

# Trabajo Fin de Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural.

Diseño de harinas a partir de  
variedades de Trigo (*Triticum aestivum*),  
para la industria panificadora.

## **TOMO 1**

Autor  
Beatriz Arjona Gracia  
Director  
David Badía Villas

Escuela Politécnica Superior de Huesca  
Curso académico 2014-2015

# ÍNDICE

## **TOMO 1: PROYECTO**

1.- JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	1
2.- EL TRIGO	2
2.1 Estructura del grano	3
2.2 Origen	5
2.3 Clasificación	6
2.4 Composición química.	7
2.4.1 Agua	7
2.4.2 Hidratos de Carbono	8
2.4.3 Proteínas	11
2.4.4 Lípidos	12
2.4.5 Sales minerales	13
2.4.6 Vitaminas	13
2.5 Valor molinero y panadero de un trigo.	14
2.5.1 Valor molinero	14
2.5.2 Valor panadero	15
2.6 Variedades de Trigo.	16
3 MOLIENDA DEL TRIGO	21
3.1 Limpiado y acondicionado del trigo	21
3.1.1 Ante Limpia	22
3.1.2 Almacenamiento	22
3.1.3 Limpia	23
3.1.4 Acondicionamiento	24
3.2 Molienda	25
3.2.1 Diagrama de molienda	27
3.3 Maquinaria Molienda	31
3.3.1 Molinos BUHLER de rodillos.	31
3.3.2 Cernedores o Planchister	32
3.3.3 Sasores	34
3.3.4 Cepilladoras	35
3.4 Cambios en la molienda: del Trigo a la Harina.	36
4 LA HARINA	38
4.1 Definición, Características y Legislación.	38
4.2 Composición de la harina.	39
4.3 Calidad de la harina	44
4.4 Tipificación de la harina.	45
4.5 Determinaciones experimentales.	47
5 PANIFICACIÓN	48
5.1 Ingredientes.	48
5.1.1 Agua	48
5.1.2 Sal	49
5.1.3 Levadura	50
5.2 Proceso General Panificación.	51

5.2.1 Amasado	51
5.2.2 Reposo masa	53
5.2.3 División.	54
5.2.4 Boleado.	54
5.2.5 Reposo en pieza	55
5.2.6 Formado	55
5.2.7 Fermentación	55
5.2.8 Corte	56
5.2.9 Cocción	57
5.2.10 Enfriado y conservación	58
5.3 Proceso productivo PAN de MOLDE	59
5.4 Proceso productivo PAN PRECOCIDO	62
5.5 Proceso productivo PAN ARTESANO	65
6.- OBJETIVOS	67
7.- MATERIAL Y MÉTODOS	68
7.1 Recepción y clasificación del trigo	67
7.2 Mezcla y molienda en Laboratorio	70
7.3 Análisis en laboratorio	72
7.3.1 Proteína, Humedad, cenizas.	72
7.3.2 Fuerza, elasticidad, extensibilidad, tenacidad.	73
7.3.3 Actividad amilásica.	76
7.3.4 Absorción agua	77
7.3.5 Cantidad y calidad del Gluten	78
7.4 Diseño de harinas finales.	80
7.5 Análisis en panadería	80
7.5.1 Material Panadería	80
7.5.2 Pan artesano	83
7.5.3 Pan molde	86
7.5.4 Pan pre cocido	88
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	91
8.1 Análisis del grano	91
8.2 Análisis harinas varietales en laboratorio	95
8.3 Diseño harinas	103
8.4 Análisis en panadería	107
9. CONCLUSIONES	117
10. BIBLIOGRAFÍA	119

## **TOMO 2: ANEXOS**

ANEXO I.- Amilogramas

ANEXO II.- Alveogramas

ANEXO III.-Farinogramas.

# INTRODUCCIÓN

## 1.- JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

---

El trigo es uno de los tres cereales más producidos en el mundo, junto al maíz y el arroz y el más consumido por el hombre según la FAO (*Food and Agriculture Organization*). Se entiende como “Trigo” al conjunto de cereales que pertenecen al género *Triticum*; plantas anuales de la familia de las gramíneas.

El principal uso del trigo para consumo humano es su transformación en harina en las industrias harineras.

La harina de trigo se destina mayoritariamente al sector de la alimentación (panificación, bollería, pizzas,...). En este proyecto nos centraremos en el sector de la panificación.

En el mundo de la panadería, la harina representa tanto cualitativa como cuantitativamente, la parte más importante de la masa y su calidad determinará la calidad del producto. En los últimos años el mercado de panificación está mostrando cambios profundos, debido a nuevos productos de conveniencia.

Dentro del sector de panificación existen tres subsectores de características muy distintas: productos precocidos, productos envasados (pan de molde, pan hamburguesas...), productos artesanales.

El pan está presente en más del 90% de los hogares prácticamente todo el año. Este consumo hace que las industrias panificadoras dediquen una gran parte de su tiempo a la investigación y desarrollo de nuevos productos para lanzarlos al mercado. El desarrollo de nuevo productos lleva asociado el diseño de harinas que puedan adaptarse a sus procesos productivos.

Este trabajo Fin de Grado se desarrolla en las instalaciones de una Harinera de la provincia de Huesca. El **objetivo** del mismo consiste en diseñar tres harinas específicas partiendo de diez variedades de trigo blando, para tres empresas alimentarias de ámbito nacional dedicadas a la fabricación de: pan precocado, pan de molde, pan artesanal.

Cada harina requiere de una calidad y especificaciones muy concretas, que determinaremos mediante análisis reológicos (alveógrafo, farinógrafo, amilograma, gluten,...) que nos darán información sobre la capacidad de una harina para adaptarse al proceso de panificación. Una vez diseñadas las harinas, se realizará una prueba de panificación en nuestra planta piloto, para comprobar que los parámetros numéricos de los análisis de laboratorio coinciden con el comportamiento de la masa en panificación (amasado, boleado, fermentación, formado...)

## **2.- EL TRIGO**

---

El trigo es el término que engloba al conjunto de cereales del género *Triticum spp.* son plantas anuales de la familia de las gramíneas.

Como gramínea produce frutos secos con una sola semilla, el grano. Este tipo de frutos se denominan cariósides.

Los granos de trigo se desarrollan en el interior de las glumas (cubiertas florales) que son hojas modificadas. El grano aunque rodeado por las glumas se encuadra dentro de los denominados cereales desnudos, ya que éstas se desprenden fácilmente del grano en la trilla pasando a formar parte de la paja.

Tal y como indican diversos autores (Kent, 1963; Hosene, 1991), “la estructura del trigo y del resto de cereales es muy similar entre ellos”

Para este proyecto se han seleccionado 10 variedades de trigo blando: Arthur-nick, Berdun, Bokaro, Bologna, Botticelli, Galera, Ingenio, Isengrain, Marius y Nogal. (apartado 2.6)

## 2.1 Estructura del grano

El grano de trigo comprende tres partes esenciales:

### **Salvado:**

Está constituido por capas de células superpuestas:

- La envoltura que comprende tres capas; pericarpio, mesocarpio y el endocarpio.
- Tegumento seminal y capa hialina, que constituyen los dos la envoltura de la semilla.
- La base proteíca, llamada también células de aleurona, es la primera capa de células del endospermo.

En la molienda estas capas más una pequeña porción del endospermo se irá en forma de subproducto.

Las características de las capas externas del trigo influyen en varias partes del proceso, a mayor dureza:

- Incremento de las horas de reposo para alcanzar la humedad necesaria para moler.
- Aumenta la posibilidad de apretar los rodillos de los molinos y obtener de este modo un mayor % de extracción.

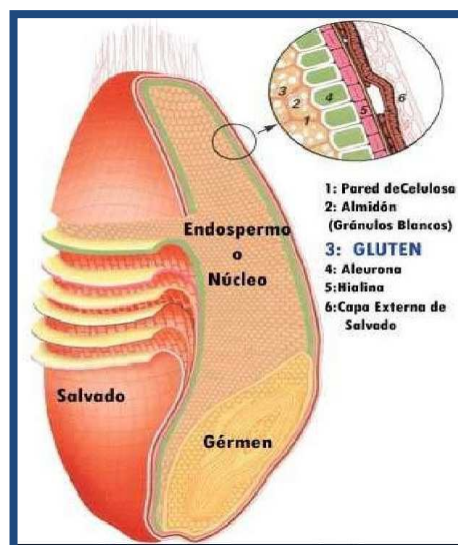


Fig 1\_ Composición grano trigo. Fuente: Internet

Las envolturas son ricas en materias minerales y poseen altos contenidos en proteínas y en materias grasas.

### **Endospermo o almendra harinosa:**

El contenido de las células del endospermo junto a las paredes celulares que lo recubren constituyen la harina. Las células están repletas de granos de almidón incluidos en una matriz proteica, proteína en su mayor parte aunque, no todo es gluten. Cuando madura el trigo, se sintetiza el gluten en los cuerpos proteicos.

El almidón aparece como granos grandes, lenticulares de aproximadamente 0.0025 mm de diámetro, es el más importante en peso (alrededor del 70%).

Esos gránulos son más o menos dañados durante la molienda del grano, y son ellos los que producen azúcares fermentativos bajo la acción de la amilasa.

Tiene un papel esencial durante la fermentación panadera: una parte de éste, transformada en azúcares, es esencial en el desarrollo y la acción de las levaduras.

El Gluten es un tipo de materia proteica en los trigo, en otros cereales la proteína no tienen la capacidad de unirse formando gluten durante la transformación en masa de su harina.

La cantidad y calidad del gluten presente en el endospermo del trigo influirá en las características plásticas de sus harinas; cohesión, elasticidad, plasticidad y tenacidad.

### **Germen:**

Rico en azúcares, en materias grasas y en vitaminas (B y E), que constituirán la futura planta.



Durante la germinación, los materiales de la almendra harinosa son transformados por cuerpos químicos llamados diatasa, en productos directamente útiles al germen, para el crecimiento de la joven planta.

Respecto al total del grano, los porcentajes de cada parte descrita son:

- Envolturas	14-16%
- Endospermo	81-83%
- Germen	2.5-3%

## 2.2 Origen

La evolución del trigo desde sus primeras formas del tipo *Triticum monococcum* y *Triticum diocum* que eran recogidas por el hombre hace más de 10.000 años hasta la actualidad son una clara evolución citogenética.

Los primeros trigos tenían espigas muy frágiles, que al madurar no se sostenían y sus granos se caían al suelo. Siglos más tarde se produjo la evolución 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 con  $2n=14$  cromosomas (diploides)

*Triticum monococcum* o escaña menor

- Especies con  $2n=48$  cromosomas(tetraploides)

*Triticum diccoides*

*T. diccicum* o escaña almidonera

*T. turgidum*

*T. durum* o trigo duro

- Especies que poseen  $2n=42$  cromosomas (hexaploides)

*T. spelta o escaña mayor*

*T. vulgare o aestivum o trigo blando*

*T. compactum*

En nuestras instalaciones se molturan trigo de la especie *Triticumaestivum* para la producción de harina y de la especie *Triticumdurum* para la producción de sémolas.

## 2.3 Clasificación

### Según la época de cultivo:

- Trigo de invierno: Maduración más lenta con lo que se obtienen mayores rendimientos y menor contenido en proteína.

- Trigo de primavera: Granos de maduración más rápida y alto contenido en proteína.

Todas las variedades utilizadas en el ensayo, son trigos de invierno a excepción de Arthur-nick y Galera que son de primavera.

### Según su dureza:

La dureza de los granos se define como la resistencia al aplastamiento y a la reducción. Es una característica muy importante en molinería.

- Trigos duros, al fragmentarse producen harinas gruesas fáciles de cerner. A mayor vitrosidad del grano mayor dureza. Un grano duro nos permitirá apretar más los cilindros de los molinos.

- Trigos blandos, en la fragmentación se producen harinas muy finas que se ciernen con dificultad.

## 2.4 Composición química.

La composición química de las diferentes partes del grano de trigo y del total de las mismas son;

% Masa grano	Proteína	Minerales	Lípidos	Celulosa	Hemicel.	Almidón
Pericarpio 4%	7-8	3-5	1	25-30	35-43	0
Tegumentos 1%	15-20	10-15	3-5	30-35	25-30	0
Epidermis 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	0,5-0,3	70-85
Grano entero 100%	10-14	1,6-2,1	1,5-2,5	2-3	5-8	60-70

Tabla 1\_ Composición química partes grano de trigo en % sobre materia seca

Materias celulósicas y hemicelulosas están casi ausentes en el endospermo, mientras que el almidón no aparece en los tejidos externos. El mayor % de proteínas se encuentran entre los tegumentos y la capa de aleurona. El contenido en lípidos es elevado en el germen y más débil en las cubiertas externas de la semilla.

