.

Investigación experimental o de laboratorio: Se desarrolló con el objetivo de manipular las variables independientes para observar los efectos en las respectivas variables dependientes, con el propósito de precisar la relación causa – efecto. Para obtener datos confiables se realizó un control riguroso de las variables sometidas a experimentación, para luego ser procesados por medios o programas estadísticos.

3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS.

3.2.1. Materia prima.

Para la producción de pan de molde se utilizó como materia prima:

- ❖ Harina de trigo para panificación, Nicolini, de comercial DGOBA E.I.R.L., (Nuevo Chimbote).
- ❖ Harina de trigo Integral, Nicolini, de comercial DGOBA E.I.R.L., (Nuevo Chimbote).
- ❖ Harina de cebada del Mercado la Perla. (Chimbote).
- ❖ Harina de arveja del Mercado la Perla. (Chimbote).

3.2.2. Insumos.

- ❖ Ácido ascórbico en polvo, de Laboratorio de Investigación y desarrollo de productos Agroindustriales de la Escuela de Agroindustria -Universidad Nacional de la Santa. (Chimbote).
- ❖ Azúcar refinada, de comercial "Ancash" S.A.C. (Chimbote).
- ❖ Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) seca instantánea, Fleischman, de comercial "Juiissa" E.I.R.L, (Nuevo Chimbote).
- ❖ Manteca, de comercial "Ancash" S.A.C. (Nuevo Chimbote)
- ❖ Sal, de comercial "Ancash" S.A.C. (Chimbote).
- ❖ Emulsionante en polvo, de comercial "Juiissa" E.I.R.L, (Nuevo Chimbote).
- ❖ Anti moho, de comercial "Juiissa" E.I.R.L, (Nuevo Chimbote).
- ❖ Mejorador de masa, de comercial "Juiissa" E.I.R.L, (Nuevo Chimbote).

3.2.3. Equipos e Instrumentos.

- ❖ Amilógrafo "amyllograph-E", modelo 800250, De la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ❖ Farinógrafo "farinograph –AT, modelo 810161.001. De la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ❖ Extensógrafo "extensograph-E, modelo 860723. De la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.

- ❖ Amasadora o sobadora, marca NOVA, modelo K23, capacidad 40 Kg., serie 0528028, de la Planta Piloto de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ❖ Cámara de fermentación, marca NOVA, modelo MAX 1000, capacidad 40 Kg, serie 0516001, de la Planta Piloto de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ❖ Horno rotatorio por convección, marca NOVA, modelo MAX 1000, capacidad 40 Kg. De la Planta Piloto de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ❖ Rebanadora o cortadora de pan, marca NOVA, modelo ESTANDAR. De la Planta Piloto de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ❖ Balanza analítica, marca ADAM, modelo PW-254. De la Planta Piloto de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ❖ Estufa marca Blu-M, modelo SW-17TC-1, serie SW-1990, de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ❖ Mufla, marca thermolyne, serie 34703484, de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ❖ Texturómetro "Brook", modelo CT3 400, 2012 de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ❖ Balanza de precisión, modelo XB 4200C, de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.
- ❖ Termobalanza, modelo XM50, de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la U.N.S.

3.2.4. Otros materiales.

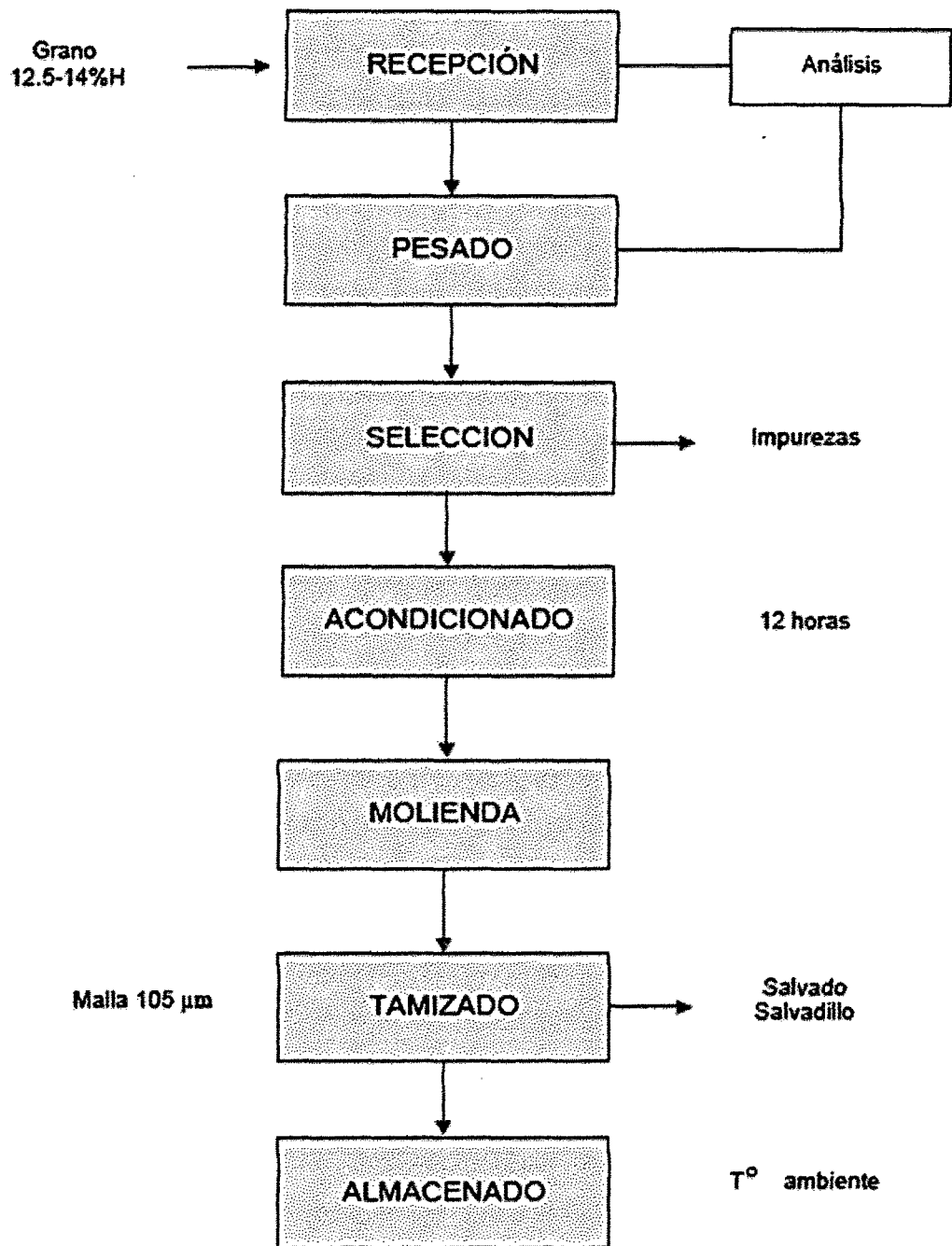
- ❖ Materiales de vidrio (probeta de 100 y 500ml, vaso precipitado de 500 y 1000 ml, placa Petri)
- ❖ Materiales para prueba sensorial (cabina de degustación, formatos, lapiceros, vasos y platos descartables).
- ❖ Moldes de pan (largo x ancho x altura = 29.4 x10.5x9.9) cm.
- ❖ Carrito o coche panadero mesa de acero inoxidable
- ❖ Mesa de acero inoxidable (largo x ancho x altura = 2.5 x 1.9 x 1.5) m.
- ❖ Bolsa de polipropileno., Cuclillo.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.3.1. Obtención de la harina de cebada y arveja.

Para obtener harina de los cereales y leguminosas, se debe realizar cumpliendo con los requisitos de higiene y sanitarios para generar un producto inocuo y de calidad, con la finalidad de no alterar los datos de la investigación, (Lascano, 2009.)

- ❖ **Recepción.-** Se verifica las condiciones en la que se compró los granos, tales como el estado (entero o partido), humedad y lugar de procedencia.
- ❖ **Pesado.-** Se toma en cuenta el peso de la materia prima, con la finalidad de determinar rendimientos, además las cantidades que se necesitan para la investigación.
- ❖ **Selección.-** Se separa las impurezas mediante un sistema de ventilación y manual, luego las impurezas recogidas se pesarán para después formar parte del residuo final.
- ❖ **Acondicionado.-** Para una mejor separación del endospermo del pericarpio, se acondicionó los granos, teniendo en cuenta la humedad según el tipo de harina a fabricarse.
- ❖ **Molienda.-** En este proceso de rotura, el grano se trituró gradualmente en un molino de discos para facilitar la separación entre el endospermo y pericarpio hasta obtener harina. Los controles de rotura son fundamentales para mantener un nivel equilibrado entre extracción y ceniza.
- ❖ **Tamizado.-** Con este proceso se obtuvo harina con un tamaño de partícula de aproximado de 105 μm . Luego fue almacenada en condiciones tales para evitar la alteración (temperatura de ambiente y una humedad controlada).



Fuente: Lascano, (2009).

Figura 16: Diagrama de flujo para obtención de harina de cereales y leguminosas.

3.3.2. Desarrollo de la investigación.

El desarrollo de esta investigación fue en 5 etapas, en la figura 18 se muestra el flujo de operaciones para el desarrollo de la investigación.

3.3.2.1. Etapa I: Recepción y evaluación de las harinas.

A. Recepción de las harinas. Se controló el buen estado de la harina panadera, integral, harina de cebada y de arveja para no alterar sus características y así obtener un buen producto.

B. Evaluación química proximal de las harinas. Se determinó individualmente tanto para la harina panadera (trigo), integral, cebada y de arveja. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales de la Escuela de Agroindustria y en Laboratorio COLECBI- Nuevo Chimbote.

a) Proteínas. La determinación de proteínas totales se realizó según el método UNE- EN ISO 5983-2 parte 2 Dic 2006. en Laboratorio COLECBI- Nuevo Chimbote.

b) Humedad: Para determinar el contenido de humedad de los productos derivados de harina de trigo u otros cereales, se sigue el procedimiento establecido por la Norma Técnica ITINTEC 205.037 (1974), denominado "Método de desecación por estufa".

c) Cenizas: Para la determinación del porcentaje de cenizas, es decir, el porcentaje de sólidos y minerales en el producto, se procedió según el proceso establecido por la norma técnica ITINTEC 205.038 (1974), llamado "Método De Incineración".

d) Grasas: La determinación se realizó empleando el método UNE-64021-1970. en Laboratorio COLECBI- Nuevo Chimbote.

e) Fibra: La determinación de fibra se determinó según el método NMX-F-090- 1978, en laboratorio COLECBI.

f) Carbohidratos: Se obtuvo por diferencia, restando del 100% la suma de porcentajes de humedad (H), cenizas (C), grasas (G), y proteínas. Y la metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) señalado por Collazon et al (1993). Usando la fórmula:

$$\% \text{ de carbohidratos} = 100 - (H + C + G + P)$$

g) Colorimetría: El espectrofotómetro es que provee un valor específico de color basado en la cantidad de luz reflejada fuera de la superficie del producto o transmitida a través del mismo. Se utilizó el sistema Cie-Lab (C.I.E., 1986), que define cada color a partir de tres coordenadas denominadas L*, a* y b*.

3.3.2.2. Etapa II: Formulación del diseño experimental para pan de molde integral.

A. Ingredientes del pan de molde.

El Pan Integral es una mezcla de 30-40% de harina integral con 60-70% harina de trigo, la capacidad de los moldes es de 0.9 kg (2.0 libras) de la masa para obtener un producto final de 0.82 kg (1.8 libras) (Arias, D., 2002)

Cuadro 16: Formulación de pan de molde integral (100gr).

INGREDIENTES	CANTIDAD (%)
Harina integral	30.00
Mezcla (h. panadera. h. cebada, h. arveja)	70.00
Mejorador de masa	1.00
Antimoho	0.30
Sal	2.00
Azúcar	8.00
Agua	50.00
Levadura seca	2.00
Emulsionador	1.00
Manteca	10.00

Fuente: Arias, D., (2002)

B. Diseño de experimental.

El diseño utilizado fue el Diseño de Mezclas, en donde los ingredientes o componentes de una mezcla, son factores experimentales a ser estudiados. Se sabe que la función de la respuesta típicamente de los factores, depende de las proporciones relativas de cada componente de la mezcla y no de la cantidad absoluta. Para determinar el porcentaje de las harinas para las mezclas de la investigación se utilizó el diseño Simplex-Centroide. En el cuadro 17 se observan los valores máximos y mínimos de cada harina utilizada en las mezclas; y en el cuadro N° 18 se observa las 7 mezclas establecidas por el diseño de mezclas del programa STATGRAPHICS 7.0.

Cuadro 17: Límites bajos y altos de las harinas.

<i>Componentes</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Unidades</i>
Harina de trigo	85.0	100	porcentaje
Harina de Cebada	0.0	15.0	porcentaje
Harina de Arveja	0.0	15.0	porcentaje

Cuadro 18: Diseño de mezcla establecidas por el diseño de mezclas del programa STATGRAPHICS 7.0.

<i>Tratamientos</i>	<i>Harina de Trigo (%)</i>	<i>Harina de cebada (%)</i>	<i>Harina de arveja(%)</i>	<i>Total (%)</i>
1	92.5	7.5	0.0	100
2	85.0	7.5	7.5	100
3	90.0	5.0	5.0	100
4	92.5	0.0	7.5	100
5	85.0	0.0	15.0	100
6	85.0	15.0	0.0	100
7	100.0	0.0	0.0	100

3.3.2.3. Etapa III: Análisis reológico y selección de las mejores mezclas.

Para los ensayos reológicos se necesitó un total de 800gr de harina para realizar los análisis amilográficos, farinográficos, y extensográficos. Según lo establecido por Arias, D., (2002). En la elaboración de pan de molde integral, se utiliza 70% de harina trigo panadero y 30 % de harina integral.

En esta investigación el 70% es la mezcla de las tres harinas a estudiar (harina de trigo, harina de cebada y harina de arveja) y el 30% es la harina integral (constante en todo los tratamientos o ensayos).

$$\text{Mezcla de harinas} = \frac{70}{100} \times 800\text{gr} = 560\text{gr}$$

$$\text{Harinas integral} = \frac{30}{100} \times 800\text{gr} = 240\text{gr}$$

La formulación de la mezcla de las tres harinas a estudiar fue según los porcentajes obtenidos en el diseño experimental. En el cuadro siguiente se muestra las cantidades de harinas que se necesitó para los análisis reológicos.

Cuadro 19: Formulación de las harinas para los análisis reológicos. (800gr)

<i>Tratamientos</i>	Mezcla de las tres harinas a estudiar (560 gr)			<i>Harina integral (240 gr)</i>	<i>Total de formulación (gr)</i>
	<i>Harina de trigo (gr)</i>	<i>Harina de cebada</i>	<i>Harina de arveja (gr)</i>		
T1	518.00	42.00	0.00	240.00	800
T2	476.00	42.00	42.00	240.00	800
T3	504.00	28.00	28.00	240.00	800
T4	518.00	0.00	42.00	240.00	800
T5	476.00	0.00	84.00	240.00	800
T6	476.00	84.00	0.00	240.00	800
T7 (testigo)	560.00	0.00	0.00	240.00	800

A. Análisis Amilográfico.

Los métodos estándares para los test con el Amylograph están basados en una muestra con el 14% de Humedad. No obstante como la humedad de la muestra real puede apartarse ligeramente de este valor, es necesario medir el contenido de humedad de las muestra a estudiar. Para así, determinar los valores reales de la muestra y la cantidad de agua para el test. Para esta investigación se empleó el método AACC 300 (en el ANEXO A-1 se observa el procedimiento para determinar la humedad y ANEXO B-1 el procedimiento para evaluación Amylograph).

B. Análisis Farinográfico.

El farinógrafo mide el volumen de agua absorbido por la harina a fin de conseguir una masa de consistencia predeterminada. Se realiza la representación gráfica de la consistencia de la masa frente al tiempo.

Según el método AACC 300. El farinográfico nos permite medir el nivel de hidratación de la harina y su comportamiento durante el amasado.

El farinógrafo mide la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y la absorción del agua necesaria para alcanzar esta consistencia. El principio de la medida se basa en el registro de la resistencia que la masa opone a una acción mecánica constante bajo condiciones de ensayos fijados. Tal resistencia se representa sobre un diagrama de esfuerzo-tiempo a partir del momento de la formación de la masa y durante todo el período de la prueba.

C. Análisis Extensográfico.

El extensograph-E, es un instrumento diseñado para medir la extensibilidad y resistencia de expansión masa. El método de medición con el extensograph-E, está determinado por estándares internacionales y nacionales (por ej. Estándar ICC N° 114/1, ISO 5530-2, estándar A.ACC 300) Además existen métodos levemente modificados. Para esta investigación se está empleando el método A.ACC 300. En el Anexo B-3 se observa le procedimiento del extensograph – E.

3.3.2.4. Etapa IV: Producción y análisis del pan de molde integral.

A. Producción de pan de molde integral.

El método utilizado es el de masa directa procedimiento reportado por el Servicio Nacional de Aprendizaje - Colombia (SENA). Manual sobre el proceso de panificación (1985).

a. Pesaje y medición: se hizo de acuerdo con las cantidades establecidas en la formulación para cada producto, este pesaje se realizó lo más preciso posible, para evitar productos defectuosos y que pueden alterar los resultados de la investigación. Cuadro N° 20 se presenta la formulación para todos los tratamientos a investigar.

Cuadro 20: Formulación para la elaboración de pan de molde integral (4000gr).

INGREDIENTE	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7 (control)
Harina de trigo integral (gr)	1200.00	1200.0	1200.00	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0
Harina de trigo panadero (gr)	2590.00	2380.0	2520.00	2590.0	2380.0	2380.0	2800.0
Harina de cebada (gr)	210.00	210.0	140.00	0.0	0.0	420.0	0.0
Harina de arveja (gr)	0.00	210.0	140.00	210.0	420.0	0.0	0.0
Mejorador de masa (gr)	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Anti moho (gr)	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Sal (gr)	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Azúcar (gr)	320.0	320.0	320.0	320.0	320.0	320.0	320.0
Agua (l)	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0
Levadura seca(gr)	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Emulsionador (gr)	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Manteca (gr)	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0	400.0

b. Mezcla y amasado: los objetivos de este paso fue la distribución homogénea de los ingredientes y un adecuado desarrollo del gluten. Los métodos más empleados son el directo en el cual todos los ingredientes se mezclan al mismo tiempo y, el de esponja en el cual inicialmente solo se mezclan la mitad de los ingredientes, completándose la mezcla después de la fermentación.

c. División o corte: luego del amasado se dividió la masa en tantas porciones como panes se vayan a fabricar. Para ello se emplea balanza de precisión, para obtener un peso similar en cada pan.

- d. Boleo o redondeo:** con cada porción de masa se hace una bola compacta. Este paso es generalmente manual y se realizó presionando la masa con la palma de la mano en forma circular. Esto se hizo con el fin de que los trozos de masa reposen antes de ser formados por un tiempo de 10 a 20 minutos.
- e. Fermentación:** la masa se dejó reposar por un periodo de 15-20 min, en estas condiciones los almidones de la harina se transforman en azúcares y, estos en alcohol y gas carbónico el cual hace que el volumen del pan se aumente. Esta fermentación en masa o punteado que comprende desde el amasado hasta el moldeado.
- f. Moldeado:** cada bola de masa se extiende con un rodillo y se procede a dar la forma que corresponda al tipo de pan que se está elaborando.
- g. Fermentación final (Leudación):** los panes moldeados se colocaron en la cámara de fermentación, donde crecen aproximadamente el doble de su tamaño a una temperatura de 30-35°C y una humedad entre 80-85%.
- La fermentación intermedia que abarca desde las últimas partes del corte hasta el moldeo.
 - La denominada fermentación final en la cual se da el máximo desprendimiento de CO₂.

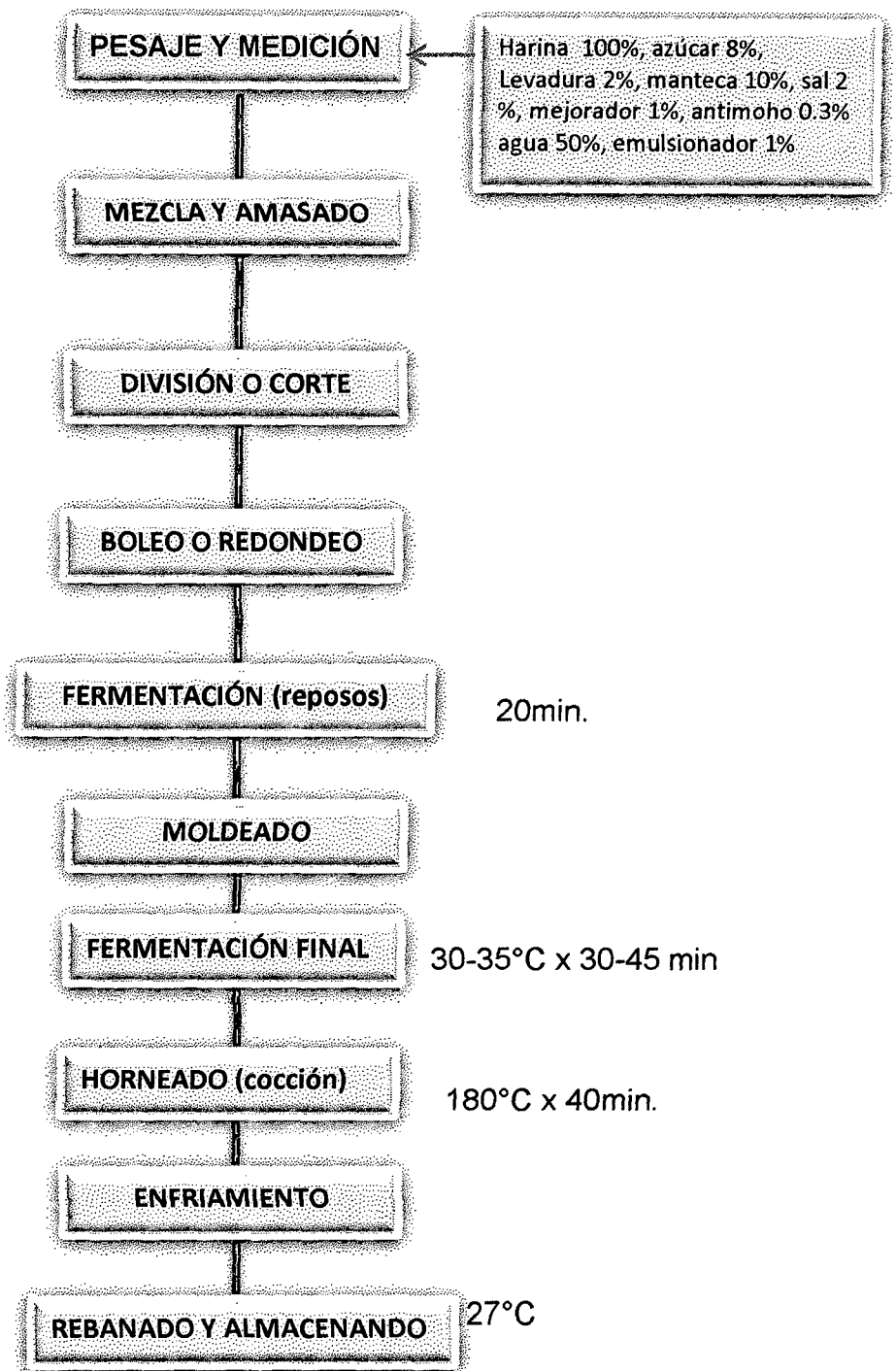


Figura 17: Diagrama de flujo para la elaboración de pan de molde integral.

- h. Horneado:** finalmente los panes se colocaron en el horno a una temperatura 150°C-180°C, por un periodo de 40 min. cuando el pan de molde alcanza una temperatura interna de 45-50°C la producción de gas se inactiva por la muerte de la levadura y da el volumen final del pan y la miga se expande por la acción del gas; cuando el producto tiene una temperatura interna entre 60 - 70°C hay coagulación de proteína y gelatinización de los almidones, el producto pierde su plasticidad y adquiere la forma definitiva del pan.
- i. Enfriamiento:** se efectuó a temperatura ambiente hasta tener una temperatura de 27 - 30°C, para luego ser rebanados y empacados.
- j. Rebanado y almacenando:** una vez alcanzado la temperatura de 27-30°C se procedió a rebanar los panes de molde, para ello se utilizó la rebanadora o cortadora de pan, marca NOVA y modelo ESTANDAR.

B. Análisis química proximal del pan de molde integral.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales de la Escuela de Agroindustria y en Laboratorio COLECBI- Nuevo Chimbote.

- a) Proteínas.** La determinación de proteínas totales se realizó según el método UNE- EN ISO 5983-2 parte 2 Dic 2006. en Laboratorio COLECBI- Nuevo Chimbote.
- b) Humedad:** Para determinar el contenido de humedad de los productos derivados de harina de trigo u otros cereales, se sigue el procedimiento establecido por la Norma Técnica ITINTEC 205.037 (1974), denominado "Método de desecación por estufa".

- c) **Cenizas:** Para la determinación del porcentaje de cenizas, es decir, el porcentaje de sólidos y minerales en el producto, se puede seguir el procedimiento establecido por la norma técnica ITINTEC 205.038 (1974), llamado "Método De Incineración".

- d) **Grasas:** La determinación se realizó empleando el método UNE 64021-1970. En Laboratorio COLECBI- Nuevo Chimbote.

- e) **Fibra:** la determinación de fibra cruda en el pan de molde integral se desarrolló según el método NMX-F-090-1978, en el laboratorio de COLECBI.

- f) **Carbohidratos:** se obtuvo por diferencia, restando al 100% la suma de porcentajes de humedad (H), cenizas (C), grasas (G), y proteínas. Metodología para carbohidratos, por diferencia de materia seca (MS-INN) señalado por Collazon (1993).

$$\% \text{ de Carbohidratos} = 100 - (H + C + G + P)$$

C. Análisis fisicoquímica del pan de molde integral.

- a. **Textura.** La textura del pan de molde integral se refiere al grado de elasticidad o blandura, para este análisis se utilizó el texturómetro de marca BROOKFIELD.

- b. **Colorimetría:** El espectrofotómetro es que provee un valor específico de color basado en la cantidad de luz reflejada fuera de la superficie del producto o transmitida a través del mismo. Se utilizó el sistema Cie-Lab (C.I.E., 1986), que define cada color a partir de tres coordenadas denominadas L*, a* y b*.

D. Análisis sensorial del pan de molde integral.

Los panes de molde integral fueron evaluados por 40 jueces o panelistas no entrenados, de ambos sexos y mayores de 18 años, pertenecientes a la Universidad Nacional del Santa (trabajadores, profesores y estudiantes), con el fin de conocer el grado de aceptación de los panes de molde integral. Las características a evaluar fueron: Apariencia, Color, Sabor, Textura y Aceptación en general.

Cuadro 21.: Características con sus alternativas y escalas para la evaluación físico sensorial del producto.

Características	Alternativas	Escala
Apariencia	Muy mala	1
	Mala	2
	Regular	3
	Buena	4
	Muy buena	5
Color	Desagrada mucho	1
	Desagrada poco	2
	No agrada ni desagrada	3
	Agrada poco	4
	Agrada mucho	5
Sabor	Muy mala	1
	Mala	2
	Regular	3
	Buena	4
	Muy buena	5
Textura	Dura	1
	Ligeramente dura	2
	Ni dura ni suave	3
	Suave	4
	Muy suave	5
Aceptabilidad en general	Desagrada mucho	1
	Desagrada poco	2
	No agrada ni desagrada	3
	Agrada poco	4
	Agrada mucho	5

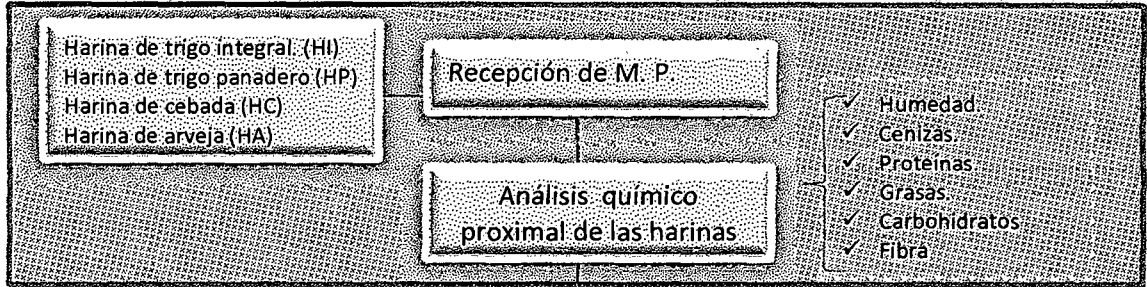
Para la evaluación sensorial se diseñó una ficha, conteniendo las 5 características a evaluar, así mismo estas características tienen 5 alternativas con su respectivo puntaje. El panelista tenía que escoger una sola alternativa de cada característica, ver el cuadro N°: 21 y el Anexo H.

3.3.2.5. Etapa V: Procesamiento y análisis estadístico de los resultados.

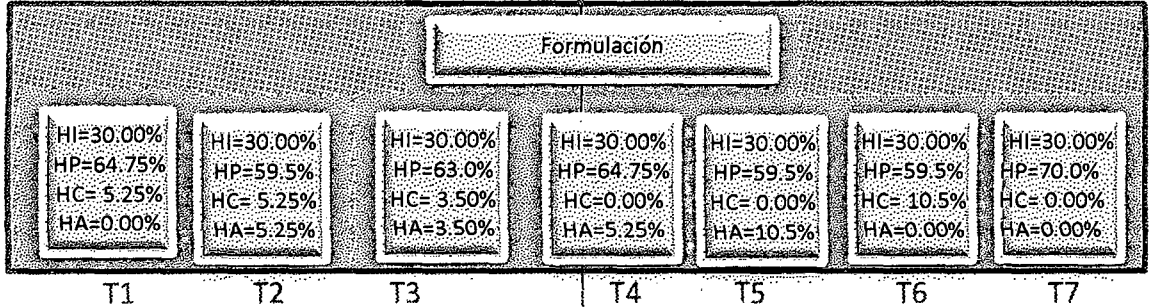
Las técnicas de recolección de información que se utilizó en el presente trabajo son las evaluaciones del comportamiento reológico de mezcla de las harinas, composición de química proximal, colorimetría y análisis sensorial del pan de molde integral.

Los instrumentos de recolección de información que se utilizó son el cuaderno de notas, reportes de los equipos de reología, reportes de colorimetría y las hojas de evaluación sensorial. Para el procesamiento de la información obtenida, se utilizó el paquete informático Microsoft office a través de los programas Word y Excel en el que se analizó las tablas y resultados obtenidos durante la fase experimental. Para el análisis (ANOVA) del diseño experimental se empleó el paquete estadístico STATGRAPHICS 7.0, con un nivel de significancia o confiabilidad de 95%.

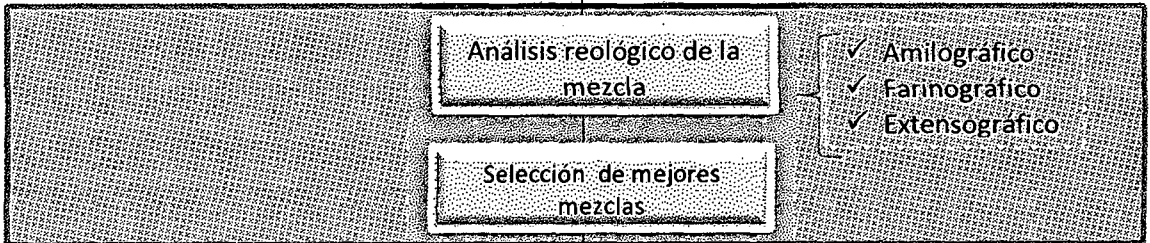
Etapa I.



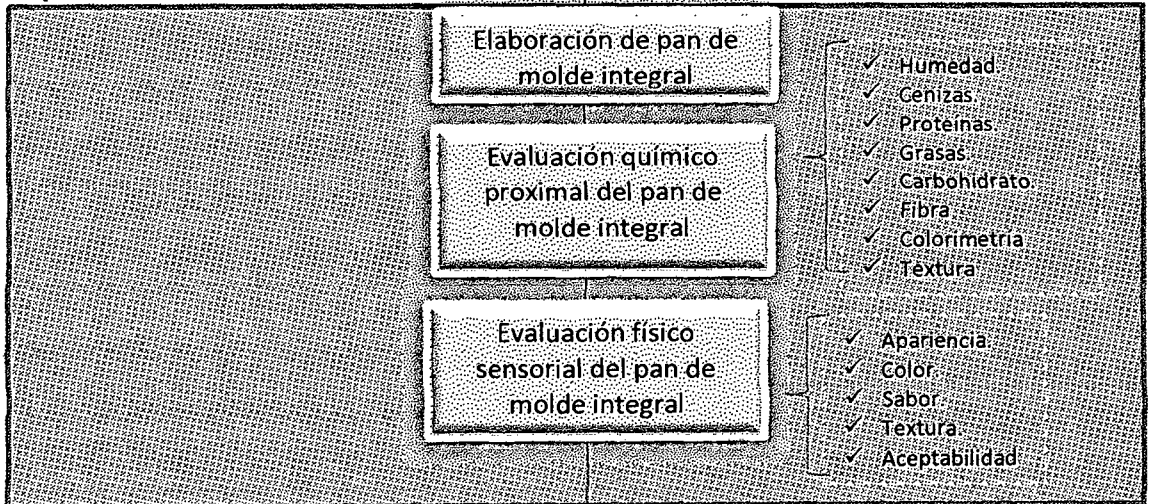
Etapa II.



Etapa III



Etapa IV:



Etapa V

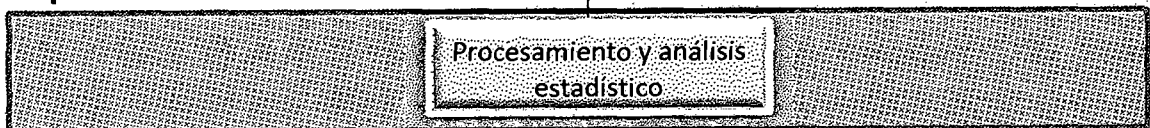


Figura 18: Diagrama de flujo del proceso de investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. PROPIEDADES DE LAS HARINAS.

4.1.1. Composición química proximal.

En un producto seco como las harinas, es muy importante definir las características de su composición, a través del análisis que permita describir sus propiedades químicas, y otras características que son necesarias para la investigación, en el cuadro 22, se observa los resultados obtenidos para la harina integral y blanca (panadera).

Cuadro 22: Análisis químico proximal para 100gr de harina Integral y la harina blanca o panadera.

Componentes	Harina integral. (%)	Harina blanca o panadero (%)
Proteínas	10.15± 0.2	11.90 ±0.2
Grasas	1.02± 0.25	1.88±0.25
Humedad	12.3± 0.3	12.06± 0.3
Cenizas	1.04± 0.25	0.43±0.25
Carbohidrato	70.02	73.29
Fibra	6.14± 0.25	1.43±0.25

Según la tabla de composición de los alimentos, establece que el porcentaje de proteínas es de 11%. Los resultados obtenidos indican que el contenido de proteína para la harina integral es 10.15±0.2%, mientras que la harina blanca llega a 11.90 ±0.2%, valores que son cercanos a que establece la tabla peruana de composición de los alimentos. Suárez-Moreno, (2003), indica en su investigación la importancia de las proteínas en la harina panadera y que este debe ser como mínimo de 10,4% de proteína. El pan de molde integral generalmente requiere un contenido de proteína mayor a 11%, por lo que harinas con menos del 11% de proteína no son aconsejados para producir pan esponjoso como es el pan de molde (Calderón P. 2005). En esta investigación el contenido de proteínas es muy importante, porque depende de estas proteínas para lograr un producto de calidad, sin alterar características y las exigencias de los consumidores.

Según Lee y Col., (2001), las proteínas del gluten, se designa a la red que forman gluteninas y gliadinas hidratadas durante el amasado. Son las proteínas de reserva del grano de trigo y constituyen entre el 80 y el 85% de las proteínas totales. Estas proteínas son capaces de absorber gran cantidad de agua y de constituir una red deformable, elástica y extensible que puede retener los gases durante la fermentación y posterior cocción. Durante el amasado se producen interacciones no sólo entre las proteínas y el agua para formar la red de gluten, sino también entre otros componentes de la harina como almidón, polisacáridos no almidonosos (arabinoxilanos, arabinogalactanos) y lípidos (fosfo y glicolípidos).

Asimismo en los análisis realizados, se observa que el contenido de grasas (fosfo y glicolípidos) es similar tanto en la harina integral y la harina blanca (panadera), cuyos valores se encuentran dentro del rango establecido en la tabla peruana de composición de alimentos y el CODEX Alimentarius que es de 1.2% a 2%.

En cuanto, a la calidad tecnológica de la harina de trigo está relacionada con la tasa de su extracción y composición química (contenido de agua, cenizas, proteína y carbohidratos), características que dependen de la calidad de su materia prima (trigo) y tecnologías adoptadas en el proceso de molienda para su obtención. La humedad obtenida en la investigación alcanza el $12.3 \pm 0.3\%$ para la harina integral y $12.06 \pm 0.3\%$ harina blanca. Cuyos valores son menores a 15% que establece la norma técnica peruana N.T.P 2005.027.1986.

Y también, el contenido de carbohidratos en la harina de integral y blanca (panadera), es de 70.02% y 73.29% respectivamente. Bilbao (2007), menciona que el contenido de carbohidratos en la harina de trigo es alrededor de 74%, asimismo la tabla peruana de composición de alimentos establece parámetros de 73.6% a 76.3%.

Y en el contenido de cenizas obtenida en los análisis realizados son de $1.04 \pm 0.25\%$ para harina integral y $0.43 \pm 0.25\%$ para harina blanca o panadera. Estos valores se encuentran dentro de lo establecido por la norma N.T.P N.T.P 2005.027.1986, y cerca a los parámetros establecidos por la tabla peruana de composición de los alimentos, que es 2% para harina integral y 0.5% en harina panadera.

Po ultimo el contenido de fibra obtenido en la investigación es de $6.14 \pm 0.25\%$ para la harina integral y $1.43 \pm 0.25\%$ para la harina pandera o blanca. Según Bilbao (2007), el contenido de fibra para la harina pandera es de 1.5%.

En el cuadro 23 se observa los resultados de la evaluación química proximal de la harina de cebada.

Cuadro 23: Análisis químico proximal de harina cebada (100gr)

Componentes	Harina cebada (%)
Proteínas	7.42 \pm 0.2
Grasas	1.52 \pm 0.25
Humedad	10.98 \pm 0.3
Cenizas	2.90 \pm 0.25
Carbohidrato	74.6
Fibra	2.49 \pm 0.25

En el cuadro anterior se observa que la harina de cebada presenta un contenido de proteínas $7.42 \pm 0.2\%$, menos que el contenido de proteínas de la harina integral y harina blanca del cuadro 22. Este porcentaje de proteínas en la harina de cebada se encuentra cerca de los parámetros establecidos por la tabla peruana de composición de los alimentos, que es de 7.70% a 8.68%. Este bajo porcentaje de proteínas encontrado es un factor que influye en la características reológicas de la mezcla y en la elaboración de pan de molde integral, debido a que el pan de molde es un producto esponjoso, y se requiere harinas con alto porcentaje de proteínas.

La haría de cebada presenta un alto contenido en carbohidratos similar a las harinas del cuadro 22, y la tabla de composición de alimentos. Este porcentaje de carbohidratos en especial los almidones son los que se encargan de la absorción de agua durante el amasado.

Con respecto, al contenido de grasas obtenido en la evaluación fue de $1.28 \pm 0.25\%$. Este resultado es muy similar a los reportados por Belitz Grosch, (2000) y la tabla peruana de composición de alimentos que establece que el contenido de grasa es de 0.8% a 3.2% dependiendo de la variedad de cebada.

Referente, al contenido de cenizas en la harina de cebada, se obtuvo un valor de $2.9 \pm 0.25\%$, este resultado es superior a lo establecido por la tabla peruana de composición de alimentos que es de 1.9% a 2.5%. El resultado obtenido en la investigación es superior, lo que podría indicar que en la etapa del descascarillado no fue tan eficiente, entonces a mayor porcentaje de cenizas, mayor serán los restos de cascarilla en la harina.

Según Cerna Mejía Liliana Alexandra(2010) , la harina de cebada tostada es de 12.83% y la tabla peruana de composición de los alimentos estable para esta harina un rango de humedad de 5.6-9.9%, en esta investigación el porcentaje de humedad $10.98 \pm 0.3\%$, superior a lo antes mencionado pero inferior a 15% que establece la norma peruana para panificación. La baja húmeda de esta harina mayormente se debe al tratamiento (tostado) que realiza antes de ser molida.

En cuadro 24 se aprecia los resultados del análisis químico proximal realizado a la harina de arveja, el porcentaje de proteínas de harina de arveja es de 16.8 ± 0.2 , más alto de todas las harinas que se utilizaran en esta investigación. Según Romeo et al. (1983), el contenido de proteínas varía en la harina cruda de arveja entre 22,8 y 24,6%, calculado con un factor de nitrógeno de 6,25; y para la harina precocida de arvejas su contenido varía entre 18,7 y 23,5%; estas variaciones son resultado del proceso realizado por diferentes empresas (Castro 2005).

Cuadro 24: Análisis químico proximal de harina arveja. (100gr)

Componentes	Harina de arveja (%)
Proteínas	16.8 ±0.2
Grasas	1.42±0.25
Humedad	11.09± 0.3
Cenizas	2.08±0.25
Carbohidrato	64.62
Fibra	4.81± 0.25

El uso de harina de arveja en esta investigación se debe a que en los últimos años, mundialmente se ha renovado el interés en el uso de la arveja (*Pisum sativum*) en productos como valor agregado. Dicha legumbre resulta interesante desde el punto de vista nutricional por su contenido de proteínas, hidratos de carbono complejos, fibra dietaria, minerales, vitaminas y compuestos antioxidantes. La harina de arveja es una fuente relativamente barata de proteínas y es fácil de producir siendo además un producto que no está muy explotado en el mercado (Urbano G, López 2004).

Según Pennacchiotti, (1989), Las proteínas de las leguminosas son ricas en lisina y suplementan muy bien a las proteínas de los cereales, deficitarios en este aminoácido esencial, pero que presentan un buen aporte de metionina, del cual las leguminosas son deficitarias. Haro (1983) analizó la calidad nutritiva de las leguminosas de grano, indicando que para arvejas de grano rugoso el contenido de carbohidratos es de 60% y para arvejas de grano liso es de 67%, cuyo principal constituyente es el almidón. en el cuadro 24 muestra que el porcentaje de carbohidratos alcanza un 64.62%, parámetro que se encuentra dentro de lo antes mencionado.

Los lípidos contenidos en las leguminosas constituyen un pequeño porcentaje sobre toda la composición, variando de 1 a 6% dependiendo de la especie. Un estudio, citado por Bressani (1980), determina que el contenido de triglicéridos en arvejas es de 0,89%. Para Haro (1983).

La arveja usualmente contienen sólo entre 1 y 6% de lípidos, existen algunas excepciones notables como soya o maní que contienen 18 y 43,3%, respectivamente. De los ensayos realizados, los valores de grasas para la harina integral es $1.02 \pm 0.25\%$, harina panadera $1.88 \pm 0.25\%$, la harina de arveja 1.42 ± 0.25 y harina de cebada $1.52 \pm 0.25\%$, como se puede observar las cuatro harinas tienen porcentaje de grasa similares.

Bressani,(1980), menciona el contenido de fibra cruda para la especie *Pisum sativum* igual a 6,7% de peso seco. En los resultados obtenidos se observa que la harina integral y la harina de arveja tiene más porcentaje de fibra en comparación a las demás harinas, cuyos valores son: $6.14 \pm 0.25\%$ para harina integral, $1.43 \pm 0.25\%$ para harina blanca o panadera, $2.49 \pm 0.25\%$ para harina de cebada y $4.81 \pm 0.25\%$ para harina de arveja.

Los cereales son una fuente importante de hidratos de carbono o glúcidos complejos, que son utilizados por el organismo fundamentalmente como fuente de energía. Además otorga proteínas de origen vegetal y vitaminas, sobre todo del grupo B. Dentro del grupo de los cereales se incluyen las harinas y los subproductos que se obtienen a partir de éstas como el pan entre otros (Gómez, G.H. 2008). Actualmente la mayor parte de las harinas utilizadas en la elaboración de panes, pastas, etc., son muy refinadas, es decir, los granos han sido desprovistos de su cascarilla. Este hecho empobrece, en parte al cereal, sobre todo porque se produce una pérdida casi total de la fibra y de muchos minerales.

Las harinas de cereales son relativamente bajas en proteínas totales y deficitarias en lisina. Por otro lado, las legumbres son deficientes en metionina, no así los cereales. Estos defectos se pueden superar con las mezclas apropiadas con productos de legumbres, aumentando la calidad de las proteínas de los cereales. Así por ejemplo al combinar harina de trigo con harina de arveja se logra complementar sus aminoácidos y se convierte en una proteína más completa y además se obtiene un alimento más rico en fibras (Potter, N. 1980).

4.1.2. Colorimetría de las harinas.

Los resultados del análisis de color de la harina integral, harina panadera, harina de cebada y harina de arveja se muestran en el cuadro 25.

Cuadro 25: Colorimetría de la harina panadera (blanca), Integral, Cebada y Arveja.

Harinas	L*	a*	b*	C* Cromacidad	H* Angulo De Tonalidad
Harina panadera(blanca)	99.85	-0.44	12.06	12.06	91.90
Harina integral.	84.03	3.53	16.41	16.79	77.85
Harina cebada	85.77	3.38	18.45	18.76	79.63
Harina de arveja	96.94	-0.46	22.14	22.14	91.26

En el cuadro 25, se observa que la harina panadero obtuvo el rango más alto de L*, esto indica que esta harina es la más clara. Por otro lado se observa que el harina de cebada y harina integral obtuvieron los rangos más bajos de L*, indicando que son las harinas más oscuras.

La variación del grado de color de la harina se podría deber al tipo de cultivo, contaminación, tratamiento (tostado) de las harinas, actividad de las enzimas, molino, entre otros que puede influir en el color final del endospermo.

Según Quaglia, (1991). El grado de color no es una medida de la apariencia visual de la harina. El color de la harina está tan estrechamente asociado con el contenido de cenizas, que se emplea para medir la pureza de estas en muchas partes del mundo. El color de la harina o el contenido de cenizas pueden afectar al comportamiento de la misma durante la cocción; generalmente cuanto más blanco sea los colores mejores serán sus propiedades para la panificación.

Los parámetros obtenidos para las medias de a^* son -0.44 para harina panadera y -0.46 para harina de arveja, siendo estos dos harinas homogéneas, cuyos valores tienen una tendencia al color verde. Y para La harina integral es de 3.53 y para harina de cebada 3.38, cuyos valores son positivos, lo cual se tienen tendencia más al color rojo.

Los parámetros obtenidos para las medidas de b^* son 12.06 para harina panadera, 16.41 en la harina de integral, 18.45 en la harina de cebada y harina de arveja es de 22.14. Estos parámetros tienen una tendencia más al color amarillo, siendo la harina de arveja la que se acerca más a este color.

4.2. ANÁLISIS REOLOGICAS DE LA MEZCLA DE LAS HARINAS.

Para el análisis reológico se empezó primero con la preparación de la mezcla de las cuatro harinas, según la formulación de la mezcla para el análisis reológico del cuadro 19.

4.2.1. Análisis Amilográfico.

Los amilogramas obtenidos en esta investigación permiten determinar el grado de gelatinización y la actividad enzimática (α -amilasa) de la mezcla entre la harina de panadera, harina integral, harina de cebada y arveja, con el fin determinas las mesclas adecuadas para elaborar pan de molde integral. Así mismo en las figuras del grupo 19 se observan los amilogramas y en el cuadro 26 los valores obtenidos durante el análisis Amilográfico.

Según Mohan, V. (2005), para obtener una buena gelatinización de las harinas, el almidón debe ser rico en amilosa, esta es la que se encarga de gelificar la masa. Cuando las harinas no son ricas en amilosa, la masa formada solo es espesa pero no está gelificada, porque a diferencia de las moléculas de la amilosa, las moléculas de la amilopectina (tercera parte del almidón) no se asocia y forman enlaces químicos.

La mayoría de los gránulos de almidón están compuestos por una mezcla de dos polímeros, ambos homoglicanos de glucosa, uno esencialmente lineal llamado amilosa y el otro ramificado denominado amilopectina. La amilosa es una cadena lineal, unida por enlaces $\alpha(1-4)$ glucosídicos formada por 350 a 1000 residuos de glucosa, puede presentar unas pocas ramificaciones conectadas por enlaces $\alpha(1-6)$. La amilopectina es un polímero grande y muy ramificado, formada por una cadena principal en la que los residuos se hallan unidos por enlaces $\alpha(1-4)$ glucosídicos y en las ramificaciones con enlaces $\alpha(1-6)$ las que se disponen en forma de racimos. Para Mohan, V. (2005), el almidón de los cereales 26-28% de amilosa y según Igbasan (1997) el 70% del almidón de la arveja es amilopectina.

El proceso de la gelatinización se da, cuando los almidones de las harinas se calientan en presencia de agua, se produce inhibición, o incorporación de agua en el granulo. El cual, se produce en áreas menos densas y, posteriormente, en las regiones más cristalinas de las moléculas del almidón (la amilosa y la amilopectina). Este es una etapa reversible en el proceso de la gelatinización. A medida que el calentamiento continua, los gránulos de almidón captan más agua irreversiblemente y se hinchan; algunas cadenas cortas de amilosa salen de los gránulos. La temperatura a la que diversos almidones gelatinizan es realmente un intervalo de temperatura específico para cada almidón (Lazcano, 2009).

En los amilogramas obtenidos, se observa el inicio de la gelatinización (punto azul en la parte inferior de la curva). Asimismo en esta misma curva se aprecia el final de la gelatinización (cruz de color azul en la parte superior de la curva). Según mario (2010), la temperatura de gelatinización es un índice del ordenamiento intermolecular, por lo que mientras mayor sea este valor, mayor será el grado de asociación entre las macromoléculas en el interior del grano de la molécula del almidón.

