



VNIVERSIDAD
D SALAMANCA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA

ANÁLISIS REOLÓGICO DE LAS
DIFERENTES FRACCIONES DE HARINA
OBTENIDAS EN LA MOLIENDA DEL GRANO
DE TRIGO

Alumna: Rebeca Ferreras Charro

Titulación: Ingeniería Técnica Agrícola (Especialidad Industrias Agrarias y Alimentarias)

Tutores: Carlos Fernández Vasallo y M^a Teresa Escribano Bailón

Área: Tecnología de los Alimentos

Fecha adjudicación: Noviembre de 2008

Fecha presentación: Febrero 2009



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA

**ANÁLISIS REOLÓGICO DE LAS
DIFERENTES FRACCIONES DE HARINA
OBTENIDAS EN LA MOLIENDA DEL GRANO
DE TRIGO**

ALUMNA: REBECA FERRERAS CHARRO

ÍNDICE

Contenido

I.	OBJETIVOS	5
II.	PARTE BIBLIOGRÁFICA.....	7
	▪ Capítulo I: El trigo	8
	▪ Capítulo II: La molienda del trigo	39
	▪ Capítulo III: Harina.....	75
III.	PARTE EXPERIMENTAL.....	88
	▪ Capítulo IV: Métodos y materiales	89
	▪ Capítulo V: Resultados y discusión	113
	▪ Capítulo VI: Conclusiones	142
IV.	ANEJOS:.....	145
	▪ Anejo I: Resultados de los Análisis.....	146
	▪ Anejo II: Reglamentación técnico sanitaria	159
V.	BIBLIOGRAFÍA.....	179

I: OBJETIVOS

Objetivos

La molienda o molturación es la operación mediante la cual los granos son triturados y reducidos a partículas de diversos tamaños, separables entre sí por medios mecánicos. Este proceso se lleva a cabo de forma gradual a través de lo que habitualmente se denominan “pasadas”. Después de cada proceso de reducción gradual, es de la mayor importancia un cernido y un clasificado en profundidad, obteniéndose en cada pasada diferentes fracciones de harinas que juntas van a constituir la harina final.

Este estudio tiene un objetivo eminentemente práctico y busca conocer las características reológicas de las diferentes harinas obtenidas en cada pasada, durante el proceso de molturación de una harinera y conocer la influencia de cada una de las fracciones en la calidad final de la harina, partiendo de un trigo mejorante.

El estudio en profundidad de cada una de las pasadas de una fábrica de harinas resulta imprescindible para el conocimiento del funcionamiento de un sistema de molienda en general y más concretamente de la posibilidad que ofrece la fábrica estudiada tanto en la obtención de harinas homogéneas, su mejora, su diversificación o su rentabilidad económica.

II: PARTE BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO I

EL TRIGO

Contenido

1. EL TRIGO	10
1.1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.2. PRODUCCIÓN DE CEREAL.....	10
1.2.1. Producción mundial de cereales	10
1.2.2. Producción de trigo blando en España	12
1.3. EL SECTOR HARINERO	13
1.3.1. El sector harinero en el contexto internacional.....	13
1.3.2. El sector harinero en Europa	13
1.3.3. El sector harinero en España	13
1.3.3.1. Producción de harina	15
1.3.3.2. Consumo de harina	16
1.4. ESTRUCTURA DEL TRIGO.....	17
1.4.1. Generalidades.....	17
1.4.2. Estructura del grano de trigo	18
1.5. ESPECIES DE TRIGO. ORIGEN Y CITOGENÉTICA.....	22
1.5.1. Clasificación del trigo según la época de cultivo	24
1.5.2. Clasificación del trigo en función de la textura del endospermo.....	24
1.5.3. Clasificación en función de su dureza.....	25
1.5.4. Clasificación en función de su fuerza.....	25
1.6. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TRIGO	25
1.6.1. Agua	26
1.6.2. Hidratos de carbono.....	27
1.6.2.1. Almidón	27
1.6.2.1.1. Propiedades características de los almidones.....	29
1.6.2.1.2. Hemicelulosas.....	32
1.6.2.1.3. Celulosa	32
1.6.2.1.4. Azúcares libres.....	32
1.6.3. Proteínas.....	33
1.6.4. Lípidos	34
1.6.5. Sales minerales	36
1.6.6. Vitaminas	37

1. EL TRIGO

1.1. INTRODUCCIÓN

Se conoce bajo la denominación de cereal a las plantas gramíneas y a sus frutos maduros, enteros, sanos y secos. Se consideran útiles para la alimentación los siguientes cereales: trigo, arroz, maíz, avena, cebada, centeno, mijo y sorgo. En alimentación humana se utilizan principalmente trigo, arroz y en menor medida centeno y maíz.

El trigo es uno de los tres cereales más producidos globalmente, junto al maíz y el arroz y el más ampliamente consumido por el hombre.

Trigo es el término que designa al conjunto de cereales que pertenecen al género *Triticum*; son plantas anuales de la familia de las gramíneas.

1.2. PRODUCCIÓN DE CEREAL

1.2.1. Producción mundial de cereales

Durante miles de años, las cosechas de cereales han sido de gran importancia contribuyendo al desarrollo de la civilización moderna.

Todos los cereales forman parte de un mercado integrado globalmente, porque se interrelacionan en dos fuentes:

- En el ámbito agrícola compiten por la tierra de cultivo (unos cultivos desplazan a otros)
- En el mundo ganadero compiten en la formulación de los piensos (unos cereales sustituyen a otros)

Por este motivo no se debe considerar la evolución de un único cereal de modo aislado.

El mercado de los cereales es mundial:

La producción mundial (incluyendo a la soja) se sitúa en 2.300 MT, de las cuales 760 MT son de maíz y 600 de trigo.

El trigo tiene mayor importancia en la alimentación humana, mientras que el maíz la tiene en piensos.

Cada año en el mundo se exportan unas 340 MT de cereales, de las cuales el trigo supone unas 110 MT (aproximadamente el 18% de la producción). Cinco países concentran el 90% de las exportaciones de trigo: EE.UU., Canadá, Australia, U.E. y Argentina.

España es estructuralmente deficitaria en cereales e importa el 50% el trigo que consume.

Factores que han afectado a los precios mundiales de los cereales:

- Por el lado de la Oferta:
 - Sólo una cosecha anual por hemisferio
 - Reducción de cosechas en productores significativos e incumplimiento de expectativas
 - Producción mundial inferior a demanda en seis de las siete últimas campañas
 - Restricciones a la exportación (Rusia, Ucrania, Argentina)
 - Menores stocks mundiales debidos, en parte, a cambios en políticas a largo plazo de países desarrollados (Ej. PAC)

- Por el lado de la Demanda
 - Demanda muy inelástica a precios, es decir, los precios mundiales del trigo se duplican y la demanda mundial no se reduce.
 - Aumento de la población mundial
 - Crecimiento en economías emergentes por cambios en patrones alimentarios (mayor consumo de carnes y lácteos: aumento de la demanda para piensos)
 - Nuevos usos industriales
 - Influencia de inversores financieros

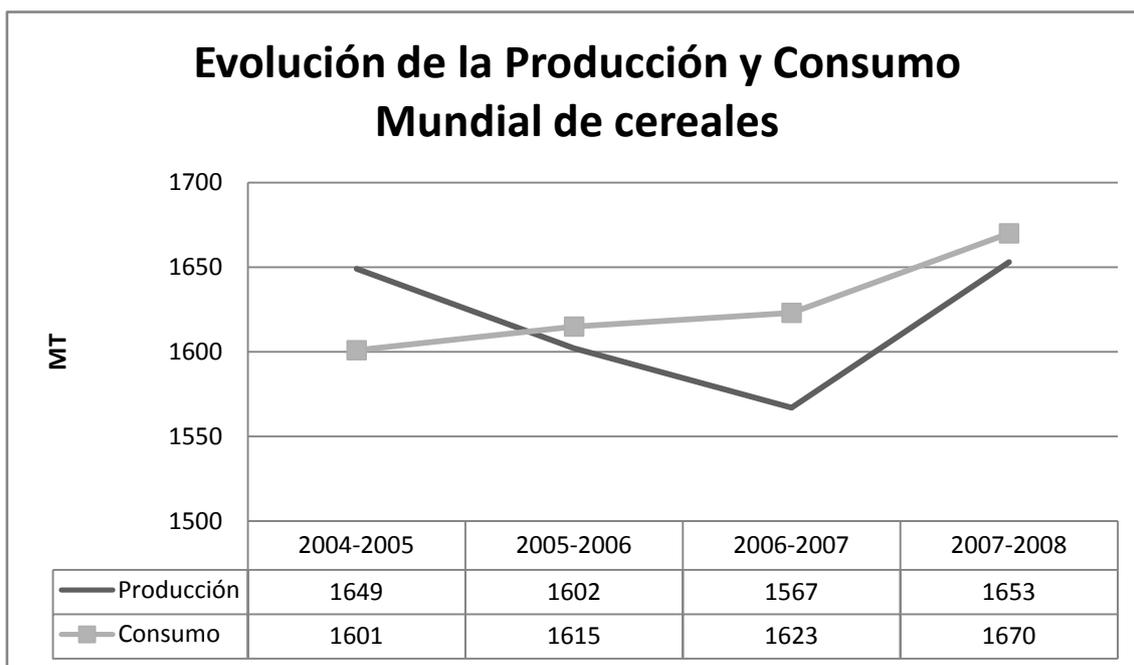


Gráfico 1: Evolución de la Producción y consumo mundial de cereales. Fuente CIC.

1.2.2. Producción de trigo blando en España

Según los últimos datos de Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de Junio de 2008 la superficie de trigo blando cultivada en España fue de 1.429.833 hectáreas obteniéndose un rendimiento medio de 2,9 t/ha. La producción anual se sitúa en las 5.650.000 toneladas, prácticamente la mitad de la producción se concentra en Castilla y León (2.859.300 toneladas), en especial en la provincia de Burgos.

El consumo humano de trigo blando en España se encuentra estabilizado en el entorno de 3,5 millones de toneladas, por lo que prácticamente la producción interna es suficiente para satisfacer este consumo. No obstante, las importaciones han aumentado a un ritmo aún mayor que el descenso de la producción. En los últimos años puede decirse que se han triplicado respecto al volumen que podría considerarse tradicional. Esto se ha debido, más que a la disminución de la producción, al aumento del consumo, tanto para exportaciones de harina como, especialmente, para pienso, por asimilarse el modelo de alimentación animal comunitario en el que el trigo para pienso tiene un peso mucho mayor que el existente en España antes de la Adhesión.

La mayor parte del trigo importado por los fabricantes de harina procede de la U.E y dentro de esta en especial del Reino Unido y Francia, perteneciendo a los tipos de

calidad inferiores de esos países, siendo los trigos de buena calidad lo que se importan de terceros países (EE.UU. y Canadá).

1.3. EL SECTOR HARINERO

1.3.1. El sector harinero en el contexto internacional.

La producción mundial de harina de trigo se estimó en torno a los 280 millones de toneladas. La molturación de otros granos, como cebada, avena y centeno, tiene sólo una importancia marginal.

Entre los sectores de segunda transformación que utilizan harina de trigo como materia prima pueden mencionarse los de panadería, pastelería, bollería, galletería, pizzas, alimentos infantiles, platos preparados, productos dietéticos, aperitivos, rebozados, chocolates, helados, alimentos para mascotas, así como otros sectores no alimentarios como por ejemplo colas industriales, productos químicos o de belleza.

1.3.2. El sector harinero en Europa

Según la agrupación de Asociaciones Harineras de la Unión Europea (GAM) la industria harinera comunitaria transforma 35 millones de toneladas de trigo blando, se encuentra integrada por 2.060 industrias, genera empleo directo para 30.000 trabajadores y factura 12.000 millones de euros anualmente.

1.3.3. El sector harinero en España

El número de fábricas de harina que se encontraban molturando a 31 de Diciembre de 2007 asciende a 162, con una amplia distribución por toda la geografía nacional.

El sector está integrado casi en su totalidad por Pymes de carácter familiar, en segunda, tercera y hasta cuarta generación.

El número total de trabajadores asciende a 3.000. Por este dato se puede deducir la ajustada dimensión de las empresas del sector, con una media de 18 trabajadores

por centro de producción. El sector genera un empleo de carácter muy estable, dado que prácticamente el 90% de los contratos son fijos indefinidos.

En su gran mayoría, las empresas son jurídicamente Sociedades Anónimas, con algunas Sociedades Limitadas y de Comunidad de Bienes. Todas cuentan con capital 100% español.

La evolución en el número de industrias en España durante las últimas décadas ha sido la siguiente:

1970*	1980	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1674	619	499	310	256	249	231	221	209	196	186	178	162

*En 1973 se puso un plan de reestructuración que supuso la salida incentivada de 1.000 industrias.

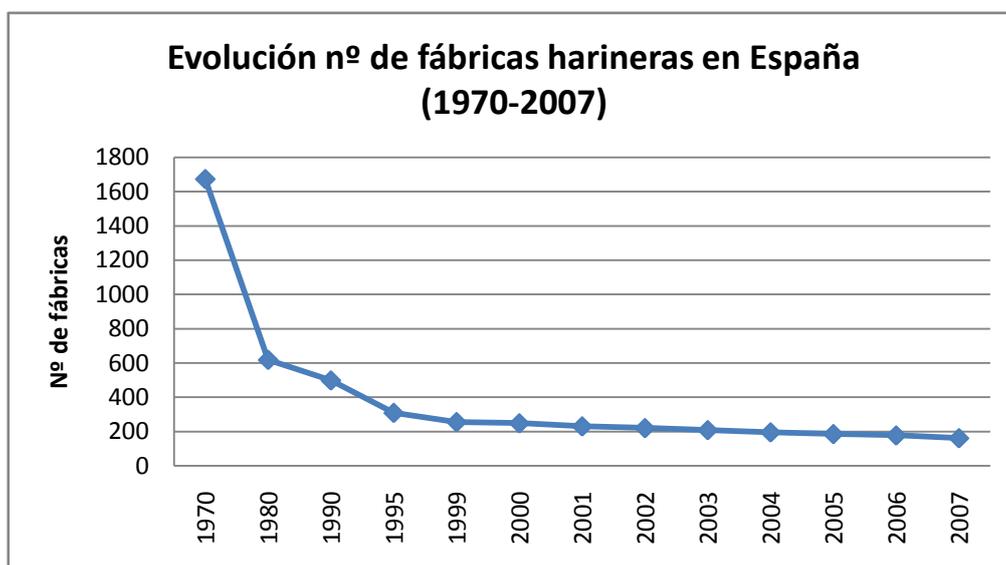


Gráfico 2: Evolución nº fábricas harineras en España (1970-2007). Fuente Afhse

Tabla 1: Evolución nº de fábricas harineras en España durante los últimos años. Fuente Afhse.

CC.AA	1993	1995	1997	1999	2000	2002	2004	2005	2006	2007
Galicia	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Asturias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cantabria	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
País Vasco	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
La Rioja	9	9	9	9	9	9	9	9	8	7
Navarra	9	9	8	7	7	6	6	6	5	5
Aragón	25	24	24	21	21	20	18	18	17	16
Cataluña	36	34	34	32	32	27	25	24	24	22
C.Valenciana	16	15	14	14	13	12	11	11	11	10
Murcia	7	7	7	7	7	6	5	5	4	4
Andalucía	66	60	54	44	42	33	28	26	26	24
Extremadura	12	12	10	7	7	5	3	2	2	2
Castilla y León	64	60	55	49	49	44	38	37	36	32
Castilla Mancha	70	63	56	52	48	45	41	38	35	30
Madrid	4	4	2	1	1	1	1	0	0	0
Baleares	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Canarias	8	8	8	8	8	9	8	7	7	7
Melilla	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
TOTAL	331	310	287	256	249	221	196	186	178	162

1.3.3.1. Producción de harina

Según los datos facilitados por el Instituto Nacional de Estadística, la producción de harina de trigo blando en España ha ido aumentando progresivamente durante la última década, situándose en 2005 en 3.073.027 toneladas. A continuación se representa su evolución gráficamente:

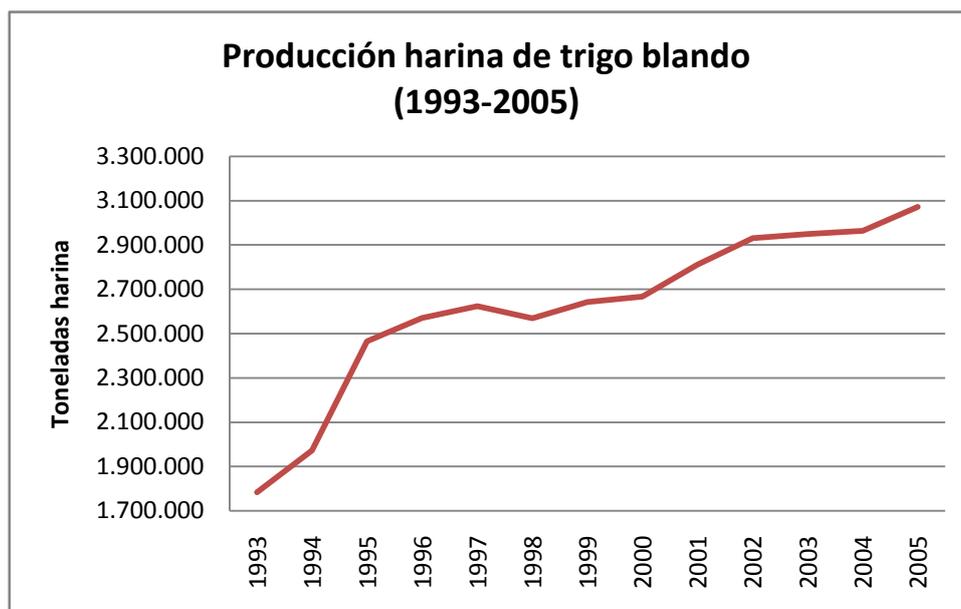


Gráfico 3: Producción de harina de trigo blando en España (1993-2005). Fuente INE

1.3.3.2. Consumo de harina

El consumo de harina ha ido aumentando paulatinamente en España desde los 43 kilos por persona y año en 1993 hasta los 65 kilos en 2005. Esta evolución al alza se ha producido dentro del marco de cambios en los hábitos de la sociedad española. Mientras que el consumo per cápita de pan se ha ajustado a la baja durante este periodo, otros alimentos, como las pastas alimenticias, la bollería, la pastelería y las galletas, han aumentado su presencia en nuestra alimentación. El siguiente gráfico muestra la evolución del consumo de harina per cápita.

Destino de las harinas (estimación)	
Panificación tradicional	66%
Masas congeladas	9%
Galletas	8%
Pastelería y bollería	8%
Pan de molde y tostado	5%
Harinas al consumo	1%
Usos no alimentarios	3%
Fuente: Estudio de INCERHPAN	

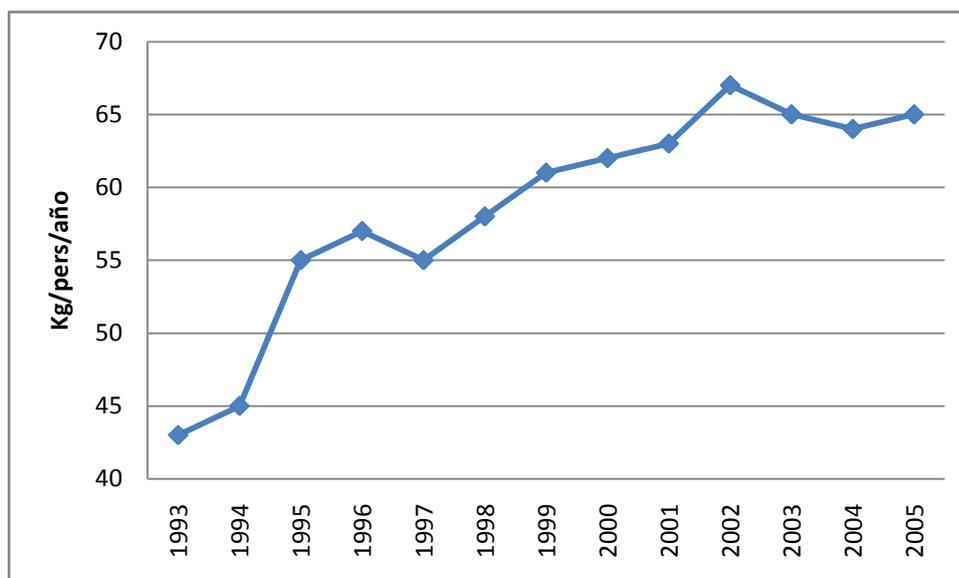


Gráfico 4: Consumo de harina per cápita (1993-2005). Fuente INE

1.4. ESTRUCTURA DEL TRIGO

1.4.1. Generalidades

La estructura del trigo y del resto de cereales es básicamente la misma en todos ellos (Kent, 1963; Hosney, 1991). Son miembros de la familia de las gramíneas, las cuales producen frutos secos con una sola semilla (grano). A este tipo de frutos se les denomina en cariósipide.

La cariósipide está formada por una cubierta del fruto o pericarpio que envuelve y protege a la semilla y se adhiere profundamente a la cubierta de esta. La semilla está constituida por el embrión o germen y el endospermo, los cuales se hallan encerrados dentro de una epidermis nucelar sobre la cual se sitúa la cubierta de la semilla.

Los granos de trigo se desarrollan en el interior de las cubiertas florales, llamadas glumas y que son en realidad hojas modificadas.

El trigo pertenece al grupo de los llamados cereales desnudos ya que el grano se desprende con facilidad de las glumas en la trilla pasando a formar parte de la paja.

1.4.2. 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.

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.

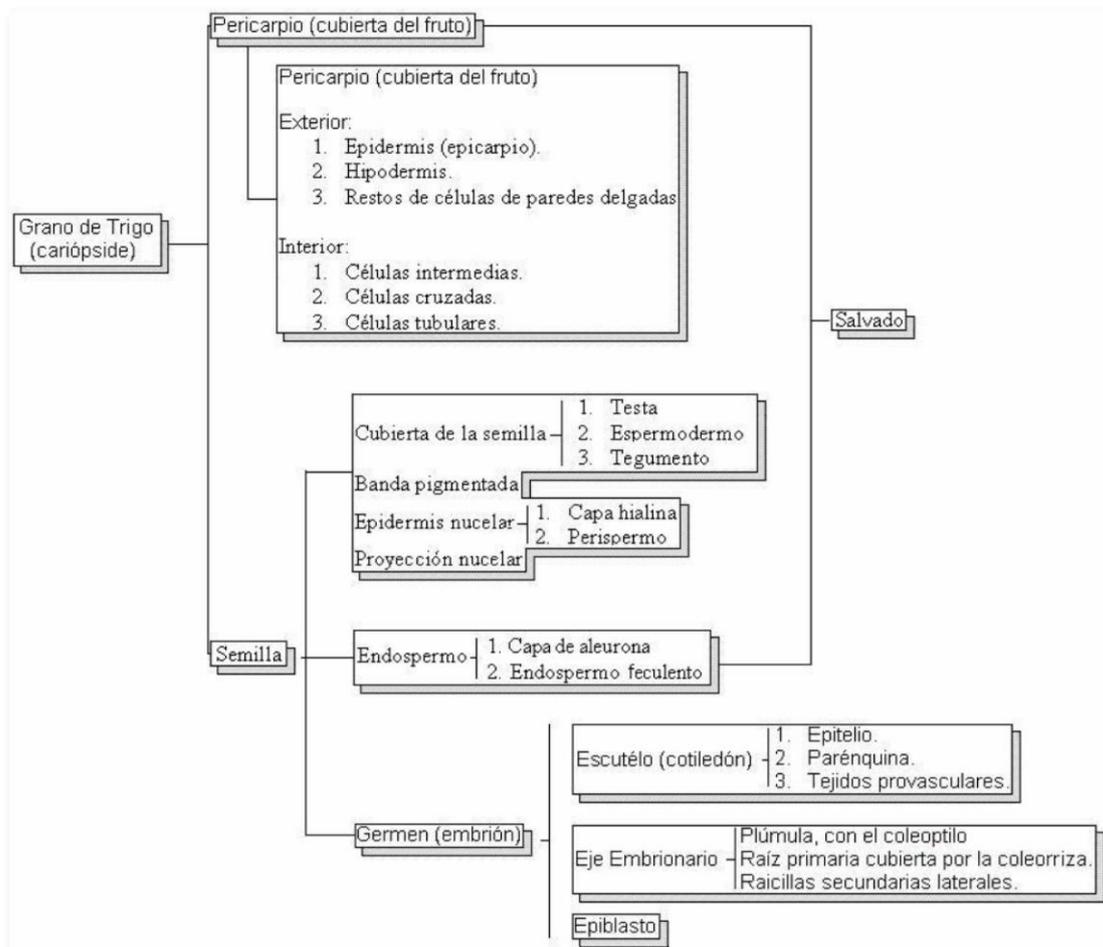


Ilustración 1: Partes del grano de trigo. Fuente Principios de ciencia y tecnología de los cereales.

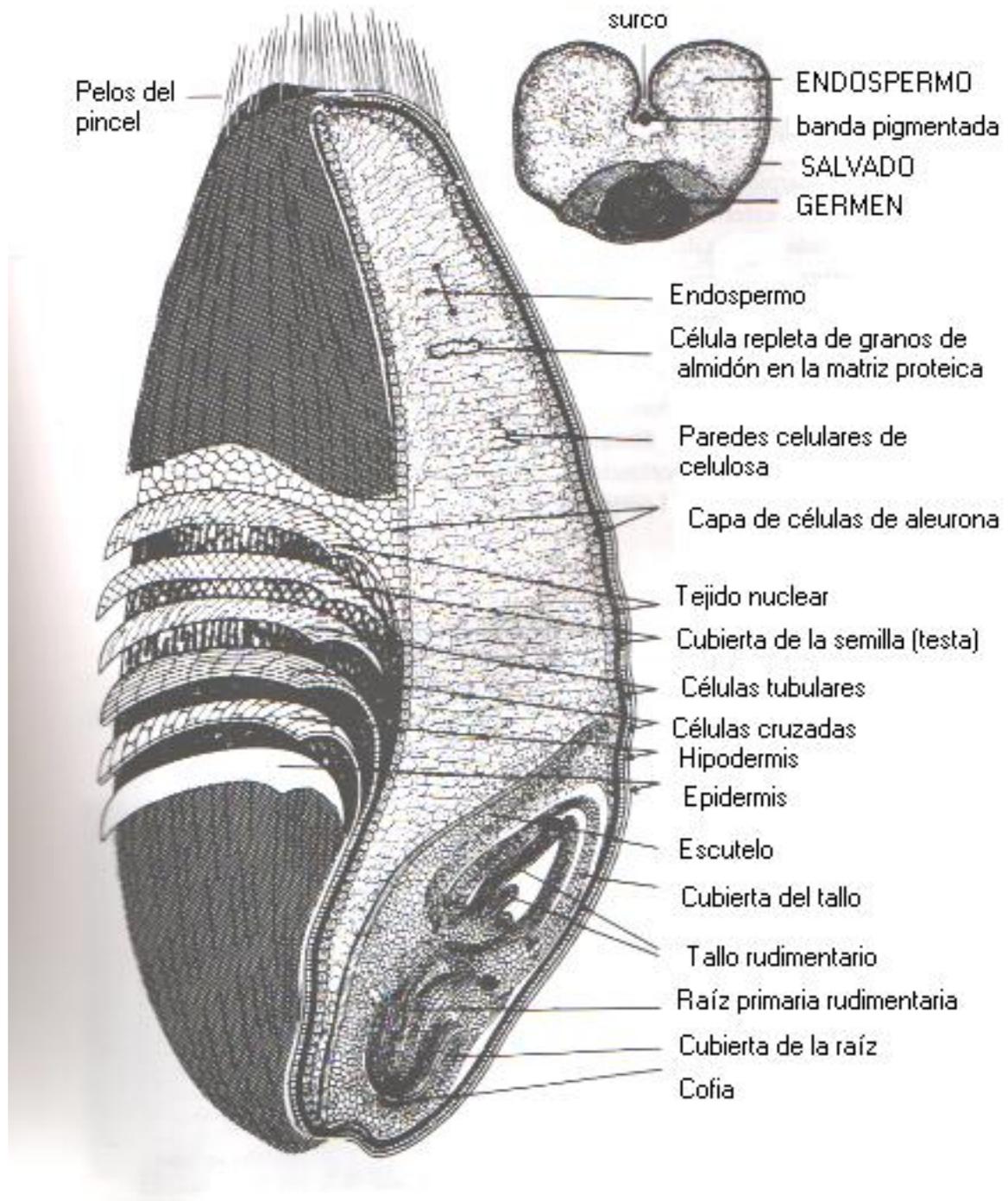


Ilustración 2: Cortes longitudinal y transversal de un grano de trigo. Fuente Industrias de cereales y derivados.

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.

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.

Las células cruzadas están densamente dispuestas, con poco o nada de espacio intercelular. Las células tubulares son del mismo tamaño y forma general que las células cruzadas, pero tienen sus ejes longitudinales paralelos al del grano. No están encajadas muy densamente, por lo que quedan muchos espacios intercelulares.

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.

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 nucelar 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.

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 riboflamina que otras partes del salvado, y su actividad enzimática es alta.

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.

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 -glucanas, 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.

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.

1.5. ESPECIES DE TRIGO. ORIGEN Y CITOGENÉTICA

El origen citogenético del trigo constituye un claro exponente de cómo ha evolucionado desde sus primeras formas del tipo *Triticum monococcum* y *Triticum dicoccum*, que eran recogidas por el hombre hace más de 10.000 años. Estos trigos tenían espigas muy frágiles, que al madurar no se sostenían, sino que caían al suelo y sus granos, que estaban vestidos, se dispersaban. Siglos más tarde, se produjo el tránsito de la variedad silvestre a la forma cultivada.

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

Clasificación de especies del género *Triticum*

- Especies que poseen $2n=14$ cromosomas (diploides)
 - *Triticum monoccocum* o escaña menor
- Especies que poseen $2n=28$ cromosomas (tetraploides)
 - *Triticum diccocooides* o escaña almidoera salvaje
 - *T. diccocos* o escaña almidonera
 - *T. turgidum* o trigo de Polonia
 - *T. durum* o trigo duro
- Especies que poseen $2n=42$ cromosomas (hexaploides)
 - *Triticum spelta* o escaña mayor
 - *T. vulgare* o *aestivum* o trigo blando
 - *T. compactum* o trigo erizado

Las especies que pertenecen al grupo de los tetraploides se originaron aparentemente por “aloploidía”, es decir, por combinaciones entre dos especies diploides con posterior duplicación cromosómica. Las especies hexaploides se originaron a partir de la adición de un tercer genomio a una especie tetraploide al cruzarse con la especie diploide, *Aegilops squarrosa*, y posterior duplicación cromosómica.

La mayoría de las variedades cultivadas pertenecen a las especies:

- *Triticum durum*.- Trigo duro, cristalino, de color ámbar y rojo, utilizando para la fabricación de pastas alimenticias. Sus orígenes se establecen en Abisinia y Oriente Próximo y su área de desarrollo en los países mediterráneos del medioeste, sudeste de Europa, Sudáfrica, Norteamérica y Argentina.
- *Triticum aestivum*.- Trigo “harino-panadero” destinado, prácticamente en su totalidad, al consumo humano. Ha sido y sigue siendo objeto de innumerables instigaciones en el mundo entero para mejorar tanto sus rendimientos, en

zonas áridas o fértiles, como su calidad panadera. Su origen se cree en Oriente Medio y sus áreas de máximo desarrollo son Europa, Asia, África y América.

1.5.1. Clasificación del trigo según la época de cultivo

Podemos clasificarlos en:

- Trigo de invierno: madura más lentamente, con lo que produce cosechas de mayor rendimiento y menor contenido en proteínas, produciendo harinas flojas, más aptas para la fabricación de galletas que para panificación
- Trigo de primavera: son granos de maduración rápida, con endospermo de textura vítrea y alto contenido en proteínas, aptos para la fabricación de pan.

1.5.2. Clasificación del trigo en función de la textura del endospermo

La característica de vitreosidad y harinosidad depende de la microestructura del endospermo.

Un trigo vítreo es aquel que tiene una estructura cristalina transparente mientras que uno harinoso posee estructura blanquecina, yesosa.

Esta propiedad se asocia al contenido en proteína.

- Los trigos harinosos, aparecen en mayor proporción en años lluviosos o en trigos que proceden de suelos arenosos y ligeros, tienen menos contenido en proteína y se asocian con mayor rendimiento.
- Los trigos vítreos aparecen con mayor proporción en suelos sometidos a abonos nitrogenados.

Está legislado el porcentaje de trigo vítreo y harinoso que debe existir en el trigo que va a ser sometido a molturación para la obtención de harina.

1.5.3. Clasificación en función de su dureza.

La dureza “física” de los granos se define como la resistencia al aplastamiento, a la fragmentación o reducción. Es una característica molinera.

- Trigos duros: la manera de fragmentarse el endospermo tiende a producirse siguiendo las líneas que limitan las células; producen harina gruesa, arenosa fluida, y fácil de cerner, compuestos por partículas de forma regular, muchas de las cuales son células enteras de endospermo. Los vítreos tienden a ser duros y fuertes.
- Trigos blandos: la fragmentación es de forma imprevista, al azar; producen harina muy fina compuesta por fragmentos irregulares de células de endospermo, se cierne con dificultad.

1.5.4. Clasificación en función de su fuerza

Hace referencia a características panaderas.

- Trigos fuertes: poseen elevado contenido en proteínas (de elevada calidad para panadería) y es capaz de dar panes de gran volumen con miga de estructura adecuada.
- Trigos flojos: se caracterizan por su bajo contenido en proteínas. Son capaces de dar panes de poco volumen, siendo más aptas para galletería.

1.6. 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.

Tabla 2: Composición química de las diferentes partes del grano de trigo (en % sobre materia seca)

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

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.

1.6.1. Agua

El contenido en humedad del trigo es variable y depende del clima y del ambiente donde se ha cultivado. Oscila entre 8-18%. En el caso de que el grano esté muy húmedo, para su conservación es necesario efectuar un proceso de secado antes de almacenarlo.

1.6.2. Hidratos de carbono

Los hidratos de carbono representan el 90% del peso seco de los granos de cereales.

Constituidos principalmente por:

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

1.6.2.1. 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.

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:

- Amilosa
- Amilopéctina

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.

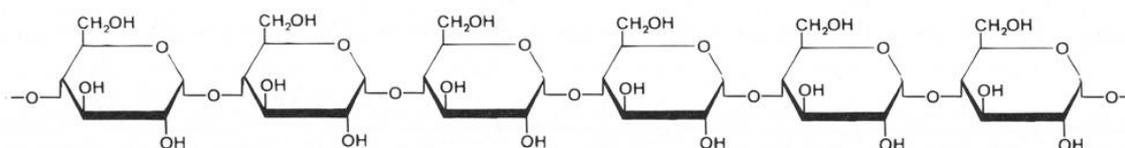


Ilustración 3: Estructura amilosa.

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.

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.

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, 10^8 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.

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.

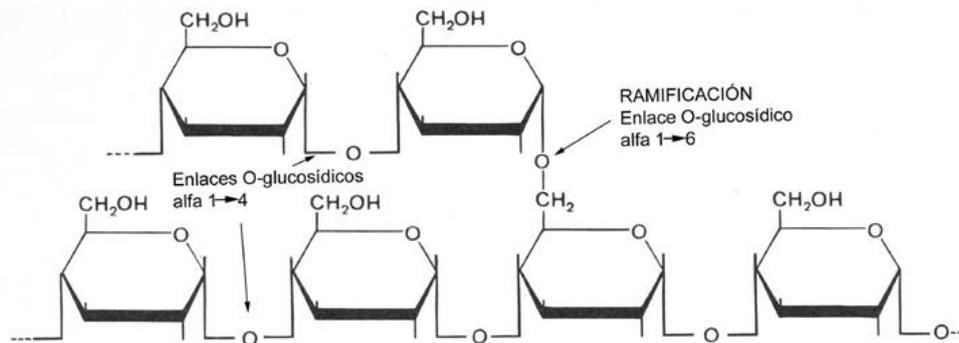


Ilustración 4: Estructura amilosa

1.6.2.1.1. Propiedades 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.

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.

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. En exceso de agua, esto se producirá a temperatura superior a 120°C. Por lo tanto, en ningún sistema de alimento será posible alcanzar el empaste completo o completa solubilización del almidón.

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). Como se puede ver en el amilograma del gráfico 5, 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" (aclaramiento mecánico), es una propiedad importante de las pastas de almidón.

Tras el periodo de calentamiento de una hora a 95°C, el procedimiento del amilógrafo tiene un enfriamiento controlado desde 95°C a 50°C. Esto da lugar a un rápido crecimiento de la viscosidad. Este incremento se conoce como "setback" (vuelta al endurecimiento).

Cuando se han calentado los gránulos de almidón con agua suficiente a temperatura suficientemente alta para que gelatinice (perdida birrefringencia) y se ha solubilizado parcialmente el almidón, se dice que se han empastado. Por lo tanto, la pasta de almidón puede variar, desde los gránulos gelatinizados con solamente una pequeña cantidad de almidón soluble, hasta un sistema en el cual prácticamente todo el almidón es soluble y no se pueden encontrar sustancialmente restos de gránulos.

Un gel es un sistema líquido que tiene las propiedades de un sólido. En los geles, una pequeña cantidad de sólido controla gran cantidad de agua. Los cálculos demuestran que la distancia entre las cadenas de almidón, son muy grandes comparadas con el tamaño de la molécula de agua.

Se puede imaginar el gel como cadenas de almidón con capas de moléculas de agua retenidas por puentes de hidrógeno. 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. Además se vuelve más rígido o como goma, quizás en parte como resultado de la cristalización, y en parte precisamente por la interacción de las cadenas de almidón. Se cree que el proceso de la retrogradación está implicado en el endurecimiento de productos horneados como el pan.

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.

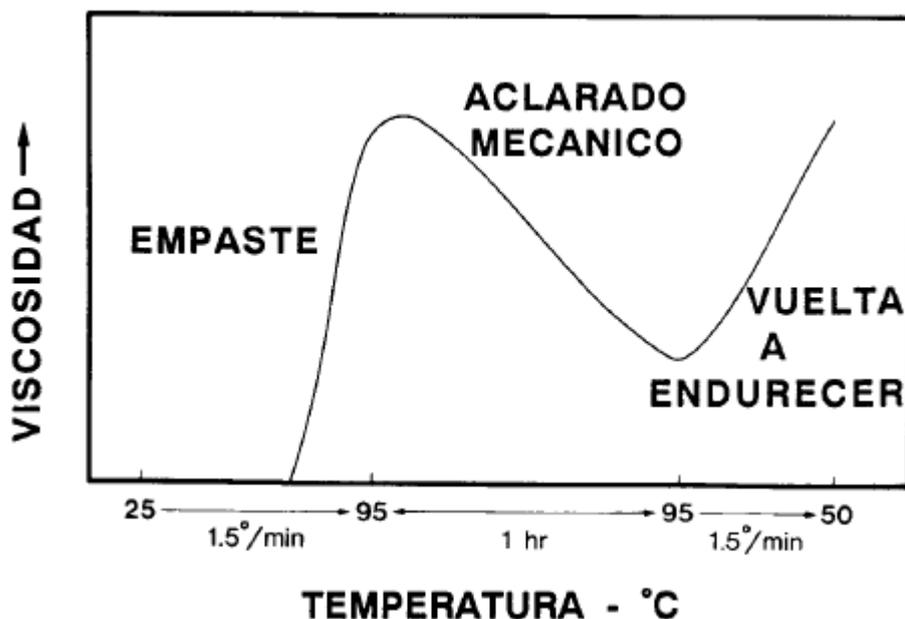


Gráfico 5: Amilograma de un sistema almidón-agua mostrando empaste, aclarado mecánico y vuelta al endurecimiento. Fuente Principios de ciencia y tecnología de los cereales.