### 2.4.1 Agua

El % de humedad es variable, depende del clima y del ambiente de cultivo. Oscila entre 8-18%. En nuestras instalaciones no se descarga trigo con más de 14% de humedad para evitar problemas en el almacenamiento.

### 2.4.2 Hidratos de Carbono

Constituyen el 90% del peso seco del grano de trigo. Está constituido principalmente por:

- A.- Almidón 60%
- B.- Hemicelulosa 5%
- C.- Celulosa 2%
- D.- Azúcares libres 3%

#### **A.- Almidón:**

La cantidad de almidón contenido en el grano de trigo es aproximadamente del 60%.

Se encuentra en los granos de cereal en forma de gránulos que actúan como material de reserva durante el crecimiento de la planta. Es un polímero formado por varias subunidades de glucosa  $\alpha$ -D-glucosa, se distinguen dos tipos:

#### *Aamilosa*

Es un polímero lineal de  $\alpha$ -D-glucosa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -1,4, (Fig 2) debido a este enlace los anillos de glucosa no se encuentran en una misma zona planar por lo que la unión de una cadena con otra da lugar a una hélice tubular estabilizada con puentes de hidrógeno.

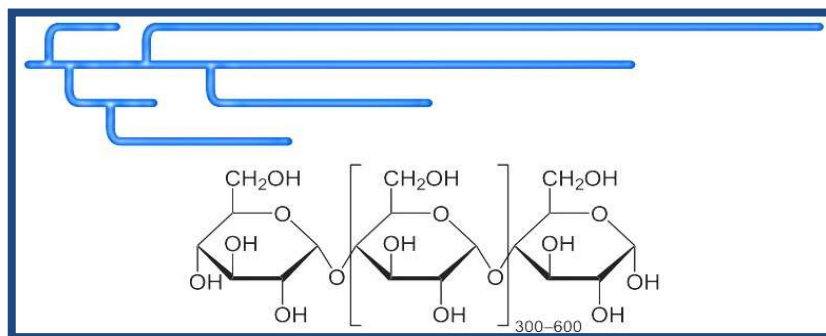


Fig 2\_. Estructura de la amilosa. Fuente: Internet.

La particular naturaleza de la amilosa, es responsable de la tendencia a asociarse consigo misma y precipitar en la solución. La amilosa cristaliza fácilmente en una solución o se retrograda. La retrogradación es el término utilizado para denotar la cristalización en geles de almidón.

En panadería se la asocia fuertemente al fenómeno de retrogradación, dado que un retorno a la cristalinidad implica una disminución en la capacidad de retención de agua (Hug-Iten y col., 2003)

### Amilopectina

Está formada por  $\alpha$ -D-glucosa unida por enlaces  $\alpha$ -1,4(Fig 3). Está mucho más ramificada que la amilosa. Su forma se asemeja a un ovillo, reticulado en las tres dimensiones.

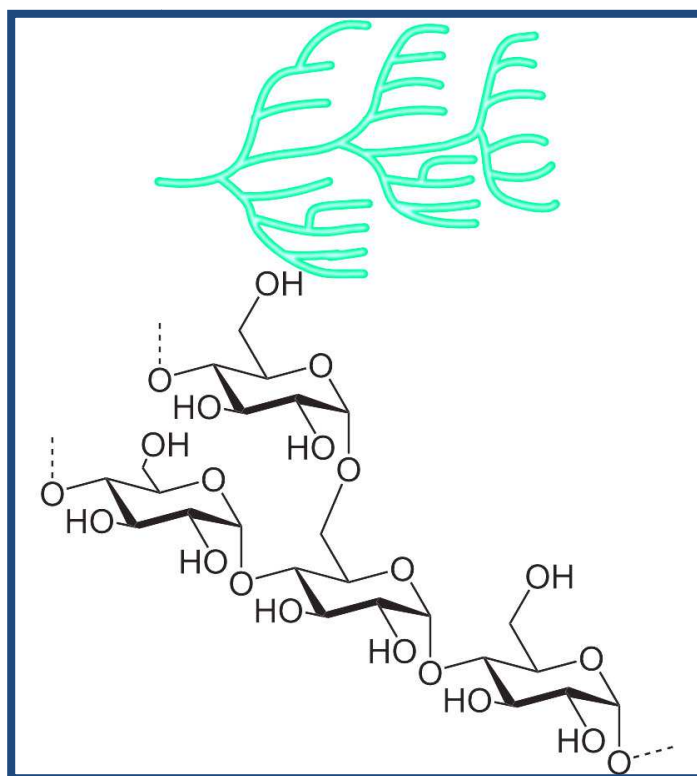


Fig 3\_ Estructura de la amilopectina. Fuente: Internet

Durante la cocción 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.

El almidón al ser calentado con agua sufre alteraciones que son las responsables de las características de muchos alimentos como por ejemplo la viscosidad o el tacto al paladar de las salsas.

El almidón puede retener hasta 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 siempre que no se alcance el punto de gelificación si se sobrepasa este punto las alteraciones serán 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, que es una de los análisis que realizaremos en este proyecto.

## **B.- Hemicelulosa**

Denominadas también pentosas, son el componente fundamental de las paredes celulares y constituyen el material de unión de las células. En su hidrólisis libera principalmente azúcares de tipo pentosa.

Las pentosas absorben agua en gran cantidad y son capaces de formar disoluciones viscosas. En el trigo aparecen con un porcentaje entre el 2-3%.

### **C.- Celulosa**

Es el principal componente de la cáscara.

Formada principalmente por moléculas de glucosas unidad formando un polímero de gran longitud. Al ser lineal se asocia fuertemente consigo mismo y es muy insoluble.

Posee enlaces  $\beta$ -1,4 más estables que los  $\alpha$ , las celulosas son muy resistentes.

### **D.- Azúcares libres**

Un grano de trigo contiene un 3% de azúcares libres, de los cuales el más importante es la sacarosa seguida de rafinosa, además contiene fructosa, glucosa y algunos disacáridos como la maltosa.

### **2.4.3 Proteínas**

Representan el 10-14% en peso del grano entero de trigo. Su distribución no es uniforme dentro del grano.

Las proteínas se clasificaron por primera vez por Osborne (1907), en función de su solubilidad, actualmente se utiliza su clasificación de manera simplificada:

- Albúminas

Solubles en agua, representan el 5-10% respecto al total proteico.

- Globulinas

Solubles en solución salina, son el 5-10% respecto al total.

- Prolaminas

Solubles en solución alcohólica, son el 40-50% del total.

- Gluteninas

Solubles en solución ácida, representan el 30-40%.

Las prolaminas y gluteninas son las fracciones predominantes en el grano de trigo donde se denominan gliadinas y gluteninas respectivamente y forman el gluten.

Entre todas las harinas de cereales solamente la del trigo es capaz de formar una masa fuerte, cohesiva y capaz de retener el gas producido por la fermentación, dando por cocción un producto esponjoso. Estas características se atribuyen a la presencia de gliadinas y gluteninas las cuales al combinarse forman el gluten, responsable directo de la capacidad de la masa de retener gas. El gluten es insoluble en agua y por tanto se puede aislar sometiendo la masa (harina + agua) a un trabajo mecánico bajo corriente de agua, el agua arrastra el almidón y demás constituyentes solubles quedando el gluten. Una vez aislado se observa las características del gluten: extensibilidad, cohesividad, extensibilidad y elasticidad propias de las masas panarias.

Físicamente la glutenina es una proteína elástica pero no coherente, aporta a las masas su propiedad de resistencia a la extensión, su elasticidad.

Las gliadinas son extremadamente pegajosas cuando están hidratadas, tienen muy poca o nula resistencia a la extensión y aportan a la masa su cohesividad.

Las proteínas del gluten tienen una gran cantidad de aminoácidos, siendo deficientes en aminoácidos esenciales como la lisina y metionina, considerándose a la proteína del trigo de baja calidad.

#### 2.4.4 Lípidos

Representan un 1.5-2% del grano de trigo están localizados principalmente en el germen y en la cubierta de la semilla. También se encuentran en una fina membrana que recubre los gránulos de almidón, así



como incrustados en las membranas que recubre los granos proteícos del endospermo y el escutelo.

En la 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 será en las roturas producidas durante la molienda cuando se pongan en contacto con el peligro de que aparezcan alteraciones que dan lugar al típico olor y sabor a rancio, alteraciones que se ven favorecidas con un aumento de temperatura. Es muy importante por ello, la separación del germen en la molturación ya que por su alto contenido en lípidos empeoraría la conservación del producto final.

#### 2.4.5 Sales minerales

Las sustancias inorgánicas del trigo se encuentran en el salvado y la capa de aleurona y oscilan entre 1,5-2%.

Entre los elementos inorgánicos destacan el fósforo, potasio y menor proporción magnesio, silicio y sodio.

Debido a su distribución en el grano, una harina tendrá más cenizas cuanto mayor sean las partículas de salvado presentes en la harina, que está 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 factores como la variedad, tipo de terreno, fertilización y el clima.

#### 2.4.6 Vitaminas

Los granos de trigo son muy ricos en vitaminas del grupo B, la más importante la niacina, aunque la mayor parte se encuentra como niacina no asimilable.

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 el contenido de vitaminas inicial.

## **2.5 Valor molinero y panadero de un trigo.**

El valor molinero es la suma de las cualidades que un trigo tiene durante su molienda, el valor panadero en cambio se refiere a la apreciación de las características de las masas obtenidas del trigo. En la práctica no hay una diferencia real entre el valor molinero y el valor panadero, ya que la industria harinera es la primera interesada en el valor panadero de las harinas que elabora.

### **2.5.1 Valor molinero**

En líneas generales los parámetros que influyen en el valor molinero son:

- Rendimiento, se expresa mediante el parámetro “ % de extracción”, que nos informa del porcentaje de harina que se ha extraído de un trigo. A mayor % de extracción mayor rendimiento.

- La facilidad de separación del endospermo de las envolturas que lo recubre. La separación al 100% es imposible, pero parámetros como; buen acondicionamiento del trigo, buen estado de los cilindros, etc..aumentan el % de extracción y por tanto disminuyen la cantidad de harina que se va con el salvado como subproducto.

### 2.5.2 Valor panadero

El valor panadero de un trigo para las mismas condiciones de fabricación se define por las características de la harina para obtener un pan óptimo.

Las características físicas de la masa, se caracterizan por el grado de elasticidad, de tenacidad y de suavidad de la masa. Como veremos más adelante estas propiedades se identifican a través de análisis reológicos y están directamente relacionadas con la variedad de trigo, valores como la proteína, la humedad, la cantidad de gluten,.... Influyen directamente en la harina que se extrae de estos trigos.

## **2.6 Variedades de Trigo.**

En la industria molinera se muelen el denominado trigo harinero, *Triticum aestivum*. Para este proyecto se han seleccionado diez variedades de trigo blando.

Todos los datos expuestos a continuación sobre cada variedad han sido extraídos de los estudios realizados por el GENVCE (Grupo evaluación de variedades de cereales en España).

### **1.- Arthur Nick**

Ciclo: Primavera

Morfología: Planta de porte medio. Espiga con presencia de barba color claro en la maduración. Grano color blanco.

Producción: Elevada capacidad de producción tanto en la zona Norte como en la zona Sur de España.

Calidad: Estable caracterizada por valores de fuerza medio a bajos y una relación P/L extensibles.

Recomendaciones de cultivo: Su ciclo se caracteriza por una fecha de espigado y de maduración precoz, lo que hace que tenga un buen

comportamiento, en comparación con otras variedades, cuando se produce estrés hídrico después de floración. Muestra una capacidad de ahijamiento y un peso del grano medios. Presenta una alta capacidad de producción y una buena adaptación a todas las zonas de cultivo. Se comporta como medianamente susceptible frente al oídio y a la septoria. En los ensayos realizados hasta el momento se ha comportado como resistente frente a la roya parda.

## **2.- Berdun**

Ciclo: Invierno

Morfología: Planta de altura baja. Espiga con ausencia de barba. Color del grano, rojo naranja.

Producción: Nivel productivo superior al de Marius basado en su gran capacidad de ahijamiento. Comportamiento irregular variando en función del año y de la zona de ensayo.