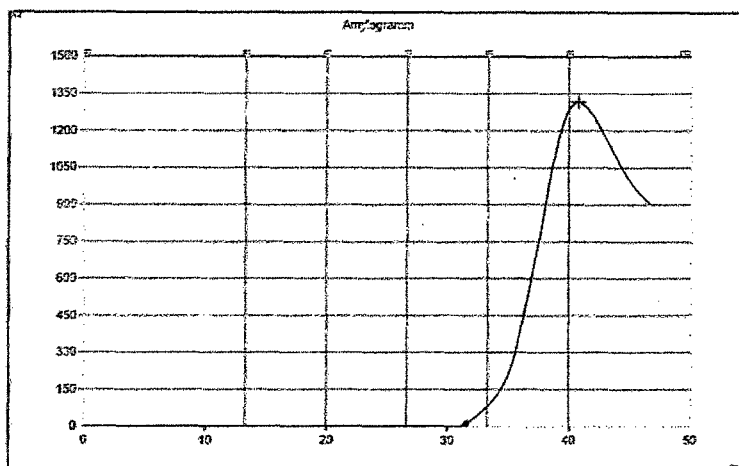


Figura 19-1: Amilograma de la muestra control T7 (h. cebada 0.0 %, h. arveja 0.0% y h. integral 30%).

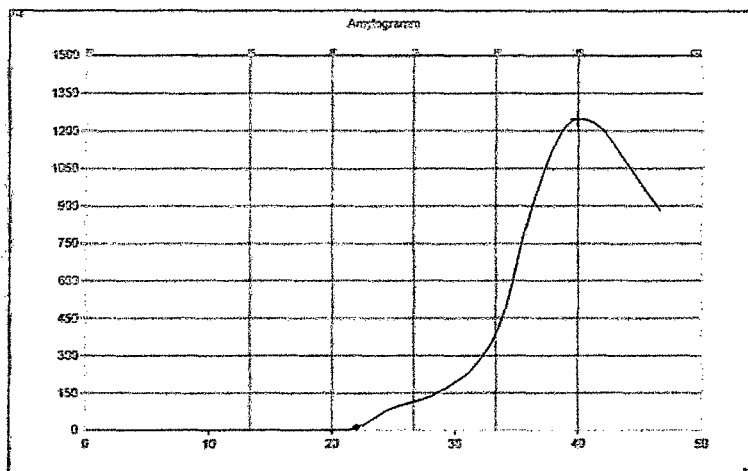


Figura 19-2 : Amilograma de la muestra T1 (h. panadera 64.75%, h. cebada 5.25 %, h. arveja 0.0% y h. integral 30%)

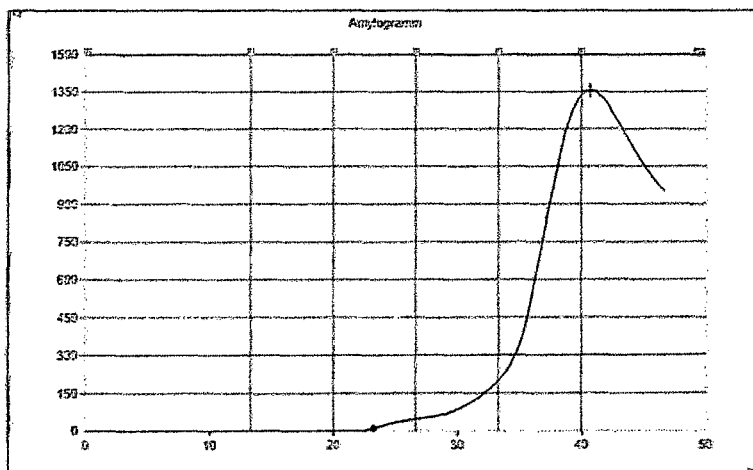


Figura 19-3 : Amilograma de la muestra T2 (h. panadera 59.50%, h. cebada 5.25 %, h. arveja 5.25 % y h. integral 30%)

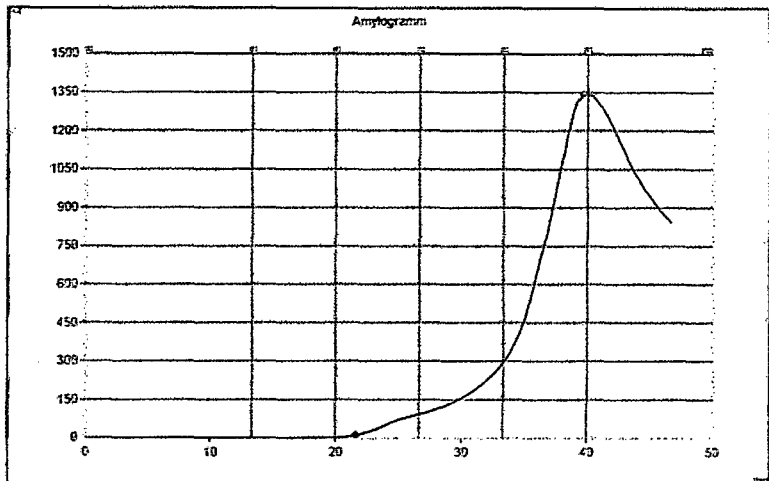


Figura 19-4 : Amilograma de la muestra T3 (h. panadera 63.0%, h. cebada 3.50 %, h. arveja 3.50% y h. integral 30%)

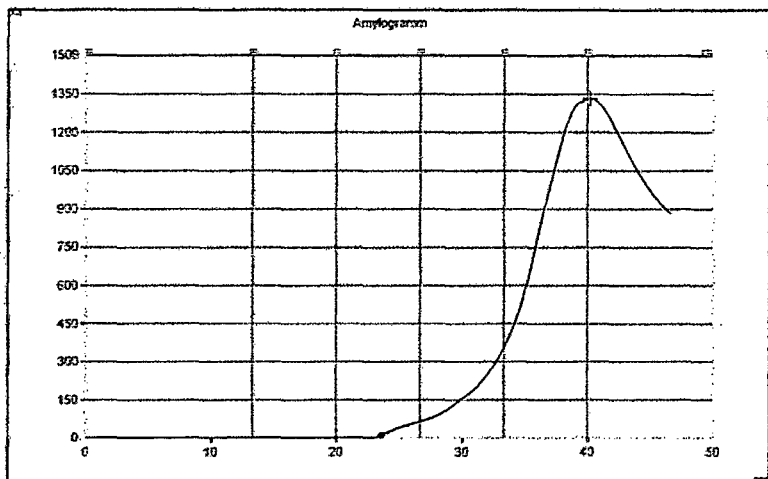


Figura 19-5 : Amilograma de la muestra T4 (h. panadera 64.75%, h. cebada 0.0 %, h. arveja 5.25% y h. integral 30%).

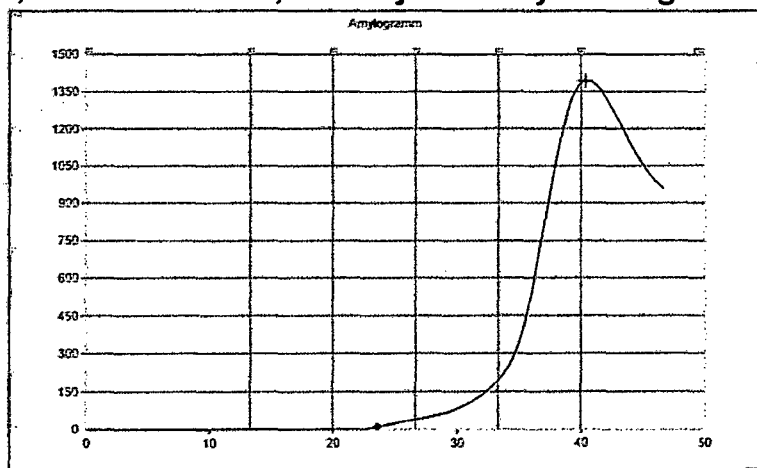


Figura 19-6: Amilograma de la muestra T5 (h. panadera 59.50%, h. cebada 0.0 %, h. arveja 10.50% y h. integral 30%).

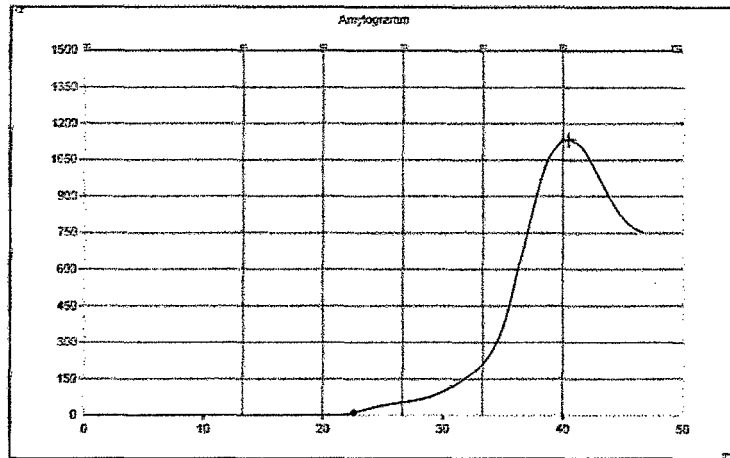


Figura 19-7: Amilograma de la muestra T6 (h. panadera 59.50%, h. cebada 10.50 %, h. arveja 0.0% y h. integral 30%).

Las temperaturas de inicio de gelatinización, en esta investigación se encuentra entre 62-77°C, esto debido a la energía cinética de las moléculas de agua caliente encargadas de romper los puentes de hidrogeno entre las moléculas de almidón en donde, el agua es capaz de penetrar con mayor profundidad en el granulo del almidón, dando lugar al hinchamiento. Existen almidones que pueden absorber agua, hasta 3 veces su peso, dependiendo del tipo de estructura y enlace que presentan. Una fracción significativa de los gránulos de almidón (aproximadamente 8%) es dañado durante la molienda. Este daño mecánico de los gránulos generalmente afecta a las propiedades del almidón (Garcia D. (2011)).

Cuadro 26: Parámetros obtenidos del análisis amilográfico de las diferentes mezclas.

Tratamiento	Composición de mezcla				Humedad (%)	Máxima Gelatinización (AU)	Inicial Gelatinización (°C)	Final Gelatinización (°C)
	HP (%)	HC (%)	HA (%)	HI (%)				
1	64.75	5.25	0.00	30.00	13.7	1248	63	89.9
2	59.50	5.25	5.25	30.00	13.9	1354	64.9	91
3	63.00	3.50	3.50	30.00	14.2	1341	62.4	90
4	64.75	0.00	5.25	30.00	15.1	1332	65.4	90.3
5	59.50	0.00	10.50	30.00	12.7	1394	65.4	90.5
6	59.50	10.50	0.00	30.00	13.9	1132	63.9	90.6
7 (Control)	70.00	0.00	0.00	30.00	14.4	1317	77.4	91.1

Dónde: HP: harina panadera, HC: Harina de cebada, HA. Harina de arveja, HI: harina integral.

En las características reológicas de las mezclas de las harinas empleadas en la investigación, se puede apreciar que los valores de los picos amilográficos obtenidos varían según la formulación de la mezcla, los valores más bajos son de las mezclas que tienen mayor porcentaje harina de cebada, que corresponden a las mezclas de los tratamientos o muestra T6 (59.50% HP, 10.50% HC, 0.00% HA y 30% HI) con 1132AU, seguido por T1 (64.75% HP, 5.25% HC, 0.00% HA y 30% HI) con 11248AU. Las mezclas que tienen mayor grado de gelatinización es para el T5 (59.50% HP, 0.00% HC, 10.50% HA y 30% HI) con 1394AU, Estos parámetros amilográficos reflejan una buena actividad de la amilosa y la amilopectina de los almidones de las harinas utilizadas en la mezcla.

En el cuadro 27 se presentan los resultados de los modelos del diseño de simplex para los valores de la gelatinización. El valores-P es menor a 0.05 del modelo lineal, indica ser el modelo más complicado para analizar los datos obtenidos, y el valores-P mayor que 0.05 del modelo cuadrático, indicando que es el más simple para los datos obtenidos con un nivel de confianza de 95%. Así mismo en el modelo cubico especial no se obtuvo parámetro para el Valor-P, esto se debe a que se necesita más datos en esta investigación, para elegir este modelo se debe aumentar o ajustar los tratamientos.

Cuadro 27: Efectos Estimados del análisis de varianza de modelos, para Máxima Gelatinización (UA)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	1.18768E7	1	1.18768E7		
Lineal	37224.5	2	18612.3	8.86	0.0339
Cuadrático	8168.51	3	2722.84	11.60	0.2089
Cúbico Especial	234.667	1	234.667		
Error	-1.63385E-9	0	0		
Total	1.19225E7	7			

Según el analista el paquete estadístico STATGRAPHICS recomienda elegir el modelo más complicado, siempre y cuando presente un error estándar(ES) más pequeño y el R-Cuadrado ajustado más alto. En el cuadro 28 se muestra los errores de diferentes moldes.

Cuadro 28: Resultados del modelo completo para Máxima Gelatinización (UA)

<i>Modelo</i>	<i>ES</i>	<i>R-Cuadrada</i>	<i>R-Cuadrada Ajd.</i>
Lineal	45.8344	81.58	72.37
Cuadrático	15.3188	99.49	96.91
Cúbico Especial	-----	100.00	-----

En este caso el modelo elegido es el cuadrático por tener con el error estándar(ES) más pequeño y el R-Cuadrado ajustado más alto, cuyos valores son 15.3188% para error estándar y 96.91% para R-Cuadrado ajustado.

El ANOVA del Modelo Cuadrático de Máxima Gelatinización que se muestra en la cuadro 29, se observa que el valor -P es mayor a 0,05, por consiguiente el modelo indica la existe de homogeneidad para los datos de la gelatinización a un nivel de confianza del 95 %.

Cuadro 29: ANOVA para modelo cuadrático de Máxima Gelatinización.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cuadrático	45393.0	5	9078.61	38.69	0.1198
Error total	234.667	1	234.667		
Total (corr.)	45627.7	6			

El cuadro 30, muestra los coeficientes de la ecuación del modelo cuadrático, el signo positivo asociado con los efectos combinados o de interacción, indican el nivel de influencia que tiene en la gelatinización de la masa, es decir, que las respuestas mayores resultan ser los más influyentes en el grado de gelatinización, el signo negativo implica efecto el antagónico entre los componentes, o sea que se producen respuestas menores cuando se mezcla estas harinas.

En el cuadro notamos que la mezcla de harina de trigo con harina de arveja (BC) posee efecto antagónico (valor mínimo y negativo), mientras que las mezclas AC ayuda a aumentar el grado de gelatinización en la masa.

También en el cuadro 30 se aprecia los valores-P para cada mezcla, estos valores son mayores que 0.05, lo que demuestra que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cebada y arveja no afecta a la máxima gelatinización de la masa a un nivel de confianza de 95%.

Cuadro 30: Resultados de Ajuste de Modelo para Máxima Gelatinización.

Parámetro	Estimado	Error Estándar	Estadístico	
			T	Valor-P
A:harina de trigo	1315.67	15.2607	--	--
B:harina de cebada	1130.67	15.2607	--	--
C:harina de arveja	1392.67	15.2607	--	--
AB	120.667	70.149	1.72015	0.3352
AC	-67.3333	70.149	-0.95986	0.5130
BC	390.667	70.149	5.56909	0.1131

A: %harina de trigo, B. %harina de cebada, C: % harina de arveja

La Máxima Gelatinización se ajusta a una relación polinomial de la forma siguiente.

$$\text{Máxima Gelatinización} = 1315.67*A + 1130.67*B + 1392.67*C + 120.667*A*B - 67.3333*A*C + 390.667*B*C.$$

De la ecuación, el signo positivo asociado con los efectos combinados o de interacción, sugiere sinergia, es decir que respuestas mayores resultan cuando se mezclan esos componentes. Por el contrario, el signo negativo implica efecto antagónico entre los componentes, o sea que se producen respuestas menores. En consecuencia, notemos que la mezcla AC posee efecto antagónico, mientras que las harinas solas (A,B, y C) y las mezclas AB y BC actúan sinérgicamente.

Una explicación sobre el efecto antagónico de la mezcla AC sería que la harina de trigo (A) y la harina de arveja (C) tienen las mismas características amilograficas al momento de mezclarse, algo que es todo lo contrario con las mezclas AB y BC. Esto se refleja en la figura de superficie de respuesta estimada a través del modelo.

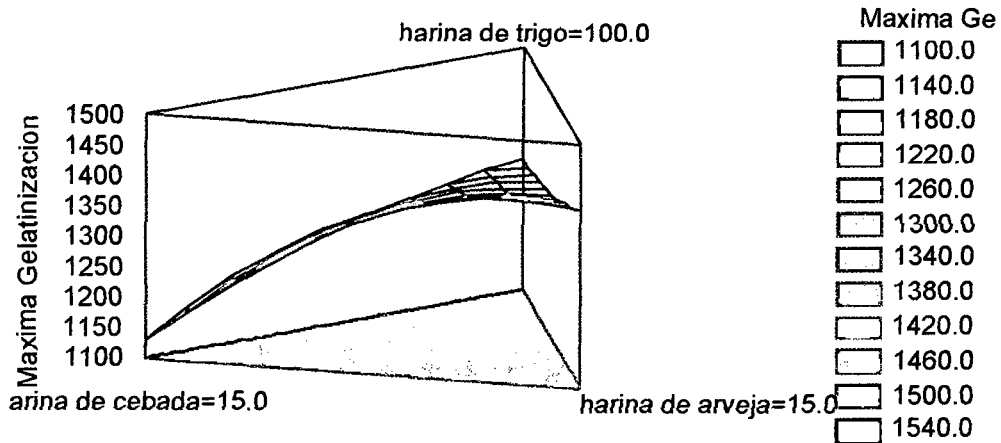


Figura 20-1: Superficie respuesta continua y sólido de máxima gelatinización (AU).

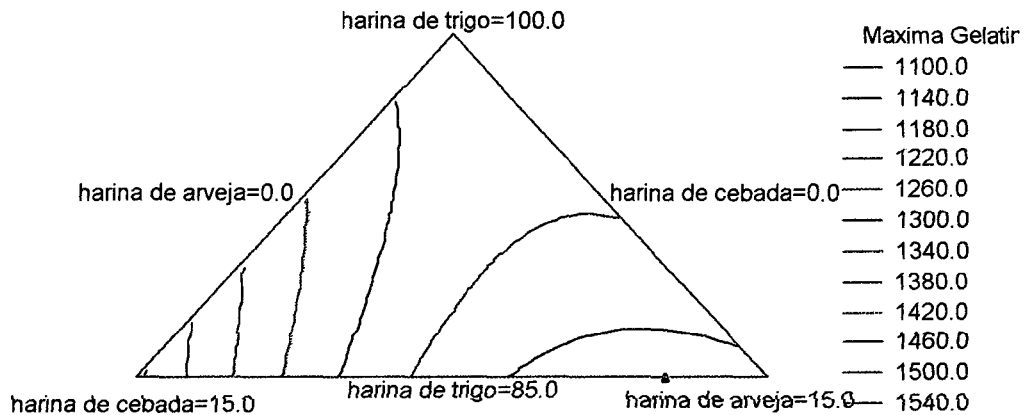


Figura 20-2: Superficie respuesta con malla de máxima gelatinización AU.

En la Figura 20-1 y 20-2, se observa el comportamiento de la máxima gelatinización de la masa, mediante la metodología de superficie de respuesta, se puede apreciar que al ir aumentando el nivel o porcentaje de harina de arveja, la tendencia de la máxima gelatinización de la masa es similar a la de la harina panadera, mientras que al ir aumentando el nivel de harina de cebada el grado de la máxima gelatinización de la masa disminuye.

Según Liu , (2002), La gelatinización de los gránulos de almidón se ha definido como la transición de fase de un estado ordenado a un estado desordenado, el cual se lleva a cabo durante el calentamiento en exceso de agua. Esta transición siempre implica pérdida de cristalinidad, absorción de agua, hidratación del almidón y pérdida de orden anisotrópico o birrefringencia, la cual es una medida del ordenamiento del gránulo de almidón. El fenómeno opuesto a la gelatinización es la retrogradación, según Huang y Rooney, (2001), este fenómeno se presenta cuando los polímeros solubles del almidón y los fragmentos granulares insolubles presentes se reasocian después del calentamiento formando agregados cristalinos, acompañados por un incremento gradual en la rigidez, una opacidad en la suspensión y la separación de fases entre el polímero y el solvente.

4.2.2. Análisis Farinográfico.

Para medir la calidad panadera de la harina se utiliza el farinógrafo, que mide el comportamiento del amasado, mediante la fuerza necesaria para mezclar a una velocidad constante y la absorción del agua necesaria para alcanzar su consistencia. El principio de la medida se basa en el registro de la resistencia que la masa opone a una acción mecánica constante en unas condiciones de prueba invariables. Los índices que normalmente se determinan con el análisis farinográfico son: tiempo de desarrollo, consistencia, absorción de agua, estabilidad, elasticidad o grado de ablandamiento. Los resultados del análisis farinográfico de las mezclas de harina de trigo con harina de cebada y arveja a diferentes niveles de sustitución se presentan en el las figuras del grupo 21 y cuadro 31.

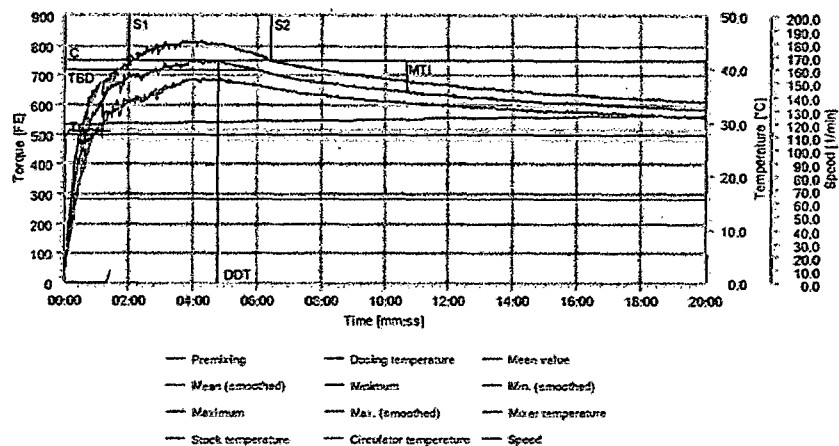


Figura 21-1: Farinograma de la muestra T1 (h. panadera 64.75%, h. cebada 5.25 %, h. arveja 0.0% y h. integral 30%)

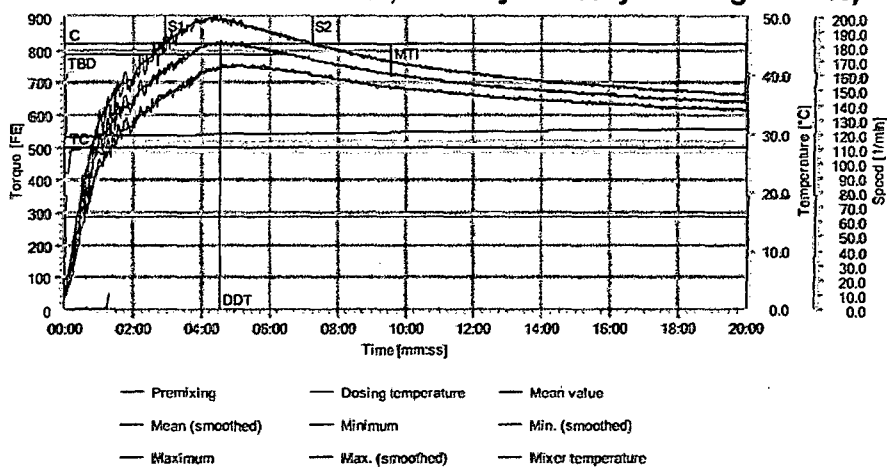


Figura 21-2: Farinograma de la muestra T2 (h. panadera 59.50%, h. cebada 5.25 %, h. arveja 5.25% y h. integral 30%)

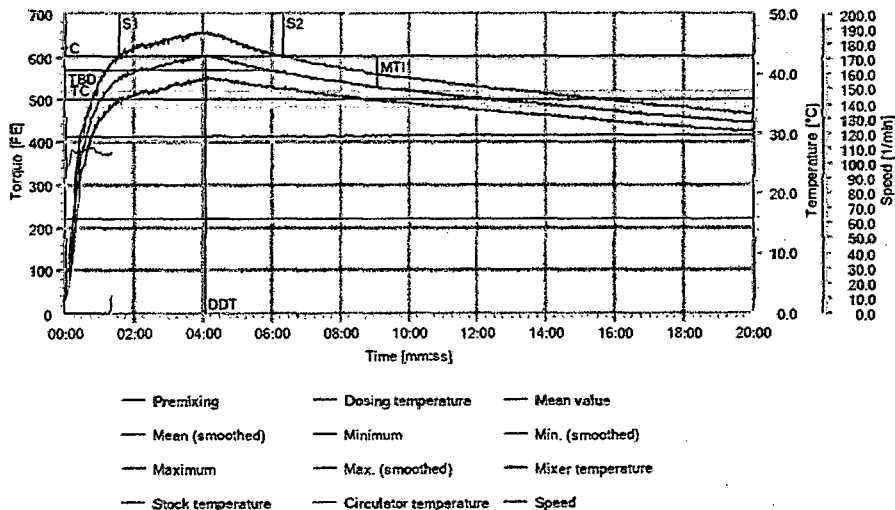


Figura 21-3: Farinograma de la muestra T3 (h. panadera 63.0%, h. cebada 3.50 %, h. arveja 3.50% y h. integral 30%)

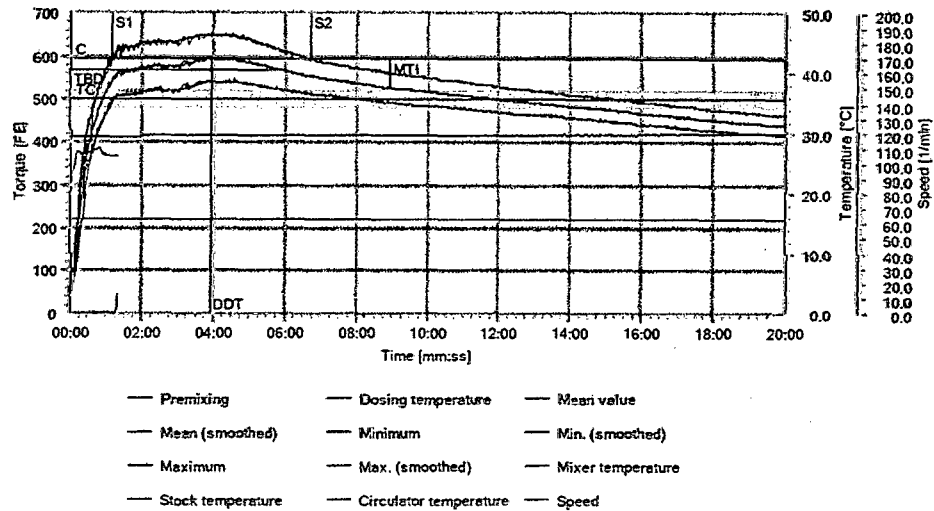


Figura 21-4: Farinograma de la muestra T4 (h. panadera 64.75%, h. cebada 0.0 %, h. arveja 5.25% y h. integral 30%)

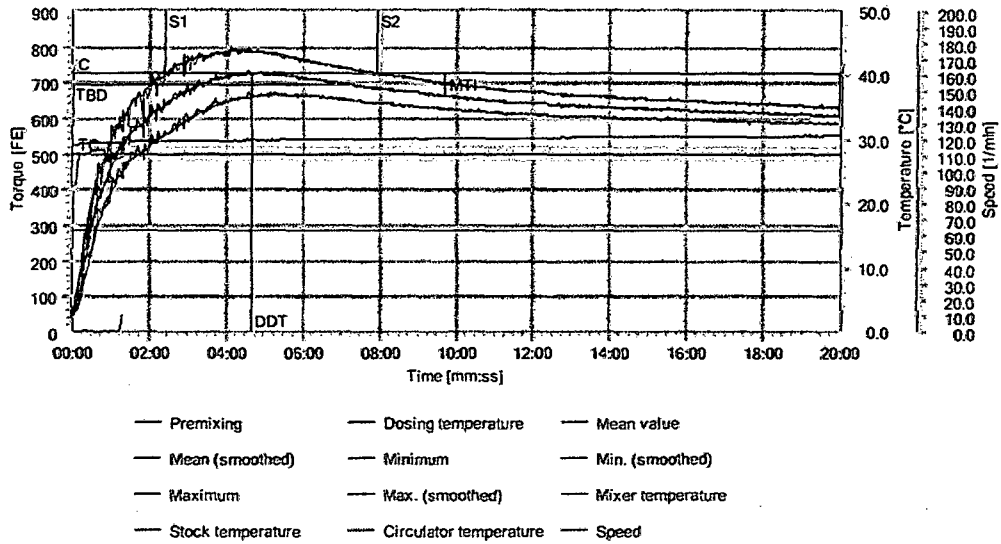


Figura 21-5: Farinograma de la muestra T5 (h. panadera 59.50%, h. cebada 0.0 %, h. arveja 10.50% y h. integral 30%)

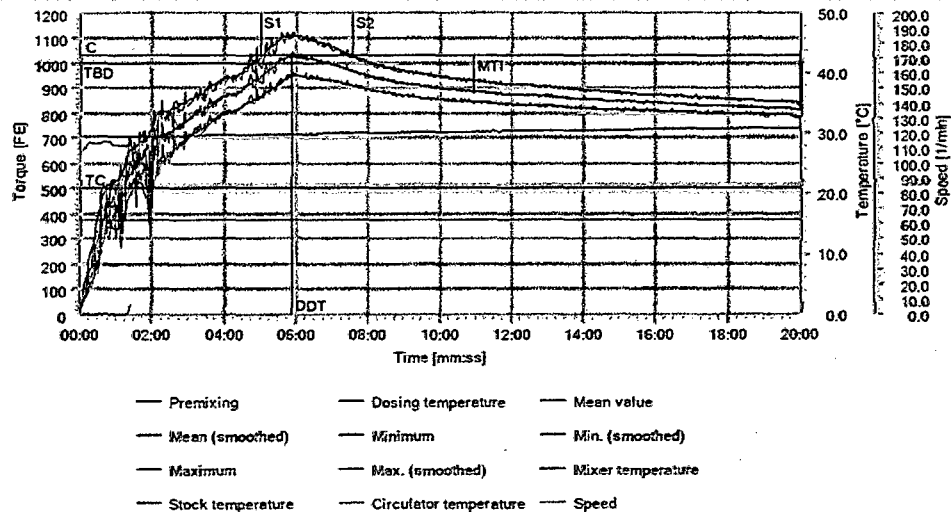


Figura 21-6: Farinograma de la muestra T6 (h. panadera 50.50%, h. cebada 10.50 %, h. arveja 0.0% y h. integral 30%)

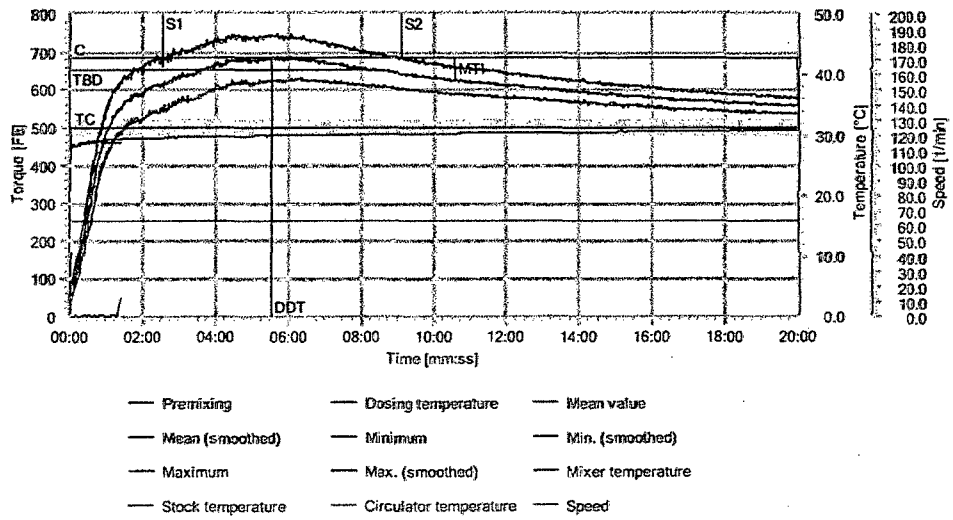


Figura 21-7: Farinograma de la muestra testigo o control (h. trigo 70.0%, h. cebada 0.0 %, h. arveja 0.0% y h. integral 30%)

Cuadro 31: Parámetros obtenidos en el análisis farinográfico de las diferentes mezclas.

TRATAMIENTO	COMPOSICIÓN DE MEZCLA				TIEMPO DE DESARROLLO (mm:ss)	CONSISTENCIA (FE)	ABSORBANCIA DE AGUA (%)	ESTABILIDAD (mm:ss)	ÍNDICE DE TOLERANCIA (FE)	TIEMPO DE RUPTURA (mm:ss)
	HP (%)	HC (%)	HA (%)	HI (%)						
T1	64.75	5.25	0.00	30.00	04:45	748	56.0	05:14	98	05:55
T2	59.50	5.25	5.25	30.00	04:34	819	55.6	04:18	96	06:25
T3	63.00	3.50	3.50	30.00	04:04	602	56.0	04:46	73	05:47
T4	64.75	0.00	5.25	30.00	03:55	595	56.0	05:32	68	06:00
T5	59.50	0.00	10.50	30.00	04:42	725	55.7	05:31	63	07:11
T6	59.50	10.50	0.00	30.00	05:54	1031	55.6	02:33	143	06:54
T7 (control)	70.00	0.00	0.00	30.00	05:34	683	55.6	06:36	58	08:18

Dónde: HP: harina panadera, HC: Harina de cebada, HA. Harina de arveja, HI: harina integral.

La absorción es la cantidad de agua requerida para desarrollar una consistencia estándar de la masa de 500 U.B. (Unidades Brabender) en el punto de máximo desarrollo de la curva. Este porcentaje de absorción depende de la granulometría de la harina, el contenido de proteína y almidón, la humedad inicial y humedad relativa del ambiente (Rodríguez 2005). El cuadro 31 muestra los valores obtenidos en la evaluación farinográfico. Los índices de absorción de agua obtenidos en la investigación están entre 55.6% y 56%, indicando que hay posible semejanza entre las proteínas (gluteninas y gliadinas) y almidones (la amilosa y la amilopectina) de las harinas que forman la mezcla.

A. Análisis del tiempo de desarrollo de la masa (DDT).

El DDT es el tiempo requerido por la masa para hidratarse, y así alcanzar la máxima consistencia, este valor nos permite diferenciar el amasado lento o rápido de las harinas. En una harina fuerte, este período puede ser notablemente largo y es posible que este hecho esté en relación con la alta calidad del gluten o también con la velocidad de absorción de agua por parte de la misma (Peña-Bautista 2008).

En el amasado se producen cambios debido a la de polimerización proteica por ruptura de esos puentes hidrógeno, resultando en aumento de la solubilidad de las proteínas y disminución de la elasticidad y aumento de la viscosidad y pegajosidad de la masa, características muy importantes en procesos industriales, que afectarán la calidad del producto final (Dobraszcyk y Morgenstern, 2003). De allí la importancia que adquieren pruebas predictivas del tipo del farinograma para determinar el tiempo óptimo de desarrollo de la masa, como también la cantidad óptima de agua a agregar.

En el cuadro 31, se aprecia que el valor del tiempo de desarrollo del testigo o control (70.00% HP, 0.00% HC , 0.00% HA30% HI) es de 05:34(mm:ss), siendo el tratamiento T4 (64.75% HP, 0.00% HC , 5.25% HA y 30% HI) el que alcanza en menos tiempo su desarrollo, con 03:55(mm:ss) y el tratamiento T6 (59.50% HP, 10.50% HC, 0.00% HA y 30% HI) es el que necesita más tiempo de desarrollo para alcanzar su consistencia, el cual es de 05.54 (mm:ss). Lo que demuestra que la sustitución de harina panadera por harina de cebada y harina de arveja alcanzó el punto máximo de desarrollo antes que la muestra utilizada como control, a excepción del tratamiento T6 que logra su tiempo de desarrollo de 05.54 (mm:ss).

En el cuadro 32 se muestra los resultados de modelos para los datos en DDT. El modelo cuadrático y lineal muestran un valor-P mayor a 0.05, el cual prueba que estos modelos son estadísticamente simples de analizar y adecuado para los datos obtenidos en la investigación. El modelo cubico está incompleto, se necesita ajustar o agregar más corridas adicionales para tener valor-P.

Cuadro 32: Efectos estimados del modelo completo para DDT (mm:ss)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	558361.	1	558361.		
Lineal	2657.73	2	1328.87	0.55	0.6169
Cuadrático	9631.53	3	3210.51	32.61	0.1261
Cúbico Especial	98.4545	1	98.4545		
Error	-8.38725E-11	0	0		
Total	570749.	7			

Cuadro 33: Resultados del modelo completo para DDT

<i>Modelo</i>	<i>ES</i>	<i>R-Cuadrada</i>	<i>R-Cuadrada Ajd.</i>
Lineal	49.3203%	21.45%	0.00%
Cuadrático	9.92243%	99.21%	95.23%
Cúbico Especial	-----	100.00%	-----

En el cuadro 33 se muestra resultados del errores de los modelo para DDT. En ella se define que el error estándar (ES) o error estimado hace referencia a la diferencia de los valores reales de los modelos y los valores pronosticados, el R-Cuadrado ajustado explica el uso de la variabilidad de los datos del DDT. El modelo más adecuado es el cuadrático, por tener el error estándar (ES) más bajos con 9.92243% y R- cuadrada Adj. 95.23%.

En el cuadro 34 se aprecia el ANOVA del tiempo de desarrollo (DDT) para el modelo cuadrático. En este análisis, el modelo cuadrático tiene un valor-P mayor que 0,05, indicando no hay una relación entre las mezclas y los componentes utilizados a nivel de confianza de 95%.

Cuadro 34: ANOVA para el tiempo de desarrollo (DDT).

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cuadrático	12289.3	5	2457.85	24.96	0.1487
Error total	98.4545	1	98.4545		
Total (corr.)	12387.7	6			

Cuadro 35: Resultados de ajuste de modelo para DDT

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
A:harina de trigo	333.136	9.88477		
B:harina de cebada	353.136	9.88477		
C:harina de arveja	281.136	9.88477		
AB	-342.727	45.4375	-7.54284	0.0839
AC	-274.727	45.4375	-6.04627	0.1043
BC	-158.727	45.4375	-3.49331	0.1775

En el cuadro 35 se aprecia los coeficientes para cada componente y también para cada mezcla, luego de haber ajustado al modelo cuadrático, los datos del tiempo de desarrollo (DDT). Se observa que todas las mezclas binarias tienen un valor- P mayor que 0.05 y coeficientes negativos.

El signo negativo implica efecto antagónico entre los componentes de la mezcla, o sea que se producen respuestas menores al determinar el DDT en las diferentes mezclas. La ecuación de regresión del modelo cuadrático del tiempo de desarrollo es:

$$DDT = 333.136*A + 353.136*B + 281.136*C - 342.727*A*B - 274.727*A*C - 158.727*B*C.$$

Mediante la metodología de superficie de respuesta, cuya gráfica se observa en la Figura 22-1 y 22-2, se observa el comportamiento del tiempo de desarrollo de la masa con distintos niveles de harinas. En la figura y la ecuación observamos que el tiempo de desarrollo (DDT) que alcanza la harina panadera (A) es similar a lo alcanza o requiere la harina de cebada (B), algo que no sucede con la harina de arveja(C). Esto muestra que la harina de arveja se desarrolla o alcanza su consistencia en menos tiempo.

Para Mayorga (2010), en su investigación concluye que las mezclas experimentales que tienen un tiempo de llegada bajo, o alcanzaron su consistencia en menos tiempo, son las masas que tienen harina de arveja.

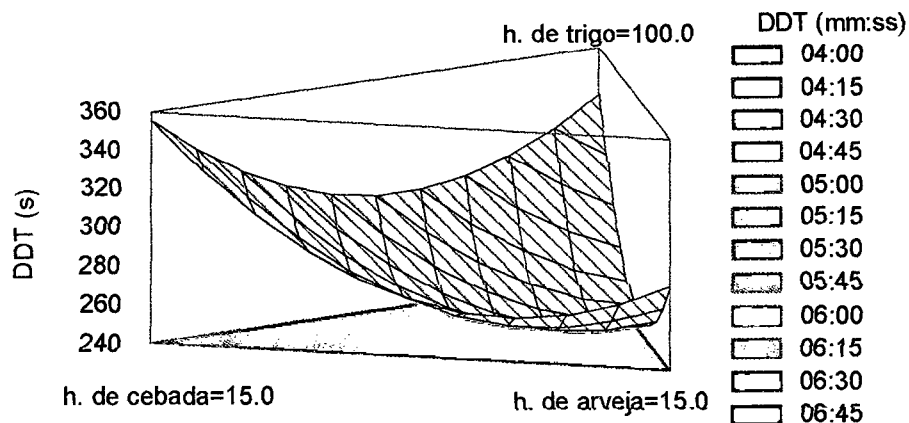


Figura 22-1: Superficies respuesta continuas y sólido para tiempo de llega (DDT)

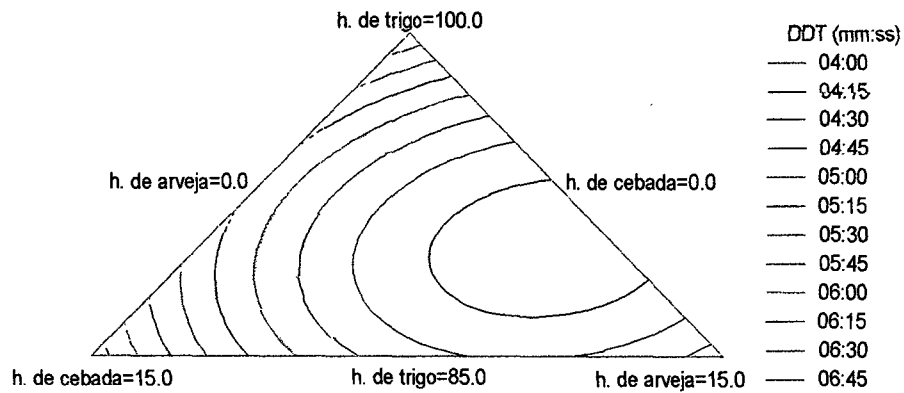


Figura 22-2: Superficies respuesta con malla para tiempo de llega (DDT).

Del cuadro 31, el que alcanza su consistencia en menos tiempo es para el T4 (64.75%HP, 0.00% HC, 5.25HA y 30% HI) que es de 3:55mm:ss, y el que requiere más tiempo es el T6 (59.50%HP, 10.50% HC, 0.00% HA y 30% HI), que es de 5:54mm:ss, cerca al valor del control T7 (70.0% HP, 0.00% HC, 0.00% HA y 30% HI) que es de 5:34mm:ss; mientras que para las mezclas T1, T2, T3 y T5 va en un rango de 4:04 mm:ss mínimo y 4:45 mm:ss máximo, lo que indica que las masas con porcentaje elevados de harina de arveja y porcentaje mínima de harina de cebada, alcanzó el DDT en menos tiempo que el DDT del control y el T6, lo que refleja que las proteínas de la harina de arveja absorbe más rápido el agua, posiblemente formando poco gluten o un gluten de baja calidad, mientras que la harina de cebada y trigo requieren más tiempo para su amasado o formación de gluten.

B. Análisis de la Consistencia.

Como se sabe la consistencia es la capacidad máxima que tiene la masa para hidratarse. En el cuadro 36 se presenta los resultados de los modelos del diseño simplex para los valores de la consistencia (FÉ) de la masa.

Cuadro 36: Efectos Estimados del modelo completo para consistencia (FE).

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	3.86732E6	1	3.86732E6		
Lineal	97043.3	2	48521.7	5.19	0.0774
Cuadrático	32670.1	3	10890.0	2.30	0.4370
Cúbico Especial	4740.01	1	4740.01		
Error	-5.63887E-11	0	0		
Total	4.00177E6	7			

Los valores-P mayor que 0.05 de modelo lineal y cuadrático que se muestra en el cuadro 36 resultan ser simples y adecuados a los datos obtenidos en los ensayos realizados, con un nivel de confianza del 95 %. Asimismo el modelo cubico especial no es adecuado para este investigación debido a que debe ajustarse o aumentar el número de tratamientos y así tener el grado de libertad requerido para este modelo.

En cuadro 37 se presenta los errores de los diferentes modelos, el modelo que se adecua para los datos de la consistencia es el modelo cuadrático. El cual revela una variabilidad (R-cuadrado Ajud.) de un 78,85% y un error estándar de 68.8477%.

Cuadro 37: Resultados del modelo completo para Consistencia (FE).

<i>Modelo</i>	<i>ES</i>	<i>R-Cuadrada</i>	<i>R-Cuadrada Ajd.</i>
Lineal	96.7084%	72.18%	58.265%
Cuadrático	68.8477%	96.47%	78.85%
Cúbico Especial	---	100.00%	---

En el cuadro 38 se aprecia el ANOVA del modelo cuadrático para los datos de la consistencia de las mezclas. En este ANOVA, el modelo tiene un valor-P mayor que 0,05, indicando que no es significativamente diferente de cero o que no existe relación entre las mezclas y los componentes, a un nivel de confianza de 95 %. Con un R-cuadrada del modelo de 96.4746%.

Cuadro 38: ANOVA para Consistencia (FE).

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cuadrático	129713.	5	25942.7	5.47	0.3088
Error total	4740.01	1	4740.01		
Total (corr.)	134453.	6			

En el cuadro 39 se aprecia los coeficientes para cada componente y las mezclas. En estos resultados se observa que todas las mezclas binarias tienen un valor-P mayor 0.05 y coeficientes negativos, el cual señala que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de arveja y cebada se presenta un efecto antagónico, Es decir no afecta significativamente la consistencia. Asimismo el cuadro muestra que la harina de cebada tiene un coeficiente (1036.99) superior a las demás harinas, lo cual demuestra que al evaluar esta harina sola o elevados porcentajes de sustitución afecta la consistencia de la masa.

Cuadro 39: Resultados de ajuste de modelo para Consistencia (FE).

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
A:harina de trigo	688.992	68.5864		
B:harina de cebada	1036.99	68.5864		
C:harina de arveja	730.992	68.5864		
AB	-555.848	315.272	-1.76308	0.3285
AC	-555.848	315.272	-1.76308	0.3285
BC	-355.848	315.272	-1.1287	0.4616

La ecuación para la consistencia es.

$$\text{Consistencia (FE)} = 688.992*A + 1036.99*B + 730.992*C - 555.848*A*B - 555.848*A*C - 355.848*C*B.$$

Mediante la metodología de superficie de respuesta, cuya gráfica se observa en la Figura 23-1 y 23-2, se puede apreciar que al ir aumentando el nivel de harina de cebada hay una tendencia a aumentar la consistencia de la masa, mientras que al ir aumentando el nivel de harina de arveja, la consistencia es similar a la harina panadera.

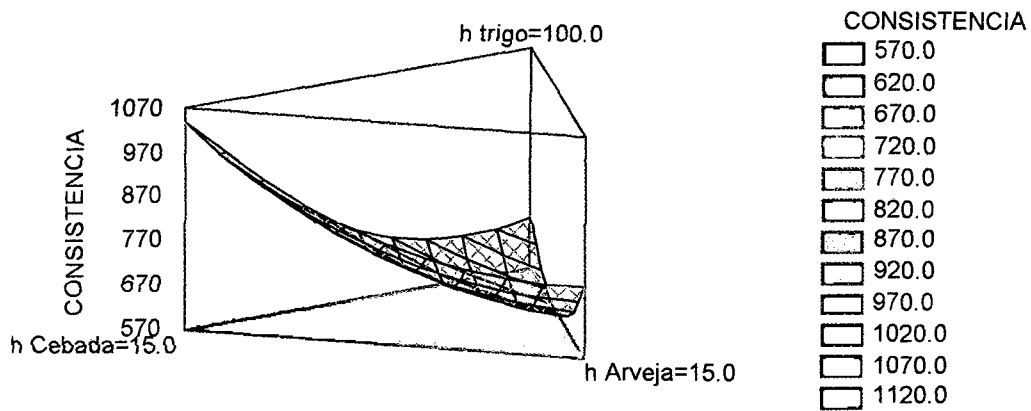


Figura 23-1: Superficies respuesta continuas y sólido para la Consistencia (FE)

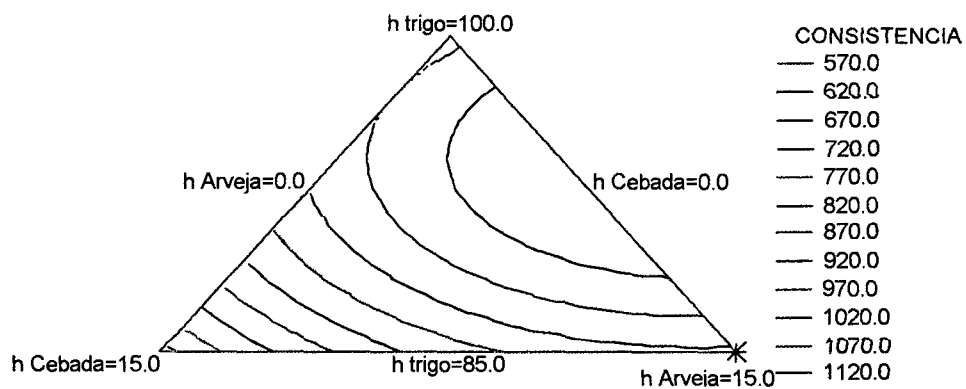


Figura 23-2: Superficies respuesta con malla para la Consistencia (FE)

En cuadro 31, se puede observar que el valor de consistencia del tratamiento T4 (64.75% HP, 0.00% HC, 5.25% HA y 30% HI) es de 595 FE, más bajo que el control (T7) que es 683 FE, las demás mezclas o tratamientos tienen consistencia mayor que el control, siendo el más alto el del T6 (59.50% HP, 10.50% HC, 0.00% HA y 30% HI) con 1031 FE. Para Nuñez & Castillo (2009), los almidón y las proteínas de las harinas son factores que modifican notablemente la consistencia de la masa. Asimismo la consistencia de la masa determina las características y calidad de las harinas, midiendo su comportamiento durante la formación de la masa y el proceso de amasado.

Con el análisis farinográfico se registró la resistencia que la masa opone a un amasado uniforme, traduciéndolo bajo la forma de un diagrama, que expresa la resistencia en función del tiempo, las harinas aptas para panificar deben tener valores de consistencia superiores a 500 FE (Nuñez & Castillo, 2009).

C. Análisis de la Estabilidad.

La estabilidad es el intervalo de tiempo durante el cual las masa mantienen su la máxima consistencia y, se mide por el tiempo que la curva se encuentra por encima de 500 unidades farinográficas, la estabilidad es la relación del agua libre y agua ligada, donde la consistencia de la masa es constante, así mismo durante la elasticidad la harina soporta esfuerzos mecánicos sin variación en la estructura de la masa (Lazo 20011).