1.6.2.2. 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%.

1.6.2.3. 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.

1.6.2.4. 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.

1.6.3. 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:

- 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.

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, la cual arrastrará el almidón y demás constituyentes solubles quedando el gluten. Una vez aislado se observa que el gluten posee unas propiedades características (cohesividad, extensibilidad, elasticidad) propias de la masa panaria.

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.
- **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.

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.

1.6.4. 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. Aún 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.

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%.

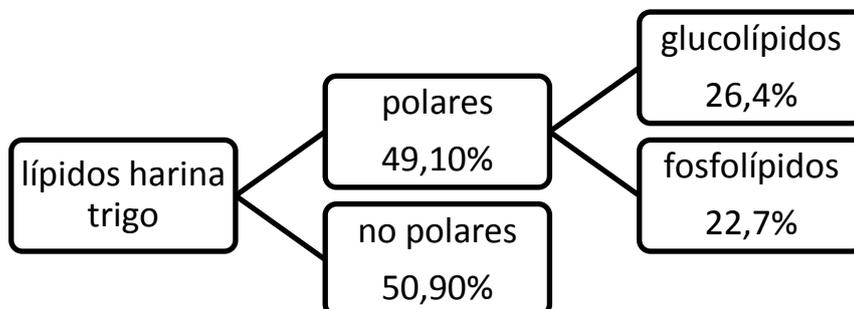


Gráfico 6: Composición total de los lípidos de la harina de trigo.

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. 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 o que a su papel en el proceso de panificación se refiere:

- Los lípidos enlazados dentro del gránulo de almidón con las cadenas helicoidales de amilosa, fundamentalmente monoacilos.
- 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.

1.6.5. 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. Además el ácido fítico se puede combinar con numerosos iones reduciendo su asimilación en el organismo. En los granos de trigo existen fitasas que en condiciones adecuadas pueden hidrolizar la fitina con la consiguiente liberación de fosfatos, esto ocurre por ejemplo en el proceso de fermentación de la masa panaria.

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.

El contenido en sales minerales en el grano de trigo es muy variable y depende de muchos factores como la variedad, el tipo de terreno, la fertilización y el clima.

1.6.6. 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 pantoteico 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.

Tabla 3: Reparto de minerales y vitaminas (%) en las fracciones del grano de trigo. Fuente principios de ciencia y tecnología de los cereales.

Fracción	Minerales	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Fosfato de piridoxal	Ac pantoténico
Cubiertas	7	1	5	4	12	9
Germen	12	64	26	2	21	7
C.aleurona	61	32	37	82	61	41
Endospermo	20	3	32	12	6	43

CAPÍTULO II:

LA MOLIENDA DEL TRIGO

Contenido

1.	MOLIENDA DEL TRIGO.....	40
1.1.	DEFINICIÓN.....	40
2.	LIMPIA Y ACONDICIONADO DEL TRIGO.....	40
2.1.	PROCESO GENERAL DE FABRICACIÓN DE UNA HARINA.	40
2.1.1.	Recepción, antelimpia y ensilado.....	40
2.1.1.1.	Recepción.....	41
2.1.1.2.	Antelimpia.....	41
2.1.1.3.	Almacenamiento del cereal.....	42
2.1.1.4.	Limpieza y acondicionado del cereal.....	43
2.1.1.6.	Acondicionado.....	44
2.2.	Maquinaria utilizada.....	46
3.	MOLIENDA.....	57
3.1.	Principio de la molienda.....	57
3.2.	Molienda o molturación.....	57
3.3.	Diagrama de molienda.....	58
3.4.	Maquinaria y bienes de equipo.....	63
3.4.1.	Molino de cilindros.....	63
3.4.2.	Plansichter.....	67
3.4.3.	Sasor.....	70
3.4.4.	Cepilladora de salvado.....	71
3.4.5.	Disgregador.....	72

MOLIENDA DEL TRIGO

DEFINICIÓN

“Molienda y molturación, (R.T.S. para la Elaboración, Circulación y Comercio de las Harinas y Sémolas de Trigo y Otros Productos de su Molienda, para Consumo Humano, B.O.E. del 6 de Julio de 1984) es la operación mediante la cual los granos de cereales y leguminosas, libres de materia extrañas (semillas adventicias, cuerpos extraños y granos diversos) y debidamente dispuestos, son triturados y reducidos a partículas de diversos tamaños separables entre sí por medios mecánicos”.

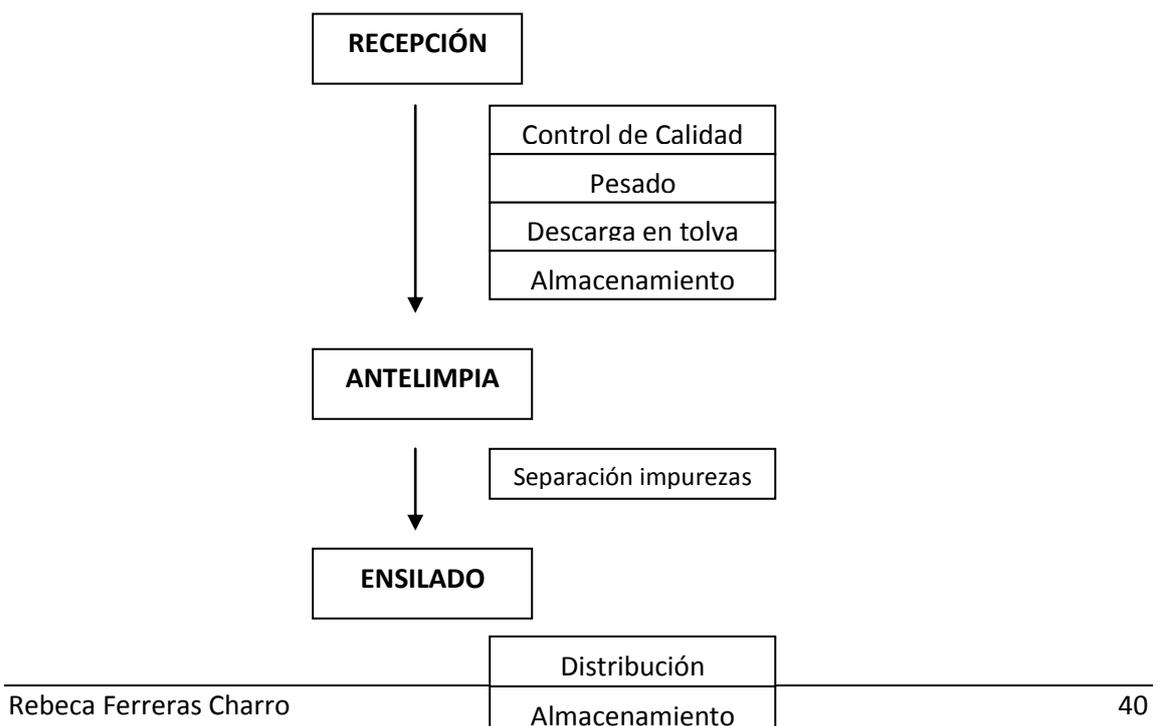
La molturación del trigo generalmente implica la eliminación del salvado, es decir, el pericarpio, las cubiertas de la semilla, la epidermis nucelar y la capa de aleurona. Además generalmente se elimina el germen por ser relativamente rico en lípidos, lo cual provoca que el producto se enrancie más rápidamente disminuyendo así su calidad.

La molturación trata de separar las partes anatómicas del grano lo más limpiamente posible.

2. LIMPIA Y ACONDICIONADO DEL TRIGO

2.1. PROCESO GENERAL DE FABRICACIÓN DE UNA HARINA.

Recepción, antelimpia y ensilado.



Recepción

El trigo se transporta a granel y se almacena en silos en las zonas de producción, en nudos de comunicación, almacenes de cooperativas o directamente en las fábricas de harinas. Antes de ser aceptado un lote de grano es sometido a un análisis de control de calidad. La toma de muestras puede ser manual, o bien automáticamente mediante un brazo hidráulico que toman muestras del chorro de grano durante la carga y descarga. El análisis conlleva la determinación del peso por hectolitro y determinación rápida del contenido en impurezas y humedad.

Tanto durante la recepción del trigo que será molido como a lo largo de todo el proceso de molienda se produce la recogida del polvo que se genera, el cual habitualmente es peletizado (pellets) y usado para alimentación animal o para ser quemado. La recogida del polvo tiene doble interés: por un lado el valor económico de la venta del subproducto y por otra parte disminuye el riesgo de explosión ya que es potencialmente explosivo.

Tras el control de calidad el grano se somete al pesado. La mayoría de las harineras dispone de una báscula para las cargas que entran y salen. En la báscula se realizan dos pesadas: una con el camión cargado y la otra con el camión vacío, registrándose el peso del trigo.

Seguidamente el trigo se descarga en la tolva de recepción constituida por un foso de hormigón armado. De ahí pasa a la antelimpia.

Antelimpia

Tras la descarga el trigo se envía mediante elementos de transporte a la antelimpia donde se realiza una limpieza somera del producto.

La antelimpia o prelimpia pretende eliminar parte de las impurezas que acompañan al cereal para evitar los inconvenientes que provocan:

- Dañan y desgastan las máquinas que actuarán posteriormente durante la limpia.
- Ocupan espacio en los silos, disminuyendo por tanto la capacidad de almacenamiento.

- Influyen negativamente en la calidad del cereal ya que incrementan el riesgo de desarrollo de microorganismos y el ataque de plagas durante el almacenamiento posterior.
- Atascan la salida de los silos.
- Favorecen la acumulación de polvo con el consecuente riesgo de explosiones.

La principal maquinaria utilizada en la antelimpia es:

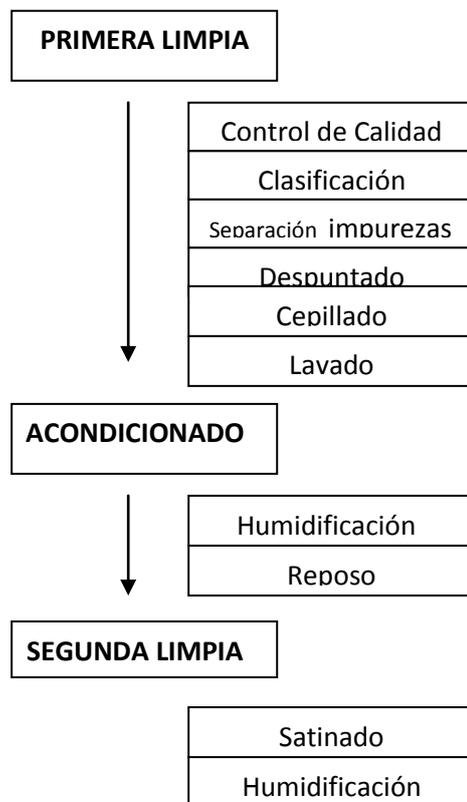
- Máquinas para la separación de impurezas gruesas: criba de tambor.
- Máquinas para la separación de impurezas gruesas y finas: separador.
- Báscula para el control del flujo.
- Imán.

Almacenamiento del cereal

Tras la antelimpia el cereal es almacenado en silos de almacenamiento hasta el momento de ser utilizado en el proceso.

El almacenamiento del cereal se realiza en un silo compuesto generalmente de diversas celdas. Normalmente en cada celda se almacena el cereal por variedades.

Limpieza y acondicionado del cereal



Limpia

El objeto de esta fase es liberar al cereal de todas las impurezas que acompañan a este. Las impurezas más frecuentes son:

- Materias vegetales: semillas de malas hierbas, granos de otros cereales, residuos de plantas, pajas, palos, etc.
- Materias animales: excrementos y pelos de roedores, insectos, ácaros.
- Materias minerales: barro, polvo, piedras, objetos metálicos, etc.
- Otras impurezas: cuerdas, basura diversa...

El porcentaje de suciedad puede oscilar desde un 1-3%.

Los principios básicos en los que se fundamentan las máquinas utilizadas en este proceso son los siguientes:

- Separación por diferencia de tamaño: Los equipos disponen de tamices o cribas cuya función es eliminar las partículas más grandes y más pequeñas que el tamaño del grano de trigo. (Ej. Monitor)

- Separación por diferencia de peso específico: Se pretende separar aquellas impurezas con tamaño similar al del grano de trigo y que no han podido ser separados por los tamices anteriormente descritos ya que tienen diferente peso específico o densidad; es decir mismo volumen pero diferente masa. Para la separación se dispone de máquinas que utilizan la aspiración. (Ej. Deschadora, canal de aspiración, tarara, etc.)

- Separación por diferencia de forma: Se pretende separar las semillas que acompañan al grano del trigo y presentan una forma diferente al mismo. (Ej. Carter, triarvejones, etc.)

- Separación por magnetismo: Aprovecha la capacidad que poseen las partículas metálicas para ser atraídas por un imán. Los imanes aparecerán en diferentes puntos del proceso para evitar los efectos negativos de las partículas metálicas.

- Rozamiento de la superficie: Combinación de varios principios ya que en primer lugar se somete a los granos a un rozamiento o fricción entre ellos mismos y la propia máquina de manera que se consigue limpiar la superficie del cereal. A continuación se eliminan las partículas desprendidas del grano por diferencia de tamaño gracias a una camisa perforada. (Ej. Despuntadoras, etc.)

Acondicionado

El acondicionado es la preparación física del grano, de manera que se facilite su posterior molienda aumentando uniformemente su humedad (mediante adición de agua seguida de un periodo de reposo), para mejorar su comportamiento tecnológico en la molienda.

El acondicionado se realiza por los siguientes motivos:

- Hacer las capas envolventes más flexibles y resistentes

- Facilitar la separación del parénquima y de las capas envolventes

- Aumentar la superficie del grano, para una mejor trituración, ya que al absorber agua, el grano se hincha aumentando su volumen.
- Ahorro energético
- Aumento del rendimiento de los cernidos
- Aumento de la extracción.

Los objetivos del acondicionado son los siguientes:

- Distribución uniforme del agua en la superficie del grano
- Los granos deben ser acondicionados según sus características: variedad de trigo, humedad inicial, humedad ambiental, dureza del grano, tamaño, vitreosidad...
- Hay que limitar en lo posible las oscilaciones de humedad.

Para el acondicionado se realizan dos rociados:

- ❖ El trigo es llevado al primero rociador donde es humedecido hasta alcanzar la humedad deseada. Una vez humedecido el trigo, avanza a través de un silo de expansión consiguiendo que el trigo tome el agua de una forma uniforme, alcanzándose su volumen final
- ❖ Se deja reposar el trigo en los silos de primer acondicionado durante aproximadamente 15 horas dependiendo de las características del trigo.
- ❖ El cereal es conducido al segundo rociador donde el trigo es humedecido para alcanzar la humedad adecuada para su trituración permaneciendo en los silos de segundo acondicionado un tiempo aproximado de 6 horas, dependiendo de las características de cada clase de trigo. La humedad del trigo debe ser tal que la cáscara sea lo suficientemente resistente y no se agriete en el proceso de rotura y por otro lado se separe fácilmente.

MAQUINARIA UTILIZADA

➤ CRIBA DE TAMBOR: prelimpia

Consta de un tamiz cilíndrico de chapa perforada donde se realiza la separación de las impurezas gruesas del grano. El producto es depositado en el interior del tambor giratorio, de forma que el grano atraviesa el tamiz del tambor mientras que el producto que no lo atraviesa (impurezas gruesas), es enviado por la rotación y forma del tambor al final de la máquina donde se realiza la salida de restos. El tamiz dispone de un sistema de desentrape bien por cadenas o mediante cepillos.

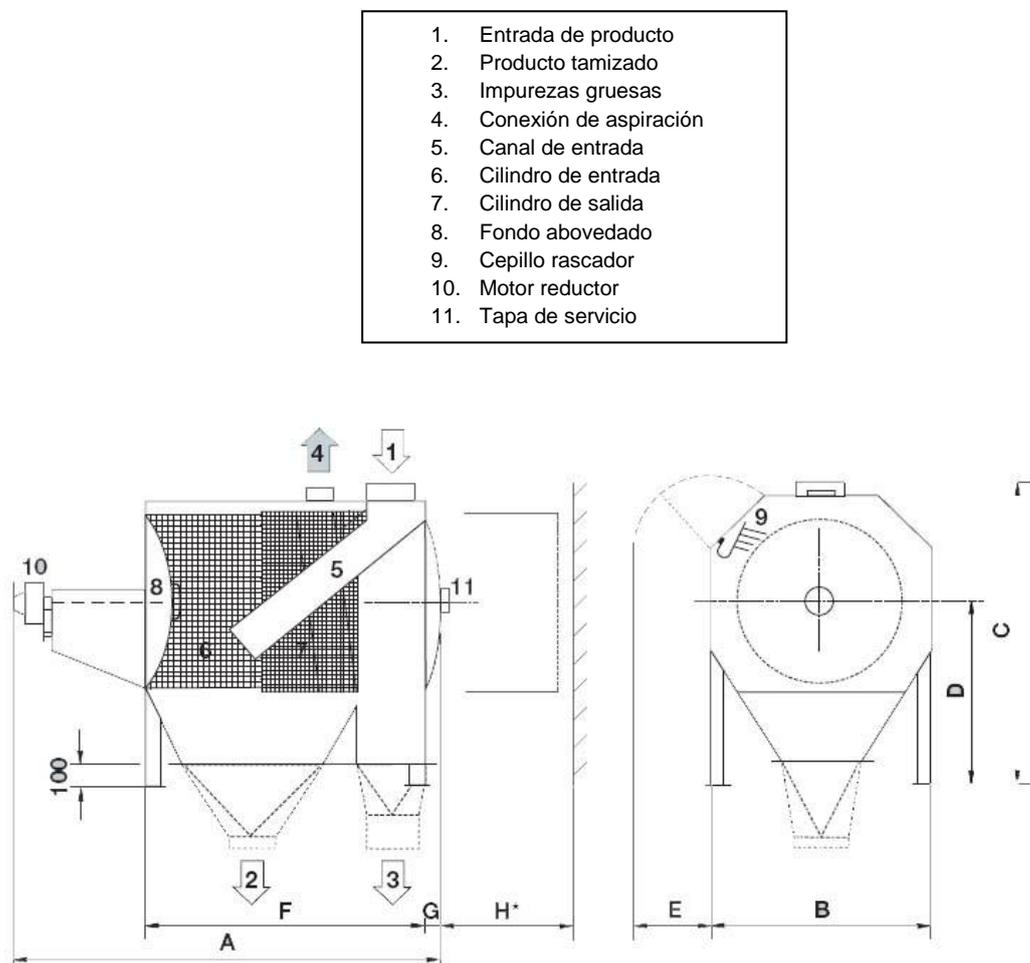


Ilustración 2: Criba de Tambor. Cortesía de Buhler

➤ SEPARADOR O MONITOR: prelimpia, limpia

Es una máquina que separa impurezas mediante cribas o tamices, su principio de funcionamiento se basa en la diferencia de tamaño existente entre el grano de trigo y las impurezas.

La diferencia en la utilización en la antelimpia y en la limpia es el tamaño de la perforación del tamiz. El monitor dispone de dos tamices, uno para la separación de impurezas gruesas y otro para las finas.

Con el fin de favorecer el avance del producto, los tamices se encuentran inclinados en pendiente descendiente desde la entrada a la salida.

El trigo llega directamente sobre el primer tamiz donde quedan retenidas las impurezas mayores que el cereal, el cual lo atraviesa y pasa al tamiz de arena destinado a separar las partículas más finas. En este último tamiz queda retenido el cereal que avanzará hasta la salida correspondiente.

- A Entrada de producto
- B Salida de producto
- C Conexión de aspiración
- D Salida lateral de residuos gruesos
(granos gruesos, cordeles, partículas de paja, etc.)
- E Salida de residuos finos (granos partidos, arena, etc.)
- F Criba de residuos gruesos
- G Criba de arena

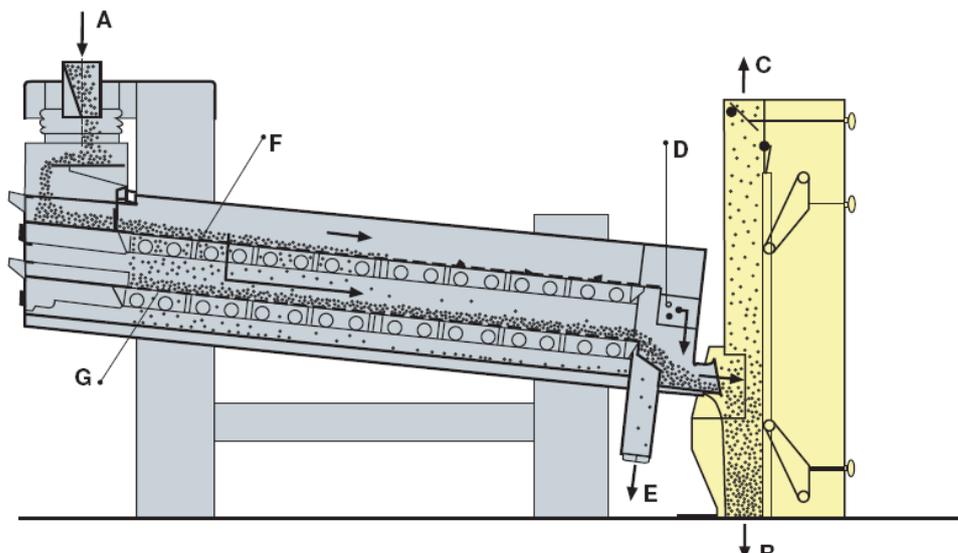


Ilustración 3: Separador o monitor. Cortesía de Buhler

➤ CANAL DE ASPIRACIÓN: prelimpia, limpia.

El monitor suele llevar acoplado al a salida del cereal un canal de aspiración o una tarara, ambas máquinas se encargan de eliminar las impurezas ligeras que acompañan al cereal (polvo, cascarillas, granos vanos, etc) mediante una corriente de aire contraria al avance del trigo (ascendente), de forma que arrastra con él todas las impurezas más ligeras que el grano.

➤ SEPARADOR INTERMEDIO: prelimpia, limpia.

El principio de trabajo consiste en hacer pasar el aire junto con los restos por una sección cada vez más estrecha, de manera que el aire adquiere mayor velocidad produciéndose turbulencias.

A continuación, el aire cargado de impurezas se encuentra en una zona de paso de mayor sección de manera que pierde velocidad y no es capaz de arrastrar las partículas más pesadas produciéndose la decantación de estas hacia su salida correspondiente. El aire a la salida llevará únicamente polvo, el cual se separará mediante filtros.

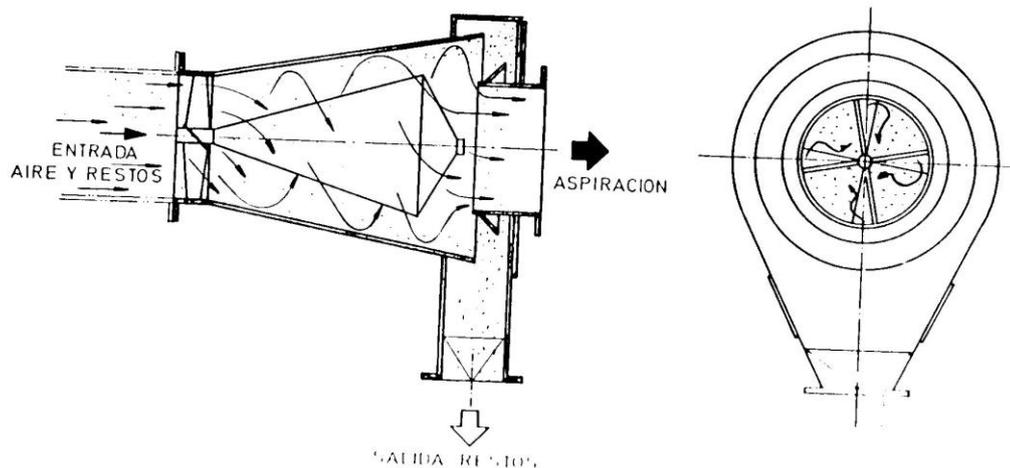


Ilustración 4: Separación intermedia. Cortesía de Buhler

➤ TARARA: prelimpia, limpia

Máquina parecida al canal de aspiración, la diferencia existente entre ellas es que la tarara consta de una cámara de expansión para la separación de las impurezas del aire por lo que no es necesaria la colocación del separador intermedio ya que dicha cámara realiza esa función.

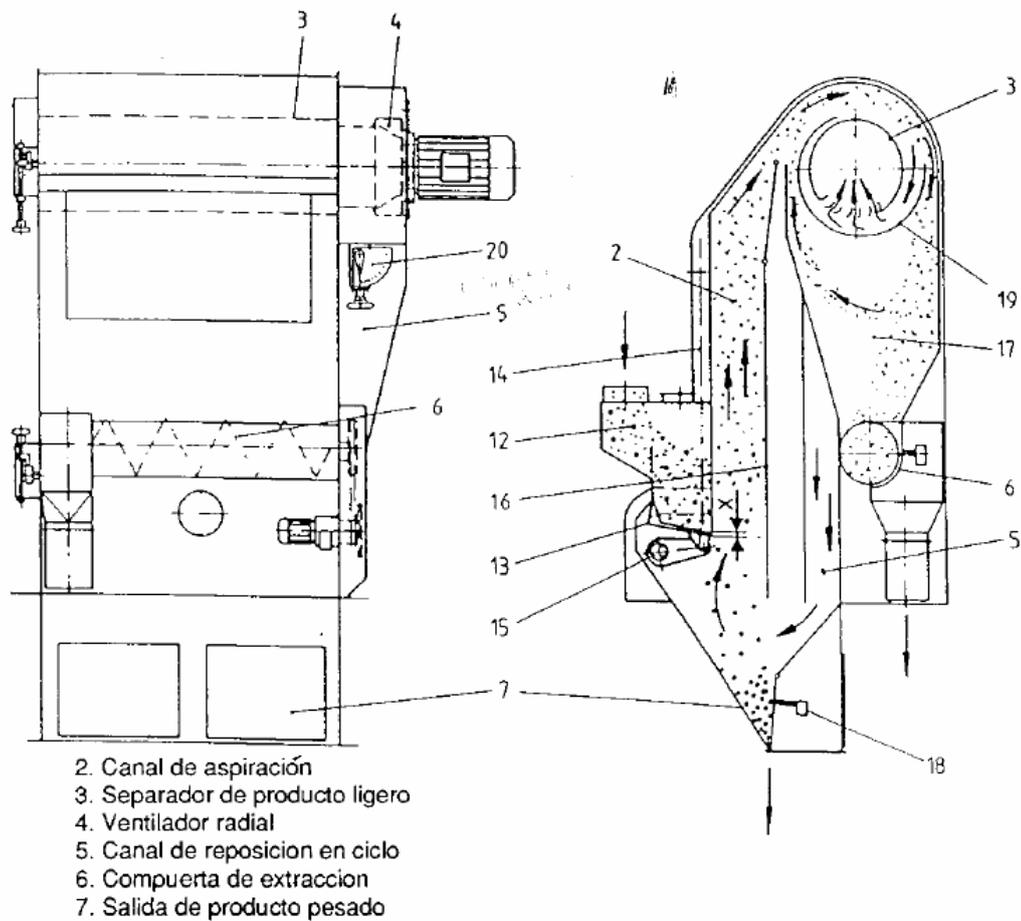


Ilustración 5: Tarara. Cortesía de Buhler

➤ BÁSCULA: prelimpia.

Permite conocer la cantidad de trigo prelimpio que se va a almacenar y por comparación con el peso inicial de la báscula puente, se puede determinar la cantidad de impurezas eliminadas.

➤ **IMÁN:** prelimpia, limpia

Eliminan las partículas metálicas de la corriente del cereal evitando así el daño que pueden producir en las máquinas evitando la posibilidad de producción de chispas que puedan provocar explosiones.

➤ **DOSIFICADOR:** limpia.

A la salida de los silos, se utilizan dispositivos de dosificación y mezcla antes de dirigir el trigo a las máquinas de limpia. La dosificación del cereal se puede hacer por volumen o por peso.

➤ **DESPUNTADORA:** limpia.

Mediante esta máquina se limpia la superficie del grano eliminando las impurezas o suciedad adherida. Este equipo lo encontramos en la segunda limpia donde su misión será separar las capas envolventes más externas del cereal.

La despuntadora consta de una carcasa externa en cuyo interior se encuentra un eje o rotor con paletas rodeado por una camisa metálica perforada (tamiz cilíndrico). El efecto de trabajo se consigue mediante:

- Rozamiento de los granos entre sí
- Rozamiento de los granos con la camisa perforada
- Rozamiento de los granos con las paletas batidoras

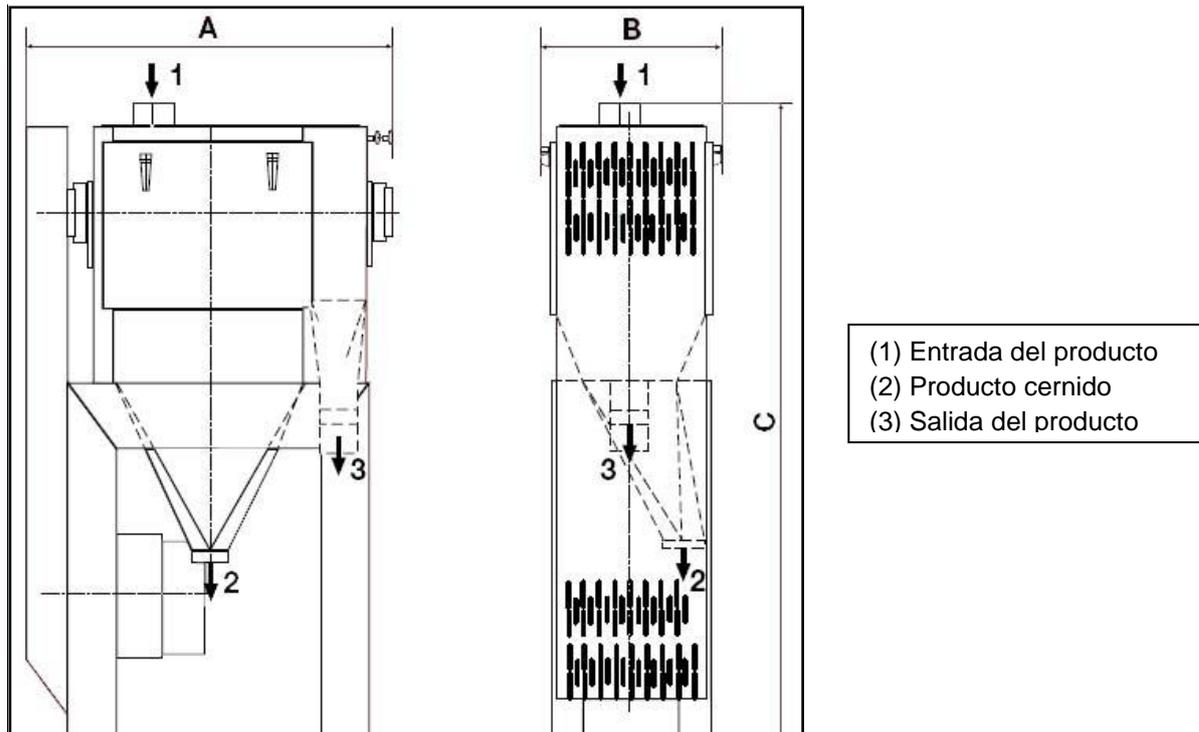


Ilustración 6: Despuntadora. Cortesía de Buhler

➤ **DESCHINADORA:** limpia

Antiguamente se realizaba una limpia por vía húmeda en la que se utilizaba un equipo denominado lavadora, mediante el cual se conseguía limpiar la superficie del grano, realizando la función de despuntadora, deschinadora y rociador. Debido al gran consumo de agua y a los problemas de contaminación ocasionados por las aguas residuales se ha instalado la limpieza por vía seca.

Los principales componentes de la deschinadora son los siguientes:

- Criba tipo sándwich: se denomina así al conjunto formado por una tela metálica con finas perforaciones que posee resaltes y una chapa perforada, separadas ambas por unos 0-25 mm, la cual forma un plano inclinado sobre el que cae el flujo del producto.
- Motor vibratorio: que le imprime un movimiento vibratorio a la criba
- Aspiración: sobre el tamiz existe una campana de aspiración que se conecta directamente a un ventilador exclusivo para la deschinadora. La regulación del aire que atraviesa la criba debe ser tal que no consiga levantar las partículas

más densas (piedras) y mantengan en suspensión las partículas de menor densidad (trigo). Deberá formarse un colchón de aire gracias a la depresión generada por la aspiración.

El funcionamiento es el siguiente:

- Guiar las partículas más densas hacia la parte superior evitando su deslizamiento por la criba gracias a las ondulaciones de la misma. Las piedras son recogidas por la salida superior
- Mantener al trigo en suspensión sobre el plano cayendo por ello a la parte inferior del mismo, donde se realiza la salida del cereal.

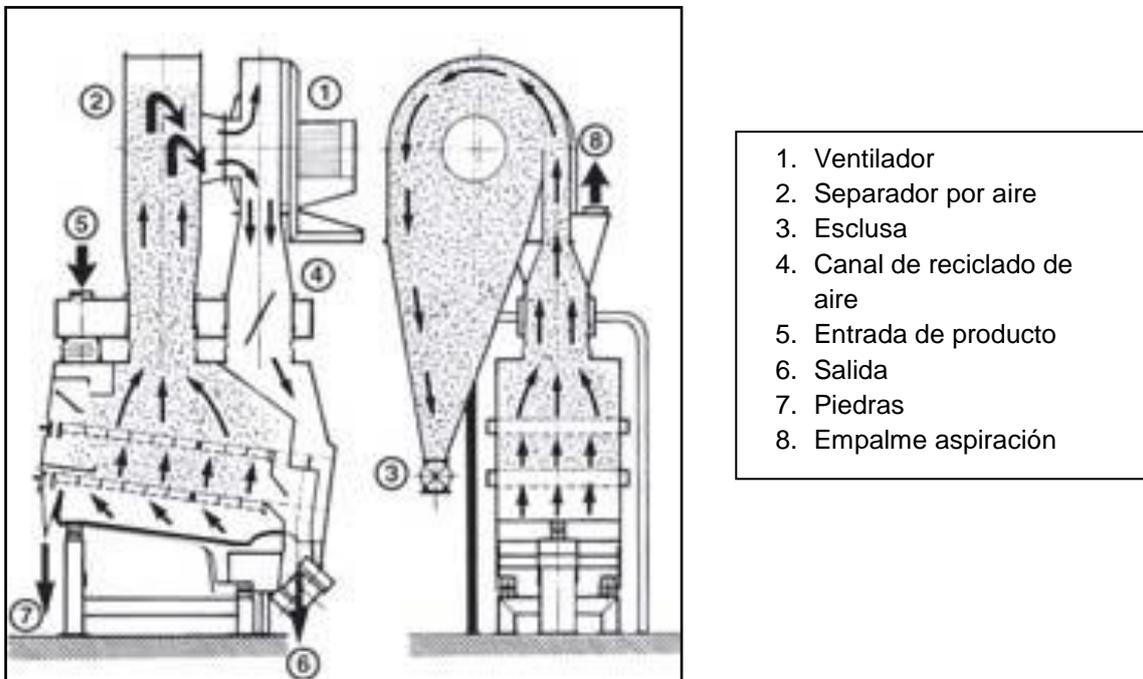


Ilustración 7: Deschinadora. Cortesía de Buhler

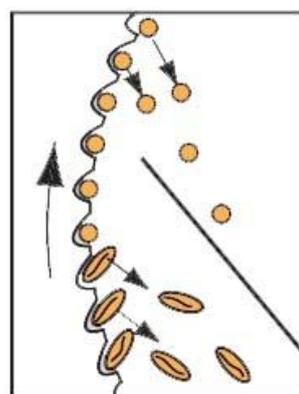
➤ TRIARVEJONES: limpia

Esta máquina trabaja clasificando las semillas en función de la forma que presentan. El elemento principal de este equipo es un cilindro de acero de 600 mm de diámetro cuya superficie inferior consta de unas hendiduras o alveolos en forma de células.

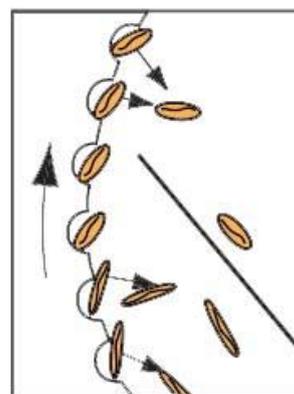
El interior del tambor dispone de una artesa colectora con una rosca sinfín que recibirá las semillas atrapadas en las hendiduras y las dirigirá a la salida correspondiente.

Existen triarvejones de tambor para grano redondo y triarvejones de tambor para grano largo diferenciándose únicamente por la forma de las hendiduras lo que motiva que el trigo sea recogido en diferentes puntos:

- Alveolo esférico (5 mm): retiene granos silvestres y de trigos rotos. El trigo sale por la cola
 - Alveolo ovoidal (10 mm): retiene el trigo. Rechaza la avena y la cebada, que salen por la cola
 - De repaso para trigo pequeño.
- Triarvejones de grano redondo: las hendiduras tienen la forma óptima para retener las semillas redondeadas y no así el trigo. Debido al giro del tambor y a la fuerza centrífuga generada, solo las semillas redondeadas que encajan perfectamente en las células se mantienen retenidas hasta alcanzar la parte superior, momento en el que la fuerza de gravedad supera a la fuerza centrífuga y caen en la artesa colectora.
- Triarvejón de grano largo: las células permiten que los granos de trigo encajen pero no así las semillas alargadas, de manera que la corriente principal de trigo se recoge en la artesa colectora.



Selección de grano redondo



Selección de grano largo

- SEPARADOR HELICOIDAL O EN ESPIRAL: limpia.

Se componen de una columna apoyada sobre un pie, en la que se monta una espiral con forma de tornillo con tres o cuatro pasos completos formado un doble canal de chapa, uno interior con forma cónica y uno exterior con una chapa lateral de cierre. De la parte superior a la inferior lleva un plano inclinado con diámetro que aumenta desde 400 a 700 mm. Este equipo clasifica por fuerza centrífuga, ya que sometidas a la misma fuerza centrífuga, las partículas redondas con superficie lisa ruedan mejor que las redondas con superficie rugosa y éstas mejor que las angulosas, de manera que las que mejor ruedan tienden a irse a la parte más exterior de la curva.

Llevan instaladas tres salidas saliendo por la parte interior los granos partidos, por la del medio lo granos semirredondos y por la exterior los redondos.

➤ **SEPARADOR CARTER:** limpia

Está compuesto de una carcasa externa de chapa en cuyo interior se encuentra un eje sobre el que van montados unos discos de fundición de acero. Cada disco lleva en ambos lados celdillas siendo su forma y tamaños adecuados para la clasificación a realizar.