Calidad: Presenta calidad harinera variable en función del contenido de proteína del grano.

Recomendaciones de cultivo: Siembras desde mediados de Octubre hasta finales de Noviembre. Es un trigo mocho de talla baja, bastante resistente al encamado. Una aportación tardía de abono nitrogenado mejora su calidad panadera consiguiendo mayores valores de fuerza y de extensibilidad.

## **3.- Bokaro**

Ciclo: Invierno

Morfología: Planta de porte medio a bajo. Espiga con presencia de barbas, ausencia de vello en gluma y color a maduración claro. Grano color rojo.

Producción: Elevado potencial de producción. Buena adaptación a la mayoría de las zonas de cultivo, tanto en secanos áridos como en los húmedos.

Calidad: Proteína inferior a 15%, presentando niveles de fuerza medios a bajos y una relación P/L equilibrada a extensible.

Recomendaciones de cultivo: Su rasgo más destacable es su elevado potencial de producción y buena adaptación en zonas de cultivo de invierno. No presenta problemas de encamado debido a su talla media a baja.

#### **4.- Bologna**

Ciclo: Invierno

Morfología: Porte de altura media. Espiga con presencia de barba y grano rojo oscuro.

Producción: Media aproximadamente 5000 kg/ha en condiciones favorables.

Calidad: Interesante por su fuerza panadera elevada.

Recomendaciones de cultivo: Muestra mejor adaptación a los secanos húmedos fríos, que al resto de zonas. Es interesante su precocidad en el espigado y en la maduración.

#### **5.- Botticelli**

Ciclo: Invierno

Morfología: Porte al final del ahijamiento semipostrado, altura media. Espiga con presencia de barbas. Color del grano rojo.

Producción: Mejor adaptación en los regadíos y zonas templadas.

Calidad: Presenta peso en grano y peso específicos altos, por el contrario tiene % proteína bajos presentando valores de fuerza bajos y relación P/L variable. Grano de gran calibre.

Recomendaciones: Aunque es considerado un trigo de invierno, presenta ciclo corto. Presenta un elevado potencial de producción, con mejor adaptación a zonas templadas.

## **6.- Galera**

Ciclo: Primavera

Morfología: Presencia de barbas. Porte al final del ahijamiento semierecto. Color del grano blanco.

Producción: Muy buena adaptación en toda España especialmente en la zona Sur.

Calidad: Trigo con alto contenido en proteína, con valores de fuerza muy elevados y relación P/L equilibrada.

Recomendaciones: Susceptible ante el oídio y la septoria. Medianamente sensible al encamado. Capacidad de ahijamiento media a baja, por lo que se aconseja dosis de siembra un poco más altas de lo normal.

## **7.- Ingenio**

Ciclo: Invierno

Morfología: Porte al final del ahijamiento postrado. Presencia de barbas y ausencia de vello en la gluma. Grano color rojo. Aristado.

Producción: Producción significativamente mayor que Marius en todas las zonas agroclimáticas. Adaptación buena en todas las zonas agroclimáticas.

Calidad: Contenido en proteína medio, con elevado peso del grano. Su calidad harinera se caracteriza por unos valores de fuerza muy variables entre medios a altos y una relación P/L tenaz.

Recomendaciones: Medianamente resistente a oídio y a septoria, pero es susceptible a la roya parda.

### **8.- Isengrain**

Ciclo: Invierno

Morfología: Planta altura media, semipostrada al final del ahijamiento. Grano color rojo naranja.

Producción: Productividad muy elevada en todas las zonas especialmente en las de mayor potencial (secanos húmedos de alto potencial y regadíos).

Calidad: Interesante para la industria harinera principalmente con valores de proteína altos que es cuando presenta los mayores valores de W y la menor relación P/L.

Recomendaciones: Se recomienda para siembras desde mediados de Octubre hasta finales de Noviembre. Por su sensibilidad a la roya parda, se recomienda tratar con fungicidas específicos.

### **9.- Marius**

Ciclo: Invierno

Morfología: Espiga con ausencia de barbas y porte arqueado. Grano coloreado.

Producción: Productividad media.

Calidad: Es un trigo muy valorado en la industria harinera por su excepcional extensibilidad y equilibrio P/L.

Recomendaciones: Época de siembra durante mes Noviembre.

## **10.- Nogal**

Ciclo: medio Invierno

Morfología: Espiga con presencia de barbas y de vellosidad externa en gluma. Color grano rojo.

Producción: Buena adaptación a todas las zonas agroclimáticas, teniendo una mejor adaptación en regadíos.

Calidad: Elevado peso específico, contenido en proteína medio alto.

Recomendaciones: Trigo de tipo invernal, es conveniente evitar siembras precoces. Poco afectado por oídio y roya parda y sensible al encamado, siendo recomendable evitar abonados nitrogenados excesivos.



### **3 MOLIENTA DEL TRIGO**

---

#### **3.1 Limpiao y acondicionado del trigo**

El trigo llega a nuestras instalaciones a granel en camiones de aproximadamente 25000 kg de mercancía.

En piquera (zona de recepción de trigo) se realiza una toma de muestras con un brazo hidráulico a lo largo del camión. Estas muestras se pasan por el analizador de grano que nos los parámetros de Humedad, Proteína y peso específico:

- Si el análisis NO es conforme a los datos especificados en contrato, se paraliza el camión a la espera de una decisión, que puede ser desde reclasificar el trigo en otro silo de descarga hasta devolver el camión a su proveedor, todo ello tras una valoración de los parámetros que incumpla.

- Si el análisis es conforme, el trigo se manda a través de un transportador a la ante limpia.



**Foto 1\_ Camión descargando en piquera.**  
**Autora: Arjona, B**

### 3.1.1 Ante Limpia

El objetivo es eliminar parte de las impurezas que contiene el cereal, que podrían dañar nuestras instalaciones: atascar salida de los silos, acumulación de polvo y aumento del riesgo de explosión...

En la ante limpia la maquinaria que se utiliza principalmente es:

- Criba de tambor BUHLER MKZM: Limpieza a fondo de los granos reduce el desgaste de las máquinas posteriores. Separa de forma eficaz restos de paja, cordones de sacos, papel...consta de diferentes cribas, el producto que no atraviesa el tamiz se deriva a restos.

- Separadores: disponen de dos tamices uno con perforaciones gruesas y otro fina. Los tamices están inclinados para favorecer el avance del producto. El trigo entra en la máquina, en el primer tamiz quedan retenidas las impurezas de mayor tamaño que el trigo, en el siguiente tamiz queda retenido el cereal que avanzará hasta la salida.

- Balanza BUHLER Granex MSDT, es una balanza de tolva abierta automática, de totalización discontinua y sin revestimiento, con un flujo de 80 m<sup>3</sup>/h a 1600m<sup>3</sup>/h se utiliza para control de flujo, permite conocer la cantidad de trigo pre limpio que se va a almacenar y por diferencia con el peso de la báscula de entrada se puede determinar el % de impurezas.

- Imanes que eliminan las partículas metálicas evitando así la posibilidad de chispas que pueden provocar explosiones.

Al finalizar la ante limpia el trigo es almacenado en los silos.

### 3.1.2 Almacenamiento

Hasta el momento de ser utilizado en el proceso, el almacenamiento se realiza en silos hexagonales, cada uno con una capacidad de 300Tn.

Los trigos se clasifican en los silos por variedades y dentro de la misma variedad según la proteína obtenida en el análisis FOSS. Durante el almacenamiento se controla la temperatura de los silos.

### 3.1.3 Limpia

Antes de la fase de acondicionado el trigo de los silos hexagonales, pasa por la limpia con el objetivo de liberar al cereal de cualquier impureza. Las más frecuentes restos de materiales vegetales (semillas otros cultivos..), materias minerales (barro, polvo,...) u otras impurezas.

El total de impurezas oscila habitualmente entre 1-2 %.

El fundamento de este proceso es la separación por medio de diferentes técnicas:

- **Diferencia de tamaño:** Equipos formados por tamices que eliminan las partículas que son más grandes y más pequeñas que el tamaño del grano.

- **Diferencia de peso específico:** se realiza a través de sistemas de aspiración y separan las partículas que tienen el mismo volumen que el trigo pero diferente peso específico y no se han separado por diferencia de tamaño.

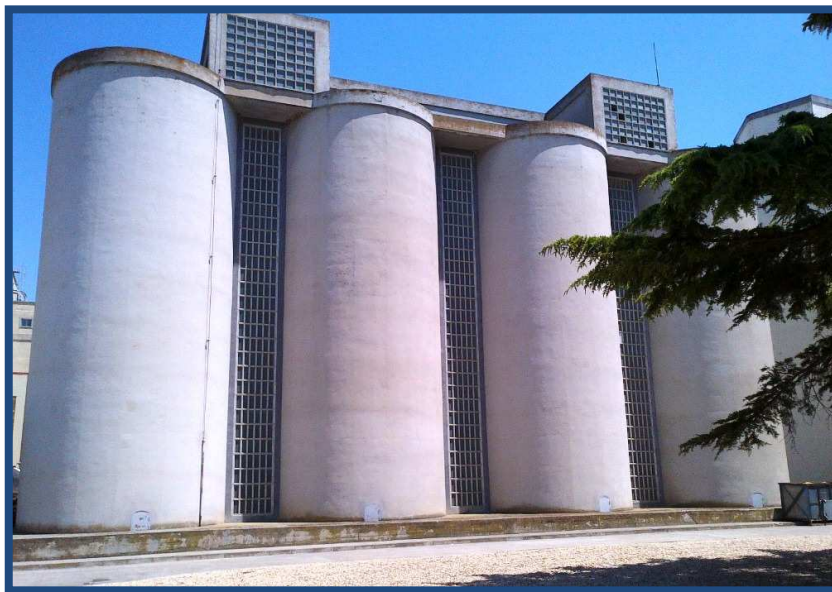
- **Eliminación de partículas metálicas:** a lo largo de todo el proceso se disponen imanes para evitar los efectos negativos que tendría que llegaran partes metálicas al proceso de molienda.

- **Rozamiento:** en la despuntadora se somete a los granos a una fricción entre ellos mismos y otra con el cilindro perforado del interior de la máquina con el objetivo de limpiar la superficie del cereal. Posteriormente se eliminan los restos que se han desprendido del grano.

### 3.1.4 Acondicionamiento

En esta fase se realiza la preparación física del grano para facilitar su posterior molienda.

En función de la humedad de entrada del grano, de la humedad exterior y de características del grano, se humecta con agua hasta alcanzar la humedad deseada. El trigo pasa a través de un silo y va incorporando el agua de manera uniforme. En este silo reposa entre 13 y 15h dependiendo de las características del trigo.



**Foto 2\_ Almacenamiento celdas mezclas. Autora: Arjona, B**

La humedad final del trigo es aproximadamente de 14-15% de manera que la cáscara sea lo suficientemente resistente y no agriete en la primera trituración y por otro lado se separe con facilidad.

Es muy importante esta fase, en la que se tiene por objetivo:

- Aumentar superficie del grano, con el hinchado del grano para una mejor trituración.
- Capas exteriores más flexibles y resistentes.
- Ahorro energético.
- Aumento de la extracción.

### **3.2 Molienda**

Molienda y molturación es la operación mediante la cual los granos de trigo son triturados y reducidos a partículas de diversos tamaños, separables entre sí por medios mecánicos (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).

En nuestro proceso la molturación del trigo se basa en la eliminación del salvado y del germen que por ser rico en lípidos, provoca que el producto se enrancie más rápidamente disminuyendo así su calidad. El objetivo es reducir la mayor cantidad de endospermo a harina fina, para conseguir la máxima extracción de harina blanca.

Las operaciones que se van a realizar a lo largo de la fase de molienda son:

#### **Trituración:**

Objetivo romper el grano y separar el endospermo del salvado, es importante separar el salvado sin dañar a este demasiado ya que si no produciremos muchas cenizas que se incorporaran a la harina.

Tenemos 4 trituraciones en nuestra fábrica siendo la primera la que rompe o abre el grano intacto. Una vez abierto se deben clasificar las partículas por tamaño mediante los cernederos y en función de las características de las partículas se enviarán a diferentes máquinas.

Las operaciones de trituración se realizan mediante molinos de cilindros estriados.

#### **Clasificación:**

Consiste en la separación de las partículas obtenidas en los molinos según su tamaño, para lo que se utilizan equipos con tamices.