En cuadro 31 se aprecia el tiempo de estabilidad necesario para mantener la consistencia máxima de la mezcla control(T7), que es de 06:36 (mm:ss), siendo este parámetro superior a las demás mezclas. La mezcla que tiene mayor tiempo de estabilidad corresponde al tratamiento T4 con 05:32 (mm:ss) y la mezcla con menor tiempo de estabilidad corresponde al tratamiento T6, con 02:33 (mm:ss).

En cuadro 40 se presenta los resultados del análisis estadístico para los modelos Completos para la estabilidad.

Cuadro 40: Efectos Estimados del modelo completo para Estabilidad (mm:ss)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	612129.	1	612129.		
Lineal	32538.1	2	16269.1	28.30	0.0044
Cuadrático	2100.48	3	700.159	3.52	0.3637
Cúbico Especial	198.818	1	198.818		
Error	-9.64917E-11	0	0		
Total	646966.	7			

Cuadro 41: Resultados del modelo completo para Estabilidad.

<i>Modelo</i>	<i>ES</i>	<i>R-Cuadrada</i>	<i>R-Cuadrada Ajd.</i>
Lineal	23.9755%	93.40%	90.10%
Cuadrático	14.1003%	99.43%	96.58%
Cúbico Especial	----	100.00%	----

En cuadro 41 se aprecia los efectos de los modelos, el modelo que más se adecua es el cuadrático por tener un error estándar menor (14.1003%) y un R-Cuadrada Ajd. de 96.58%, superior al modelo lineal.

Cuadro 42: ANOVA para Estabilidad (mm:ss)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cuadrático	34638.6	5	6927.72	34.84	0.1262
Error total	198.818	1	198.818		
Total (corr.)	34837.4	6			

El cuadro 42, se aprecia el ANOVA para el modelo cuadrático, según los parámetros de la estabilidad. El valor-P es mayor que 0.05, indicando que no hay diferencia significativa entre las mezclas y sus componentes a un nivel de 95% de confianza. Con esto se puede deducir que las proteínas de las harinas de trigo, cebada y arveja; tienen la capacidad de tener similar estabilidad de retención del agua y amasado.

Cuadro 43: Resultados de ajuste de modelo para Estabilidad (mm:ss)

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
A:harina de trigo	397.227	14.0468		
B:harina de cebada	154.227	14.0468		
C:harina de arveja	332.227	14.0468		
AB	133.455	64.569	2.06685	0.2869
AC	-150.545	64.569	-2.33154	0.2579
BC	39.4545	64.569	0.611045	0.6508

La ecuación del modelo cuadrático para la estabilidad en la investigación es:

$$\text{Estabilidad (mm:ss)} = 397.227*A + 154.227*B + 332.227*C + 133.455*A*B - 150.545*A*C + 39.4545*B*C$$

En el cuadro 43 se aprecia los coeficientes para cada mezcla y los componentes puros, determinados por el paquete estadístico, luego de haber ajustado los datos al modelo cuadrático. En este cuadro se puede observar que la mezcla de harina de trigo con harina de arveja (AC) tiene coeficiente negativo, el cual señala que esta mezcla tiene un efecto antagonico, es decir, la estabilidad media para la mezcla es menor que la media que se obtendrá por separado de los componentes de la mezcla.

La duración del tiempo de estabilidad nos indica si una harina es muy fuerte o débil, cuanto más tiempo permanece sobre la banda de 500 FE la harina más fuerte, tolera mejor el amasado y se degrada menos con el tiempo. Igualmente, si la curva de salida es muy pronunciada (decae la consistencia rápidamente) o la estabilidad de la consistencia es corta, estamos ante una masa con mayor nivel de harina débil. En las harinas fuertes, la caída final de consistencia es más sostenida y lenta porque el gluten se deteriora lentamente (Lazo 2011). Para Alvarado & Aguilera (2001), cuanto más pronto sucede esta caída, menos tiempo estabilidad tienen las harinas en la amasadora y no se tendrá una fermentación adecuada.

A continuación observamos la figura 24-1 y 24-2, en ellas se aprecia que la masa que tiene mayor porcentaje de harina de cebada, es la que tiene menor estabilidad y la masa que tiene mayor porcentaje de arveja es la que tiene mayor estabilidad, cercana a la mezcla control. Según López, P. (2006), las proteínas de las harinas de cebada, que presentan la menor hidratación y estabilidad, podría ser por su bajo contenido de proteínas hidrosolubles o almidones dañados, capaces de absorber agua y retenerla por un buen tiempo durante el amasado.

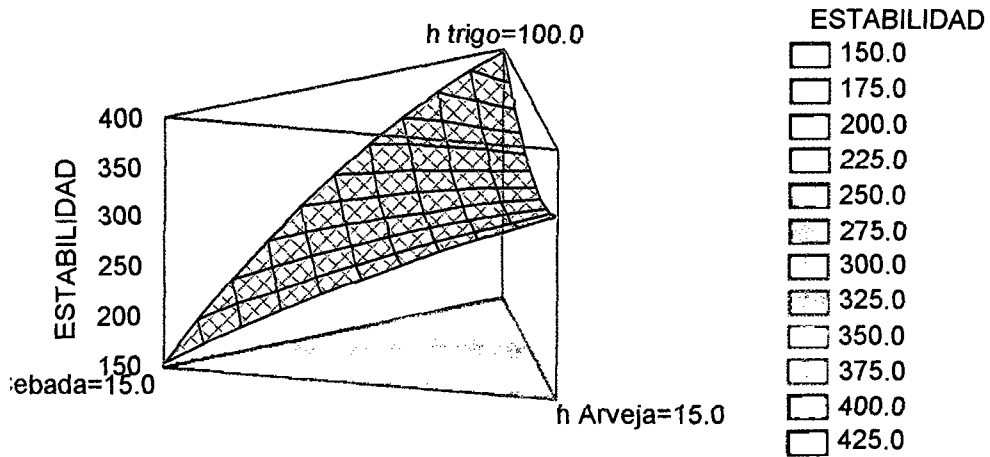


Figura 24-1: Superficies respuesta continuas y sólido para Estabilidad en segundos

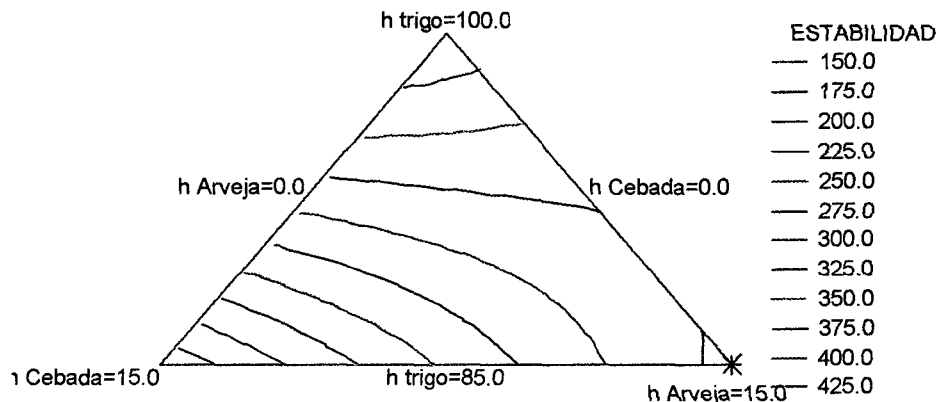


Figura 24-2: Superficies respuesta con malla para Estabilidad en segundos.

Esta grafica nos demuestra que la harina de cebada no genera una buena estabilidad de la consistencia, lo cual este tipo de sustitución no es recomendable para masas fermentadas puesto que no favorecerá la retención de gas carbónico para el esponjamiento de la masa y tampoco se las debe exponer a mucho tiempo de amasado. Para la elaboración de pan de molde integral, las masas con alto porcentaje de harina de cebada nos generan dificultad en el amasado y sobre todo en la presentación del producto terminado.

Según el cuadro 31 y la Figura 24-1, se observa que las masas con porcentajes elevados de harina de arveja también disminuye la estabilidad de la consistencia, pero en comparación a la harina de cebada, esta disminución varía muy poco a la estabilidad obtenida por la mezcla control. Para Weegels, (1996), el gluten de masa comprende aproximadamente el 78 a 85 % del total de proteína, de las cuales las gluteninas confieren elasticidad, mientras que las gliadinas le proporcionan extensibilidad. Las mezclas de harinas varían en el contenido proteico, y estos pueden producir una significativa influencia en las propiedades finales del producto.

D. Análisis del Índice de Tolerancia.

El índice de tolerancia (MTI), es la diferencia en unidades farinograficas (FE) entre el tope de la curva en la que se alcanza la consistencia máxima y el tope de la curva cinco minutos después que ha alcanzado su consistencia máxima. Un valor alto significa que la harina se debilitara rápidamente, no tiene una buena estabilidad cuando la masa alcanza su consistencia máxima (Eduardo R. 2006). En las figuras del grupo 22 y el cuadro 31 se observa el comportamiento del índice de tolerancia de las diferentes mezclas.

El índice de tolerancia (MTI) para el testigo o control T7 es de 58 FE, siendo este el más bajo en comparación con las demás mezclas, demostrando que la consistencia durante el amasado no se debilitara rápidamente. En las mezclas realizadas en esta investigación se obtuvo elevados índice de tolerancia (MTI), siendo los más elevados el T6 con 143FE, el T1 con 98 FE y T2 con 96FE, demostrando que la consistencia se debilitará más rápido, que el control (T7).

En cuadro 44 se presenta los resultados de los análisis para los modelos Completos para índice de tolerancia (MTI). Dado que el valor-P para este modelo cuadrático es mayor o igual que 0.05, no hay una relación estadísticamente significativa entre DDT de la masas y los componentes, con un nivel de confianza del 95.0%. Según el paquete estadístico recomienda elegir el modelo más complicado (valor-P<0.05), siempre y cuando se tenga un error estándar muy pequeño.

Cuadro 44: Efectos estimados del modelo completo para Índice de Tolerancia -MTI (FE)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	49560.1	1	49560.1		
Lineal	4795.2	2	2397.6	28.24	0.0044
Cuadrático	282.316	3	94.1054	1.64	0.5003
Cúbico Especial	57.3409	1	57.3409		
Error	5.7625E-12	0	0		
Total	54695.0	7			

Cuadro 45: Resultados del modelo completo para Índice de Tolerancia- MTI

<i>Modelo</i>	<i>ES</i>	<i>R-Cuadrada</i>	<i>R-Cuadrada Ajd.</i>
Lineal	9.21489 %	93.39%	90.08%
Cuadrático	7.57238%	98.885	93.30%
Cúbico Especial	--	100.00%	----

En cuadro 45 se aprecia los efectos de los modelos, el modelo que más se adecua para índice de tolerancia (MTI) es el cuadrático, por tener un error estándar menor (7.57238%) y un R-Cuadrada Ajd. Superior (93.30%) que el modelo lineal.

Cuadro 46: ANOVA para Índice de Tolerancia - MTI (FE)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cuadrático	5077.52	5	1015.5	17.71	0.1760
Error total	57.3409	1	57.3409		
Total (corr.)	5134.86	6			

En el cuadro 47 se aprecia los coeficientes para cada mezcla y componente, que han sido determinados por el programa luego de haber ajustado los datos al modelo cuadrático.

Reológicamente las masas que tienen parámetros elevados en consistencia y índice de tolerancia, están compuestos por harinas de baja calidad porque no permiten tener una buena estabilidad en el amasado. Del cuadro 47, la harina de trigo (A), harina de arveja (C) y la mezcla (AC) tienen un efecto antagónico, algo que no ocurre con la harina de cebada(B) , mezclas AB y BC.

Cuadro 47: Resultados de ajuste de modelo para Índice de Tolerancia- MTI (FE)

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
A:h. de trigo	58.6591	7.54364		
B:h. de cebada	143.659	7.54364		
C:h. de arveja	63.6591	7.54364		
AB	-63.1818	34.6759	-1.82206	0.3195
AC	16.8182	34.6759	0.48501	0.7125
BC	-41.1818	34.6759	-1.18762	0.4455

La ecuación del modelo cuadrático para el índice de tolerancia (MTI) en la investigación es:

$$\text{Índice de Tolerancia (FE)} = 58.6591*A + 143.659*B + 63.6591*C - 63.1818*A*B + 16.8182*A*C - 41.1818*C*B.$$

Según Rodríguez E,(2005), Índice de Tolerancia nos permitió determinar la magnitud de descenso de consistencia al proseguir el amasado. Las harinas obtenidas de trigos de alto valor proteico, presentan un decaimiento lento, sin embargo, las harinas débiles presentan importantes valores de decaimiento, esto se debe al tipo de proteínas que constituyen la masa. En las harinas fuertes, la caída final de consistencia es más débil y lenta porque el gluten se deteriora lentamente.

Con esto podemos indicar que las mezclas con porcentaje elevado de harina de trigo y arveja son los que tienen un lento debilitamiento de la consistencia de la masa, debido a que la composición química (proteínas y carbohidratos) de estas harinas ayudan a que la masa tenga una buena estabilidad y un débil decaimiento de su consistencia. Las mezclas que tienen mayor porcentaje de harina de cebada cuyo valores son elevados, indica que la consistencia de la masa obtenida tiende a debilitarse más rápido.

Mediante las curvas de Superficies y Contorno que se muestran en la Figura 25-1 y 25-2 se puede observar el comportamiento del modelo cuadrático para el índice de tolerancia (MTI)

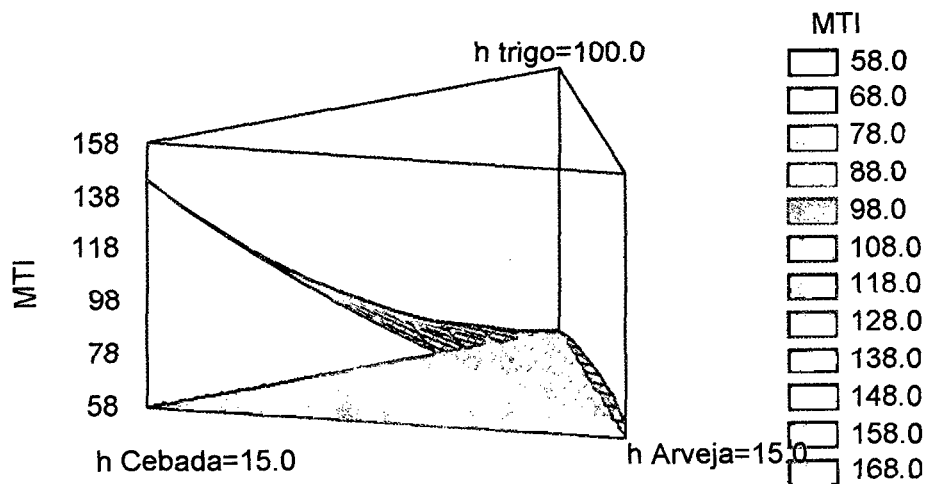


Figura 25-1: Superficies respuesta continuas y sólido para Índice de Tolerancia (FE)

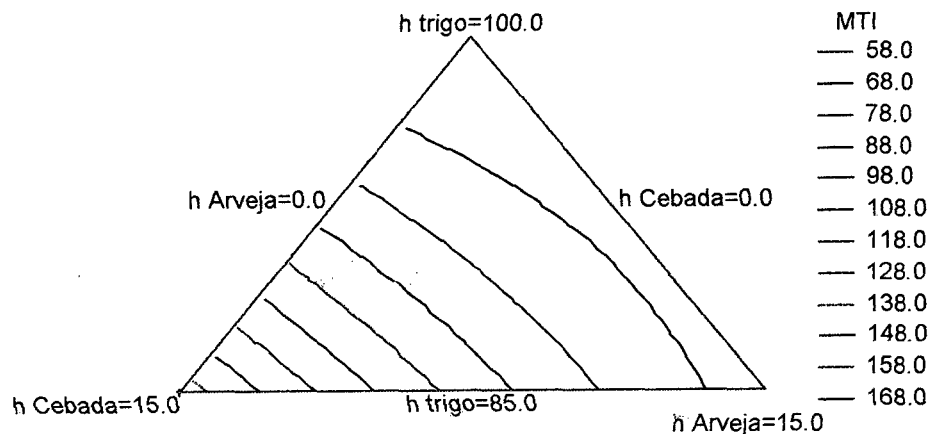


Figura 25-2: Superficies respuesta con malla para Índice de Tolerancia (FE)

E. Análisis del Tiempo de Ruptura.

El Tiempo de Ruptura mide el grado de decaimiento o bajada, mide indirectamente la actividad de la α -amilasa existente en la harina. Esta indica hasta qué punto se reduce la viscosidad de una masa de harina / agua por la hidrólisis amilolítica del almidón. Si la actividad enzimática es alta hay producción de dextrina ocasionando defectos en el pan (Álvarez 2007). En cuadro 48 se presenta los resultados de los análisis para los modelos Completos para Tiempo de Ruptura (mm:ss).

Cuadro 48: Efectos Estimados del modelo completo para Tiempo de Ruptura (mm:ss)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	1.11201E6	1	1.11201E6		
Lineal	2185.73	2	1092.87	0.29	0.7646
Cuadrático	15187.0	3	5062.33	153.40	0.0585
Cúbico Especial	33.0	1	33.0		
Error	-3.19744E-11	0	0		
Total	1.12942E6	7			

Cuadro 49: Resultados del Modelo Completo para Tiempo de Ruptura.

<i>Modelo</i>	<i>ES</i>	<i>R-Cuadrada</i>	<i>R-Cuadrada Ajd.</i>
Lineal	61.6846%	12.56%	0.00%
Cuadrático	5.74456%	99.81%	98.86%
Cúbico Especial	-----	100.00%	-----

En cuadro 49 se aprecia los efectos de los modelos; el modelo que más se adecua para Tiempo de Ruptura, es el modelo cuadrático, por tener un error estándar menor (5.74456%) y un R-Cuadrada Ajd. 98.86% superior al modelo lineal.

El cuadro 50, se aprecia el ANOVA para el Tiempo de ruptura de las diferentes masas, el valor-P es mayor que 0.05, indicando que no hay diferencia significativa entre el tiempo de ruptura de las masas y sus componentes.

Cuadro 50: ANOVA para Tiempo de Ruptura (mm:ss)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cuadrático	17372.7	5	3474.54	105.29	0.0729
Error total	33.0	1	33.0		
Total (corr.)	17405.7	6			

En el cuadro 31, se observa que las mezclas con porcentaje elevado de harina de arveja son los que tienen parámetros de estabilidad y tiempo de ruptura de las masas más cercanas al control (T7). Las mezclas que tienen mayor porcentaje de harina de cebada cuyo valores de estabilidad son bajos y los índice de tolerancia son elevados, muestran que el tiempo de ruptura de la masa obtenida tiende a debilitarse más rápido.

En el cuadro 51 se aprecia los coeficientes para cada mezcla y sus componentes, que han sido determinados por el programa luego de haber ajustado los datos al modelo cuadrático.

Cuadro 51: Resultados de ajuste de modelo para Tiempo de ruptura (mm:ss)

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
A:h de trigo	497.5	5.72276		
B:h de cebada	413.5	5.72276		
C:h de arveja	430.5	5.72276		
AB	-394.0	26.3059	-14.9776	0.0424
AC	-408.0	26.3059	-15.5098	0.0410
BC	-140.0	26.3059	-5.322	0.1182

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Tiempo de ruptura} = 497.5*A + 413.5*B + 430.5*C - 394.0*A*B - 408.0*A*C - 140.0*B*C$$

Los resultados de ajuste de modelo indican que tanto la harina de trigo, harina de arveja y harina de cebada tienen un tiempo de ruptura parecidos, y al mezclarse se produce un efecto antagónico, es decir la actividad de la α -amilasa no es afectada al momento de mezclarse.

Cerna M.,(2010), en su investigación muestra que aquellas harinas que tengan una elevada actividad enzimática (<80s) mostrarán bajos valores de índice de caída, ya que el gel de almidón será degradado rápidamente, una actividad amilásica elevada se traduce en masas más oscuras y panes con migas más pegajosas, por el elevado porcentaje de dextrinas y harinas que tengan una baja actividad de alfa-amilasa (>300s) presentan problemas en panificación y se recomienda ser mezcladas con harinas de alta actividad enzimática.

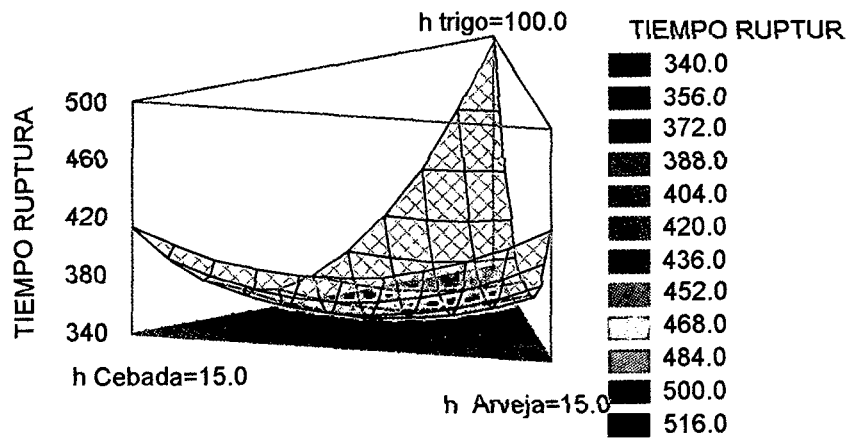


Figura 26-1: Superficies continuas y solido de respuesta estimada para Tiempo de ruptura (segundos)

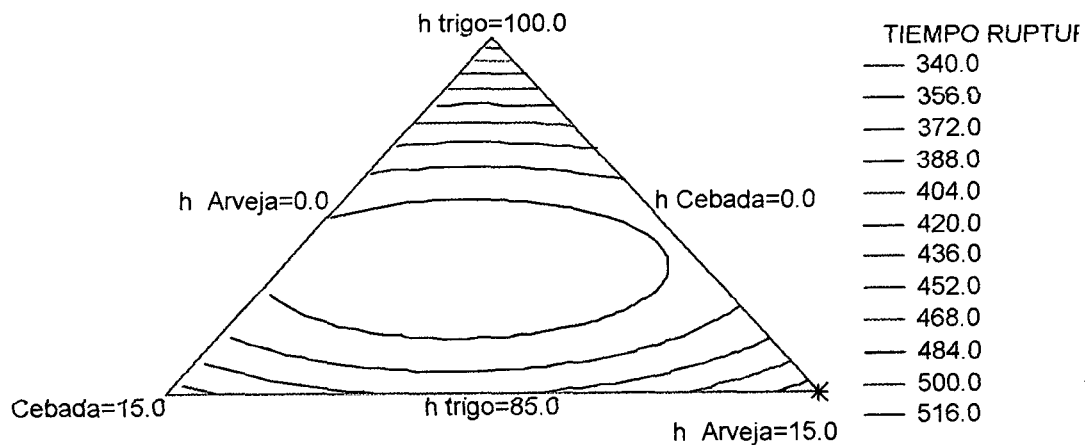


Figura 26-2: Superficies marco con malla de respuesta estimada para Tiempo de ruptura (segundos)

Mediante las curvas de superficies respuesta que se muestran en la Figura 26-1 y 26-2 se puede observar el comportamiento del tiempo de ruptura de la masa. Las mezclas que tienen igual porcentaje de harina de cebada y arveja tienen menor el tiempo de ruptura. Asimismo se puede apreciar que ninguna mezcla alcanza los parámetros de consistencia, estabilidad y tiempo de ruptura que alcanza el control.

En el análisis farinográfico, se ha demostrado claramente el comportamiento de la harina, antes, durante y luego del amasado, por lo tanto, todos los análisis concuerdan en que el análisis farinográfico es un método de solución posible para el mejoramiento de la mezcla. Para Jara, C. (2006) el equipo farinográfico, produce una curva que reproduce en forma visual el conjunto de características de calidad de la harina. La curva aumenta hasta un máximo de consistencia y esto es a medida que las proteínas de la harina se desdoblán en gluten y cae a medida que ésta pierde resistencia por el amasado continuo.

4.2.3. Análisis Extensográfico.

Un extensograma generalmente se aplica a masas preparadas en el farinógrafo. Este análisis se realizó usando un extensógrafo, diseñado para conocer las características de extensión natural de una masa. El extensógrafo mide la estabilidad de una masa y la resistencia que opone luego de un período de reposo (Rodríguez , 2005).

El análisis extensográfico realizado en la investigación, se registró la resistencia de la masa al estiramiento y la longitud que se estira antes de romperse en un intervalo de tiempo con reposos y alargamientos. En el extensógrafo queda registrado la energía o fuerza que presenta las harinas en el amasado y fermentación; asimismo la resistencia a la extensión; extensibilidad o plasticidad de la masa y relación resistencia/extensibilidad.

En el siguiente grupo de figuras (27-1 a 27-7), se muestra los extensogramas y sus parámetros en el cuadro 52.

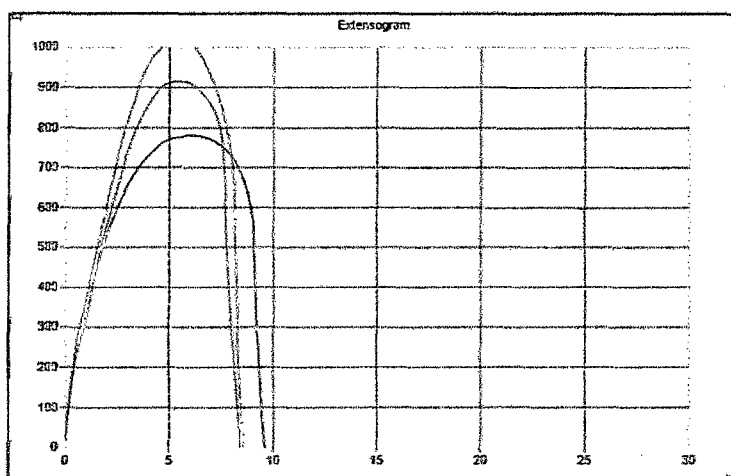


Figura 27-1: Extensograma de la muestra T1 (h. trigo 64.75%, h. cebada 5.25 %, h. arveja 0.0% y 30% h. integral)

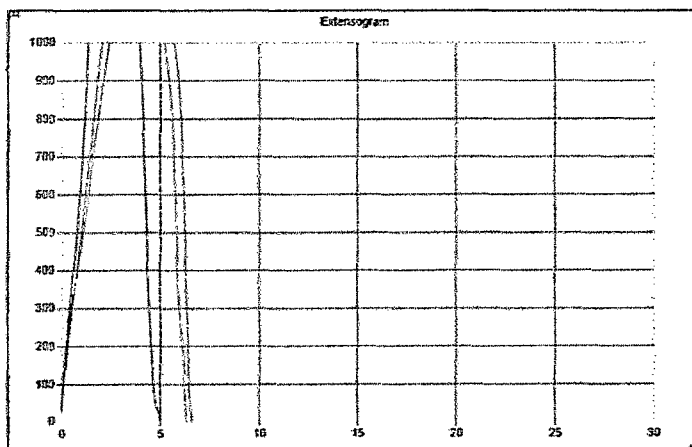


Figura 27-2 : Extensograma de la muestra T2 (h. trigo 59.50%, h. cebada 5.25 %, h. arveja 5.25 y 30.0% h. integral)

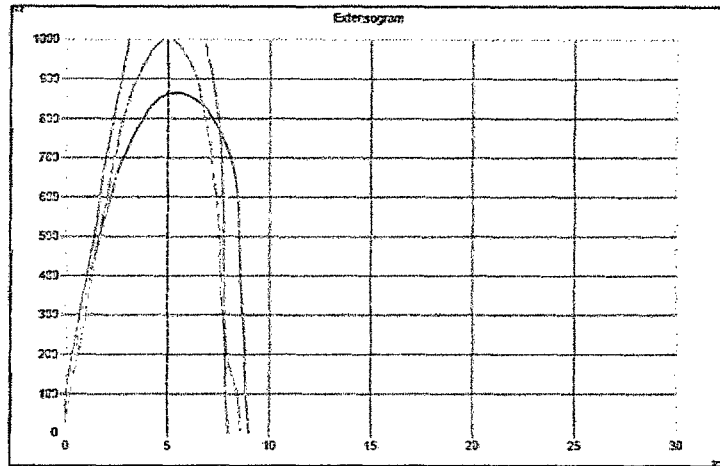


Figura 27-3: Extensograma de la muestra T3 (h. trigo 63.0%, h. cebada 3.50 %, h. arveja 3.50% y 30% h. integral)

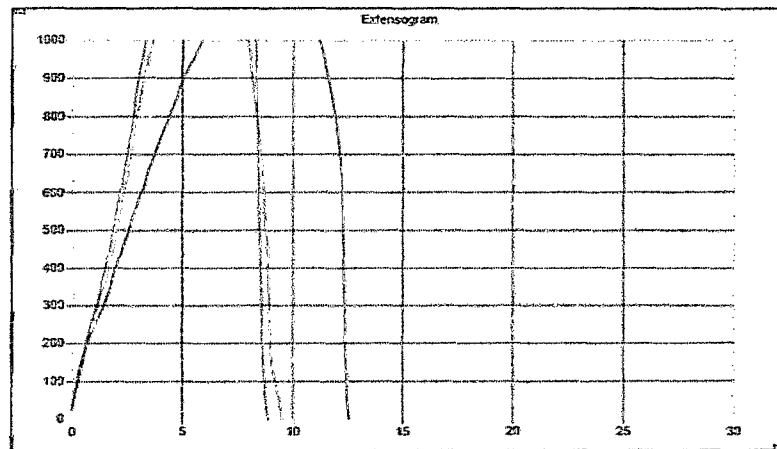


Figura 27-4: Extensograma de la muestra T4 (h. trigo 64.75%, h. cebada 0.0 %, h. arveja 5.25% y 30% h. integral)

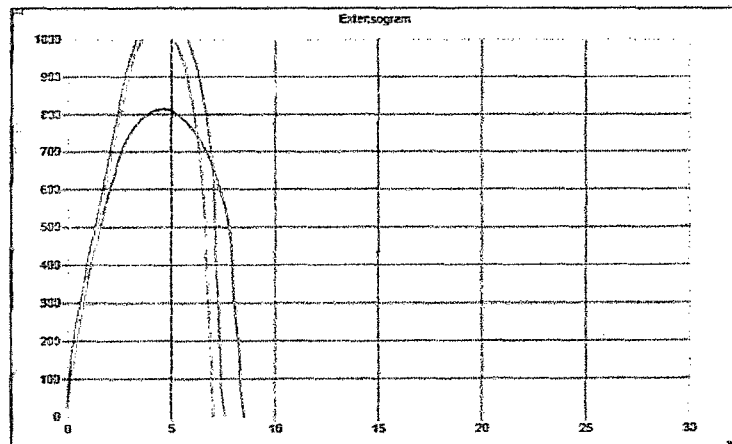


Figura 27-5: Extensograma de la muestra T5 (h. trigo 59.50%, h. cebada 0.0 %, h. arveja 10.50% y h. integral 30%)

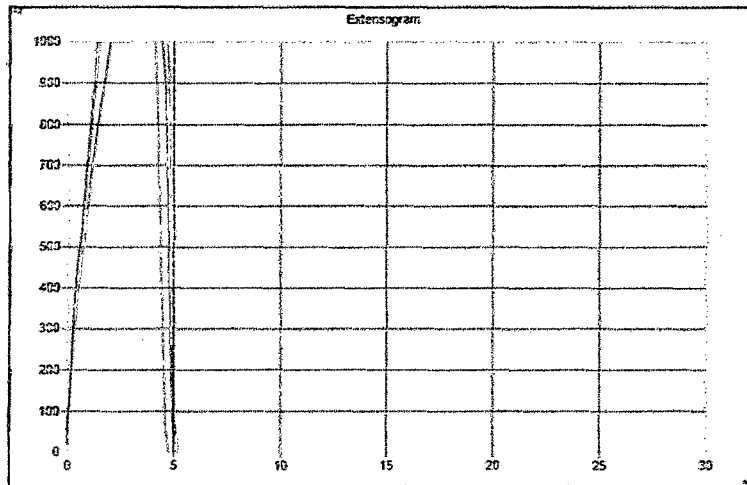


Figura 27-6: Extensograma de la muestra T6 (h. trigo 50.50%, h. cebada 10.50 %, h. arveja 0.0% y h. integral 30%)

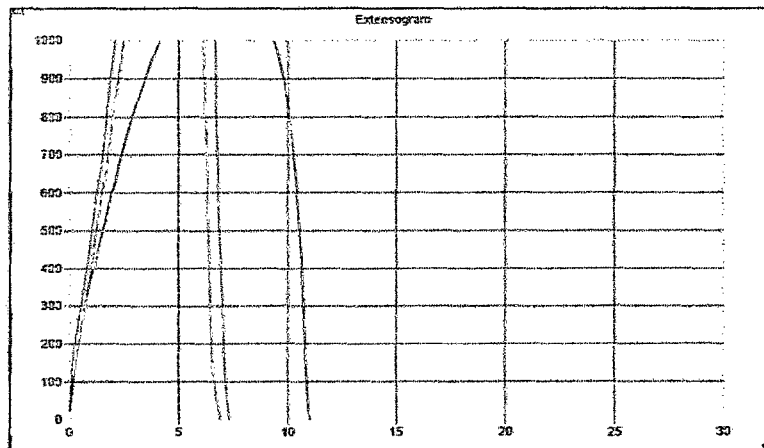


Figura 27-7: Extensograma de la muestra testigo o patrón (h. trigo 100.0%, h. cebada 0.0 %, h. arveja 0.0% y h. integral 30%).

Cuadro 52: Parámetros obtenidos del análisis extensográfico de las diferentes mezclas.

TRATAMIENTO	HARINA DE TRIGO (%)	HARINA DE CEBADA (%)	HARINA DE ARVERJA (%)	HARINA INTEGRAL	TIEMPO (mm)	ENERGÍA (cm ²)	RESIST. A EXTENSIB. (UB)	EXTENSIBILIDAD (mm)	RESIST.A EXTENSIB. MÁX. (UB)	ÍNDICE EXTENSOGRÁFICO (RB/E)	ÍNDICE EXTENSOGRÁFICO MAX. (RB/E)
T1	64.75	5.25	0.00	30.00	30	103	771	96	781	8	8.1
					60	98	614	71	916	8.6	12.8
					90	113	1016	86	1021	11.8	11.9
T2	59.50	5.25	5.25	30.00	30	89	27	50	1638	0.5	32.9
					60	100	1159	76	1237	15.3	16.3
					90	100	1087	63	1358	17.2	21.5
T3	63.00	3.50	3.50	30.00	30	104	863	90	866	9.6	9.6
					60	122	1234	80	1236	15.4	15.5
					90	100	1010	86	1012	11.7	11.8
T4	64.75	0.00	5.25	30.00	30	183	897	126	1197	7.1	9.5
					60	160	1560	89	1638	17.5	18.4
					90	140	1283	96	1354	13.4	14.1
T5	59.50	0.00	10.50	30.00	30	91	807	85	814	9.5	9.5
					60	103	1090	76	1109	14.3	14.5
					90	89	1009	70	1039	14.3	14.8
T6	59.50	10.50	0.00	30.00	30	77	33	51	1231	0.6	24
					60	98	103	52	1038	2	20.0
					90	86	48	48	1638	1	34.4
T7	70.00	0.00	0.00	30.00	30	166	1084	110	1166	9.8	10
					60	147	1638	73	1638	22.4	14.59
					90	115	1496	69	1511	21.7	14.84

A. Análisis de la Energía.

La Energía es medida como la superficie bajo la curva en cm^2 , la cual nos demuestra la fuerza y la calidad de la masa. Para esto se tiene en cuenta, que la cantidad de almidón dañado y sobre todo las proteínas presentes en las harinas influye de una forma directa en la fuerza panadera, tenacidad, extensibilidad y equilibrio, puesto que mientras mayor es la cantidad de almidón dañado, y elevados porcentajes de proteínas, se requiere más energía para la deformación de la masa. Lascano, A., (2009). En cuadro 53 se presenta los resultados de los análisis para los modelos Completos para energía. Según el paquete estadístico recomienda utilizar el modelo más complicado, siempre y cuando el error estándar sea el más pequeño y el R-cuadrado Ajd. sea el más grande posible.

Cuadro 53: Efectos estimados del modelo completo para Energía (cm^2)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	95122.3	1	95122.3		
Lineal	3315.73	2	1657.87	5.25	0.0762
Cuadrático	1263.95	3	421.317	13903.46	0.0062
Cúbico Especial	0.030303	1	0.030303		
Error	-2.51805E-12	0	0		
Total	99702.0	7			

En cuadro 54 se aprecia los resultados de los efectos de los modelos, y el que más se adecua para energía es el modelo cuadrático, por tener un error estándar menor (0.174078%) que los demás modelos y un R-Cuadrada Ajd. Superior (100.00%) que el lineal.

Cuadro 54: Resultados del modelo completo para Energía.

<i>Modelo</i>	<i>ES</i>	<i>R-Cuadrada</i>	<i>R-Cuadrada Ajd.</i>
Lineal	17.7763	72.40	58.60
Cuadrático	0.174078	100.00	100.00
Cúbico Especial		100.00	-----

El cuadro 55, se aprecia el ANOVA para la para el modelo cuadrático, el valor-P obtenido es menor que 0.05, esto indica que hay diferencia significativa en energía de la mezcla con sus componentes, a 95% de confianza. Esto puede indicar que la diferencia de proteínas que presenta las harinas influye en la fuerza que presenta la masa para ser estirada.

Cuadro 55: ANOVA para Energía (cm2).

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cuadrático	4579.68	5	915.937	30225.91	0.0043
Error total	0.030303	1	0.030303		
Total (corr.)	4579.71	6			

En el análisis química proximal se puede observar que tanto la harina de cebada y harina de arveja, tienen diferentes porcentajes de proteínas, las cuales no tienen las mismas funciones de elasticidad, que tiene la harina de trigo.

Según Dergal, (2006), La glutenina comunica solidez al gluten y la ligazón se debe a la gliadina, que es una sustancia blanca y pegajosa. Estas dos aportan alrededor del 85% de la proteína de buena harina y cualquier variación en la relación de estas dos sustancias hará variar las propiedades del gluten. Su conformación se estabiliza por enlaces disulfuro intramoleculares; al hidratarse forman una masa viscosa extensible, fluida pero poco elástica y son las responsables de la expansión de las masas durante la elaboración del pan. Cuando existe un exceso de gliadinas en relación con las gluteninas, el gluten se vuelve débil, permeable y no retiene el anhídrido carbónico; entonces la masa en vez de esponjarse se colapsa.

En el cuadro 56 se aprecia los coeficientes para cada mezcla y los componentes, que han sido determinados por el programa STATGRAPHICS, luego de haber ajustado los datos al modelo cuadrático. La harina de cebada(B) y la mezclas AB y BC son los que tienen valores bajos, demostrando que las medias de fuerza de la masa es menores que las medias de la harina de trigo, harina de arveja y la mezcla AC.

Cuadro 56: Resultados de ajuste de modelo cuadrático para Energía (cm2).

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
A:h de trigo	146.985	0.173417		
B:h de cebada	85.9848	0.173417		
C:h de arveja	102.985	0.173417		
AB	-73.697	0.797148	-92.4508	0.0069
AC	140.303	0.797148	176.006	0.0036
BC	22.303	0.797148	27.9785	0.0227

La ecuación para la energía que presenta las masas es:

$$\text{Energía} = 146.985*A + 85.9848*B + 102.985*C - 73.697*A*B + 140.303*A*C + 22.303*B*C$$

Las curvas de superficies respuesta y Contorno que se muestran en la Figura 28-1 y 28-2, se puede analizar el comportamiento de la fuerza o energía de la masa, a diferentes niveles de sustitución de harina de cebada y arveja. Las mezclas que tienen mayor porcentaje de harina de cebada y arveja ejercen menor resistencia a la fuerza a la extensibilidad, Las mezclas con bajo porcentaje de harina de arveja y cero porcentaje de harina de cebada se puede lograr mayor resistencia a la extensibilidad.

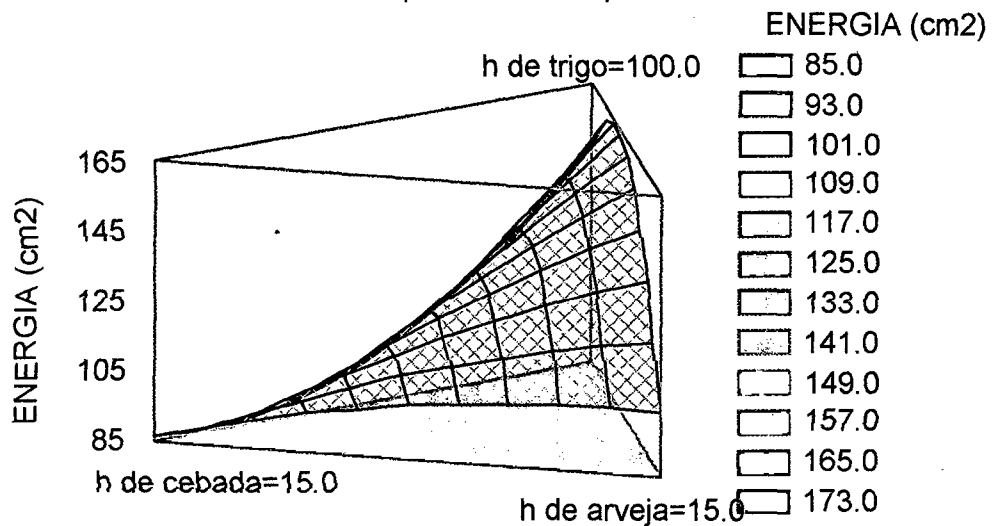


Figura 28-1: Superficies respuesta continuas y sólido para Energía (cm²).

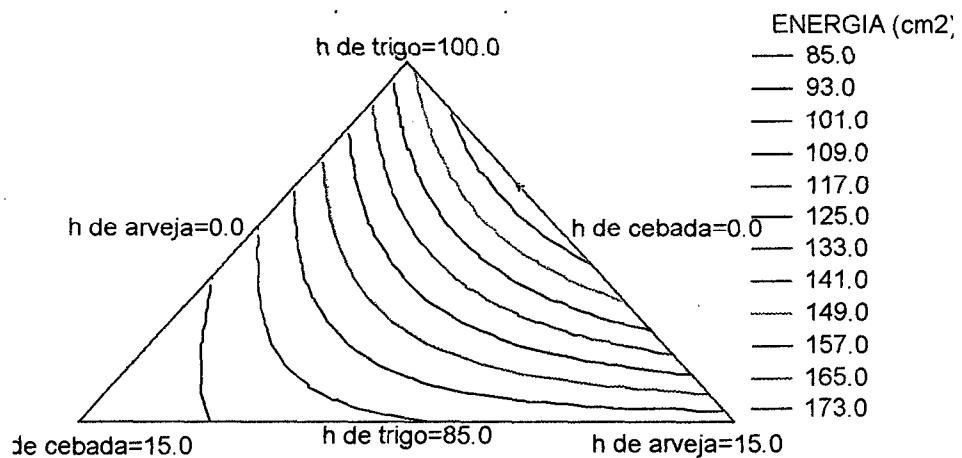


Figura 28-2: Superficies respuesta con malla para Energía (cm²).

Según Rodríguez E,(2005), estructuralmente considera que la masa de trigo es un sistema complejo donde la interacción entre las proteínas hidratadas, la matriz de almidón y las interacciones almidon-proteína influyen en las propiedades elásticas. La base molecular para las interacciones almidon-almidon, son las fuerzas Van der Waals y los puentes de hidrogeno. Las proteínas del gluten interactúan por enlaces disulfuros, puentes de hidrogeno, entrecruzamiento e interacciones hidrofobicas para formar una red continua, que es la base para el desarrollo y retención de gas en la masa

Entonces las masas con bajo fuerza, serán incapaz de retener el gas. Las masas que tienen más energía o no se rompan con la extensibilidad que se necesita para la elaboración de pan de molde son las mezclas que tienen poco porcentajes de harina de arveja, y porcentaje nulo o mínimo de harina de cebada.

B. Análisis de la Resistencia a la Extensibilidad.

Las propiedades únicas de la harina de trigo que formar una masa viscoelástica al ser mezclada con agua, se debe a las características de las proteínas, gliadinas y gluteninas, presentes en el grano Mayorga, V. (2010). Las proteínas pueden absorber prácticamente tres veces su peso en agua y constituir una red deformable, elástica y extensible capaz de retener CO₂ durante la fermentación y posterior a la cocción Montoya L.(2012)

En cuadro 57 se presenta los resultados de la resistencia a la extensibilidad para los diferentes modelos. El paquete estadístico recomienda utilizar el modelo más difícil o complejo, siempre y cuando el error estándar sea el más pequeño en comparación a los demás modelos.

Cuadro 57: Efectos estimados del modelo completo para Resistencia a la Extensibilidad.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	8.4656E6	1	8.4656E6		
Líneal	1.3091E6	2	654548.	10.81	0.0244
Cuadrático	239407.	3	79802.4	29.75	0.1320
Cúbico Especial	2682.01	1	2682.01		
Error	-3.80396E-9	0	0		
Total	1.00168E7	7			

En cuadro 58 se aprecia los efectos de los modelos, el que más se adecua es el modelo cuadrático por tener un error estándar de 51.7881%, menor que el lineal y un R-Cuadrada Ajd. 98.96% superior de que el modelo lineal.

Cuadro 58: Resultados del modelo completo para resistencia a la Extensibilidad.

<i>Modelo</i>	<i>ES</i>	<i>R-Cuadrada</i>	<i>R-Cuadrada Ajd.</i>
Lineal	246.013	84.39	76.59
Cuadrático	51.7881	99.83	98.96
Cúbico Especial		100.00	0.00

Cuadro 59: ANOVA para resistencia a la Extensibilidad.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cuadrático	1.5485E6	5	309701.	115.47	0.0696
Error total	2682.01	1	2682.01		
Total (corr.)	1.55119E6	6			

El cuadro 59, se aprecia el ANOVA para resistencia de extensibilidad, el valor-P >0.05, indicando que no hay diferencia significativa al 95% de confianza, entre las masas preparadas.

Cuadro 60: Resultados de ajuste de modelo para resistencia a la Extensibilidad.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
A:h de trigo	1642.51	51.5916		
B:h de cebada	107.508	51.5916		
C:h de arveja	1094.51	51.5916		
AB	83.8485	237.152	0.353565	0.7836
AC	693.848	237.152	2.92576	0.2097
BC	2159.85	237.152	9.10746	0.0696

En el cuadro 60 se aprecia los coeficientes para cada mezcla y los componentes, que han sido determinados por el programa luego de haber ajustado los datos al modelo cuadrático. Se puede observar en el cuadro que la mezcla no tiene coeficientes negativos, el cual señala que sí aportan resistencia a la extensibilidad, siendo la menos resistente, la masa con coeficiente más bajo (83.8485) que la mezcla con mayor porcentaje de harina de cebada. De los coeficientes y el valor-P para las mezclas que se observan en el cuadro anterior, indican que la harina de cebada y arveja influyen poco en la resistencia de la masa al ser estirado. La ecuación para resistencia a la extensibilidad que presentan las masas es:

$$\text{Resist. Extensibilidad (UB)} = 1642.51*A + 107.508*B + 1094.51*C + 83.8485*A*B + 693.848*A*C + 2159.85*B*C.$$

En la Figura 29-1 y 29-2, se observa el comportamiento de resistencia extensibilidad de la masa. Se puede apreciar que al ir aumentando el nivel o porcentaje de harina de arveja, la tendencia de la Resistencia a la Extensibilidad de la masa disminuye poco o no hay mucha variación en relación a la masa control, mientras que al ir aumentando el nivel de harina de cebada la Resistencia Extensibilidad varía mucho en relación a la masa control. Esto demuestra que la masa con mayor porcentaje de harina de cebada son menos resistentes que la masa con mayor porcentaje de harina de arveja.

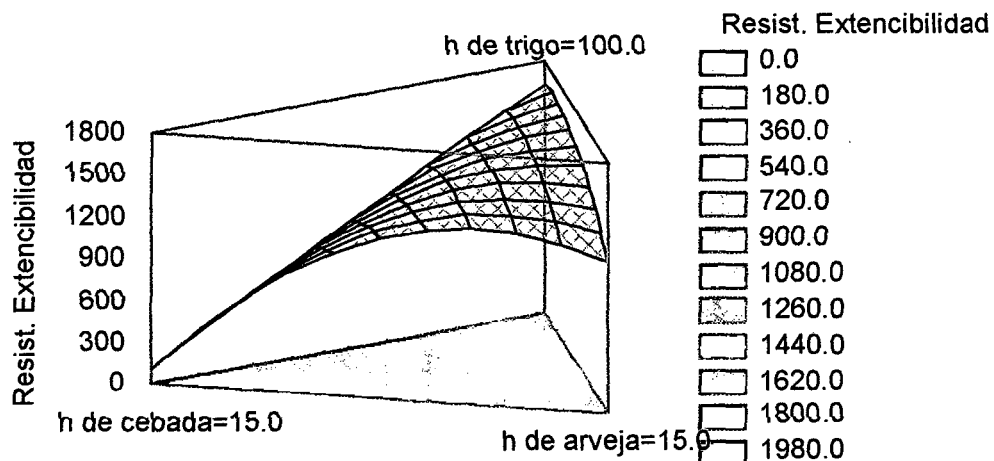


Figura 29-1: Superficies respuesta continuas y solido para Resist. Extensibilidad (UB).

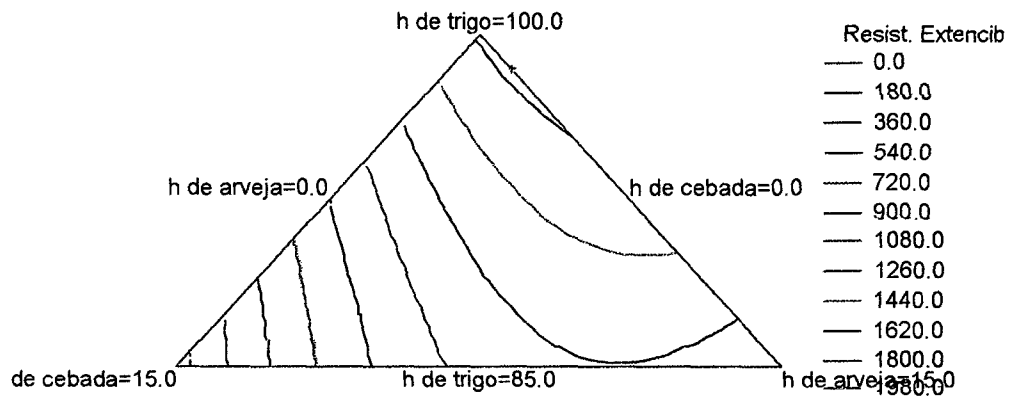


Figura 29-2: Superficies respuesta con malla de estimada para Resist. Extensibilidad (UB).

Un valor alto de energía unido a gran extensibilidad, indica una harina fuerte. Un valor bajo de energía y gran extensibilidad, muestra una harina floja inadecuada para panificación, estas harinas flojas son apropiadas para producir galletas o para pastas (Jasim, Almusallam, 2013).