El producto entra por un lado de la máquina siendo transportado por una rosca al otro extremo. Los discos giran sumergidos aproximadamente hasta la mitad en la masa del cereal, de forma que las semillas a separar se introducen en las celdas y al llegar al punto más alto de giro, caen en unos canales de extracción situados entre los discos y son dirigidos a la tolva de salida. El producto principal saldrá de la máquina por su parte posterior.

Se pueden combinar discos de diferentes cavidades para la separación de grano redondo y la de grano largo.

➤ **HUMIFICADOR:** acondicionado

- Rociador de vasos: el propio flujo de producto acciona una rueda de paletas que mediante un accionamiento hace girar una rueda con vasos sobre un recipiente con un nivel constante de agua, consiguiéndose con ese movimiento el llenado de los vasos que dejan caer el agua sobre la rosca de mezclado.

La cantidad de agua añadida dependerá de los siguientes factores:

- Cantidad de producto: cuanto más producto más rápido girará la rueda
- Número de vasos: se podrá variar invirtiendo su posición
- Regulador de humedad en continuo: este dispositivo permite acondicionar trigos con diferente humedad inicial, de forma que se consigue alcanzar una humedad final previamente establecida independientemente de la humedad inicial del trigo. Estos equipos se caracterizan por realizar:
 - Medición en continuo de la capacidad en toneladas por hora
 - Medición permanente de la humedad del trigo
 - Control instantáneo de la densidad del producto
 - Medición de las oscilaciones en la temperatura del trigo

- **ROCIADOR INTENSIVO:** acondicionado

Consta de una carcasa metálica y cilíndrica en cuyo interior va colocado un rotor de paleta. El efecto del rociador se consigue por:

- El giro rápido del rotor que provoca que el agua empiece a penetrar en el grano. La velocidad del rotor varía entre 1000 y 1500 rpm.
- El rozamiento de los granos entre sí y con las paletas y la carcasa de las máquinas, lo que origina que el reparto del agua sea homogéneo.

Tras la adición de agua y el paso por una rosca o por el rociador intensivo, el trigo pasará por un depósito de expansión antes de los de reposo. En el depósito de expansión el trigo se mantiene en constante movimiento, es decir, los recorre lentamente durante aproximadamente una hora. Las funciones del depósito de expansión son las siguientes:

- Evitar problemas al descargar el trigo de los silos de reposo: al añadir el agua al trigo este comienza a absorberla y se hincha lo que implica que si se llevara

directamente a los depósitos de reposo, se apelmazaría y sería muy difícil su posterior descarga.

- Gracias al agua añadida y al rozamiento que sufren los granos entre sí por el continuo movimiento, se desprenden partes del salvado.

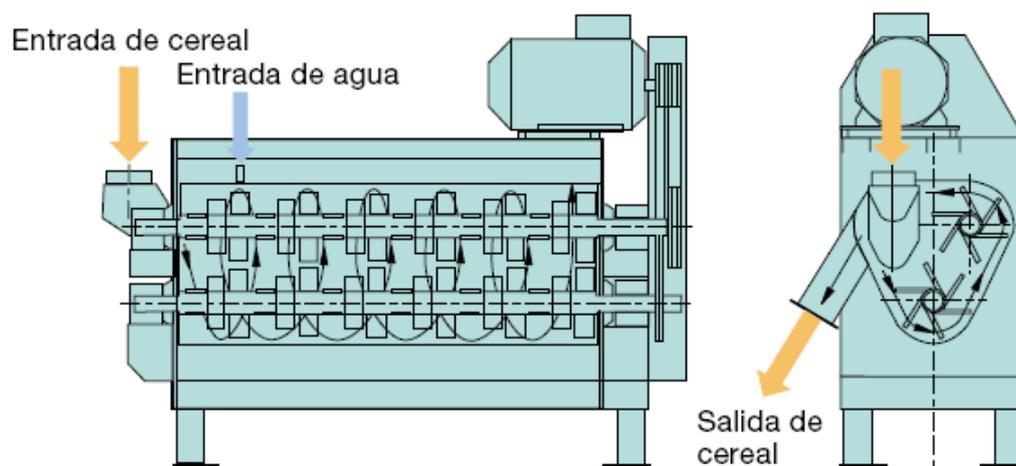


Ilustración 8: Rociador intensivo. Cortesía de Buhler

3. MOLIENDA

PRINCIPIO DE LA MOLIENDA

El principio fundamental de la molienda es abrir cada grano de trigo, raspar el endospermo del salvado y moler posteriormente el endospermo en el estado más puro posible; los objetivos son los siguientes:

- Separar lo más completamente posible el endospermo del salvado y del germen, que son rechazados de forma tal, que la harina quede libre de restos de salvado
- Reducir la mayor cantidad de endospermo a finura de harina, para conseguir la máxima extracción de harina blanca.

MOLIENDA O MOLTURACIÓN.

La molienda o molturación es la operación mediante la cual los granos son triturados y reducidos a partículas de diversos tamaños, separables entre sí por medios mecánicos.

Hasta la obtención de la harina se realizan diferentes operaciones con diferentes máquinas, con el objetivo de obtener el mayor rendimiento posible en harina de la calidad deseada.

Las operaciones que se van a realizar durante la molienda son las siguientes:

- Trituración: su objetivo es abrir el grano e intentar separar el endospermo del salvado. Mediante las trituraciones se pretende extraer o quitarles al salvado toda la harina evitando romper demasiado el salvado ya que se puede producir polvo de salvado que incrementaría el porcentaje de cenizas.
- Clasificación: consiste en la separación de las partículas obtenidas en los molinos según su tamaño. Mediante esta clasificación se pueden distinguir los siguientes grupos ordenados de mayor a menor tamaño de partícula: fractura gruesa, fractura fina, sémolas, semolinas y harinas. En general e independientemente del tamiz que se trate, se conoce como “producto cernido” al que atraviesa el tamiz y “producto rechazado o colas” el que siendo de mayor tamaño, no consigue atravesar el tamiz.

- Limpieza de sémolas y semolinas: se realiza una clasificación por peso específico y tamaño de manera que a igual tamaño, aquellas partículas con mayor proporción de endospermo son más densas obteniéndose:
 - o Salvado volátil: la parte más ligera y no lleva endospermo por lo que se elimina por aspiración
 - o Sémolas sucias que serán enviadas a una desagregación con el objetivo de separar el salvado del endospermo.
 - o Sémolas limpias: que serán enviadas a las compresiones
- Compresiones: reducción del tamaño de las partículas hasta obtener la harina.
- Desagregación: consiste en liberar las sémolas sucias o vestidas de las partes envolventes que llevan adheridas, obteniendo partículas de endospermo libres de salvado.

DIAGRAMA DE MOLIENDA

Se entiende por diagrama en molinería, al dibujo esquemático de los distintos procesos de elaboración; muestra el camino o trayectoria que sigue el material desde el momento en que entra en la planta, bajo la forma de grano, se almacena, pasa por la limpia, acondicionado, y el sistema de molienda para su posterior almacenamiento.

El objetivo del diagrama es hacer comprender la función de todas las máquinas de la fábrica, su sucesión y la marcha de los productos de manera clara y sin tener en cuenta la ubicación de las máquinas en el interior del edificio.

A la hora de desarrollar el diagrama se debe tener en cuenta:

- Una vez separados los productos limpios de los sucios, no deben mezclarse nunca.
- Todos los productos deben avanzar continuamente, nunca se debe enviar un producto a una máquina por la que ya ha pasado.
- Se debe enviar lo más rápido posible a los silos de subproducto y por el camino más corto el salvado terminado en cualquier parte del diagrama.

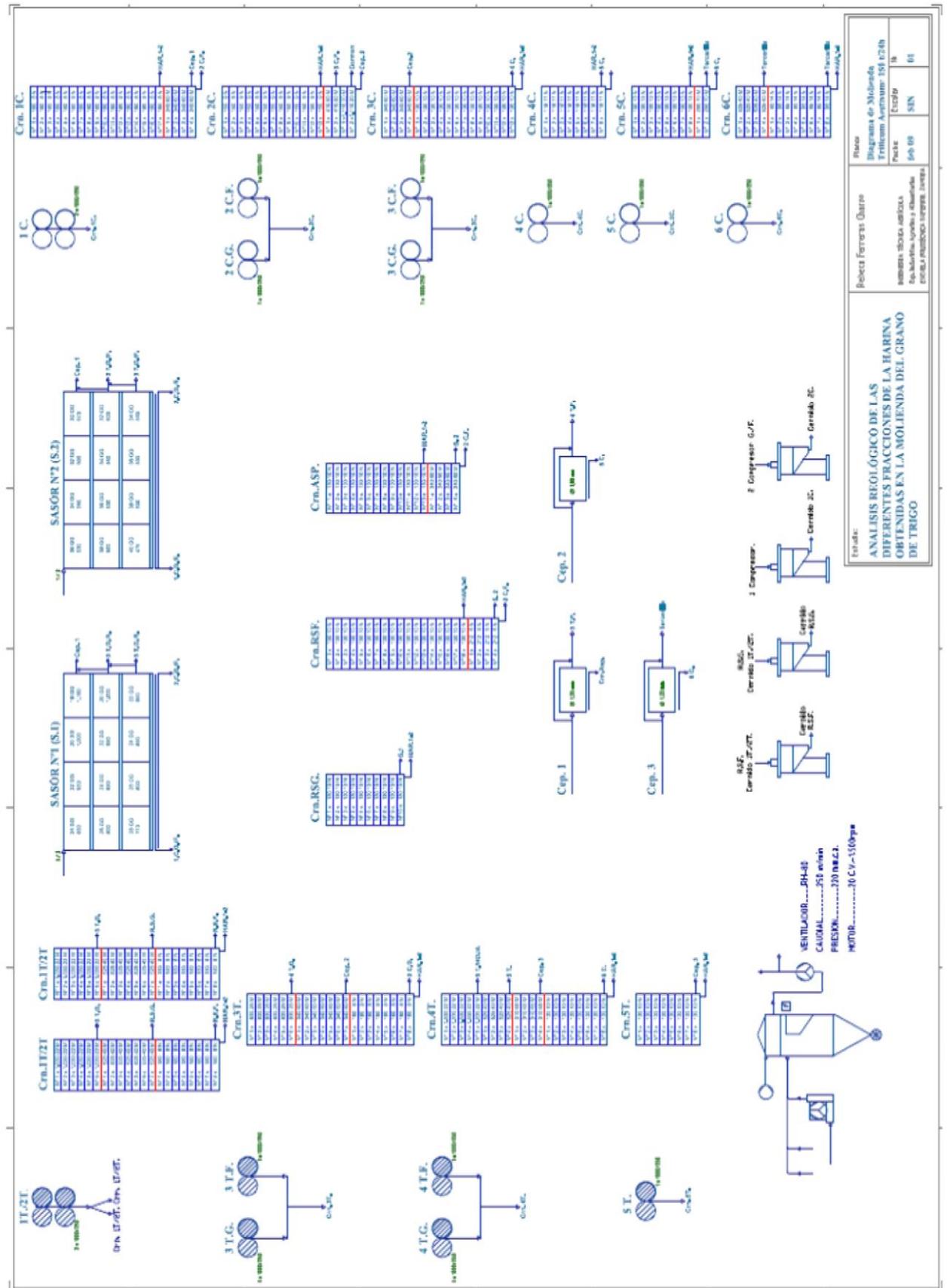
- Se agruparán los productos que pasan a las compresiones de forma que el margen de variación en el tamaño de las partículas que van a una misma compresión sea lo más reducido.

En el diagrama de molienda se diferencian los siguientes procesos de trabajo:

- Trituración: hay que conseguir que la cáscara se separe del endospermo sin dañarlo, y produciendo el mínimo de harina de rotura y el máximo de sémola
- Clasificadores: la mezcla que se produce en las roturas es tamizada y clasificada en sémolas, semolinas y harinas.
- Limpieza de sémolas: las sémolas y semolinas son limpiadas de los restos de salvado.
- Desagregación: los restos de salvado pegados a las sémolas son separados mediante el rozamiento ligero de unos cilindros.
- Compresión: las sémolas y las semolinas de primera calidad son molidas en los cilindros de las primeras pasadas de compresión; las semolinas que se producen en los siguientes cilindros, sémolas y semolinas de segunda calidad son molidos después de pasar por su fase de cernido en las últimas pasadas de la compresión.

A continuación se presenta el diagrama de molienda de la fábrica:

Análisis reológico de las diferentes fracciones de harina obtenidas en la molienda del grano de trigo



La molturación se basa en ir reduciendo el tamaño del cereal gradualmente e ir separando con cada reducción las partículas de endospermo de las de salvado.

Todo diagrama de molturación empieza por la primera trituración (T1), es decir, por el primero molino pasa todo el producto (trigo), y a partir de la clasificación que se realiza en el cernido del T1, el producto empieza a tomar distintos caminos. En la primera trituración se abre el grano y empiezan a producirse partículas de distintos tamaños que se clasifican en el cernedor.

Como norma general se realiza la siguiente clasificación:

- 3 productos
 - o Sémola gruesa: 1110-525 μ
 - o Sémola fina: 525-290 μ
 - o Semolina: 290-150 μ

Todas las partículas inferiores a 150 micras tienen el tamaño de harina y toda aquella partícula de un tamaño superior a 1110 micras se denomina fractura gruesa.

Teniendo en cuenta la clasificación realizada en el cernedor los cinco productos obtenidos se envían a distintas máquinas:

- La fractura gruesa se manda a la segunda trituración (T2), para poder seguir reduciendo el tamaño y seguir separando el endospermo
- Las sémolas gruesas se pueden mandar a un sador (S1) para mejorar la clasificación en función de su suciedad. Las sémolas sucias son las que llevan parte de salvado.
- Las sémolas finas se pueden enviar a un sador (S2) que clasifique las sémolas.
- Las semolinas que serán bastantes limpias se pueden llevar a otra calle de un cernedor (DIV), esta vez con todas las telas de harina para separar toda la harina posible.
- La harina obtenida en esta primera trituración se manda a la rosca de la harina que es transportada a los silos.

La parte de mercancía que ha ido a la segunda trituración (T2), tras su paso por el molino se vuelve a clasificar en los mismos grupos anteriores mandándolos a las máquinas adecuadas, lo más grueso a la siguiente trituración y las sémolas en función de su tamaño y limpieza serán enviadas a los sadores.

La parte de mercancía que ha ido al sador (S2) se clasifica por su pureza, en el caso de sémolas, la parte más sucia y más grande se manda a las últimas trituras, T3 o T4, las partículas más pequeñas y limpias son enviadas a la primera compresión C1, para reducirlo, y en el caso de productos intermedios se pueden enviar a las cepilladoras para poder separar el endospermo pegado al salvado.

Las sémolas finas obtenidas en el sador (S2) se suelen enviar a las compresiones C2...

El resto de las trituras sigue el mismo principio de las dos primeras, es decir reducir y separar el endospermo del salvado hasta que se tiene salvado que se mandan a las cepilladoras que rascan el salvado tratando de mejorar el rendimiento.

Por último, las compresiones limpias básicamente van reduciendo el tamaño, sacando la harina del diagrama y enviando los productos que no tienen el tamaño de harina a la siguiente compresión para ir reduciendo progresivamente el endospermo.

Se obtienen 14 tipos diferentes de harinas las cuales denominaremos:

- T1, T2, T3, T4, T5, a las fracciones procedentes de los trituradores
- C1, C2, C3, C4, C5, C6, a las fracciones procedentes de los molinos de compresión
- ASP fracción de la harina recuperada de los circuitos de aspiración, sobretodo de la aspiración de los sadores.
- RSF (repasso sémolas finas) y RSG (repasso sémolas gruesas).

Estas fracciones de harina son el objeto de estudio de este proyecto.

MAQUINARIA Y BIENES DE EQUIPO

Molino de cilindros

El acto de triturado o molienda se hace mediante cilindros que giran el uno hacia el otro, constituidos de dos en dos para formar pares.

Cada par funciona independiente del otro. En cada par, uno de los cilindros es ajustable lo cual permite acercarlos o alejarlos el uno del otro para graduar el tamaño de las partículas del producto que se obtiene. Este cilindro incorpora un resorte que permite que los cilindros se alejen el uno del otro mientras están funcionando en caso de que objetos grandes o pedazos de metal puedan pasar entre ellos sin dañar los cilindros.

Los cilindros son de fundición centrifugada, equilibrados dinámicamente, estriados o lisos, formando conjuntos de paquetes.

Cuando el producto entra al molino de cilindros, va a una cámara de alimentación o de distribución que está por encima de los cilindros y se mantiene allí hasta que el mecanismo alimentador lo deje caer sobre la superficie de trabajo de los cilindros. Este sistema de alimentación está constituido de un rodillo de pequeño diámetro y una compuerta ajustable.

Los cilindros que se utilizan para abrir los granos, son cilindros estriados. Las estrías siguen un recorrido helicoidal a lo largo del cilindro así que cuando los dos cilindros de un par giran uno hacia el otro, se van cruzando las estrías, produciendo una acción de corte, en lugar de aplastarlos cuando van pasando entre los cilindros.

Después de producir estos pedazos grandes de endospermo, llamados sémolas, se reducen o comprimen gradualmente en harina, principalmente con cilindros lisos. Aquí se necesita una acción de aplastamiento.

Para ayudar a la molienda, los cilindros de un par giran a velocidades diferentes, lo cual permite que uno de ellos (el rápido) trate de hacer pasar el producto mientras que el otro (el lento) trata de mantenerlo adentro. Esta velocidad diferencial varía con el tipo de molienda.

- En el caso de cilindros estriados suele ser 2,5/1, es decir, por cada vuelta completa que da el cilindro lento, el rápido da dos y media.

- En los cilindros lisos suele ser 1,25/1.

Esta velocidad diferencial hace que las partículas sean sometidas a dos efectos, efectos de compresión y efectos de cizalla. Si ambos cilindros girasen a la misma velocidad, únicamente se conseguiría aplastar el grano y no romperlo.

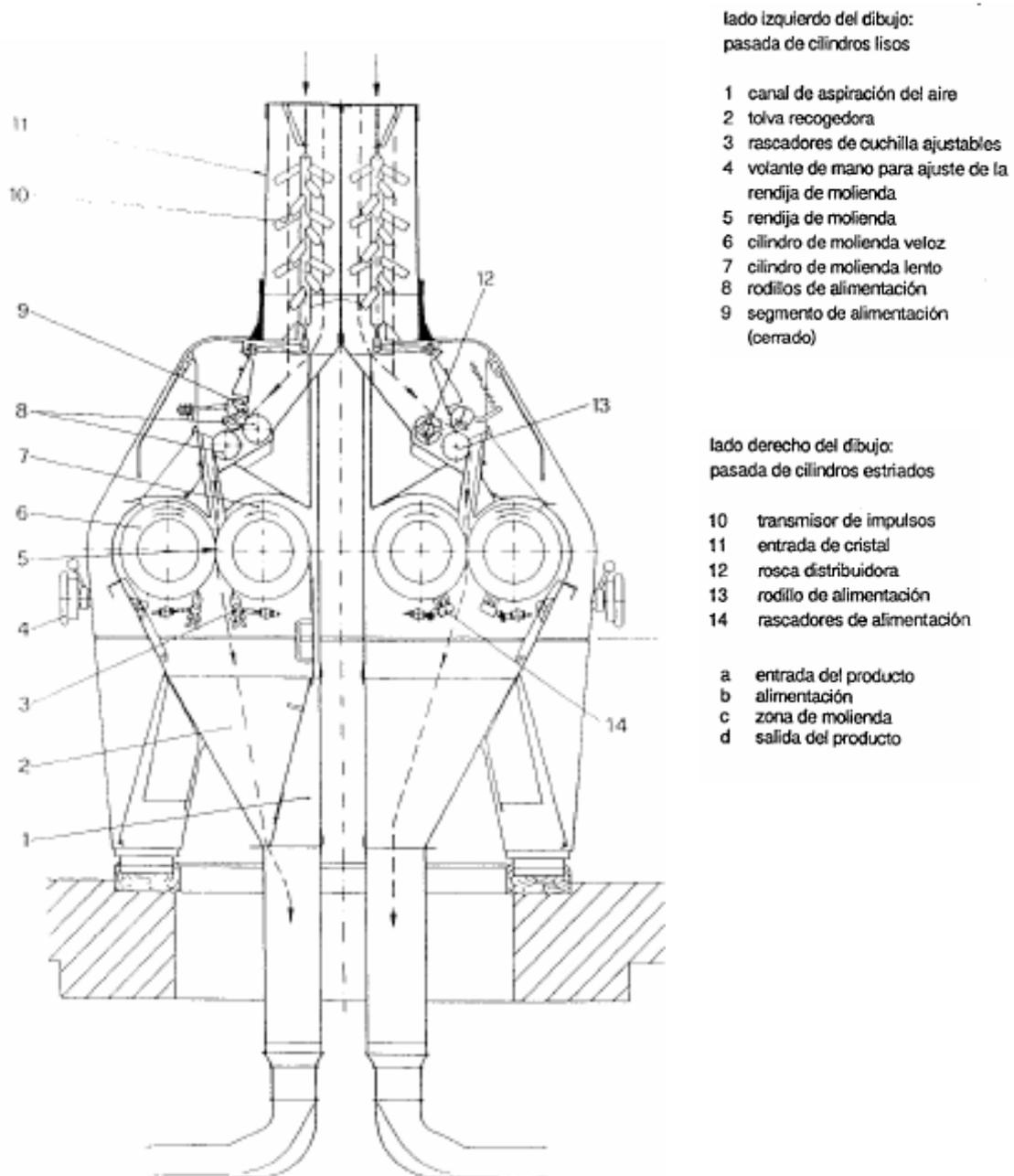


Ilustración 9: Molino de cilindros. Cortesía de Buhler

ESTRIADO DE LOS CILINDROS

El desgarre de la cascarilla de los granos de trigo se efectúa en la trituración gradual extrayéndose la harina contenida en forma de gránulos o sémolas, para lo cual los cilindros se hallan provistos de estrías, cuya profundidad no ha de exceder nunca del grueso de los cuerpos o partículas de materia que han de elaborar los cilindros respectivos.

Los cilindros estriados, después de su producción por el sistema de fundición por centrifugado son mecanizados para dotarlos de estrías. En el efecto de molienda influyen las siguientes características:

- Forma y número de estrías
- Profundidad de las estrías
- Ángulos de estría
- Ancho de vértice
- Base de la estría
- Posición de la estría
- Velocidad diferencial

El ancho de vértice es de 0,1 mm para muy fino hasta 0,2 mm para estrías gruesas.

La diferencia en la velocidad lineal de ambos cilindros, conocida como velocidad diferencial es con los cilindros estriados aproximadamente 2,5:1.

El estriado de un cilindro consiste por tanto en la talla de ranuras con el perfil de sierra en la superficie rectificada del mismo. El fondo de la estría debe ser ligeramente redondeado para que se facilite la salida del producto molido. Al hacer el estriado debe quedar una pequeña meseta plana en la superficie del cilindro, ya que si la estría es demasiado aguda, puede producirse una cierta excentricidad con lo que el triturado deja de ser homogéneo.

Bajo paso de un cilindro estriado se entiende la desviación de las estrías de la horizontal, o dicho de otra forma, el giro en forma helicoidal de las estrías en la superficie del cilindro. La inclinación del estriado es la diferencia de la estría con el eje

longitudinal del cilindro y se da en porcentaje. Ambos cilindros deben llevar la misma inclinación. Esta inclinación facilita la salida del producto y repercute en el número de cruces de estrías, que será mayor cuanto mayor sea la inclinación de las mismas. Cuanto mayor es el número de cruces, mayor es el efecto de corte y menor el de raspado.

La pareja de cilindros puede adoptar cuatro disposiciones en función de las posiciones relativas de las estrías del rápido con relación a las del lento. En función de estas posiciones se consiguen diferentes efectos en la molienda, tal como se expone en el siguiente cuadro:

Tabla 4: Efecto de la posición de cilindros en la molienda

POSICIÓN	EFFECTO
Corte/Corte	Salvado más fino, sémola más gruesa pero más sucia
Dorso/Dorso	Salvado más grueso, sémola más fina y mayor cantidad de harina
Corte/Dorso	Producto intermedio, menos agresivo que C/C
Dorso/Corte	Producto intermedio, menos agresivo que D/D

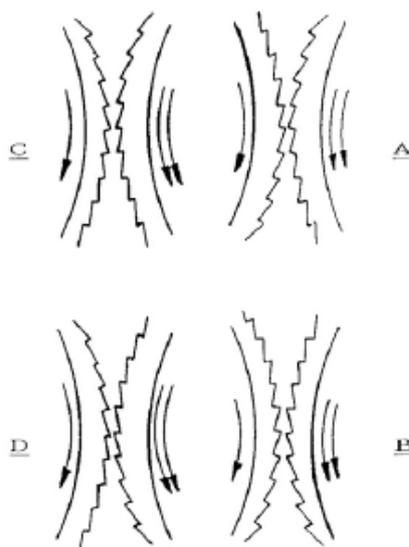


Ilustración 10: Disposición del estriado.

CILINDROS LISOS

Es la última fase de la molturación. Está compuesta por una serie de molinos con cilindros lisos y tienen el fin de convertir en harina toda la gama de sémolas y semolinas obtenidas previamente en los molinos de cilindros estriados.

Se necesitan gran número de pasadas de compresión para convertir estas sémolas en harina, evitando en todo momento daños al almidón y al gluten y la pulverización de las partículas de salvado, que darían un color más oscuro a la harina.

Los cilindros lisos ofrecen su efecto de molienda mediante la velocidad diferencial, la presión entre ambos cilindros y la estructura en la superficie de ambos cilindros.

Una de las particularidades de los cilindros lisos es que en su construcción se les da un pequeño abombamiento, del orden de 20-40 μ ya que debido al montaje de los ejes y a la forma de trabajo, estos cilindros tienden a calentarse más por los extremos que por el centro, lo que provoca una mayor dilatación de esa zona y un efecto de bombeado que puede afectar negativamente a la molienda, por lo que se les da un bombeado contrario para compensar ese efecto. Gracias a ello, se consigue que al alcanzar la temperatura de trabajo las caras de los dos cilindros sean paralelas.

Tabla 5: Efecto del tipo de cilindro en la molienda

TIPO DE CILINDROS	EFEECTO
Cilindro pulido	Poca harina y bajo contenido de cenizas
Cilindro Mate	Más harina y contenido en cenizas normal
Cilindro Áspero	Más harina y contenido en cenizas alto
Cilindro Estría fina	Mucha harina, contenido en cenizas muy alto

Plansichter

El efecto de cribado o cernido se consigue por el movimiento de todo el sistema gracias al sistema de accionamiento y a la colocación de contrapesos que provocan un movimiento giratorio o de traslación del producto tratado.

El plansichter está formado por un cuerpo o armazón en chapa de acero con cuatro, seis u ocho calles de tamices. Cada calle está compuesta por una fila de tamices superpuestos y posee a ambos lados puertas con dispositivos de cierre rápido con el fin de facilitar su apertura.

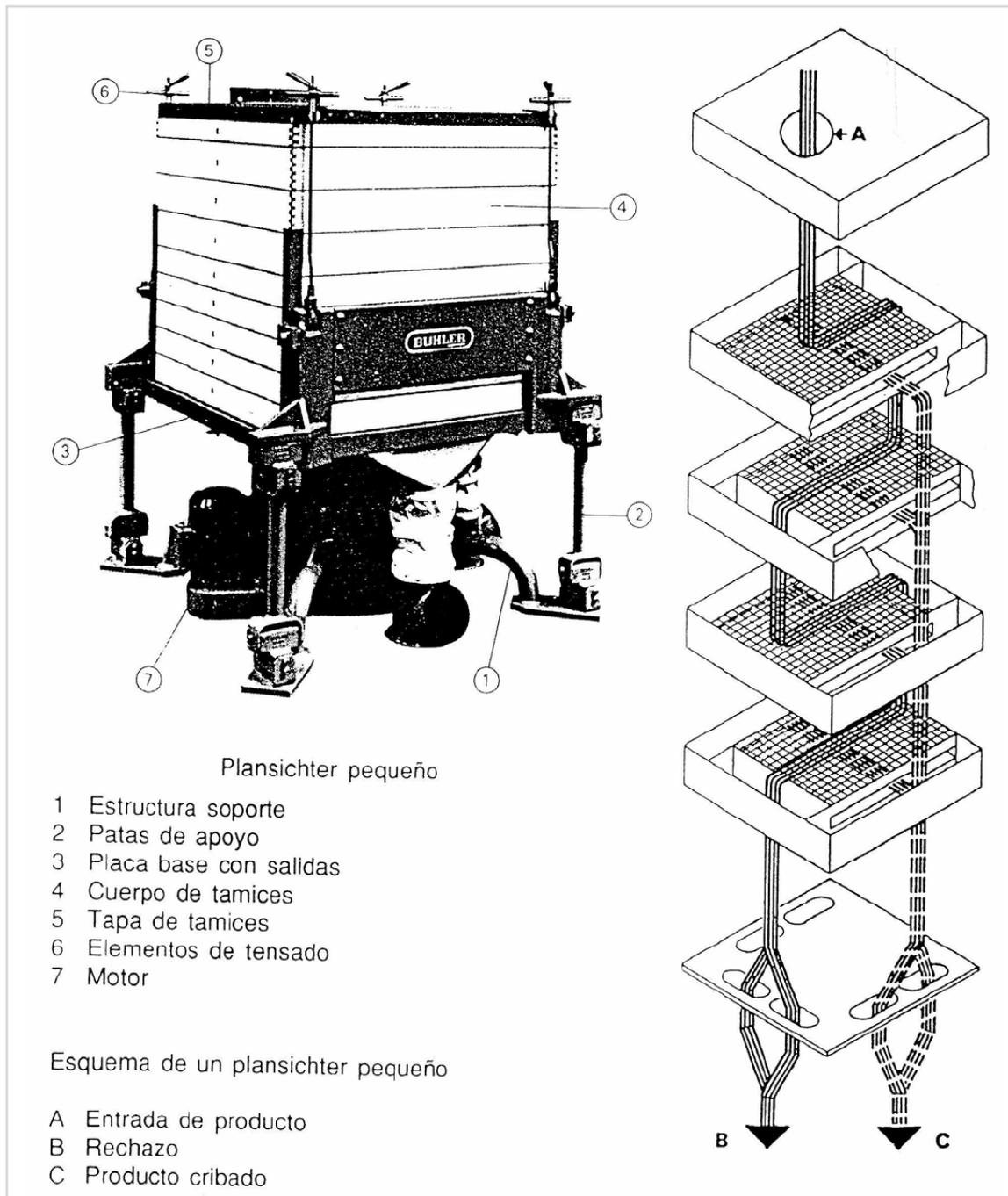


Ilustración 11: Esquema de un plansichter pequeño. Cortesía de Buhler

El producto entra por la parte superior cayendo sobre el primer tamiz, el producto rechazado gracias al movimiento de la máquina, va hacia la salida del tamiz y se reúne con el producto rechazado en el resto de los tamices del mismo tiempo dirigiéndose a la salida inferior correspondiente.

El producto que consigue atravesar el primer grupo de tamices se dirigirá al siguiente donde se realiza la misma operación, así sucesivamente hasta llegar al último grupo donde el producto cernido se dirigirá a la salida de harinas y el producto rechazado a su salida correspondiente para continuar al proceso de molienda.

El movimiento de traslación es producido por un contrapeso montado en el plansichter. La disposición horizontal de los tamices ofrece con determinados movimientos un cribado que corresponde al peso específico del mismo.

El producto proveniente de un tubo de alimentación, llega al marco de entrada de la pila de tamices a través de una o dos entradas. Con diferentes tipos de marcos de tamices, son posibles realizar varias clasificaciones por compartimiento. Las distintas fracciones de producto son conducidas al marco de salida a través de canales en el cajón de cernido y en los marcos de tamices. El marco de salida recoge el producto hacia los tubos de la placa del fondo. Los productos siguen circulando a través de las mangas de salida.

PROCESO DE CERNIDO

Después de cada proceso, bien sea triturar, comprimir o desagregar, es de la mayor importancia un cernido y clasificado en profundidad de la trituración, sémola, semolina y harina. Para los productos más gruesos (trituration y sémola) se utiliza tela metálica fina del nº8 al nº70, para los productos finos y blandos (semolina y harina) seda y nylon. Se debe prestar especial atención para que ningún producto grueso caiga directamente sobre la tela de harina ya que se producirá un desgaste anormal de la seda o del nylon debido al alto efecto de fricción de los granos bastos. Como norma puede decirse que ningún producto más basto que el tamizado con la malla nº 36 pueda acceder a la seda de harina.

Sobre todo, se debe tamizar totalmente la harina que se produce después de cada trituración, ya que de otro modo es arrastrada a la siguiente pasada, estorbando la siguiente molienda de la sémola restante.

La fineza de la tela depende de la humedad del trigo preparado en la primera trituración, del tipo de la mezcla de trigo, del clima así como de la clase de harina solicitada.

Al colocar los tamices se deberá tener en cuenta que las telas mas bastas estén situadas siempre a la entrada del producto, ya que en este lugar la carga y el contenido en harina son mucho mayores; con la menor carga y la tela más fina de los tamices de harina inferiores se produce una compensación en el efecto de cernido.

Sasor

Se emplea para clasificar sémolas y semolinas procedentes de la trituración.

Se basa fundamentalmente en dos principios básicos:

- La clasificación del producto en función del tamaño mediante tamices
- La clasificación por diferencia de peso específico, para lo que se utiliza una corriente de aire.

Entre dos partículas de igual tamaño, tendrá más densidad o mayor peso específico la que esté formada solo por endospermo frente a la formada por endospermo y salvado.

El sasor consta de una carcasa externa en cuyo interior se encuentran tres tamices superpuestos con cierta inclinación para favorecer el avance del producto. La luz de malla de los tamices varía tanto en los pisos de tamices como a lo largo de su longitud.

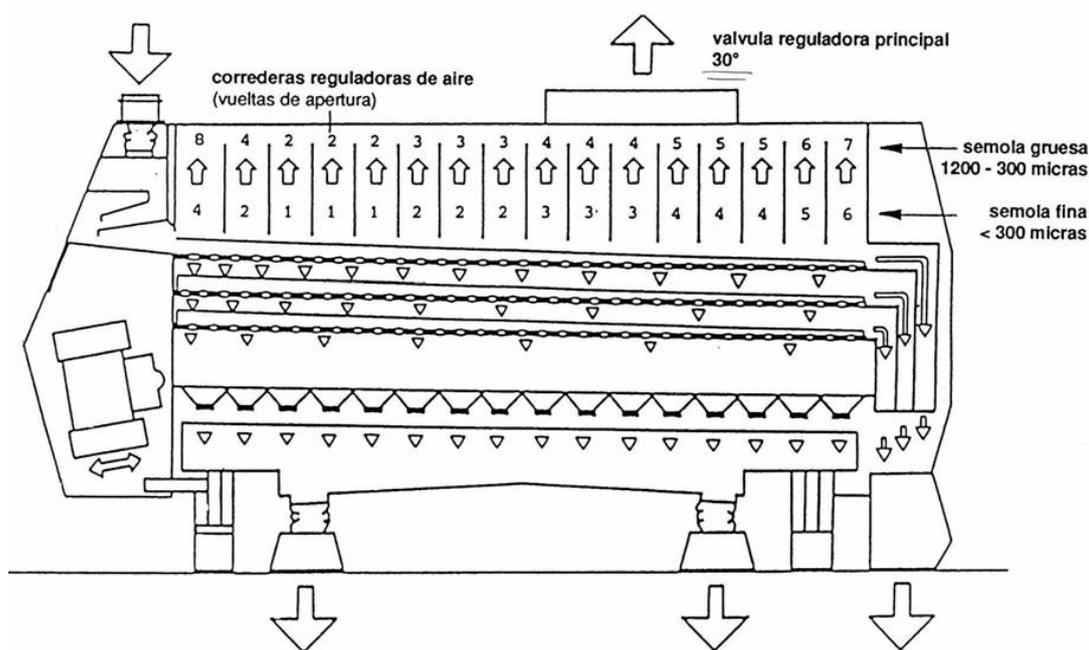


Ilustración 12: Sasor. Cortesía de Buhler

El funcionamiento es el siguiente: el producto entra por un extremo de la máquina y cae sobre un tamiz en movimiento lo que origina la estratificación del producto, de manera que las partículas más gruesas y pesadas van hacia la zona inferior del tamiz. Unido a esto, se hace pasar una corriente ascendente de aire a través de los tamices lo que provoca una mayor fluidez del producto, debido a que disminuye su densidad aparente al igual que el rozamiento de las partículas entre sí y con los tamices. En función de la velocidad del aire se produce la siguiente clasificación:

- Partículas más densas: vencen la resistencia del aire por lo que atraviesan el tamiz en función de su tamaño y densidad.
- Partículas menos densas: avanzan en suspensión a lo largo del tamiz y son rechazadas como colas. Las colas más sucias y por tanto ligeras saldrán por el primer piso de tamices y las más limpias por los inferiores.
- Partículas ligeras: quedan en la parte superior y son aspiradas.

Cepilladora de salvado.

Separa las partículas de harina que permanecen aún adheridas al salvado aumentando el rendimiento. El principio de trabajo consiste en el movimiento y rozamiento de las partículas para conseguir que se desprendan la parte de endospermo que llevan adheridas. Las partículas de harina obtenidas atravesarán el tamiz y son recogidas en la salida correspondiente mientras que las de salvado avanzarán hasta el final del tamiz para salir como restos.

Los componentes fundamentales de la cepilladora son:

- Carcasa metálica
- Rotor horizontal con palas batidoras que gira a alta velocidad (1000-1600 rpm)
- Tamiz que recubre al rotor

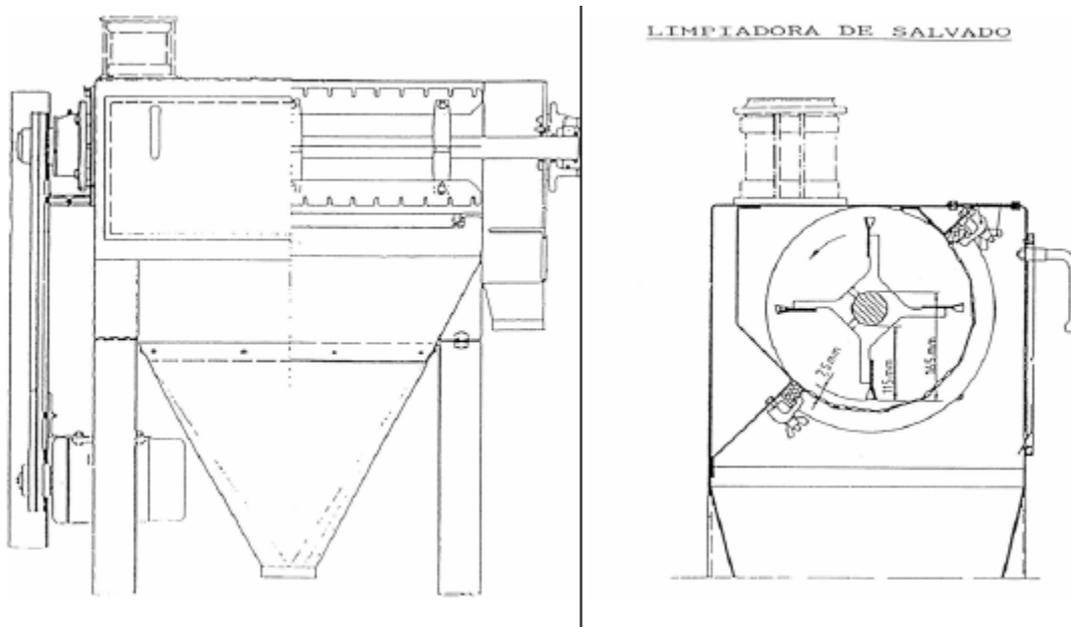


Ilustración 13: Limpiadora de salvado. Cortesía de Buhler

Disgregador

Se emplea para los productos intermedios de molienda. Las placas que se forman al atravesar el producto los cilindros de compresión (cilindros lisos), son desagregadas por acción del impacto producido por el lanzamiento del rotor hacia la carcasa.