Muy importante que la clasificación sea efectiva ya que partículas de tamaño semejantes seguirán el mismo tratamiento.

Según el tamaño de las partículas y de mayor a menor tamaño obtenemos en la clasificación: fractura gruesa, fractura fina, sémolas, semolinas y harinas. Los productos que atraviesan el tamiz se denominan “producto cernido” el producto que no pasa el tamiz se denomina “producto rechazado o colas” y es sacado del proceso.

Las operaciones de clasificación se realizan mediante los cernedores o planchisters.

### **Limpieza de sémolas y semolinas:**

Se clasifica según tamaño y peso específico de manera que a igual tamaño, partículas de igual tamaño son más densas las que poseen mayor proporción de endospermo.

En esta fase se obtienen los siguientes productos:

- Salvado volátil, la parte más ligera, se elimina por aspiración.
- Sémolas limpias, que son enviadas a las compresiones.
- Sémolas sucias, que son enviadas a desagregación para separar el salvado del endospermo.

La limpieza de sémolas y semolinas es realizada por los sasores.

### **Compresión:**

El objetivo es reducir el tamaño de las partículas hasta obtener harina.

En nuestro proceso tenemos posibilidad para realizar hasta 9 compresiones. A medida que avanzamos en el número de compresiones obtenemos:

- Menor cantidad de harina.
- Harina con mayor cantidad de cenizas.
- Harina con mayor % de almidón dañado.

Los molinos encargados de las compresiones poseen cilindros lisos.

**Desagregación:**

Consiste en liberar las sémolas sucias de las partes envolventes que llevan adheridas, obteniendo partículas de endospermos libres de salvado (sémolas limpias).

Esta operación se realiza con cilindros de estrías muy finas.

**Acabado del salvado:**

Extracción de las últimas partículas de harina que acompañan al salvado.

Operación realizada por las cepilladoras.

**Remolido del salvado:**

Se reduce el salvado mediante molinos con cilindros de estriado fino. El producto obtenido no se incorpora a la harina de calidad, se destina a subproducto.

**3.2.1 Diagrama de molienda**

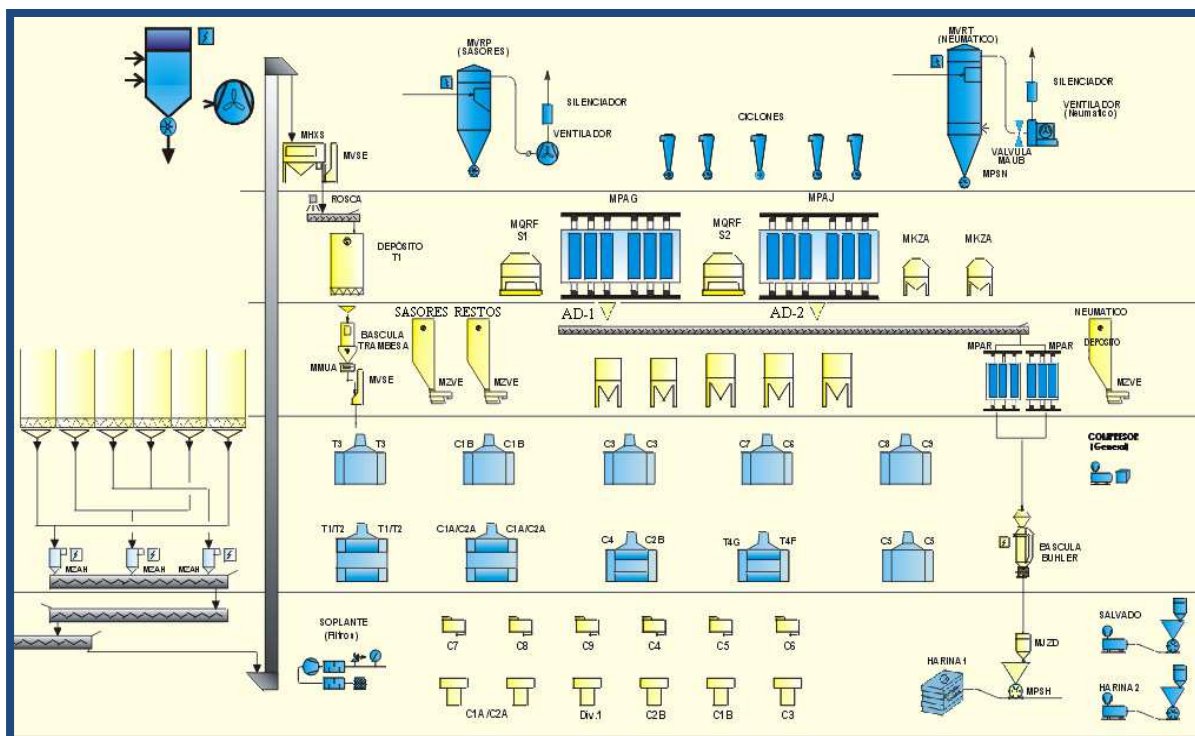
Los principios básicos del diagrama de nuestro proceso de molienda son:

- Una vez separados los productos limpios de los sucios nunca se volverán a mezclar.

- Todos los productos deben avanzar continuamente, nunca se envía un producto a una máquina por la que ya ha pasado.

- El salvado que se genera en cualquier parte del proceso se debe enviar lo más rápido posible a los silos por el camino más corto.

- Se agrupan los productos que pasan a las compresiones de forma que el tamaño sea lo más similar posible en las partículas que van a una misma compresión.



**Fig 4 Diagrama flujo. Autora: Arjona, B**

El diagrama de molienda en la que se realiza el proyecto tiene tres partes fundamentales, las trituraciones (4) acompañadas de las correspondientes calles de cernido, las compresiones (9), también con su correspondiente calle de cernido y las zona de sadores y máquinas auxiliares.

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

La molienda comienza con la trituration 1 (T1), por este molino pasa todo el trigo. En la T1 se abre el grano y se producen partículas de distintos tamaños que se clasifican en los cernedores:

- Fractura gruesa: > 1110 micras
- Sémola gruesa: 1110 – 525 micras



- Sémola fina: 525 – 290 micras
- Semolina: 290 – 150 micras
- Harina < 150 micras

A partir de la clasificación que se realiza en los cernedores el producto empieza a tomar diferentes caminos. En función del tamaño se envían a distinta máquinas:

- Fractura gruesa se envía a la segunda trituración T2 para seguir reduciendo el tamaño y seguir separando el endospermo.
- Sémolas gruesas se envían a los sasores para mejorar la clasificación en función de su suciedad. Sémolas sucias son las que llevan parte de salvado.
- Sémolas finas se envían también a los sasores para su clasificación.
- Semolinas que son bastante limpias se envían a una calle de cernedores con en los que solo hay telas de harinas, para separar toda la harina posible.
- Harina obtenida se manda a la rosca para llevarla a los silos.

La parte que se ha enviado 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 se envían a clasificación en los sasores.

La parte que ha ido a los sasores se clasifica por la pureza y se envía a las máquinas adecuadas:

- 1.- En el savor de sémolas gruesas, la parte más grande y más sucia se manda a una de las últimas triturasiones (T3 o T4); las partículas más pequeñas y limpias a la primera compresión para reducirlo a harina y en el caso de los productos intermedios, se envían a desagregaciones para seguir separando el endospermo del salvado.
- 2.- En el caso del savor de las sémolas finas, salen productos más pequeños los más sucios se envían a la compresión tercera

(compresión sucia) los más limpios a compresiones limpias en función de su tamaño a la primera o a la segunda compresión y los productos intermedios en función de lo sucios que estén a desagregación o a la segunda pasada de compresión.

El resto de trituraciones sigue el mismo principio de las T1 y T2, es decir reducir y separar el endospermo de la harina hasta que se tiene básicamente salvado que se manda a las cepilladoras que rascan el salvado tratando de mejorar el rendimiento.

Las compresiones limpias van reduciendo el tamaño, sacando la harina del diagrama y enviando los productos que no son harina a la siguiente compresión para seguir reduciendo.

En nuestro proceso de molturación se obtienen 14 fracciones de harina:

- T1, T2, T3 y T4: fracciones procedentes de trituración
- C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 y C9: fracciones procedentes de los molinos de compresión.
- ASP: fracción de harina recuperada en los circuitos de aspiración de los sasores.

Las diferentes vías que pueden seguir los productos obtenidos se reflejan en el siguiente esquema:

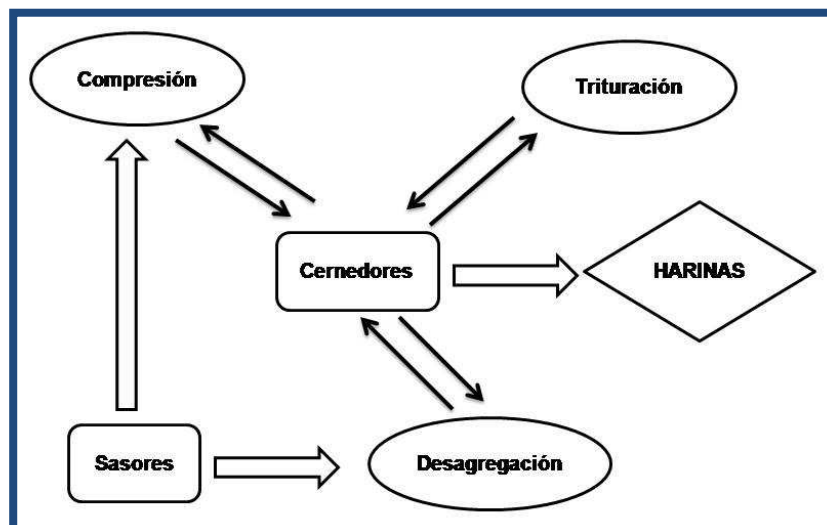


Fig 5\_Diferentes vías que siguen los productos. Autora: Arjona, B

Una vez descrita la secuencia de operaciones, se describen las máquinas utilizadas.

### **3.3 Maquinaria Molienda**

En nuestras instalaciones tenemos 3 fábricas, 2 dedicadas a la molturación de harina y 1 destinada a la producción de sémola.

En cada planta de molturación tenemos:

#### **3.3.1 Molinos BUHLER de rodillos.**

El efecto de molienda se consigue haciendo pasar el trigo a través de un par de cilindros que giran en sentidos opuestos y a diferentes velocidades.

Los molinos tienen su interior diferenciada en dos partes de trabajo, hay un par de cilindros en cada una que se puede utilizar para diferentes productos ya que tanto la entrada como la salida son independientes, por ejemplo podemos usar una parte para tritución con rodillos estriados y la otra para compresión con rodillos lisos.



**Foto 3\_ molinos. Autora: Arjona, B**

Las principales características de los molinos son:

- Robusto y estables para una buena absorción de las vibraciones producidas en la molienda.

- El sistema de alimentación reparte el producto homogéneamente a lo largo de los cilindros y se adapta automáticamente a la cantidad de producto que tiene que molturar.

- Alto rendimiento

- Toda la planta de molinos esta automatizada.

Las partes más importantes de los molinos son:

1.- En la entrada se emplean cilindros de vidrio para poder observar con nitidez la entrada de producto y detectar al instante cualquier incidencia, por ejemplo un atasco o que no llegue el producto a un molino, etc...

2.- Es importante conseguir una adecuada alimentación de los cilindros de molienda para ello tenemos que asegurar que el producto les llegue de forma fluida y regular teniendo la capa de producto el mismo grosor en toda la longitud de la zona de trabajo para ellos el sistema de automatización adapta y ajusta el sistema de alimentación en función de la circunstancia.

3.- Los cilindros trabajan en parejas y gira uno a mayor velocidad que otro de este modo las partículas son sometidas a dos efectos, de compresión y de cizalla. Si ambos cilindros girasen a la misma velocidad solo conseguiríamos aplastar el grano, no romperlo.

En el caso de los cilindros estriados (trituration) por cada vuelta del cilindro lento el rápido da dos vueltas y media, en los cilindros lisos (compresión) es de una vuelta y un cuarto por cada vuelta del lento.

### 3.3.2 Cernedores o Planchister

Clasifican las partículas que les llegan de los molinos en función de su tamaño utilizando tamices de diferentes diámetros.

En igualdad de condiciones, la cantidad de producto cernido aumenta cuando:

- Aumenta el tiempo de cernido
- Se reduce la cantidad de producto en el tamiz
- El movimiento es más enérgico

Están formados por un armazón de chapa de acero con seis calles de tamices, cada calle compuesta por una fila de tamices superpuestos.