En general, mientras más fuerte es la harina, más largo será el tiempo de fermentación que requerimos para alcanzar un desarrollo óptimo de la masa y mejor será la calidad final del pan de molde integral, es decir de un volumen mayor, con una estructura de miga más fina y blanda. La fuerza de las harinas depende estrechamente de su contenido en proteínas, las harinas con elevado contenido de proteínas requieren tiempos de fermentación más largos que las harinas de contenido proteico más bajo. El nivel de salvado que contenga afecta el tiempo de fermentación. (Garrido, T. 1979).

Según Lee (2001). La gluteninas y gliadinas constituyen, entre el 80 y el 85% de las proteínas totales de la harina de trigo. Un tercio de su composición aminoacídica se encuentra formado por residuos de glutamina, la cual puede establecer puentes de hidrógeno, un 14% por residuos de prolina, la cual favorece la gran cantidad de agua, y de constituir una red deformable, elástica y extensible que puede retener los gases durante la fermentación y posterior cocción.

Durante el amasado se producen interacciones no sólo entre las proteínas y el agua para formar la red de gluten, sino también entre otros componentes de la harina como almidón, polisacáridos no almidonosos (arabinosilanos, arabinogalactanos) y lípidos (fosfo y glicolípidos). Estas interacciones permiten obtener una matriz viscoelástica capaz de formar, tras la cocción, el producto con características únicas que conocemos como pan.) (Morris, 2000).

C. Análisis de la Extensibilidad o Elasticidad.

Para determinar la estabilidad de la masa y la resistencia que la misma opone durante el período de reposo de fermentación, el extensógrafo es el instrumento más utilizado para medir esta relación. Se utiliza exclusivamente para determinar la elasticidad de las harinas, en esta investigación es para determinar la elasticidad de la mezcla de harinas para realizar pan de molde integral.

En cuadro 61 se presenta los resultados de los análisis para los modelos Completos para Extensibilidad. Los valores-P mayor que 0.05, de los modelos lineal y cuadrático, resultan ser simples y adecuadas para los datos obtenidos con un nivel de confianza del 95 %. Asimismo el modelo cubico especial no es adecuado para esta investigación debido a que está incompleto, falta ajustar o aumentar tratamientos al modelo.

Cuadro 61: Efectos estimados del modelo completo para la Extensibilidad.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	38777.3	1	38777.3		
Lineal	473.2	2	236.6	2.06	0.2433
Cuadrático	448.992	3	149.664	12.99	0.1978
Cúbico Especial	11.5227	1	11.5227		
Error	-4.04832E-12	0	0		
Total	39711.0	7			

En cuadro 62 se aprecia los efectos de los modelos, el que más se adecua es el modelo cuadrático por tener un error estándar de 3.39451%, menor que el lineal y también un R-Cuadrada Ajd. 92.60%. Superior a este modelo.

Cuadro 62: Resultados del modelo completo para la Extensibilidad.

<i>Modelo</i>	<i>ES</i>	<i>R-Cuadrada</i>	<i>R-Cuadrada Ajd.</i>
Lineal	10.7298	50.68	26.02
Cuadrático	3.39451	98.77	92.60
Cúbico		100.00	0.00
Especial			

El cuadro 63, se aprecia el ANOVA para extensibilidad, según el modelo cuadrático, el valor-P mayor que 0.05, indicando que no hay diferencia significativa entre las masas y sus componentes, a un 95% de confianza.

Cuadro 63: ANOVA para la Extensibilidad.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cuadrático	922.192	5	184.438	16.01	0.1849
Error total	11.5227	1	11.5227		
Total (corr.)	933.714	6			

En el cuadro 64 se aprecia los coeficientes para cada mezcla y sus componentes, que han sido determinados por el programa luego de haber ajustado los datos al modelo cuadrático. No existen coeficientes negativos lo cual indica que las mezclas de harinas interactúan entre ellas para dar más extensibilidad y mejor aceptabilidad.

Cuadro 64: Resultados de ajuste de modelo para la Extensibilidad.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
A:h. trigo	73.2955	3.38163		
B:h. de cebada	52.2955	3.38163		
C:h de arveja	76.2955	3.38163		
AB	84.0909	15.5444	5.40973	0.1164
AC	52.0909	15.5444	3.35111	0.1846
BC	2.09091	15.5444	0.134512	0.9149

La ecuación del modelo cuadrático para la estabilidad en la investigación es:

$$\text{Extensibilidad} = 73.2955*A + 52.2955*B + 76.2955*C + 84.0909*A*B + 52.0909*A*C + 2.09091*B*C$$

De la ecuación, la masa con nivel alto de harina de arveja posee una elasticidad moderada y que puede ser disminuida si se incrementa o sustituye por harina de cebada, lo cual provoca una rápida disminución de la elasticidad, tal como se aprecia en la figura 30-1 y 30-2.

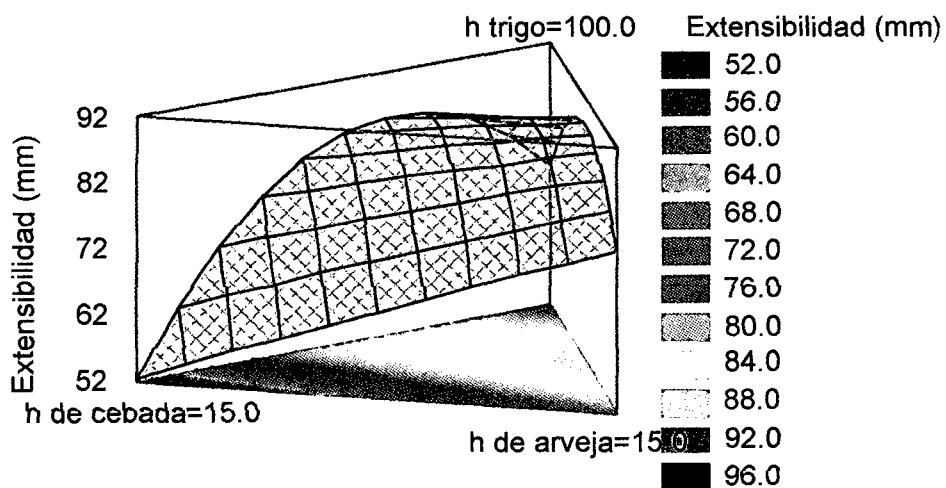


Figura 30-1: Superficies Respuesta continuas y sólido para Extensibilidad (mm).

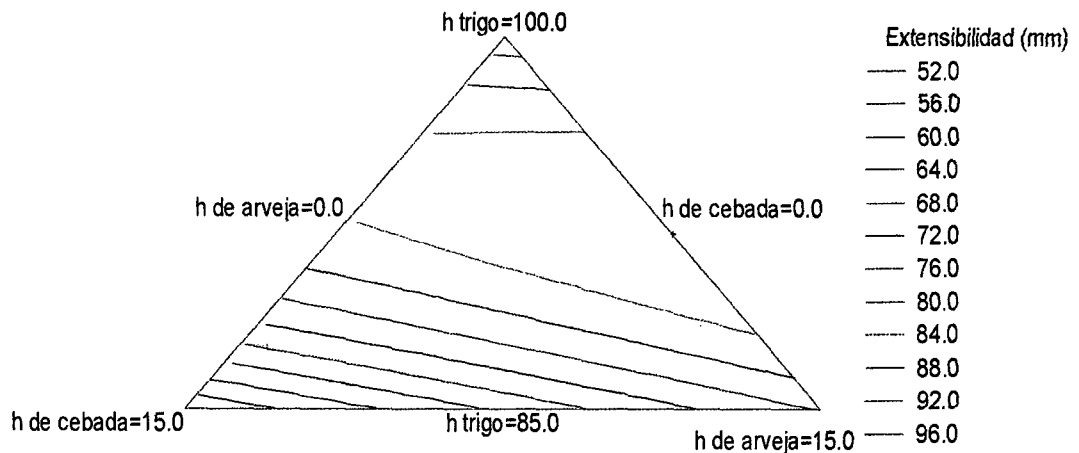


Figura 30-2: Superficies respuesta con malla para Extensibilidad (mm).

Según Ramírez, S. (2003). La extensibilidad es la capacidad de la masa para ser estirada sin producirse roturas ni resquebrajamientos, interviniendo principalmente en la cantidad de proteínas formadoras del gluten presentes en la masa. Una propiedad que se encuentra íntimamente ligada es la cantidad de agua libre absorbida por la harina; pues a mayor cantidad de agua, la masa adquiere una consistencia pegajosa y muy suave, pero si esta es poca la masa es dura y resistente al estiramiento. La extensibilidad se calcula al medir la longitud del extensograma en milímetros desde el inicio al final de la curva.

Los datos del extensograma de las mezclas analizadas, muestran que la extensibilidad de la masa disminuye al aumentar el porcentaje de harina de cebada en las masas, es más notorio para el T6 y T1 que tienen valores de 52 mm y 71 mm respectivamente, menores en comparación al control T7 que tiene de 73mm extensibilidad, y las demás mezclas tienen extensibilidad de 89mm para T4, 80mm para el T3, T5 y T2 tienen 76mm.

Estos bajos valores obtenidos en el análisis Extensográfico (cuadro 52), se debe a que tiene menor porcentaje de harina de arveja y mayor porcentaje de harina de cebada, lo que se traduce en una masa con menor elasticidad y poco desarrollo de gluten, en consecuencia complica su desarrollo en la elaboración de pan de molde integral, sin embargo con el uso de harina de arveja, es posible que esta masa dé buenos resultados al momento de su fermentación y amasado.

D. Análisis del índice de Extensibilidad.

Otra variable de interés en el análisis extensográfico es la relación que existe entre la resistencia que ofrece la masa al ser estirada y la capacidad de extensibilidad o estiramiento, el índice de extensibilidad se emplea para definir el equilibrio de las masas.

En los alimentos viscoelásticos (pan), es frecuente que solo ocurra una recuperación parcial de su estructura cuando se somete a determinadas deformaciones, ya que la red tridimensional elástica se desintegra bajo el efecto de la tensión o compresión. Cuanto más completa y resistente sea esta red, más acusada será la elasticidad y cuanto más fácilmente se desintegre la red, mayor será el componente viscoso (Wiler H.2009).

Con esto explicamos el comportamiento de la masas en esta investigación, un valor bajo implica una harina débil, que se estira con facilidad pero que no mantiene su forma y volumen por lo que producirá panes más planos; un valor alto se refiere a una harina fuerte, que es difícil de romper, porque opone mucha resistencia a ser estirada y produce unas masas rígidas, capaz de retener el gas durante la fermentación u horneado,

En cuadro 65 se presenta los resultados de los análisis para los modelos Completos para índice Extensibilidad. Los valores-P mayor que 0.05, de los modelos lineal y cuadrático, indican que son adecuados para los datos obtenidos, con un nivel de confianza del 95%. Asimismo el modelo cúbico especial no es adecuado para esta investigación debido a que está incompleto, falta tratamientos para diseñar el modelo.

Cuadro 65: Efectos estimados del modelo completo para el Índice Extensográfico.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Media	1425.72	1	1425.72		
Lineal	182.305	2	91.1527	5.32	0.0746
Cuadrático	68.2652	3	22.7551	86.29	0.0779
Cúbico Especial	0.263712	1	0.263712		
Error	-5.51337E-13	0	0		
Total	1676.55	7			

En cuadro 66 se aprecia los efectos de los modelos, el modelo que más se adecua es el cuadrático por tener un error estándar de 0.513529%, menor que el lineal y también un R-Cuadrada Ajd. 99.37% superior a este.

Cuadro 66: Resultados del modelo completo para el Índice Extensográfico.

<i>Modelo</i>	<i>ES</i>	<i>R-Cuadrada</i>	<i>R-Cuadrada Ajd.</i>
Lineal	4.13911	72.68	59.02
Cuadrático	0.513529	99.89	99.37
Cúbico Especial		100.00	0.00

En el ANOVA del Cuadro 67, se muestra el análisis realizado para determinar la homogeneidad entre los factores del modelo cuadrático, a un nivel de 95% de confianza se determinó que no existe diferencia significativa, por presentar valor-P mayor a 0.05.

Cuadro 67: ANOVA para el Índice Extensográfico.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo Cuadrático	250.571	5	50.1141	190.03	0.0543
Error total	0.263712	1	0.263712		
Total (corr.)	250.834	6			

En el cuadro 68 se aprecia los coeficientes para cada mezcla y sus componentes, que han sido determinados por el programa STATGRAPHICS luego de haber ajustado los datos al modelo cuadrático. La harina de trigo tiene el coeficiente más alto lo indica que sin sustitución se tiene un elevado índice extensográfico, sucediendo todo lo contrario con la harina de cebada. Los coeficientes negativos señalan que influyen muy poco la mezcla de estas harinas en índice de extensibilidad.

Cuadro 68: Resultados de ajuste de modelo para el Índice Extensográfico.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
A:h trigo	22.4447	0.51158		
B:h de cebada	2.0447	0.51158		
C:h de arveja	14.3447	0.51158		
AB	-6.49394	2.35159	-2.76151	0.2212
AC	-4.29394	2.35159	-1.82597	0.3190
BC	36.5061	2.35159	15.524	0.0410

El valor-P menor que 0.05 y coeficiente más elevado de la mezcla BC del cuadro 68, demuestra que la mezcla de harina de trigo con niveles bajos de harina de cebada y altos de arveja si afectan el índice Extensográfico. La ecuación del modelo cuadrático para el índice Extensográfico en la investigación es:

$$\text{Índice extensográfico: } 22.4447*A + 2.0447*B + 14.3447*C - 6.49394*A*B - 4.29394*A*C + 36.5061*B*C$$

La ecuación muestra, que tanto la proporción de harina de trigo como la mezcla BC (harina de cebada y harina de arveja), tienen mayor influencia positiva sobre el índice Extensográfico, y los que no influyen, son las mezclas AB (harina de trigo con harina de cebada) y la mezcla AC (harina de trigo con harina de arveja) por tener su media menor a los componentes puros y las mezclas.

Como se puede apreciar tanto en el análisis amilográfico, farinográfico y extensográfico, la harina de cebada presenta poca viscosidad, elasticidad o extensibilidad. Según Wieser (2007), las gliadinas, presentan masas moleculares pequeñas, y son de cadena simple y desarrollan pegajosidad al estar hidratadas. Y según Mohan, V.(2005), Tienen poca o nula resistencia a la extensión y parecen ser las responsables de la coherencia y viscosidad de la masa.

Mediante la metodología de superficie de respuesta y contorno, cuya gráfica se observa en la Figura 31-1 y 21-2 se observa el comportamiento del índice de extensibilidad de las masas para la elaboración de pan de molde integral. Se puede apreciar que al ir aumentando el nivel o porcentaje de harina de arveja, hay una tendencia de aumento en el índice de extensibilidad de la masa, cuyos parámetros se acercan a la masa control (sin sustitución de harina), asimismo al ir aumentando el nivel de harina de cebada el efecto sobre del índice de extensibilidad de la masa disminuye.

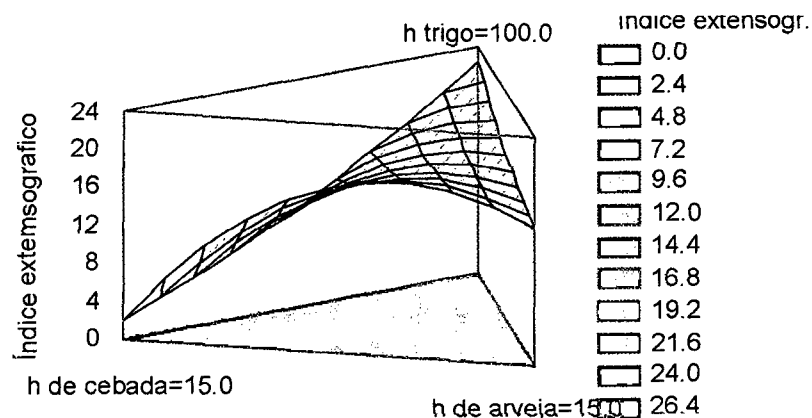


Figura 31-1: Superficies respuesta continuas y sólido para el Índice Extensográfico.

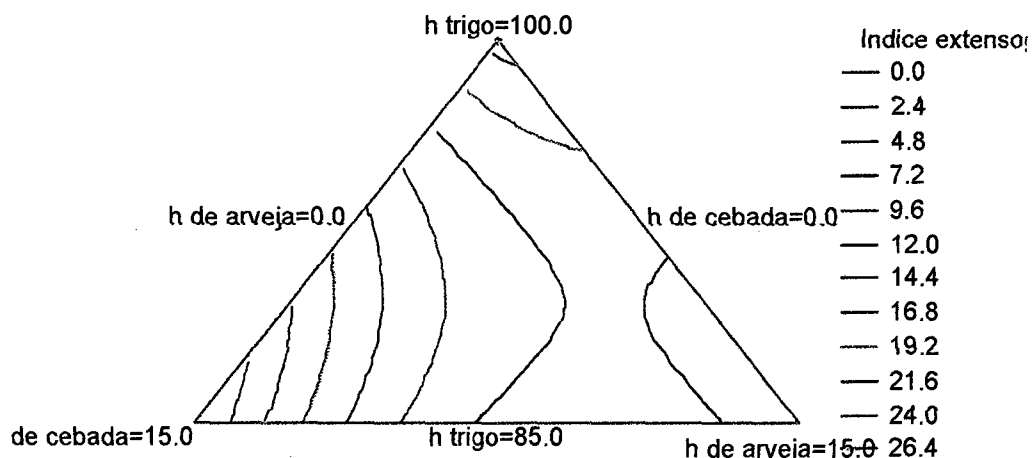


Figura 31-2: Superficies respuesta con malla Índice Extensográfico.

Como se anotó anteriormente, una harina de calidad proteica da un gluten correcto, con buena extensibilidad y resistencia, con características que permitan estirar bastante y vuelve a adquirir su forma original sin romperse.

La resistencia que presenta la masa a la extensibilidad, se debe a que el gluten tiene las proteínas gliadinas y las gluteninas. Las cadenas de gliadina se doblan sobre sí mismas y establecen enlaces débiles entre ellas y con las gluteninas, las cuales una sustancia pegajosa que permite que el gluten se una formando un compuesto cohesivo y que contribuye a que la masa sea viscosa y se pueda extender con facilidad (Peressini D. 2011).

Las cadenas de gluteninas establecen entre sí múltiples enlaces y forman una red compacta y extensa. En los extremos de las cadenas de glutenina hay aminoácidos con azufre que pueden formar enlaces fuertes entre sí, pero para esto hace falta el oxígeno del aire (es decir, un agente oxidante) y determinadas sustancias que poseen las levaduras. (Garcia D. 2011). La harina blanda contiene un gluten pálido que es suave y flexible. Se puede estirar fácilmente sin que oponga mayor resistencia, pero no tiene suficiente elasticidad para recobrar su forma inicial.

La calidad de la harina determina la reacción de la masa durante el amasado, fermentación y horneado del pan, ya que es el gluten el que retiene el gas y hace que la masa se levante. Reteniendo así los olores, y textura típicos de los panes de molde integral.

En el cuadro 52 se observa que la relación R/E es grande en todas las mezclas, por lo tanto la masa será poco extensible. La elasticidad de la masa afecta en forma directamente proporcional al factor de esparcimiento que sufren las masas cuando están en el horno. Una masa con una alta resistencia y buena elasticidad se tornará suave y extremadamente elástica. La proteína de la harina tiene la capacidad de absorber muchísima agua, y como proceso de esa hidratación aparece el gluten. El gluten es una proteína que confiere a la masa elasticidad, extensibilidad y tenacidad (resistencia a ser estirada). (Peressini D. 2011).

4.3. SELECCIÓN DE LAS MEJORES MEZCLAS.

Según los cuadros y figuras analizadas anteriormente, podemos notar que la harina de cebada debe sustituir a harina panadera en niveles o porcentajes mínimos, ya que si bien cumple las características de gelatinización, consistencia y tiempo de desarrollo, no cumple con el índice de tolerancia, estabilidad, energía, extensibilidad y resistencia a la extensibilidad, siendo estos últimos importantes para la elaboración de productos esponjosos como es el pan de molde integral. Respecto al porcentaje de harina de arveja sucede todo lo contrario, a mayor porcentaje, se obtiene parámetros de gelatinización, consistencia, tiempo de desarrollo, estabilidad, índice de tolerancia, energía, extensibilidad y resistencia a la extensibilidad, similares a lo obtenido en el control. Lo cual si se puede utilizar en la elaboración de pan de molde integral. Por tratarse de un producto esponjoso se necesita masas capaces de lograr esta característica. Los tratamientos o mezclas que tienen homogeniadcon las características reológicas del control (T7), son T3, T4 T5.

Cuadro 69: Características reológicas de las mejores mezclas.

<i>TRATAMIENTOS</i>	COMPOSICIÓN DE MEZCLA				VALORES REOLÓGICOS									
	Harina panadera (%)	Harina cebada (%)	Harina arveja (%)	Harina integral (%)	<i>G</i>	<i>DDT</i>	<i>C</i>	<i>E</i>	<i>IT</i>	<i>TR</i>	<i>EN</i>	<i>RE</i>	<i>EX</i>	<i>RB/E</i>
T3	63.00	3.50	3.50	30.00	1341	4:04	602	4:46	73	5:47	122	1234	80	15.5
T4	64.75	0.00	5.25	30.00	1332	3:55	595	5:32	68	6:00	160	1560	89	18.4
T5	59.50	0.00	10.50	30.00	1394	4:42	725	5:31	63	7:11	103	1090	76	14.5
T7(control)	70.00	0.00	0.00	30.00	1317	5:34	683	6:36	58	8:18	147	1638	73	14.59

G: gelatinización, DDT: tiempo de desarrollo, C: consistencia, E: estabilidad, IT: índice de tolerancia, TR: tiempo de ruptura, EN: energía, RE: resistencia a extensibilidad, EX: extensibilidad, RB/E: índice extensográfico.

En esta investigación se mezcló harina de cereales con harina de una leguminosa. Esto con el fin de mejorar la composición química del pan de molde integral. Según López, P. (2006). el alimento con un nivel alto de proteínas es pretender crear una mezcla similar a la proteína ideal, cuyo valor biológico radica en el contenido de aminoácidos de la misma, la proteína ideal es aquella que contiene un 5.5% de lisina, 4.0% de treonina, 1.0% de triptófano, y 7.0% de leucina.

Las harinas de cereales son relativamente ricas en proteínas totales y deficitarias en lisina. Por otro lado, las legumbres son deficientes en metionina, y no ricas en lisina. Estos defectos se pueden superar con las mezclas apropiadas con productos de legumbres, aumentando así la calidad de las proteínas de los cereales (Potter, N. 1999). Así por ejemplo al combinar harina de trigo con harina de arveja se logra complementar sus aminoácidos y se convierte en una proteína completa y además, se obtiene un alimento más rico en fibras. (Latham, M. C. 2002). Las mezclas realizadas entre la combinación de una leguminosa y un cereal, es con el propósito de obtener un alimento rico en proteínas de alto valor biológico y sin alterar las características reológicas, lo cual significa que el alimento es rico en proteína no solo en cantidad sino también en calidad. La mezcla formulada en este estudio es una forma de complementar la proteína de trigo con arveja y cebada con el fin de maximizar la calidad proteica y fibra en el pan de molde integral.

En la fabricación del pan de molde, las proteínas de la harina se mezcla con todos los ingredientes necesarios, como agua, azúcar, mantequilla, sal, levadura, etc., Durante el amasado la presencia de agua y la realización de un trabajo mecánico permiten la hidratación de gliadinas y gluteninas se produce el desarrollo de una red viscoelástica, el gluten, se deja reposar para que los azúcares, al fermentar, produzcan el anhídrido carbónico que hace aumentar el volumen, y finalmente se hornea.

4.4. PRODUCCIÓN DE LOS PANES DE MOLDE INTEGRAL.

Una vez seleccionado las mejores mezclas, se procedió a la producción del pan de molde integral. Los tratamientos que tienen parámetros semejantes a la muestra o testigo o control (T7), son los tratamientos T3, T4, T5. La formulación de las harinas y los ingredientes se presentan en el cuadro 70. El proceso de elaboración de pan de molde integral, se realizó en la planta piloto de la Escuela Académica Profesional Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa.

Cuadro 70: Formulación para la producción de pan de molde integral

INGREDIENTE	T3	T4	T5	T7 (control)
Harina de trigo integral (gr)	1200.00	1200.0	1200.0	1200.0
Harina de trigo panadero (gr)	2520.00	2590.0	2380.0	2800.0
Harina de cebada nacional(gr)	140.00	0.00	0.00	0.00
Harina de arveja nacional(gr)	140.00	210.0	420.0	0.00
Mejorador de masa (gr)	40.0	40.0	40.0	40.0
Anti moho (gr)	12.0	12.0	12.0	12.0
Sal (gr)	80.0	80.0	80.0	80.0
Azúcar (gr)	320.0	320.0	320.0	320.0
Agua (l)	2000.0	2000.0	2000.0	2000.0
Levadura seca(gr)	80.0	80.0	80.0	80.0
Emulcionador (gr)	40.0	40.0	40.0	40.0
Manteca (gr)	400.0	400.0	400.0	400.0

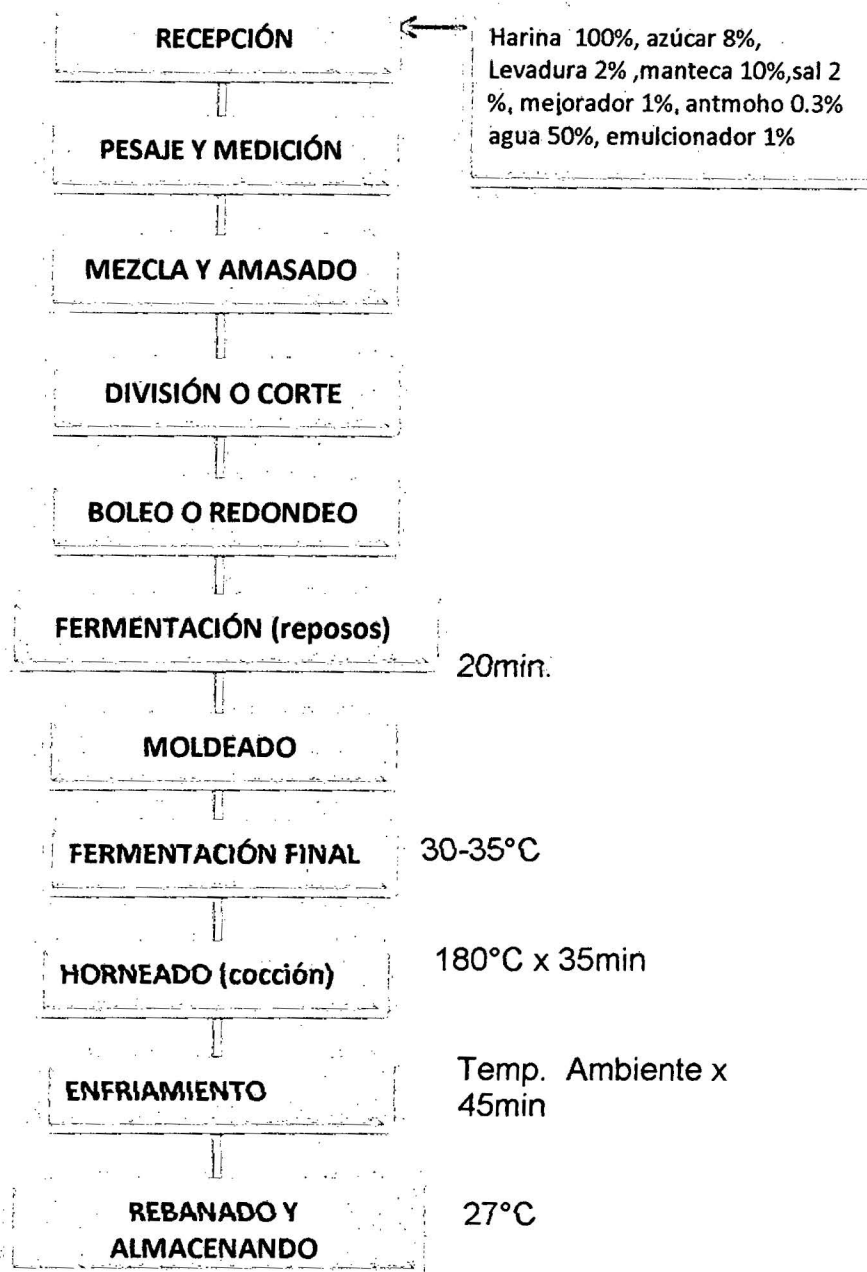


Figura 32: Diagrama de flujo para la elaboración de pan de molde integral.

El producto terminado en la elaboración de pan de molde integral se muestra en la Figura 33, a simple vista se observa que el testigo (T7) tuvo mayor extensibilidad, seguido por el T5. También se observa que Ningún pan de molde elaborado con harina de cebada y arveja tiene un mejor desarrollo de volumen que el pan de molde usado como control o testigo.



T3= 63.0%HT,3.50%HC,3.50%HA 30%HI



T4= 64.75%HT,0.00%HC,5.25%HA 30%HI



T5 = 59.50%HT,0.00%HC,10.50%HA 30%HI



T7 = 70.00%HT,0.00%HC,0.00%HA 30%HI

Figura 33: Muestras de las cuatro formulaciones en la elaboración de pan de molde integral.

4.5. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL.

En el cuadro 71 se nota los resultados del análisis químico proximal realizado a los panes de molde integral, este análisis nos permitió comprobar la calidad nutritiva que ofrecen, al realizar la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cebada y arveja. La composición proximal de las tres mezclas y el control del pan de molde integral, se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 71: Resultado de los análisis químicos proximales del pan de molde integral.

Tratamiento	Humedad (%)	Grasas (%)	Proteínas (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos (%)	Fibra (%)
T3	33.33±0.3	2.81±0.2	8.78±0.25	1.88±0.17	47.88	6.91±0.26
T4	33.5±0.18	2.63±0.21	9.40±0.31	1.56±0.25	47.11	6.32±0.16
T5	33.88± 0.2	2.85±0.10	9.56±0.2	1.12±0.31	46.01	7.57±0.24
T7(control)	34.01±0.2	2.66±0.24	8.08±0.22	1.13±0.3	48.48	5.95±0.41

En el cuadro 71, se observa que el porcentaje de humedad alcanzado por los productos a los 7 días está entre 33.33% y 34.01%, menor a los parámetros establecidos por la norma peruana (RESOLUCION MINISTERIAL N° 1020-2010/MINSA), que es de 40% para humedad, cenizas 4% y grasas 3%. Se observó un aumento del contenido de cenizas en los panes, en comparación a la harina antes de su uso; estas diferencias se pueden atribuir al aporte en minerales de la sal, levaduras y conservantes (Jenkins, 2000).

El componente más importante de la harina en relación con su uso en panificación es la proteína. En el cuadro 71 se observa que el pan de molde integral que tiene elevados porcentaje de proteína son T5 con 9.56±0.2% y T4 con 9.40±0.31%, superior al testigo o control T7 que solo tiene 8.08±0.22%, y al T3 con 8.78±0.25%,

Estos resultados tienen la misma tendencia de otros trabajos precedentes que reflejan el interés por formular productos de consumo masivo enriquecidos con fibra dietética, ya que los carbohidratos, proteínas y fibra están asociados a la disminución del riesgo de enfermedades tales como diabetes, enfermedades coronarias y del tracto intestinal, y dependen de las propiedades de hidratación, intercambio catiónico y tamaño de la partícula. (Jenkins, 2000).

Las mezclas realizadas en la investigación demuestran que si hay un incremento de fibra en los panes de molde integral, siendo el más alto el del tratamiento T5 con $7.57 \pm 0.04\%$ y seguido por el T3 con $6.91 \pm 0.26\%$ y T4 con $6.32 \pm 0.16\%$. Estos valores son superiores al contenido de fibra que tiene el control T7 que es $5.95 \pm 0.04\%$ de fibra.

El pan de molde elaborado correspondiente al T5 (59.50% HP, 0.00% HC, 10.50% HA y 30%HI), puede notarse que tiene un aporte proteico de $9.56 \pm 0.2\%$, así mismo su porcentaje de fibra es de $7.56 \pm 0.24\%$. Con esto estamos cumpliendo con el objetivo de incorporar harina de arveja y mejorar las características nutricionales del pan de molde integral.

Para Deshpande, (1992), La arveja tiene gran importancia nutricional debido a su alto contenido de proteínas, carbohidratos complejos, fibra dietaria, minerales, vitaminas y compuestos antioxidantes. Y según Urbano, (2005), la arveja es ampliamente usada en alimentación animal por sus propiedades nutricionales, el consumo en humanos no se encuentra distribuido ampliamente. Aunque en los últimos años, los beneficios nutricionales y las propiedades funcionales de la arveja han aumentado el interés y demanda de esta legumbre para la preparación de alimentos geriátricos e infantiles.

4.6. ANALISIS COLORIMÉTRICO DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL.

Los resultados del análisis colorimétrico del pan de molde integral se muestran en los Cuadros 72, el pan de molde integral complementados con harina de cebada y harina de arveja muestran coloraciones de miga ligeramente cremas oscuro a medida que hubo mayor cantidad de incorporación de harina de cebada y harina de arveja el amarillo oscuro se hizo más notorio. Según Montoya L.(2012), el color de la harina y por consiguiente del pan depende principalmente de la proporción de pigmentos naturales presentes en la cereales o leguminosas, así como tipo de cultivo y los tratamientos previos realizados antes o después de la molienda.

Cuadro 72: Colorimetría del pan de molde integral elaboradas con las mejores mezclas.

TRATAMIENTOS (pan de molde)	L*	a*	b*	C*	h*
T3	60.32±0.03	3.82±0.07	21.78±0.07	22.11	80.06
T4	61.25±0.06	2.39±0.04	21.17±0.06	21.31	83.55
T5	67.93±0.04	0.59±0.05	20.26±0.05	20.27	88.32
T7 (control)	81.59±0.05	0.36±0.06	15.43±0.08	15.43	88.67

En el cuadro 72 podemos observar que al aumentar los niveles de sustitución de harina de arveja los valores de L* y h* también van aumentando (su tendencia de las migas son más al azul oscura), y los valores a* disminuyen (su tendencia es más al verde), los T3, T4 y T5 tienen una cromacidad semejante cuyos valores están en el rango 20.27 a 22.11, y le T7 (patrón o control) tiene una cromacidad menos, con un valor de 15.43. Entonces los pigmentos de las harinas de cebada y arveja aumentan la cromacidad, es decir oscuridad de los panes de molde.

El grado de tonalidad (h^*) presentan valores de 80.06 para T3, 83.55 para T4, para T5 y 88.67 para T7, lo cual nos indica que se encuentra dentro del primer cuadrante.

4.7. EVALUACION DE LA TEXTURA DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL.

Se realizaron pruebas de textura utilizando el Brookfield Texturómetro CT3. Probeta N° 02 diámetro 38.1 mm y altura 0.20 mm para medir el trabajo de la compresión en la miga del producto. En el Cuadro 73 se observa los parámetros del trabajo que realiza el texturometro en las muestras de pan de molde integral. La evaluación se realizó a los 8 días de su producción. Según Scanlon (2000), la textura es un indicador de la frescura y aceptabilidad para los consumidores de pan.

En el cuadro 73 y Figura 34, se muestran los resultados del análisis de la textura de los panes de molde que se encuentran en los parámetros óptimos, obtenidos en los ensayos reológicos.

Cuadro 73: Evaluación de la textura para los panes de molde integral.

TRATAMIENTOS (pan de molde)	FORMULACIÓN	Trabajo (mJ)
T3	63.0%HT,3.50%HC,3.50%HA 30%HI	150.1 ±2.18
T4	64.75%HT,0.00%HC,5.25%HA 30%HI	146.2 ±3.10
T5	59.50%HT,0.00%HC,10.50%HA 30%HI	144.4 ±2.12
T7 (P)	70.00%HT,0.00%HC,0.00%HA 30%HI	145.33 ±2.14

HI= harina integral, HT =harina panadera, HC= harina de cebada,
HA=harina de arveja

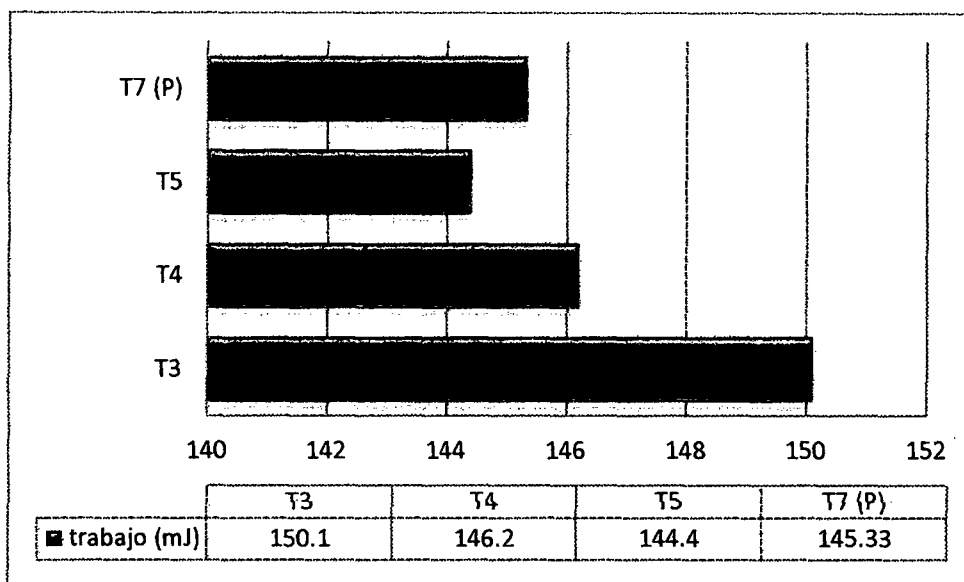


Figura 34: Textura de los diferentes panes de molde.

La textura de los panes de molde integral se encontró entre el rango de los ligeramente suaves ya que la presencia de la harina de cebada y harina de arveja afectan significativamente la textura del pan de molde integral. Los resultados obtenidos indican a mayor porcentaje de harina de cebada, la estructura de la miga varía significativamente. Una probable explicación es por la precocción de la cebada lo cual le da una estructura más firme al pan de molde.

Los gránulos de almidón, debido a su estado nativo parcialmente cristalino, experimentan, cuando son sometidos a tratamiento térmico, distintos cambios o transiciones de fase, entre los que destaca la gelatinización y retrogradación. Estos cambios van a influir en el volumen final de los productos horneados y en su tendencia al endurecimiento, y dependerán, entre otros factores, de la proporción amilosa/amilopectina (Belitz y Grosch 1999). Otro factor que afecta la textura de los alimentos, así como el sabor y color, es el contenido de agua, y envejecimiento con el transcurso del tiempo, un buen almacenamiento del producto terminado ayudara en la permanecía de la textura, color y sabor del pan (Dergal, S. B. 2006).

4.8. ANÁLISIS FÍSICO SENSORIAL DEL PAN DEL MOLDE INTEGRAL.

El análisis sensorial del pan de molde integral con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cebada y arveja, fue evaluada por un panel de 40 jueces o panelistas no entrenados, lo que permite obtener características similares de la población que consumirá el producto. Los atributos que se evaluaron son: apariencia, color, sabor, textura y aceptabilidad del producto.

A. Análisis sensorial de la apariencia del pan de molde integral:

La apariencia se refiere al aspecto exterior del pan, reflejado en su simetría, es decir su forma que no presenta golpes, hundimiento alguna deformación.

En el cuadro 74, se aprecia la distribución de las 40 panelistas, según su elección de las alternativas de la apariencia. El testigo (T7) es considerado por 26 panelistas como el que tiene "muy buena apariencia", para el tratamiento T5, 24 panelistas lo consideran con "buena apariencia" y 13 panelistas consideran con "regular apariencia"; para el T4, 21 panelistas consideran que tiene "buena apariencia". Los panelistas consideran al T3 entre una regular y buena apariencia.

Cuadro 74: Elección de las alternativas de la apariencia del pan de molde integral.

ATRIBUTO	ALTERNATIVAS	PANES DE MOLDE INTEGRAL			
		T3	T4	T5	T7
APARIENCIA	Muy mala	0	0	0	0
	Mala	2	3	1	0
	Regular	14	8	13	4
	Buena	18	21	24	10
	Muy buena	6	8	2	26
TOTAL DE PANELISTAS		40	40	40	40

También se puede observar que existen panelistas que consideran a los tratamientos T3, T4 y T5 con apariencia mala, pero ningún panelista considera que estos tratamientos o panes de molde tienen una apariencia muy mala.

En la Cuadro 75, el análisis de varianza para la atributo “Apariencia del Pan de molde integral” estableció que no existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre panes de molde integral con mezcla de harina de trigo, cebada y arveja; por lo que dicho resultado favorece la aceptabilidad del producto puesto que la apariencia interior del pan, es con frecuencia, un factor atractivo para el consumidor. También se puede observar que existe diferencia significativa entre categorías de la apariencia.

Cuadro 75: Análisis de varianza para la apariencia del Pan de molde integral.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>Valor-P</i>
A: APARIENCIA	882.5	4	220.625	5.12	0.0122
B: MEZCLAS	0.0	3	0.0	0.00	1.0000
RESIDUOS	517.5	12	43.125		
TOTAL (CORREGIDO)	1400.0	19			

En la figura 35, se puede observar gráficamente que existe variación entre las alternativas de la apariencia de los panes de molde. En el Anexo H-4 se aprecia la Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para la alternativa de apariencia. La alternativa “buena” tiene mayor elección por los panelistas con un promedio de 18.25 de panelistas, seguido por las alternativas “muy buena” y con un promedio de 10.5 de panelistas, la alternativa “regular” tiene un promedio de 9.75% de panelistas, y los valores más bajos corresponden a las alternativas “mala” (con 1.5 panelistas) y “muy mala” (sin ningún panelistas)

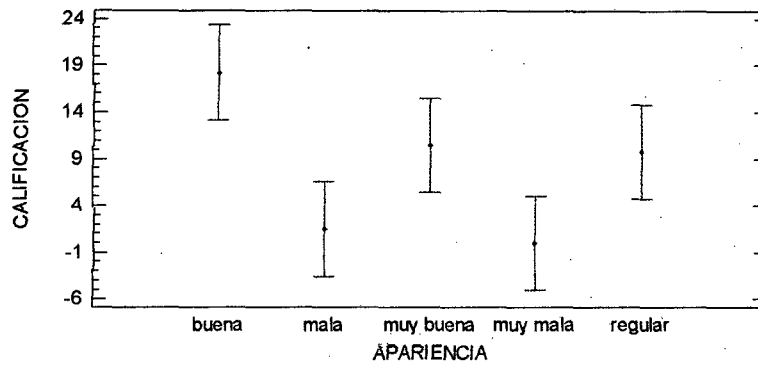


Figura 35: Dispersión de alternativas para la apariencia de los pan de molde integral.

En la Figura 36, de caja y bigotes se ha dibujado una caja que se extiende desde el cuartil inferior hasta el cuartil superior. El 50% del total de los datos son aquellos comprendidos dentro de la caja. La línea vertical dentro de la caja indica los valores de la mediana, y el signo más (+), de color rojo, dentro de la caja indica la ubicación de la media de los datos obtenidos en el análisis de la apariencia de las mezclas y el testigo. Las líneas horizontales que salen de las cajas, son los llamados bigotes que unen desde cada cuartil (superior e inferior) hasta las observaciones más pequeñas y más grandes de la calificación de la apariencia.

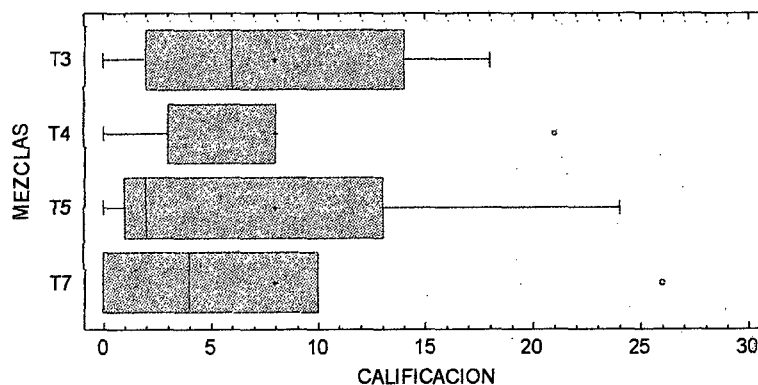


Figura 36: Grafico caja bigotes para la apariencia de los panes de molde integral.

Los puntos muy lejanos (cuadros pequeños de color azul) de las cajas, indica que la distancia hasta ella es mayor a 3 veces la distancia intercuartil, cuyos puntos son usualmente indicadores de datos aberrantes reales (o de una distribución no normal), Los panes de molde que presentan este comportamiento son los tratamientos T4 y T7, así mismo el T7 (control) no tienen bigotes lo cual indica que es una distribución normal, con calificaciones muy homogéneas. El T5 tiene una distribución normal con calificaciones de apariencia muy disperso, es decir los panelistas han discrepado al momento de dar su juicio.

Actualmente la mayor parte de las harinas utilizadas en la elaboración de panes, pastas, etc., son muy refinadas, es decir, los granos han sido desprovistos de su cascarilla. Los cereales son una fuente importante de hidratos de carbono o glúcidos complejos, que son utilizados por el organismo fundamentalmente como fuente de energía. Además otorga proteínas de origen vegetal y vitaminas, sobre todo del grupo B. Dentro del grupo de los cereales se incluyen las harinas y los subproductos que se obtienen a partir de éstas como el pan entre otros.

B. Análisis sensorial del color para el pan de molde integral:

La características del color del pan de molde integral se debe a la composición de las harinas y las temperaturas altas a la que es sometido durante el horneado, generando reacciones tales como de la Mailard y caramelizarían que provocan el color, sabor y olor características del pan y sus ingredientes. La mayoría de los alimentos tienen un color propio característico, cuando el color o apariencia se desvían demasiado de lo esperado, el consumidor lo rechaza.

Es importante hacer notar que esta característica predispone a las personas a esperar cierto sabor apropiado, en especial los productos de panificación, alimento que es ingerido desde la infancia y es de consumo diario prácticamente para una gran mayoría de la población peruana.

En el cuadro 76 se aprecia el comportamiento según su elección de los 40 panelistas. Según la evaluación realizada, 26 panelistas consideran que el T5 tiene un color que lo “agrada un poco” y ninguno eligió la alternativa “agrada mucho”; también se puede observar que el T4 tiene una calificación “ No agrada ni desagrada” con 19 panelistas y una calificación “Agrada poco” con 15 panelistas; el T3 tiene una calificación “ No agrada ni desagrada” con 22 panelistas y una calificación “Agrada poco” con 10 panelistas, solo 4 panelistas consideran la calificación “ desagrada mucho” para los panes de molde integral correspondiente al T3 y T4

La alternativa “desagrada mucho”, no fue elegido por ningún panelista, la mayoría lo considera la los panes de molde integral elaborados con un porcentaje de harina de arveja y cebada entre “No agrada ni desagrada” y “Agrada poco”

Cuadro 76: Elección de las alternativas del color para el pan de molde integral, por los panelistas.

ATRIBUTO	ALTERNATIVAS	PANES DE MOLDE INTEGRAL			
		T3	T4	T5	T7
COLOR	Desagrada mucho	0	0	0	0
	Desagrada poco	4	4	1	0
	No agrada ni desagrada	22	19	13	15
	Agrada poco	10	15	26	21
	Agrada mucho	4	2	0	4
TOTAL DE PANELISTAS		40	40	40	40

En la Cuadro 77, el análisis de varianza para el atributo “color a del Pan de molde integral,” estableció que no existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre panes de molde integral con mezcla de harina de trigo, cebada y arveja; por lo que dicho resultado favorece la aceptabilidad del producto, puesto que el color del pan de molde integral, es con frecuencia, otro factor atractivo para el consumidor. También se observa que si existe diferencia significativa entre las alternativas de color, esto se debe ser porque ningún panelista fue entrenado y tal motivo tiene diferente forma de emitir su juicio.

Cuadro 77: Análisis de varianza para color del pan de molde integral.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A.COLOR	1251.5	4	312.875	17.18	0.0001
B:MEZCLAS	0.0	3	0.0	0.00	1.0000
RESIDUOS	218.5	12	18.2083		
TOTAL (CORREGIDO)	1470.0	19			

En la figura 37, se aprecia cómo está distribuido las calificaciones del color, y su respectiva media de cada alternativa. En el anexo H-5 se aprecia la Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para la alternativa del color del pan de molde integral producido. Para La alternativa “agrada poco” tiene mayor elección por los panelistas con un promedio de 18 de panelistas, seguido por las alternativas “no agrada ni desagrada” y con un promedio de 17.5 de panelistas, la alternativa “agrada mucho” tiene un promedio de 2.5 de panelistas, y los valores más bajos corresponden a las alternativas “desagrada poco” con un promedio de 2.25 panelistas y la alternativa “desagrada mucho” sin ningún panelistas.

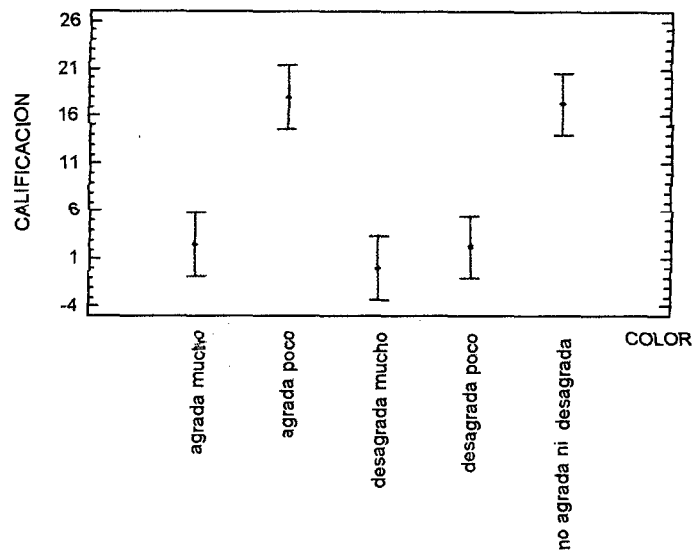


Figura 37: Dispersión de las alternativas para el color de los panes de molde integral.

En la figura 38 se observa los gráficos de caja y bigotes, quien explica cómo están distribuidos los valores establecidos por los panelistas. Los panes de molde correspondiente a los T4 y T7 presentan valores atípicos (distancia superior a 1,5 veces el rango intercuartílicos).