Funcionamiento:

El producto que se desea disgregar, es conducido directamente de la entrada al rotor, cogido por las pletinas batidoras y proyectado hacia la cara interior de la camisa. La inclinación de las pletinas batidoras giratorias hace avanzar el producto desde la entrada hacia la salida.

CAPÍTULO III:

LA HARINA

Contenido

1. HARINA.....	76
1.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	76
2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA	77
3. CALIDAD DE LA HARINA	78
3.1. CALIDAD INDUSTRIAL DE LA HARINA	78
3.1.1. Contenido en agua. Humedad.....	78
3.1.2. Contenido en Cenizas. Grado de extracción.....	78
3.1.3. Granulometría.....	79
3.1.4. Sustancias extrañas	79
3.1.5. Color, olor y sabor.	79
3.1.6. Acidez.....	80
3.2. CALIDAD REOLÓGICA.....	80
3.2.1. Proteínas	80
3.2.2. Gluten.....	80
3.2.3. Índice de Sedimentación o de Zeleny	81
3.2.4. Alveógrafo	81
3.2.4.1. Degradación.....	82
3.2.5. Farinógrafo	82
3.3. CALIDAD ENZIMÁTICA.....	84
3.3.1. Índice de caída o Falling Number	84
3.3.2. Amilógrafo	84
4. DETERMINACIONES EXPERIMENTALES	85

1. HARINA

1.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

Deberá entenderse por harina (Real Decreto 1286/1984, de 23 de mayo, por el que se aprueba la reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de las harinas y sémolas de trigo y otros productos de su molienda, para consumo humano), sin otro calificativo, el producto finalmente triturado obtenido de la molturación del grano de trigo, *Triticum aestivum* o mezcla de este con *Triticum durum*, en la proporción máxima 4:1, maduro, sano y seco e industrialmente limpio. Los productos finalmente triturados de otros cereales deberán llevar acondicionado, al nombre genérico de la harina, el grano del cual procedan.

La R.T.S de Harinas y Sémolas de Trigo y Otros Productos de su Molienda especifica las siguientes características para las harinas:

- a) Humedad: no excederá del 15% en el momento de envasado.
- b) Cenizas sobre sustancia seca en harinas panificables: la legislación española distingue los siguientes tipos de harinas panificables en función del contenido en cenizas:
 - Tipo T-45, inferior a 0,50%
 - Tipo T-55 , entre 0,50-0,65%
 - Tipo T-70, entre 0,65-0,73%
 - Tipo T-75, entre 0,73-0,80%

Las harinas de tipo T75 no podrán utilizarse en la elaboración de pan común, solo para la elaboración de otros tipos de panes.

- c) Proteínas: las harinas destinadas a la panificación tendrán un contenido mínimo en proteínas del 9%
- d) Gluten: el gluten seco no será inferior al 5,5 %, salvo en los casos en los que por su utilización específica ser requiera un porcentaje inferior, en cuyo caso se hará constar este porcentaje en la etiqueta.
- e) Acidez de la grasa: Máximo 50%, expresado en miligramos de potasa
- f) Calidad panadera: esta calidad, evaluada por medio del alveógrafo, responderá para la fabricación del pan común a los valores siguientes: $W > 80$ y $P/L < 1,5$; sin

que esto quiera decir que cada partida de trigo tenga que reunir estas características para ser considerada panificable.

- g) Las harinas resultarán suaves al tacto, de color blanco ligeramente amarillento, dependiendo del grado de extracción, sin resabios de rancidez, olores anormales, moho, acidez o dulzor. Presentará a la compresión una superficie mate y de granos finos.

2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA

Los compuestos químicos que componen la harina son los mismos que los del trigo, aunque con una modificación porcentual debido a la eliminación de parte de ellos en el proceso de molienda.

Tabla 6: Composición química de la harina. Fuente Calaveras, 1996

Componente	Harina 100% extracción	Harina 75% extracción
Proteínas	12-13,5%	8-11%
Lípidos	2,2%	1-2%
Almidón	67%	71%
Cenizas (materia mineral)	1,5%	0,55-0,65%
Vitaminas (B y E)	0,12%	0,03%
Humedad	13-15%	13-15%
Fibra (salvado)	11%	3%
Azúcares	2-3%	1,5-2,5%

3. CALIDAD DE LA HARINA

3.1. CALIDAD INDUSTRIAL DE LA HARINA

3.1.1. Contenido en agua. Humedad.

El agua es el segundo componente cuantitativo de la harina, según la Reglamentación vigente debe de estar como máximo al 15%.

La humedad es el contenido en agua que tiene la harina.

La humedad que tiene el grano de trigo y consiguientemente la harina, es una característica importante particularmente en relación con la seguridad del almacenamiento de la harina, ya que si el grano no está lo suficientemente seco después de la recolección, germinará o se enmohecerá una vez almacenado. Si la recolección se produce en malas condiciones se puede secar el grano, pero si la temperatura es demasiado alta, la proteína del grano se desnaturizará de tal forma que la harina al mezclarse con agua no producirá gluten.

3.1.2. Contenido en Cenizas. Grado de extracción

El porcentaje de materia mineral de la harina es pequeño, no obstante, influye extraordinariamente en la calidad y comportamiento de la misma. La materia mineral se encuentra en el residuo que queda cuando se incinera la harina. Las materias orgánicas como el almidón, las proteínas, los azúcares, etc., se queman pero los minerales permanecen en forma de ceniza.

Si las harinas no han sido tratadas con materias minerales extrañas como por ejemplo fosfato monocálcico, un menor contenido en cenizas implica una molienda más eficaz. Por otro lado, las sales minerales de la harina tienen su papel en la fermentación contribuyendo a la alimentación de las levaduras e influyen también en la formación de gluten.

El porcentaje de materia mineral en la harina está, por tanto, en relación directa con el grado de extracción de la misma, siempre y cuando no se hayan añadido materias extrañas (Granja y Calaveras, 1994)

Entendemos por extracción, la cantidad de harina que se obtiene de 100 Kg de trigo, grado que, si la harina se piensa destinar a la obtención de pan común estará comprendido entre el 70-72 % o el 74-76%.

En general, al aumentar el grado de extracción observamos cambios notables en las variables siguientes:

- El color de la harina tiende a oscurecerse
- Crece la carga microbiana de las harinas y aumenta el riesgo de enfermedades en los productos derivados.
- Aumentan los índices de: fibra, cenizas, grasas, proteínas y contenido en ácido fítico,
- Disminuye el período de conservación de la harina.

3.1.3. Granulometría

Es el análisis del tamaño de las partículas que constituyen la harina.

La granulometría puede apreciarse al tacto o bien por tamizado y servirá para detectar y diferenciar harinas granuladas que se deslizan entre los dedos, de harinas finas que quedan retenidas.

3.1.4. Sustancias extrañas

El recuento de los pelos de roedores y de fragmentos de insectos en la harina se practica digiriendo ésta y añadiendo el digerido enfriado sobre éter de petróleo.

Los pelos y fragmentos de insectos quedan retenidos en la interfase petróleo/agua donde se pueden recoger e identificar microscópicamente. Este método se denomina Filth-test.

3.1.5. Color, olor y sabor.

La apreciación del color nos informará sobre la presencia de partículas de salvado. A mayor cantidad de salvado más oscura será la harina.

El olor y el sabor están relacionados con el estado sanitario de la harina. Una harina normal y de reciente fabricación debe dejar un sabor de cola fresca y un olor característico y agradable. Por el contrario si la harina es vieja suele dejar un sabor ligeramente picante, debido a un grado de acidez elevado. Se perciben mejor los olores preparando una pasta con agua tibia.

3.1.6. Acidez

La acidez de las harinas es debido a la presencia de ácidos grasos provenientes de la transformación de las materias grasas.

Un valor de acidez puede modificar la calidad del gluten disminuyendo su elasticidad y su grado de hidratación.

La acidez de la harina va aumentando a medida que pasa el tiempo de almacenamiento, de esta forma las harinas viejas dan valores elevados de acidez.

3.2. CALIDAD REOLÓGICA

3.2.1. Proteínas

Es un componente de gran transcendencia porque de su calidad y cantidad dependerá la calidad panadera de la harina. Para su determinación se cuantifica el nitrógeno total presente en la muestra y se multiplica por 5,7 que es el factor de conversión de proteínas en cereales. Este análisis se basa en el método Kjeldahl que realiza una combustión de los compuestos nitrogenados orgánicos, tipo aminado, por acción del ácido sulfúrico concentrado. La legislación española exige un mínimo del 9% para las harinas panificables.

3.2.2. Gluten

Está constituido por dos fracciones de proteínas del trigo insolubles en agua, denominadas gluteninas y gliadinas y que representan el 85% del total de las proteínas. El gluten está reconocido como un factor básico de calidad de la harina de trigo.

El gluten se extrae de la harina sometiéndola a una corriente de agua salada que arrastra el almidón presente y a las proteínas solubles. De esta manera se forma un complejo proteínico, denominado gluten húmedo, que tiene aspecto gomoso y que es el responsable de las propiedades plásticas de la harina.

La extracción del gluten puede hacerse de manera manual o automática. Manualmente se obtienen valores más elevados

3.2.3. Índice de Sedimentación o de Zeleny

Esta determinación nos da información sobre la calidad y la cantidad de las proteínas. Se basa en la diferente velocidad de hidratación de las proteínas del gluten en función de su calidad. El esponjamiento del gluten en solución de ácido láctico afecta al grado sedimentación de una suspensión de harina.

Así, una sedimentación muy rápida indica que el gluten formado es de poca calidad, mientras que una sedimentación lenta y con mayor esponjamiento indica un gluten de mejor calidad. Lo que en realidad se mide es el volumen de sedimento obtenido en una probeta estándar, de una cantidad de harina puesta en suspensión en ácido láctico y alcohol isopropílico. El resultado se expresa en mililitros.

3.2.4. Alveógrafo

El principio del alveógrafo consiste en reproducir a escala conveniente y en condiciones experimentales definidas, el alveolo panario. Se hace una masa a hidratación constante y se somete a una deformación por hinchamiento, con ayuda aire insuflado bajo ella, simultáneamente un manómetro sincronizado registra las variaciones de presión dentro del alveolo hasta la ruptura de la bola formada. Estas variaciones de presión son registradas en una gráfica denominada alveograma.

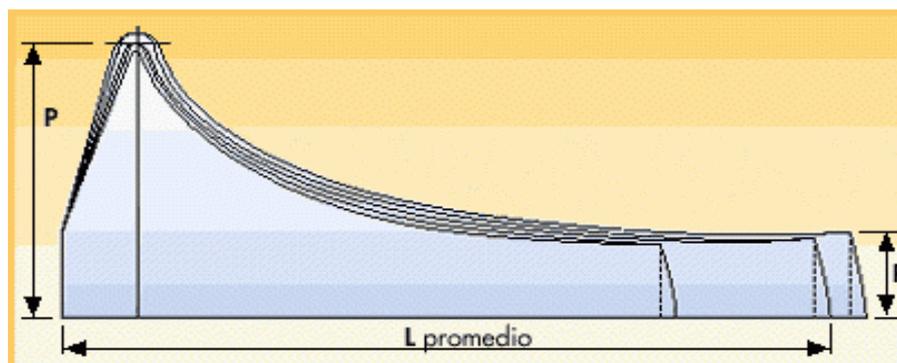


Ilustración 14: Alveograma tipo

3.2.4.1. Degradación

Es una lisis enzimática causada por proteasas, sobre la red de gluten formada que posteriormente se traduce en una reducción de las propiedades viscoelásticas de la masa, una reducción en la calidad panadera de la harina. Se debe al ataque sobre el trigo de los Pentatómidos comúnmente conocidos como Garrapatillo que inoculan en el endospermo del grano un jugo salivar que con contiene dichas enzimas y quedan presentes dentro del endospermo y posteriormente en la harina.

El método más extendido para la detección es el incluido como número 20 en el Método de Análisis de Cereales y Derivados con el título de Detección de Harinas Degradadas por Pentatómidos.

Comúnmente se conoce como método de la curva de reposo. Mediante él, se calcula la disminución del valor W , al aumentar el tiempo de reposo dado a la masa y establecido en 2h.

3.2.5. Farinógrafo

Este método se aplica para la determinación de la absorción de agua y el comportamiento durante el amasado de una harina de trigo. El farinógrafo es una amasadora que permite medir la consistencia de las masas, y por tanto el potencial de hidratación de una harina por una consistencia dada, 500 unidades de Brabender. La curva, suministra el valor del par consistencia en función del tiempo.

La información que nos aporta la curva registrada por el farinógrafo es la siguiente:

- Tiempo de desarrollo de la masa. Corresponde al tiempo necesario para alcanzar la consistencia deseada en relación con la rapidez de formación de la masa. Este valor nos permitirá diferenciar harinas de amasado lento o rápido (E en la gráfica)

- Estabilidad. Corresponde al tiempo transcurrido entre el punto en que la parte superior de la curva alcanza la línea de 500 unidades farinográficas y el punto en que la misma parte superior de la curva cruza nuevamente la línea de 500 unidades (B en la gráfica).

La estabilidad nos proporciona una indicación sobre la estabilidad de la consistencia.

- Grado de decaimiento. Es la magnitud de descenso de consistencia al proseguir el amasado. Las harinas obtenidas de trigos de alto valor panadero presentan un decaimiento muy poco importante, sin embargo, las harinas débiles presentan importantes valores de D. Es la diferencia en unidades farinográficas entre el centro de la curva en el punto de máxima consistencia y el centro de la curva 12 minutos después de este máximo. (D en la gráfica.)

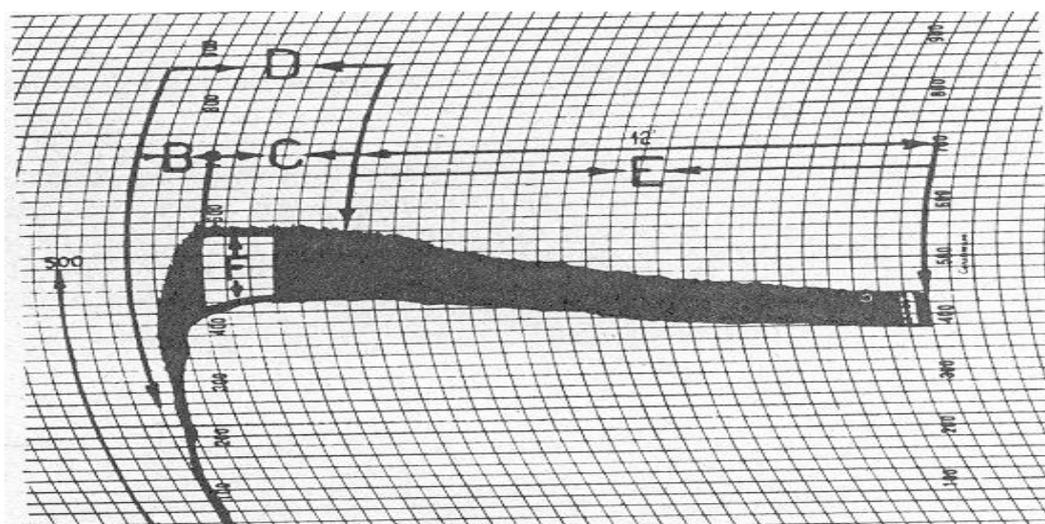


Ilustración 15: Gráfica tipo obtenida del farinógrafo

3.3. CALIDAD ENZIMÁTICA

3.3.1. Índice de caída o Falling Number

Con este método se mide indirectamente la actividad α -amilásica existente en la harina. Esta actividad es muy elevada en harinas procedentes de trigos germinados o en vías de germinación. Estas harinas darán productos de panificación de baja calidad con migas muy pegajosas, poco volumen y mucho color. La determinación se basa en la gelatinización rápida de una suspensión acuosa de harina en un baño maría hirviendo y la medición subsiguiente del tiempo de licuefacción del almidón por la acción de la α -amilasa.

El valor óptimo para una correcta panificación se sitúa entre 270-340 segundos. Las harinas de trigos germinados pueden dar valores inferiores a 100 segundos siendo no aptas para la panificación.

3.3.2. Amilógrafo

Se realiza con el amilógrafo y mide de manera continua la resistencia a la agitación de una suspensión de harina-agua mientras se va elevando la temperatura a la velocidad constante de 1,5°C / min a partir de 25°C hasta 95°C.

De esta forma se detectan los cambios de viscosidad del producto después de la gelatinización (a los 60°C) del almidón, detectándose los cambios siguientes:

- Pérdida de birrefringencia
- Hinchamiento irreversible de los gránulos
- Liberación de amilosa
- Aumento rápido de la viscosidad

Harinas con alta actividad α -amilásica darán viscosidades bajas. Por el contrario harinas con poca actividad α -amilásica darán viscosidades elevadas.

El valor del amilógrafo establece el efecto de la α -amilasa durante el proceso de panificación. En definitiva el amilógrafo da información sobre la calidad del almidón y el contenido en enzimas de una harina. La valoración de la propiedad gelatinizadora de

la harina permite saber con anterioridad a la estructura de la miga, la necesidad de añadir harinas especiales, aditivos diastásicos, etc.

Valores correctos para panificación se sitúan entre 400-500 U.A. Las harinas procedentes de trigos germinados darán valores inferiores a 400 U.A y no son aptas para panificación.

Gracias a los avances actuales y al desarrollo tecnológico alcanzado en los últimos tiempos, se ha conseguido introducir nuevas técnicas en analítica que nos garantizan unos resultados de una gran fiabilidad y en un tiempo menor, comparándolo con las técnicas existentes. Uno de estos avances, sería el caso del RVA (Rapid Visco Analyser). Dicha técnica proporciona unos resultados similares a los del ya existente amilógrafo pero con un recorte significativo en el tiempo empleado para ello.

El RVA o analizador rápido de viscosidad es un equipo que cuantifica la viscosidad es decir, determina la resistencia al flujo de una pasta con base de almidón cuando es sometida a una tensión de desplazamiento constante, incorporando a su vez condiciones de tiempo y temperaturas específicas de acuerdo a la muestra. Este instrumento sustituye al convencional amilógrafo de Brabender; el tiempo de cada prueba es de 13 minutos, utilizando para ello un pequeño tamaño de muestra.

La prueba de RVA consiste en someter a la muestra al ciclo clásico de la cocción (precalentamiento-calentamiento-reposo) donde la viscosidad registra un comportamiento que depende en gran medida del origen y de las propiedades del almidón.

4. DETERMINACIONES EXPERIMENTALES

Para determinar las características de las diferentes fracciones de harina obtenidas en la molienda se realizarán los siguientes ensayos:

- Calidad industrial de la harina:
 - o Contenido en Humedad
 - o Contenido en cenizas

- Calidad reológica
 - Proteínas
 - Gluten
 - Alveógrafo

- Calidad enzimática:
 - Índice de caída o Falling Number
 - RVA

El método empleado para cada una de las determinaciones será expuesto en el Capítulo IV: “Métodos y equipo utilizado”

III: PARTE EXPERIMENTAL

CAPÍTULO IV:

MÉTODOS Y EQUIPO UTILIZADO

Contenido

1.	DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD “ AACC METHOD 44-01 ”	91
1.1.	PRINCIPIO	91
1.2.	MATERIAL Y APARATOS	91
1.3.	PROCEDIMIENTO	91
2.	DETERMINACIÓN DE LAS CENIZAS “ AACC METHOD 08-01 ”	92
2.1.	PRINCIPIO	92
2.2.	MATERIAL Y APARATOS	92
2.3.	PROCEDIMIENTO	92
2.4.	CÁLCULO	93
3.	GLUTEN “ AACC METHOD 38-12A ”	94
3.1.	PRINCIPIO	94
3.2.	MATERIAL Y APARATOS	94
3.3.	REACTIVOS	94
3.3.1.	Disolución al 2% de Sodio Cloruro (pH 6,2)	94
3.3.2.	Solución de Yodo (N/1000)	94
3.4.	PROCEDIMIENTO	95
3.5.	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	96
4.	ALVEÓGRAFO DE CHOPIN “ AACC METHOD 54-30A ”	97
4.1.	PRINCIPIO	97
4.2.	MATERIAL Y APARATOS	97
4.3.	REACTIVOS	97
4.3.1.	Solución de Cloruro de Sodio	97
4.4.	PROCEDIMIENTO	97
4.5.	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	101
4.6.	CALIBRACIÓN	102
5.	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CAÍDA O FALLING NUMBER “ AACC METHOD 56-81B ”	104
5.1.	PRINCIPIO	104
5.2.	MATERIAL Y APARATOS	104
5.3.	PROCEDIMIENTO	104
5.4.	CALIBRACIÓN	106
6.	R.V.A (RAPID VISCO ANALYSER) “ AACC METHOD 76-21 ”	108
6.1.	PRINCIPIO	108

6.2.	MATERIALES Y APARATOS	108
6.3.	PROCEDIMIENTO	108
6.4.	INTERPRETACIÓN DE LA CURVA.....	109

1. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD “AACC METHOD 44-01”

1.1. PRINCIPIO

El contenido en agua de un producto se define convencionalmente como la pérdida de masa que experimenta éste en condiciones determinadas

1.2. MATERIAL Y APARATOS

- Termobalanza Bühler mli-1000
- Espátula
- Tenaza
- Termómetro de control
- Platillos contrastados
- Pesa de 10 gramos

1.3. PROCEDIMIENTO

Para la determinación de la humedad lo primero es elegir con el potenciómetro, la temperatura requerida (130°C) para efectuar la medición de la misma.

La termobalanza consta de dos escalas: la escala de la parte derecha nos va a permitir la lectura de la humedad y la de la izquierda es una simple escala de líneas, que nos permite saber cuando la lectura es correcta, para ello la escala tiene que estar ajustada en la línea central. A su vez consta de dos platillos, un porta platos y una plancha de calefacción.

Una vez alcanzada la temperatura, se debe de realizar una calibración con la pesa de 10g, así ajustamos la escala de la parte izquierda a la línea central. A continuación pesamos los 10 gramos de harina en cada platillo y los colocamos sobre la plancha de calefacción. El tiempo necesario para desecar la muestra es de entre 9 y 10 minutos.

Transcurridos los 10 minutos, colocamos un platillo sobre el porta platos situado en la parte superior de la termobalanza, desbloqueamos la balanza y la escala de líneas nos marca cuando hemos llegado a la humedad correcta ya que esta se ajusta a la línea central. Esta operación se realiza con el otro platillo, haciendo media de las

dos mediciones obtenemos la humedad de la harina por diferencia de masas. (Manual de instrucciones de la Termobalanza Bühler mli-1000).

2. DETERMINACIÓN DE LAS CENIZAS “AACC METHOD 08-01”

2.1. PRINCIPIO

Las cenizas son las materias minerales presentes en la harina, principalmente, K, Na, Ca, y Mg, que proceden de las partes exteriores del grano.

El contenido en cenizas de un producto, es el residuo resultante después de su incineración en condiciones determinadas. Este método es aplicable a los granos, harinas y otros productos derivados de los cereales.

2.2. MATERIAL Y APARATOS

- Balanza analítica con precisión de 0,1 mg
- Horno de mufla eléctrico, con circulación de aire, mecanismo de regulación y control de temperatura
- Cápsulas de incineración redondas de fondo plano, preferiblemente de aleación de oro y platino, o bien de cuarzo o de porcelana. El diámetro de estas será de unos 5cm y la altura máxima de 2cm
- Desecador provisto de llave, con placa perforada de aluminio, conteniendo un agente deshidratante como dióxido de fosfógeno PRS, Calcio cloruro anhidro, escoria PRS o Gel de Sílice 3-6mm con indicador QP.
 - PRS: productos de pureza apta como auxiliar en análisis químico
 - QP: químicamente puro. Productos de pureza controlada, para uso general en el laboratorio y producción.

2.3. PROCEDIMIENTO

Pesar 5 g de muestra con aproximación de 10 mg; las restantes pesadas deben hacerse con una aproximación de 0,1 mg.

Inmediatamente antes de usar las cápsulas de incineración, calentarlas en el horno a la temperatura de 910°C durante 15 minutos. Enfriarlas en el desecador y pesarlas en cuanto alcancen la temperatura ambiente.

Introducir la muestra pesada en la cápsula repartiéndola en una capa de espesor uniforme, sin comprimirla. Colocar la cápsula a la entrada del horno con la puerta abierta, y dejar que arda. Cuando las llamas se extingan, empujar la cápsula al interior del horno y cerrar la puerta del mismo. Una vez cerrada la puerta del horno debe mantenerse en él una corriente de aire suficiente, que no sea tan fuerte como para arrastrar la sustancia fuera de las cápsulas.

La incineración se continúa hasta lograr la combustión total de la muestra, incluso de las partículas carbonosas que puedan quedar incrustadas en las cenizas. Dar por terminada la incineración cuando el residuo es prácticamente blanco o gris después del enfriamiento. Sacar las cápsulas del horno y dejarlas enfriar en el desecador. Pesarlas tan pronto alcance la temperatura ambiente.

La temperatura de incineración es de 910°C.

2.4. CÁLCULO

El porcentaje de cenizas sobre materia natural se calcula por la fórmula siguiente:

$$\text{Cenizas \% (materia natural)} = \frac{(P_1 - P_2) \times 100}{P - P_1}$$

Siendo:

- P= peso en gramos de la cápsula con la muestra
- P₁= peso en gramos de la cápsula con las cenizas
- P₂= peso en gramos de la cápsula vacía

El porcentaje de cenizas sobre materia seca, se obtienen relacionando el valor del contenido en cenizas obtenido sobre materia natural con el valor del contenido en humedad, según la siguiente fórmula:

$$\text{cenizas \% (materia seca)} = \frac{\text{cenizas sobre materia natural} \times 100}{100 - \text{humedad de la harina}}$$

3. GLUTEN “AACC METHOD 38-12A”

3.1. PRINCIPIO

Complejo de proteínas insolubles en agua que forman, por arrastre del almidón de la harina mediante lavado, una masa gomosa y muy extensible.

3.2. MATERIAL Y APARATOS

- Balanza de precisión de $\pm 0,01$ gr
- Tamiz de madera de 30x40 cm, con tela para sémola número 56
- Cápsula de porcelana barnizada interiormente o de metal esmerilado, de 10x15 cm de diámetro
- Espátula de 18x20 cm de longitud

3.3. REACTIVOS

- Agua destilada
- Potasio di-hidrógeno Fosfato
- Sodio Cloruro, di-Sodio Hidrógeno Fosfato 2-hidrato.
- Yodo resublimado, perlas.

3.3.1. Disolución al 2% de Sodio Cloruro (pH 6,2)

Disolver 200 gr de Sodio Cloruro en 10 litros de agua. Añadir 7,54 gr de Potasio di-Hidrógeno Fosfato y 1,40 gr de di-Sodio Hidrógeno Fosfato 2-hidrato, de calidad reactivo para análisis.

3.3.2. Solución de Yodo (N/1000)

Sirve para comprobar la presencia de almidón. Preparar diluyendo Yodo resublimado perlas en agua destilada y ajustar la concentración indicada.

3.4. PROCEDIMIENTO

- Pesar $10 \pm 0,01$ gr de harina y colocarla en una cápsula de porcelana. Añadir gota a gota 5,5 ml de disolución de Sodio Cloruro removiendo continuamente la harina con la espátula. Después de haber añadido a la harina toda la disolución de Sodio Cloruro, comprimir la mezcla cuidando de no perder nada de harina. La masa adherida a la pared de la cápsula se añade a la bola de masa.
- Homogeneizar la masa enrollándola con la palma de la mano sobre la placa de vidrio esmerilado hasta que tenga una longitud de 7 a 8 cm, volviéndole a dar entonces la forma de bola y se repite el amasado en la misma forma hasta un total de cinco veces
- La mano que efectúa la homogeneización estará revestida de un guante de caucho que proteja la masa del calor y de la transpiración de la mano.
- Dejar caer gota a gota la solución de Sodio Cloruro, que debe tener una temperatura de 18°C , sobre la palma de la mano. El ritmo de goteo debe ser tal que aproximadamente 0,75 litros de la disolución desagüe en 8 minutos. Durante este tiempo arrollar y prensar alternativamente la masa y estirla siete veces de forma que se parta en dos trozos que se juntan enseguida. La duración del lavado depende del contenido de la masa en gluten. No rebasar los 8 minutos.
- Se puede considerar terminada la extracción de gluten con la disolución fresca de Sodio Cloruro cuando no se encuentren más que trazas de almidón en el agua escurrida. Para comprobar la presencia de almidón en el líquido de lavado utilizar la disolución de Yodo 0,001 N.
- Desprender de la bola de gluten la mayor parte de la disolución de lavado adherente cogiendo el gluten con la punta de los dedos de una mano y sacudiéndolo tres veces brevemente. Estirar a continuación, suavemente, el gluten en lámina delgada, manteniéndolo entre los dedos. Hacer esta operación unas quince veces.

3.5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

- GLUTEN HÚMEDO: el peso obtenido multiplicado por 10 da el porcentaje de gluten húmedo. Las determinaciones duplicadas se consideran concordantes cuando no difieran en más de 0,5 % de contenido en gluten.

- GLUTEN SECO: La bola de gluten húmedo obtenida en la determinación anterior se deseca en la estufa a temperatura de 100°C hasta peso constante. Dejarla enfriar y pesar. El peso obtenido multiplicado por 10 da el porcentaje de gluten contenido en la harina.

4. ALVEÓGRAFO DE CHOPIN “AACC METHOD 54-30A”

4.1. PRINCIPIO

Consiste en reproducir a escala conveniente y en condiciones experimentales definidas, el ALVEOLO PANARIO. Se hace una masa a hidratación constante y se la somete a una deformación por hinchamiento, con la ayuda de aire insuflado bajo ella por compresión; simultáneamente un manómetro sincronizado registra las variaciones de presión así obtenidas hasta la rotura de la bola formada. Durante el hinchamiento el manómetro registrador traza un diagrama, llamado alveograma.

Las dimensiones y formas de la curva alveográfica obtenida y el volumen del alveolo en el momento de la rotura son una guía de las características de panificación de la harina.

4.2. MATERIAL Y APARATOS

- Alveógrafo de Chopin
- Báscula $\pm 0,5$ gramos
- Cronómetro
- Planímetro

4.3. REACTIVOS

- Agua destilada
- Cloruro de Sodio
- Aceite de Vaselina (0,880 Kg/l)

4.3.1. Solución de Cloruro de Sodio

Disolver 25 gr de Cloruro de Sodio en agua destilada y llevar hasta 1 litro.

4.4. PROCEDIMIENTO

El procedimiento operativo se realiza de la siguiente forma:

- El equipo ha de ser utilizado a una temperatura no inferior a 18°C y no superior a 22°C. Conectar el termostato el tiempo suficiente antes de comenzar el ensayo para comprobar que las temperaturas del mezclador y del alveógrafo se encuentran situados en el intervalo $25 \pm 0,2^\circ\text{C}$.
- Colocar el papel en el tambor registrador. Llenar la pluma y poner el tambor a la posición inicial. Comprobar que la manilla está en la posición 1, quitar el collarín pequeño y el obturador. Aceitar el obturador y la pletina de la base del alveógrafo.
- Verter en la bureta el volumen de ClNa (25 gr en un litro de agua destilada) para que dé el equivalente de 50 ml para cada 100 gr de harina al 15% de humedad, mediante la tabla correspondiente.
- Colocar en la mezcladora $250 \pm 0,5$ gr de harina y colocar el suplemento de la amasadora en su sitio.
- Se pone en marcha el motor de la amasadora en su posición de marcha adelante y añadir a la harina la solución de ClNa vertiéndola sobre el eje de la paleta amasadora. Esta adición hacerse en los 15-20 segundos primeros.
- En el minuto 1 parar el motor y quitar el suplemento de la amasadora permitiéndose durante un minuto la manipulación y homogenización de la masa.
- En el minuto 2 poner en marcha el motor de la amasadora en su posición de marcha adelante.
- El tiempo que transcurre desde el minuto 2 hasta el minutos 8 se aprovecha para aceitar las bandejas donde van los plastones, el corta plastón, el rodillo, etc.
- En el minuto 8 para la marcha del motor, abrir la ranura de extracción e invertir el sentido del motor. Se cortan los dos primeros cm de la masa que serán desechados

Cuando la lámina de la masa alcanza las muescas de la placa receptora cortar con 2 rápidos cortes. Pasar rápidamente las piezas de masa a la placa de vidrio aceitada del bastidor de aplastado.

Se extraen 5 plastones, pasando el rodillo aceitado 12 veces/plastón e introduciéndolos en la cámara (siendo su temperatura de 25°C).

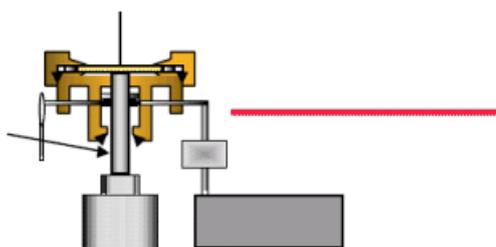
➤ Hasta el minuto 28 aprovechamos para limpiar toda la amasadora y los componentes utilizados.

➤ Minuto 28:

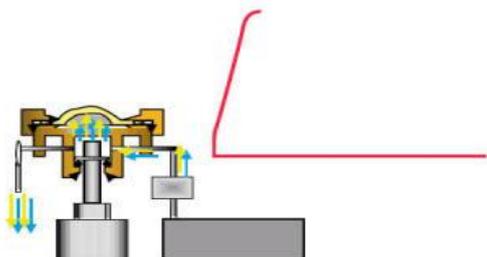
- Destornillar el collar grande dando dos revoluciones. Con la ayuda de una espátula hacer pasar el primer pedazo de masa hacia el centro de la base de la probeta. Poner el obturador y el collar pequeño, girar el collar grande dos revoluciones en 20 segundos. Esperar 5 segundos y volver a quitar el collarín pequeño y el obturador.
- Girar el interruptor de funcionamiento en la posición 2.
- Elevar el frasco de agua
- Poner en posición horizontal la válvula de aire, comprimir la pera de goma y volver la válvula de air a la posición vertical. Soltar la pera de goma.
- Poner el interruptor de funcionamiento en la posición 3, comenzando la formación del alveolo y la rotación del tambor de registro.
- Cando estalle el globo de masa, girar rápidamente el interruptor a la posición 4.
- Registrar el nivel de agua en la bureta y bajar el frasco de agua.
- Girar el interruptor de funcionamiento a 1 y volver a colocar la plumilla.
- Desenroscar mediante dos revoluciones el collar grande y retirar la masa.

Repetir esta operación con las 4 piezas restantes lo más rápidamente posible.

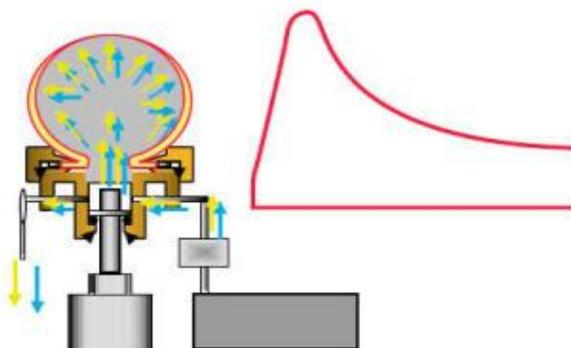
Cuando alguna de las burbujas o de las curvas resulte anómala no se tomará en consideración.



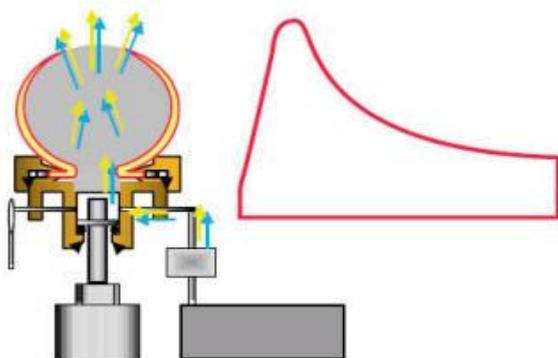
Posición de partida



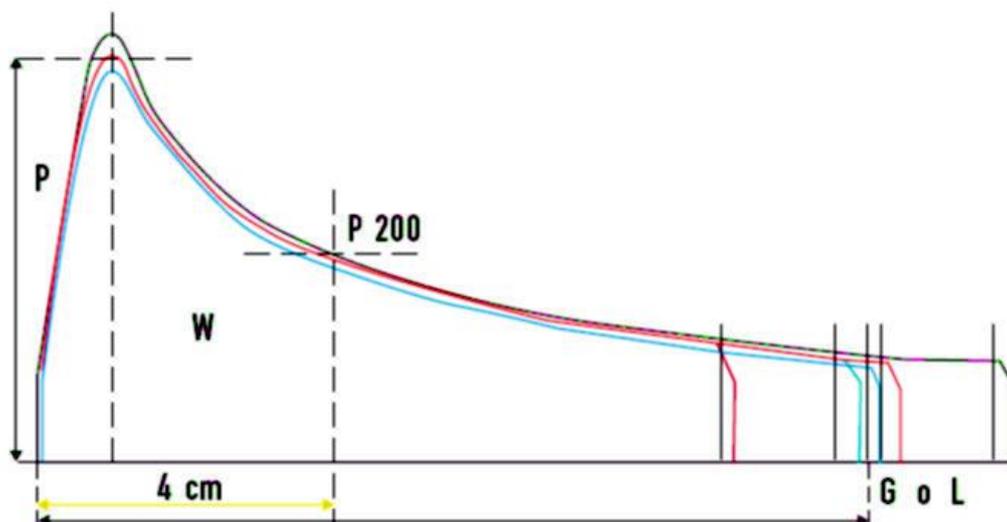
La masa ofrece resistencia a la
presión del aire (tenacidad)



La masa se deforma en una burbuja
(extensibilidad)



Rotura de la burbuja. Fin del
ensayo.



4.5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- ✚ **Valor P (Tenacidad):** Equivale a la altura máxima de la curva en milímetros multiplicada por 1,1 ($P = H \times 1,1$)

Nos da la idea de la fuerza necesaria para hinchar la masa y está ligada a la absorción de agua de la harina

Un valor elevado de P equivale a una absorción alta.

- ✚ **Valor L (extensibilidad).** Es la capacidad que tiene una masa de ser estirada. En la curva, es la longitud expresada en milímetros. *Está en relación con la capacidad de retención del gas producido durante la fermentación*

- ✚ **Relación P/L.** Nos indica el equilibrio de la masa. Sirve para saber para qué tipo de trabajo panadero es más adecuada cada harina.