El funcionamiento simula al que realizamos con un tamiz de mano, es decir, se le imprime movimiento que consigue que el producto de menor tamaño que la apertura del tamiz que atraviese, siendo rechazado el producto de un tamaño superior.

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

El producto que atraviesa el primer grupo de tamices sigue 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 el proceso de molienda.



Foto 4\_Planchister. Autora: Arjona, B

### 3.3.3 Sasores

Realiza la clasificación de las sémolas y semolinas procedentes de la trituración, separando las partículas de salvado para obtener un producto con bajo contenido en cenizas, clasificado y limpio dentro de lo posible.

La clasificación del producto se realiza en función del tamaño mediante tamices y en por diferencia de peso específico mediante una corriente de aire.

El sasor consta de una carcasa externa en cuyo interior tiene tres tamices ligeramente inclinados para favorecer el avance del producto.



Foto 5\_SasorBuhler. Autora: Arjona, B

En función de la velocidad del aire se produce la siguiente clasificación:

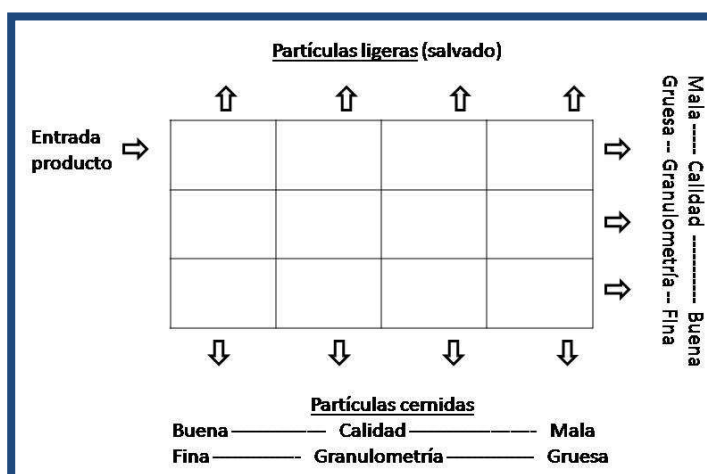


Fig 6\_ Clasificación Tipo de un Sasor. Autora: Arjona, B

- Partículas más densas: vencen la resistencia del aire, atraviesan el tamiz en función de su tamaño y densidad.

- Partículas menos densas: avanzan en suspensión a lo largo del tamiz y son rechazadas. Las partículas rechazadas las más sucias y 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.

### 3.3.4 Cepilladoras

Es una máquina auxiliar, su función es separar las partículas de harina adheridas al salvado.

Conseguimos mediante las cepilladoras recuperar una harina que aunque contendrá más cenizas que el resto de harina es perfectamente panificable y aumenta el rendimiento de la molienda.



**Foto 6\_Cepilladoras en serie. Autora: Arjona, B**

El principio de funcionamiento consiste en el movimiento y rozamiento de las partículas para conseguir que se desprendan la parte del endospermo que llevan adheridas. La harina obtenida atravesará el tamiz y se recoge en la salida correspondiente, mientras que las de salvado avanzan hasta el final del tamiz para salir como subproducto.

### **3.4 Cambios en la molienda: del Trigo a la Harina.**

Todo el proceso productivo descrito en este capítulo ha descrito el proceso desde la entrada del trigo hasta la obtención de la harina. Es un tratamiento progresivo y gradual que transforma el trigo hasta el producto final, la harina.

Es un proceso mecánico en el que no existen tratamientos químicos ni de calor, pueden provocarse cambios en la composición del producto final con respecto a la materia prima debido a:

- La concentración de nutrientes en el grano no es uniforme y en el proceso se da una separación y eliminación de partes del grano, de manera que el producto final, corresponde únicamente a una fracción del grano.

- Cambios en el almidón ya que se produce una rotura mecánica de los gránulos, lo que conlleva:

- Si la rotura es excesiva será mucho más fácil de atacar por las amilasas con lo que se obtendrá un mayor porcentaje de azúcares sencillos. En el proceso de panificación, las levaduras tendrán mucho alimento disponible, por lo que la fermentación empezará más rápido y fuerte, incrementando el riesgo de que la estructura del gluten no sea capaz de aguantar el empuje del anhídrido carbónico formado y se obtenga un pan con poco volumen y deficiente en textura de miga.

- Si por el contrario el almidón casi no se ha dañado, en el proceso de panificación la fermentación tardará demasiado en comenzar, lo que implica que en ocasiones se tenga que añadir algún aditivo para mitigar este efecto (harina de malta por ejemplo).

- Un % de almidón dañado óptimo está entre un 8 y 10%.



En la siguiente tabla puede observarse la variación numérica de componentes entre trigo (trigo tipo 12 % proteína) y harina (harina tipo 75% extracción).

<b>Componente</b>	<b>Trigo (%)</b>	<b>Harina (%)</b>
<b>Agua</b>	8-14	15
<b>Almidón</b>	60-66	71.5
<b>Proteínas</b>	12	11.2
<b>Lípidos</b>	1.5-2	0.6
<b>Fibra</b>	2-2.5	0.1
<b>Minerales</b>	1.5-2	0.4

**Tabla 2\_ Composición Trigo vs Harina.**

## 4 LA HARINA

---

### 4.1 Definición, Características y Legislación.

Se entiende 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, *Triticumaestivum* mezcla de este con *Triticumdurum*, 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 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.

## **4.2 Composición de la harina.**

Los compuestos químicos que componen la harina son los mismos que los del trigo, pero con modificaciones porcentuales debido a la eliminación de parte de ellos en el proceso de molienda. Cualitativamente, en orden de importancia y de modo amplió sin especificar tipos ni tasas de extracción, la composición (en porcentaje) de la harina de trigo es la siguiente:

### **Proteína 9-13%**

Formadas por uniones de aminoácidos, su contenido varía en función de las distintas variedades de trigo, de las condiciones ambientales durante su crecimiento y de las características del suelo en el que se ha cultivado.

La proteína determina de manera directa entre otros factores, la consistencia de la masa y el volumen y estructura de los panes cocidos.

Las proteínas con adicción de agua y la acción mecánica del amasado, forman una malla más o menos rígida y más o menos extensible que denominamos gluten. El gluten será el encargado de retener el gas carbónico producido por la levadura cediendo al impulso de dicho gas, tiene características de elasticidad, tenacidad y extensibilidad.

Diferenciamos en la harina de trigo dos tipos de proteínas:

- La albúmina y la globulina que se disuelven en el agua durante el amasado. Su función principal es servir de alimento a las levaduras.
- Las proteínas insolubles en agua, las hallamos en el endospermo del grano de trigo como hemos detallado en el apartado correspondiente son dos, la gliadina que confiere la extensibilidad al gluten provocando un aumento del volumen de los pastones y la glutenina encargada de conferir la tenacidad al gluten esta tenacidad se traduce en una retención por parte de los pastones de los gases producidos en la fermentación.

La relación entre la cantidad de gliadina y de glutenina es un parámetro básico para conseguir un pan de calidad. Esta relación, en términos alveográficos se denomina equilibrio o relación P/L.

Las proteínas son las encargadas, junto con el almidón de absorber el agua en el amasado, por tanto una harina fuerte con más proteínas admite más agua en el amasado que una harina floja, es decir, con menos cantidad de proteína.

La cantidad de proteína determina el comportamiento de la masa en el amasado, si la proteína es inferior al 9% se considera que la harina no es apta para la panificación.

El tiempo de amasado necesario para afinar en el amasado aumenta proporcionalmente al porcentaje de proteína, por lo que una harina floja necesitará menos minutos de amasado hasta alcanzar el punto óptimo.

Cuando observamos un alveograma, es un error ver sólo la cantidad de proteína, es igual de importante la calidad de la misma, así como su relación y equilibrio.

Un gluten de mala calidad no tendrá la capacidad de retener el gas carbónico y un gluten demasiado tenaz no tendrá la capacidad de expandirse ni crecer durante la fermentación.

### **Almidón 67 – 72%**

Es el componente de mayor % en la harina de trigo. Es un polímero formado por varias subunidades de glucosa, se distinguen dos tipos la amilosa y la amilopectina.

Ya hemos descrito el almidón del trigo por lo que me centraré en este apartado en la influencia del almidón en el proceso de panificación.

Posee dos propiedades que tienen un papel fundamental en los procesos de panificación:

- Su absorción de agua en el amasado es de aproximadamente dos veces su peso en agua. La capacidad de absorción dependerá en gran medida del % de almidón dañado durante la molturación.

- Su capacidad de gelatinización, consiste en el hinchamiento de los gránulos de almidón al aumentar la temperatura de la masa en presencia de agua; esta reacción se produce durante la cocción del pan. La gelatinización tiene lugar entre los 55°C y los 75°C y durante ella la masa se transforma en miga. A los 90°C el proceso de gelatinización finaliza y por tanto la cocción del pan, la miga estará totalmente formada y comienza entonces el enfriamiento de la miga, el proceso de enfriamiento recibe el nombre de gelificación del almidón.

El almidón es un azúcar que en el momento de la fermentación no puede ser atacado directamente por la levadura ya que esta necesita una actividad

enzimática previa. Estas enzimas degradan el almidón a maltosa y dextrinas, esta degradación hace posible la fermentación.

### **Azúcares 2-3%**

Son azúcares simples. La levadura, con sus propios enzimas, puede transformarlos directamente en azúcares fermentables, y posteriormente en anhídrido carbónico.

Los dos azúcares simples de la harina son la maltosa y la sacarosa. La levadura, por medio de la enzima maltasa, transforma la maltosa en glucosa, y por otra parte, la invertasa transforma la sacarosa en glucosa y fructosa.

Esta reacción posibilita el inicio de la fermentación en el momento de incorporar la levadura al amasado.

### **Enzimas amilásicos**

Son moléculas con una estructura parecida a la de las proteínas y que actúan como catalizadores, es decir, facilitan y aceleran reacciones que sin su participación se producirían de forma más lenta.

Las enzimas posibilitan, junto a los azúcares simples, y gracias a la acción de la levadura, la fermentación de la masa.

Las **amilasas**, divididas en alfa y beta son las encargadas de transformar el almidón en azúcares simples. Su actividad está directamente relacionada con la cantidad de almidón dañado, ya que solamente actúan sobre éste y no sobre el gránulo de almidón entero.

Las **proteasas** son enzimas presentes en la harina normalmente en pequeña proporción y su acción no es deseable en procesos de panificación. Degradan las proteínas de la harina en aminoácidos lo que se traduce en una menor capacidad de retención gaseosa y en un aumento de la extensibilidad de la masa. Cuando la proteína se encuentra en forma de aminoácido no puede

formar estructura. Su efecto es más significativo en procesos largos de fermentación. Un uso posible para una harina con alto contenido en proteasas sería la galletería donde el proceso requiere extensibilidad pero no volumen.

La cantidad de enzimas en la harina viene determinada por el estado fisiológico del grano de trigo durante su crecimiento y recolección y directamente ligado al grado de germinación del trigo o a enfermedades propias de éste, producidas principalmente por el ataque de insectos.

Las proteasas son enzimas utilizadas básicamente en harinas destinadas a procesos de galletería.

### **Grasas 1-2%**

En el grano de trigo se localizan principalmente en el germen, razón por la cual su presencia en la harina ya molturada y destinada a panificación es escasa.

Un exceso de grasas (germen) en la harina tendría un efecto positivo sobre el valor nutritivo de ésta pero limitaría claramente su conservación provocando enranciamiento.

### **Cenizas y sales minerales 0.3-0.5%**

Su porcentaje aumenta proporcionalmente con el índice de extracción. Cuanto más elevado es el índice de extracción, mayor es el contenido en cenizas y sales minerales ya que la proporción de capas periféricas constituyentes del trigo es mayor.

Sirven de alimento a las levaduras, si el porcentaje de cenizas es elevado tienen un efecto negativo sobre las proteínas y consecuentemente sobre el gluten de la masa.

### **Humedad 15%**

La reglamentación establece un contenido máximo de agua en la harina del 15%.

Los problemas derivados de un exceso de humedad en la harina, derivan en un menor tiempo de conservación, debido a: un mayor crecimiento bacteriano y fúngico, mayor enranciamiento, aumento de la temperatura, aparición de grumos.