La media (marcada con una cruz o signo más de color rojo) y la mediana (línea vertical en el centro de la caja) del T4 se encuentra ubicado en el percentil 75, además muestra una homogeneidad (caja más estrechos, indicarán una mayor concentración de datos) en las respuestas emitidas por los panelistas. Los panes de molde integral correspondiente a los tratamientos T3 y T5, tienen más dispersión de datos, es decir en los panelistas han discrepado en la emisión de su calificación en relación al color.

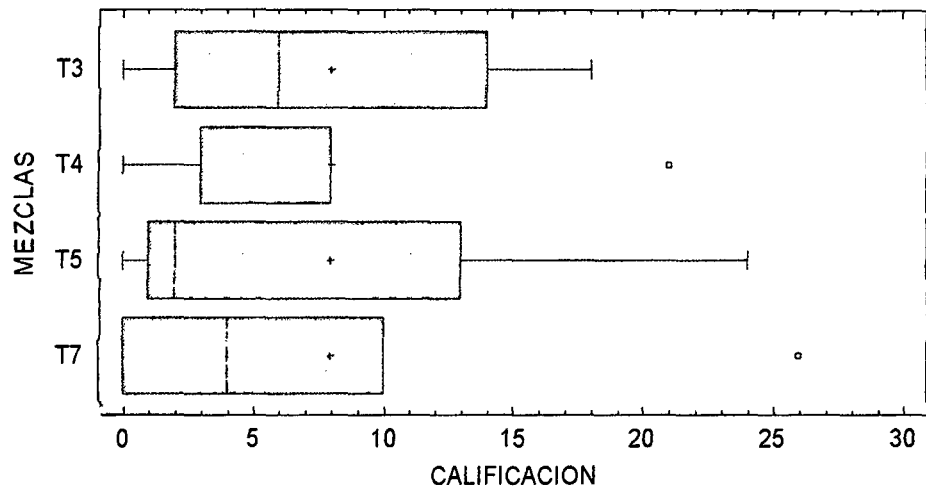


Figura 38: Grafico caja bigotes para color de los panes de molde integral.

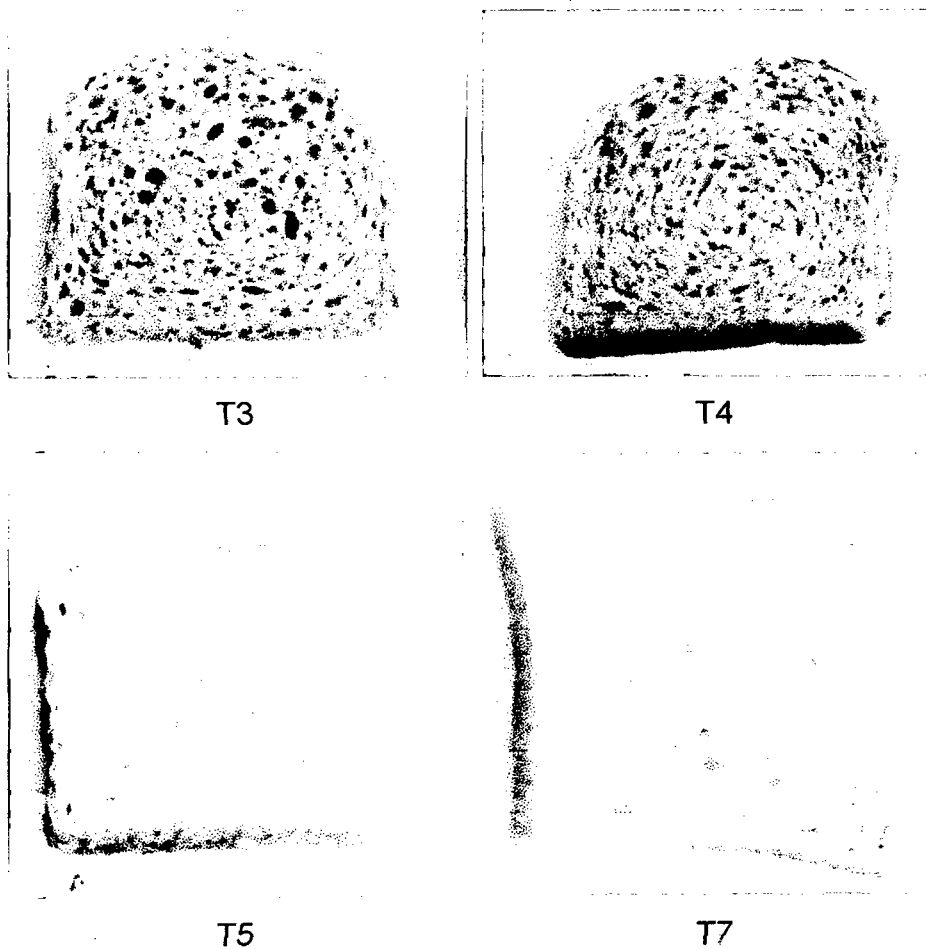


Figura 39: Muestras de las cuatro formulaciones en la elaboración de pan de molde integral.

En la Figura 39 se observa el color de los diferentes panes de molde integral. Ahí se observa que el pan de molde correspondiente a T7 (control) presenta un color más claro en comparación a los demás muestras.

Según Wang y col. (2002), el pan blanco es el tipo de pan más consumido. Para alcanzar los requerimientos de fibra dietaria recomendados por las autoridades sanitarias a nivel mundial, el desarrollo de panes con un mayor contenido de fibra dietaria sería la mejor manera de aumentar la ingesta de fibra. Es por esto que estudiaron el efecto de la adición en panes de fibra comercial de arveja. La evaluación de dichos panes reveló que la suplementación con fibras, a pesar de que disminuía el volumen específico del pan, confería suavidad a la miga. Además, la evaluación sensorial mostró que un panel de consumidores calificaron a estos panes enriquecidos con fibras como aceptables.

C. Análisis sensorial del sabor para el pan de molde integral:

Los resultados de la evaluación de sabor se presentan en el cuadro 78. Los panes de molde correspondiente a T3, T4 y T5 tienen una calificación entre regular a muy buena, mientras que el T7 (testigo) tiene una calificación entre buena y muy buena.

Cuadro 78: Elección de las alternativas del sabor para el pan de molde integral.

ATRIBUTO	ALTERNATIVAS	PANES DE MOLDE INTEGRAL			
		T3	T4	T5	T7
SABOR	Muy mala	0	0	0	0
	Mala	1	0	3	0
	Regular	31	12	18	6
	Buena	8	28	19	17
	Muy buena	0	0	0	17
TOTAL DE PANELISTAS		40	40	40	40

En la Cuadro 79, el análisis de varianza, establece que no existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre panes de molde integral con mezcla de harina de trigo, cebada y arveja; por lo que dicho resultado favorece la aceptabilidad del producto, puesto que el sabor del pan de molde integral, es con frecuencia, otro factor atractivo para el consumidor. También se observa que si existe diferencia significativa entre las alternativas de sabor, esto se debe a que las formulaciones son diferentes.

Cuadro N° 79: Análisis de varianza para sabor del Pan de molde integral.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:SABOR	1214.5	4	303.625	4.75	0.0158
B:MEZCLAS	0.0	3	0.0	0.00	1.0000
RESIDUOS	767.5	12	63.9583		
TOTAL (CORREGIDO)	1982.0	19			

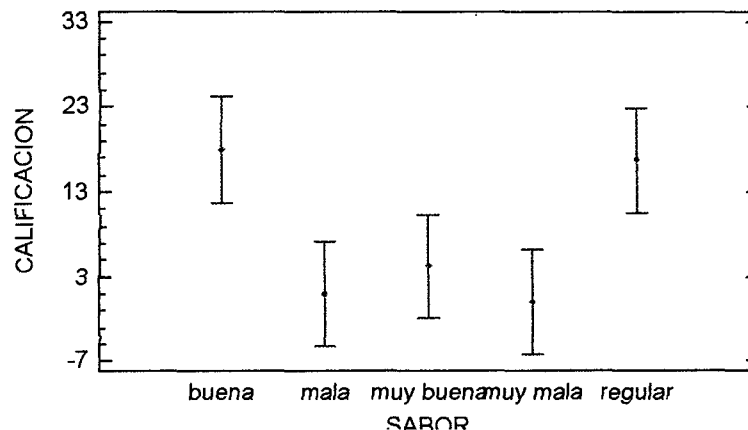


Figura 40: Dispersión de las alternativas para el sabor de los panes de molde integral.

En la figura 40, La alternativa "buena" tiene mayor elección por los panelistas con un promedio de 18 de panelistas, seguido por las alternativas "regular" y con un promedio de 16.75 de panelistas, la alternativa "muy buena" tiene un promedio de 4.25 de panelistas, y los valores más bajos corresponden a las alternativas "mala" con 1.0 panelistas y la alternativa "muy mala" sin ningún panelistas.

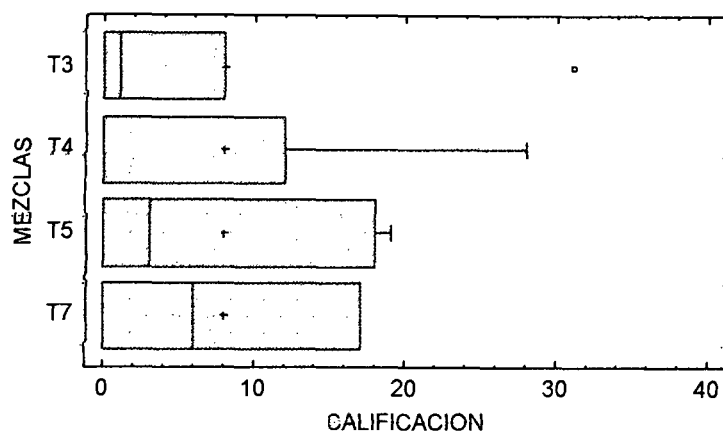


Figura 41: Grafico caja bigotes para sabor de los panes de molde integral.

En la figura 41 se observa la calificación establecido por los panelistas. Los panes de molde correspondiente al T3 presentan valores atípicos (distancia superior a 1,5 veces el rango intercuartílico), y su media (marcada con una cruz o signo más de color rojo) se encuentra ubicado en el percentil 75 mientras que la mediana (línea vertical en el centro de la caja) se encuentra más cerca al percentil 25. Además muestra una homogeneidad (caja más estrechos, indicarán una mayor concentración de datos) en las respuestas emitidas por los panelistas.

Los panes de molde integral correspondiente a al tratamiento T4, tiene más dispersión de datos, es decir en los panelistas han discrepado en la emisión de su calificación en relación al color.

Según Alasino., (2008), los diferentes sabores que establecen los alimentos panaderos, mayormente está relacionado con la presencia de lipoxigenasa activa, que se encarga de producir la aparición de olores y sabores desagradables. Por lo tanto esta lipoxigenasa debe inactivarse mediante la acción de un calentamiento moderado. Las condiciones de esta inactivación enzimática han sido ampliamente estudiadas por varios autores. En esta investigación el sabor de los panes de molde integral con harina de arveja y cebada, fueron diferentes a la muestra control, esto es por la existencia de diferentes enzimas que alteran el sabor del producto.

El uso de la arveja en esta investigación, se debe a que en los últimos tiempos, la disponibilidad de los nutrientes de este alimento, así como sus propiedades funcionales beneficiosas han despertado interés y ha aumentado la demanda de esta legumbre en preparaciones de alimentos destinadas a la alimentación geriátrica e infantil.

D. Análisis sensorial de la textura del pan de molde integral:

La calidad de los productos de panificación depende principalmente de las propiedades mecánicas y reológicas de las harinas. El gluten contribuye significativamente a las características del producto final, incluyendo uniformidad y textura. La acción de agentes oxidantes y reductores en las propiedades de la masa ocurre durante diferentes períodos del procesamiento (amasado, horneado, etc), y consecuentemente cambia el desarrollo de la estructura proteica de la masa.

La textura del pan se refiere al grado de elasticidad o blandura y se determina enteramente con el sentido del tacto, pues la sensación producida por esta operación puede describirse como suave, elástica, desmenuzable, según el caso. Asimismo, la uniformidad de la miga es importante puesto que sus celdas deben ser pequeñas de tamaño uniforme, de forma oval y de paredes delgadas.

En el cuadro 80 se observa la calificación de los panelistas, respecto a cómo ven la textura de las muestras de panes de molde integral entregados.

Cuadro 80: Elección de las alternativas de la textura para el pan de molde integral, por los panelistas.

ATRIBUTO	ALTERNATIVAS	PANES DE MOLDE INTEGRAL			
		T3	T4	T5	T7
TEXTURA	Dura	0	0	0	0
	Ligeramente dura	2	0	0	0
	Ni dura ni suave	13	14	14	13
	Suave	17	17	21	19
	Muy suave	8	9	5	8
TOTAL DE PANELISTAS		40	40	40	40

La mayoría de los panelistas consideran que los panes de molde tienen una calificación entre “ni dura ni suave” y muy suave.

En el Cuadro 81, el análisis de varianza para el atributo “textura del Pan de molde integral,” estableció que no existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre panes de molde integral con mezcla de harina de trigo, cebada y arveja; por lo que dicho resultado favorece la aceptabilidad del producto, puesto que la textura del pan de molde integral, es con frecuencia, otro factor atractivo para el consumidor. También se observa que si existe diferencia significativa entre las alternativas de la textura, esto se debe ser porque ningún panelista fue entrenado y tal motivo tiene diferente forma de emitir su juicio.

Cuadro 81: Análisis de varianza para la textura del pan de molde integral.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:TEXTURA	1044.0	4	261.0	130.50	0.0000
B:MEZCLAS	0.0	3	0.0	0.00	1.0000
RESIDUOS	24.0	12	2.0		
TOTAL (CORREGIDO)	1068.0	19			

En la figura 42, se aprecia cómo están distribuidas las calificaciones de la textura, y en el anexo H-7 se aprecia la tabla de medias por mínimos cuadrados para la alternativa del color del pan de molde integral. Para La alternativa “suave” tiene mayor elección por los panelistas con un promedio de 18.5 de panelistas, seguido por las alternativas “ni dura ni suave” y con un promedio de 13.5 de panelistas, la alternativa “muy suave” tiene un promedio de 7.5 de panelistas, y los valores más bajos corresponden a las alternativas “ligeramente dura” con 0.50 panelistas y la alternativa “dura” sin ningún panelistas.

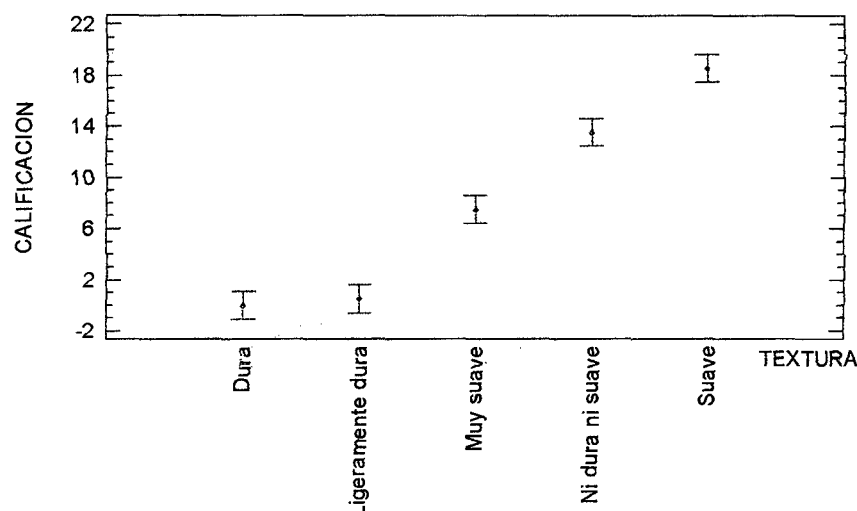


Figura 42: Dispersión de las alternativas para la textura de los pan de molde integral.

En la figura 43 se observa los gráficos de caja y bigotes, quien explica cómo están distribuidos los valores establecidos por los panelistas. El pan de molde correspondiente al tratamiento T3 tiene La media y la mediana en el centro de caja (percentil 50), indicando que este muestras de pan de molde tienen simetría en sus resultados. Los panes de molde integral correspondiente a los cuatro muestras, tiene dispersión de datos (presentan bigotes), es decir en los panelistas han discrepado en la emisión de su calificación en relación a la textura. Siendo el T3 el que tiene mayor concentración de datos.

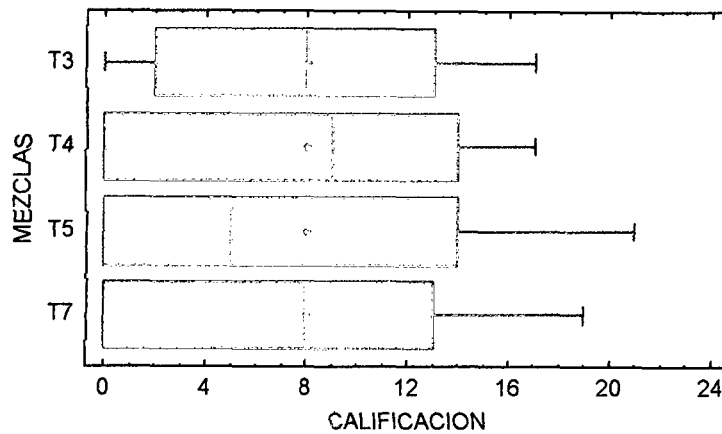


Figura 43: Grafico caja bigotes para la textura de los panes de molde integral.

E. Análisis sensorial de aceptación general del pan de molde integral:

La aceptabilidad del producto se refiere al conjunto de atributos como: apariencia, color, sabor, textura pero sobre todo la valoración que el consumidor realiza atendiendo a su propia interés para consumir el pan de molde integral, que este reflejara el acercamiento de la aceptación por el pueblo.

Cuadro 82: Elección de las alternativas de aceptabilidad para el pan de molde integral, por los panelistas.

ATRIBUTO	ALTERNATIVAS	PANES DE MOLDE INTEGRAL			
		T3	T4	T5	T7
ACEPTABILIDAD	Desagrada mucho	0	0	0	0
	Desagrada poco	2	4	1	0
	No agrada ni desagrada	14	10	19	13
	Agrada poco	16	18	20	16
	Agrada mucho	8	8	0	11
TOTAL DE PANELISTAS		40	40	40	40

En el cuadro 82 se presenta la calificación general de los panes de molde integral, emitidos por los 40 panelistas no entrenados. Como se puede apreciar los panes de molde correspondiente a los tratamientos T3, T4 y T7 tienen una calificación entre “ni me agrada ni desagrada” y “ me agrada mucho”, y solo los panes de molde correspondiente al tratamiento T5 tiene una calificación entre “ni me agrada ni desagrada” y “ me agrada poco”.

En la Cuadro 83, el análisis de varianza para el atributo “aceptación general del Pan de molde integral,” estableció que no existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95% entre panes de molde integral con mezcla de harina de trigo, cebada y arveja. También se observa que no existe diferencia significativa entre las alternativas de aceptación del producto en general.

Cuadro 83: Análisis de varianza para aceptabilidad del Pan de molde integral.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>Valor-P</i>
A:ACEPTABILIDAD	923.5	4	230.875	21.56	0.0000
B:MEZCLAS	0.0	3	0.0	0.00	1.0000
RESIDUOS	128.5	12	10.7083		
TOTAL (CORREGIDO)	1052.0	19			

En la figura 44, se aprecia cómo está distribuido las calificaciones de la aceptación, la alternativa “agrada poco” tiene mayor elección por los panelistas con un promedio de 17.5 de panelistas, seguido por las alternativas “no agrada ni desagrada” y con un promedio de 14.0 de panelistas, la alternativa “agrada mucho” tiene un promedio de 6.75 de panelistas, y los valores más bajos corresponden a las alternativas “desagrada poco” con un promedio de 1.75 panelistas y la alternativa “desagrada mucho” 0.00 panelistas.

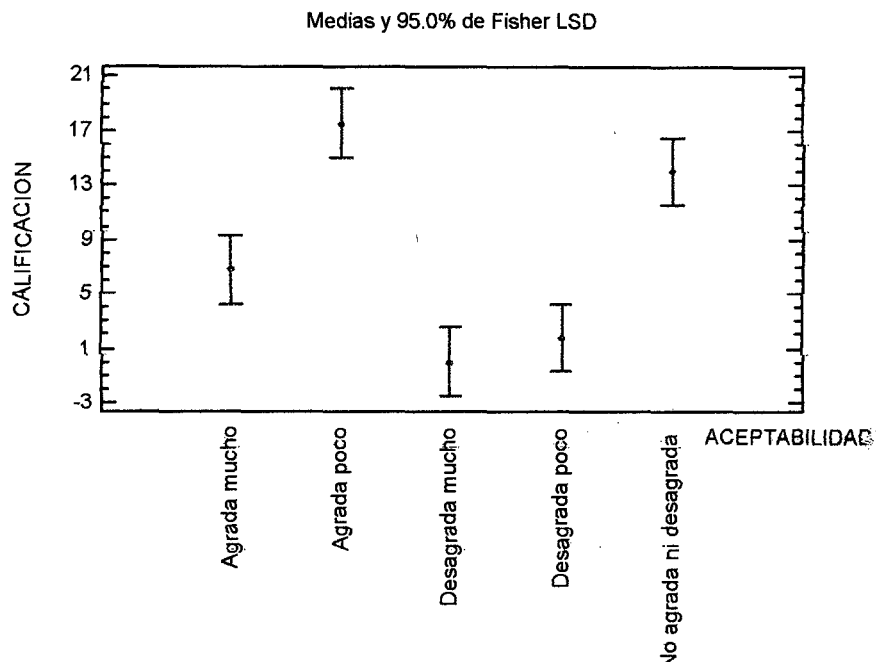


Figura 44: Dispersión de las alternativas para la aceptabilidad del pan de molde integral.

En la figura 45 se observa los gráficos de caja y bigotes, quien explica cómo están distribuidos los valores establecidos por los panelistas. La aceptabilidad de los panes de molde correspondiente a los tratamientos T3 y T4 tienen la media y la mediana en el centro de caja (percentil 50), indicando que estas muestras de pan de molde tienen simetría en sus resultados y serán los más consumidos por la población.

La mediana del pan de molde correspondiente al tratamiento T7 (testigo) está más cerca a percentil 75%, indicando que es el que tiene más aceptabilidad por los panelistas. Mientras que la mediana del T5, se encuentra más cerca al percentil 25. Los panes de molde integral correspondiente a los cuatro muestras, tiene dispersión de datos (presentan bigotes), es decir en los panelistas han discrepado en la emisión de su calificación en relación a la aceptabilidad en general.

El que tiene la caja más extensa es el T5, esta caja demuestra que los datos emitidos los panelistas se encuentran dispersas en varias

alternativas establecidas para la aceptación del producto. El que tiene la caja más pequeña es el T4, el demuestra que calificación de la mayoría de panelistas se encuentra concentrado en pocas alternativa de la aceptación en general del pan de molde integral.

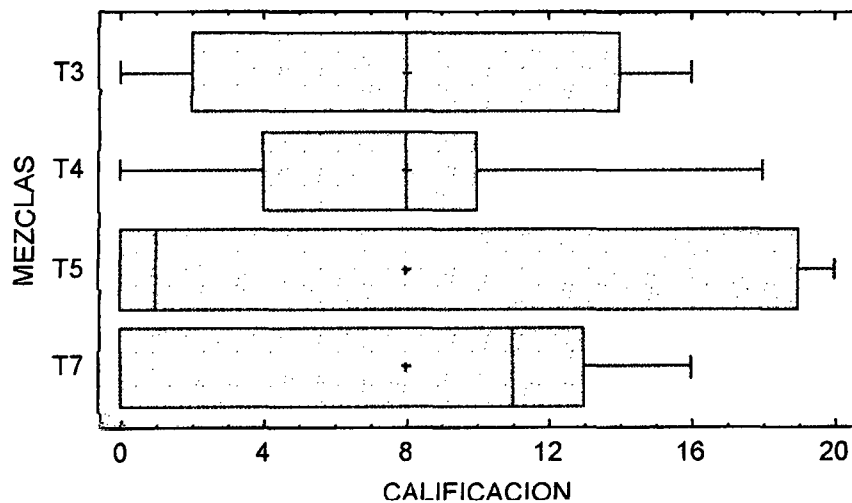


Figura 45: Grafico caja bigotes para aceptabilidad del pan de molde integral.

V. CONCLUSIONES.

Los resultados alcanzados permiten establecer las siguientes conclusiones:

- Se logró conocer la composición química proximal de las harinas, estos parámetros se encuentran dentro lo necesario para ser utilizado en la elaboración de pan de molde, la harina de arveja tiene mayor porcentaje de proteínas (16,8%) en comparación con las harinas panadera (11.90%), integral (10.15%), cebada (7.42%).
- Al analizar el efecto de incorporación de harina de cebada y arveja sobre las características reológicas de pan de molde integral a diferentes niveles de sustitución, se concluye que todos los tratamientos o mezclas tienen similar características amilográficos; diferentes características farinográficos, extensográficos.
- Los tratamientos T3, T4 y T5; son los que tienen homogeneidad con las características reológicas del control T7; los parámetros del control (T7) son 1317AU de gelatinización, 05:34mm:ss de tiempo de desarrollo, 683FE de consistencia, 55.6% absorbancia de agua, 06.36mm:ss de estabilidad, 58FE de índice de tolerancia, 144cm² de energía y 69 mm de extensibilidad.
- las sustituciones de harina de trigo por harina d cebada y arveja, se concluye que no varía el porcentaje de carbohidratos, humedad y grasas, pero aumenta el porcentaje de proteínas y fibra. Esta sustitución también hace variar el color de los panes de molde integral, siendo T3 es el más oscuro y los tratamientos T4 y T5 un color más amarillo en comparación testigo T7 (más claro).
- Según la evaluación física sensorial de los panes de molde integral, se concluye que los tres tratamientos tienen aceptabilidad, con estos resultados se ha logrado obtener un alimento con alta calidad proteica y fibra.

VI. RECOMENDACIONES.

- ✓ Se recomienda el estudio de otras fuentes de harinas sucedáneas, sobre todo harinas de leguminosas ricas en proteínas y fibras, saludables para nutrición de las personas.
- ✓ Se recomienda realizar estudio sobre las propiedades nutricionales de las harinas ya que no solo es importante el aporte de proteínas para mejorar las características del pan sino el aporte nutricional que se tiene al consumir estos productos derivados de los cereales y leguminosas

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA.

2. Alasino, Maria Celia. (2008). Panificación con harina de arvejas (*Pisum sativum*) previamente sometidas a inactivación enzimática. Archivos Americanos de Nutrición. (VE) 58(4): 397-402.
3. Altschul, A. 1974. New protein foods. Ed. Board. Washington, USA. 511 p.
4. Acosta S., 2001. Desarrollo de Pan Molde y marquesote para la panificadora rural de Nuevo Paraíso. Honduras, EAP. Ing. Agr. P.32.
5. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1997. Methods of nalysis of the AOAC International. 3 ed. Volumen II. Maryland USA.
6. Arias D., 2002.Evaluación de cinco proporciones de harina de trigo con harina integral para la elaboración de Pan Francés Integral. Honduras, EAP. Ing. Agr. P. 37.
7. Álvarez, H.; Salamanca, G. 2007. Valoración metodológica para el estudio de mezclas ternarias en sistemas alimentarios. Alimentos Ciencia e Ingeniería 16 pp 92-96.
8. Bagley, E. B., (1992)Constitutive models for doughs, En: Food Extrusion Science and Technology; ed. Kokini, J. L., Ho, C. y Karwe, M. New York: Marcel Dekker Inc., , pp. 203 – 211.
9. Bernardette Baños Espinóla. 2007. Tesis: "Caracterización reológica de masas de harina de trigo adicionadas con fibra soluble". Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
10. Badui Dergal, S. 1999. Química de los alimentos. Editorial Pearson Educación. México, págs..645- 648.
11. Badui, Salvador Dergal. 2006. Química de los Alimentos. 4ª. ed. México, Editorial Alhambra Mexicana. 716 p.
12. Brandt, K., Lück, L., Bergamo P., Whitley, A. And Velimirov A. 2005. "Transformación del Trigo en Pan. Control de la Calidad y Seguridad en las Cadenas de Producción Orgánica". Research Institute of Organic Agriculture FiBL, CH-5070 Frick, Switzarland.

13. Belitz, H. D.; Grosch, W. 1988. Química de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España, pp 813.
14. Bennion, B. 1970. Fabricación del pan. Edit. Acribia- Zaragoza (España). 4ta. Edición.
15. Bilbao, C. (2007). Revista panadera: forma e Informa. Año 1 N° 5. Lima- Peru
16. Borneo, R. 2008. "Ciencia y Tecnología de los Cereales. Cereales en el mundo: Cebada". Disponible en <http://cytcereales.blogspot.com/>.
17. Bressani, R. and Elias, L. G. 1980. Nutritional value of legume crops for humans and animals. En: Advances in legume science. Summerfield, R. J. Bunting, A. H. Eds. University of Reading. England. 667 p.
18. Brumovsky Luis A – Mgter. Bqca. Marta A. Horianski. 2013. Propiedades Reológicas de los Almidones: Amilograma. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales Universidad Nacional de Misiones.
19. Calaveras, J. 2004. "Tratado de Panificación y Bollería". Madrid Vicente Ediciones. Primera edición. Madrid-España. Págs: 318-389.
20. Calvo, A., Iturrizaga S., Salas R., NystroM J. 2001. "Fideos Imperial enriquecidos con kiwicha" Universidad del Pacífico. Perú. Págs: 28-32.
21. Calvel, R. (1983). La Panadería Moderna. Cap. 1,2 y 3. Publicado por Editorial Américalee SRL. Segunda Edición. Buenos Aires. Cap. 6. Edit. Acribia. Zaragoza (España).
22. Calderón Pinel Carlos A. 2005. Desarrollo de un pan molde alto en fibra usando harina de trigo y avena integral. Carrera de Agroindustria Zamorano, Honduras.
23. Callejo, M. 2002 "Industrias de Cereales y derivados", Colección Tecnología de alimentos, Ed. Madrid, Vicente, primera Edición.
24. Cafaggi S., Leardi R., Parodi B., Cavigliogli G., Bignardi G. 2003. An example of application of a mixture design with constraints to a pharmaceutical formulation. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 65: 139 - 147.

25. Castro Contreras Gerardo Andrés (2005), Evaluación de harinas de arveja (*Pisum sativum* L.) de tres cultivares, como sustituto parcial de harina de pescado, en la formulación de alimento para salmónidos, Universidad Austral de Chile.
26. Carrera, P. 1995. Sustitución de la harina de trigo por quinua (*Chenopodium quinoa*) precocida en la elaboración de pan. Tesis para optar el Título de Ingeniero de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú.
27. Castro, V. 1996. Determinación de la calidad de las arvejas (*Pisum sativum* L.) partidas comercializadas en Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 53 p.
28. Castro Contreras Gerardo Andrés 2005 Tesis :Evaluación de harinas de arveja (*Pisum sativum* L.) de tres cultivares, como sustituto parcial de harina de pescado, en la formulación de alimento para salmónidos, Escuela De Ingeniería En Alimentos ,Universidad Austral De Chile.
29. Cerna Mejía Liliana Alexandra(2010) . tesis : estudio de las propiedades funcionales de las proteínas de las harinas de maíz(*Zea mays*), Cebada (*Hordeum vulgare*), quinua (*Chenopodium quinoa*), papa (*solanum tuberosum*), Trigo (*Triticum aestivum*) Nacional e importado para orientar su uso en panificación y pastas. Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos. Universidad técnica de Ambato- Ecuador.
30. Clark, S., Costello, M., Drake, M. y Bobyfelt, F.W. 2009. The sensory evaluation of dairy products. End ed. New york, NY: springer. p 573.
31. Cornell J. A. (2002) Experiments with Mixtures: Design, Models and the Analysis of Mixtures 3rd Ed. New York&Sons.
32. Cori de Mendoza, Marta E.; Pacheco-Delahaye, Emperatriz y Sindoni, Eliana. 2004. Efecto de la suplementación de galletas dulces tipo oblea con harina desgrasada de girasol sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales. Revista de la Facultad de Agronomía (UCV). 30(2):109-122.
33. Cubero, J. and Moreno, M. T. 1983. Leguminosas de grano. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. 359 p.

34. Dergal, S. B. (2006). *Química de los Alimentos* cuarta edición. Mexico: Pearson Education.
35. Deshpande, S. S. (1992). Food legumes in human nutrition: a personal perspective. *Reviews in Food Science and Nutrition* 3, pp 13 –19.
36. Drake, M.A. 2007. Sensory analysis of dairy foods. *Journal of Dairy Science*. Vol 90, n° 11, p 4925-4937.
37. Dupont F.M. and S.B. Altenbach. 2003. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *J. of Cereal Science*, 38: 133-146. Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19948/Documento_completo.pdf?sequence=1.
38. Dobraszczyk, B.J., Morgenstern, M. 2003. Rheology and breadmaking process. *J. Cereal Sci.* 38:102-107.
39. Haro, A.(1983) La calidad nutritiva de las leguminosas-grano y su control genético. En: *Leguminosas de grano*. Ed. Mundi-prensa. Madrid. pp. 211-247.
40. Eduardo R., Alejandro Q., Lisímaco A. (2006) Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca *Ingeniería & Desarrollo*. Universidad del Norte. 19: 17-30
41. E. Magaña B.; B. Ramírez W. C. Platt L. G. 2009. Caracterización viscoelástica de masas de variedades de trigos suaves Pags. ,1129-9292.
42. Farinógrafo Brabender .2008; manual de instrucciones. Locken, L; Loska, S. y Shuey, W. *The farinograph Handbook*. 2° Edición. Editado por la American Association of Cereal Chemists. Minnesota, EEUU.
43. Garrido, T. 1979. Determinación del contenido de proteína y azúcares en arvejas (*Pisum sativum* L.) al estado verde y seco. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 34 p.

44. Garcia D. (2011) Desarrollo de un producto de panadería con harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Universidad Nacional de Colombia. Especialización en ciencia y tecnología de alimentos. Bogota D.C.
45. Gómez, E.R. 1989. Elaboración, Análisis y Principales Usos de las Harinas de trigo. Seminario Opción III-A. Universidad Autónoma de Nuevo León, N.L. México.
46. Gómez, G.H. 2008. Evaluación de efectos de genes mayores sobre rasgos de rendimiento en arveja (*Pisum sativum*) a partir del cruzamiento de las variedades Santa Isabel x WSU31. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 75 p.
47. Grupo Vilbo, 2008. La levadura. Consultado el 7 de enero de 2014. Disponible en: <http://www.panaderia.com/informes/levadura.html>.
48. Grupo Vilbo, 2004. "Mejoradores para panificación". Consultado el 7 de enero de 2014. Disponible en http://www.alimentariaonline.com/imprimir_notas.asp?did=964
49. Hernández C., 2000. Fabricación de Productos en Panadería. Consultado 25 de Enero de 2014. Disponible en: www.infomipyme.com/Docs/HN/Offline/PROACTApanaderia.pdf.
50. Hosney 1994. Hosney RC. 1994. Rheology of doughs and batters. En: Principles of Cereal Science and Technology, Second Edition. Editado por Hosney RC. American Association of Cereal Chemists, USA. 213-22
51. Huor S. et al. (1981) "Formulation and Sensory Evaluation of a Fruit Punch Containing Watermelon *Citrullus Lanatus* Juice " Journal of Food Science. Vol 45 pp:809-813.
52. Huang, D.P, Rooney, L.W. Starches for snack foods. Snack foods processing. Eds. Lusas, E.W., Rooney, L. W. Lancaster, Pennsylvania. Technomic Publishing Company, Inc. (2001); 115-130 p.
53. Industrias Harineras S.A. Molino San Salvador. 2009. "Análisis de los principales tipos de harinas para exportación". Disponible en http://www.industriasharineras.com/datos_tecnicos.htm

54. IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales). Norma 15856 Método de determinación de la energía de la masa, resistencia a la extensibilidad, extensibilidad y cifra de proporción con el extensógrafo Brabender. IRAM Buenos Aires.

55. Isla, C.R. 1998. Efecto de la salinidad sobre la cebada (*Hordeum vulgare* L.). Análisis de caracteres morfo-fisiológicos y su relación con la tolerancia a la salinidad. Server de publicacions, Universitat de Lleida. Salamanca. pp. 5-6.

56. IIAI .1977. Instituto de Investigaciones Agro Industriales – Programa Nacional de Alimentación popular. Proyecto III: La quinua como sucedánea 152 y fortificación en la harina de trigo en Panificación, Fideería y Galletería. División Tecnológica Alimentaria. Lima- Perú.

57. Jasim, Almusallam, Al-Salman, AbdulRahman y Al-Salem (2.013), Rheological properties of water insoluble date fiber incorporated wheat flour dough. LWT - Food Science and Technology. Volume 51, Issue 2, Pages 409–416.

58. Jara, C. 2006. “Estudio de las propiedades reológicas de la masa para pastas a base de harina de quinoa”. Universidad de Chile. Santiago, Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Págs: 26-38.

59. Jenkins, D. J. A.; Wolever, T. M. S.; Venketeshwer Rao, A. (2000). Effect of blood lipids of very high intakes of fiber in diets low in saturated fat and cholesterol. N. Engl. J. Med. 329: 21.

60. Lascano, A., Paredes, M., & Sandoval, G. (2009). Estudio Reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada, trigo y papa nacionales con trigo importado para orientar su uso en la elaboración de pan. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

61. Latham, M. C. (2002). Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Alimentación y nutrición N ° 29. Roma.

62. Lazo, J.; Verdugo, P. 2011. Estudio para optimizar la calidad tecnológica y sensorial del helado tipo mantecado con hidrólisis enzimática mediante diseño experimental.

Tesis para la obtención de título de Ingeniero en Alimentos. Universidad del Azuay. Ecuador.

63. Lawless, H.T y Heymann, H 2010. Sensory evaluation of food: principles and practices. 2nda ed. New york, p 596
64. López, P. 2005. Evaluación de la calidad de diferentes variedades de cebada (*Hordeum sativum jess*) cultivadas en los Estados de Hidalgo y Tlaxcala. Tesis de Licenciatura. LQA-UAEH.
65. López, P., Guzmán, O. F., Santos, L. E., Prieto, G: F., Román G. A. 2005. Evaluación de la calidad física de diferentes variedades de cebada (*Hordeum sativum jess*) cultivadas en los estados de Hidalgo, Tlaxcala y México, *Revista Chilena de Nutrición*.
66. Lazo, J.; Verdugo, P. 2011. Estudio para optimizar la calidad tecnológica y sensorial del helado tipo mantecado con hidrólisis enzimática mediante diseño experimental. Tesis para a la obtención de título de Ingeniero en Alimentos. Universidad del Azuay. Ecuador.
67. Lee MR, Swanson BG, Baik BK. 2001. Influence of amylose content on properties of wheat starch and breadmaking quality of starch and gluten blends. *Cereal Chemistry*, 78:701-706.
68. Liu, Q., Charlet, G., Yelle s, Arul J. Phase transition in potato starch-water system I. Starch gelatinization at high moisture level. *Food Research International*. Vol. 35, (2002), p. 397-407.
69. López, P. et. al. 2006. Evaluación biológica de la calidad proteica de diferentes variedades de cebada (*Hordeum sativum jess*) cultivadas en los estados de Hidalgo Tlaxcala, México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. (MX) 21 pp 230-239.
70. Maria Gonzalez Ana (2013) *Morfología de Plantas Vasculares - Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina*.
71. Mani, K., Eliasson, A.C., Lindhal, L., Trägårdh, C. 1992. Rheological properties and breadmaking quality of wheat flour doughs made with different dough mixers. *Cereal Chem*. 69:222-225.

72. Mario F. Rousselin S 2010. Relación entre la proteína del trigo y las propiedades de la masa panadera. Facultad de Ingeniería – Revista Ingeniería Primero. No. 20 – Paginas 142-151.
73. Marco, C. y C. Molina; (2008). Mejora de la funcionalidad de proteínas de cereales libres de gluten: Aplicación en productos fermentados, Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, Valencia, España.
74. Mayorga, V. (2010). Estudio de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo "Racimo de uva" (*Zea mays*. L). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
75. Masi, D., Cavella, S., Sepe, M. 1998. Characterization of dynamic viscoelastic behavior of wheat flour doughs at different moisture contents. *Cereal Chem.* 75(4):428-432.
76. Medina, C., M. Escobar y M. Lobo. (1989). Evaluación primaria y caracterización de germoplasma de arveja (*Pisum sativum* L.). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Boletín Técnico 1: 12-26.
77. Ministerio De Agricultura Y Riego (MINAGRI), Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos (OEEE)2014 disponible en www.minagri.gob.pe
78. Mohan, V. . Quintero; (2005) Propiedades reológicas de alimentos sólidos, En: Rao, M.; S. Rizvi, y A. Datta, *Engineering Properties of Foods*. 3rd Edition. Taylor & Francis Group. New York, USA p 99- 135
79. Montoya L.; Giraldo G.; Lucas A.,. 2012 . Caracterización Física De Harina De Trigo Y Pan Mediante Determinación De La Viscosidad Y La Cristalinidad De La Pasta Vitae, vol. 19, núm. 1.
80. Montgomery (2002). *Diseño y análisis de experimento*. Editorial Limusa Wiley. Mexico
81. Molina Cano J.L., 1989: "La cebada. Morfología, fisiología, genética, agronomía y usos industriales". Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
82. Morris, R.; Schmidt, J. W.; Mattern, P.J.; Johnson, V.A. 2000. Chromosomal location of genes for flour location of genes form flour quality in the wheat variety Cheyenne using substitution lines. *Crop. Sci.* 6: 1-119.

83. Nuñez, D., & Castillo, P. (2009). Estudio de la Factibilidad Técnica y Económica de una Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de otros Cereales aplicado a la Industria Galletera. Guayaquil, Ecuador: Facultad de Ingeniería mecánica y ciencias de la producción (ESPOL).
84. Oliver, J.R., Allen, H.M. 1992. the prediction of bread baking performance using the farinograph and extensograph. *J. Cereal Sci.*, 15: 79-89.
85. 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. *Inf. Tecnológica* 17: 33-39.
86. OPS. (Organización Panamericana de la Salud, US). 2000. Alimentos
87. Complementarios Procesados en América Latina. Washington, D.C, EE.UU; OPS. (s.p.)
88. Pacheco-Delahaye E (2002) Evaluación nutricional de hojuelas fritas y estudio de la digestibilidad del almidón de plátano verde (*Musa spp.*). *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*. 28: 42-48.
89. Peña-Bautista, R.J., Pérez-Herrera, P., Villaseñor, M.E., Gámez-Valdez, M.M., Mendoza-Lozano, M.A.(2008). Calidad de la cosecha de trigo en México. Ciclo Primavera-Verano 2006. Pub. especial. conasist -conatrigo . 28 p. México, D.F. México.
90. Peña, R.; Amaya, A. y Del Toro, E. 1991.Efecto del almacenamiento y del lavado del grano en las características de calidad de muestras de trigo (variedad Seri M82) con diferentes niveles de carbón parcial (*Tilletia indica*). En: Estado actual de la investigación sobre el carbón parcial en México. Fuentes-Dávila G. y Hettel G.P. (editores). Reporte Especial de Trigo No. 7. México, D.F.: CIMMYT. Pp.24-32.
91. Pennacchiotti, I. 1989. Componentes naturales de las legumbres responsables de la flatulencia. *Alimentos*, 14(4): 68-70.
92. Peressini D y Sensidoni A 2011, efect of soluble dietary fibre addition on rheological and bread making propieties of wheat doughs, *Journa of cereal Sciencie* volume 49, pages 190-201

93. Pinto, J. 1995. Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la optimización del proceso de clarificación de jugo de manzana. Tesis para optar el grado académico de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM Perú.
94. Potter Norman N & Hotchkiss (1999). Ciencia de los alimentos Editorial acribia S. A. España. P 110, p 545.
95. Prieto, G, Michetti, G, and Vitelli, D. 2009. Resultado de la red de cultivares de arvejas canadienses. Gacetilla del Depto Técnico de Agricultores Federados Argentinos SCL.
96. Quaglia, G. 1991. Los mejorantes. In: Ciencia y tecnología de la panificación. Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España), pp 163-170.
97. Quintero - Gil, C.M.; Rueda - Quijano, H. 2008. Optimización de las condiciones de proceso para la elaboración de la esponja líquida de pan de molde a través de un diseño factorial de experimentos. Revista Publicaciones e Investigación 2(1):43-50.
98. Rae Cho B, et al. (2009) Development of a multidisciplinary optimization process for designing optimal pharmaceutical formulations with constrained experimental regions. Int J Adv Manuf Technol. Vol 44 (9-10): 841-853 .
99. Ramírez, S. (2003). Evaluación de las mezclas de emulsificante y gomas para la elaboración de pan fermentado. México: Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa.
100. Rao, V.K., Mulvaney, S.J., Dexter., J.E. 2000. Rheological characterisation of long and short-mixing flour base on stress relaxation. J. Cereal Sci. 39:159-171.
101. Rao, V. G. y Rao, H. P., 1993 Methods for determining rheological characteristics of doughs: A critical evaluation, En: Journal of Food Science, Vol. 30, No. 2, , pp. 77-87.
102. Rao y Shupaleker (2002) Las otras harinas y su uso en panificación . España citado el 23 de julio del 2014 disponible en
103. [.http://www.molineriaypanaderia.com/técnica/harina/otrahENG.html](http://www.molineriaypanaderia.com/técnica/harina/otrahENG.html).
104. Reichert, R. And Mackenzie, S. M. 1982. Composition of peas (*Pisum sativum*) varying widely in protein content. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 30(2): 312-317.

105. Revista Canimolt,2008. Medio de Difusión de la Industria Molinera de Trigo, Ediciones Canimolt, México. Págs: 72-80.
106. Rodríguez E, Fernández A Y Ayala A. 2005. "Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz". Ingeniería e Investigación- Universidad Nacional de Colombia No. 57. Revista Ingeniería e Investigación. Págs: 72-78.
107. Romeo, M., Escobar, B., Masson, L., Y Mella, M. 1983. Composición química de harina de leguminosas cruda y precocida. Alimentos, 8(1): 3-9.
108. Sánchez Hugo D. 2009. Influencia de oxidantes y reductores en la masa para panificación. Instituto de Tecnología de Alimentos- F.I.Q.- U.N.L..Págs.:1-30,42-121.
109. Saltos, H.; Bayas, A. 2010. Aplicación de un diseño experimental de mezclas en el desarrollo de una "Barra Energética" con base en el salvado de Palmito de Pejibaye (Bactris gasipaes H.B.K). Revista Tecnológica ESPOL 23(2):1-7.
110. Scanlon, M.G., H.D. Sapirstein and D. Fahloul. 2000. Mechanical properties of bread crumb prepared from flours of different dough strength. Journal of Cereal Science, 32: 235-243.
111. SENA.1985.Servicio Nacional de Aprendizaje. Manual sobre el Proceso de panificación. Subdirección Técnico- Pedagógica. 2ª edición Bogota.
112. Serna Saldivar, S. 1996. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. A.G.T. Editor SA. México, DF. Pág: 521.
113. Steffe, J., Rheological methods in food process engineering. Michigan: Freeman, 1996, pp.1-10, pp. 258-262, pp. 295-317.
114. Stone, H. y Sidel, J. L 2004. Sensory evaluation practices. Amsterdam- Boston, Elsevier Academic Press, 2004. Xiv, p 377.
115. Steffolani María Eugenia, 2010. "Tesis: Efecto de las Enzimas Pentosanasa, Glucosa Oxidasa y Transglutaminasa en Productos de Panificación", Universidad Nacional de la Plata Facultad De Ciencias Exactas, Departamento De Ciencias Biológicas.

116. Silva, M. 1990. Evaluación de dietas elaboradas en base a harinas de pescado, con o sin harina de crustáceos, en trucha arcoiris (*Salmo Gairdneri* R.). Tesis Lic. Agr. Concepción. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales. 78 p.
117. Surco Almendras Juan Carlos, Alvarado Kirigin Juan Antonio (2010) HARINAS COMPUESTAS DE SORGO-TRIGO PARA PANIFICACIÓN. Instituto de Investigaciones Químicas (IIQ), Carrera de Ciencias Químicas, Universidad Mayor de San Andrés, (UMSA) Casilla 303, La Paz- Bolivia.
118. Tecnosa (2012):AMILOGRAFO-E de Brabender, disponible en file:///C:/Users/Leo%20Lopez/Descargas/AmilografoBrabender-Tecnosa.pdf
119. Tejero, F. 2009. "Asesoría Técnica Panadera" Disponible en <http://www.molineriaypanaderia.com>.
120. Thompson W.O. y Miers R.H. (1968) "Response Surface for Experiments with Mixtures" *Technometrics* Vol 10. pp: 739-755.
121. Urbano G, López Jurado M, Slawomir R, Gomez Villalva E, Porres J, Frías J, Vidal-Valverde C and Aranda P. 2004. Nutritional assessment of raw and germinated pea (*Pisum sativum* L.), protein and carbohydrate by in vitro and in vivo techniques. *Nutrition*.;21 : 230-239.
122. Veraverbeke, W.; Larroque, O.; Békés, F.; Delcour, J. 2000. In Vitro Polymerization of Wheat Glutenin Subunits with Inorganic Oxidizing Agents. II. Stepwise Oxidation of Low Molecular Weight Glutenin Subunits and a Mixture of High and Low Molecular Weight Glutenin Subunits. *Cereal Chem.* 77:589-594.
123. Wang, J.; Rosell, C. M.; Benedito De Barber, C. (2002). Effect of the addition of different fibers on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry* 79: 221-226.
124. Watts, B; Ylimaki, G; Jeffery, E."Métodos Sensoriales Básicos para la Evaluación de Alimentos", Centro Internacional de Investigaciones para e Desarrollo, Ottawa. Canadá, 1992, pp 87, 101.

125. Weegels P.; Hamer R. y Schofield J. 1996. Critical review: Functional Properties of wheat glutenin. *J Cereal Sci* 23:1-18.
126. Wikström, K.; Eliasson, A. Ch. 1998. Effects of Enzymes and Oxidizing Agents on Shear Stress Relaxation of Wheat Flour Dough: Additions of Protease, Glucose Oxidase, Ascorbic Acid, and Potassium Bromate. *Cereal Chem.* 75:331-337.
127. Wiler Hugo De La Cruz Quispe .2009. "COMPLEMENTACIÓN PROTEICA DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) Y SUERO EN PAN DE MOLDE Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL". Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
128. Wieser H, Mödl A, Seilmeier W, Belitz H. 2007. HPLC of gliadins from different wheat varieties: amino acid composition and N-terminal amino acid sequence of components. *Z. Lebensm. Untersuch. Forsch. A*, 185:371-378.

Anexo

**ANEXO A. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACION.
ANEXO A- 1. DETERMINACION DE HUMEDAD.**

PRINCIPIO

Para determinar el contenido de humedad de los productos derivados de harina de trigo u otros cereales, se sigue el procedimiento establecido por la Norma Técnica ITINTEC 205.037 (1974), denominado "Método de desecación por estufa".