- ✚ **Valor G (índice de hinchamiento).** Está representado por el volumen de aire necesario para provocar la ruptura del globo de masa. *Indica la elasticidad de la masa, que está relacionada con la aptitud de la harina para producir un tipo de pan bien desarrollado. Cuanto mayor sea este valor más se asegurará que la harina al panificar tendrá suficiente elasticidad para permitir que el CO_2 producido en la fermentación se difunda ampliamente en la masa*

$$G = 2,226 \times \sqrt{L}$$

- ✚ **Valor p (tenacidad límite).** Equivale a la altura de la curva en el momento de ruptura de la bola. Está relacionada con la tolerancia de la masa, valores bajos de p dan masa con un comportamiento fermentativo anómalo y tendencia a ablandarse.

- ✚ **Valor I_e (índice de elasticidad).** Viene dado por la altura de la curva a 4cm del origen dividido por la tenacidad, P, y expresado en tanto por ciento. Las curvas que tras llegar a la presión máxima tienen una caída muy brusca nos dan masa con poca elasticidad, por el contrario una curva con una caída poco pronunciada nos dará masas más elásticas, óptimas para panificación.

- ✚ **Valor W (fuerza).** Durante el ensayo alveográfico la corriente de aire insuflada bajo la masa efectúa un trabajo mecánico que es tanto mayor cuanto más tenacidad tenga la masa y cuanto más pueda hincharse sin romperse (más P y más L).

El valor de W expresa este trabajo de deformación referido a un grano de masa y está ligado al conjunto de fenómenos que se producen en el curso del ensayo de extensión teniendo en cuenta a la vez la tenacidad y la extensibilidad de la masa y es la expresión más completa de la fuerza panadera de una harina.

Por consiguiente, es necesario relacionar todos los datos del alveograma (P,L, P/L, W) y no limitarse a uno solo. Ya que puede darse el caso de que dos harinas con un mismo valor de W = 150 puedan tener valores P/L 0,5 y 1,0 respectivamente y por tanto su comportamiento en panificación será muy distinto a pesar de tener el mismo valor de W.

4.6. CALIBRACIÓN

- Duración de la rotación del tambor de 55 segundos de estribo a estribo.
- Duración de paso del agua en el frasco de 23 segundo de 0 a G= 25.
- El caudal de aire equivale a 60 mm en el manómetro.
- Se tiene en cuenta el coeficiente 1,1 del manómetro.

ALVEOGRÁFO HUMEDAD					
HUMEDAD (%)	VOLUMEN (ml)	HUMEDAD (%)	VOLUMEN (ml)	HUMEDAD (%)	VOLUMEN (ml)
8,00	156,10	12,00	138,30	16,00	120,60
8,20	155,20	12,20	137,50	16,20	119,70
8,40	154,40	12,40	136,60	16,40	118,80
8,60	153,50	12,60	135,70	16,60	117,90
8,80	152,60	12,80	134,80	16,80	117,00
9,00	151,70	13,00	133,90	17,00	116,10
9,20	150,80	13,20	133,00	17,20	115,20
9,40	149,90	13,40	132,10	17,40	114,30
9,60	149,00	13,60	131,20	17,60	113,40
9,80	148,10	13,80	130,30	17,80	112,50
10,00	147,20	14,00	129,40	18,00	111,70
10,20	146,30	14,20	128,60	18,20	110,80
10,40	145,50	14,40	127,70	18,40	109,90
10,60	144,60	14,60	126,80	18,60	109,00
10,80	143,70	14,80	125,90	18,80	108,10
11,00	142,80	15,00	125,00	19,00	107,20
11,20	141,90	15,20	124,10	19,20	106,30
11,40	141,00	15,40	123,20	19,40	105,40
11,60	140,10	15,60	122,30	19,60	104,50
11,80	139,20	15,80	121,40	19,80	103,70

5. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CAÍDA O FALLING NUMBER “**AACC METHOD 56-81B**”

5.1. PRINCIPIO

El método de Falling Number (tiempo de caída) determina la actividad α -amilásica, utilizando la harina como sustrato.

Este método consiste en medir la degradación del almidón gelatinizado, por la acción de una enzima llamada α -amilasa, bajo condiciones similares a las que se encuentran durante el proceso de panificación.

La cantidad de α -amilasa no influye solamente en la marcha de la fermentación panaria, sino también en la estructura final de la miga de los panes obtenidos a partir de harina de trigo o centeno.

5.2. MATERIAL Y APARATOS

- Aparato de ensayo Falling Number
- Balanza de precisión de $\pm 0,05$ gramos
- Pipetas
- Tubos viscosimétricos
- Agitador viscosímetro
- Agua destilada

5.3. PROCEDIMIENTO

Este método por tanto, determina la actividad α -amilásica. Está basado en la gelatinización rápida de una suspensión acuosa de harina.

La enzima α -amilasa lo que hace es romper las cadenas de almidón indiscriminadamente, dejando suficiente glucosa libre para que la levadura se pueda alimentar de ella.

Este método se debe a Hagber, el cual construyó un “penetrómetro” que permitía apreciar la consistencia de una suspensión de harina gelificada, después de la acción de las enzimas amilasas presentes en la harina. A pesar de que el ensayo termina a

una temperatura crítica para las amilasas, la acción de la enzima es suficiente para determinar la actividad α -amilásica de los granos y harinas.

Esta determinación se basa por tanto en la gelatinización rápida de una suspensión acuosa de harina en un baño maría en ebullición constante y la subsiguiente medición del tiempo de licuefacción del almidón contenido en la muestra por la acción de la α -amilasa.

- El agua destilada del baño maría debe estar en fuerte ebullición todo el tiempo de duración del ensayo. Verificar la temperatura, nivel de agua y sistema de refrigeración de la tapa.
- Colocar 25 ml de agua destilada a $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ dentro del tubo viscosímetro.
- Pesar $7,00\pm 0,05$ gramos de harina a una humedad del 15% según la tabla de corrección por humedad y añadirlo al agua en el tubo viscosímetro.
- Colocar un tapón de goma en el tubo y agitar vigorosamente 20-30 veces o más si es necesario a fin de obtener una suspensión homogénea.
- Destapar el tubo y colocar el agitador viscosímetro dentro del tubo rascador con la parte circular inferior del mismo, arrastrando cualquier partícula que haya quedado adherida a las paredes del tubo.
- Colocar el tubo viscosímetro con el agitador dentro del baño de agua a través del agujero de la tapa dentro de los 30 segundos posteriores al agitado.
- Accionar el temporizador inmediatamente después de haber puesto el tubo dentro del baño sujetado por la parte móvil que aloja el microinterruptor pulsando el botón START. El contador electrónico comienza a contar los segundos.
- A los 5 segundos, cuando tanto la luz roja como la señal acústica aparezcan, comenzar a agitar a razón de 2 movimientos completos por segundo.
- La agitación se mantiene al mismo ritmo hasta que el contador señale 60, es decir, 55 segundos, durante los cuales se deben completar 110 ± 1 movimientos completos (arriba-abajo). La señal acústica y la luz roja ayudan a mantener el adecuado ritmo de agitación manual si se hace coincidir al agitador en la posición inferior cada vez que se oye la señal o se enciende la luz roja. Es

esencial mantener el ritmo adecuado especialmente de los 30 a 60 durante los cuales el almidón gelatiniza.

- A los 60 segundos, cuando cesa la señal acústica y la luz roja, levantar el agitador viscosímetro a la posición superior y soltarlo para permitir que descienda libremente por su propio peso a través de la suspensión gelatinizada.
- Girar la parte que aloja el micro-interruptor a su posición de trabajo con la tona negra que aloja el interruptor situada junto al agitador viscosímetro y fijada por el tope sobre el tornillo de la tapa del baño.
- Cuando el agitador ha caído la distancia predeterminada, es decir, cuando el borde inferior del electro imán alcanza el nivel indicado de la torre que contiene el interruptor, este se activa, deteniéndose el temporizador y emitiendo una señal acústica continua.
- Detener la señal pulsando el botón verde START. El contador indica el valor del Número de Caída.
- Girar en sentido inverso la parte que aloja el micro-interruptor y sacar el agitador y el tubo viscosimétrico y ponerlos en agua fría. El tubo se limpia fácilmente utilizando el limpiador rápido de tubos Spolett 1010 conectado a un grifo de agua fría. El tubo y el agitador deben limpiarse y secarse cuidadosamente antes del siguiente ensayo.
- Leer el valor del Número de Caída en el visor del contador.

5.4. CALIBRACIÓN

- Llenar el baño maría con agua destilada hasta 2 o 3 cm por debajo del borde superior del recipiente.
- Mantener el punto de ebullición entre 98-100°C

FALLING NUMBER CONTENIDO DE HUMEDAD					
HUMEDAD	PESO	HUMEDAD	PESO	HUMEDAD	PESO
5,00	6,00	9,00	6,40	13,00	6,80
5,20	6,00	9,20	6,40	13,20	6,80
5,40	6,05	9,40	6,45	13,40	6,85
5,60	6,05	9,60	6,45	13,60	6,85
5,80	6,10	9,80	6,50	13,80	6,90
6,00	6,10	10,00	6,50	14,00	6,90
6,20	6,10	10,20	6,50	14,20	6,90
6,40	6,15	10,40	6,55	14,40	6,95
6,60	6,15	10,60	6,55	14,60	6,95
6,80	6,20	10,80	6,60	14,80	7,00
7,00	6,20	11,00	6,60	15,00	7,00
7,20	6,20	11,20	6,60	15,20	7,00
7,40	6,25	11,40	6,65	15,40	7,05
7,60	6,25	11,60	6,65	15,60	7,05
7,80	6,30	11,80	6,70	15,80	7,10
8,00	6,30	12,00	6,70	16,00	7,10
8,20	6,30	12,20	6,70	16,20	7,10
8,40	6,35	12,40	6,75	16,40	7,15
8,60	6,35	12,60	6,75	16,60	7,15
8,80	6,40	12,80	6,80	16,80	7,20

6. R.V.A (RAPID VISCO ANALYSER) “AACC METHOD 76-21”

6.1. PRINCIPIO

El RVA o analizador rápido de viscosidad es un equipo que cuantifica la viscosidad es decir, determina la resistencia al flujo de una pasta con base de almidón cuando es sometida a una tensión de desplazamiento constante, incorporando a su vez condiciones de tiempo y temperaturas específicas de acuerdo a la muestra.

La prueba de RVA consiste en someter a la muestra al ciclo clásico de la cocción (precalentamiento-calentamiento-reposo) donde la viscosidad registra un comportamiento que depende en gran medida del origen y de las propiedades del almidón.

6.2. MATERIALES Y APARATOS

- Balanza de precisión
- Rapid Visco Analyser Series S4A (RVA Super4)
- Cápsulas de aluminio
- Agitadores

6.3. PROCEDIMIENTO

Preparación de la muestra

La preparación de la muestra es bastante sencilla y consiste en tomar una muestra de harina y pesar 3,500 g en una balanza analítica de 0,100 mg de apreciación, (corrigiendo siempre con respecto a una humedad del 14%), finalmente se miden 25 ml de agua destilada y se depositan en una cápsula de aluminio que provee el equipo para realizar la prueba.

El RVA opera gracias a un programa de ordenador denominado Thermocline for Windows (TCW) este permite realizar los análisis, exportar, analizar y realizar gráficas de los resultados de las pruebas.

El TCW cuenta con perfiles pre-configurados según sea la muestra que se quiere analizar, para la harina existe un perfil estándar aprobado por la AACCC que consiste en condicionar la muestra a una serie de temperaturas y tiempos determinados.

Antes de iniciar cada ensayo se calibra el equipo, para ello se pone en funcionamiento únicamente con la paleta de agitación, sin la cápsula de aluminio.

Una vez calibrado, la harina se deposita en la cápsula de aluminio a la cual se le añaden 25 ml de agua destilada. Después se introduce el agitador que acompaña a la cápsula de aluminio y se inserta en la torre receptora del equipo; posteriormente se presiona la torre y automáticamente comienza el ensayo.

Durante los primeros 10 segundos, el agitador gira a una velocidad de 960, después y hasta el final del análisis la velocidad de agitación es de 160 rpm. La temperatura varía según el cuadro que pertenece al panel de control del programa asociado al RVA. Todas las variables controladas, tiempo, temperatura, velocidad y viscosidad, son registradas y representadas gráficamente y pueden ser observadas en el ordenador a tiempo real.

	Time (HH:MM:SS)	Type (Temp Speed)	Value (°C) or (RPM)
1	00:00:00	Temp	50
2	00:00:00	Speed	960
3	00:00:10	Speed	160
4	00:01:00	Temp	50
5	00:04:42	Temp	95
6	00:07:12	Temp	95
7	00:11:00	Temp	50
8	00:13:00	End	
9			
..			

6.4. INTERPRETACIÓN DE LA CURVA

Los almidones en su estado nativo se encuentran en forma de agregados microscópicos llamados gránulos; estos difieren en tamaño y forma de acuerdo con el genotipo. Los gránulos pueden ser descritos como una serie de moléculas ordenadas en capas concéntricas que definen regiones amorfas y cristalinas. Las moléculas están constituidas por unidades de glucosa encontrándose principalmente dos polímeros, la

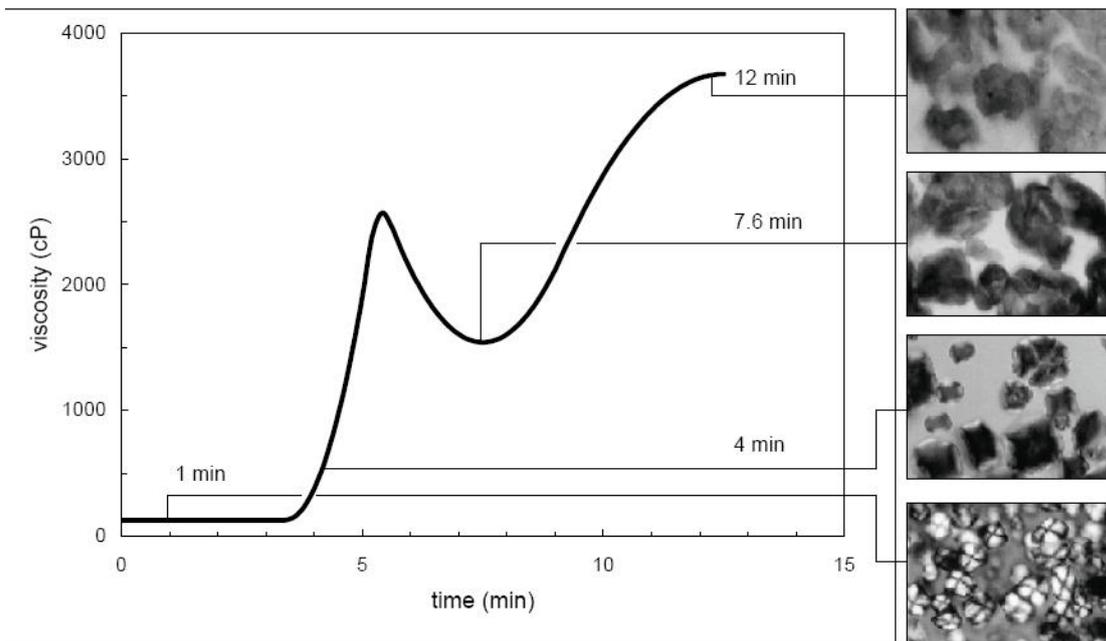
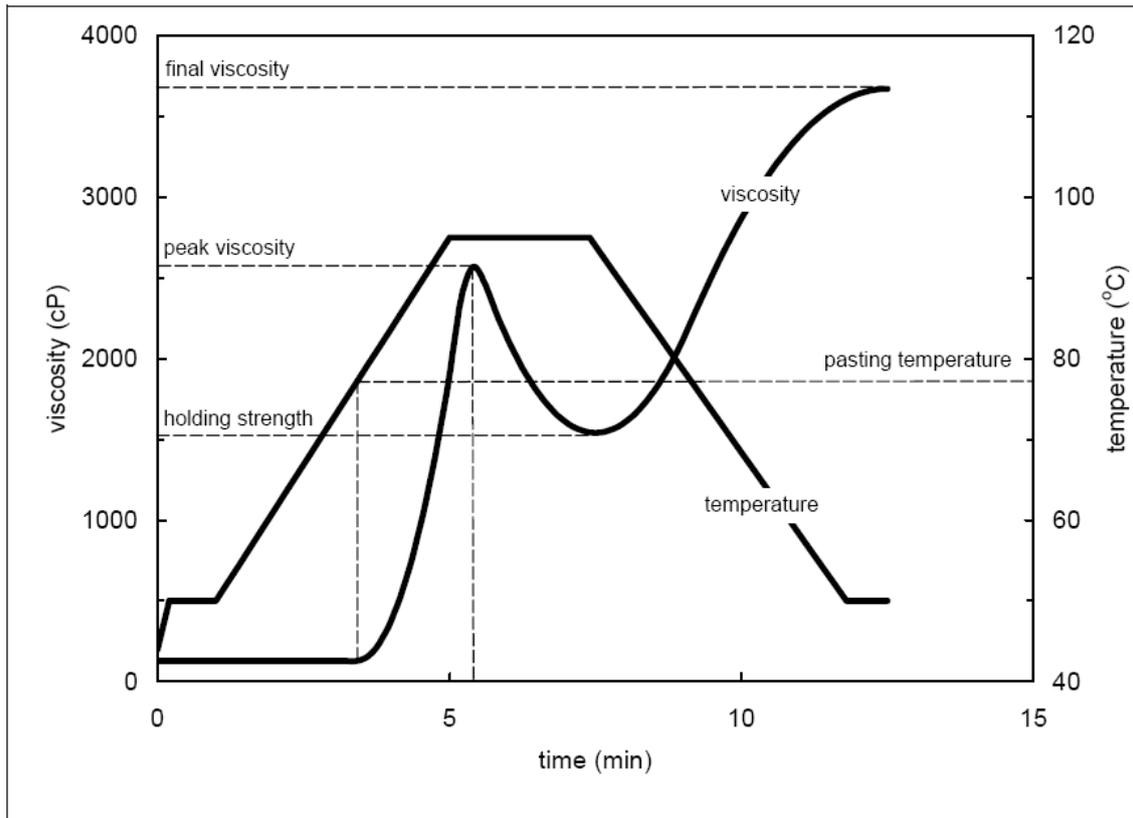
amilosa formada por cadenas lineales y la amilopectina que está integrada por cadenas ramificadas, como ya hemos expuesto en el capítulo I.

Los cambios de viscosidad producidos por efecto del calentamiento y enfriamiento de una suspensión de almidón en agua, originan una curva característica. Los gránulos de almidón son insolubles en agua a temperaturas inferiores a los 50°C, cuando aumenta la temperatura por encima de 50°C, los gránulos comienzan a hidratarse aumentando su tamaño, luego sufren un proceso irreversible conocido como gelatinización, el cual se caracteriza por la pérdida de la cristalinidad.

Al inicio del análisis se observan bajas temperaturas, menor viscosidad, pero al incrementar la temperatura cerca de la temperatura de gelatinización, los gránulos comienzan a pegarse unos a otros formando una pasta que produce un aumento de la viscosidad; este instante se conoce como temperatura de empaste, que puede ser definido como la temperatura mínima requerida para cocinar la muestra y a su vez es asociada a la temperatura de gelatinización.

Los gránulos siguen hinchándose y se produce un elevado aumento de la viscosidad hasta llegar a un intervalo máximo de temperatura denominado viscosidad pico, donde los gránulos alcanzan su mayor nivel de absorción de agua. Posteriormente los gránulos se rompen por efecto de la agitación provocando la disminución de la viscosidad hasta llegar a un punto denominado viscosidad media. La diferencia entre la viscosidad pico y la media se conoce como Breakdown y permite conocer la estabilidad del gránulo frente a la cocción.

Finalmente, en el periodo de disminución de la temperatura ocurre la retrogradación que se define como el reordenamiento de las moléculas de almidón en pequeños agregados cristalinos insolubles; este fenómeno es el precursor de la formación del gel y la amilosa es el principal responsable. Allí se describe un nuevo incremento de la viscosidad hasta llegar al punto final de la prueba. El setback es aquella región definida por la diferencia entre la viscosidad pico y la viscosidad final, está asociado a la calidad de la textura de la harina.



Gráfica que muestra la curva de viscosidad e imágenes de los gránulos de almidón en diferentes etapas del RVA.

1 minuto: Gránulos intactos mostrando la característica cruz de malta

4 minutos: Gránulos parcialmente hinchados y pérdida de birrefringencia

7,6 minutos: Gránulos dispersos

12 minutos: Gránulos despolimerizados

CAPÍTULO V:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido

1. TRIGO UTILIZADO EN LA MOLIENDA.....	114
2. TOMA DE MUESTRAS	114
3. REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.....	114
4. RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSIÓN	115
4.1. PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN.....	115
4.2. HUMEDAD.....	117
4.3. CENIZAS	119
4.4. GLUTEN.....	121
4.5. ALVEÓGRAFO	122
4.5.1. Alveograma T1.....	124
4.5.2. Alveograma T2.....	124
4.5.3. Alveograma T3.....	125
4.5.4. Alveograma T4.....	125
4.5.5. Alveograma T5.....	125
4.5.6. Alveograma C1	126
4.5.7. Alveograma C2	126
4.5.8. Alveograma C3	127
4.5.9. Alveograma C4	128
4.5.10. Alveograma C5	128
4.5.11. Alveograma C6	129
4.5.12. Alveograma RSG.....	129
4.5.13. Alveograma RSF	130
4.5.14. Alveograma Aspiraciones.....	130
4.5.15. Alveograma Harina.....	131
4.6. FALLING NUMBER.....	133
4.7. RAPID VISCO ANALYSER (RVA).....	136

1. TRIGO UTILIZADO EN LA MOLIENDA

El trigo utilizado para la obtención de las fracciones de harina empleadas en este estudio es un trigo mejorante. Se denomina mejorante a aquel trigo con gran contenido en proteína que se emplea para obtener harinas de fuerza (W).

La ficha técnica del trigo mejorante es la siguiente:

Producto: TRIGO					
Tipo: Mejorante					
Características del Producto					
Característica	Mínimo	Máximo	Característica	Mínimo	Máximo
Humedad	-	14%	Falling Number	250 seg.	-
Peso Específico	75 Kg/Hl	-	Gluten Húmedo	21%	-
Gluten Seco	7%	-	Factor Degradación	-	25%
Proteína (N x 5,7)	10%	-	Índice Zeleny	25	-
Organolépticas : Ausencia de insectos vivos , ausencia de olores extraños, porcentaje máximo de impurezas del 5%					

2. TOMA DE MUESTRAS

Las muestras se tomaron en los puntos de salida del cernedor en una cantidad de 5 a 6 Kg, en tres tomas, contabilizando el tiempo transcurrido en obtenerlas para así después llegar a conocer el porcentaje de participación de estas en la harina general y por lo tanto su porcentaje de extracción. Las muestras se aislaron en recipientes herméticos y se conservaron en una sala aislada.

3. REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS

Las pruebas se realizaron por triplicado.

La primera determinación de la humedad se realizó inmediatamente después de la toma de muestras y se repitió a intervalos de 15 días para poder detectar posibles variaciones que pudieran afectar a otros análisis.

En el anejo I (Pág. 142) del presente estudio se detallan todos los datos obtenidos de los análisis realizados. Para la exposición y discusión de resultados trabajamos con datos medios.

4. RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSIÓN

4.1. PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN

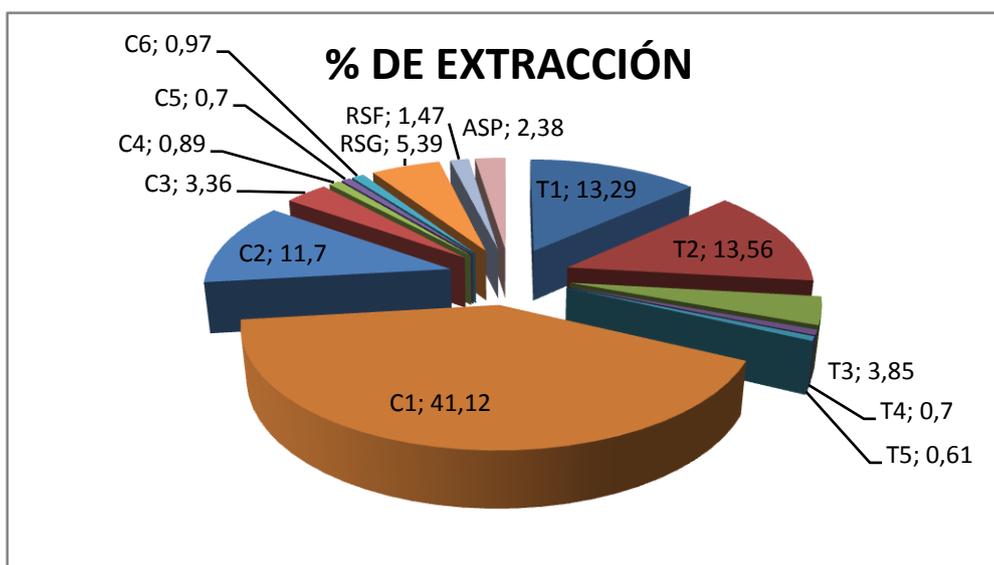


Gráfico 7: Porcentaje de extracción de harina en las distintas pasadas. T1-T5: fracciones procedentes de los trituradores. C1-C6: fracciones procedentes de los molinos de compresión. ASP: fracción recuperada de los circuitos de aspiración. RSF: repaso sémolas gruesas. RSG: repaso de sémolas gruesas.

Tabla 7: Porcentaje de extracción en harina de las distintas pasadas

Pasada	%
T1	13,29
T2	13,56
T3	3,85
T4	0,70
T5	0,61
C1	41,12
C2	11,70
C3	3,36
C4	0,89
C5	0,7
C6	0,97
RSG	5,39
RSF	1,47
ASP	2,38
Harina	100

Como se observa en la tabla el porcentaje de extracción va disminuyendo ya que se trata de un proceso de reducción gradual.

El porcentaje de T1 y T2 debería de ser el mismo porque se obtienen del mismo molino y aunque son separadas hacia dos calles distintas del plansichter existe una variación, porque el comportamiento de la maquinaria nunca es exacto. (Ver diagrama de molienda, Capítulo II pág. 58). Se trata de las harinas obtenidas de la rotura del grano.

En las siguientes trituraciones disminuye la extracción ya que lo que esencialmente se está “raspando” es el salvado.

El mayor porcentaje se debe a la harina C1. La harina molturada en el molino C1 se obtiene a partir de endospermo perfectamente limpio y clasificado en el sasor. La clasificación en el sasor se realiza por dos mecanismos fundamentalmente, uno de ellos es por en función del tamaño y el otro se basa en la diferencia del peso específico o densidad; tendrán más densidad las partículas constituidas únicamente por endospermo frente a las formadas por salvado y endospermo. Por lo que es la fracción de harina más pura

C2 constituye una fracción importante procedente del cernido del C1.

Las siguientes compresiones C3-C6, son harinas sucias ya que tienen fracciones de salvado.

Después de las trituraciones T1-T2 se produce su correspondiente cernido, pero la superficie del plansichter no es suficiente, necesitando dos calles más, por lo que las sémolas se transportan a aceleradores de molienda obteniendo la rotura del endospermo y por tanto harina, que será separada en su correspondiente cernedor (ver diagrama de molienda, Crn RSF, RSG. Pág. 58); la harina obtenida es la que forma las fracciones RSG y RSF.

La fracción denominada ASP (aspiraciones) no es más que la harina que se recoge en forma de polvo de los sistemas de aspiración situados en los sasores y del sistema neumático de la fábrica; hay que señalar la importancia de esta fracción que representa más que lo obtenido de T4, T5 y C4-C6.

4.2. HUMEDAD

El grano fue recibido con un contenido en humedad medio de 12,8%. Se realizó un sistema de acondicionado en dos fases en el que se llevó al grano a una humedad de 16,3 %. El proceso de acondicionado se realiza debido a que durante el proceso de molturación existe una pérdida de humedad comprendida entre 1,3-1,5 según las condiciones ambientales.

Como se señaló en el Capítulo II (Pág. 42), el acondicionado es la preparación física del grano, de manera que se facilite su posterior molienda, aumentando uniformemente su humedad para mejorar su comportamiento tecnológico en la molienda. Los principales objetivos del acondicionado son los siguientes:

- Hacer las capas envolventes más flexibles y resistentes
- Facilitar la separación de las capas envolventes
- Aumentar la superficie del grano, para una mejor trituración, ya que al absorber agua, el grano se hincha aumentando su volumen.
- Ahorro energético
- Aumento del rendimiento de los cernidos
- Aumento de la extracción.

Se determinó la humedad de cada fracción obtenida de harina y se obtuvieron los siguientes resultados expresados en gramos de agua por 100 gramos de muestra:

Tabla 8: Contenido en humedad de cada fracción

Pasada	% Humedad
T1	14,80 ± 0,10
T2	14,70 ± 0,06
T3	14,60 ± 0,10
T4	14,30 ± 0,06
T5	14,00 ± 0,00
C1	14,40 ± 0,06
C2	14,20 ± 0,10
C3	14,20 ± 0,06
C4	13,70 ± 0,10
C5	13,40 ± 0,06
C6	13,20 ± 0,06
RSG	14,60 ± 0,10
RSF	14,70 ± 0,10
ASP	14,10 ± 0,06
Harina	14,40 ± 0,06

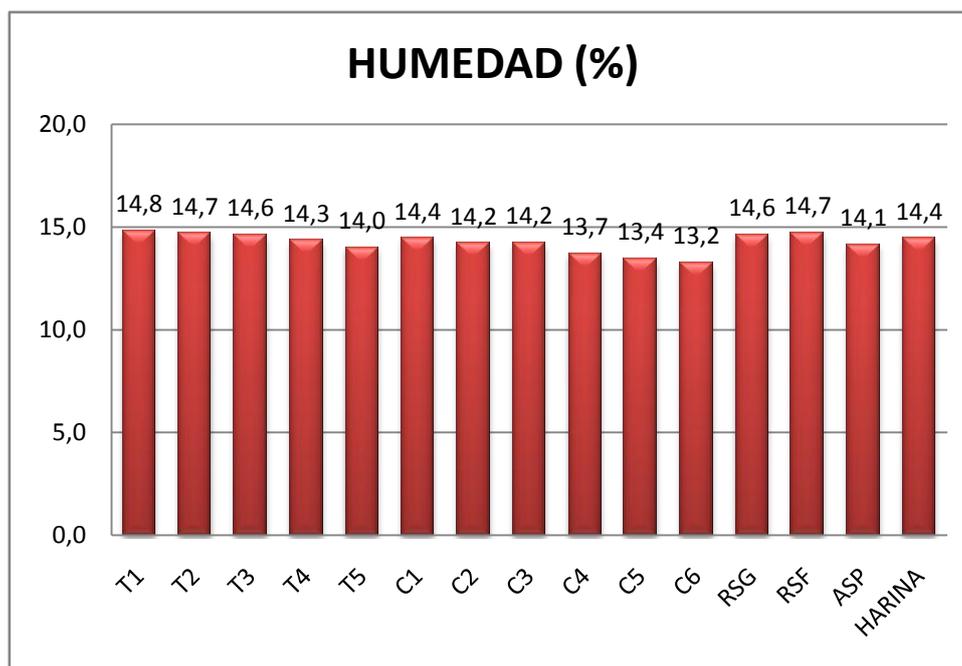


Gráfico 8: Contenido en Humedad de las fracciones obtenidas

Como se puede observar en el gráfico 2, La diferencia de humedad entre las trituraciones es insignificante, disminuyendo de T1 a T5 y de C1 a C6. Esto indica que la humedad se encuentra de forma uniforme en todo el grano y muestra, por tanto, que el proceso de acondicionamiento del cereal ha sido óptimo. Las pequeñas disminuciones de humedad observadas, cabe pensar que sean consecuencia de la fricción de los cilindros de rotura y del efecto de secado producido en el transporte neumático de la fábrica.

4.3. CENIZAS

El siguiente gráfico muestra el resultado de la determinación de cenizas de las diferentes fracciones de harina.

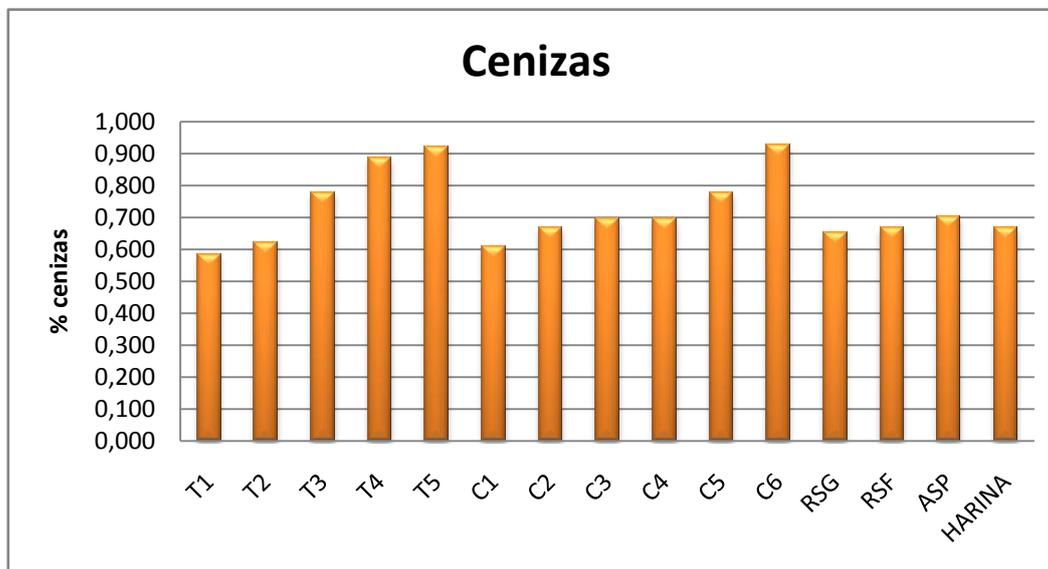


Gráfico 9: Contenido en cenizas de cada fracción

Como se observa en el gráfico 3, el contenido en cenizas aumenta de T1 a T5 ya que al aumentar la extracción de endospermo del grano, también aumenta la fragmentación de las partículas de salvado y por tanto el contenido en cenizas.

Del mismo modo que en las trituraciones, el contenido en cenizas también aumenta de C1 a C6, esto indica que cuanto más harina queremos extraer, más cenizas obtenemos, ya que el endospermo que vamos a procesar está fuertemente adherido a las capas de salvado.

La harina más blanca (C1), es decir, la de menor contenido en cenizas, se obtiene en el primer molino, porque procede del sazor y por lo tanto se trata de harina obtenida a partir de endospermo totalmente limpio de salvado.

Como se observa en el diagrama de molienda (Capítulo II, página 58) los cernedores o plansichter van disminuyendo el tamaño de malla para evitar que las cenizas que cada vez son más pequeñas consigan mezclarse con la harina limpia.

Los valores obtenidos de las cenizas son representados mediante un análisis acumulado en función del porcentaje de extracción:

Tabla 9: Extracción acumulada cenizas

1	2	3	4	5	6	7
Pasada	%extracción	Extracción acumulada	Cenizas %s.s.	2x4	5 acumulada	6:3
T1	9,968	9,968	0,584	5,821	5,821	0,584
C1	30,840	40,808	0,608	18,751	24,572	0,602
T2	10,170	50,978	0,620	6,305	30,877	0,606
RSG	4,043	55,020	0,651	2,632	33,509	0,609
RSF	1,103	56,123	0,666	0,734	34,243	0,610
C2	8,775	64,898	0,667	5,853	40,096	0,618
C3	2,520	67,418	0,693	1,746	41,842	0,621
C4	0,668	68,085	0,694	0,463	42,306	0,621
ASP	1,785	69,870	0,704	1,257	43,562	0,623
C5	0,525	70,395	0,776	0,407	43,970	0,625
T3	2,888	73,283	0,779	2,249	46,219	0,631
T4	0,525	73,808	0,885	0,465	46,684	0,633
T5	0,465	74,273	0,920	0,428	47,111	0,634
C6	0,728	75,000	0,928	0,675	47,787	0,637

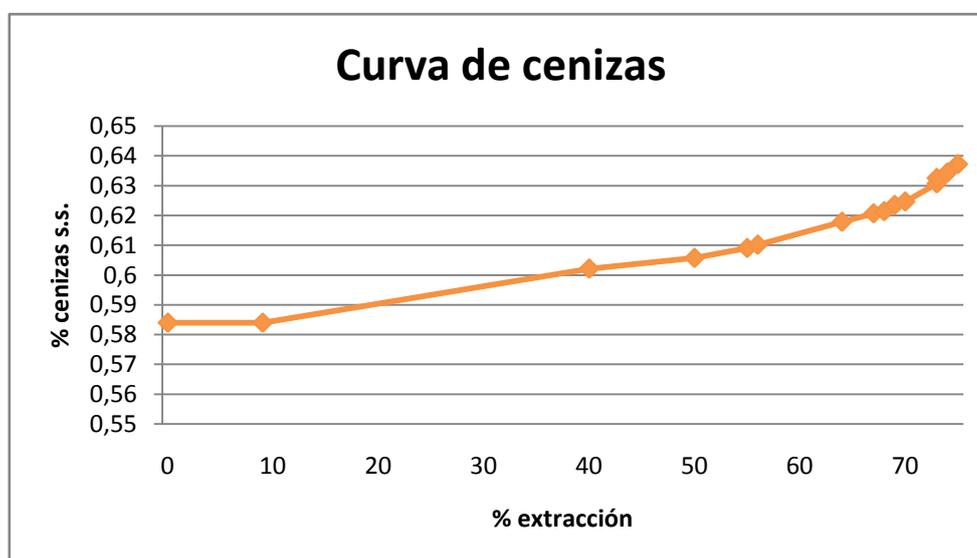


Gráfico 10: curva de cenizas

De esta manera se puede ver en cada momento como aumenta el contenido en cenizas en función del grado de extracción. Es habitual en molinería utilizar este tipo de gráfico para representar el contenido en cenizas.

4.4. GLUTEN

Se realizaron las determinaciones de gluten húmedo y gluten seco de las fracciones de harina obtenidas. Los resultados se detallan a continuación:

Tabla 10: Contenido en gluten húmedo y seco de cada pasada

GLUTEN HÚMEDO		GLUTEN SECO	
Pasada	Media (%)	Pasada	Media (%)
T1	32,50 ± 0,70	T1	10,83 ± 0,08
T2	31,25 ± 0,13	T2	10,42 ± 0,16
T3	30,25 ± 0,33	T3	10,08 ± 0,19
T4	28,25 ± 0,26	T4	9,42 ± 0,15
T5	7,50 ± 0,05	T5	2,50 ± 0,05
C1	35,00 ± 0,18	C1	11,67 ± 0,10
C2	30,00 ± 0,23	C2	10,00 ± 0,05
C3	25,00 ± 0,23	C3	8,33 ± 0,08
C4	22,50 ± 0,13	C4	7,50 ± 0,09
C5	15,00 ± 0,09	C5	5,00 ± 0,05
C6	7,50 ± 0,09	C6	2,50 ± 0,10
RSG	17,50 ± 0,10	RSG	5,83 ± 0,10
RSF	25,00 ± 0,18	RSF	8,33 ± 0,08
ASP	10,00 ± 0,13	ASP	3,33 ± 0,10
Harina	29,50 ± 0,22	Harina	9,17 ± 0,08

Existe una relación directa entre el contenido en gluten y en cenizas (Gráfico 5). Las cenizas no son más que fibra, y la fibra no está compuesta de proteínas, por lo tanto a mayor contenido en cenizas, menor contenido en proteínas, que son las que forman el gluten.