### **Vitaminas 0.3%**

Su contenido está directamente ligado al contenido en proteínas. Pertenecen al grupo B y están básicamente concentradas en el germen del trigo, con lo cual su proporción es escasa en la harina de panificación.

## **4.3 Calidad de la harina.**

Para evaluar la calidad de una harina, se debe evaluar sus características para poder predecir, en lo posible, su comportamiento durante los diferentes procesos de panificación, incluido la fermentación y la cocción como dos fases fundamentales en las que la harina va a expresar todas sus cualidades.

La multitud de procesos de panificación, métodos de amasado, métodos de panificación, renovación de maquinaria, etc... hace imprescindible definir unas características de calidad.

Definimos calidad en el ámbito panadero a la capacidad que tiene una harina para producir un pan con sabor y aroma agradable, con buen valor nutritivo y de buen aspecto, estas características están directamente relacionadas con la calidad de los trigos que la componen.

Centrando en valores objetivos los parámetros de calidad que una harina debe poseer tenemos:



### **Fuerza**

Definida como la capacidad que tiene para producir un pan con volumen y con buena relación peso-tamaño.

### **Tolerancia a la fermentación**

Entendida como la capacidad de una harina para soportar un tiempo de fermentación superior al óptimo sin restarle a la masa las propiedades de retención gaseosa necesarias para dar un buen pan con volumen y comestibilidad aceptables.

### **Actividad amilásica**

La capacidad de la harina para producir azúcares suficientes para el consumo de la levadura, esta capacidad se resume en los siguientes factores:

- Cantidad de azúcares fermentables en la harina
- Capacidad enzimática de la harina necesaria para transformar azúcares compuestos en asimilables
- Grado de almidón dañado en la molturación

### **Equilibrio**

Un buen equilibrio entre las proteínas que le confieren tenacidad o extensibilidad a la harina.

## **4.4 Tipificación de la harina.**

En España la clasificación de las harinas se realiza en función de los resultados obtenidos en el análisis alveográfico.

Con el método del alveógrafo de Chopin (descrito en el apartado “Material y métodos”) se obtienen los siguientes índices:

- Valor P. Expresa la tenacidad y mide la resistencia que opone la masa a la rotura. Se representa por la altura de la curva expresada en mm:

> 60                      Muy Tenaz

50 a 60	Tenaz
35 a 50	Normal
25 a 35	Limitada tenacidad
< 25	Baja tenacidad

- Valor L. Expresa la extensibilidad y mide la capacidad de la masa para ser estirada, indicando su elasticidad. Se representa por la longitud de la abscisa o base de la gráfica.

> 115	Muy extensible
90 a 115	Buena extensibilidad
90 a 70	Débil o limitada extensibilidad
< 50	Baja extensibilidad

- Valor P/L. Indica el equilibrio y es la relación entre la tenacidad y la extensibilidad.

1,5 a 2	para trigos mejorantes
0,8 a 1,5	para trigos de elevada fuerza
0,6 a 0,8	para trigos de fuerza
0,4 a 0,6	para trigos de media fuerza
0,3 a 0,4	para trigos flojos

- Valor W. Expresa la fuerza panadera y nos indica el trabajo necesario para deformar una lámina de masa empujada por el aire. Se representa por la superficie de la curva de la curva del alveograma.

> 380	Fuertes o mejorantes
250 a 380	Gran fuerza
150 a 250	Media fuerza
90 a 150	Flojas
< 90	Muy flojas

#### **4.5 Determinaciones experimentales.**

Para determinar las cualidades de una harina, se dispone de la posibilidad de realizar pruebas en el laboratorio y la panadería que indicarán la calidad y servirán para clasificar las harinas.

Los métodos empleados para determinar las características de cada harina se describen en su correspondiente capítulo “Material y Métodos”.

## **5 PANIFICACIÓN**

---

Nuestro objetivo es el diseño de tres harinas una para cada tipo de proceso de panificación:

- Proceso pan artesanal
- Proceso pan de molde
- Proceso pan pre-cocido

Cada proceso requiere características concretas por ello se necesitan harinas que se adapten a sus procesos industriales y que sean lo más estables en su composición posible.

La harina es la materia prima principal de estas industrias, que solicitan harinas que se adapten lo máximo posible sin tener que variar su proceso productivo.

### **5.1 Ingredientes.**

Además de la harina existen tres ingredientes comunes a los tres procesos de producción de pan:

- Agua
- Sal
- Levadura

#### **5.1.1 Agua**

Todo proceso de panificación comienza con la incorporación del agua a la amasadora. Este es el punto de partida de una sucesión de reacciones que transformarán todos los componentes en una masa panaria.

El agua hidrata todos los componentes y va desapareciendo a medida que se va formando la masa.

La presencia del agua activa las enzimas de la harina y de la levadura, ya que ambas necesitan un medio húmedo para desarrollarse.

La temperatura ideal de la masa debe ser entre 20-25 grados dependiendo del proceso al que se vaya a someter a la masa. La temperatura ideal para el desarrollo de la levadura en el interior de la masa panaria es 24-25°C.

### **Efectos sobre la calidad del pan:**

Masa más hidratadas generalmente dan panes más desarrollados, con mayor volumen. Si las condiciones de cocción son idénticas, la corteza es más fina, con más color y permeable. La miga de pan es más flexible y húmeda y por tanto con más sabor.

Es el regulador de la temperatura final de la masa, es el ingrediente usado para aumentar o disminuir la temperatura final del amasado.

Masas con exceso de temperatura mostraran una mayor consistencia aparente.

Cuando el amasado se produce en ambientes con muchos calor, parte del agua se incorpora en estado semisólido, en forma de escarcha de hielo, para contra restar los grados del ambiente.

### **5.1.2 Sal**

La dosis habitual oscila entre 15 y 25gr por kilo de harina o entre 30 y 40gr por litro de agua.

Refuerza los enlaces glutínicos (enlaces entre proteínas insolubles de la harina que conforman la red de gluten), aportando una mejor retención gaseosa durante la fermentación y una mejor manejabilidad durante todo el proceso.

Una masa sin sal tendrá: amasado corto y rápido, la masa pegajosa al tacto y debilitamiento de la masa durante el proceso de panificación.

Tiene un importante papel en el sabor, ya que armoniza el conjunto de sabores aportados por el resto de ingredientes del amasado y desarrollados durante la fermentación y la cocción.

### 5.1.3 Levadura

Compuesta por millones de seres vivos unicelulares clasificados dentro del género *Sacaromicetos* y cuya especie es la *cerevisiae*.

La reproducción de las células de levadura se produce por gemación siempre que el medio sea favorable durante la fermentación panaria.

Las células de levadura transforman el azúcar (fructosa y glucosa) en anhídrido carbónico y alcohol (fermentación alcohólica).

Se utiliza prensada, son tacos de levaduras frescas color crema y aspecto semi húmedo y compacto. Está cubierta con un fino papel para evitar el contacto con el oxígeno del aire. Su conservación es de aproximadamente 15 días.

Su función principal es la de producir gas carbónico que provoca un esponjamiento y aumento de volumen de la masa. Durante el proceso de panificación, provoca además, la maduración y acondicionamiento de la masa; el gluten se contrae adquiriendo tenacidad y elasticidad y perdiendo extensibilidad.

Otra función básica de la levadura es la producción de aromas que aumentarán y matizarán el sabor del pan.

La incorporación se realizará en un tiempo concreto dependiendo del tiempo de amasado, se aporta desmenuzándola con las manos.

## 5.2 Proceso General Panificación.

Se describe a continuación las partes comunes a todo proceso productivo de masa panaria, posteriormente se describirá cada uno de los tres procesos que forman parte de este proyecto.

### 5.2.1 Amasado

Antes de empezar a amasar todos los ingredientes deben estar pesados.

El agua se incorpora desde un recipiente calibrado. Como hemos comentado es muy importante controlar la temperatura del agua que condicionará la temperatura final de la masa.

Las funciones del amasado son:

- Mezclar y homogeneizar los ingredientes hasta transformarlos en una masa con características definidas.

- Formación y desarrollo del gluten gracias a la acción mecánica de la amasadora que posibilita la unión intra molecular de las proteínas insolubles de la harina (gliadina y glutenina).

- El oxígeno que captura la masa durante el amasado posibilita una serie de procesos de oxidación que dotan al gluten de una tenacidad, elasticidad y extensibilidad de gran importancia en el proceso de elaboración. El oxígeno queda retenido en forma de pequeñas burbujas de aire que posteriormente dan lugar al alveolado del pan, cuyas características van a depender en gran medida de la fase de amasado.

Las características físicas que se identifican en una masa son:

**Consistencia.** Determinada por el porcentaje de agua añadida a la masa durante el amasado y por la duración del mismo. Se mide de forma subjetiva tocando la masa y presionándola con los dedos.

**Relajamiento.** Es el comportamiento físico de la masa después de sufrir una acción mecánica (amasado, división) o manual (boleado, formado), y pasados unos minutos.

Aumenta proporcionalmente con la consistencia.

Factores que provocan un mayor relajamiento de la masa son: amasado intensivo y prolongado, hidrataciones altas de la masa, harinas con proteína bajas, temperaturas frías de la masa, poca cantidad de levadura y masas poco fermentadas.

**Extensibilidad.** Es la capacidad de la masa para dejarse ser estirada y moldear sin presentar desgarros.

Todas las masas deben tener cierta extensibilidad para poder soportar las operaciones propias del proceso de elaboración y ceder al impulso gaseoso de la fermentación y al posterior desarrollo del pan durante los primeros minutos de la cocción.

**Elasticidad.** Capacidad de la masa para retornar a su forma inicial después de una deformación.

La elasticidad se observa claramente al intentar estirar una barra inmediatamente después del formado y ver como esta se encoge. Expresa el comportamiento de las masas durante la fermentación y la cocción.

**Tenacidad.** Es la fuerza que hay que aplicar a una masa para deformarla está directamente determinada por el contenido en proteína, la adición o no de ácido ascórbico.

La relación entre tenacidad y extensibilidad en una masa es determinante para la obtención de buenos resultados panificables.

**Fuerza.** Término muy subjetivo se podría denominar “fuerza panadera” y definirla como el conjunto de características físicas que contribuyen a obtener



un buen amasado, una óptima manipulación y formado y una buena fermentación y desarrollo del pan en el horno, todo ello tiene como resultado un pan de óptima calidad.

### 5.2.2 Reposo masa

Se denomina reposo al tiempo que transcurre entre el momento que acaba el amasado y se realiza la división.

En este reposo se produce la fermentación alcohólica en el interior de la masa y con ella la formación de aromas naturales que junto con los creados durante la fermentación final, van a dotar al pan de un sabor, aroma y conservación excelente.

El reposo en bloque es fundamental para asegurar un buen comportamiento de la masa durante las siguientes fases del proceso.

Tanto un defecto como un exceso pueden resultar negativos.

Poco tiempo de reposo: conlleva masas sin fuerza, extensibles y pegajosas al tacto. La acidez desarrollada es escasa y los panes serán insulsos, planos, con poco volumen y con el greñado (corte) ciego.



**Foto 7\_ Masas en reposo en bloque. Autora: Arjona, B.**

Un exceso de reposo en bloque aporta excesiva tenacidad a las masas en la cocción los cortes del pan se juntaran, las barras se desgarraran y tendrán un volumen inferior al deseado.

### 5.2.3 División.

Dividir las masas ya reposados en porciones más pequeñas, según el peso establecido.

El peso en masa es aproximadamente un 20% superior al peso de la pieza cocida.

### 5.2.4 Boleado.

Para preparar la masa para la siguiente etapa del proceso de panificación se realiza el boleado que consiste en dar forma de bola a la masa previamente dividida.

El objetivo principal es el de dar fuerza al trozo de masa, tras el boleado el gluten se reorganiza, optimizando la retención gaseosa.



**Foto 8\_ División y boleado manual.**

**Autora: Arjona, B.**

Hay que prestar especial atención en no bolear en exceso una masa que ya ha fermentado durante el proceso de reposos, un exceso de fuerza se vería reflejado en dificultades para formar el pan.

### 5.2.5 Reposo en pieza

Reposo de las piezas desde su boleado hasta su formado.

El objetivo es que la masa se relaje tras el boleado, con un reposo de 10-15 minutos la masa vuelve a adquirir la elasticidad necesaria para poder formarla

### 5.2.6 Formado

Tiene como objetivo dar forma a la porción de masa antes de la fermentación.

Cada masa tiene sus proceso e intensidad de formado.