PROCEDIMIENTO.

- ✓ Pesar las placas vacías en la balanza analítica.
- ✓ Agregar una muestra de 10 gramos de pan de molde.
- ✓ Llevar a la estufa por un lapso de 2.5 horas a 105°C.
- ✓ Una vez pasado el tiempo establecido, sacar la muestra y dejar reposar por 5 minutos.
- ✓ Luego del reposo, pesar la muestra en placa
- ✓ Mediante la fórmula, calcular el % de humedad de la muestra.

$$\%H = \frac{Pcmh - Pcms}{Pcmh - Pc} * 100$$

Dónde:

Pcmh = Peso del recipiente más muestra bruta

Pcms = Peso del recipiente más muestra seca.

H = Porcentaje de humedad

Pc = Peso del recipiente

ANEXO A- 2. DETERMINACIÓN DE CENIZAS.

PRINCIPIO

Este método determina las cenizas como el residuo remanente después de incineración bajo las condiciones especificadas para la prueba. Para la determinación del porcentaje de cenizas, es decir, el porcentaje de sólidos y minerales en el producto, se puede seguir el procedimiento establecido por la norma técnica ITINTEC 205.038 (1974), llamado "Método De Incineración".

PROCEDIMIENTO.

- ✓ Pesar el crisol vacío en la balanza analítica.
- ✓ Agregar 3 ó 4 gramos de muestra de pan harina o pan de molde.
- ✓ Quemar previamente la muestra en la cocina eléctrica, para evitar la expansión de malos olores y al manchado de la mufla por unos 15 minutos.
- ✓ Llevar la muestra a la mufla por un lapso de 1,5 horas a 600°C.
- ✓ Pasado el tiempo establecido, retirar la muestra de la mufla y dejar reposar por 15 minutos.
- ✓ Pesar la muestra en la balanza analítica.
- ✓ Mediante la fórmula siguiente , calcular el % de cenizas de la muestra.

$$\% C = \frac{P_{cz} - P_c}{P_{cm} - P_c} * 100$$

Dónde:

C = Contenido de cenizas.

P_c = Peso de crisol tarado.

P_{cz} = Peso de crisol + ceniza.

P_{cm} = Peso de crisol + muestra

ANEXO A- 3. DETERMINACIÓN DE GRASAS DE LAS HARINAS.

- Se pesan de 3 a 5g de muestra seca, empaquetándolo en papel filtro y se coloca en la cámara de extracción del equipo Soxhlet. Agregar hexano hasta una parte del mismo sea sifoneado hacia el balón (125ml).
- Seguidamente se conecta a la fuente de calor. Al calentarse el solvente se evapora y asciende a la parte superior del equipo, allí se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regresando posteriormente al balón por sifoneado arrastrando consigo el extracto etéreo. El ciclo es cerrado, la velocidad de goteo del hexano debe ser 45 a 60 gotas por minutos. El proceso dura de 2 a 4 horas dependiendo del contenido graso de la muestra y de la muestra en sí.
- El hexano se recibe en el balón previamente secado y tarado.
- Retirar el balón con el extracto etéreo cuando ya no contenga hexano. Evaporar el solvente permanente en el balón, con una estufa (30 minutos por 105°C), enfriar en una campana de desecación por un espacio de 30 minutos y pesar:

Cálculos:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(A_2 - A_1)}{m} \times 100$$

Donde:

A₂: peso del balón con el hexano etéreo (g)

A₁: peso del balón vacío (g)

m: Peso de la muestra (g)

ANEXO A- 4. DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA EN LAS HARINAS.



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS
BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES.

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO-PRODUCE

Pag. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 0557-14

SOLICITADO POR	: LOPEZ PEREZ HEBERTH
DIRECCIÓN	: Nvo. Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO	: ABAJO INDICADO
CANTIDAD DE MUESTRAS	: 04 muestras x 50 g c/u.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Bolsa de polietileno transparente cerrado.
FECHA DE PRESENTACIÓN	: 2014-03-26.
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2014-03-26.
FECHA DE TERMINADO EL ENSAYO	: 2014-03-26.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio fisicoquímico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 000722-14

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	Fibra (%)
Harina integral	2.14
Harina panadera	1.43
Harina arveja	4.81
Harina cebada	2.49

METODOLOGÍA EMPLEADA

Fibra : NMX-F- 090-1978

NOTA:

- Muestra recepcionada en laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden solo a las muestras ensayadas.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la identidad que lo produce.

Fecha de emisión: Nvo Chimbote, marzo 26 del 2014

DVY/jms

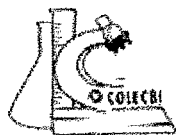
Denis M. Vargas Ycoez
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-CM-HRIE
Rev 03
Fecha 2012-07-27

PROHIBIDO DE LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C

Urb. Buenos aires Mz A- Lt 7 I Etapa – Nvo Chimbote – telefax 043-310752
Nextel 839*2893- RPM # 902995- apartado 127
e-mail : colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
web : www.colecbi.com

ANEXO A- 5. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS DE LAS HARINAS.



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS
BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES.

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO-PRODUCE.

Pag. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 0562-14

SOLICITADO POR	: LOPEZ PEREZ HEBERTH
DIRECCIÓN	: Nvo. Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO	: ABAJO INDICADO
CANTIDAD DE MUESTRAS	: 04 muestras x 60 g c/u.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Bolsa de polietileno transparente cerrado.
FECHA DE PRESENTACIÓN	: 2014-03-26.
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2014-03-26.
FECHA DE TERMINADO EL ENSAYO	: 2014-03-26.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio fisicoquímico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 000731-14

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	Proteínas (%) factor 6.25
Harina integral	9.50
Harina panadera	11.90
Harina orveja	16.8
Harina cebada	7.42

METODOLOGÍA EMPLEADA

Fibra : UNE- EN ISO 5983-2 parte 2 Dic 2006

NOTA:

- Muestra recepcionada en laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden solo a las muestras ensayadas.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la identidad que lo produce.

Fecha de emisión: Nvo Chimbote, marzo 26 del 2014

DVY/jms

Denis M. Varoas Yezvez
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C

LC-CM-HRIE
Rev 03
Fecha 2012-07-27

PROHIBIDO DE LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C

Urb. Buenos aires Mz A- Lt 7 I Etapa – Nvo Chimbote – telefax 043-310752
Nextel 839*2893- RPM # 902995-apartado 127
e-mail : colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
web : www.colecbi.com

ANEXO A- 6. DETERMINACION DE COLORIMETRIA.

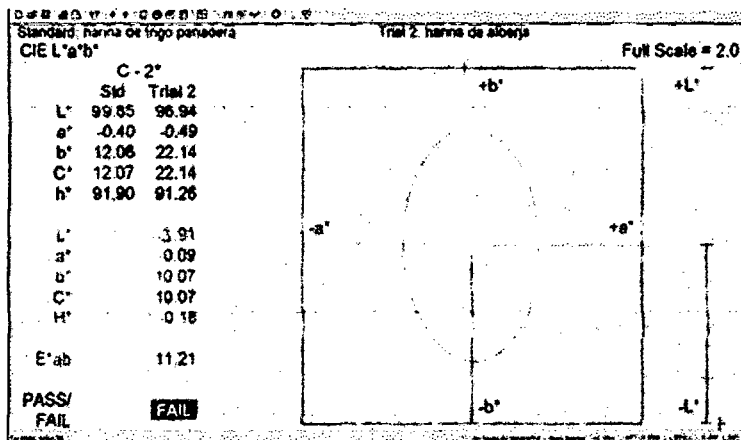
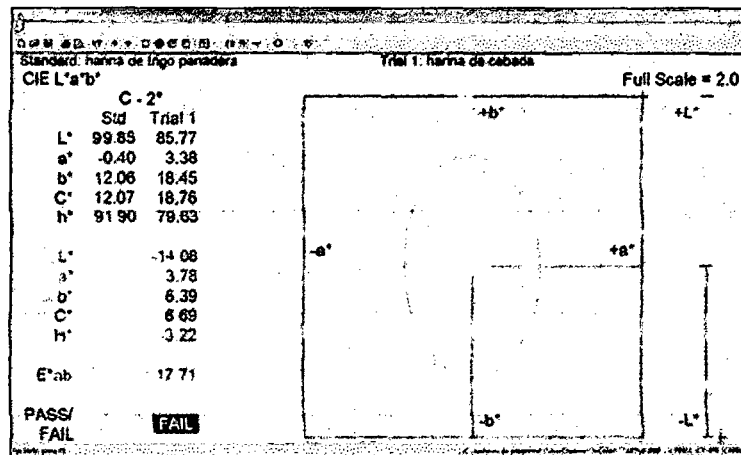
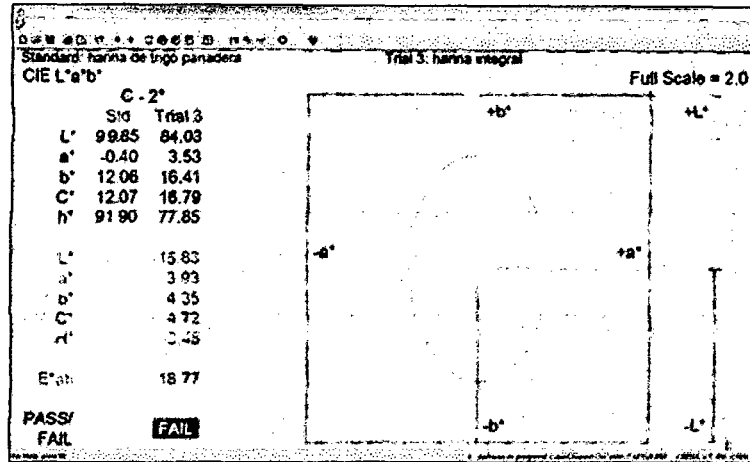
PRINCIPIO

El espectrofotómetro es que provee un valor específico de color basado en la cantidad de luz reflejada fuera de la superficie del producto o transmitida a través del mismo.

PROCEDIMIENTO.

- ✓ El espectrofotómetro fue calibrado antes de cada ensayo con un plato estándar blanco.
- ✓ A cada muestra de harina o pan se le efectuaron 2 mediciones de color informándose el valor promedio.
- ✓ Como medida objetiva del color se utilizó el sistema Cie-Lab (C.I.E., 1986), que define cada color a partir de tres coordenadas denominadas L^* , a^* y b^* .
- ✓ Las magnitudes L^* , a^* , y b^* son adimensionales y se definen en función del tipo de estímulo y del blanco de referencia para tratar de simular a los observadores reales (Joshi & Brimelou 2002).
- ✓ La coordenada L^* recibe el nombre de luminosidad y a^* y b^* son las coordenadas colorimétricas que forman un plano perpendicular a la luminosidad, siendo, a su vez, perpendiculares entre sí.
- ✓ El corte del eje L^* con el plano que forman a^* y b^* es el punto acromático. El valor a^* es una medida de la intensidad de color rojo, en el desplazamiento sobre el eje a^* hacia valores positivos del punto acromático se observan los rojos y para valores negativos los verdes.
- ✓ El valor b^* es una medida de la intensidad de color amarillo, en el desplazamiento sobre el eje b^* hacia valores positivos del punto acromático se observan los amarillos y para valores negativos los azules.

ANEXO A-7. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN COLORIMÉTRICA.



ANEXO A- 8. COMPUTO QUÍMICO.

Tabla A.8-1: Perfil de aminoácidos las de harinas de trigo, cebada y arveja

Aminoácidos	FAO	Composición de aminoácidos (mg/g proteína)			
	Patrón de aminoácidos (mg/g proteína)*	TRIGO	INTEGRAL	CEBADA	ARVEJA
Isoleucina	30	35	40	37	42
Leucina	59	71	47	67	70
Lisina	45	31	48	28	73
Metionina+Cistina	22	43	35	47	19
Fenilalanina + tirosina	38	80	63	84	70
Treonina	23	31	40	36	38
Triptofano	6	12	10	18	10
Valina	39	47	50	48	47
Histidina	15	25	23.7	26	26

Fuente: FAO /MS/UNU, 2007 Categoría escolar y adolescentes.

Tabla A.8-2: score químico de las harinas de trigo, cebada y arveja

Aminoácidos	Score químico			
	TRIGO	INTEGRAL	CEBADA	ARVEJA
Isoleucina	117	133	126	140
Leucina	120	80	114	119
Lisina	69	107	63	162
Metionina+Cistina	195	159	214	86
Fenilalanina + tirosina	211	166	223	184
Treonina	135	174	157	165
Triptofano	200	167	314	167
Valina	121	128	125	121
Histidina	167	158	178	173

Tabla A.8-3: Perfil de aminoácidos de las mezclas de las harinas.

Aminoácidos		AAE EN LA MEZCLAS			
		T3	T4	T5	T7 (CONTROL)
Isoleucina		36.84	36.87	37.24	36.50
Leucina		63.64	63.75	63.70	63.80
Lisina		37.47	38.32	40.51	36.10
Metionina+Cistina		39.90	39.33	38.08	40.60
Fenilalanina + tirosina		74.72	74.37	73.85	74.90
Treonina		34.12	34.07	34.44	33.70
Triptofano		11.57	11.29	11.19	11.40
Valina		47.96	47.90	47.90	47.90
Histidina		24.70	24.66	24.72	24.61
FORMULACION	harina de trigo	63	64.75	59.5	70
	harina de integral	30.0	30.0	30.0	30.0
	harina de cebada	3.5	0.0	0.0	0.0
	harina de arveja	3.5	5.3	10.5	0.0

**ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN REOLOGICA.
ANEXO B- 1. EVALUACION AMILOGRAFICO.**

A. Determinación del contenido de Humedad de la muestra (mezcla de harinas).

Los métodos estándares para los test con el Amyiograph están basados en una muestra con el 14% de Humedad. No obstante como la humedad de la muestra real puede apartarse ligeramente de este valor, es necesario medir el contenido de humedad de las muestra a estudiar.(en el ANEXO A-1 se observa el procedimiento para determinar la humedad).

A partir de la humedad básica (menú "Options"- "Settings") que se estima en el software y de la humedad real de la muestra, el software corrige automáticamente el peso de la muestra y la cantidad de agua a utilizar para el test.

B. ingreso de los parámetros del test.

- ❖ Iniciamos el programa.
- ❖ Seleccionamos el menú Test" - "New". Se abre una ventana para ingresar los parámetros del test:
 - ✓ Seleccionamos el método: Flour
 - ✓ Muestra Real: Humedad medida
 - ✓ Muestra Nominal: Peso (g) y cantidad de gua (mi)
 - ✓ Seleccionamos la T° inicial: 30°C
 - ✓ Seleccionamos el índice calorífico: °C/mjn
- ❖ En el campo "Method" Seleccionamos uno de los dos métodos predeterminados (Flour = harina o Wholemeal = harina integral) en este caso seleccionamos el nombre de un método nuevo para las mezclas a evaluar.
- ❖ En el campo "Moisture", ingresa la humedad real medida de la muestra.
- ❖ En el campo "ScartTemperature" se selecciona la temperatura inicial en este caso 30°C.
- ❖ En el campo "Heatingrate" se selecciona el índice de calentamiento en este caso 1.5 °C/min.

C. Preparación de la bureta.

- ❖ Llenamos la bureta con agua destilada (nivel constante de llenado de 450ml).
- ❖ Colocamos 100ml de agua de la bureta llena en un tubo de medición.
- ❖ Marcamos el nivel de agua residual en la bureta (350ml).
- ❖ Volvemos a llenar la bureta a 450ml.

D. Preparación de la muestra para evaluación.

El peso de la muestra y la cantidad de agua dependen siempre de la humedad real medida en la muestra. Para pesar la muestra y la para agregar agua usamos balanza de precisión.

- ❖ Medimos el peso de la muestra indicado por el software (80gr. Mezcla de harina para un 14% de humedad básica)
- ❖ Mezclar en un matraz Erlenmeyer de 100ml, con aprox. 360ml de agua destilada de la preparación de bureta.
- ❖ Tapamos el matraz y agitamos aprox. 50 veces en 30seg.
- ❖ Colocamos la suspensión en el bol medidor del Amyiograph.

E. Comienzo del test de los trataientos.

- ❖ Hacemos clic en el botón "Start" (El cabezal debe estar en posición superior. El sistema determina automáticamente la tara).
- ❖ Después de terminar la tara, el cabezal medidor baja a su posición de operación.
- ❖ Tiramos de la pieza de retención y empujamos el cabezal medidor hada abajo hasta su posición de operación.
- ❖ El control de temperatura primero calienta hasta la temperatura inicial prefijada. (La T° final de 93°C y el tiempo da mantenimiento de 5 min).
- ❖ Durante el test, el diagrama es registrado y se muestra en línea el monitor.

F. Displays durante el test.

Después de iniciado el test, el monitor muestra un diagrama con dos ejes "x" y un eje "y", donde se representa lo siguiente:

- ❖ Eje X superior: Temperatura en °C
- ❖ Eje X inferior tiempo del test en min.
- ❖ Eje y: viscosidad en AU (Unidades Amyiograph).

G. Tiempo del test, finalización del test.

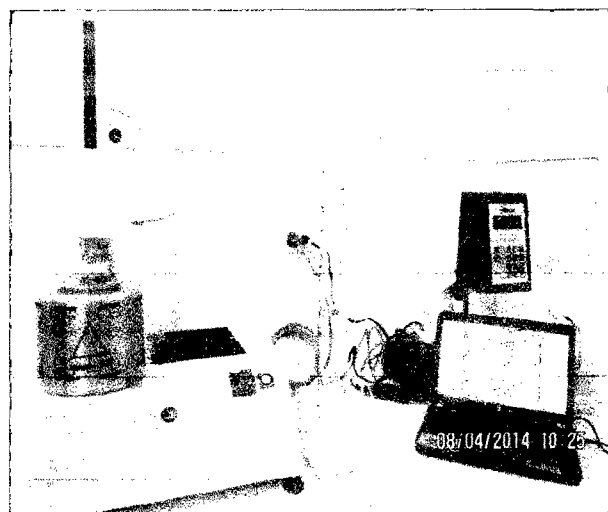
La transmisión de datos durante el test el Amyiograph reporta los datos automáticamente y cuando transcurre el tiempo del test, la transmisión de datos desde el Amyiograph se detiene automáticamente. Los Parámetros estándares del proceso del test son:

- ✓ T° inicial: 30°C
- ✓ índice de calentamiento: 1.5 °C/min
- ✓ Tiempo total del test: 42min + 5 min = 47min tiempo de mantenimiento.

H. Evaluación del test.

Se calculan los siguientes puntos de evaluación que aparecen en el diagrama:

- ✓ Comienzo de Gelatinización.
- ✓ Temperatura de Gelatinización.
- ✓ Gelatinización Máxima.



Amyiograph

ANEXO B- 2. EVALUACION FARINOGRAFICO.

A. Preparación de la muestra para evaluación.

- ❖ Según el método Brabender, para determinar los parámetros farinograficos se requiere una muestra (mezcla de harinas) de 300gr .
- ❖ Según los tratamientos a estudiar preparar las mezclas tomando como el total 300gr para cada mezcla.
- ❖ Rotular las mezclas para evitar confusiones.

B. Comienzo del test de los tratamientos.

- ❖ Pesar agua destilada en un vaso de 500ml el equivalente de 56% de la mezcla de harina.

$$Agua = \frac{56}{300} \times 100 = 186gr$$

- ❖ Pesar el equivalente 18% de NaCl.

$$NaCl = \frac{18}{300na} \times 100 = 6gr$$

- ❖ Agregar el NaCl al agua destilada del vaso, disolver por 3 min.
- ❖ Calibrar la balanza interna del farinógrafo (el equipo indicara la cantidad de agua necesaria el que debe pesarse y agregarse con un vaso precipitado al tanque del equipo)
- ❖ Observar en la pantalla del PC la indicación del software " balanza calibrada".
- ❖ Ingresar los valores pedidos por el software, como humedad de la mezcla de harina, simple, Code number etc.
- ❖ Agregar los 300gr de mezcla de harina en el mixer del equipo.
- ❖ Agregar los 6gr de NaCl en el mixer del equipo.
- ❖ Realizar el análisis farinográfico.

C. Displays durante el test.

- ❖ Después de iniciado el test, el monitor muestra un diagrama con dos ejes "x" y un eje "y", donde se representa lo siguiente:
 - ✓ Eje y (lado derecho del farinograma): Temperatura en °C y velocidad (1/min)
 - ✓ Eje X inferior de la del tiempo en min.
 - ✓ Eje y: torque (Unidades farinograficas).
- ❖ Como resultado se observa tres curvas construidas, dos curvas azules (superior e inferior) y la curva verde (centro) que es el promedio de las curvas azules.

D. Tiempo del test, finalización del test.

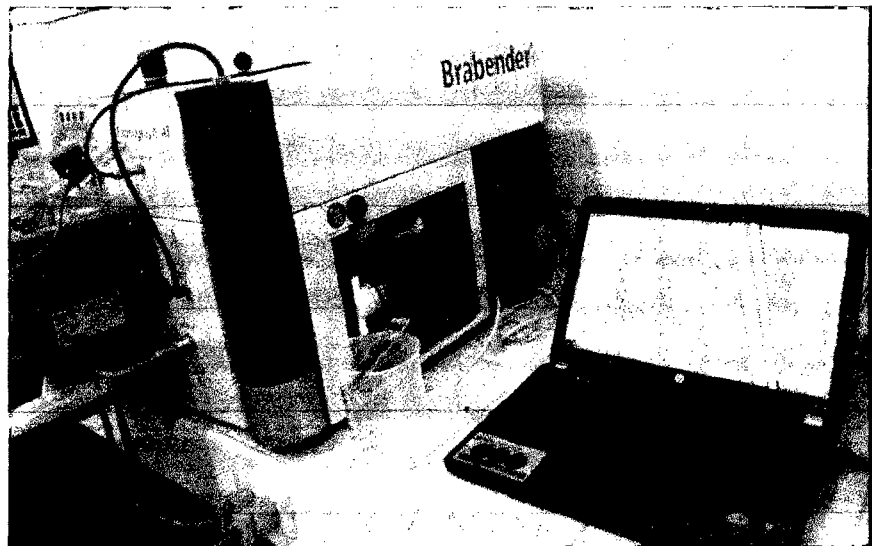
La transmisión de datos durante el análisis farigráfico reporta los datos automáticamente y cuando transcurre el tiempo del test, la transmisión de datos desde el farigráfico se detiene automáticamente. Los Parámetros estándares del análisis son:

- ✓ T° inicial: 30°C
- ✓ Índice de calentamiento: 1.5 °C/min
- ✓ Tiempo total del test: 20-30 min.

E. Evaluación del test.

Se calculan los siguientes puntos de evaluación que aparecen en el diagrama:

- ✓ Tiempo de desarrollo o tiempo de amasado (Development time) en min.
- ✓ Estabilidad (Stability) en min.
- ✓ Índice de tolerancia (Tolerance index (MTI)) en FE.
- ✓ Ruptura o bajada (Drop-off) en FE.
- ✓ Tiempo de ruptura (Time to breakdown) en min.
- ✓ Consistencia (Consistency) en FE.
- ✓ Absorbancia de agua con respecto a la consistencia (Water absorption corr. for default consistency) en %
- ✓ Absorbancia de agua corregido (Water absorption) en %.
- ✓ Absorbancia de agua con respecto a la humedad de la harinas (Water absorption corr. for default moisture content) en %



ANEXO B- 3. EVALUACION EXTENSOGRAFICO.

A. Desarrollo básico de la medición.

El método de medición con el extensograph - E, está determinado por estándares internacionales y nacionales (por ej. Estándar ICC N° 114/1, ISO 5530-2, estándar A.ACC 300) Además existen métodos levemente modificados. Para esta investigación se está empleando el método A.ACC 300.

B. Comienzo del test de los tratamientos.

❖ Amasado de la masa en Farinograph:

La masa para la medición en el extensograph se prepara en el fanigraph. Esto garantiza una consistencia reproducible de la masa teniendo en cuenta la capacidad higroscópica de las distintas calidades de harina.

- ✓ Colocamos 300 gr de mezcla de las harinas a analizar en el amasado Farinograph y cerrar con la tapa del amasador.
- ✓ Seleccionar la cantidad de agua destilada para el amasado de tal modo, que al final del tiempo de amasado se logre una consistencia de 500 FU.
- ✓ De la bureta del farinograph colocamos la cantidad de agua prevista en un matraz de erlenmeyer y disolvemos en el mismo 6g de sal.
- ✓ Conectar el Farinograph a 63min^{-1} revoluciones por minuto (esperar la calibración del punto cero) y premezclar la harina en el amasador y regulamos a por 1 min.

C. Pesaje y homogenización de la masa:

- ❖ Retiramos la muestra del amasador abierto.
- ❖ Pesar 150 gr de la masa extraída del amasador del farinografo
- ❖ Levantamos la cubierta superior del homogenizador y colocar la muestra para ser boleado.
- ❖ Después de 15-20 segundos el homogeneizador a bolas se desconecta automáticamente, retiramos la masa del homogeneizador a bolas y cerramos.
- ❖ Dar forma de cilindro de la muestra para ser fermentado.
 - ✓ Colocamos la bola (muestra) de masa en la guía del cilindro (ubicado en la parte superior del extensografo).

- ✓ Presionamos el botón de inicio del rodillo, para girar y moldear la masa en forma de cilindro.
- ✓ Después de una pasada la masa sale por la parte de adelante del rodillo de la masa en forma de cilindro de forma pareja y queda depositada sobre la ranura delantera.

D. Fermentación de la masa.

- ❖ una vez formada la masa en forma cilíndrica, la masa es colocada en bandeja de las cámaras del gabinete de fermentación con sus respectivas grampas.
- ❖ tomar la bandeja con la masa, colocar en el soporte de bandejas de la cámara de fermentación y volver a cerrar gabinete de fermentación.
- ❖ Calentar el extensógrafo hasta 26°C
- ❖ Llegado a la temperatura de calentamiento se da inicio a la fermentación por 30 min.
- ❖ Terminada la etapa de fermentación (controlada con el cronómetro) se procede a realizar las mediciones extensográficas.

E. Medición de parámetros extensográficos.

Se realizan 3 mediciones extensográficas a 30min, 60 min y 90 min.

a. Primera medición a 30 min.

- ❖ Abrir el e iniciar el software del pece para realizar la medición del extensograma.
- ❖ Colocar la bandeja con la masa de la muestra sobre el soporte de la bandeja de la masa del sistema de medición.
- ❖ Presionar el primero de los tres botones de inicio, para poner en marcha el condicionamiento para el dispositivo de extensión.
- ❖ observar como la palanca de extensión baja a velocidad constante y estira el tramo de masa hasta su rotura. Durante este traslado el equipo reporta automáticamente los parámetros extensográficos al PC.

- ❖ Después de la rotura de la masa el gancho de extensión baja aún más hasta su posición final inferior y desde allí regresa automáticamente hacia su punto de partida.
- ❖ retirar del soporte la bandeja con la muestra o la masa.
- ❖ Retirar las grampas de la masa, extraer toda la masa recién medida.
- ❖ Levantamos la cubierta superior del homogeneizador y colocar la muestra para ser boleado.
- ❖ Después de 15-20 segundos el homogeneizador a bolas se desconecta automáticamente, retiramos la masa del homogeneizador a bolas y cerramos.
- ❖ Realizar el mismo proceso de la homogenización (forma cilíndrica) de la muestra para ser fermentado.
- ❖ Realizar el mismo proceso de fermentación de la masa para la segunda medición.

b. Segunda medición a 60 min.

- ❖ Colocar la bandeja con la masa de la muestra sobre el soporte de la bandeja de la masa del sistema de medición.
- ❖ Presionar el primero de los tres botones de inicio, para poner en marcha el condicionamiento para el dispositivo de extensión.
- ❖ observar como la palanca de extensión baja a velocidad constante y estira el tramo de masa hasta su rotura. Durante este traslado el equipo reporta automáticamente los parámetros extensográficos al PC.
- ❖ Después de la rotura de la masa el gancho de extensión baja aún más hasta su posición final inferior y desde allí regresa automáticamente hacia su punto de partida.
- ❖ retirar del soporte la bandeja con la muestra o la masa.
- ❖ Retirar las grampas de la masa, extraer toda la masa recién medida.
- ❖ Levantamos la cubierta superior del homogeneizador y colocar la muestra para ser boleado.
- ❖ Después de 15-20 segundos el homogeneizador a bolas se desconecta automáticamente, retiramos la masa del homogeneizador a bolas y cerramos.

- ❖ Realizar el mismo proceso de homogenización (forma cilíndrica) de la muestra para ser fermentado.
- ❖ Realizar el mismo proceso de fermentación de la masa para la tercera medición.

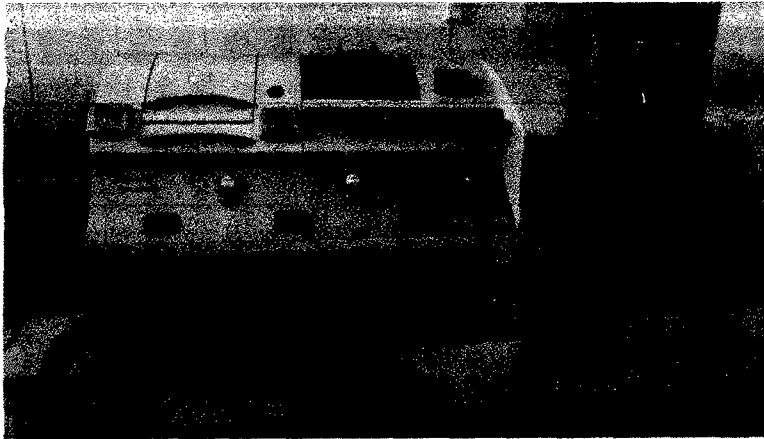
c. Tercera medición a 90min.

Realizar el mismo procedimiento de la segunda fermentación para realizar la última fermentación.

F. Parámetros de la evaluación.

A partir del extensograma se desprenden y evalúan los siguientes valores:

- ✓ Energía.
- ✓ Resistencia al estiramiento
- ✓ Elasticidad
- ✓ Máximo
- ✓ Relación de tensión
- ✓ Relación de tensión máximo



extensografo

ANEXO C. CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA MEDIANTE EL USO DEL EQUIPO AMILOGRAFO.

Brabender® Amylograph

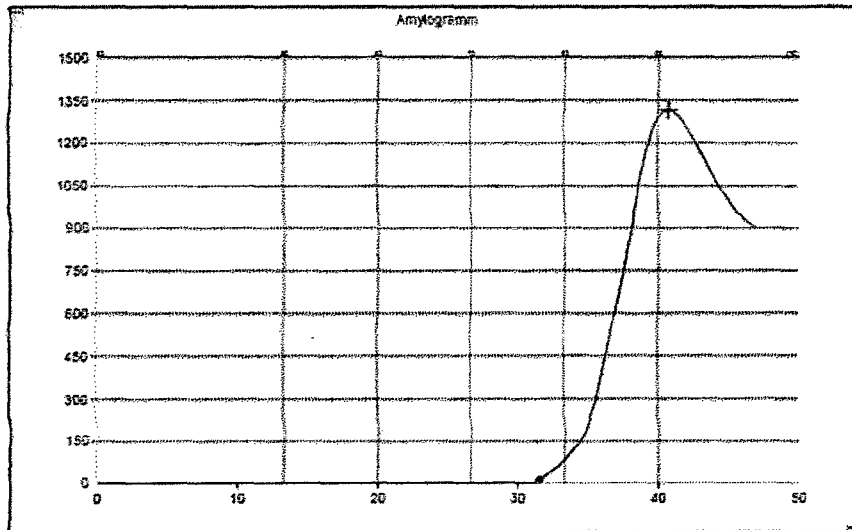
Brabender

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: harina trigo, harina integral
Date: 03/04/2014 08:01
Operator: Ing. John Gonzaes
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 14.4 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (80.4 g / 449.8 ml)

Begin of gelatinization: 77.4 °C
Gelatinization temperature: 91.1 °C
Gelatinization maximum: 1317 AU

Remarks: PATRON



Brabender® Amylograph

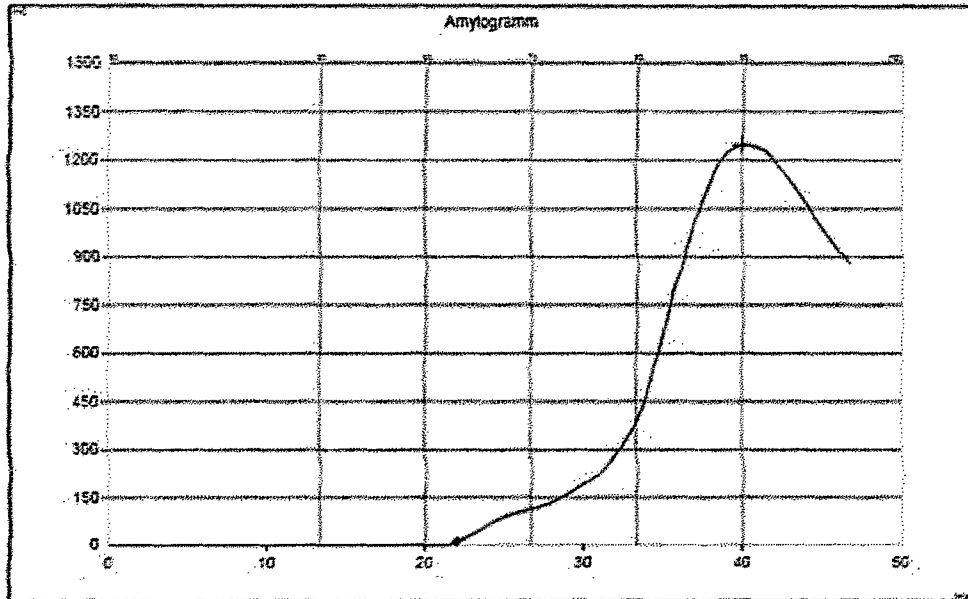
Brabender®

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: harina trigo, h. cebada, harina integral
Date: 08/04/2014 10:22
Operator: Ing. John Gonzales
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 13.7 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (78.7 g / 450.3 ml)

Begin of gelatinization: 63.0 °C
Gelatinization temperature: 89.9 °C
Gelatinization maximum: 1248 AU

Remarks: tratamiento 1



Test: noname

Brabender® Amylograph

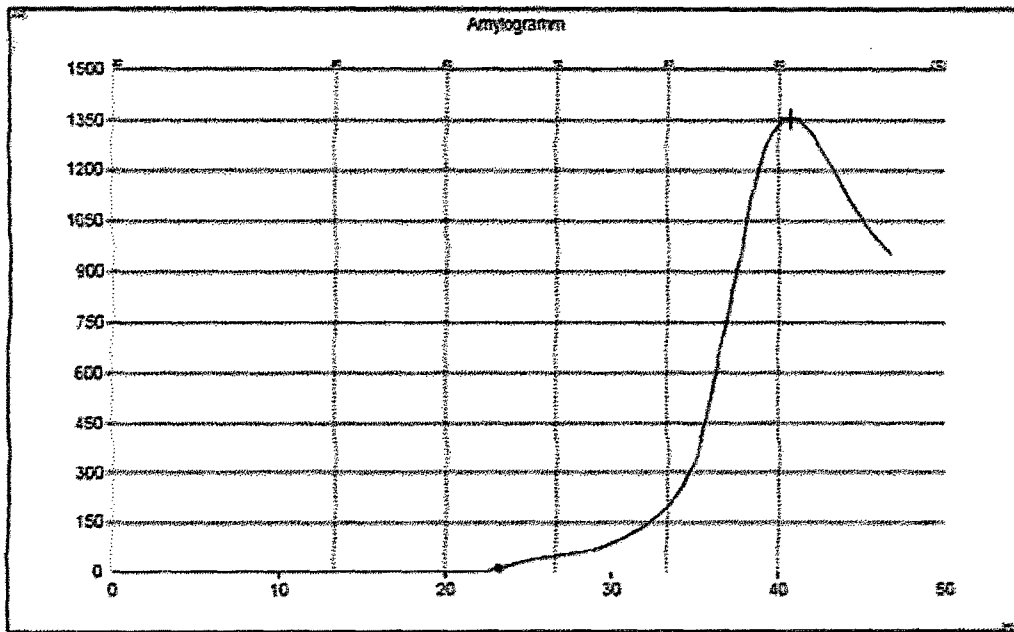
brabender

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: harina trigo, h. integral T2
Date: 10/04/2014 07:55
Operator: ing. John Gonzales
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 13.9 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (79.9 g / 450.1 ml)

Begin of gelatinization: 64.9 °C
Gelatinization temperature: 91.0 °C
Gelatinization maximum: 1354 AU

Remarks: tratamiento 2



Test: noname

Brabender® Amylograph

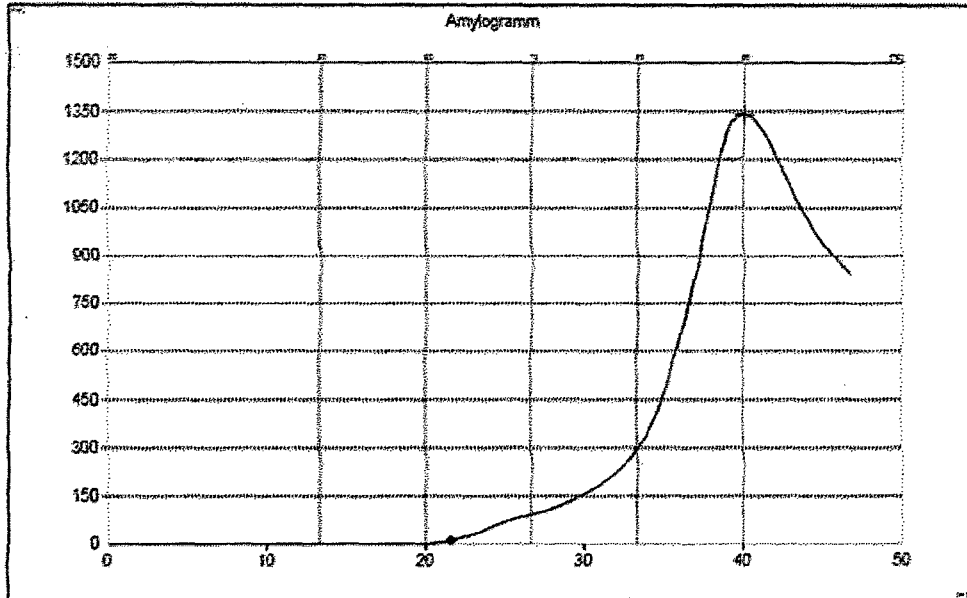
Brabender

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: h. trigo, h. cebada, h. arveja, h. integral
Date: 08/04/2014 12:12
Operator: ing. John Gonzales
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 14.2 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (80.2 g / 449.8 ml)

Begin of gelatinization: 62.4 °C
Gelatinization temperature: 90.0 °C
Gelatinization maximum: 1341 AU

Remarks: tratamiento 3



Brabender® Amylograph

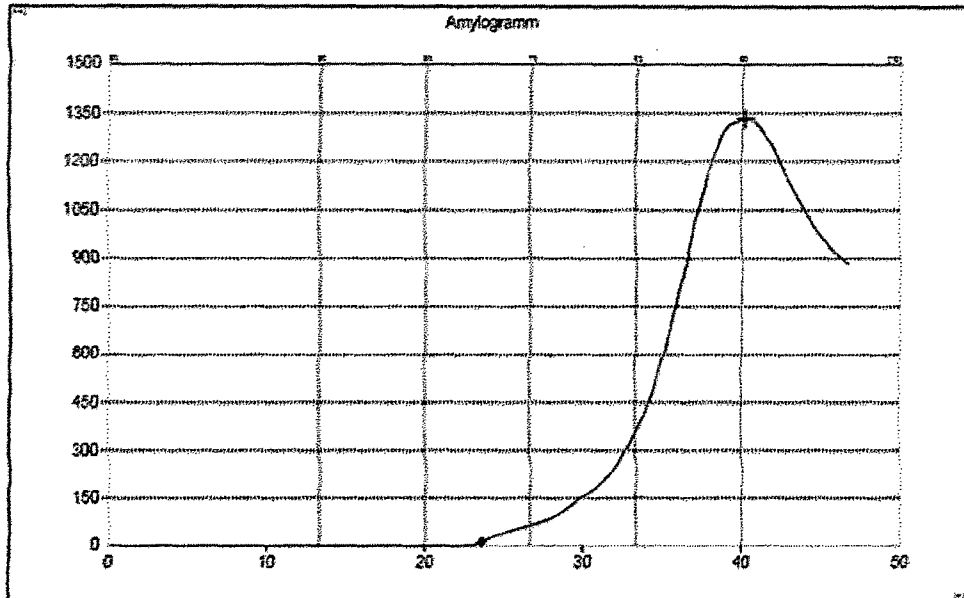
Brabender

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: h. trigo, h. integral, h. arverja
Date: 09/04/2014 08:10
Operator: ing. John Gonzales
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 15.1 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (81.0 g / 449.0 ml)

Begin of gelatinization: 85.4 °C
Gelatinization temperature: 90.3 °C
Gelatinization maximum: 1332 AU

Remarks: tratamiento 4



Brabender® Amylograph

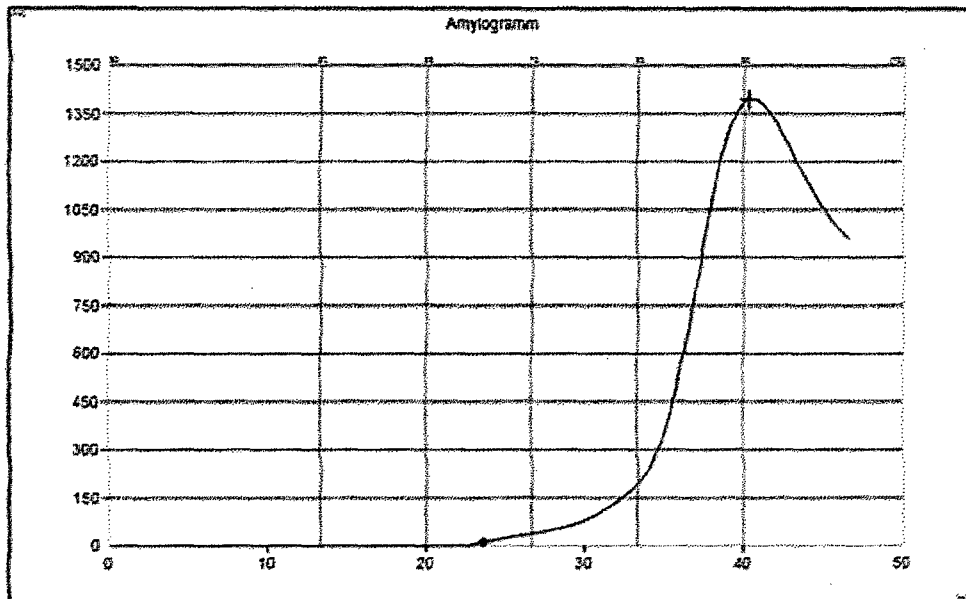
Brabender®

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: harina trigo, h. integral h. arverja
Date: 10/04/2014 10:50
Operator: ing. John Gonzales
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 12.7 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (78.8 g / 451.2 ml)

Begin of gelatinization: 65.4 °C
Gelatinization temperature: 90.5 °C
Gelatinization maximum: 1294 AU

Remarks: tratamiento 5



Test: noname

Brabender® Amylograph

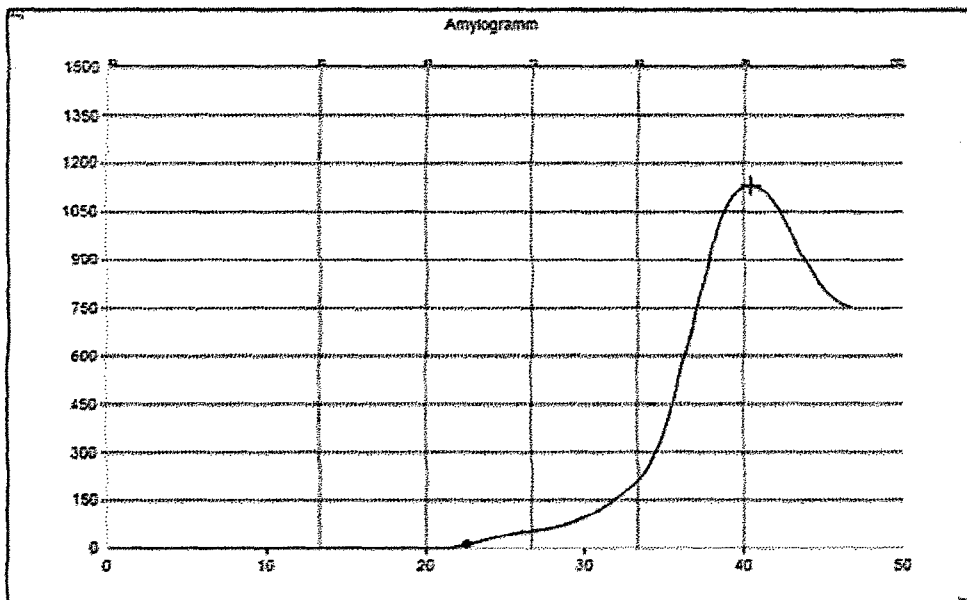
Brabender

Flour - Amylogram (80.0 g / 450.0 ml)
Evaluation of sample: harina trigo, h. integral, h. cebada
Date: 10/04/2014 08:28
Operator: Ing. John Gonzales
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 13.9 %
Sample weight corr. to 14.0 % : (78.9 g / 450.1 ml)

Begin of gelatinization: 63.9 °C
Gelatinization temperature: 80.8 °C
Gelatinization maximum: 1132 AU

Remarks: tratamiento 6



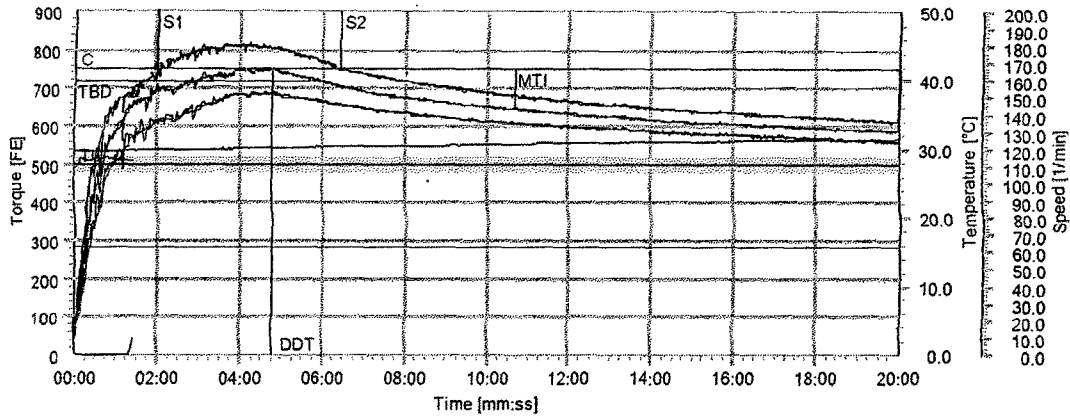
Test name

ANEXO D. CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA MEDIANTE EL USO DEL EQUIPO FARINOGRAFO.