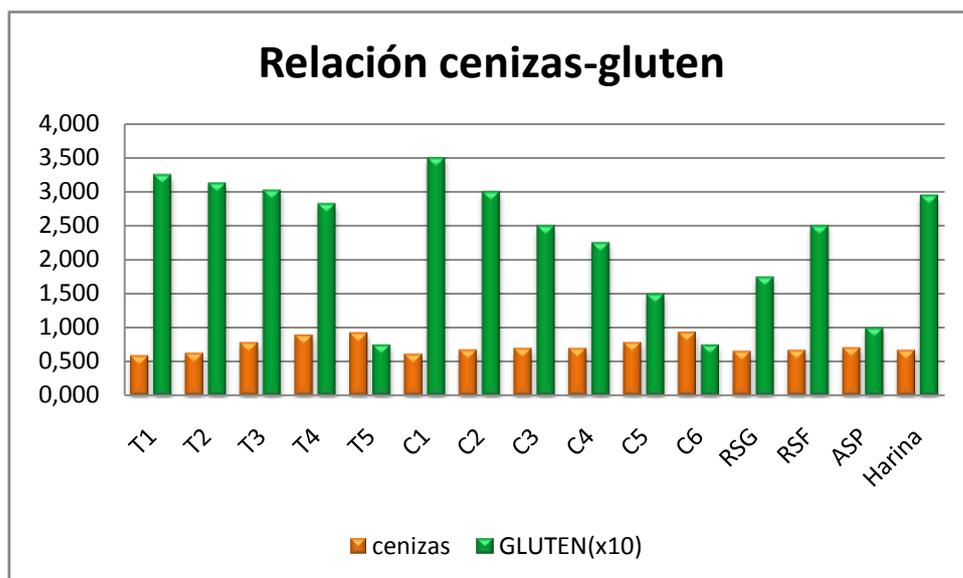


Gráfico 11: Relación entre el contenido en cenizas y el gluten.

4.5. ALVEÓGRAFO

El principio del alveógrafo consiste en reproducir a escala conveniente y en condiciones experimentales definidas, el alveolo panario.

Con el objetivo de conocer las características reológicas de la harina se ha realizado un análisis utilizando el alveógrafo de Chopin a cada una de las fracciones objeto de estudio. El estudio de los parámetros alveográficos, tenacidad (P), extensibilidad (L), hinchamiento (G) o fuerza (W), y la interpretación del alveograma nos permiten deducir, en gran medida, el comportamiento de cada una de las fracciones.

Cuando una harina presenta valores de tenacidad (P) muy altos (correspondientes a las gluteninas), esto refleja cierta dificultad para retener el CO_2 producido por las levaduras durante la fermentación de una masa, es decir, que la red formada por el gluten es demasiado tenaz, se diría que no es estable a la fermentación.

Cuando son muy altos los valores de hinchamiento (G) o extensibilidad (L) (correspondientes a las gliadinas), se estaría ante una masa muy extensible que podría retener CO_2 , no tendría estructura y se deformaría fácilmente.

En realidad debe existir un equilibrio entre el valor de P y G o L. la relación óptima se mide a través de la relación P/L.

Los resultados experimentales de este ensayo fueron:

Tabla 11: Resumen de los parámetros analizados en el alveógrafo.

	W ($\times 10^{-4}$ J)	W 2h	P (mm)	L (mm)	P/L	G
Pasada						
T1	351 \pm 12	358 \pm 11	73,1 \pm 4,8	186,3 \pm 10,0	0,39	30,3 \pm 0,9
T2	334 \pm 5	345 \pm 6	72,4 \pm 0,9	176,0 \pm 7,2	0,41	28,5 \pm 1,1
T3	259 \pm 3	274 \pm 6	63,3 \pm 5,4	160,7 \pm 6,7	0,40	31,2 \pm 3,5
T4	137 \pm 7	128 \pm 2	72,9 \pm 2,3	94,3 \pm 4,5	0,77	21,8 \pm 1,6
T5	116 \pm 12	110 \pm 7	66,7 \pm 0,3	94,0 \pm 6,6	0,71	22,2 \pm 1,1
C1	373 \pm 12	345 \pm 6	113,9 \pm 0,7	79,3 \pm 2,5	1,44	19,7 \pm 0,3
C2	259 \pm 1	244 \pm 7	100,8 \pm 5,9	76,7 \pm 6,5	1,33	19,4 \pm 0,8
C3	252 \pm 2	239 \pm 1	82,1 \pm 3,7	113,7 \pm 9	0,73	23,8 \pm 1,0
C4	109 \pm 6	100 \pm 6	78,1 \pm 3,6	41,3 \pm 2,1	1,89	14,5 \pm 0,5
C5	98 \pm 2	96 \pm 1	69,8 \pm 1,4	69,3 \pm 2,5	1,01	17,5 \pm 1,4
C6	74 \pm 3	68 \pm 7	56,3 \pm 2,3	46,3 \pm 0,6	1,21	15,4 \pm 0,4
RSG	274 \pm 8	266 \pm 9	68,2 \pm 0,3	142,7 \pm 6,5	0,48	26,7 \pm 0,7
RSF	196 \pm 7	181 \pm 7	53,9 \pm 3,4	152,3 \pm 3,1	0,35	27,3 \pm 0,4
ASP	255 \pm 8	260 \pm 8	78,4 \pm 7,6	115,3 \pm 0,6	0,68	23,8 \pm 0,2
Harina	339 \pm 6	320 \pm 2	87,8 \pm 1,7	126,0 \pm 3,0	0,70	24,9 \pm 0,3

En la tabla 5, se observa que la fuerza panadera (representada por el área bajo la curva) disminuye de T1-T5 y de C1-C6.

En general la tenacidad (presión aplicada a la masa, medida en mm de H₂O) disminuye de T1 a T5 y de C1 a C6, aunque es evidente que las fracciones de harina T1-T5 representa harinas de menor tenacidad que las fracciones C1-C6.

La extensibilidad (longitud de la curva desde el comienzo del ensayo hasta el momento de ruptura) en general disminuye de T1-T5 y de C1-C6. Se observa que los valores indican que las harinas T1-T5 son mucho más extensibles que las otras.

El hinchamiento (representativo del volumen de gas insuflado a la masa) en general disminuye de T1-T5 y de C1-C6.

A continuación se muestran las gráficas obtenidas en el alveógrafo para cada fracción de harina.

4.5.1. Alveograma T1

Esta fracción posee gran cantidad y calidad de gluten (351×10^{-4} J); asimismo, es la harina que va a dar una masa más extensible ($L=186\text{mm}$) por lo que previsiblemente será la masa que más fácilmente se lamine sin llegar a ser blanda ni pegajosa.

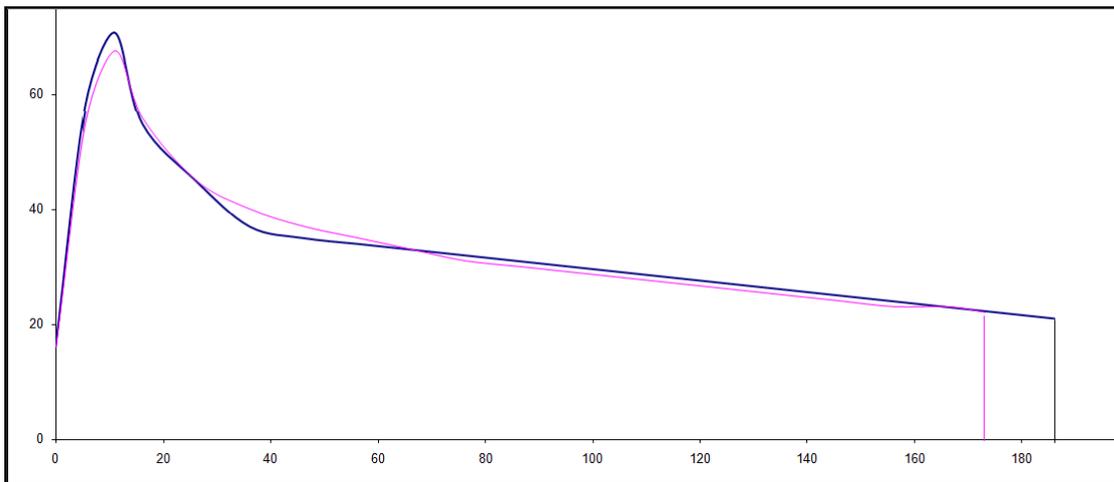


Figura 1: alveograma correspondiente a la fracción T1

4.5.2. Alveograma T2

Se trata de una fracción de características similares a la anterior ya que proceden del mismo molino. De gran fuerza y elevada extensibilidad.

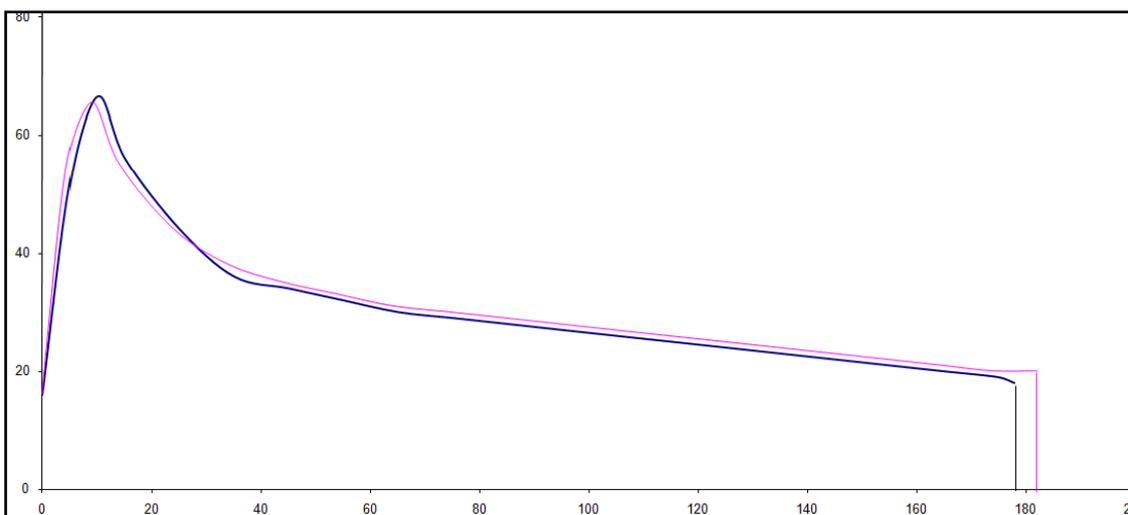


Figura 2: alveograma correspondiente a la fracción T2

4.5.3. Alveograma T3

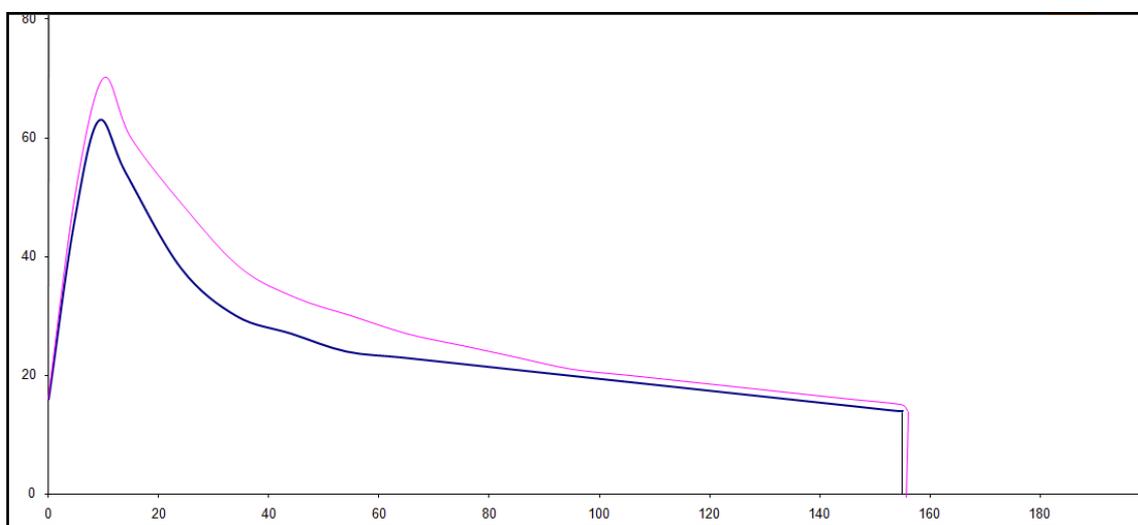


Figura 3: alveograma correspondiente a la fracción T3

4.5.4. Alveograma T4

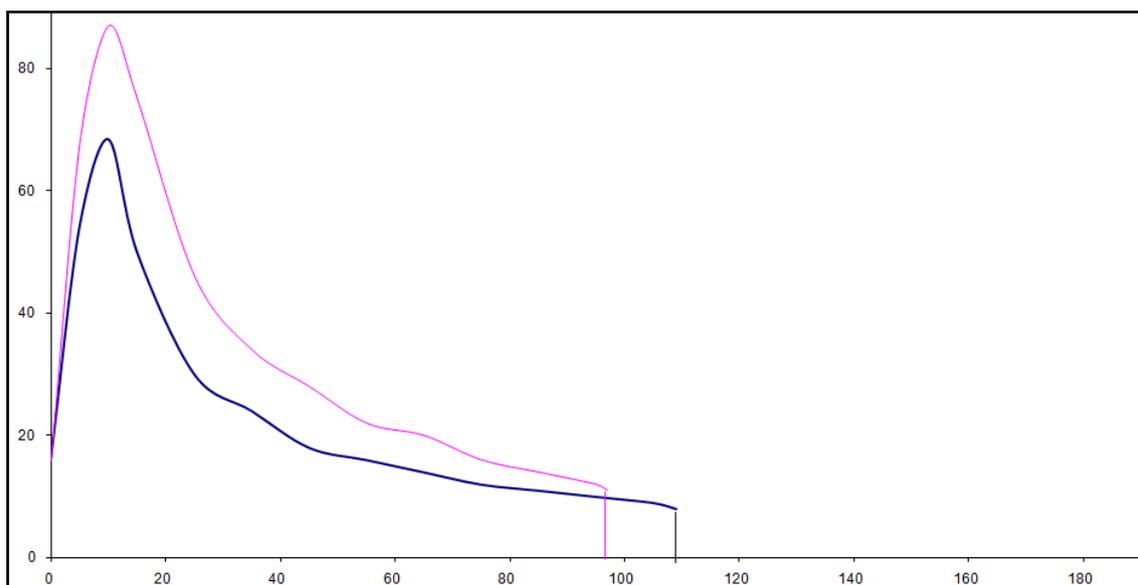


Figura 4: alveograma correspondiente a la fracción T4

4.5.5. Alveograma T5

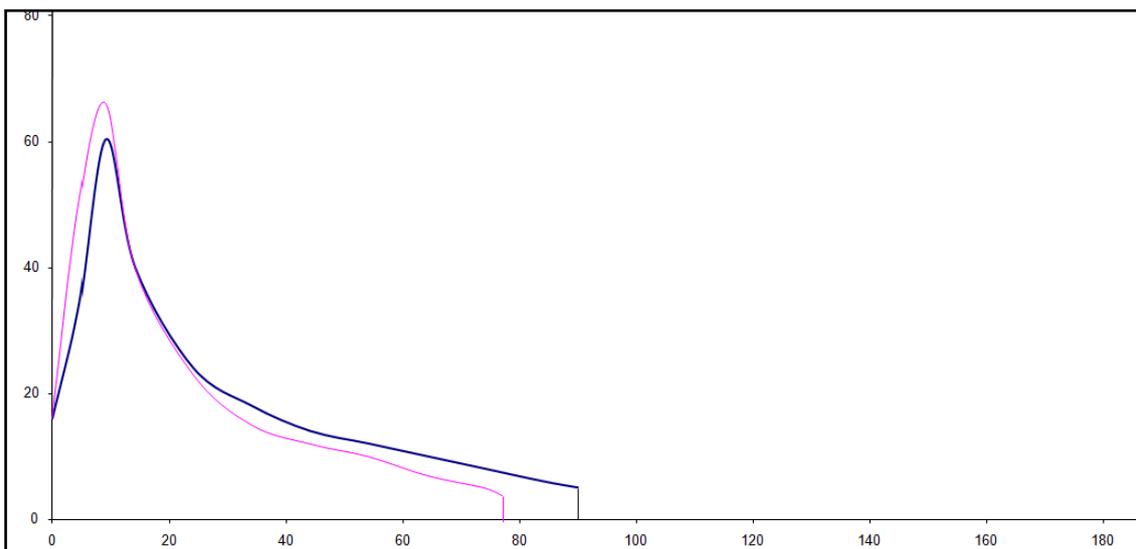


Figura 5: alveograma correspondiente a la fracción T5

4.5.6. Alveograma C1

Es la fracción que posee más cantidad y calidad de gluten ya que es la harina que presenta un valor de W más elevado (373×10^{-4} J) siendo también la fracción más tenaz ($P=113,9$) por lo que va a ser también la que más resistencia oponga a ser estirada.

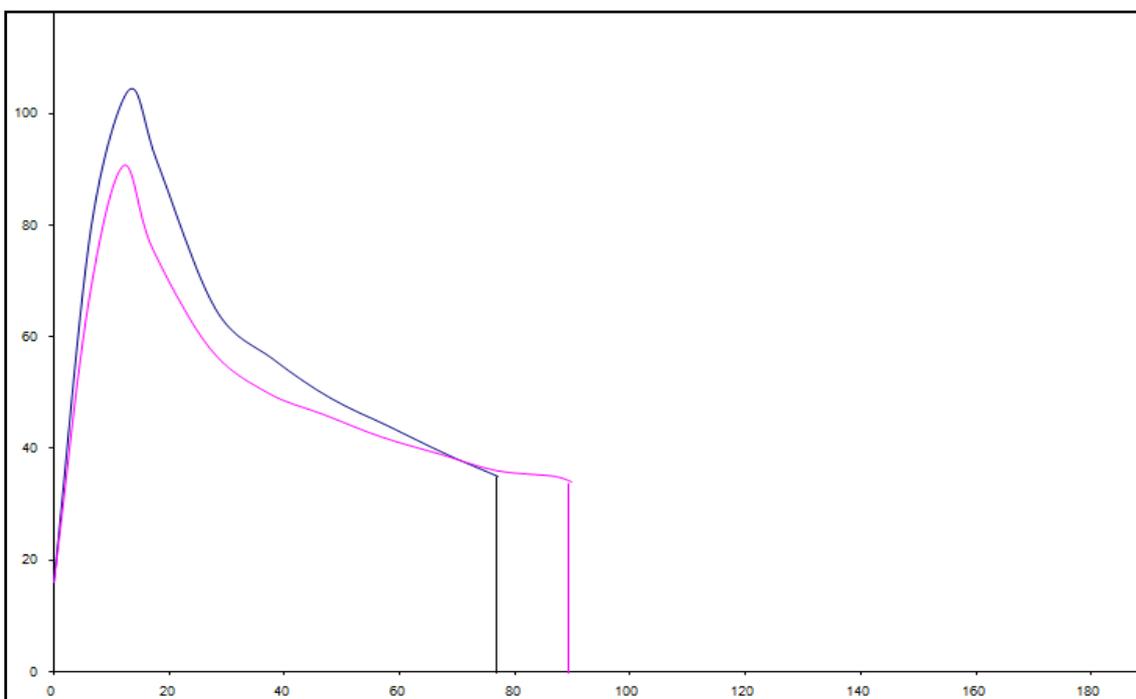


Figura 6: alveograma correspondiente a la fracción C1

4.5.7. Alveograma C2

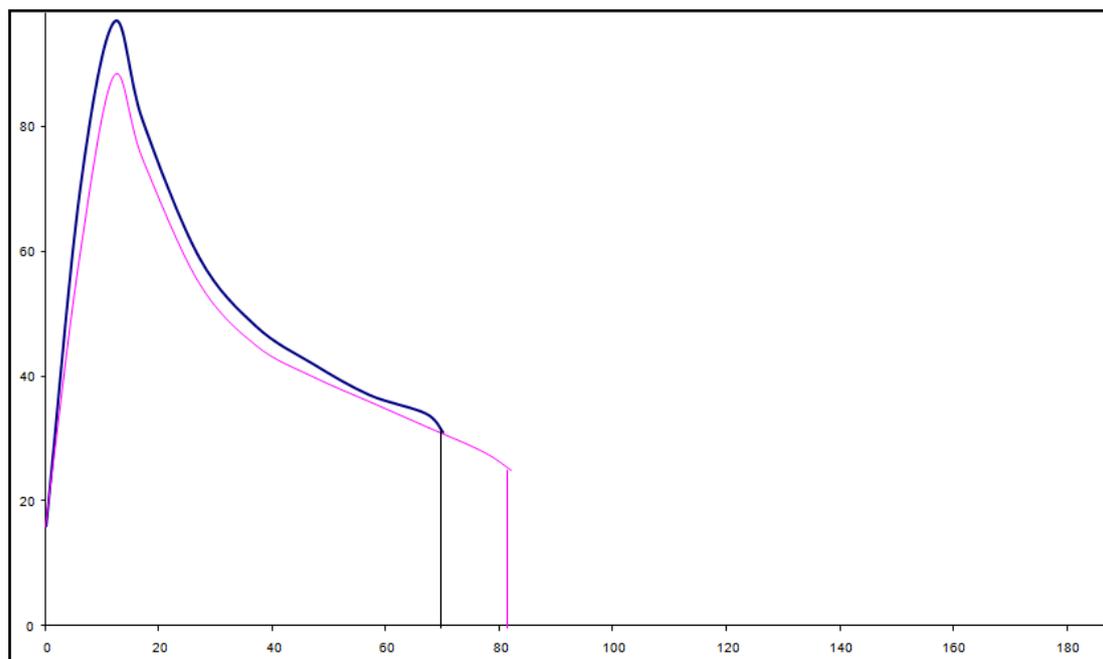


Figura 7: alveograma correspondiente a la fracción C2

4.5.8. Alveograma C3

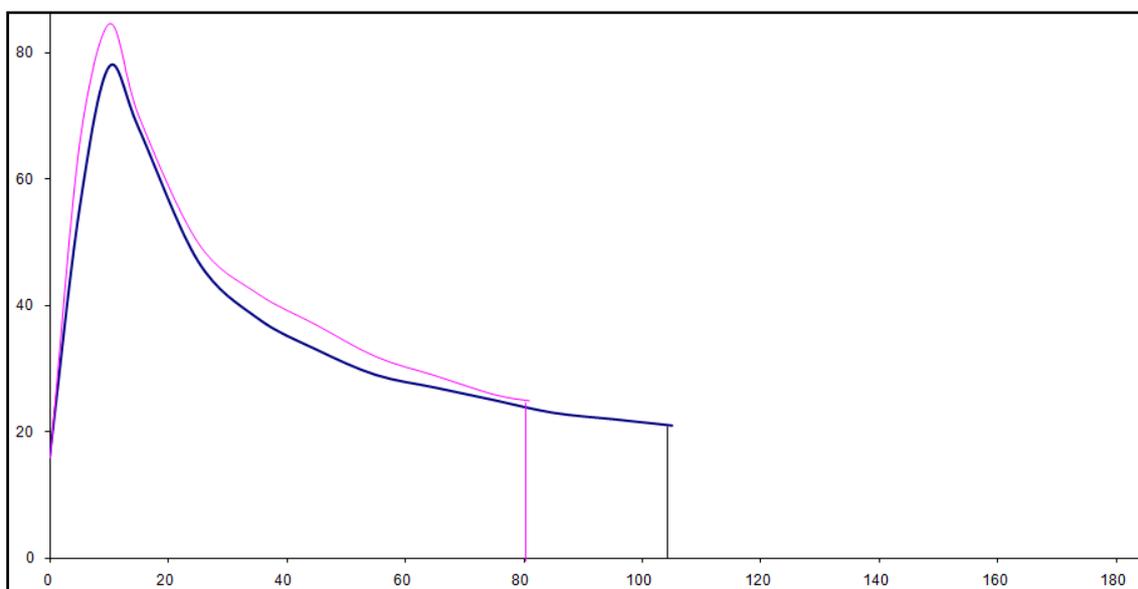


Figura 8: alveograma correspondiente a la fracción C3

4.5.9. Alveograma C4

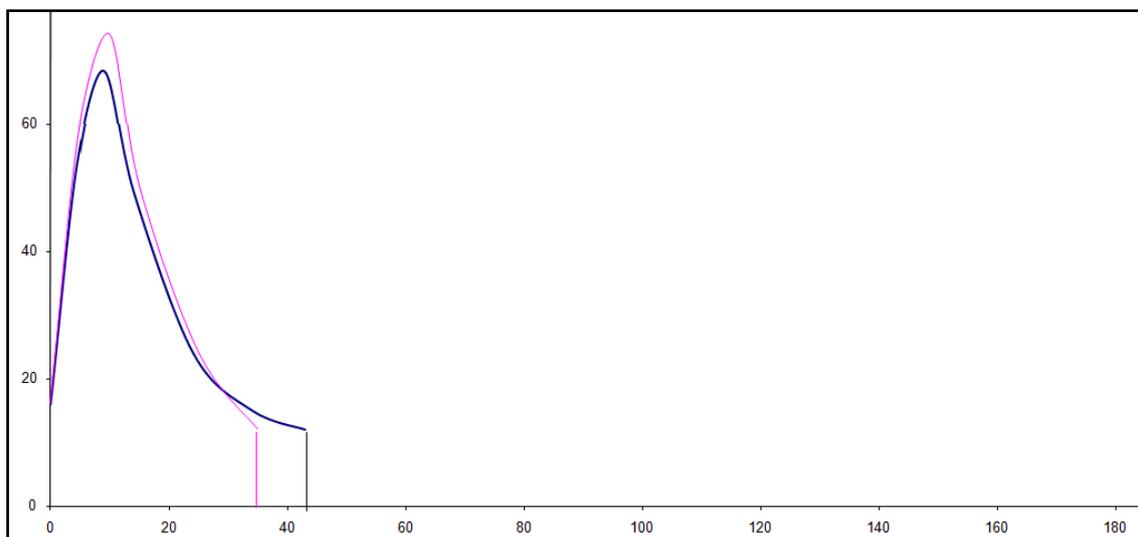


Figura 9: alveograma correspondiente a la fracción C4

4.5.10. Alveograma C5

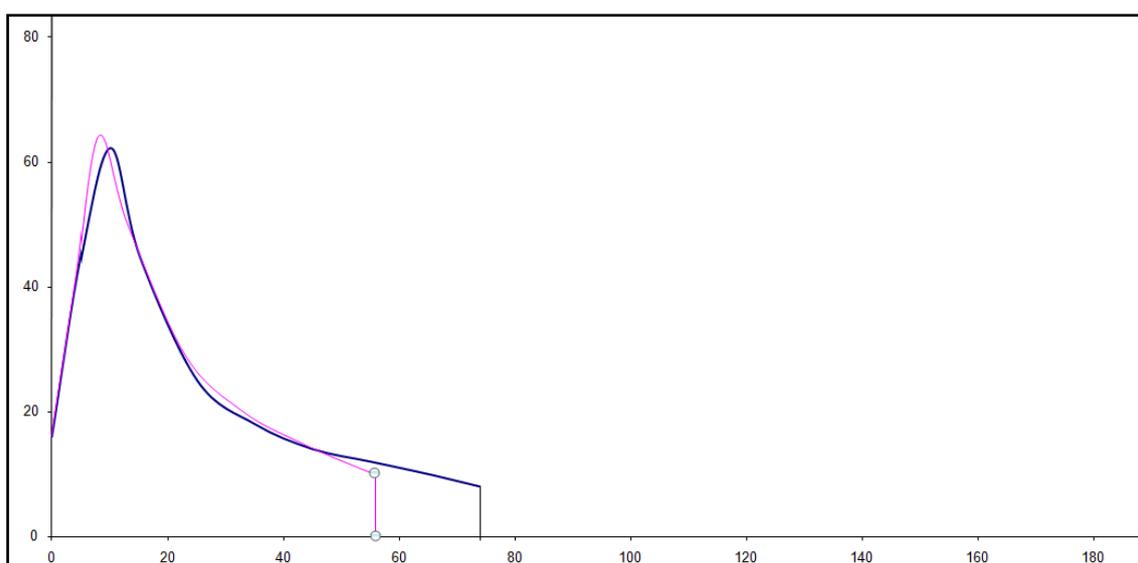


Figura 10: alveograma correspondiente a la fracción C5

4.5.11. Alveograma C6

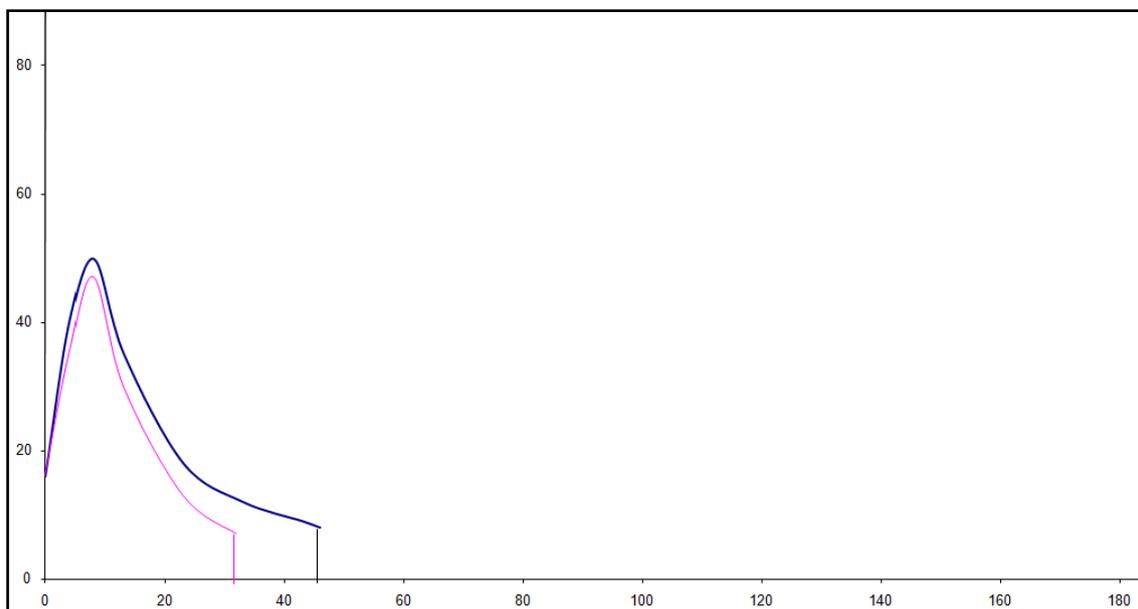


Figura 11: alveograma correspondiente a la fracción C6

4.5.12. Alveograma RSG

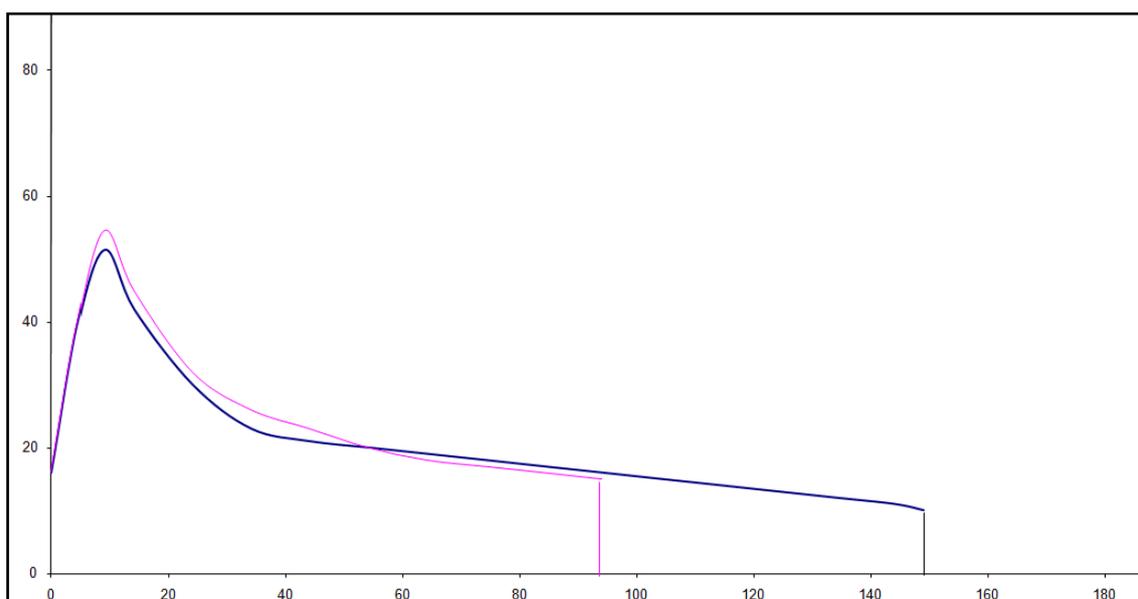


Figura 12: alveograma correspondiente a la fracción RSG

4.5.13. Alveograma RSF

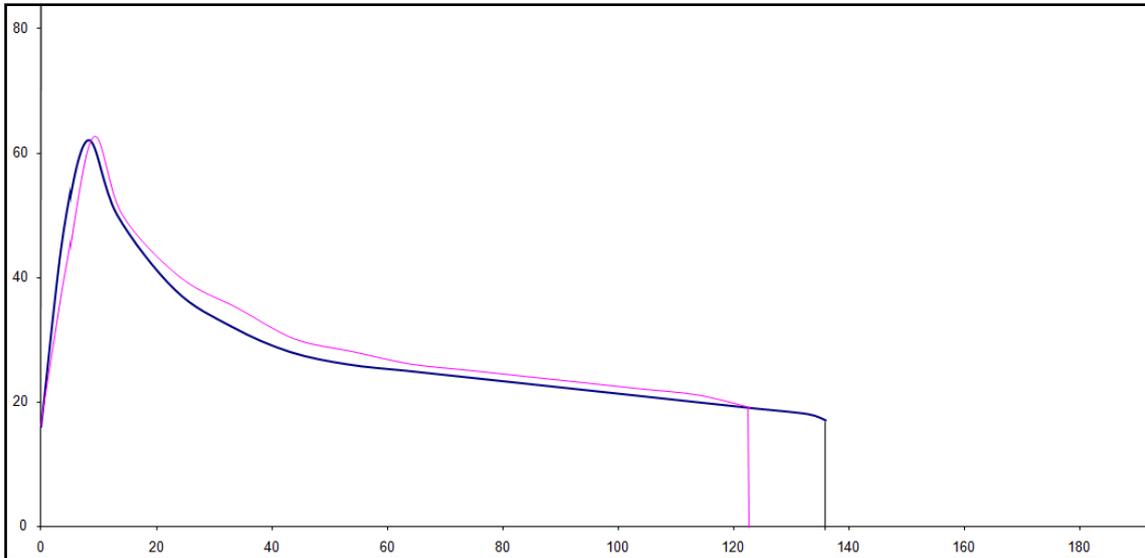


Figura 13: alveograma correspondiente a la fracción RSF

4.5.14. Alveograma Aspiraciones

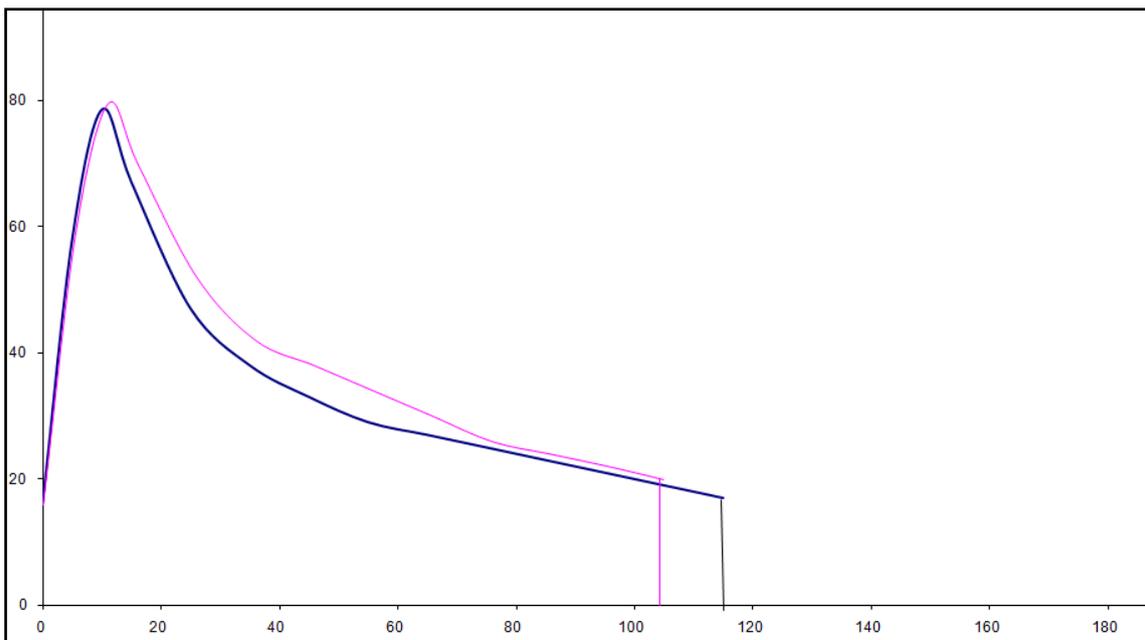


Figura 14: alveograma correspondiente a la fracción ASP

4.5.15. Alveograma Harina

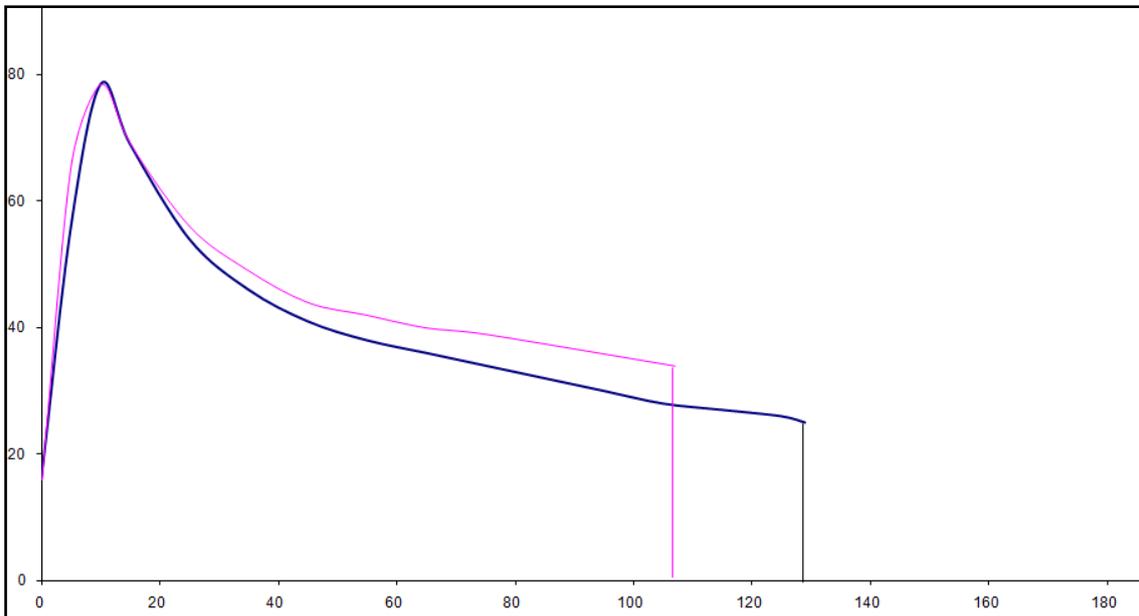


Figura 15: alveograma correspondiente a la harina final

Existe una relación entre el contenido en cenizas y la fuerza (W) de la harina.