El formado será más intenso en masas más extensibles y sin fuerza para corregir la falta de fuerza.

### 5.2.7 Fermentación

Se denomina fermentación a la transformación de azúcares en gas carbónico, ácido y alcohol etílico llevada a cabo por levaduras del género *Saccharomy cescerevisiae* y por bacterias fermentativas, principalmente lácticas y acéticas.

En nuestros términos es el tiempo que pasa entre el formado de las piezas y la cocción del pan, aunque la fermentación como tal comienza en el momento que se incorpora la levadura al amasado.

Es la etapa de la panificación con mayor influencia sobre el sabor y el aroma del pan.

### **Proceso**

Las levaduras captan el oxígeno no captado en el amasado y comienza la descomposición enzimática de los azúcares contenidos por naturaleza en la harina.

Primero son transformados los azúcares simples (glucosa y fructosa) y seguidamente los complejos (sacarosa y maltosa) transformados por la invertasa y maltasa en azúcares simples.

Finalmente, un complejo formado por aproximadamente catorce enzimas, llamado complejo zimasa, transforma la fructosa y la glucosa en anhídrido carbónico y alcohol etílico. A la par se producen ácidos orgánicos responsables en gran parte de las características aromáticas y gustativas del pan.

El anhídrido carbónico queda atrapado en la red de gluten ,es el encargado de dar volumen a la masa.

El alcohol influye directamente en la tenacidad del gluten que se verá reforzada.

#### 5.2.8 Corte

A la acción de realizar cortes en las masas ya fermentadas se le denomina “greñar” y al corte en sí “greña”, se realiza antes de meter el pan en el horno.

La greña se realiza con una cuchilla de afeitar soldada en un soporte.

El objetivo de la greña es facilitar la salida de gas carbónico del interior de la masa en los primeros minutos de cocción.

Si no se realiza la greña, la masa encontrara el punto de debilidad en las zonas de ligazón que se han creado en el formado y greñará por esas zonas.

Entre hacer la greña y meter el pan al horno debe transcurrir el menor tiempo posible, ya que si no el pan muestra un menor desarrollo y una greña poco marcada y un menor volumen.

### 5.2.9 Cocción

Última fase del proceso de panificación, es una etapa clave ya que de una buena cocción obtendremos un pan con un conjunto de cualidades organolépticas que definen la calidad final de la pieza.

En la cocción se transforma la masa fermentada en pan y lo convierte en digerible por el cuerpo humano.

Tras meter el pan en el horno se inyecta inmediatamente vapor de agua, que tiene por objeto enfriar y humedecer la superficie, retardando su secado y deshidratación que se darían en condiciones de ausencia de vapor y aumento de temperatura. La superficie de la masa gracias a la humedad tiene la flexibilidad necesaria para ceder al empuje del gas carbónico que se produce en los primeros minutos de cocción.

La masa en el horno sufre una serie de reacciones físicas y químicas que desembocan en la formación del pan.

Cuando deja de migrar agua del interior al exterior se empieza a formar la corteza. Durante la cocción la corteza pierde cada vez más humedad aumentando su secado y su dureza que está relacionada con la coagulación del gluten contenido por la masa.

La temperatura de la corteza al finalizar la cocción puede llegar a alcanzar los 220°C con una humedad alrededor de 5%.

Formación de la miga por la transformación que sufre el almidón que se hincha debido a un aumento de la temperatura, esta transformación recibe el nombre de gelatinización y comienza a producirse en el interior de la masa a partir de 55°C. A esta temperatura el almidón comienza a hincharse, aumenta de volumen ayudado por el gas carbónico al dilatarse, estamos en este punto en la fase de formación del alveolado de la miga.

Cuando la temperatura llega a los 85°C, el almidón pasa definitivamente del estado semilíquido al estado sólido propio de la miga ya formada.

En el horno el desarrollo del pan viene determinado por los siguientes factores:

- Cantidad y calidad del gluten que tiene que aguantar la expansión y a la vez ceder ante el empuje gaseoso.
- Cantidad de levadura
- Cantidad de enzimas amilásicos
- Porcentaje de almidón dañado durante la molturación.
- Cantidad de amilosa y azúcares reductores
- Composición de la masa: adición de azúcares y grasas
- Volumen de la masa en el momento de la cocción
- Temperatura alta del horno al inicio de la cocción
- Cantidad de vapor de agua

Durante la cocción, temperatura y tiempo se deben ajustar para cada proceso según el producto. Tiempo y temperatura van directamente ligados y normalmente a mayor temperatura menor tiempo de cocción.

#### 5.2.10 Enfriado y conservación

Una vez fuera del horno el pan se produce la migración de agua, alcohol y gas carbónico del interior del pan hacia el exterior, a través de la corteza. Parte de esa agua exhalada por la miga queda atrapada por la corteza en forma de humedad, esto explica el ablandamiento de la corteza a medida que el pan va enfriando.

Denominamos “resudado” al proceso en el que la temperatura del pan disminuye hasta igualarse con la temperatura ambiente. Aproximadamente el pan pierde por evaporación entre un 1 y un 3% de su peso durante el enfriado.

### **5.3 Proceso productivo PAN de MOLDE**

La primera harina a diseñar será la materia prima de una importante empresa de panificación de pan de molde por volumen de producción y ventas.

Este tipo de pan requiere una formulación y unas condiciones en el proceso que distan en varios puntos del pan común.

Una característica muy importante en este tipo de panes es su buena conservación para el consumo durante varios días.

Es muy importante el diseño de una harina, en este proceso a priori se necesitará una harina de fuerza, poco extensible y lo más exenta posible de actividad proteolítica para que resista todo el proceso.

Los puntos más representativos del proceso productivo de la empresa que nos encarga el diseño son:

#### **Recepción harina**

Llega en camiones cisternas y se descarga directamente en los silos previamente limpiados y desinfectados, desde los cuales se dispensará automáticamente a las dosificadoras y de ahí a las amasadoras.

#### **Mezclado - Amasado**

Los ingredientes que se inyectan a las amasadoras para que se mezclen son; harina, levadura, agua, azúcar, sal, mantequilla, leche en polvo y aditivos, todo ello ha de figurar en el etiquetado y especificado en la legislación vigente.

Las amasadoras utilizadas son de alta velocidad con una producción de 1000 kg/h, es muy importante evitar la gasificación de las masas que provocará merma de peso en las piezas.



Fig 7\_Fases proceso productivo pan de molde. Autora: Arjona, B

### **División**

Se realiza en dos etapas. La primera que se da una división y pesado de una gran masa y posteriormente una subdivisión volumétrica.

### **Boleado**

Se realiza con sistema de bandas giratorio, es muy importante que la cantidad de harina en el espolvoreo sea la menor posible.

### **Reposo**

Las bolas de masa permanecen en la cámara de reposo entre 10 y 20 minutos.

### **Formado**

Tras el reposo las bolas de masa han de pasar por los rodillos de pre laminado y por el detector de bolas dobles.



## **Moldeado**

Del formado las masas se depositan automáticamente en los moldes previamente impregnados con desmoldeante.

## **Fermentación**

Los moldes se introducen abiertos en las cámaras de fermentación tipo carrusel donde están entre 25 y 40 minutos en función del tamaño del molde, de la temperatura y de la humedad interior.

## **Cocción**

Tras la fermentación se introducen los moldes en el horno continuo de cinta de red, el horno aproximadamente tiene 30 metros de longitud y 2,5 metros de anchura.

## **Desmoldeado y enfriamiento**

A la salida del horno se pasan por la desmoldeadora, provista de un sistema de ventosas que aspiran y levantan los panes y los depositan sobre la cinta que los lleva a la cámara de enfriamiento donde en un primer momento se reduce la temperatura hasta unos 50°C y posteriormente se enfrían hasta unos 28°C aproximadamente.

## **Cortado y envasado**

Ya frías las piezas llegan a la sala de corte y envasado, dicha sala debe estar a unos 21°C.

Los cortes se realizan con cortadoras de alta velocidad que dan un corte limpio.

Una vez cortadas pasa el pan a las empaquetadoras automáticas que por medio de un sistema soplante se infla la bolsa y se introduce el pan. Por último se extrae el aire de la bolsa y se cierra con un alambre recubierto de plástico.

El pan de molde se distribuye rápidamente a los puntos de venta en vehículos acondicionados sobre todo en épocas estivales. En el envase se indica la fecha prevista de conservación.

#### 5.4 Proceso productivo PAN PRECOCIDO

Se denomina pan pre cocido a la cocción en dos tiempos.

En la primera fase el pan se hornea un tercio aproximadamente conservando el pan congelado hasta que llega su segunda fase en la que se termina de completa la cocción.

Con esta técnica el pan más elaborado es el pan tipo baguette y todos sus derivados en cuanto a formatos y pesos. La fabricación es industrial y todo el proceso es realizado de forma automática.



Fig 8\_Fases proceso productivo pan precocido. Autora: Arjona, B.

## **Materia prima**

El proceso que sufre la masa es prolongado en el tiempo y requiere de harinas con alto contenido en gluten, de fuerza y con proteínas superiores al 12%.

## **Mejorantes**

Se usa lecitina de soja en baja dosis para no provocar un impulso exagerado que derrumbe posteriormente la estructura del pan.

## **Levadura**

Se utiliza en formato de levadura prensada < 2.5%, con dosis mayores da problemas en la etapa de formado y sube exageradamente en el horno. Es clave en el pan pre cocido conseguir el volumen en la fermentación y no por el impulso del pan en el horno que genera problemas de arrugamiento.

## **Amasado**

Las harinas que se usan en el proceso son más tenaces que extensibles, por ello hay que controlar el tiempo de amasado, ya que si se excede se provoca un aumento de la extensibilidad de la masa, que provocará un impulso mayor en el horno, que como hemos indicado, queremos evitar.

## **Reposo**

Se trata de equilibra la masa, el reposos es de entre 20 – 30 minutos.

## **Formado**

Se realiza de forma automatizada en piezas tipo baguette. Las harinas utilizadas tienden a ser tenaces por lo que hay que realizar el formado con máximo cuidado para evitar rasgar el gluten.

## **Fermentación**

En la industria que nos ocupa realizan una fermentación de 2h30min a 26°C y 75% humedad. No se puede subir la temperatura con el objetivo de reducir el tiempo de fermentación ya que tendremos problemas de cortezas cristalinas en la pre cocción y en la cocción final.

## **Pre cocción**

Se realiza en un horno rotativo, es importante que la temperatura sea decreciente comenzando por 220°C y una vez imprimido el vapor se baja hasta 170°C durante 12 min aproximadamente. A los 12 minutos, la actividad enzimática y la coagulación del gluten ha llegado a su fin, con lo que tenemos la estructura fijada aunque el producto es frágil.

## **Enfriamiento**

Tras la pre cocción se deja enfriar hasta 35°C, en este tiempo el pan tiene una pérdida de agua, con el fin de limitar la pérdida de agua y el envejecimiento, el tiempo de enfriamiento ha de ser limitado.

## **Congelación y empaquetado**

Una vez enfriado el pan pasa por unos túneles de congelación de donde saldrá a -18°C. El empaquetado se realiza en una sala que está a 6°C, si la temperatura es superior existirá una condensación que posteriormente se transformaría en escarcha. Se almacena en sacos de plástico y cajas de cartón a una temperatura entre -18 y -20°C.

## **Descongelación y cocción final**

La descongelación se produce se produce a temperatura ambiente durante 30 minutos. El tiempo de cocción final en horno es de 235°C es de 10 minutos.

Este tipo de pan aún elaborándolo en las mejores condiciones, el pan será de menor volumen, la corteza más áspera y la miga más densa en relación al pan tradicional y el envejecimiento es más rápido.

## **5.5 Proceso productivo PAN ARTESANO**

El tercer proceso es para una panadería tradicional que realiza pan directo artesano.

Las fases son:

### **Amasado**

Se realiza en amasadoras de brazos, a velocidad lenta.

### **Reposo en bloque**

Una vez la masa fuera de la amasadora, tiene un reposo-maduración de la masa largo imprescindible.

### **División**

Es manual, el panadero corta con una cuchilla en piezas de aproximadamente 350 gr.

### **Boleado**

El boleado se realiza de forma manual, la fuerza que se le imprime a la masa es subjetiva y depende la persona que realice el boleado. Es importante que para conservar la homogeneidad cada tanda de pan las boleee la misma persona.

### **Reposo en bola**

Una vez dividida y boleada la masa el tiempo de reposo es calve par la fuerza y el equilibrio de la misma normalmente se estima en 30-40 minutos.