Brabender

Farinograph® 2010

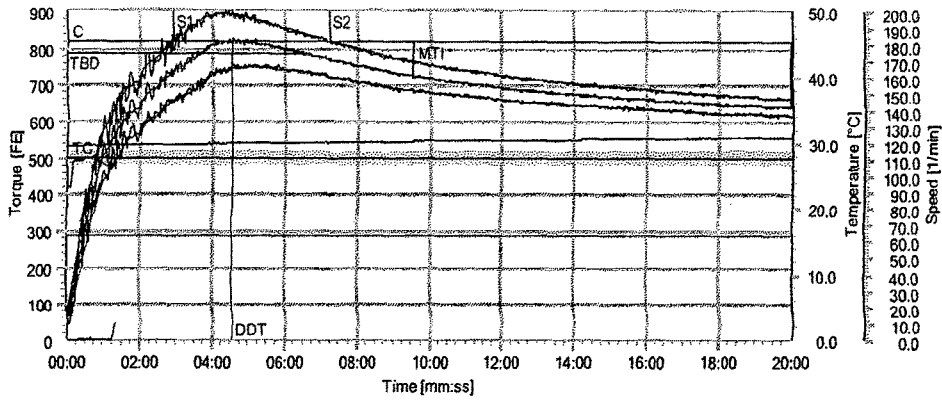
Order:	Date:	4/16/2013 11:56:32 AM	
Code number:	tratamiento 1	User:	ing john
Sample:	tratamiento 1	Speed:	63.0 1/min
Method:	AACC 300	Measuring time:	20:00 mm:ss
Evaluation:	AACC	Mixer info:	1925864
Mixer:	300 g	Default moisture content:	14.0 %
Sample weight:	301.4 g	Default consistency:	500 FE
Moisture content:	14.4 %	Min. consistency range:	480 FE
WA (given):	56.0 %	Max. consistency range:	520 FE
Additional liquid:	0.0 %	Remarks:	primer ensayo



— Premixing	— Dosing temperature	— Mean value
— Mean (smoothed)	— Minimum	— Min. (smoothed)
— Maximum	— Max. (smoothed)	— Mixer temperature
— Stock temperature	— Circulator temperature	— Speed

Evaluation			
Point	Unit	Value	Description
T	mm:ss	20:00	Measuring time
DT	°C	28.4	Dosing temperature
DDT	mm:ss	04:45	Development time
C	FE	748	Consistency
WZ	%	56.0	Water absorption
WAC	%	82.2	Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	81.9	Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	05:14	Stability
MTI	FE	98	Tolerance index (MTI)
FQN	mm	59	Farinograph quality number
D	FE	162	Drop-off
TBD	mm:ss	05:55	Time to breakdown

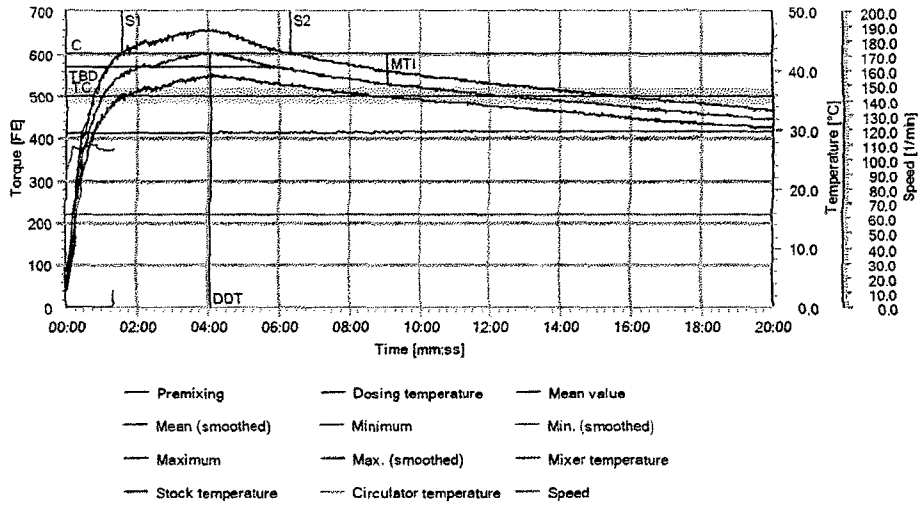
Order:		Date:	4/10/2014 8:04:46 AM	
Code number:	Tratamiento 2	User:	Ing John Gonzales	
Sample:	harina trigo, h integral T2	Speed:	63.0	1/ min
Method:	AACC 300	Measuring time:	20:00	mm:ss
Evaluation:	AACC	Mixer info:	1925864	
Mixer:	300 g	Default moisture content:	14.0	%
Sample weight:	299.7	Default consistency:	500	FE
Moisture content:	13.9	Min. consistency range:	480	FE
WA (given):	58.0	Max. consistency range:	520	FE
Additional liquid:	0.0			
Remarks:	primer ensayo			



— Premixing	— Dosing temperature	— Mean value
— Mean (smoothed)	— Minimum	— Min. (smoothed)
— Maximum	— Max. (smoothed)	— Mixer temperature

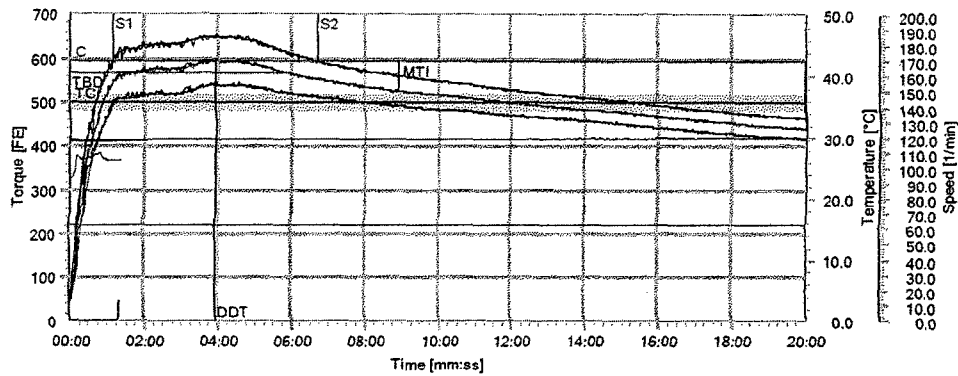
Evaluation			
Point	Unit	Value	Description
T	mm:ss	20:00	Measuring time
DT	°C	26.7	Dosing temperature
DDT	mm:ss	04:34	Development time
C	FE	819	Consistency
WZ	%	55.6	Water absorption
WAC	%	63.6	Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	63.5	Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	04:18	Stability
MTI	FE	98	Tolerance index (MTI)
EQN	mm	64	Farinograph quality number
D	FE	182	Drop-off
TBD	mm:ss	06:25	Time to breakdown

Order:		Date:	4/16/2013 8:33:04 AM
Code number:	tratamiento 3	User:	ing john
Sample:	tratamiento 3		
Method:	AACC 300	Speed:	63.0 1/min
Evaluation:	AACC	Measuring time:	20:00 mm:ss
Mixer:	300 g	Mixer info:	1925864
Sample weight:	300.3 g	Default moisture content:	14.0 %
Moisture content:	14.1 %	Default consistency:	500 FE
WA (given):	56.0 %	Min. consistency range:	480 FE
Additional liquid:	0.0 %	Max. consistency range:	520 FE
Remarks:	primer ensayo		



Point	Unit	Value	Evaluation	
				Description
T	mm:ss	20:00		Measuring time
DT	°C	26.7		Dosing temperature
DDT	mm:ss	04:04		Development time
C	FE	602		Consistency
WZ	%	56.0		Water absorption
WAC	%	58.6		Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	58.7		Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	04:46		Stability
MTI	FE	73		Tolerance index (MTI)
FQN	mm	58		Farinograph quality number
D	FE	155		Drop-off
TBD	mm:ss	05:47		Time to breakdown

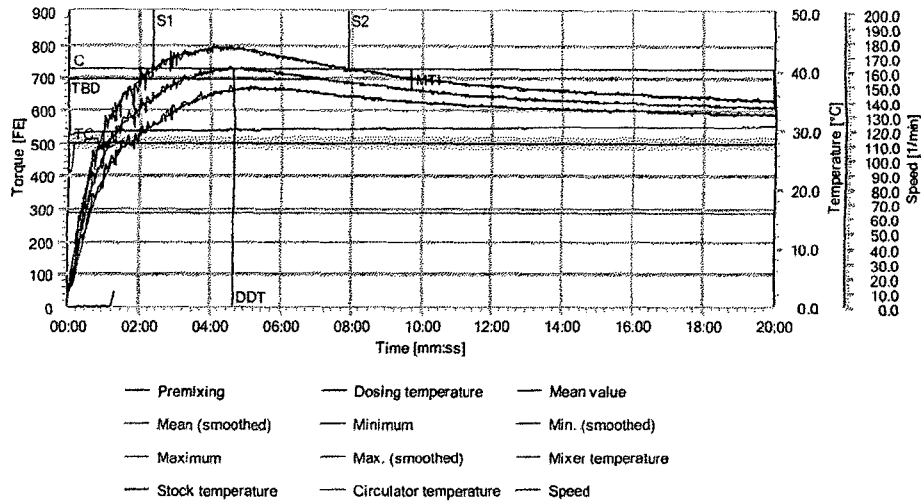
Order:	Tratamiento 4	Date:	4/13/2014 10:56:33 AM
Code number:	Tratamiento 4	User:	Ing John Gonzales
Sample:	harina trigo, zapallo y quinua		
Method:	AACC 300	Speed:	63.0 1/min
Evaluation:	AACC	Measuring time:	20:00 mm:ss
Mixer:	300 g	Mixer info:	1925864
Sample weight:	299.0 g	Default moisture content:	14.0 %
Moisture content:	13.7 %	Default consistency:	500 FE
WA (given):	56.0 %	Min. consistency range:	480 FE
Additional liquid:	0.0 %	Max. consistency range:	520 FE
Remarks:	primer ensayo		



- Premixing
- Dosing temperature
- Mean value
- Mean (smoothed)
- Minimum
- Min. (smoothed)
- Maximum
- Max. (smoothed)
- Mixer temperature
- Stock temperature
- Circulator temperature
- Speed

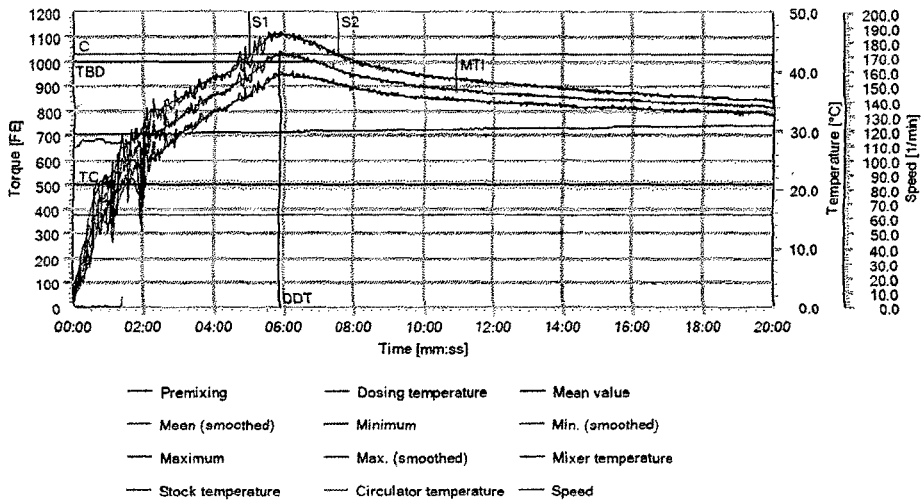
			Evaluation	
Point	Unit	Value		Description
T	mm:ss	20:00	Measuring time	
DT	°C	26.4	Dosing temperature	
DDT	mm:ss	03:55	Development time	
C	FE	595	Consistency	
WZ	%	56.0	Water absorption	
WAC	%	58.4	Water absorption corr. for default consistency	
WAM	%	58.3	Water absorption corr. for default moisture content	
S	mm:ss	05:32	Stability	
MTI	FE	68	Tolerance index (MTI)	
FQN	mm	60	Farinograph quality number	
D	FE	156	Drop-off	
TBD	mm:ss	05:00	Time to breakdown	

Order:		Date:	4/ 14/ 2014 8:41:44 AM
Code number:	Tratamiento 5	User:	Ing John Gonzales
Sample:	harina trigo, h integral T 5		
Method:	AACC 300	Speed:	63.0 1/min
Evaluation:	AACC	Measuring time:	20:00 mm:ss
Mixer:	300 g	Mixer info:	1925864
Sample weight:	299.3 g	Default moisture content:	14.0 %
Moisture content:	13.8 %	Default consistency:	500 FE
WA (given):	56.0 %	Min. consistency range:	480 FE
Additional liquid:	0.0 %	Max. consistency range:	520 FE
Remarks:	primer ensayo		



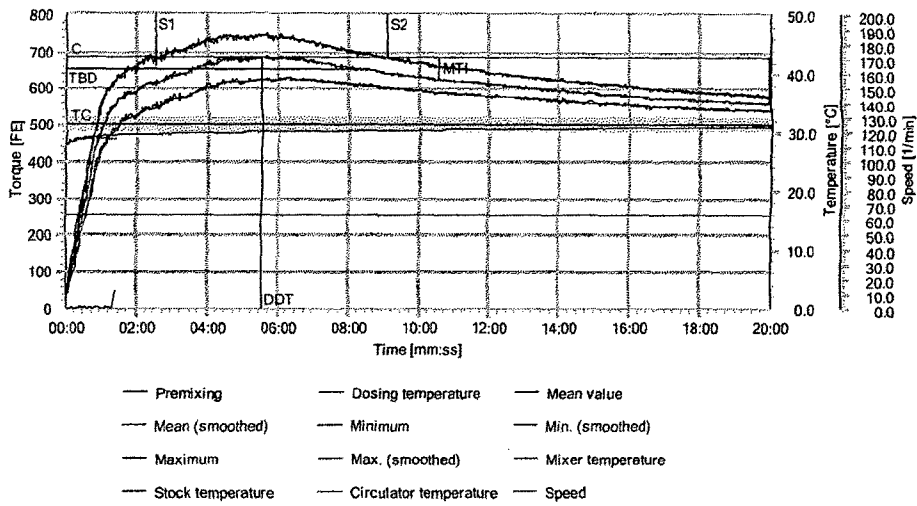
Evaluation			
Point	Unit	Value	Description
T	mm:ss	20:00	Measuring time
DT	°C	27.2	Dosing temperature
DDT	mm:ss	04:42	Development time
C	FE	725	Consistency
WZ	%	55.7	Water absorption
WAC	%	61.3	Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	61.1	Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	05:31	Stability
MTI	FE	63	Tolerance index (MTI)
FCN	mm	72	Farinograph quality number
D	FE	120	Drop-off
TBD	mm:ss	07:11	Time to breakdown

Order:		Date:	4/14/2014 7:53:51 AM	
Code number:	Tratamiento 6	User:	Ing John Gonzales	
Sample:	harina trigo, h integral T6			
Method:	AACC 300	Speed:	63.0	1/min
Evaluation:	AACC	Measuring time:	20:00	mm:ss
Mixer:	300 g	Mixer info:	1925864	
Sample weight:	295.9 g	Default moisture content:	14.0	%
Moisture content:	12.8 %	Default consistency:	500	FE
WA (given):	56.0 %	Min. consistency range:	480	FE
Additional liquid:	0.0 %	Max. consistency range:	520	FE
Remarks:	primer ensayo			



Evaluation			
Point	Unit	Value	Description
T	mm:ss	20:00	Measuring time
DT	°C	28.1	Dosing temperature
DDT	mm:ss	05:54	Development time
C	FE	1031	Consistency
WZ	%	55.6	Water absorption
WAC	%	68.9	Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	67.5	Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	02:33	Stability
MTI	FE	143	Tolerance index (MTI)
FQN	mm	69	Farinograph quality number
D	FE	221	Drop-off
TBD	mm:ss	06:54	Time to breakdown

Order:		Date:	4/8/2014 10:49:49 AM	
Code number:	PATRON	User:	Ing John Gonzales	
Sample:	harina trigo, harina integral			
Method:	AACC 300	Speed:	63.0	1/min
Evaluation:	AACC	Measuring time:	20:00	mm:ss
Mixer:	300 g	Mixer info:	1925864	
Sample weight:	301.4	Default moisture content:	14.0	%
Moisture content:	14.4	Default consistency:	500	FE
WA (given):	56.0	Min. consistency range:	480	FE
Additional liquid:	0.0	Max. consistency range:	520	FE
Remarks:	primer ensayo			



Evaluation			
Point	Unit	Value	Description
T	mm:ss	20:00	Measuring time
DT	°C	28.9	Dosing temperature
DDT	mm:ss	05:34	Development time
C	FE	583	Consistency
WZ	%	55.6	Water absorption
WAC	%	50.2	Water absorption corr. for default consistency
WAM	%	50.7	Water absorption corr. for default moisture content
S	mm:ss	06:36	Stability
MTI	FE	58	Tolerance index (MTI)
FGN	mm	83	Farinograph quality number
D	FE	126	Drop-off
TBD	mm:ss	08:18	Time to breakdown

ANEXO E. CARACTERIZACIÓN DE LA MEZCLA MEDIANTE EL USO DEL EQUIPO EXTENSOGRAFO.

Brabender

Brabender® Extensograph

Evaluation of sample: harina de trigo, h cebada, h arveja y h. integral
 Date: 17/04/2014
 Operator: ing. john gonzales

Test after 30/60/90 Minutes

Waterabsorption: 56.0 %

Proving Time [min]: 30 60 90

Energy [cm²]: 103 98 113

Resistance to Extension [BU]: 771 614 1016

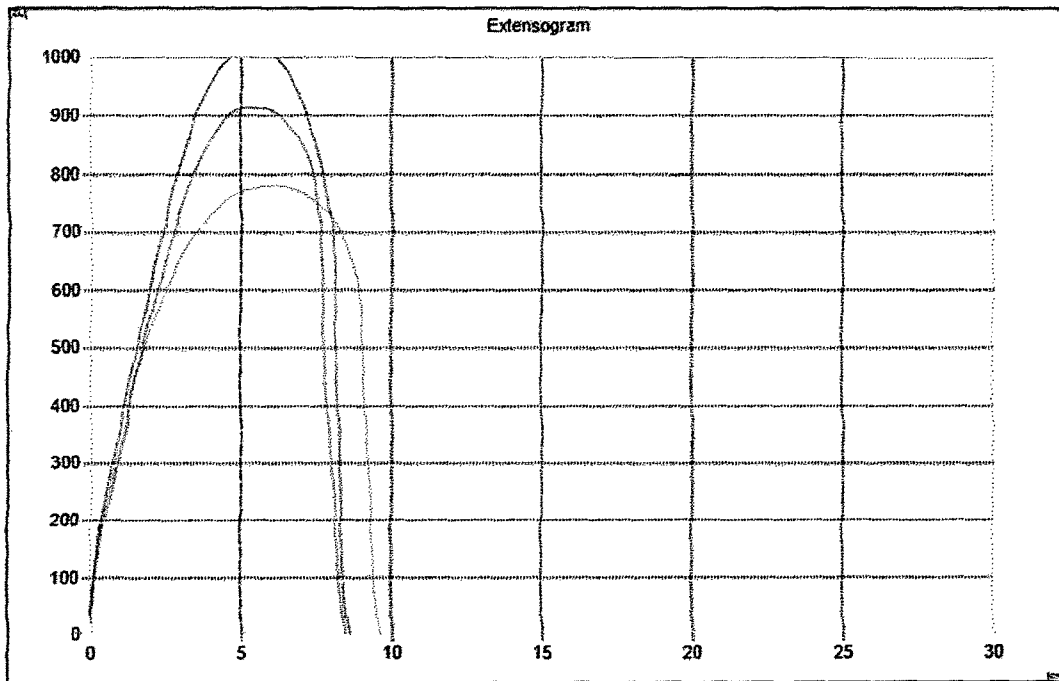
Extensibility [mm]: 96 71 86

Maximum [BU]: 781 916 1021

Ratio Number: 8.0 8.6 11.8

Ratio Number (Max.): 8.1 12.9 11.9

Remarks: tratamiento 1



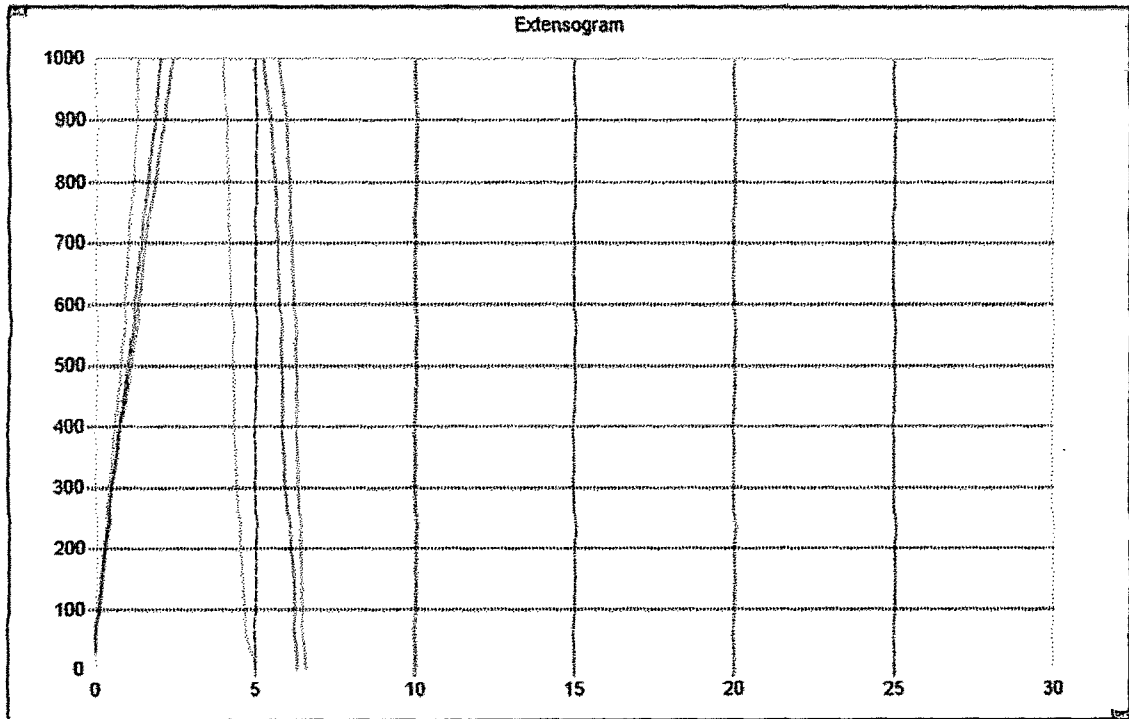
Brabender® Extensograph

Evaluation of sample: *harina de trigo, h. integral muestra 2*
 Date: 15/04/2014
 Operator: ing. john gonzales

Test after 30/60/90 Minutes
 Waterabsorption: 56.0 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm ²]:	89	100	100
Resistance to Extension [BU]:	27	1159	1087
Extensibility [mm]:	50	76	63
Maximum [BU]:	1638	1237	1358
Ratio Number:	0.5	15.3	17.2
Ratio Number (Max.):	32.9	16.3	21.5

Remarks: *harina de trigo, h. integral muestra 2*



Brabender

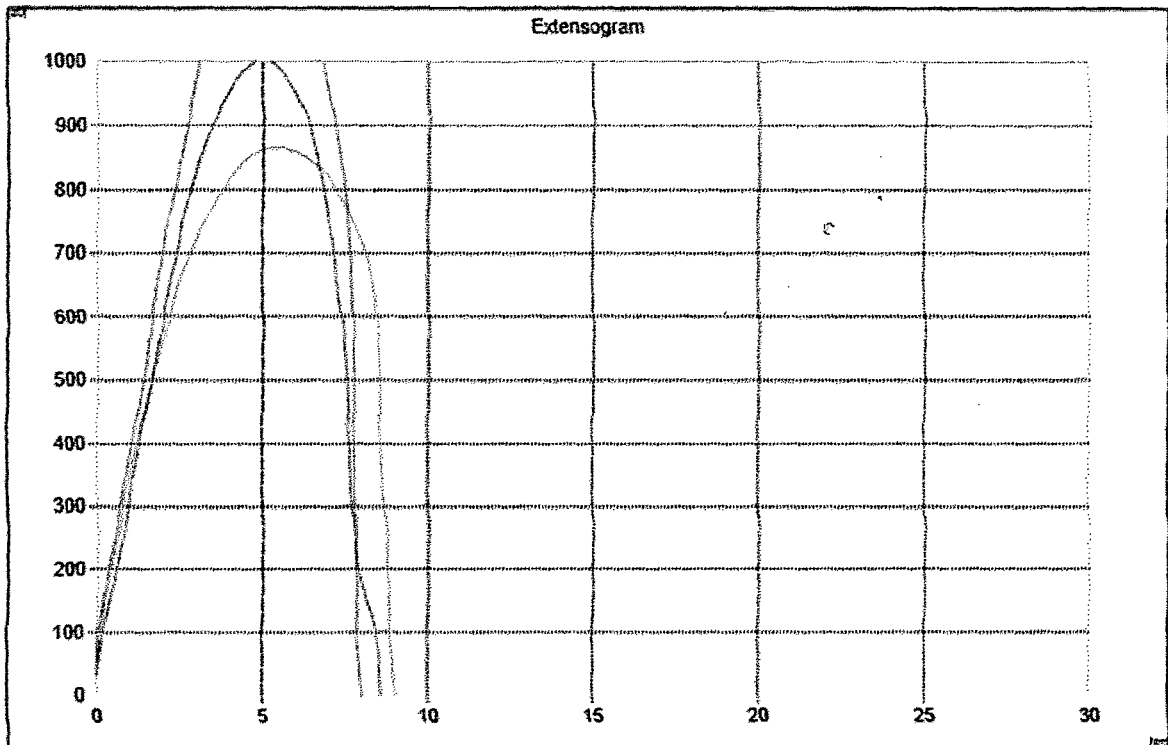
Brabender® Extensograph

Evaluation of sample: h. trigo,h. cebada, h arveja muestra 3
Date: 17/04/2014
Operator: Ing. john gonzales

Test after 30/60/90 Minutes
Waterabsorption: 56.0 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm ²]:	104	122	100
Resistance to Extension [BU]:	863	1234	1010
Extensibility [mm]:	90	80	86
Maximum [BU]:	866	1236	1012
Ratio Number:	9.6	15.4	11.7
Ratio Number (Max.):	9.6	15.5	11.8

Remarks: muestra 3

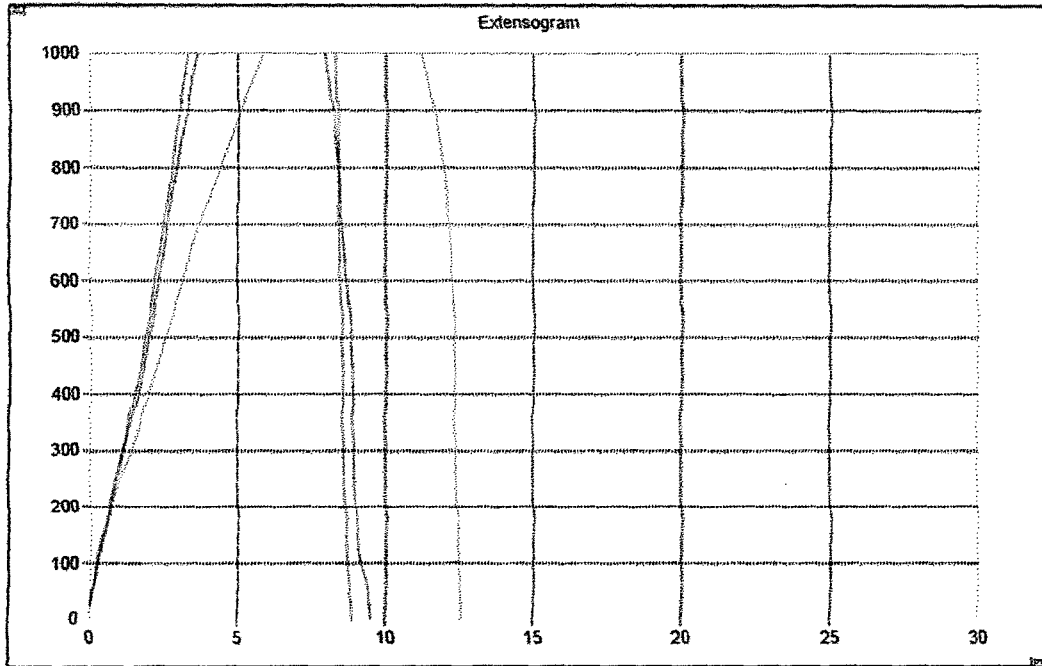


Evaluation of sample: h. trigo, h.cebada, h.aveja muestra 4
 Date: 17/04/2014
 Operator: john

Test after 30/60/90 Minutes
 Waterabsorption: 56.0 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm ²]:	183	160	140
Resistance to Extension [BU]:	897	1560	1283
Extensibility [mm]:	126	89	96
Maximum [BU]:	1197	1638	1354
Ratio Number:	7.1	17.5	13.4
Ratio Number (Max.):	9.5	18.4	14.1

Remarks: h. trigo, h.cebada, h.aveja muestra 4



Brabender

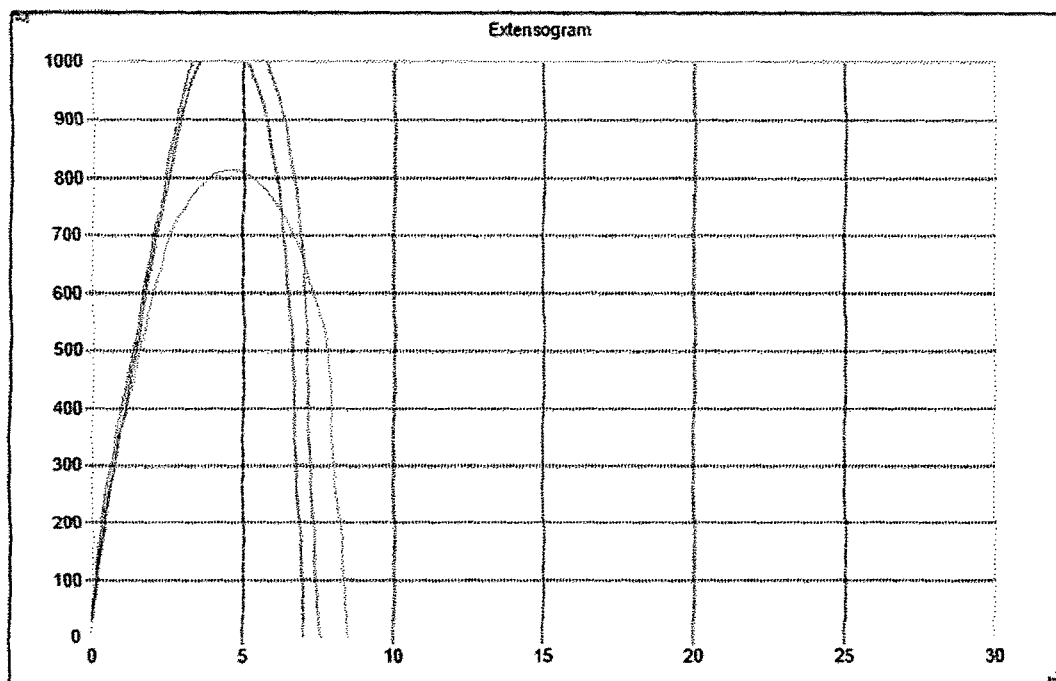
Brabender® Extensograph

Evaluation of sample: harina de trigo, h. integral muestra 5
Date: 16/04/2014
Operator: ing. john gonzales

Test after 30/60/90 Minutes
Waterabsorption: 56.0 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm ²]:	91	103	89
Resistance to Extension [BU]:	807	1090	1009
Extensibility [mm]:	85	76	70
Maximum [BU]:	814	1109	1039
Ratio Number:	9.5	14.3	14.3
Ratio Number (Max.):	9.5	14.6	14.8

Remarks: harina de trigo, h. integral muestra 5



Brabender

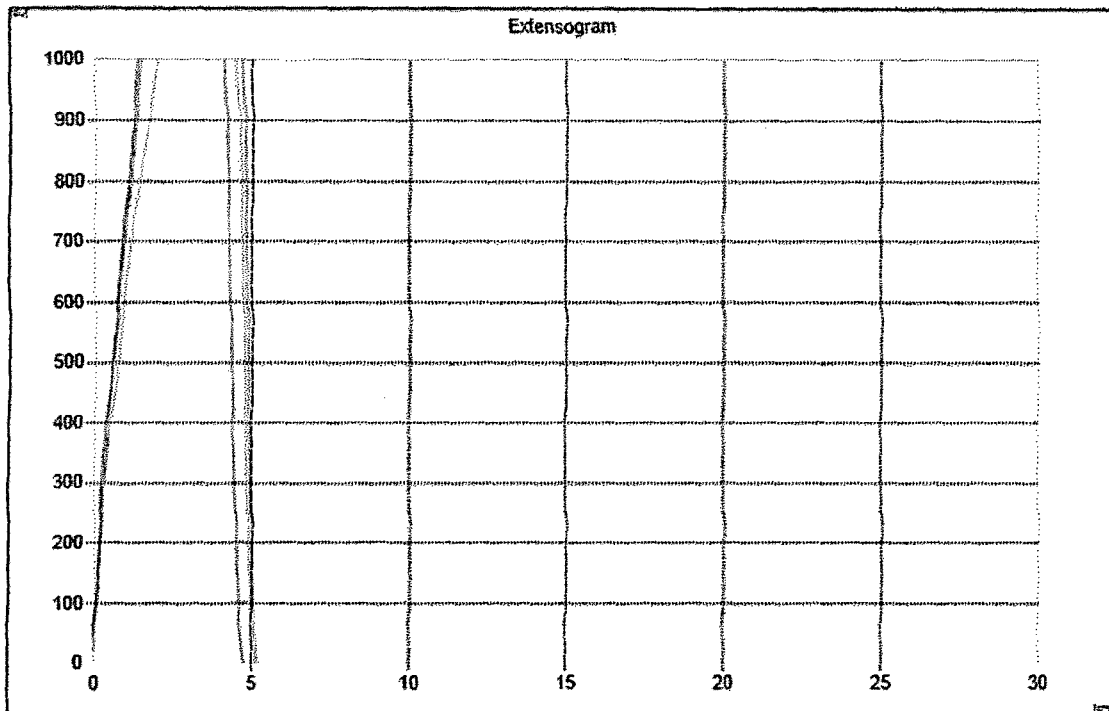
Brabender® Extensograph

Evaluation of sample: harina de trigo, h. integral muestra 5
Date: 16/04/2014
Operator: Ing. John Gonzales

Test after 30/60/90 Minutes
Waterabsorption: 56.0 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm ²]:	77	98	86
Resistance to Extension [BU]:	33	102	48
Extensibility [mm]:	51	52	48
Maximum [BU]:	1231	1038	1638
Ratio Number:	0.6	2.0	1.0
Ratio Number (Max.):	24.0	20.0	34.4

Remarks: harina de trigo, h. integral muestra 6



Brabender

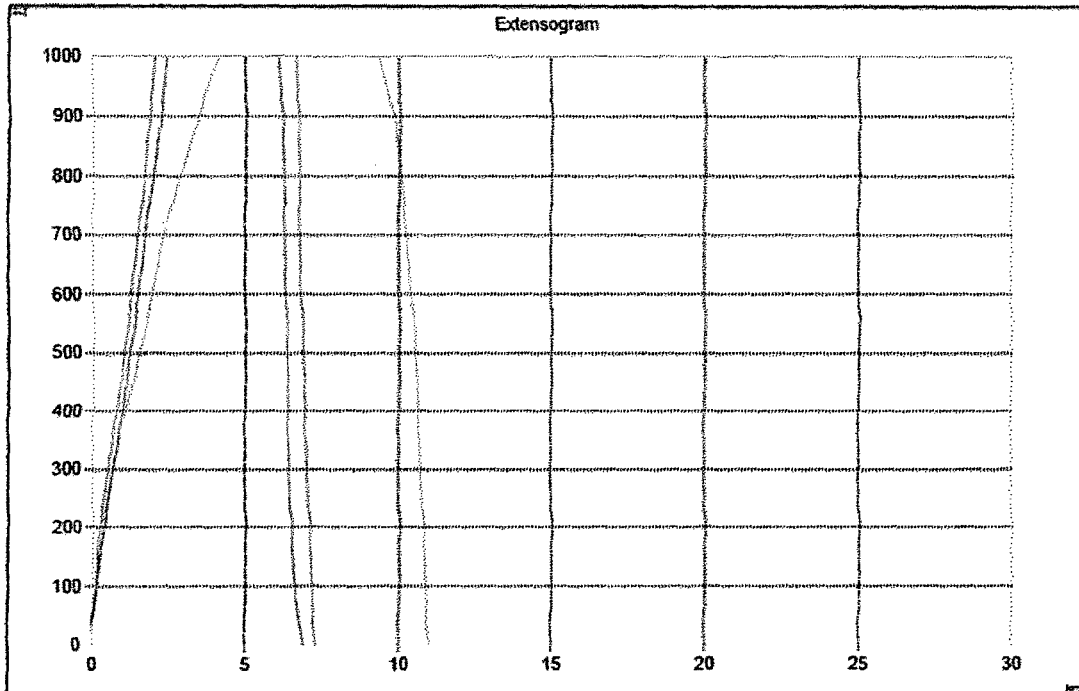
Brabender® Extensograph

Evaluation of sample: harina de trigo, h. integral patron
Date: 15/04/2014
Operator: ing. john gonzales

Test after 30/60/90 Minutes
Waterabsorption: 56.0 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm ²]:	166	147	115
Resistance to Extension [BU]:	1084	1638	1496
Extensibility [mm]:	110	73	69
Maximum [BU]:	1166	1638	1511
Ratio Number:	9.8	22.4	21.7
Ratio Number (Max.):	10.6	22.4	21.9

Remarks: harina de trigo, h. integral patron



**ANEXO F. RESULTADOS DE LA EVALUACION QUIMICO PROXIMAL
DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL.**

**ANEXO F- 1. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS DEL PAN DE MOLDE
INTEGRAL.**



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS
BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES.

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO-PRODUCE.

Pag. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 0692-14

SOLICITADO POR	: LOPEZ PEREZ HEBERTH
DIRECCIÓN	: Nvo. Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO	: ABAJO INDICADO
CANTIDAD DE MUESTRAS	: 08muestras x 50 g c/u.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Bolsa de polietileno transparente cerrado.
FECHA DE PRESENTACIÓN	: 2014-05-06.
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2014-05-06.
FECHA DE TERMINADO EL ENSAYO	: 2014-05-06.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio fisicoquímico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 000811-14

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	Proteínas (%) factor
T3	8.25
T4	8.22
T5	9.40
T6	9.56
T7	8.78

METODOLOGÍA EMPLEADA

Fibra : UNE- EN ISO 5983-2 parte 2 Dic 2006

NOTA:

- Muestra recepcionada en laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden solo a las muestras ensayadas.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la identidad que lo produce.

Fecha de emisión: Nvo Chimbote, mayo 06 del 2014
DVM/jms

Denis M. Vargas Yeez
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C

LC-CM-HRIE
Rev 03
Fecha 2012-07-27

PROHIBIDO DE LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C

Urb. Buenos aires Mz A- Lt 7 I Etapa – Nvo Chimbote – telefax 043-310752
Nextel 839*2893- RPM # 902995- apartado 127
e-mail : colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
web : www.colecbi.com

ANEXO F- 2. DETERMINACIÓN DE FIBRA DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL.



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS
BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES.

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO-PRODUCE.

Pag. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N° 0728-14

SOLICITADO POR	: LOPEZ PEREZ HEBERTH
DIRECCIÓN	: Nvo. Chimbote.
PRODUCTO DECLARO	: ABAJO INDICADO
CANTIDAD DE MUESTRAS	: 04muestras x 50 g c/lt.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Bolsa de polietileno transparente cerrado.
FECHA DE PRESENTACIÓN	: 2014-05-06.
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2014-05-06.
FECHA DE TERMINADO EL ENSAYO	: 2014-05-06.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio fisicoquímico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 000823-14

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
	Fibra (%)
T3	1.89
T4	2.30
T5	2.62
T7	1.8

METODOLOGÍA EMPLEADA

Fibra : NMX-F- 090-1978

NOTA:

- Muestra recepcionada en laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden solo a las muestras ensayadas.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la identidad que lo produce.

Fecha de emisión: Nvo Chimbote, mayo 06 del 2014

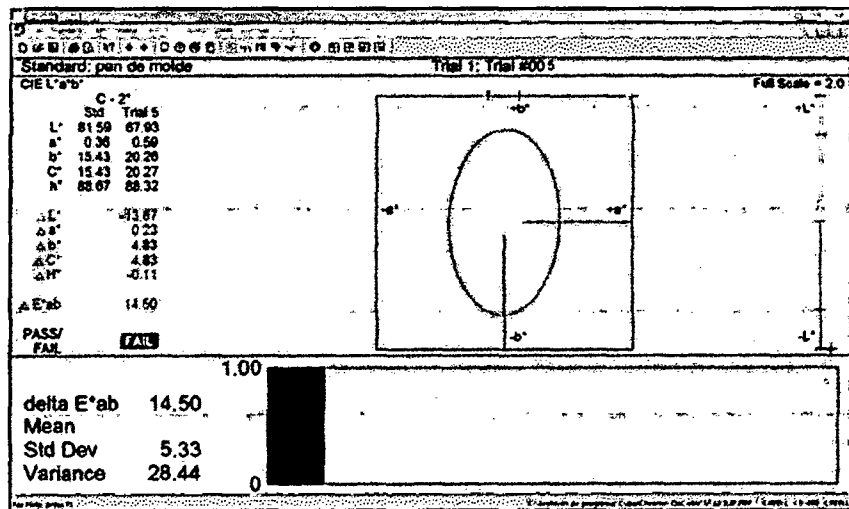
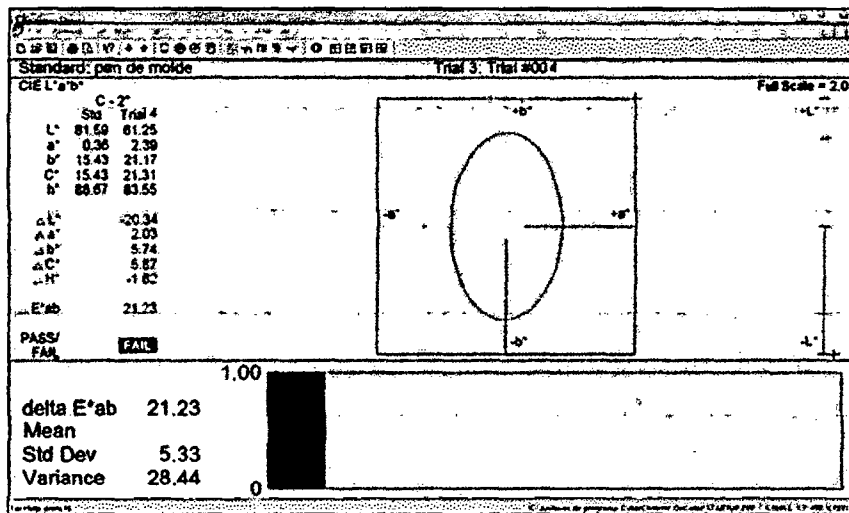
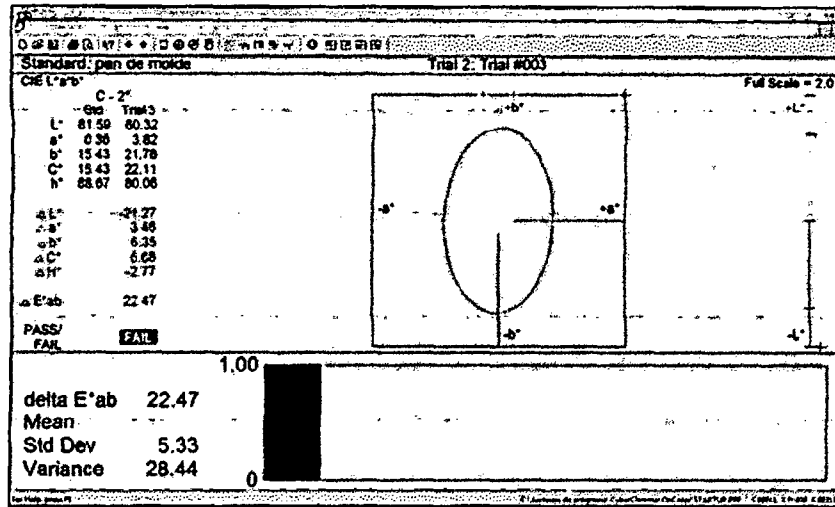
DVV/jms

LC-CM-HRIE
Rev 03
Fecha 2012-07-27

PROHIBIDO DE LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C

Urb. Buenos aires Mz A- Lt 7 I Etapa - Nvo Chimbote - telefax 043-310752
Nextel 839*2893- RPM # 902995- apartado 127
e-mail : colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
web : www.colecbi.com

ANEXO G. COLORIMETRÍA DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL.



ANEXO H. EVALUACIÓN SENSORIAL.
ANEXO H- 1. HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL.

Evaluador N°: _____ Fecha: ____/____/____

Coloca un aspa en la evaluación que se merece cada muestra analizada en cada una de sus características.

CARACTERÍSTICAS	ALTERNATIVAS	PUNTO	CODIGO			
			123	657	546	956
APARIENCIA	Muy mala	1				
	Mala	2				
	Regular	3				
	Buena	4				
	Muy buena	5				
Color	Desagrada mucho	1				
	Desagrada poco	2				
	No agrada ni desagrada	3				
	Agrada poco	4				
	Agrada mucho	5				
SABOR	Muy mala	1				
	Mala	2				
	Regular	3				
	Buena	4				
	Muy buena	5				
TEXTURA	Dura	1				
	Ligeramente dura	2				
	Ni dura ni suave	3				
	Suave	4				
	Muy suave	5				
ACEPTABILIDAD EN GENERAL	Desagrada mucho	1				
	Desagrada poco	2				
	No agrada ni desagrada	3				
	Agrada poco	4				
	Agrada mucho	5				

Su comentario: _____

**ANEXO H- 2. CONTEO DE PERSONAS PARA ANÁLISIS
FÍSICO SENSORIAL DEL PAN DEL MOLDE INTEGRAL.**

ATRIBUTO	ALTERNATIVAS	PANELISTAS POR			
		T3	T4	T5	T7
APARIENCIA	muy mala	0	0	0	0
	mala	2	3	1	0
	regular	14	8	13	4
	buena	18	21	24	10
	muy buena	6	8	2	26
	TOTAL DE	40	40	40	40
COLOR	desagrada mucho	0	0	0	0
	desagrada poco	4	4	1	0
	no agrada ni desagrada	22	19	13	15
	agrada poco	10	15	26	21
	agrada mucho	4	2	0	4
	TOTAL DE	40	40	40	40
SABOR	muy mala	0	0	0	0
	mala	1	0	3	0
	regular	31	12	18	6
	buena	8	28	19	17
	muy buena	0	0		17
	TOTAL DE	40	40	40	40
TEXTURA	dura	0	0	0	0
	ligeramente dura	2	0	0	0
	ni dura ni suave	13	14	14	13
	suave	17	17	21	19
	muy suave	8	9	5	8
	TOTAL DE	40	40	40	40
ACEPTABILIDAD EN GENERAL	desagrada mucho	0	0	0	0
	desagrada poco	2	4	1	0
	no agrada ni desagrada	14	10	19	13
	agrada poco	16	18	20	16
	agrada mucho	8	8	0	11
	TOTAL DE	40	40	40	40

ANEXO H- 3. PUNTAJE DE TRATAMIENTO PARA CADA ALTERNANIVA.

ATRIBUTO	ALTERNATIVAS	PANELISTAS POR			
		T3	T4	T5	T7
APARIENCIA	muy mala	0	0	0	0
	mala	4	6	2	0
	regular	42	24	39	12
	buena	72	84	96	40
	muy buena	30	40	10	130
	TOTAL DE PUNTAJE	148	154	147	182
COLOR	desagrada mucho	0	0	0	0
	desagrada poco	8	8	2	0
	no agrada ni desagrada	66	57	39	45
	agrada poco	40	60	104	84
	agrada mucho	20	10	0	20
	TOTAL DE PUNTAJE	134	135	145	149
SABOR	muy mala	0	0	0	0
	mala	2	0	6	0
	regular	93	36	54	18
	buena	32	112	76	68
	muy buena	0	0	0	85
	TOTAL DE PUNTAJE	127	148	136	171
TEXTURA	dura	0	0	0	0
	ligeramente dura	4	0	0	0
	ni dura ni suave	39	42	42	39
	suave	68	68	84	76
	muy suave	40	45	25	40
	TOTAL DE PUNTAJE	151	155	151	155
ACEPTABILIDAD EN GENERAL	desagrada mucho	0	0	0	0
	desagrada poco	4	8	2	0
	no agrada ni desagrada	42	30	57	39
	agrada poco	64	72	80	64
	agrada mucho	40	40	0	55
	TOTAL DE PUNTAJE	150	150	124	158

ANEXO H- 4. ANÁLISIS DE LA APARIENCIA DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL.

Análisis de Varianza para A.CALIFICACION APARIENCIA.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:A.APARIENCIA	882.5	4	220.625	5.12	0.0122
B:A.MEZCLAS	0.0	3	0.0	0.00	1.0000
RESIDUOS	517.5	12	43.125		
TOTAL (CORREGIDO)	1400.0	19			

Medias y 95.0% de Fisher LSD

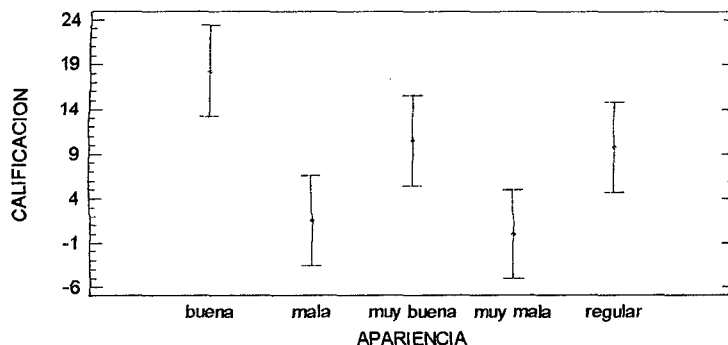
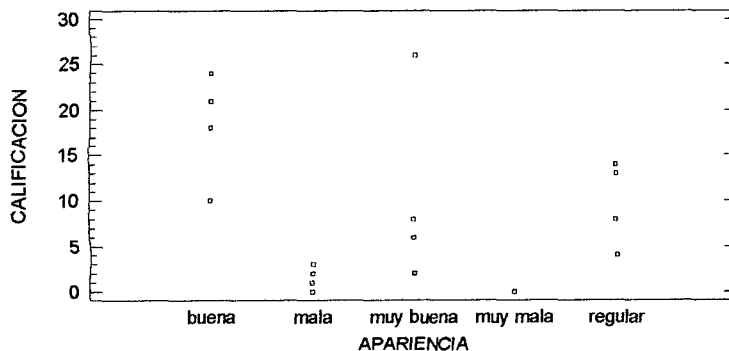


Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para A.CALIFICACION APARIENCIA con intervalos de confianza del 95.0%

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Limite Inferior	Limite Superior
MEDIA GLOBAL	20	8.0			
A.APARIENCIA					
buena	4	18.25	3.28348	11.0959	25.4041
mala	4	1.5	3.28348	-5.65411	8.65411
muy buena	4	10.5	3.28348	3.34589	17.6541
muy mala	4	0.0	3.28348	-7.15411	7.15411
regular	4	9.75	3.28348	2.59589	16.9041
A.MEZCLAS					
T3	5	8.0	2.93684	1.60117	14.3988
T4	5	8.0	2.93684	1.60117	14.3988
T5	5	8.0	2.93684	1.60117	14.3988
T7	5	8.0	2.93684	1.60117	14.3988

Dispersión por Código de Nivel



Pruebas de Múltiple Rangos para A.CALIFICACION por A.APARIENCIA

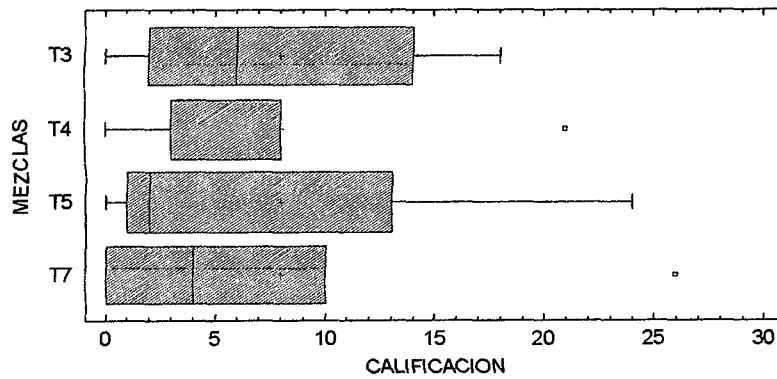
Método: 95.0 porcentaje LSD

A.APARIENCIA	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
muy mala	4	0.0	3.28348	X
mala	4	1.5	3.28348	XX
regular	4	9.75	3.28348	XXX
muy buena	4	10.5	3.28348	XX
buena	4	18.25	3.28348	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
buena - mala	*	16.75	10.1174
buena - muy buena		7.75	10.1174
buena - muy mala	*	18.25	10.1174
buena - regular		8.5	10.1174
mala - muy buena		-9.0	10.1174
mala - muy mala		1.5	10.1174
mala - regular		-8.25	10.1174
muy buena - muy mala	*	10.5	10.1174
muy buena - regular		0.75	10.1174
muy mala - regular		-9.75	10.1174

* indica una diferencia significativa.