Como se observa en el gráfico 6, a medida que aumenta el contenido en cenizas, disminuye la fuerza de la harina; esto es debido a que al aumentar el contenido en cenizas disminuye el contenido en gluten que es lo que constituye la fuerza (W)

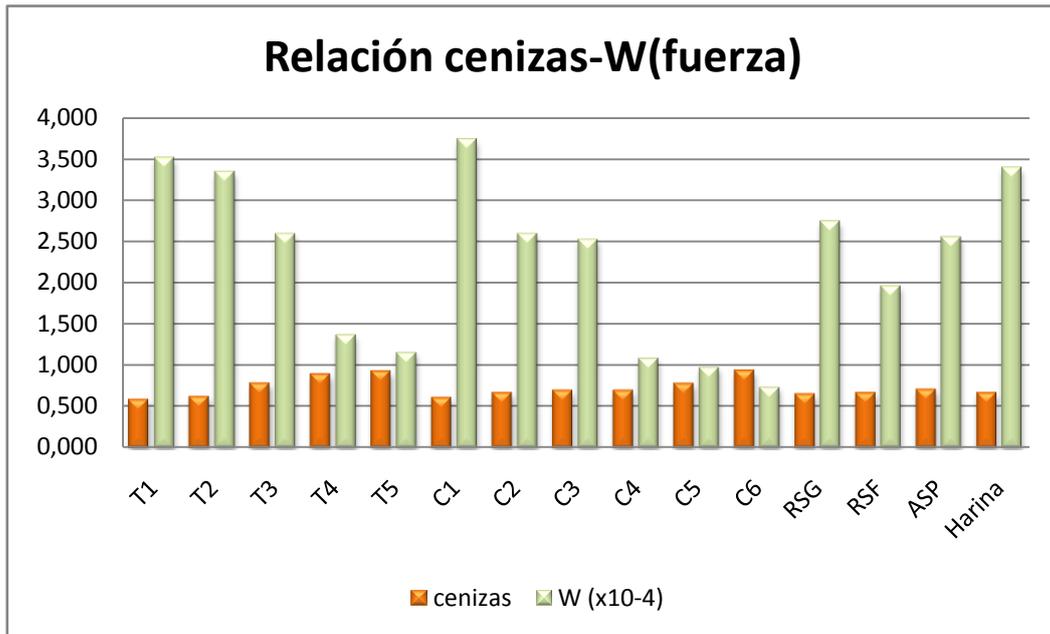


Gráfico 12: Relación Cenizas-Fuerza (W)

4.6. FALLING NUMBER

El Falling Number mide la actividad α -amilásica existente en el grano y consecuentemente en la harina.

La actividad α -amilásica tiene una gran influencia sobre la calidad de los productos horneados:

- Influye en la coloración de la corteza; cuando la actividad enzimática es baja, también lo es la producción de azúcares, de manera que la levadura consume la mayor parte y quedan pocos azúcares residuales para intervenir en las reacciones de coloración de Maillard. El resultado es una coloración pálida. Sin embargo, si la actividad enzimática es elevada quedará un nivel relativamente alto de azúcares para intervenir en las reacciones de Maillard, por lo que la coloración será oscura.

- Influye en la textura de la miga: la gelatinización del almidón implica la absorción de agua a medida que aumentamos la temperatura, produciéndose un aumento en la viscosidad. Si presenta poca actividad enzimática no habrá un gran efecto sobre el almidón gelatinizado y, por tanto, al no producirse una gran hidrólisis, la textura de la miga será seca. Sin embargo, cuando los niveles de actividad enzimática son elevados (FN bajo), se produce una gran dextrinación, por la que se libera agua al medio y proporciona una miga húmeda.

Esta determinación se basa en la gelatinización rápida de una suspensión acuosa de harina en un baño maría en ebullición constante y la subsiguiente medición del tiempo de licuefacción del almidón contenido en la muestra por la acción de las α -amilasas.

El método falling number es el método estándar mundial utilizado para medir la actividad de esta enzima en el trigo y en las harinas obtenidas a partir de este cereal. La harina producida a partir de granos germinados dará un valor de número de caída muy bajo.

Los resultados de este ensayo sobre las diferentes fracciones de harina obtenidas fueron:

Tabla 12: Resultado (en segundos) obtenido del Falling Number de cada fracción

Pasada	FN (s)
T1	428 ± 5
T2	418 ± 4
T3	415 ± 9
T4	406 ± 14
T5	382 ± 7
C1	455 ± 6
C2	436 ± 5
C3	420 ± 4
C4	402 ± 7
C5	389 ± 5
C6	387 ± 6
RSG	428 ± 6
RSF	402 ± 5
ASP	384 ± 4
Harina	433 ± 4

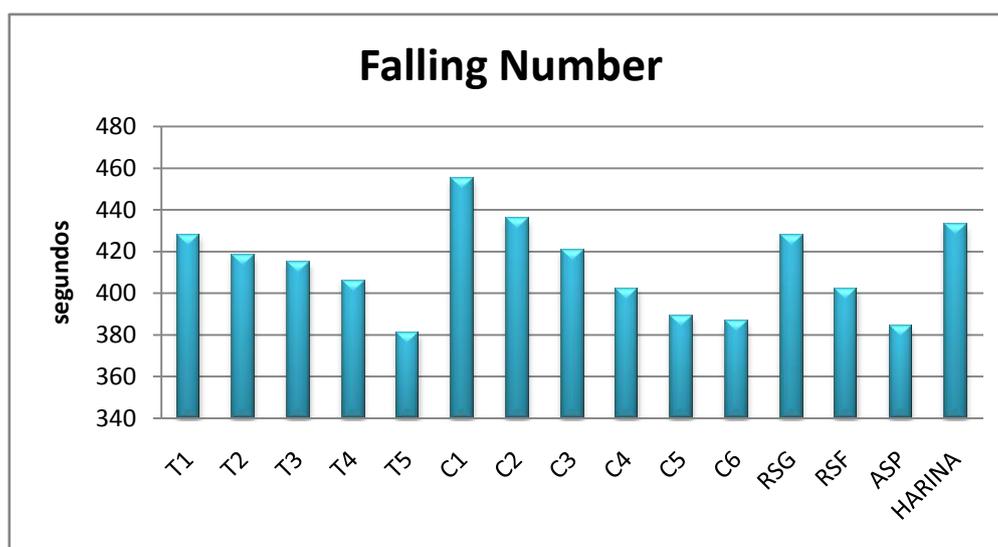


Gráfico 13: Comparación de los valores de FN obtenidos en los análisis

Estos valores de Falling Number representan harinas con baja actividad enzimática.

Podemos deducir que a medida que se aumentan las trituras nos aproximamos más a las capas externas del grano que es donde se pueden encontrar más enzimas amilásicas procedentes del germen, que parten hacia el resto del grano por la aleurona. Por lo tanto cabe pensar que a medida que aumentamos el grado de

extracción nos encontramos con mayor actividad de las α -amilasas que hacen que disminuya el valor de falling number.

El contenido de cenizas y el valor de FN están directamente relacionados:

Como se observa en el gráfico 8, a mayor contenido en cenizas menor valor de FN, ya que al haber más cenizas habrá más contenido en α -amilasas que producen un valor de FN menor.

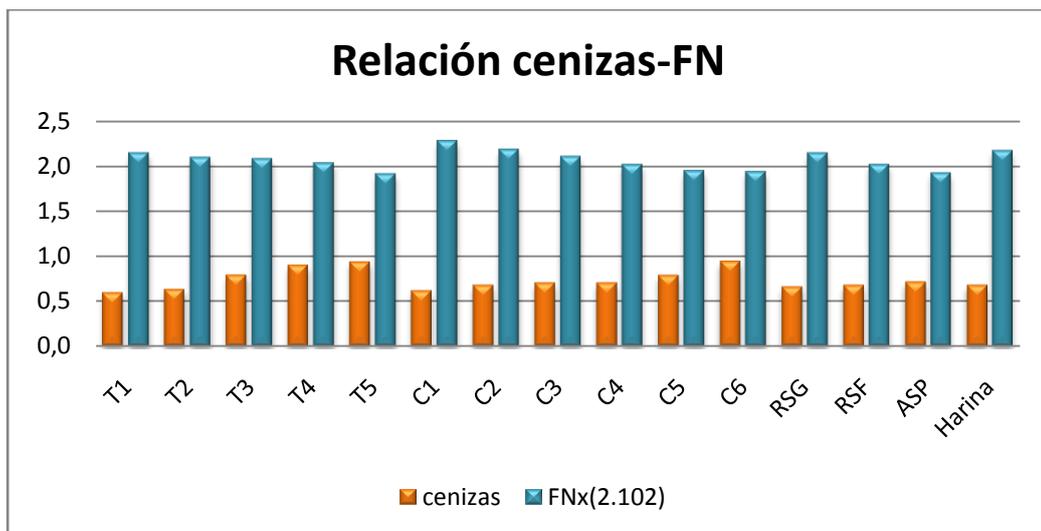


Gráfico 14: Relación entre el contenido en cenizas y el valor de FN

4.7. RAPID VISCO ANALYSER (RVA)

El RVA o analizador rápido de viscosidad es un equipo que cuantifica la viscosidad, es decir, determina la resistencia al flujo de una pasta con base de almidón cuando es sometida a una tensión de desplazamiento constante, incorporando a su vez condiciones de tiempo y temperaturas específicas de acuerdo a la muestra.

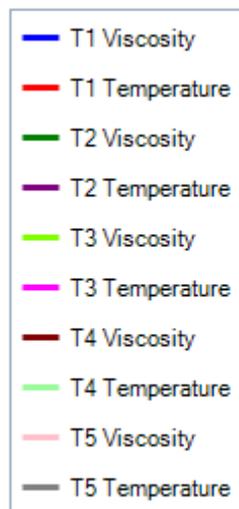
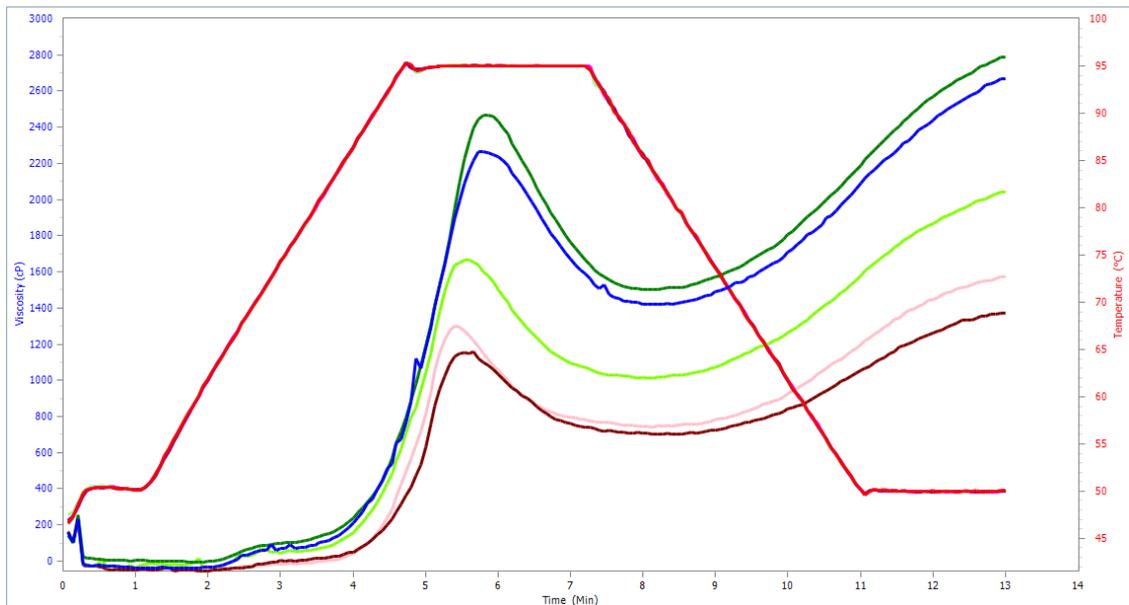
Los resultados de este ensayo sobre las diferentes fracciones de harina obtenidas fueron:

Tabla 13: Datos de Viscosidad (cP) obtenidos del RVA

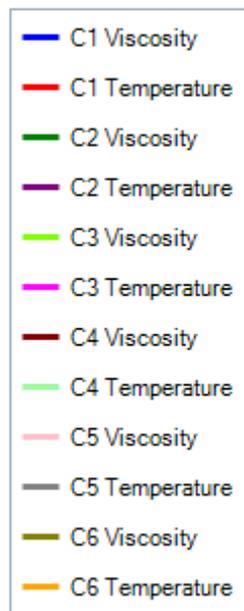
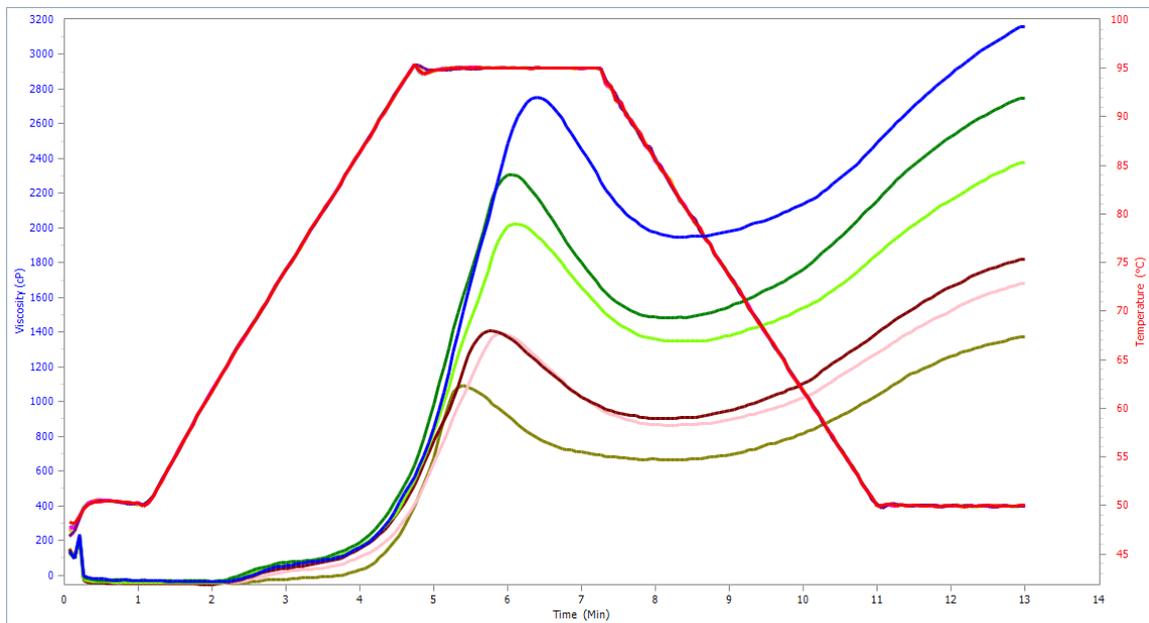
Pasada	Visc_{Max} (cP)	Visc_{min}	Visc_{fin}	Tiempo V_{Max} (minutos)
T1	2265 ± 22	1419 ± 9	2666 ± 4	5,73
T2	2469 ± 14	1500 ± 6	2787 ± 6	5,80
T3	1666 ± 6	1013 ± 12	2039 ± 6	5,60
T4	1158 ± 13	700 ± 4	1373 ± 8	5,67
T5	1299 ± 9	742 ± 16	1572 ± 11	5,40
C1	2753 ± 7	1945 ± 4	3157 ± 6	6,40
C2	2309 ± 4	1482 ± 13	2749 ± 12	6,07
C3	2025 ± 3	1347 ± 20	2376 ± 20	6,13
C4	1410 ± 4	902 ± 9	1820 ± 9	5,73
C5	1396 ± 5	864 ± 8	1680 ± 10	5,93
C6	1095 ± 4	664 ± 7	1371 ± 7	5,40
RSG	1835 ± 12	1111 ± 8	2151 ± 6	5,87
RSF	2340 ± 31	1492 ± 4	2642 ± 13	6,00
ASP	1927 ± 18	1169 ± 5	2210 ± 6	5,87
HARINA	2298 ± 19	1463 ± 10	2689 ± 6	5,87

A continuación se muestran las gráficas obtenidas en el RVA:

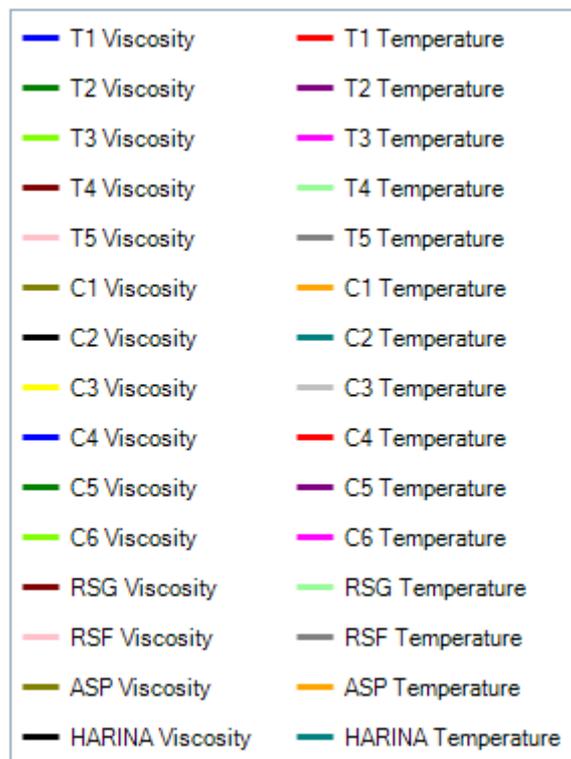
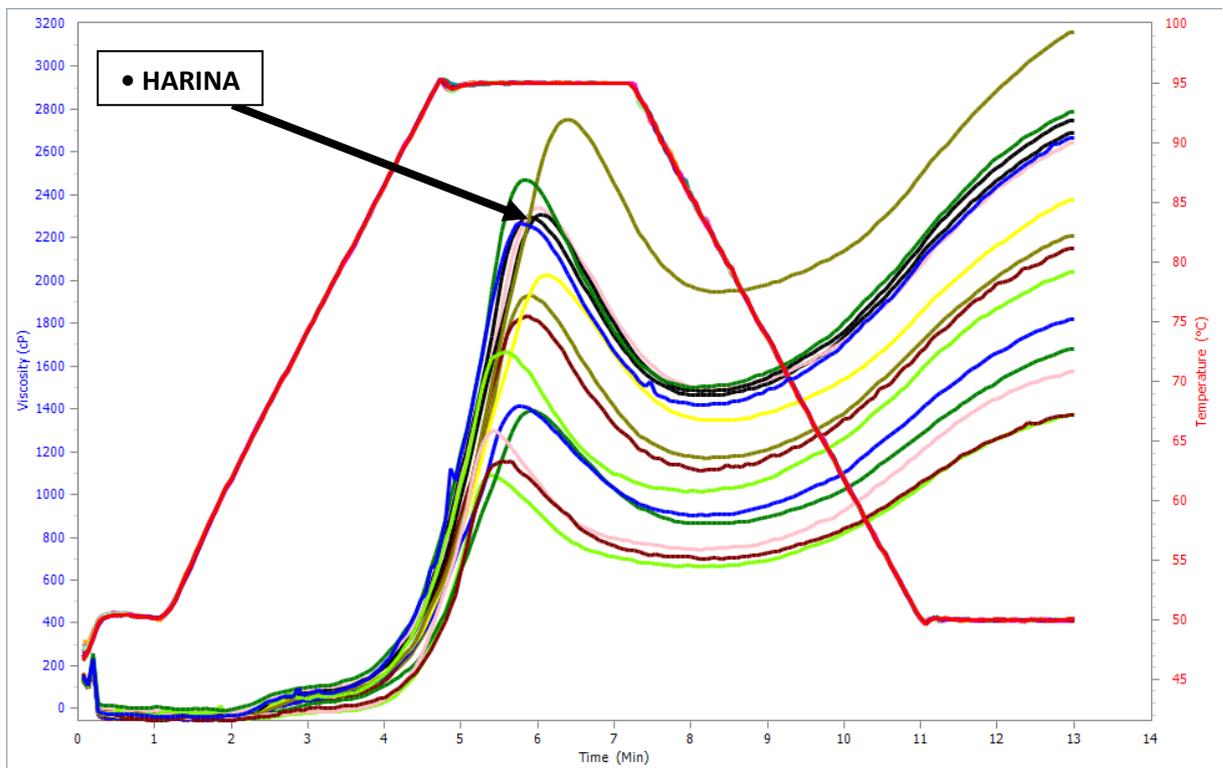
En primer lugar mostramos las graficas de viscosidad y temperatura relativas a las trituraciones; como se observa existe más viscosidad en las primeras trituraciones, esto se debe a que en estas el contenido en cenizas es menor, ya que si el porcentaje en cenizas es mayor, consecuentemente, disminuye el contenido en almidón, que es al que se debe la viscosidad.



Las siguientes gráficas pertenecen a las muestras C1-C6 y siguen el mismo patrón que en el caso anterior. A mayor contenido en cenizas menor viscosidad.



Por último, mostramos las gráficas de forma conjunta de todas las fracciones analizadas así como de la harina final.



Como en el resto de los casos, también existe una relación importante entre el contenido en cenizas de la harina y su viscosidad.

Como se observa en el gráfico siguiente, a medida que aumenta el contenido en cenizas, la viscosidad disminuye. Al elevarse el contenido en cenizas, se reduce el almidón, principal causante de la viscosidad.

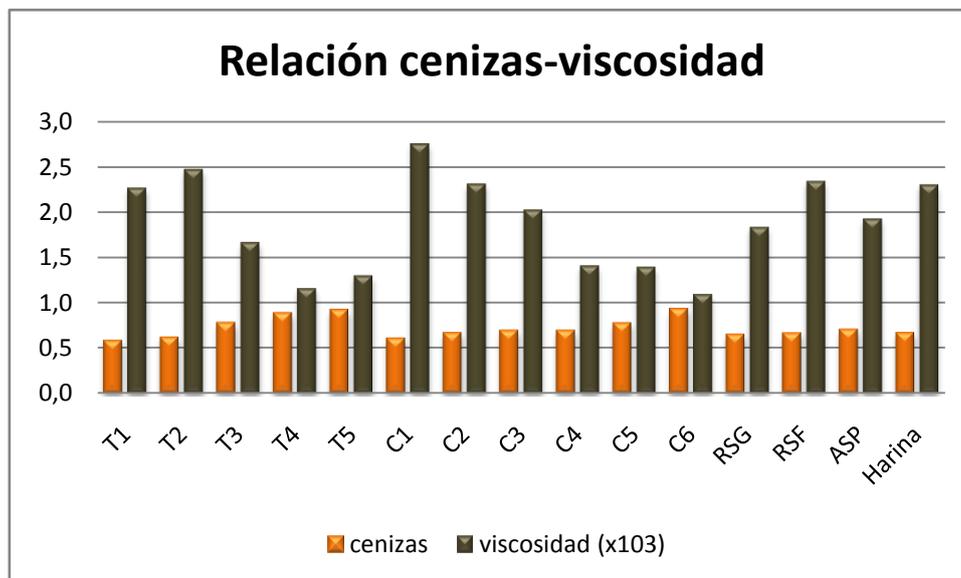


Gráfico 15: Relación entre contenido en cenizas y viscosidad

CAPÍTULO VI:

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En el estudio de las diferentes fracciones de harina obtenidas durante la molturación del trigo, se observa gran variabilidad en cada una de ellas; existen fracciones de gran calidad que aportan buenas características panaderas, y otras, que aunque en baja proporción, hacen disminuir la calidad.

Las primeras trituraciones y compresiones, que corresponden con el mayor porcentaje de extracción, dan lugar a fracciones que presentan mayor calidad reológica.

En general, las harinas utilizadas para la panificación pertenecen al grupo T-70 según la Reglamentación Técnico Sanitaria, estando comprendido entre 0,650-0,730 el contenido en cenizas. En el caso de las últimas pasadas, como por ejemplo las fracciones C5 y C6 (contenido en cenizas 0,776 y 0,928 respectivamente) se superan los límites establecidos por la legislación (ver Anejo II, Pág. 155) aunque debido a su bajo porcentaje de participación no es apreciable en la harina final.

Se ha puesto de manifiesto que un elevado contenido en cenizas implica un descenso en la fuerza (W), un aumento en el índice de caída (Falling Number), y un descenso en el contenido en gluten y en la viscosidad.

Debido a la clara diferenciación entre las harinas obtenidas en lo que denominamos "pasadas", se proponen una serie de soluciones o de opciones para mejorar la calidad de la harina final aplicando siempre el máximo de rendimiento.

Así se podría crear un bypass a la salida de cada cernedor que permitiría dirigir las fracciones de harina, en función de las especificaciones técnicas, a diferentes silos, originando así la posibilidad de obtención de dos harinas totalmente diferentes, una de mayor contenido proteico (mayor contenido en gluten), y otra de menor contenido proteico (menor cantidad de gluten) que pueda ser destinada a otros procesos incorporándola a esta en un porcentaje adecuado.

A modo de ejemplo, si seleccionamos las fracciones C5 y C6 y las dirigimos a un silo independiente, podríamos mezclarlas con harinas de poco contenido en proteína y una fuerza de aproximadamente $W=90 \times 10^{-4} J$.

Realizando esta separación hacemos aumentar la fuerza de la harina tipo (mayor contenido en proteína) en aproximadamente un 2% y damos un uso a las fracciones de baja calidad mezclándolas con harinas de bajo contenido en proteína.

Así por ejemplo, aplicando la ley de las mezclas (conociendo el contenido en cenizas de un número de harinas, es posible conocer las características obtenidas para una mezcla dada de esas harinas), se podría realizar una mezcla de 70% harina de bajo contenido en proteína, 15 % de la fracción C5 y 15% de la fracción C6, obteniéndose un contenido en cenizas de 0,710, lo cual estaría dentro de los márgenes establecidos en la legislación.

$$\%cenizas = \frac{70 \times 0,650 + 15 \times 0,776 + 15 \times 0,928}{100} = 0,710$$

De esta manera la creación de un bypass en todas las clasificaciones, permitirá al departamento de calidad y al molinero obtener una mayor flexibilidad durante la producción y poder eliminar la pasada que se considere peor para la harina tipo.

Este estudio puede servir como referencia a nuevos estudios, que se encarguen de estudiar en profundidad qué pasadas son las óptimas para la mejora de las harinas tipo, en qué proporción y cuál es su comportamiento final, teniendo siempre en cuenta la viabilidad económica.

IV: ANEJOS

ANEJO I:

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	147
2. PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN.....	147
3. HUMEDAD.....	147
4. CENIZAS	148
5. GLUTEN.....	149
5.1. GLUTEN HÚMEDO.....	149
5.2. GLUTEN SECO	149
6. ALVEÓGRAFO	150
6.1. FUERZA.....	150
6.2. DEGRADACIÓN	151
6.3. TENACIDAD (P)	151
6.4. EXTENSIBILIDAD (L)	152
6.5. RELACIÓN TENACIDAD-EXTENSIBILIDAD	153
6.6. HINCHAMIENTO (G)	153
6.7. RESUMEN.....	154
7. FALLING NUMBER.....	155
8. RVA.....	155
8.1. VISCOSIDAD MÁXIMA (C).....	155
8.2. VISCOSIDAD MÍNIMA.....	156
8.3. VISCOSIDAD FINAL.....	157
8.4. RESUMEN.....	157

1. INTRODUCCIÓN

Al tratarse de un estudio, son muchos los análisis realizados y por lo tanto se han obtenido gran cantidad de datos; para facilitar el tratamiento de datos y la obtención de resultados y conclusiones he optado por realizar este anejo, incluyendo en él todos los datos obtenidos, realizando la media de cada uno.

2. PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN

Pasada	%
T1	13,29
T2	13,56
T3	3,85
T4	0,70
T5	0,61
C1	41,12
C2	11,70
C3	3,36
C4	0,89
C5	0,7
C6	0,97
RSG	5,39
RSF	1,47
ASP	2,38
Harina	100

3. HUMEDAD

Pasada	% Humedad (1)	% Humedad (2)	% Humedad (3)	Media
T1	14,8	14,9	14,7	14,80 ± 0,10
T2	14,5	14,7	14,6	14,70 ± 0,06
T3	14,7	14,6	14,5	14,60 ± 0,10
T4	14,4	14,3	14,4	14,30 ± 0,06
T5	14,0	14,0	14,0	14,00 ± 0,00
C1	14,4	14,5	14,4	14,40 ± 0,06
C2	14,1	14,3	14,2	14,20 ± 0,10
C3	14,3	14,2	14,2	14,20 ± 0,06
C4	13,6	13,8	13,7	13,70 ± 0,10
C5	13,4	13,4	13,5	13,40 ± 0,06
C6	13,3	13,2	13,2	13,20 ± 0,06
RSG	14,5	14,7	14,6	14,60 ± 0,10
RSF	14,6	14,8	14,7	14,70 ± 0,10
ASP	14,1	14,2	14,1	14,10 ± 0,06
Harina	14,5	14,4	14,4	14,40 ± 0,06

Realizamos la media ponderada de todas las fracciones de harina para comparar el valor obtenido de la media con la humedad real de la harina final (utilizando la Termobalanza):

Media ponderada	Valor obtenido del análisis
14,46	14,40

4. CENIZAS

Pasada	cenizas (1)	cenizas (2)	cenizas (3)	Media
T1	0,565	0,607	0,580	0,584 ± 0,021
T2	0,614	0,626	0,621	0,620 ± 0,006
T3	0,783	0,775	0,780	0,779 ± 0,004
T4	0,879	0,890	0,887	0,885 ± 0,006
T5	0,908	0,933	0,918	0,920 ± 0,013
C1	0,601	0,616	0,607	0,608 ± 0,008
C2	0,668	0,666	0,668	0,667 ± 0,001
C3	0,692	0,694	0,694	0,693 ± 0,001
C4	0,682	0,706	0,693	0,694 ± 0,012
C5	0,761	0,790	0,776	0,776 ± 0,015
C6	0,931	0,924	0,929	0,928 ± 0,004
RSG	0,654	0,647	0,652	0,651 ± 0,004
RSF	0,698	0,633	0,667	0,666 ± 0,033
ASP	0,677	0,731	0,703	0,704 ± 0,027
Harina	0,649	0,705	0,646	0,667 ± 0,033

Realizamos la media ponderada de todas las fracciones de harina para comparar el valor obtenido de la media con el contenido en cenizas de la harina final:

Media ponderada	Valor obtenido del análisis
0,637	0,667

5. GLUTEN

5.1. GLUTEN HÚMEDO

Pasada	Gluten (1)	Gluten (2)	Gluten (3)	Media
T1	32,80	31,70	33,00	32,50 ± 0,70
T2	31,20	31,40	31,15	31,25 ± 0,13
T3	29,90	30,30	30,55	30,25 ± 0,33
T4	27,95	28,45	28,35	28,25 ± 0,26
T5	7,45	7,55	7,50	7,50 ± 0,05
C1	35,05	35,15	34,80	35,00 ± 0,18
C2	30,20	30,05	29,75	30,00 ± 0,23
C3	24,95	25,25	24,80	25,00 ± 0,23
C4	22,35	22,55	22,60	22,50 ± 0,13
C5	14,95	15,10	14,95	15,00 ± 0,09
C6	7,40	7,55	7,55	7,50 ± 0,09
RSG	17,60	17,50	17,40	17,50 ± 0,10
RSF	24,85	24,95	25,20	25,00 ± 0,18
ASP	9,85	10,10	10,05	10,00 ± 0,13
Harina	29,65	29,60	29,25	29,50 ± 0,22

Media ponderada	Valor obtenido del análisis
30,63	29,50

5.2. GLUTEN SECO

Pasada	Gluten (1)	Gluten (2)	Gluten (3)	Media
T1	10,90	10,75	10,85	10,83 ± 0,08
T2	10,30	10,35	10,60	10,42 ± 0,16
T3	10,00	9,95	10,30	10,08 ± 0,19
T4	9,25	9,45	9,55	9,42 ± 0,15
T5	2,45	2,50	2,55	2,50 ± 0,05
C1	11,55	11,70	11,75	11,67 ± 0,10
C2	10,00	9,95	10,05	10,00 ± 0,05
C3	8,40	8,35	8,25	8,33 ± 0,08
C4	7,45	7,45	7,60	7,50 ± 0,09
C5	4,95	5,05	5,00	5,00 ± 0,05
C6	2,50	2,40	2,60	2,50 ± 0,10
RSG	5,75	5,80	5,95	5,83 ± 0,10
RSF	8,40	8,35	8,25	8,33 ± 0,08
ASP	3,25	3,45	3,30	3,33 ± 0,10
Harina	9,15	9,10	9,25	9,17 ± 0,08

Media ponderada	Valor obtenido del análisis
10,21	9,17

6. ALVEÓGRAFO

6.1. FUERZA

Pasada	W (1)	W (2)	W (3)	Media
T1	339	363	350	351 ± 12
T2	329	339	334	334 ± 5
T3	262	259	257	259 ± 3
T4	130	144	138	137 ± 7
T5	104	127	117	116 ± 12
C1	364	386	369	373 ± 12
C2	258	258	260	259 ± 1
C3	254	251	250	252 ± 2
C4	115	103	110	109 ± 6
C5	99	96	98	98 ± 2
C6	71	74	76	74 ± 3
RSG	265	281	276	274 ± 8
RSF	204	190	195	196 ± 7
ASP	264	249	253	255 ± 8
Harina	333	345	340	339 ± 6

Según la ley de las mezclas del Alveógrafo a hidratación constante, conociendo las propiedades alveográficas de varias fracciones de harina es posible conocer las características obtenidas para una mezcla dada de esas fracciones (Chopin Tribune N°11, 2001). Los resultados alveográficos siguen la ley aritmética de las mezclas.