Gráfico Caja y Bigotes



ANEXO H- 5. ANÁLISIS DEL COLOR DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL

Análisis de Varianza para CALIFICACION DE COLOR - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFEKTOS PRINCIPALES					
A:COLOR	1251.5	4	312.875	17.18	0.0001
B:MEZCLAS	0.0	3	0.0	0.00	1.0000
RESIDUOS	218.5	12	18.2083		
TOTAL (CORREGIDO)	1470.0	19			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

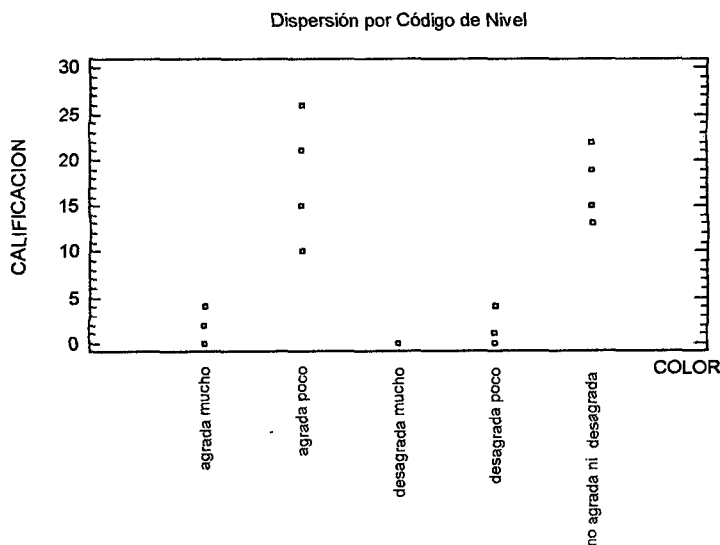
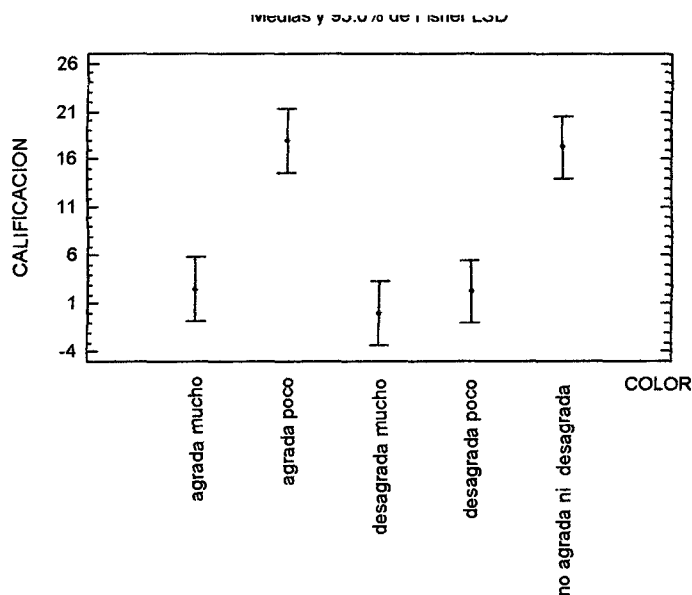


Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para CALIFICACION DEL COLOR con intervalos de confianza del 95.0%

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	20	8.0			
COLOR					
agrada mucho	4	2.5	2.13356	-2.14864	7.14864
agrada poco	4	18.0	2.13356	13.3514	22.6486

desagrada mucho	4	0.0	2.13356	-4.64864	4.64864
desagrada poco	4	2.25	2.13356	-2.39864	6.89864
no agrada ni desagrada	4	17.25	2.13356	12.6014	21.8986
MEZCLAS					
T3	5	8.0	1.90832	3.84213	12.1579
T4	5	8.0	1.90832	3.84213	12.1579
T5	5	8.0	1.90832	3.84213	12.1579
T7	5	8.0	1.90832	3.84213	12.1579

Pruebas de Múltiple Rangos para CALIFICACION por COLOR

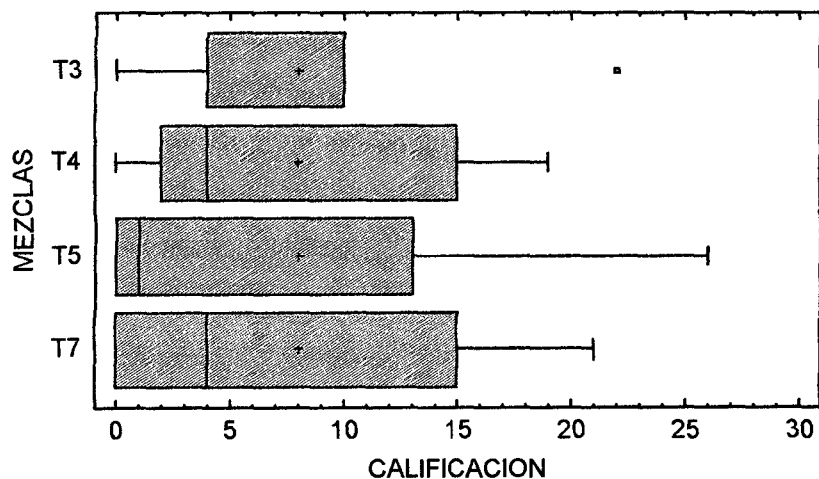
Método: 95.0 porcentaje LSD

COLOR	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
desagrada mucho	4	0.0	2.13356	X
desagrada poco	4	2.25	2.13356	X
agrada mucho	4	2.5	2.13356	X
no agrada ni desagrada	4	17.25	2.13356	X
agrada poco	4	18.0	2.13356	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
agrada mucho - agrada poco	*	-15.5	6.57417
agrada mucho - desagrada mucho		2.5	6.57417
agrada mucho - desagrada poco		0.25	6.57417
agrada mucho - no agrada ni desagrada	*	-14.75	6.57417
agrada poco - desagrada mucho	*	18.0	6.57417
agrada poco - desagrada poco	*	15.75	6.57417
agrada poco - no agrada ni desagrada		0.75	6.57417
desagrada mucho - desagrada poco		-2.25	6.57417
desagrada mucho - no agrada ni desagrada	*	-17.25	6.57417
desagrada poco - no agrada ni desagrada	*	-15.0	6.57417

* indica una diferencia significativa.

Gráfico Caja y Bigotes



ANEXO H- 6. ANÁLISIS DEL SABOR DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL.

Análisis de Varianza para CALIFICACION del SABOR- Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFEKTOS PRINCIPALES					
A:SABOR	1214.5	4	303.625	4.75	0.0158
B:MEZCLAS	0.0	3	0.0	0.00	1.0000
RESIDUOS	767.5	12	63.9583		
TOTAL (CORREGIDO)	1982.0	19			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Dispersión por Código de Nivel

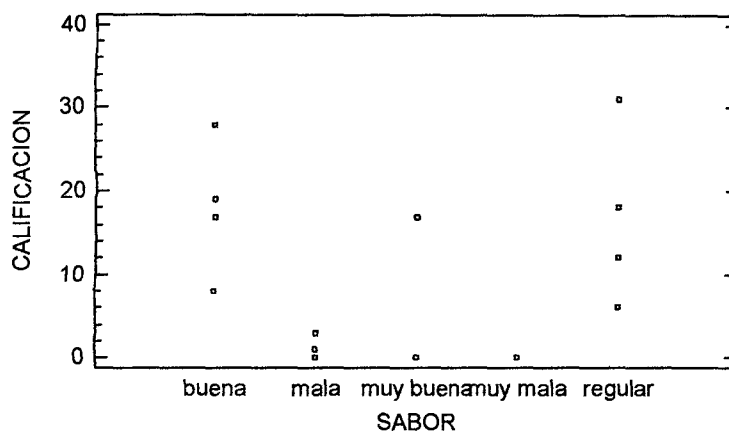
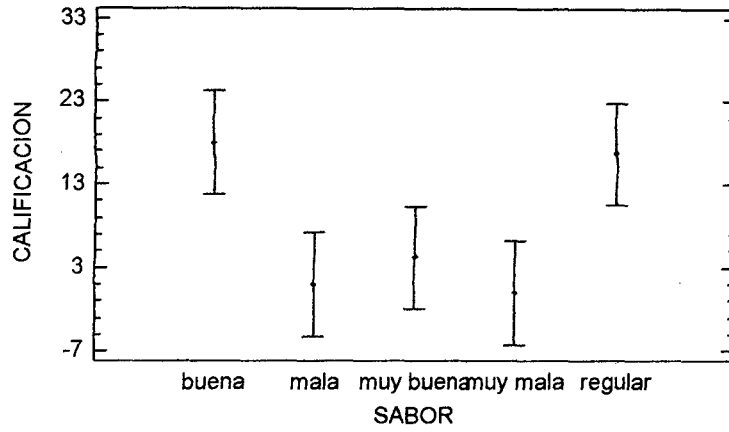


Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para CALIFICACION con intervalos de confianza del 95.0%

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Limite Inferior	Limite Superior
MEDIA GLOBAL	20	8.0			
SABOR					
buena	4	18.0	3.9987	9.28757	26.7124
mala	4	1.0	3.9987	-7.71243	9.71243
muy buena	4	4.25	3.9987	-4.46243	12.9624
muy mala	4	0.0	3.9987	-8.71243	8.71243
regular	4	16.75	3.9987	8.03757	25.4624
MEZCLAS					
T3	5	8.0	3.57654	0.207363	15.7926
T4	5	8.0	3.57654	0.207363	15.7926
T5	5	8.0	3.57654	0.207363	15.7926
T7	5	8.0	3.57654	0.207363	15.7926

Medias y 95.0% de Fisher LSD



Pruebas de Múltiple Rangos para CALIFICACION por SABOR

Método: 95.0 porcentaje LSD

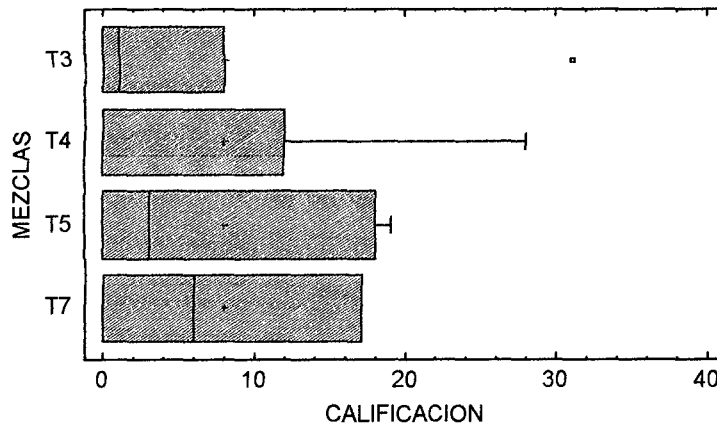
SABOR	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
muy mala	4	0.0	3.9987	X
mala	4	1.0	3.9987	X
muy buena	4	4.25	3.9987	X
regular	4	16.75	3.9987	X
buena	4	18.0	3.9987	X

Pruebas de Múltiple Rangos para CALIFICACION por MEZCLAS

Método: 95.0 porcentaje LSD

MEZCLAS	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T4	5	8.0	3.57654	X
T5	5	8.0	3.57654	X
T7	5	8.0	3.57654	X
T3	5	8.0	3.57654	X

Gráfico Caja y Bigotes



ANEXO H- 7. ANÁLISIS DE LA TEXTURA DEL PAN DE MOLDE INTEGRAL

Análisis de Varianza para CALIFICACION DE TEXTURA- Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TEXTURA	1044.0	4	261.0	130.50	0.0000
B:MEZCLAS	0.0	3	0.0	0.00	1.0000
RESIDUOS	24.0	12	2.0		
TOTAL (CORREGIDO)	1068.0	19			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

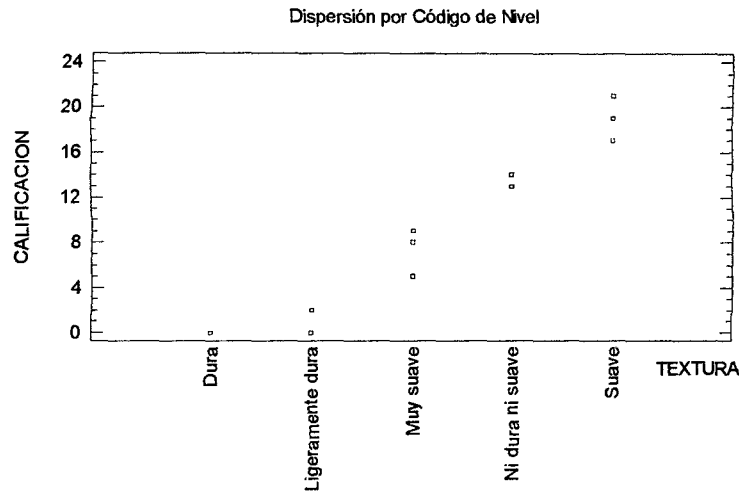


Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para CALIFICACION con intervalos de confianza del 95.0%

Nivel	Casos	Media	Error Est.	Limite Inferior	Limite Superior
MEDIA GLOBAL	20	8.0			
TEXTURA					
Dura	4	0.0	0.707107	-1.54066	1.54066
Ligeramente dura	4	0.5	0.707107	-1.04066	2.04066
Muy suave	4	7.5	0.707107	5.95934	9.04066
Ni dura ni suave	4	13.5	0.707107	11.9593	15.0407
Suave	4	18.5	0.707107	16.9593	20.0407
MEZCLAS					
T3	5	8.0	0.632456	6.62199	9.37801
T4	5	8.0	0.632456	6.62199	9.37801
T5	5	8.0	0.632456	6.62199	9.37801
T7	5	8.0	0.632456	6.62199	9.37801

Pruebas de Múltiple Rangos para CALIFICACION por TEXTURA

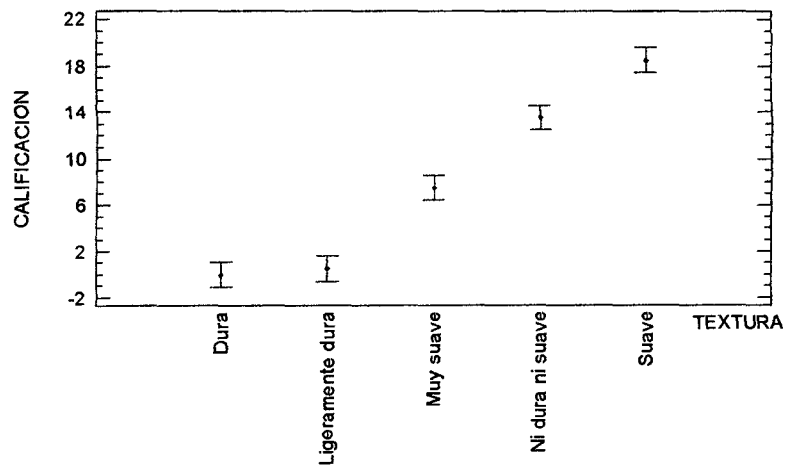
Método: 95.0 porcentaje LSD

TEXTURA	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Dura	4	0.0	0.707107	X
Ligeramente dura	4	0.5	0.707107	X
Muy suave	4	7.5	0.707107	X
Ni dura ni suave	4	13.5	0.707107	X
Suave	4	18.5	0.707107	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
Dura - Ligeramente dura		-0.5	2.17882
Dura - Muy suave	*	-7.5	2.17882
Dura - Ni dura ni suave	*	-13.5	2.17882
Dura - Suave	*	-18.5	2.17882
Ligeramente dura - Muy suave	*	-7.0	2.17882
Ligeramente dura - Ni dura ni suave	*	-13.0	2.17882
Ligeramente dura - Suave	*	-18.0	2.17882
Muy suave - Ni dura ni suave	*	-6.0	2.17882
Muy suave - Suave	*	-11.0	2.17882
Ni dura ni suave - Suave	*	-5.0	2.17882

* indica una diferencia significativa.

Medias y 95.0% de Fisher LSD



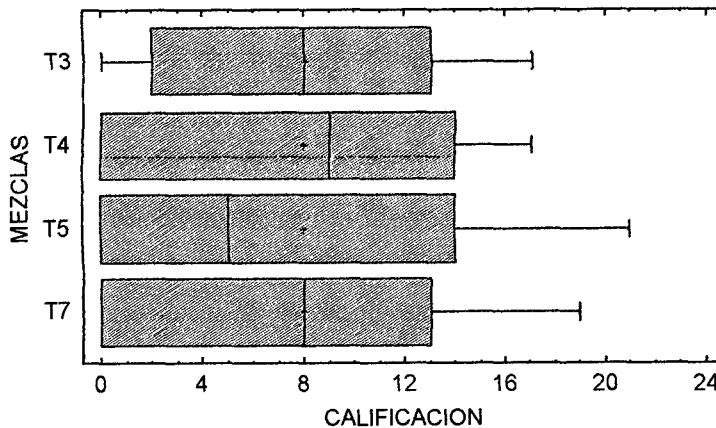
Pruebas de Múltiple Rangos para CALIFICACION por MEZCLAS

Método: 95.0 porcentaje LSD

MEZCLAS	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T4	5	8.0	0.632456	X
T5	5	8.0	0.632456	X
T7	5	8.0	0.632456	X
T3	5	8.0	0.632456	X

* indica una diferencia significativa.

Gráfico Caja y Bigotes



ANEXO H- 8. ANÁLISIS DE LA ACEPTABILIDAD DEL PAN MOLDE INTEGRAL

Análisis de Varianza para CALIFICACION de aceptabilidad - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:ACEPTABILIDAD	923.5	4	230.875	21.56	0.0000
B:MEZCLAS	0.0	3	0.0	0.00	1.0000
RESIDUOS	128.5	12	10.7083		
TOTAL (CORREGIDO)	1052.0	19			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

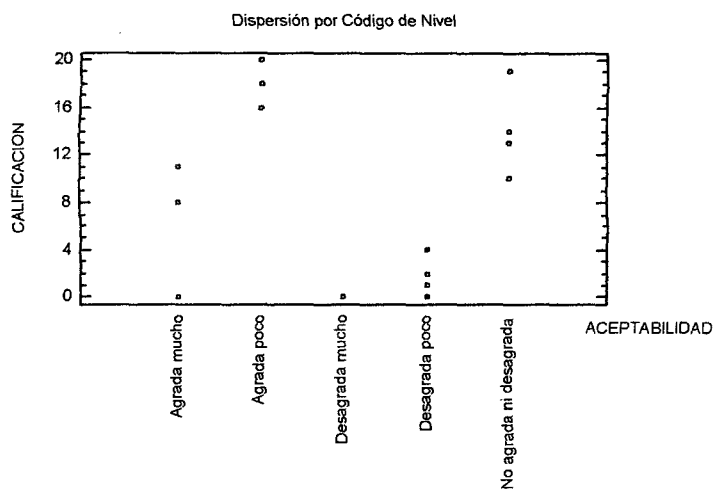


Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para CALIFICACION con intervalos de confianza del 95.0%

Nivel	Casos	Media	Error	Límite	Límite
			Est.	Inferior	Superior
MEDIA GLOBAL	20	8.0			
ACEPTABILIDAD					
Agrada mucho	4	6.75	1.63618	3.18506	10.3149
Agrada poco	4	17.5	1.63618	13.9351	21.0649
Desagrada mucho	4	0.0	1.63618	-3.56494	3.56494
Desagrada poco	4	1.75	1.63618	-1.81494	5.31494
No agrada ni desagrada	4	14.0	1.63618	10.4351	17.5649
MEZCLAS					
T3	5	8.0	1.46344	4.81142	11.1886
T4	5	8.0	1.46344	4.81142	11.1886
T5	5	8.0	1.46344	4.81142	11.1886
T7	5	8.0	1.46344	4.81142	11.1886

Pruebas de Múltiple Rangos para CALIFICACION por ACEPTABILIDAD

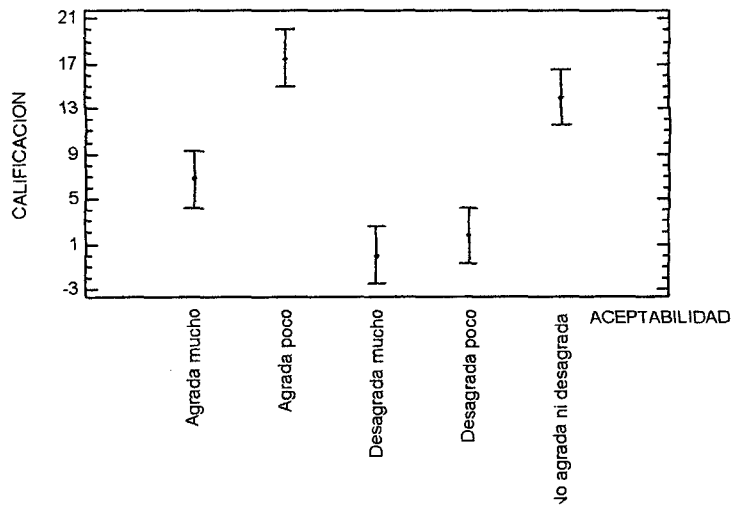
Método: 95.0 porcentaje LSD

ACEPTABILIDAD	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Desagrada mucho	4	0.0	1.63618	X
Desagrada poco	4	1.75	1.63618	XX
Agrada mucho	4	6.75	1.63618	X
No agrada ni desagrada	4	14.0	1.63618	X
Agrada poco	4	17.5	1.63618	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Limites
Agrada mucho - Agrada poco	*	-10.75	5.04158
Agrada mucho - Desagrada mucho	*	6.75	5.04158
Agrada mucho - Desagrada poco		5.0	5.04158
Agrada mucho - No agrada ni desagrada	*	-7.25	5.04158
Agrada poco - Desagrada mucho	*	17.5	5.04158
Agrada poco - Desagrada poco	*	15.75	5.04158
Agrada poco - No agrada ni desagrada		3.5	5.04158
Desagrada mucho - Desagrada poco		-1.75	5.04158
Desagrada mucho - No agrada ni desagrada	*	-14.0	5.04158
Desagrada poco - No agrada ni desagrada	*	-12.25	5.04158

* indica una diferencia significativa.

Medias y 95.0% de Fisher LSD



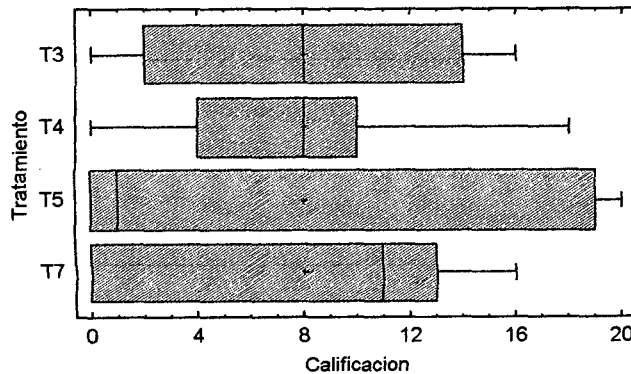
Pruebas de Múltiple Rangos para CALIFICACION por MEZCLAS

Método: 95.0 porcentaje LSD

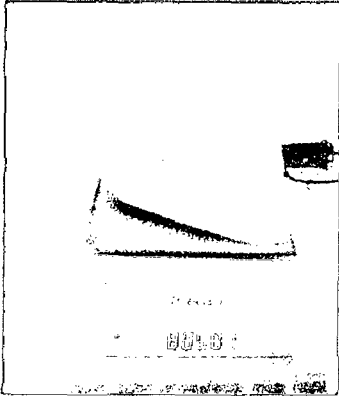
MEZCLAS	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T4	5	8.0	1.46344	X
T5	5	8.0	1.46344	X
T7	5	8.0	1.46344	X
T3	5	8.0	1.46344	X

* indica una diferencia significativa.

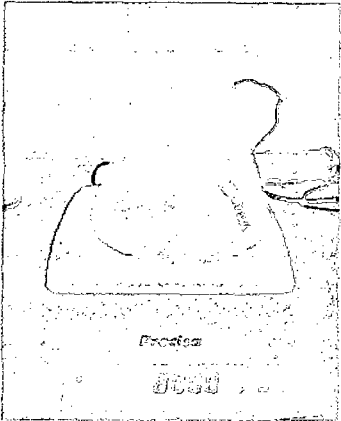
Gráfico Caja y Bigotes



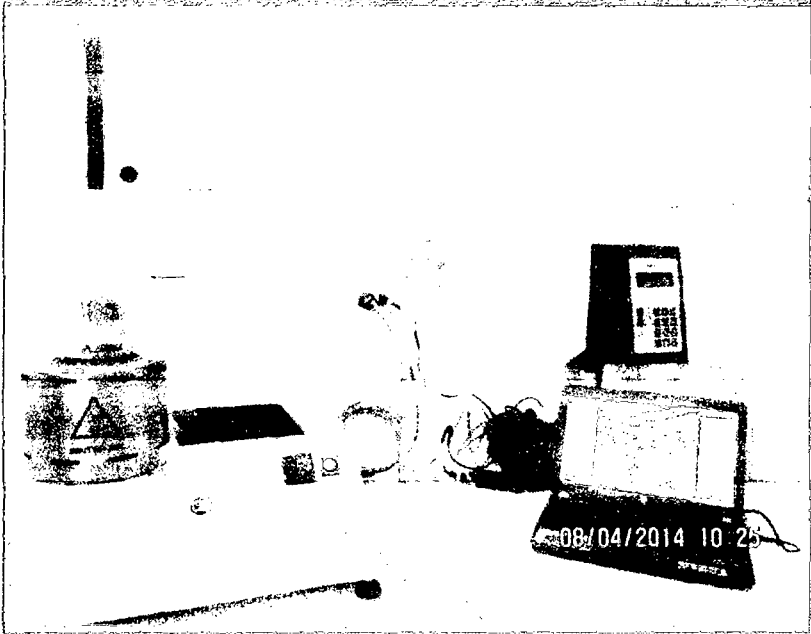
ANEXO I. ANÁLISIS AMILOGRÁFICO.



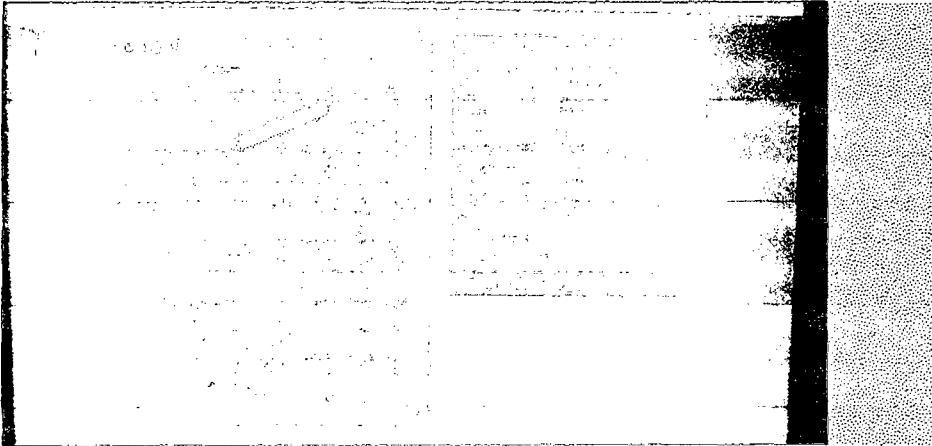
Peso de la muestra



Pesado de la sub-muestra



Uso del equipo amilográfico

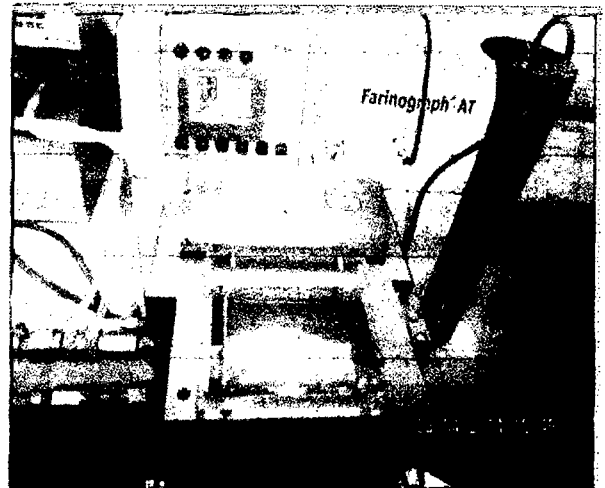


amilogramas

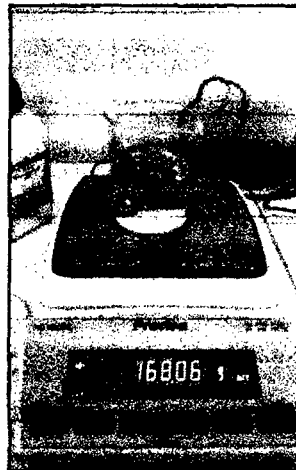
ANEXO J. ANÁLISIS FARINOGRÁFICO.



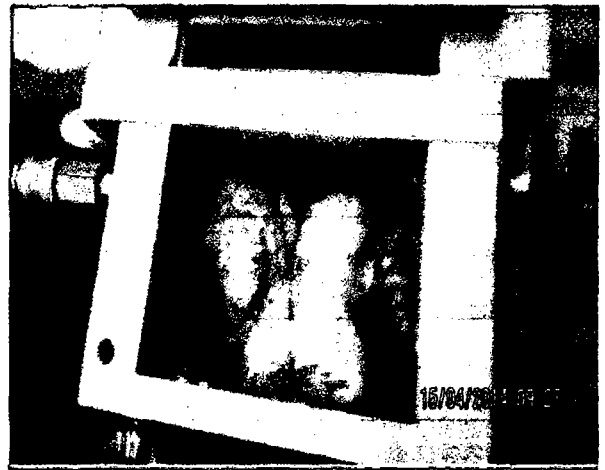
Pesado de la harina



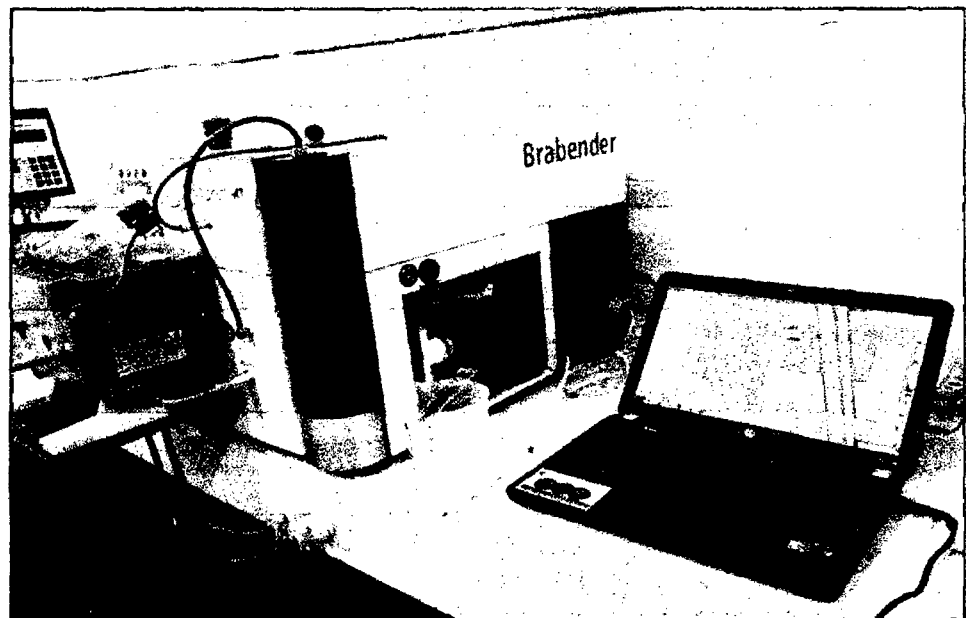
Mezcla de las harinas



Pesado del agua

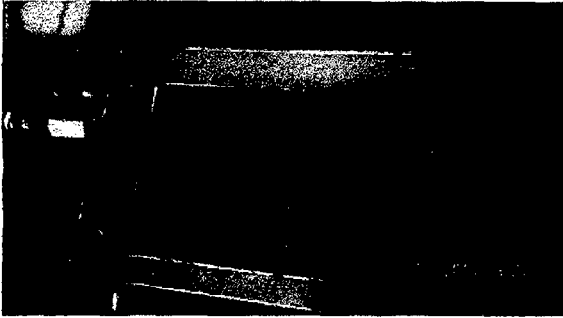


Amasado

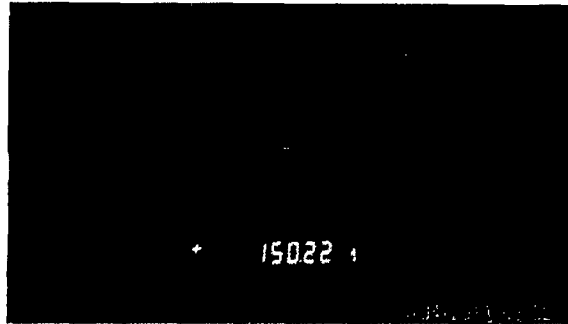


Farinograma

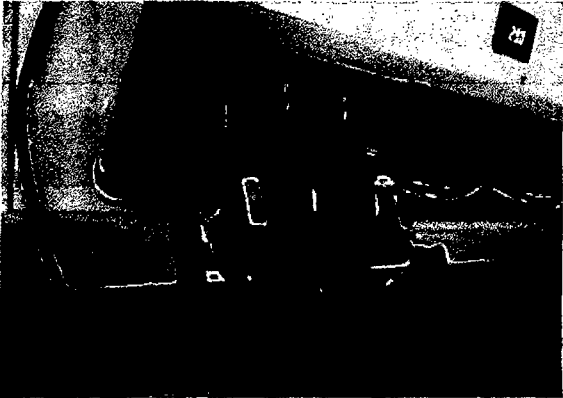
ANEXO K. ANÁLISIS EXTENSOGRAMA.



Preparación de masa



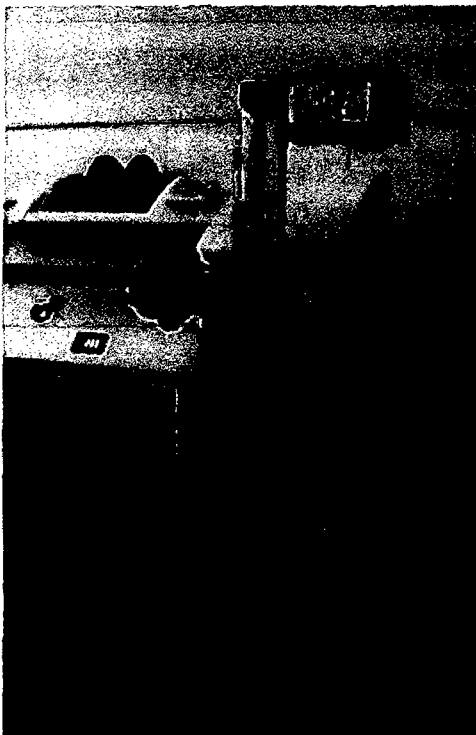
Pesado de 150 gr de masa



Colocado en la bandeja



Fermentación



**Inicio de estiramiento
masa**

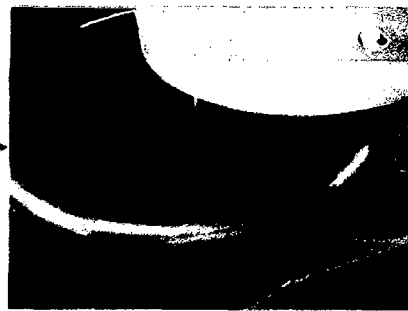


Roptura de la masa

ANEXO L. ELABORACION DE MAN DE MOLDE INTEGRAL



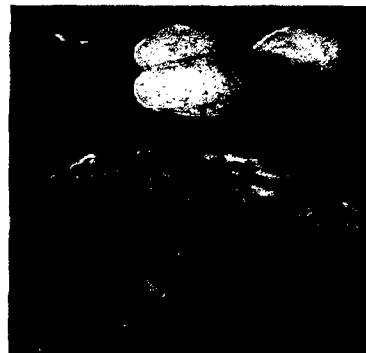
Pesado de las harinas



Mezcla y adición de insumos



Pesado del agua + sal + azúcar



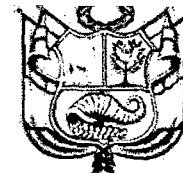
boleado



Llenado en el molde



producto



“CATÁLOGO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN –TIPRO”.
Resolución N° 1562-2006-ANR

**REGISTRÓ DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA.**

I. DATOS GENERALES.

● **UNIVERSIDAD:**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.

● **CENTRO O INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN:**

El presente trabajo se desarrollara en los laboratorios de la E.A.P Agroindustria y la Planta piloto de la Universidad Nacional del Santa.

● **TÍTULO DEL TRABAJO:**

“Estudio de las características reológicas de la mezcla de harina de trigo (*Triticum aestivum*), con harina de cebada (*Hordeum vulgare*) y arveja (*Pesium sativum*) para la elaboración de pan de molde integral”.

● **LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

Experimental y Aplicada.

● **AUTOR:**

DNI: 41658195 Bach. LOPEZ PEREZ Heberth Edinson.

● **AÑO DE EJECUCIÓN Y CULMINACIÓN:**

- Inicio : Diciembre 2013
- Termino : Setiembre del 2015.

II. CONTENIDO DEL RESUMEN.

• RESUMEN :

En el presente trabajo se evaluó el comportamiento reológico de las mezclas de harinas de trigo con harina de cebada y arveja para la elaboración de pan de molde integral, las mezclas tienen como límites de 85% a 100% para harina de trigo y 0% a 15% para harina de arveja y cebada, el número de mezclas fueron establecidas por el diseño de mezclas simplex reticular del paquete estadístico STATGRAPHICS 7.0., dicho paquete estableció 6 mezclas (harina de trigo, harina de cebada y harina de arveja) y un control o testigo. Para seleccionar las mejores mezclas, se realizó el análisis reológico (*amilografía, farinografía y extensografía*), donde se observó que las mezclas con mayor sustitución de harina de cebada, se logra obtener un buen tiempo de desarrollo y consistencia, pero no una estabilidad y extensibilidad, siendo estos dos últimos muy importantes para la elaboración de productos esponjosos como es el pan de molde integral. Las que tienen características reológicas similares a las del control ($\bar{T}7$) son; $\bar{T}3$, $\bar{T}4$ y $\bar{T}5$. La evaluación sensorial de los panes de molde fue realizado por 40 panelistas, los puntajes asignados por el panel fueron en relación a su apariencia, color, sabor, textura y aceptabilidad del pan de molde integral; se obtuvo una calificación entre "regular" y "muy bueno" para los mezclas; siendo las formulaciones T3 y T4 las masa aceptadas.

• ABSTRACT

The aim of this present research was to analyze the rheological behavior of mixtures of wheat flour with barley flour and pea flour for making wholemeal bread, the mixtures have as limits of 85% to 100% for wheat flour and 0% to 15% for pea flour and barley, the number of mixtures were established by the design of lattice simplex mixtures statistical package STATGRAPHICS 7.0., Said package established six mixtures (wheat flour, barley flour and pea flour) and a control or witness. To select the best blends, it was held on rheological analysis (*amilografía, farinografía and extensografía*), where it was observed that the mixtures with higher substitution of barley flour, is possible to obtain a good development time and consistency were conducted, but stability and extensibility, the latter two very important for the production of foam products such as wholemeal bread. Which have similar control ($T7$) are rheological characteristics; T3, T4 and T5. Sensory evaluation of the loaves was performed by 40 panelists, the scores assigned by the panel were in relation to their appearance, color, taste, texture and acceptability of wholemeal bread.; that a rating between "was obtained regular "and" very good "for the mixes; being the T3 and T4 formulations the most accepted.

- **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El pan es un alimento básico que forma parte de la dieta tradicional en muchos países y que en Perú es altamente apreciado. Se suele preparar mediante el horneado de una masa elaborada fundamentalmente con harina de cereales, sal y agua; siendo el trigo el cereal más utilizado en la elaboración del pan, gracias al contenido de proteínas que permiten transformar una porción de harina y agua en una masa cohesiva. (Cauvain A., Young L., 1998).

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 un periodo de fermentación mucho más largo que las harinas flojas, para producir pan bueno y voluminoso y es el grado de fermentación que resiste una harina lo que decide la calidad de ésta. Es estabilidad más que fuerza lo que una harina necesita puesto que debe formarse una masa suficientemente estable para conservar su forma después de ser moldeada. (Benion E., 1970)

La mayoría de producción de panadería utiliza únicamente harina de trigo importado debido a que forman una masa fuerte, capaz de retener gas y rendir por cocción un producto esponjoso, lo que conlleva a una masiva importación del cereal significando un aumento del precio de los productos de panificación. Por ellos se busca nuevas alternativas como es la sustitución parcial de la harina de trigo importado con la de otros cereales y leguminosas nacionales, esta sustitución se realiza con la finalidad obtener un producto rico en valor nutricional y con productos de la región.

Formulación del problema.

¿Cómo influye la sustitución parcial de harina trigo (*Triticum Aestivum*), con harina de cebada (*Hordeum Vulgare*) y harina de arveja (*Pesium Sativum*) en las características reológicas, sensoriales y nutricionales en la elaboración de pan de molde integral?.

- **OBJETIVOS.**

Objetivo general:

Estudiar el comportamiento reológico de las mezclas de harinas de trigo (*Triticum Aestivum*), con harina de cebada (*Hordeum Vulgare*) y harina de arveja (*Pesium Sativum*) para la elaboración de pan de molde.

Objetivos Específicos:

- ✓ Determinar la composición química-proximal de las harinas.
- ✓ Analizar el efecto de incorporación de harina de cebada y arveja sobre las características reológicas de pan de molde integral con diferentes niveles de sustitución, utilizando el amilógrafo, farinógrafo y extensógrafo.
- ✓ Seleccionar las mejores mezclas de harinas de trigo con harina cebada y arveja empleando el programa estadístico statgraphics 7.0.
- ✓ Analizar el efecto de la incorporación de harina de arveja y cebada sobre las características sensoriales y su composición química-proximal de los panes de molde integral.

• HIPÓTESIS.

Hipótesis nula :

la sustitución parcial de la harina de trigo (*triticum aestivum*) por harinas de cebada (*Hordeum vulgare*) y harina de arveja (*Pesium sativum*) nacional, no afectan las características reológicas sensoriales, pero afectan las características nutricionales en todo las muestras de pan de molde integral.

$$H_0: T_1 = T_2 = T_3 = \dots = T_n.$$

Hipótesis alternativa:

Algún tratamientos de las mezclas de harinas difieren en la sustitución parcial de la harina de trigo (*triticum aestivum*) por harinas de cebada (*Hordeum vulgare*) y arveja (*Pesium sativum*) nacional, no afectan las características reológicas sensoriales, pero afectan las características nutricionales en todo las muestras de pan de molde integral.

$$H_1: T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq \dots \neq T_n$$

Las variables a estudiar se presentan en el siguiente cuadro.

VARIABLES	INDICADORES.
Variable independientes	Mezcla de harinas de trigo con harina de sustitución (harina de cebada y harina de arveja)
Variables dependientes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Características reológicas. ✓ Características sensoriales. ✓ composición química proximal

- **REFERENCIA DEL MARCO TEÓRICO.**

Existen varios estudios realizados empleando harina de arveja en panes, tortas, galletitas y bizcochos a diferentes niveles de reemplazo (2.5% a 20%). En panes de molde elaborados con harina de arveja se podía usar hasta un 10% de sustitución, debido a que el volumen del pan se reduce en la medida en que se incrementó el nivel de sustitución de la harina de arveja en la formulación. Este hecho se encuentra claramente relacionado al efecto que produce una disminución de la cantidad de gluten en la mezcla. Oscar Daniel Andrich (2008).

El aumento del contenido de proteínas es relativamente de escasa magnitud, ya que crece aproximadamente entre 6% y 16% para los niveles de 5% y 15% de sustitución con harina de arvejas. En cambio, el contenido de lisina aumenta en proporción más importante ya que va desde 29% hasta 88% para los mismos niveles de reemplazo, al igual que el score químico que también presenta un marcado aumento, desde 22% hasta 62% con la lisina como limitante. Davidsson L, Dimitriou (2001).

El pan blanco es el tipo de pan más consumido, por ello para alcanzar los requerimientos de fibra dietaria, el desarrollo de panes con un mayor contenido de fibra dietaria debe ser la mejor manera de aumentar la ingesta de fibra. La arveja tiene gran importancia nutricional debido a su alto contenido de proteínas, carbohidratos complejos, fibra dietaria, minerales, vitaminas y compuestos antioxidantes. Si bien la arveja es ampliamente usada en alimentación animal por sus propiedades nutricionales, el consumo en humanos no se encuentra distribuido ampliamente. Aunque en los últimos años, los beneficios nutricionales y las propiedades funcionales de la arveja han aumentado el interés y demanda de esta legumbre para la preparación de alimentos geriátricos e infantiles. Urbano , (2005).

En Estado Unidos se confirmó que la inclusión de la cebada en una dieta saludable puede reducir el riesgo de enfermedades del corazón al bajar el colesterol LDL. Dicha oficina acepta que el consumo de 3-6 g de β -glucano diarios en forma de grano de cebada entero, grano de cebada perlado (sin las carióspsides que lo envuelven , productos con harina de cebada como pan (70% trigo + 30% cebada) o repostería es efectivo para bajar el colesterol LDL y el colesterol total. (FDA)" (2006).

• **CONCLUSIONES.**

- ✓ Se logró conocer la composición química proximal de las harinas, estos parámetros se encuentran dentro lo necesario para ser utilizado en la elaboración de pan de molde, la harina de arveja tiene mayor porcentaje de proteínas (16,8%) en comparación con las harinas panadera (11.90%), integral (10.15%), cebada (7.42%).
- ✓ Al analizar el efecto de incorporación de harina de cebada y arveja sobre las características reológicas de pan de molde integral a diferentes niveles de sustitución, se concluye que todos los tratamientos o mezclas tienen similar características amilográficos; diferentes características farinográficos, extensográficos.
- ✓ Los tratamientos T3, T4 y T5; son los que tienen homogeneidad con las características reológicas del control T7; los parámetros del control (T7) son 1317AU de gelatinización, 05:34mm:ss de tiempo de desarrollo, 683FE de consistencia, 55.6% absorbanza de agua, 06.36mm:ss de estabilidad, 58FE de índice de tolerancia, 144cm² de energía y 69 mm de extensibilidad.
- ✓ las sustituciones de harina de trigo por harina de cebada y arveja, se concluye que no varía el porcentaje de carbohidratos, humedad y grasas, pero aumenta el porcentaje de proteínas y fibra. Esta sustitución también hace variar el color de los panes de molde integral, siendo T3 es el más oscuro y los tratamientos T4 y T5 un color más amarillo en comparación testigo T7 (más claro).
- ✓ Según la evaluación física sensorial de los panes de molde integral, se concluye que los tres tratamientos tienen aceptabilidad, con estos resultados se ha logrado obtener un alimento con alta calidad proteica y fibra.

• **RECOMENDACIONES.**

- ✓ Se recomienda el estudio de otras fuentes de harinas sucedáneas, sobre todo harinas de leguminosas ricas en proteínas y fibras, saludables para nutrición de las personas.
- ✓ Se recomienda realizar estudio sobre las propiedades nutricionales de las harinas ya que no solo es importante el aporte de proteínas para mejorar las características del pan sino el aporte nutricional que se tiene al consumir estos productos derivados de los cereales y leguminosas

• **BIBLIOGRAFÍA.**

- ❖ Acosta S., 2001. Desarrollo de Pan Molde y marquesote para la panificadora rural de Nuevo Paraíso. Honduras, EAP. Ing. Agr. P.32.
- ❖ AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1997. Methods of analysis of the AOAC International. 3 ed. Volumen II. Maryland USA.
- ❖ Arias D., 2002. Evaluación de cinco proporciones de harina de trigo con harina integral para la elaboración de Pan Francés Integral. Honduras, EAP. Ing. Agr. P. 37.
- ❖ Brumovsky Luis A – Mgter. Bqca. Marta A. Horianski. 2013. Propiedades Reológicas de los Almidones: Amilograma. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales Universidad Nacional de Misiones.
- ❖ Calaveras, J. 1996. "Tratado de Panificación y Bollería". Madrid Vicente Ediciones. Primera edición. Madrid-España. Págs: 318-389.
- ❖ Calvo, A., Iturrizaga S., Salas R., Nystro M J. 2001. "Fideos Imperial enriquecidos con kiwicha" Universidad del Pacífico. Perú. Págs: 28-32.
- ❖ Calderón Pinel Carlos A. 2005. Desarrollo de un pan molde alto en fibra usando harina de trigo y avena integral. Carrera de Agroindustria Zamorano, Honduras.
- ❖ Oscar Daniel Andrich (2008). Panificación con harina de arvejas (*Pisum sativum*) previamente sometidas a inactivación enzimática. Instituto de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.
- ❖ Davidsson L, Dimitriou T, Walczyk T and Hurrell RF (2001). Iron absorption from experimental infant formulas based on pea (*Pisum sativum* L.) – protein isolate: the effect of phytic acid and ascorbic acid. *Brit J Nutr.*;85: 59-63.
- ❖ Kihlberg I, Öström A, Johansson L and Risvik E (2006). Sensory qualities of plain white pan bread – Influence of farming system, year of harvest and baking technique. *J Cereal Sci.*;43: 15-30.
- ❖ Lazcano Elizabeth (2005). Panificados y Productos de Confitería, Dirección Nacional de Alimentos, Argentina.
- ❖ Callejo Maria, 2002. Industria de Cereales y Derivados, Primera Edición, AMV Ediciones y Mundi prensa, México.
- ❖ Urbano, G.; Aranda, P.; Vilchez, A.; Aranda, C.; Cabrera, L.; Porres, J. M.; López-Jurado, M. (2005). Effects of germination on the composition and nutritive value of proteins in *Pisum sativum*, L. *Food Chemistry*. Vol. 93 (4): 671-679.

- ❖ M. M. Suárez López, A. Kizlansky Y L. B. López. (2006) Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. Escuela de Nutrición. Facultad de Medicina. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- ❖ Alasino, Maria Celia. et. al. 2008. Panificación con harina de arvejas (*Pisum sativum*) previamente sometidas a inactivación enzimática. Archivos Americanos de Nutrición. (VE) 58(4): 397-402.
- ❖ Castro Contreras Gerardo Andrés (2005), Evaluación de harinas de arveja (*Pisum sativum* L.) de tres cultivares, como sustituto parcial de harina de pescado, en la formulación de alimento para salmónidos, Universidad Austral de Chile.
- ❖ Carrera, P. 1995. Sustitución de la harina de trigo por quinua (*Chenopodium quinoa*) precocida en la elaboración de pan. Tesis para optar el Título de Ingeniero de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú.
- ❖ IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales). Norma 15856 Método de determinación de la energía de la masa, resistencia a la extensibilidad, extensibilidad y cifra de proporción con el extensógrafo Brabender. IRAM Buenos Aires.
- ❖ Jara, C. 2006. "Estudio de las propiedades reológicas de la masa para pastas a base de harina de quinua". Universidad de Chile. Santiago, Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Págs: 26-38.
- ❖ Lascano, A., Paredes, M., & Sandoval, G. (2009). Estudio Reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada, trigo y papa nacionales con trigo importado para orientar su uso en la elaboración de pan. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- ❖ Lazo, J.; Verdugo, P. 2011. Estudio para optimizar la calidad tecnológica y sensorial del helado tipo mantecado con hidrólisis enzimática mediante diseño experimental. Tesis de graduación previo a la obtención de título de Ingeniero en Alimentos. Universidad del Azuay. Ecuador.