Media ponderada	Valor obtenido del análisis
322	339

6.2. DEGRADACIÓN

Pasada	W 2h (1)	W 2h (2)	W 2h (3)	Media
T1	348	370	355	358 ± 11
T2	338	347	350	345 ± 6
T3	275	279	267	274 ± 6
T4	126	130	127	128 ± 2
T5	103	117	110	110 ± 7
C1	352	344	340	345 ± 6
C2	250	236	247	244 ± 7
C3	240	238	240	239 ± 1
C4	106	95	100	100 ± 6
C5	95	96	97	96 ± 1
C6	60	69	74	68 ± 7
RSG	258	275	266	266 ± 9
RSF	182	174	188	181 ± 7
ASP	269	255	256	260 ± 8
Harina	320	322	319	320 ± 2

Media ponderada	Valor obtenido del análisis
310	320

6.3. TENACIDAD (P)

Pasada	P (1)	P (2)	P (3)	Media
T1	68,2	77,8	73,4	73,1 ± 4,8
T2	71,5	73,2	72,4	72,4 ± 0,9
T3	69	58,3	62,5	63,3 ± 5,4
T4	70,7	75,2	72,7	72,9 ± 2,3
T5	66,4	66,7	66,9	66,7 ± 0,3
C1	114,7	113,3	113,7	113,9 ± 0,7
C2	106,4	94,6	101,3	100,8 ± 5,9
C3	85,4	78,1	82,9	82,1 ± 3,7
C4	82	75,1	77,1	78,1 ± 3,6
C5	68,5	71,2	69,8	69,8 ± 1,4
C6	54,7	58,9	55,2	56,3 ± 2,3
RSG	68,2	68,5	68	68,2 ± 0,3
RSF	56,7	50,1	54,9	53,9 ± 3,4
ASP	86,4	71,2	77,5	78,4 ± 7,6
Harina	89,7	86,4	87,3	87,8 ± 1,7

Media ponderada	Valor obtenido del análisis
92,3	87,8

6.4. EXTENSIBILIDAD (L)

Pasada	L (1)	L (2)	L (3)	Media
T1	176	196	187	186,3 ± 10,0
T2	168	178	182	176,0 ± 7,2
T3	155	168	159	160,7 ± 6,7
T4	90	99	94	94,3 ± 4,5
T5	87	100	95	94,0 ± 6,6
C1	77	82	79	79,3 ± 2,5
C2	70	83	77	76,7 ± 6,5
C3	105	123	113	113,7 ± 9
C4	39	43	42	41,3 ± 2,1
C5	74	65	69	69,3 ± 2,5
C6	46	47	46	46,3 ± 0,6
RSG	136	149	143	142,7 ± 6,5
RSF	149	155	153	152,3 ± 3,1
ASP	115	115	116	115,3 ± 0,6
Harina	123	129	126	126,0 ± 3,0

Media ponderada	Valor obtenido del análisis
115,5	126

6.5. RELACIÓN TENACIDAD-EXTENSIBILIDAD

Pasada	P/L (1)	P/L (2)	P/L (3)	Media
T1	0,39	0,40	0,39	0,39 ± 0,01
T2	0,43	0,41	0,40	0,41 ± 0,01
T3	0,45	0,35	0,39	0,40 ± 0,05
T4	0,79	0,76	0,77	0,77 ± 0,01
T5	0,76	0,67	0,70	0,71 ± 0,05
C1	1,49	1,38	1,44	1,44 ± 0,05
C2	1,52	1,14	1,32	1,33 ± 0,19
C3	0,81	0,63	0,73	0,73 ± 0,09
C4	2,10	1,75	1,84	1,89 ± 0,19
C5	0,93	1,10	1,01	1,01 ± 0,08
C6	1,19	1,25	1,20	1,21 ± 0,03
RSG	0,50	0,46	0,48	0,48 ± 0,02
RSF	0,38	0,32	0,36	0,35 ± 0,03
ASP	0,75	0,62	0,67	0,68 ± 0,07
Harina	0,73	0,67	0,69	0,70 ± 0,03

6.6. HINCHAMIENTO (G)

Pasada	G (1)	G (2)	G (3)	Media
T1	29,50	31,20	30,30	30,3 ± 0,9
T2	27,50	29,70	28,40	28,5 ± 1,1
T3	27,70	34,70	31,20	31,2 ± 3,5
T4	20,10	23,30	22,00	21,8 ± 1,6
T5	21,10	23,30	22,30	22,2 ± 1,1
C1	19,50	20,10	19,60	19,7 ± 0,3
C2	18,60	20,20	19,50	19,4 ± 0,8
C3	22,80	24,70	23,80	23,8 ± 1,0
C4	13,90	14,60	14,90	14,5 ± 0,5
C5	19,10	16,60	16,90	17,5 ± 1,4
C6	15,10	15,30	15,80	15,4 ± 0,4
RSG	25,90	27,20	27,10	26,7 ± 0,7
RSF	27,20	27,80	27,00	27,3 ± 0,4
ASP	23,90	23,80	23,60	23,8 ± 0,2
Harina	24,70	25,30	24,80	24,9 ± 0,3

Media ponderada	Valor obtenido del análisis
23,4	24,9

6.7. RESUMEN

Pasada	W	W 2h	P	L	P/L	G
T1	351	358	73,1	186	0,39	30,3
T2	334	345	72,4	176	0,41	28,5
T3	259	274	63,3	161	0,40	31,2
T4	137	128	72,9	94	0,77	21,8
T5	116	110	66,7	94	0,71	22,2
C1	373	345	113,9	79	1,44	19,7
C2	259	244	100,8	77	1,33	19,4
C3	252	239	82,1	114	0,73	23,8
C4	109	100	78,1	41	1,89	14,5
C5	98	96	69,8	69	1,01	17,5
C6	74	68	56,3	46	1,21	15,4
RSG	274	266	68,2	143	0,48	26,7
RSF	196	181	53,9	152	0,35	27,3
ASP	255	260	78,4	115	0,68	23,8
Harina	339	320	87,8	126,00	0,70	24,9

7. FALLING NUMBER

Pasada	FN (1)	FN(2)	FN(3)	Media
T1	433	423	428	428 ± 5
T2	415	422	417	418 ± 4
T3	420	420	405	415 ± 9
T4	419	392	407	406 ± 14
T5	375	382	389	382 ± 7
C1	448	460	457	455 ± 6
C2	430	440	438	436 ± 5
C3	416	424	421	420 ± 4
C4	408	394	405	402 ± 7
C5	385	389	394	389 ± 5
C6	381	392	387	387 ± 6
RSG	421	433	429	428 ± 6
RSF	407	401	398	402 ± 5
ASP	388	380	384	384 ± 4
Harina	436	428	434	433 ± 4

8. RVA

8.1. VISCOSIDAD MÁXIMA (C)

Pasada	Viscosidad máxima(1)	Viscosidad máxima(2)	Viscosidad máxima(3)	Media
T1	2261	2245	2289	2265 ± 22
T2	2454	2471	2482	2469 ± 14
T3	1669	1670	1659	1666 ± 6
T4	1147	1155	1172	1158 ± 13
T5	1303	1289	1305	1299 ± 9
C1	2759	2746	2754	2753 ± 7
C2	2312	2305	2310	2309 ± 4
C3	2025	2028	2022	2025 ± 3
C4	1413	1412	1405	1410 ± 4
C5	1400	1397	1391	1396 ± 5
C6	1098	1090	1097	1095 ± 4
RSG	1837	1846	1822	1835 ± 12
RSF	2361	2355	2304	2340 ± 31
ASP	1911	1923	1947	1927 ± 18
Harina	2278	2301	2315	2298 ± 19

Media ponderada	Valor obtenido del análisis
2398	2298

8.2. VISCOSIDAD MÍNIMA

Pasada	Viscosidad mín (1)	Viscosidad mín(2)	Viscosidad mín(3)	Media
T1	1425	1423	1409	1419 ± 9
T2	1498	1507	1495	1500 ± 6
T3	1005	1007	1027	1013 ± 12
T4	703	701	696	700 ± 4
T5	746	756	724	742 ± 16
C1	1949	1941	1945	1945 ± 4
C2	1471	1478	1497	1482 ± 13
C3	1361	1356	1324	1347 ± 20
C4	900	894	912	902 ± 9
C5	865	871	856	864 ± 8
C6	663	671	658	664 ± 7
RSG	1120	1107	1106	1111 ± 8
RSF	1488	1493	1495	1492 ± 4
ASP	1173	1163	1171	1169 ± 5
Harina	1475	1457	1457	1463 ± 10

Media ponderada	Valor obtenido del análisis
1463	1589

8.3. VISCOSIDAD FINAL

Pasada	Viscosidad final (1)	Viscosidad final(2)	Viscosidad final(3)	Media
T1	2669	2661	2668	2666 ± 4
T2	2792	2781	2788	2787 ± 6
T3	2040	2033	2044	2039 ± 6
T4	1367	1382	1370	1373 ± 8
T5	1580	1576	1560	1572 ± 11
C1	3160	3150	3161	3157 ± 6
C2	2752	2759	2736	2749 ± 12
C3	2379	2355	2394	2376 ± 20
C4	1810	1823	1827	1820 ± 9
C5	1689	1669	1682	1680 ± 10
C6	1365	1378	1370	1371 ± 7
RSG	2145	2156	2152	2151 ± 6
RSF	2645	2653	2628	2642 ± 13
ASP	2215	2211	2204	2210 ± 6
Harina	2695	2683	2689	2689 ± 6

Media ponderada	Valor obtenido del análisis
2689	2778

8.4. RESUMEN

Pasada	Visc _{Max} (cP)	Visc _{min}	Visc _{fin}	Tiempo V _{Max} (minutos)
T1	2265	1419	2666	5,73
T2	2469	1500	2787	5,80
T3	1666	1013	2039	5,60
T4	1158	700	1373	5,67
T5	1299	742	1572	5,40
C1	2753	1945	3157	6,40
C2	2309	1482	2749	6,07
C3	2025	1347	2376	6,13
C4	1410	902	1820	5,73
C5	1396	864	1680	5,93
C6	1095	664	1371	5,40
RSG	1835	1111	2151	5,87
RSF	2340	1492	2642	6,00
ASP	1927	1169	2210	5,87
HARINA	2298	1463	2689	5,87

ANEJO II

REGLAMENTACIÓN TÉCNICO SANITARIA PARA LA ELABORACIÓN,
CIRCULACIÓN Y COMERCIO DE LAS HARINAS Y SÉMOLAS DE TRIGO Y
OTROS PRODUCTOS DE SU MOLIENDA, PARA CONSUMO HUMANO

**REAL DECRETO 1286/1984, de 23 de mayo, por el que se aprueba la
Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, circulación y
comercio de las harinas y sémolas de trigo y otros productos de su
molienda, para consumo humano.**

**REGLAMENTACIÓN TÉCNICO SANITARIA PARA LA
ELABORACIÓN, CIRCULACIÓN Y COMERCIO DE LAS HARINAS Y
SÉMOLAS DE TRIGO Y OTROS PRODUCTOS DE SU MOLIENDA,
PARA CONSUMO HUMANO.**

TITULO PRELIMINAR

ÁMBITO DE APLICACIÓN

Artículo 1º

1.1. La presente Reglamentación tiene por objeto definir, a efectos legales, que se entiende por harinas y otros productos de la molienda del trigo para consumo humano y fijar, con carácter obligatorio, las normas de dichos productos, las condiciones técnicas y sanitarias que deben reunir las industrias que se dedican a la fabricación, preparación y/o mezcla de los mismos, así como las condiciones de higiene en la elaboración y envasado, en su caso, y establecer las condiciones a que se debe someter el almacenamiento y transporte de dichos productos. Será de aplicación, asimismo, a los productos importados.

1.2. Esta Reglamentación obliga a aquellas personas naturales o jurídicas que en uso de las autorizaciones concedidas por los Organismos oficiales competentes dedican su actividad a la elaboración, envasado, circulación y comercio de las harinas, sémolas y otros productos de la molienda del trigo para consumo humano, así como a la preparación y mezcla de los productos contemplados en los puntos 3.20.07 a 3.20.15 del Código Alimentario Español, excepto el punto 3.20.11.

TITULO PRIMERO

DEFINICIONES Y DENOMINACIONES

Art. 2º Definiciones.- A efectos de esta Reglamentación se entenderá por:

2.1. Productos de molinería: Los productos obtenidos por molturación del grano de trigo maduro, entero, sano y seco, industrialmente limpio y que se destinan al consumo humano. Se clasifican en dos grupos:

2.1.1. Productos integrados fundamentalmente por el endospermo de los granos.

2.1.2. Otros productos formados esencialmente por las capas externas del grano, incluido el germen.

2.2. Molienda o molturación: Es la operación mediante la cual los granos del trigo son triturados y reducidos a partículas de diversos tamaños, separables entre si por medios mecánicos.

2.3. Grado de extracción: Es la cantidad de harina, de unas características determinadas, que se obtienen de la molturación de 100 Kilogramos de trigo limpio, correlacionando los porcentajes de humedad entre el grano y la harina.

2.4. Harina: Deberá entenderse por harina, sin otro calificativo, el producto finamente triturado obtenido de la molturación del grano de trigo, *Triticum aestivum* o la mezcla de éste con el *Triticum durum*, en la proporción máxima del (80 por 100 y 20 por 100), maduro, sano y seco e industrialmente limpio. Los productos finamente triturados de otros cereales deberán llevar adicionado, al nombre genérico de la harina, el del grano del cual procedan.

2.5. Harina integral: Es el producto resultante de la molturación del grano de trigo, maduro, sano y seco, industrialmente limpio, sin separación de ninguna parte de él, es decir, con un grado de extracción del 100 por 100.

2.6. Harina integral de trigo desgerminado: Es el producto resultante de la molturación del grano de trigo maduro, sano y seco, industrialmente limpio, al que se le ha eliminado solo el germen.

2.7. Mezcla de harinas: Es la harina resultante de la mezcla de harinas de diferentes cereales.

2.8. Harina acondicionada: Bajo esta denominación se recoge a las harinas cuyas características organolépticas, plásticas y/o fermentativas se modifican y complementan para mejorarlas mediante tratamientos físicos o adicción de productos debidamente autorizados. En su denominación se adicionará siempre al nombre genérico de harina, el del grano que proceda.

2.8.1. Harinas para rebozar: Son harinas acondicionadas por la adicción de determinadas sustancias, debidamente autorizadas y que se utilizan en la condimentación de alimentos. Deberán cumplir los requisitos exigidos en el punto 11.2 de esta Reglamentación.

2.9. Harina enriquecida: Se denomina harina enriquecida aquella a la que se le ha añadido alguna sustancia que eleve su valor nutritivo con el fin de transferir esta cualidad a los productos con ella elaborados. A efectos de esta Reglamentación se consideran sustancias enriquecedoras: Las proteínas, aminoácidos, otros derivados proteicos, las vitaminas, minerales y ácidos grasos esenciales.

Esta harina deberá cumplir, además de lo exigido en esta Reglamentación, la legislación sobre alimentos enriquecidos.

2.10. Harina de fuerza: Es la harina de extracción T-45 y T-55, exclusivamente, procedentes de trigos especiales, con contenido mínimo en proteínas del 11 por 100 y valor de características alveograficas W mínimo 200, admitiéndose una tolerancia en defecto del 10 por 100.

2.11. Sémolas y semolinas: Son los productos fundamentalmente constituidos por endospermo de estructura granulosa, determinada en los puntos siguientes, procedentes de la molturación del trigo industrialmente limpio.

Se clasifican según su granulosidad en:

2.11.1 Sémola de boca o consumo directo: Es la sémola procedente del trigo duro, cuyos gránulos tienen un tamaño comprendido entre 600 y 850 micras.

2.11.2. Sémola industrial para elaboración de pastas alimenticias de calidad superior: Es la sémola procedente de trigo duro, cuyo tamaño de gránulo está comprendido entre 600 y 187 micras, con tolerancia del 10 por 100.

2.11.3. Semolina de trigo duro: Es la sémola procedente del trigo duro, cuyo tamaño de gránulo no es inferior a 160 micras.

2.11.4. Semolina de trigo blando: Es aquella, procedente de trigo blando, cuya granulometría no es inferior a 160 micras, con tolerancia del 10 por 100.

2.12 Salvado para consumo humano: Deberá entenderse por salvado para consumo humano sin otro calificativo, el subproducto del proceso de molienda del trigo, procedente de las capas externas o cubiertas de la semilla del grano, que queden después de extraer la harina. Subproductos correspondientes de otros cereales deberán llevar adicionado, al nombre genérico de salvado, el del grano del cual procedan.

2.13. Germen de trigo: Es el producto constituido por el embrión del grano de trigo, separado del mismo al iniciarse el proceso de molturación.

2.14. Calidad panadera de la harina: Es la calidad mínima exigible para el empleo en panificación de harinas de uno o varios tipos, evaluada por medio del alveógrafo.

TITULO II

CONDICIONES DE LOS ESTABLECIMIENTOS, DEL MATERIAL Y DEL PERSONAL

MANIPULACIONES PERMITIDAS Y PROHIBIDAS

Art. 3º Todos los establecimientos incluidos en esta Reglamentación deberán ajustarse a un diseño o esquema que garantice el adecuado tratamiento técnico e higiénico sanitario de las materias primas, sus productos y subproductos, y que facilite

una correcta aplicación de las distintas prácticas de fabricación en aras de la salud pública.

Con este fin los establecimientos cumplirán obligatoriamente las siguientes exigencias:

3.1. Todos los locales destinados a la elaboración, envasado, y, en general, manipulación de los productos intermedios o finales, estarán adecuadamente aislados de cualesquiera otros ajenos a sus cometidos específicos y que, de alguna manera, puedan interferir en dichas manipulaciones.

3.2. Les serán de aplicación los reglamentos vigentes de recipientes a presión electrotécnicos para alta y baja tensión y, en general, cualesquiera otros de carácter industrial que, conforme a su naturaleza o su fin, correspondan.

3.3. Los recipientes, máquinas y tuberías de conducción destinados a estar en contacto con los productos terminados, sus materias primas o productos intermedios, serán de materiales que no alteren las características de su contenido ni las de ellos mismos. Igualmente deberán ser inalterables frente a los productos utilizados en su limpieza.

3.4. En aquellas instalaciones en que los productos terminados, materias primas o productos intermedios sean movilizados por un sistema neumático, éste será de tales características que el aire no contamine o altere las propias de los productos ni les comunique olor o sabor extraño.

3.5. Las fábricas que elaboren harinas acondicionadas y/o enriquecidas deberán estar dotadas de los dispositivos o aparatos necesarios para realizar los tratamientos y/o la dosificación de los productos a añadir de forma adecuada.

3.6. Las fábricas de harina y/o sémolas deberán disponer de un laboratorio propio o contratado, con el material necesario para realizar los controles de las materias primas y productos acabados que exija esta Reglamentación. De las determinaciones efectuadas se conservarán los datos obtenidos.

Art. 4º Requisitos higiénico-sanitarios.- De modo genérico, las industrias incluidas en esta Reglamentación, tanto fabricantes como envasadores, habrán de reunir las condiciones mínimas siguientes:

4.1. Los locales de fabricación o almacenamiento y sus anexos, en todo caso, deberán ser adecuados para el uso a que se destinen, con emplazamiento y accesos apropiados, situados a conveniente distancia de cualquier causa de suciedad, contaminación o insalubridad y separados de viviendas o locales donde pernocte o haga sus comidas cualquier clase de personal.

4.2. En su construcción o reparación se utilizarán materiales idóneos y en ningún caso susceptibles de originar intoxicaciones o contaminaciones. Los pavimentos serán impermeables, resistentes y lavables, dotándoles de los sistemas adecuados de desagüe y de protección contra incendios.

Las paredes y techos se construirán con materiales que permitan su conservación en perfectas condiciones de limpieza, blanqueo o pintura. En las instalaciones de nueva construcción las uniones entre paredes, techos y suelos no tendrán ángulos ni aristas vivas.

4.3. La ventilación e iluminación, naturales o artificiales, serán las reglamentarias y en todo caso apropiadas a la capacidad y volumen del local, según la finalidad a que se destine.

4.4. Dispondrán en todo momento de agua corriente potable en cantidad suficiente para la elaboración, manipulación y preparación de los alimentos o productos alimentarios y para la limpieza y lavado de locales, instalaciones y elementos industriales, así como para el aseo personal.

4.5. Habrán de tener servicios higiénicos y vestuarios en número y con características acomodadas a lo que prevean, para cada caso, las autoridades competentes.

4.6. Todos los locales deben mantenerse constantemente en estado de pulcritud y limpieza, la que habrá de llevarse a cabo por los medios más apropiados para no levantar polvo ni producir alteraciones o contaminaciones.

4.7. Todas las máquinas y demás elementos que estén en contacto con materias primas y auxiliares, artículos en curso de elaboración, productos elaborados y envases, serán de características tales que no puedan transmitir al producto propiedades nocivas y originar, en contacto con él, reacciones químicas perjudiciales.

Iguales precauciones se tomarán en cuanto a los recipientes, elementos de transporte, envases provisionales y lugares de almacenamiento.

Todos estos elementos estarán contruidos en forma tal que puedan mantenerse en perfectas condiciones de higiene y limpieza.

4.8. Contarán con instalaciones adecuadas en su construcción y emplazamiento para garantizar la conservación de los alimentos y productos alimentarios en optimas condiciones de higiene y limpieza, evitando su contaminación, así como la presencia de insectos y roedores.

4.9. Cualesquiera otras condiciones técnicas, sanitarias, higiénicas y laborales establecidas o que se establezcan, en sus respectivas competencias, con los Organismos de la Administración Pública en sus distintas esferas.

Art. 5º Condiciones generales de los materiales.- Todo material que este en contacto con los productos de molinería en cualquier momento de su elaboración, distribución y venta, además de aquellas otras que específicamente se señalan en esta Reglamentación, mantendrá las condiciones de conservación, higiene y limpieza siguientes:

5.1. Tener una composición adecuada para el fin a que se destinen.

5.2. No transmitir a los productos objeto de esta Reglamentación, con los que estén en contacto, sustancias tóxicas o que puedan contaminarles.

5.3. No ceder sustancias tóxicas, contaminantes y, en general, ajena a la composición normal de los productos objeto de esta Reglamentación o que, aún no siéndolo, exceda del contenido autorizado en los mismos.

5.4. No alterar las características de composición ni los caracteres organolépticos de los productos objeto de esta Reglamentación.

Art. 6º Condiciones del personal.- El personal que trabaje en tareas de fabricación, elaboración y/o envasado de los productos objeto de esta Reglamentación cumplirá los siguientes requisitos:

6.1. Utilizará prendas de trabajo adecuadas a su cometido, con la debida pulcritud e higiene.

6.2. Se abstendrá de comer, fumar y masticar chicle y tabaco en los locales de fabricación.

6.3. Estará obligado todo productor aquejado de cualquier dolencia, padecimiento o enfermedad a poner el hecho en conocimiento de la dirección de la Empresa, quien, previo asesoramiento facultativo, determinará la procedencia o no de su continuación en ese puesto de trabajo, dando cuenta del hecho a los servicios de la Sanidad Nacional.

6.4. Todo el personal que desempeñe actividades relacionadas directamente con los productos objeto de esta Reglamentación poseerá el carné sanitario de manipulación de alimentos, debidamente actualizado.

En relación con el contenido del presente artículo se estará lo dispuesto con carácter general en el Reglamento de Manipuladores de Alimentos, aprobados por Real Decreto 2505/1983, de 4 de agosto.

Art. 7º Manipulaciones permitidas y prohibidas:

7.1. Manipulaciones permitidas:

7.1.1. Los procedimientos tecnológicos empleados para la elaboración, almacenamiento, conservación y transporte que aseguren un correcto estado higiénico-sanitario en el momento de su uso.

7.1.2. La adición a las harinas acondicionadas de aquellas sustancias autorizadas por la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo.

7.1.3. La adición a las harinas enriquecidas de aquellas proteínas, vitaminas, sales minerales y aquellos otros productos autorizados para este fin por la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo.

7.1.4. El tratamiento de los granos y semillas por vapor u otros procedimientos físicos autorizados.

7.2. Prohibiciones específicas:

7.2.1. Queda prohibido el uso del arco voltaico en el tratamiento de las harinas de panificación. Las harinas no deben contener más de 2 ppm de óxido nítrico.

7.2.2. Queda prohibida la adición a las harinas de panificación de persulfato, bromatos y cualquier otro aditivo no autorizado por la Dirección General de Salud pública del Ministerio de Sanidad y Consumo.

7.2.3. La compra, utilización o tendencia por los fabricantes de harinas de otros aditivos que los permitidos específicamente para los productos incluidos en esta Reglamentación.

Art. 8º Lista de aditivos.- Las siguientes estipulaciones relativas a aditivos y sus especificaciones, han sido sancionadas por la Subsecretaría de Sanidad y Consumo del Ministerio de Sanidad y Consumo, previo informe favorable de la Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaria.

De conformidad con el artículo 2.2 del Decreto 2919/1974, de 9 de agosto, dicha Subsecretaría podrá modificar en cualquier momento la relación de aditivos mediante Resolución, previo informe de la Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaria.

Los aditivos que se indican a continuación deberán responder a las normas de identificación, calidad y pureza prescritas por la Subsecretaría de Sanidad y Consumo del Ministerio de Sanidad y Consumo.

(Los puntos 1 y 2 de este art. han sido derogados expresamente por el Real Decreto del Ministerio de Sanidad y Consumo nº 145/97 (BOE 22/3/97), sustituyéndose su contenido por la lista positiva de aditivos figurada en dicho Real Decreto).

TITULO III

REGISTROS ADMINISTRATIVOS

Art. 9º Identificación de la industria.- Sin perjuicio de la legislación competente, las industrias dedicadas a las actividades reguladas por esta Reglamentación deberán

inscribirse en el Registro General Sanitario de Alimentos, de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 2825/1981, de 27 de noviembre (Boletín Oficial del Estado de 2 de diciembre).

TITULO IV

MATERIAS PRIMAS Y OTROS INGREDIENTES. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS TERMINADOS.

Art. 10º Condiciones Generales.- Los productos objeto de esta Reglamentación deberán satisfacer las siguientes condiciones generales:

- a) Estar en perfectas condiciones de consumo.
- b) Proceder de materias primas que no estén alteradas, adulteradas o contaminadas.
- c) Estar exentos de gérmenes patógenos, sus toxinas o aquellos otros microorganismos que por su número o especificidad puedan producir alteraciones al consumidor, y no sobrepasar en plaguicidas u otros productos contaminantes los límites contenidos en la legislación vigente y las normas internacionales aceptadas por el estado español, y en su ausencia, por los criterios técnicos del Instituto Nacional de Toxicología y del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición en su caso.

Art. 11º Condiciones específicas.

11.1. De los cereales: Con carácter general los cereales responderán a las siguientes características: Serán sanos, legales y comerciales, aptos para consumo humano, exentos de olores extraños y depredadores vivos, de color y calidad propias de la variedad a que corresponda, recolectados y conservados en condiciones normales.

11.2. De las harinas: Responderán a las siguientes características:

11.2.1. Humedad: No excederá del 15% en el momento del envasado Posteriormente las variaciones de humedad que se produzcan debido al carácter higroscópico de la harina deberán ser correlativas con las variaciones en masa.

11.2.2. Cenizas, sobre sustancia seca:

11.2.2.1. En harinas panificables de:

Tipo T-45, inferior a 0,50 por 100.

Tipo T-55, entre 0,5 y 0,65 por 100.

Tipo T-70, entre 0,65 y 0,73 por 100.

Tipo T-75, entre 0,73 y 0,80 por 100.

Las harinas de tipo T-75 no podrán utilizarse en la elaboración de pan común, sólo para elaboración de otros tipos de panes.

11.2.2.2. En harinas para otros usos comestibles.

Masas fritas, máximo 0,80 por 100.

Demás usos máximo 0,65 por 100.

Las cenizas insolubles (en ácido clorhídrico al 10 por 100) en las harinas de los puntos 11.2.2.1 y 11.2.2.2 será inferior al 0,3 por 100.

11.2.2.3. En las harinas integrales, entre 1,5 y 2,3 por 100. La fibra en estas harinas estará comprendida entre 2 y 3 por 100.

11.2.3. Proteínas.- Las harinas destinadas a la panificación tendrán un contenido mínimo en proteínas del 9 por 100.

11.2.4. Gluten.- El gluten seco no será inferior al 5,5 por 100 salvo en casos en que por su utilización específica se requiera un porcentaje inferior en cuyo caso se hará constar este porcentaje en la etiqueta.

11.2.5. Acidez de la grasa.- Máximo 50 por 100, expresado en miligramos de potasa *(según modificación contenida en el Real Decreto 1166/90)*.

11.2.6. Las harinas resultarán suaves al tacto, de color blanco ligeramente amarillento, dependiente del grado de extracción, sin resabios de rancidez, olores anormales, moho, acidez, amargor o dulzor. Presentará a la compresión una superficie mate y de granos finos de tamaño adecuado para que el 90 por 100 de los mismos pase por una tela de 180 micras de luz, o el 98 por 100 por una tela de 212 micras.

11.2.7. El porcentaje de harina extraña, determinado por la naturaleza de los gránulos de almidón no podrá exceder del 1 por 100.

11.2.8. Calidad panadera.- Esta calidad, evaluada por medio del alveógrafo, responderá, para la fabricación del pan común, a los valores siguientes: $W > 80$ y $P/L < 1,5$. Sin que esto quiera decir que cada partida de trigo tenga que reunir estas características para ser considerado panificable.

11.2.9. Las harinas mezcladas, acondicionadas o enriquecidas deberán reunir las condiciones exigidas a las harinas a partir de las cuales se han elaborado.

11.3. De las Sémolas y Semolinas.

Responderán a las siguientes características:

11.3.1. Humedad: No excederá del 14,5 por 100.

11.3.2. Cenizas sobre sustancia seca.

11.3.2.1. Sémolas procedentes del trigo duro:

De boca o consumo directo, 0,90 por 100 máximo.

Industrial para elaboración de pastas alimenticias de calidad superior 0,90 por 100 máximo.

Semolina de trigo duro, 1,10 por 100 máximo.

11.3.2.2. Semolinas, procedentes de:

Trigo blando, 0,80 por 100 máximo.

11.3.3. Fibra:

El contenido de la fibra será de 0,5 por 100 máximo.

11.3.4. Proteínas:

11.3.4.1. Sémolas, procedentes de trigo duro:

De boca o consumo directo, 11 por 100 mínimo.

Industrial para elaboración de pastas alimenticias de calidad superior, 11 por 100 mínimo.

Semolina de trigo duro, 11,5 por 100 mínimo.

11.3.4.2. Semolinas, procedentes de :

Trigo blando, 9 por 100 mínimo.

11.3.4.3. Acidez de la grasa.- Máximo, 50 por 100, expresado en mg. de potasa *(según modificación contenida en el Real Decreto 1166/90)*.

11.4. De los salvados para consumo humano.

El salvado responderá a las siguientes características:

11.4.1. Humedad: no excederá del 14 por 100 en el momento del envasado.

11.4.2. Fibra cruda: Estará comprendida entre 9 y 14 por 100.

11.4.3. Cenizas, sobre sustancia seca: No excederá de 8,5 por 100.

11.4.4. Materias extrañas: En la medida posible, según prácticas correctas de fabricación, el salvado deberá estar exento de materias objetables.

11.4.5. Nivel higiénico: El salvado deberá estar exento de infestación viva debida a insectos, ácaros y roedores; exento de microorganismos tóxicos o desagradables, y exento de olores y sabores anormales. El nivel de contaminación con excrementos o pelos de roedores, con cuerpos, partes o excrementos de insectos y con cuerpos de ácaros, no deberá exceder de los límites que se fijen.

11.5. Norma microbiológica: Las harinas y sémolas de trigo y otros productos de su molienda cumplirán las siguientes especificaciones:

Recuento de colonias aerobias mesófilas (31° C ± 1 ° C) máximo 1 x 10⁶ g.

Recuento de mohos, máximo 1 x 10⁴ g.

Escherichia coli, máximo 1 x 10² g.

Salmonella, ausencia 25 g.

TITULO V

ENVASADO, ETIQUETADO Y ROTULACIÓN.

Art. 12º Envasado.- En el envasado de los productos a que esta Reglamentación se refiere será de aplicación lo previsto en la sección I del capítulo IV del Código Alimentario Español.

12.1 Los envases podrán ser de materiales tales como:

Yute, algodón, papel, cartón, compuestos macromoleculares, metales apropiados y todos aquellos aprobados por la Dirección General de Salud Pública para este fin.

12.2. Los envases utilizados, que deberán ser nuevos en todo caso, no proporcionarán ningún sabor ni olor al producto en ellos contenido y asegurarán la protección y aislamiento del producto envasado.

12.3. El contenido neto de los envases, cuyo destino sea la venta directa al consumidor final, será, referido al 15 por 100 de humedad, de 250 y 500 g., 1 Kg. y 5 Kg. Para la venta destinada al consumo industrial las masas permitidas serán de 50 y 80 Kg.

12.4. La tolerancia en cuanto a la verificación del contenido efectivo en el envasado, para los productos afectados por la presente Reglamentación, se deberá ajustar a lo establecido en la legislación vigente.

Art. 13º Etiquetado y rotulación.- El etiquetado de los envases y la rotulación de los embalajes deberán cumplir la norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios envasados, Real Decreto 2058/1982, de 12 de agosto (Boletín Oficial del Estado - de 30 de agosto).

13.1 La información del etiquetado de los envases de los productos sujetos a esta Reglamentación que vayan destinados al consumidor final o a restaurantes, hospitales y otros establecimientos y colectividades similares, constará obligatoriamente de las siguientes especificaciones:

13.1.1. Denominación del producto.

Serán las definiciones y denominaciones específicas de la presente Reglamentación Técnico-Sanitaria contempladas en el artículo segundo.

13.1.2. Lista de ingredientes:

- Irá precedido de la leyenda: "Ingredientes".
- Se mencionarán todos los ingredientes por su nombre específico en orden decreciente de sus masas.
- Los aditivos se designarán por el grupo genérico al que pertenecen, seguido de su nombre específico, o del número asignado por la Dirección General de Salud Pública.
- No precisan lista de ingredientes aquellos productos constituidos por uno solo.
- En las harinas enriquecidas se hará constar, inexcusablemente y de forma destacada, las sustancias enriquecedoras y la cuantía absoluta de cada una de ellas incorporada a la harina.

- En la harina acondicionada se hará constar, igualmente, los productos añadidos y la cuantía máxima de cada uno de ellos incorporados a la harina.

13.1.3. Contenido neto.

Se expresará utilizando como unidades de medidas el gramo o el kilogramo y referido en todo caso a una humedad del 15 por 100.

13.1.4. Fecha de duración mínima o fecha límite del período óptimo de consumo:

- Irá precedido de la leyenda “Consumir preferentemente antes de”.
- La leyenda será completada por el mes y el año.
- Todas las fechas se indicarán de la forma siguiente:

El mes, con su nombre o con las tres primeras letras de dicho nombre o con dos dígitos (del 01 al 12) que correspondan.

El año, con sus cuatro cifras o sus dos cifras finales.

Las indicaciones antedichas estarán separadas unas de otras por espacios en blanco, punto o guión, cuando el mes no se exprese con letras.

13.1.5. Instrucciones para la conservación.

Será obligatorio la leyenda “Consérvese en sitio seco y aislado del suelo”.

13.1.6. Identificación de la Empresa.

Se hará constar el nombre o la razón social, o la denominación del fabricante, envasador o importador, y, en todo caso, su domicilio y el número de registro sanitario correspondiente.

Cuando la elaboración se realice bajo marca de un distribuidor, además de figurar sus datos, se incluirán los de la industria elaboradora o su número de registro sanitario, precedido de la expresión “Fabricado por ...”.

13.1.7. Identificación del lote de fabricación.

Todo envase deberá llevar una indicación que permita identificar el lote de fabricación, quedando a discreción del fabricante la forma de dicha identificación.

Será obligatorio tener a disposición de los servicios competentes de la Administración la documentación donde consten los datos necesarios de cada lote de fabricación.

13.2. La información del rotulado de los embalajes de los productos sujetos a esta Reglamentación que vayan destinados al consumidor final o a restaurantes, hospitales y otros establecimientos y colectividades similares, constará obligatoriamente de las siguientes especificaciones:

- Denominación del producto o marca.

- Número y contenido neto de los envases.
- Nombre o razón social o denominación de la Empresa.
- Consérvese en sitio seco y aislado del suelo.

No será obligatoria la mención de estas indicaciones, siempre que puedan ser determinadas clara y fácilmente en el etiquetado de los envases sin necesidad de abrir el embalaje.

13.3. En la información del etiquetado de los envases de los productos, sujetos a esta Reglamentación, que vayan destinados a otras industrias, constará obligatoriamente el grado de extracción de la harina, en su caso, y las especificaciones indicadas en los puntos 13.1.1. al 13.1.7., excepto el punto 13.1.4. y el segundo párrafo del punto 13.1.6.

Cuando la harina destinada a la panificación de pan común no cumpla lo dispuesto en el punto 11.2.8. deberán consignarse en la etiqueta la leyenda $W < 80$ y $P/L > 1,5$, o ambas, según los casos, siendo obligatorio, entonces, indicar los valores del W y P/L, correspondientes, bien en la etiqueta o en los documentos que acompañen al pedido.

13.4. Los productos vendidos a granel con destino al consumo industrial deberán hacer constar en la documentación adjunta al envío lo dispuesto en el punto 13.3.

13.5. Los productos, sujetos a esta Reglamentación, importados, además de cumplir en el etiquetado de sus envases y en el rótulo de sus embalajes con las especificaciones de los puntos 13.1. y 13.3., excepto lo referente a la identificación del lote de fabricación, deberán hacer constar el país de origen.

TITULO VI

ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE, VENTA, EXPORTACIÓN E IMPORTACIÓN.

Art. 14º Almacenamiento y transporte:

Para los productos objeto de esta Reglamentación será de aplicación lo establecido al respecto en el capítulo VI del Código Alimentario Español.

14.1. Se tomarán especiales precauciones, dada la naturaleza de estos productos, para que no adquieran olores ni sabores extraños durante el período de almacenamiento y transporte.

14.2. El almacenamiento podrá realizarse en almacenes horizontales o verticales, que estarán contruidos con materiales idóneos y dispondrán de instalaciones adecuadas de carga y descarga, y, en el caso de que lo prolongado del almacenamiento lo exija, trasiego.

14.3. Contarán con los medios adecuados que permitan la desinfección, desinsectación y desratización de los mismos cuando sea necesario.

14.4. El transporte de las harinas se podrá realizar a granel si se dispone de medios adecuados o envasado en sacos nuevos, que podrán ser de yute, algodón o papel u otros materiales autorizados.

Art. 15º Exportación e importación.

15.1 Exportación.

Los productos objeto de esta Reglamentación dedicados a la exportación se ajustarán a lo que dispongan en esta materia los Ministerios competentes. Cuando estos productos no cumplan lo dispuesto en esta Reglamentación llevarán, en carácter bien visible, impresa la palabra "Export", y no podrán comercializarse ni consumirse en España, salvo autorización expresa de los Ministerios responsables, previo informe favorable de la Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaría, y siempre que no afecte a las condiciones de carácter sanitario.

15.2. Importación.

Los productos de importación, comprendidos en la presente Reglamentación Técnico-Sanitaria, deberán cumplir las disposiciones aprobadas en el presente Real Decreto y además en su etiquetado se deberá hacer constar el país de origen. Las Empresas importadoras deberán proceder a su registro según lo marcado en el Real Decreto 2825/1981, sobre Registro General de Alimentos y los productos importados

deberán ser anotados en el expediente correspondiente de cada Empresa en particular, y, si procede, en el registro específico de productos.

TITULO VII

COMPETENCIAS, RESPONSABILIDADES Y RÉGIMEN SANCIONADOR.

Art. 16º Competencias.

Los Departamentos responsables velarán por el cumplimiento de lo dispuesto en la presente Reglamentación, en el ámbito de sus respectivas competencias y a través de los Organismos administrativos encargados, que coordinarán sus actuaciones, y, en todo caso, sin perjuicio de las competencias que correspondan a las Comunidades Autónomas y a las Corporaciones Locales.

Art. 17º Responsabilidades.

17.1. La responsabilidad inherente a la identidad del producto contenido en envases no abiertos, íntegros, corresponde al fabricante o elaborador del mismo o al importador, en su caso.

17.2. La responsabilidad inherente a la identidad del producto contenido en envases abiertos corresponde al tenedor del producto.

17.3. La responsabilidad inherente a la mala conservación y/o manipulación del producto contenido en envases o embalajes, abiertos o no, corresponde al tenedor del producto.

Art. 18º Régimen sancionador.

Las infracciones a lo dispuesto en la presente Reglamentación serán sancionadas en cada caso por las autoridades competentes de acuerdo con la legislación vigente y con lo previsto en el Real Decreto 1945/1983, de 22 de junio, por

el que se regulan las infracciones en materia de defensa del consumidor y de la producción agroalimentaria, previa la instrucción del correspondiente expediente administrativo. En todo caso, el Organismo instructor del expediente que proceda, cuando sean detectadas infracciones de índole sanitaria, deberá dar cuenta inmediata de las mismas a las autoridades sanitarias que correspondan.

TITULO VIII

TOMA DE MUESTRAS Y MÉTODOS DE ANÁLISIS.

Art. 19º En los controles analíticos que hayan de efectuarse sobre productos regulados por la presente Reglamentación se utilizarán los métodos de análisis de cereales y derivados, aprobados por Orden de la Presidencia del Gobierno de 31 de enero de 1977 (“Boletín Oficial del Estado” de 19 de julio y siguientes).

V: BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- ✓ *American Association of Cereal Chemists*. (Enero-Febrero de 2009). Obtenido de <http://www.aaccnet.org/>
- ✓ Apuntes asignatura "Industrias Cerealistas y Extractivas". (2007). Universidad de Salamanca.
- ✓ ARNAIZ RUIZ, L. C. (1995). Estudio de pasadas de una fábrica de harinas. *Molinería técnica*, 25-37.
- ✓ *Buhler*. (2008-2009). Obtenido de <http://www.buhlergroup.com/>
- ✓ CALAVERAS, J. (1996). *Tratado de Panificación y Bollería*. Madrid: AMV-Mundi-Prensa.
- ✓ CALLEJO GONZALEZ, M. (2002). *Industrias de cereales y derivados*. Madrid: AMV-Mundi-Prensa.
- ✓ CASTILLO, E. y. (1998). *Tratado de Panificación*. Madrid: A. Madrid Vicente.
- ✓ HOSENEY, R. C. (1991). *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. Zaragoza: Acribia.
- ✓ KENT, N. (1987). *Tecnología de los cereales*. Zaragoza: Acribia.
- ✓ *Manual de instrucciones de la termobalanza Buhler MLI-1000*. (1993). S.P Milano.
- ✓ *Manual de instrucciones del Alveógrafo Chopin. Chopin Instrument de controle industriel*. (1989). Tripete. Renaud.
- ✓ *Manual de instrucciones del Falling Number 1500*. (1994). Suecia: Petrer instrument.
- ✓ *Manual de instrucciones del INFRALYCER-260. BRAN+LUBBE*. (1991). Madrid: Industrial Systems.
- ✓ MATISSEK, R. S. (1998). *Análisis de los alimentos, fundamentos, métodos, aplicaciones*. Zaragoza: Acribia.
- ✓ *Ministerio de Medio ambiente Medio rural y Marino*. (2008-2009). Obtenido de <http://www.marm.es/>

- ✓ MIRALBÉS, C. (2001). *Enzimas en Panadería*. Barcelona: Montagud Editores SA.
- ✓ *Newport Scientific*. (2008-2009). Obtenido de <http://www.newport.com.au/>
- ✓ *RVA, Installation and operation manual*. (2007). Warriewood, Australia: Newport Scientific Pty Limited.
- ✓ Utilización de la ley de las mezclas del alveografo a hidratación constante. (2001). *Chopin Tribune* , 2.