### **Formado**

El formado se realiza de forma manual sin agresiones físicas, es muy importante controlar esta etapa para no dañar en exceso la masa.

### **Fermentación**

Se realiza a una temperatura de 27°C y 70% humedad durante 1h 40min. El volumen del pan se duplica desde que sale de la formadora hasta que sale de la fermentación.

### **Cocción**

Nuestro cliente dispone de un horno de suela radiante, en el que realiza la cocción a 210°C durante 26 minutos.

## **OBJETIVOS**

## **6.- OBJETIVOS**

---

Partimos de 10 variedades de trigo y tenemos como objetivo principal el diseño de tres harinas para tres empresas con procesos productivos diferentes, dichas harinas serán una mezcla de los trigos estudiados:

1.- Caracterizar las harinas de diez variedades de trigo blando. El valor panadero viene determinado por unos análisis reológicos que demuestran las capacidades de la harina para soportar un proceso de panificación determinado (alveograma, farinograma, amilograma, gluten).

2.- Diseñar harina para tres procesos productivos de panificación, que cumplan con las especificaciones técnicas solicitadas por el cliente, a partir de mezclas de las diez harinas varietales de trigo puras.

3.- Panificar las harinas diseñadas para constatar los datos obtenidos anteriormente con la fabricación de pan, estudiando y analizando los puntos clave del proceso (amasado, formado, fermentación y cocción).



# **MATERIAL Y MÉTODOS**

## 7.- MATERIAL Y MÉTODOS

### 7.1 Recepción y clasificación del trigo.

El proceso productivo comienza con la recepción de materia prima. El trigo se recepciona en camiones y cisternas de 25 Toneladasde mercancía aproximadamente y se descarga en la zona denominada piquera.

Para el ensayo se muestrean 250 camiones (25 de cada variedad), aproximadamente 625 Tn/variedad x 10 variedades = 6250 Tn de trigo.

Cada camión se identifica con un documento interno en que se detalla:

- Proveedor
- Datos analizador de trigos
- Número contrato
- Matrículas y peso mercancía
- Silo de destino
- Origen de la mercancía
- Variedad

A su vez todos los datos se registran informáticamente:

	N.Recep: Interno	Nº Contrato	C.Trar	Transportista	Camión	Remolque	Albarán Prov.	Variedad	Kilos O	Kilos D	Nº Silo	Cat.Pr	% Hum	P.E.	Proteína
▶	137682	16284	400...	CONDONTRANS, S.L.	R5845B...	8694GZZ	562022056	BOLONIA	25.720,...	25.880,...	233	C205	12...	79...	13,30
	137683	16284	400...	CONDONTRANS, S.L.	Z05640R	7431JCV	562022058	BOLONIA	25.960,...	25.920,...	233	C205	12...	79...	13,40
	137684	16192	400...	CONDONTRANS, S.L.	R8618B...	0075GZP	84981353	QUALITY	25.640,...	25.600,...	261	C205	14...	78...	13,70
	137685	16289	400...	TRANS MEDIODIA	T04123R	3038DXN	563/05	BOLONIA	25.040,...	24.960,...	278	C205	12...	77...	14,10
	137686	16429	400...	TRANS MEDIODIA	R6966B...	7313HXS	118320	TRIGO DURO FRANCES...	24.320,...	24.240,...	284	BAS...	13...	74...	14,10
	137687	16284	400...	CONDONTRANS, S.L.	R6357B...	6981HDS	562022060	BOLONIA	25.000,...	24.940,...	233	C205	12...	78...	13,40

Fig 9\_ Programa descarga trigos. Autora: Arjona, B

El trigo se clasifica y almacena en los silos en función de los parámetros de análisis del grano que se realizan en la recepción. Para determinar el silo de destino para la mercancía se utilizan principalmente los siguientes parámetros:

- Variedad
- Proteína
- Peso Específico

**Método:** Análisis de grano entero.

**Tiempo estimado:** 15 min por camión.

**Material:** Analizador trigo marca FOSS Infratec 1241.



Foto 9\_ Equipo FOSS Infratec 1241. Autora: Arjona, B

**Procedimiento:** De cada camión mediante un pincho neumático se extrae una 5 muestra representativa de la mercancía, que se extraen en un capazo. Esta muestra se analiza en el equipo FOSS.

El equipo realiza el análisis por infrarrojo en el modo de transmisión (NIT), es una técnica espectroscópica no destructiva que utiliza el espectro electromagnético natural.

Cada capazo quedará identificado con la impresión de un documento interno en el que figuran los datos básicos del camión junto con el valor de los parámetros obtenidos en el FOSS que son:

- Humedad; en ningún caso se descargan camiones con valores por encima del 14%.
- Proteína del grano; varía entre 9% y 16%
- Peso específico de grano expresado en kg por hectolitro (kg/hl).

## 7.2 Mezcla y molienda en Laboratorio

En este punto tenemos 25 capazos de cada variedad cada uno identificado. Los capazos se mezclan dentro de la misma variedad y de modo proporcional de cinco en cinco según proteína. Al finalizar la mezcla tendremos 50 capazos, cinco de cada variedad.

A partir de este punto del ensayo, todos los análisis se realizan sobre esas 50 muestras.



Foto 10\_ Capazos muestras por variedades. Autora: Arjona, B

Tras pasar el trigo por la limpia para extraer las impurezas, el trigo se acondiciona para ser molido al día siguiente (24h de reposo). En función de la humedad del grano se añade el agua necesaria para que en la molienda la harina extraída esté entorno al 14% de humedad. Tras 24h el trigo está preparado para moler.

**Método;** Molienda de trigo en laboratorio

**Tiempo estimado;** 30min por muestra

**Material;** Molino CHOPIN CD1, 2kg de trigo por muestra.

**Procedimiento;** Molturación de aproximadamente 2 kilos por cada una de las 50 muestras. El molino CHOPIN está adaptado para los ensayos

reológicos y los de panificación. Son molinos que simulan la molienda industrial, sus principales fases son:

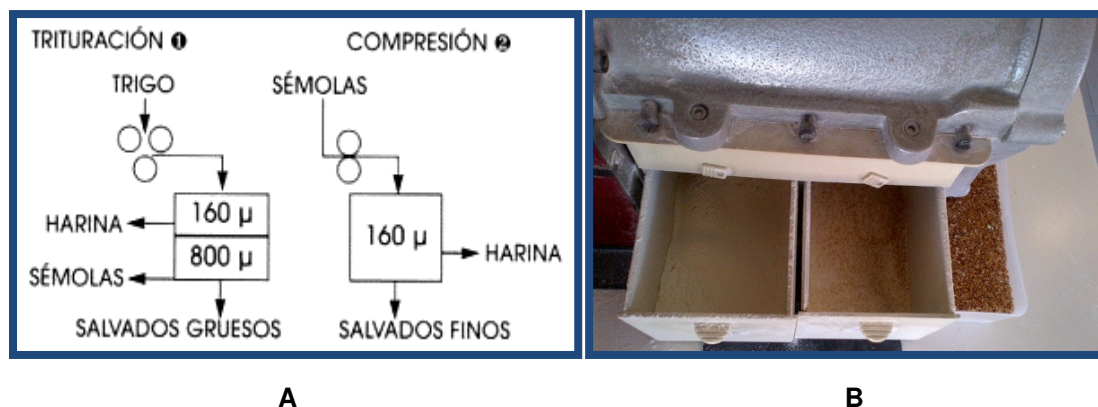
- Trituración: dos veces a través de 3 cilindros acanalados.
- Tamizado mediante un batidor centrífugo.
- Compresión: pasa entre 2 cilindros de superficie lisa.
- Tamizado mediante un batidor centrífugo.



Foto 11\_ Molino Chopin. Autora: Arjona, B

Se obtiene una producción de harina idéntica, desde el punto de vista químico y reológico, a la harina industrial.

Tiene dos vías independientes: trituración y compresión. El % de extracción de harina está entorno al 65%.



A

B

Foto 12\_ A) Granulometría de las 5 facciones que se extraen del trigo. B) Trituración : harina, sémola para compresión y salvados gruesos. Autora: Arjona, B

Una vez molturado el grano de trigo, a partir de este punto todos los análisis se realizan sobre harina. En total tendremos 50 muestras de harinas para analizar.

### **7.3 Análisis en laboratorio**

#### **7.3.1 Proteína, Humedad, cenizas.**

**Método;** Espectrofotometría

**Material;** Equipo NIR Inframatic 8120 PERTEN, 50 gr harina

**Tiempo estimado:** 10 min por muestra

**Procedimiento;** El analizador Inframatic es un espectrómetro en el Infrarrojo Cercano (NIR) optimizado para el análisis de harinas.



**Foto 13\_ Inframatic 8120 PERTEN. Autora: Arjona, B.**

Se introduce la muestra de harina en la zona de infrarrojos, en unos minutos el analizador nos da los valores para los que está calibrado: Humedad, Cenizas, Proteína.

### 7.3.2 Fuerza, elasticidad, extensibilidad, tenacidad.

**Método;** Ensayo alveográfico.

**Material;** Alveógrafo Chopin, 250gr harina, agua con 2,5% sal.

**Tiempo estimados:** 45min por muestra

**Procedimiento;** Se realiza conforme al estándar internacional ISO. El alveógrafo se compone de tres partes:

- Amasadora: habitáculo donde se realiza el amasado de 250 gr de harina y el agua cuyos ml dependen del valor de humedad que nos indique el Inframatic.
- Unidad central, contiene las cámaras de reposo y la unidad donde se insufla aire al pastón para medir sus características.
- Alveolink, registra las variaciones de la presión del aire dentro de la burbuja de masa, hasta que se rompe.

Se mete en la amasadora 250gr de harina con una cantidad de agua y sal (2,5%) durante 8 minutos. La cantidad de agua se calcula en función de la humedad de la harina.

Los 8 minutos se dividen en, 1 minutos de amasado, 1 minuto de removido manual y 6 minutos más de amasado. A continuación la masa sale laminada, de dicha lámina se extraen 5 porciones aplanadas y circulares. Estas porciones se denominan “pastones” y permanecen hasta los 28 min (desde el comienzo del amasado) en la cámara de reposo a 25°C.

Tras los 28 minutos se disponen los pastones sobre una platina que dispone de un orificio por el que se insufla aire el pastón, formando una burbuja.

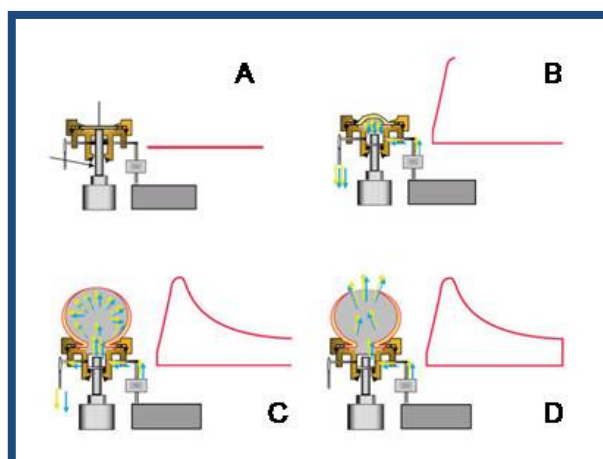




**Foto 14\_ Alveolink, detalle del “hinchamiento” de un pastón. Preparación 250 gr harina. Disolución de agua y sal. Pantalla con curva. Autora: Arjona, B.**

Por ser este el análisis más importante y que más datos nos va a dar sobre las características panaderas de la harina, vamos a detallarlo.

El principio tecnológico del ensayo es el del hinchado de un pastón por una presión de aire para simular la deformación de la masa por el gas producido en la fermentación.



**Fig 11\_ Pasos Hinchado pastón. Fuente: Manual Chopin.**



- A) Posición de partida
- B) Pastón ofrece resistencia = Tenacidad P
- C) Pastón se deforma = Extensibilidad L
- D) Ruptura de la burbuja

Se obtienen los siguientes parámetros:

- **P** Tenacidad: máxima presión que alcanza pastón hasta su ruptura.
- **L** Extensibilidad, es la longitud de la curva.
- **W** Fuerza de la harina, es el área de la curva.
- **P/L** Relación de configuración de la curva.
- **le** Índice Elasticidad =  $P_{200}/P$  ( $P_{200}$  es la presión tras el soplado de 200 ml ó 4 cm desde el origen de la curva).

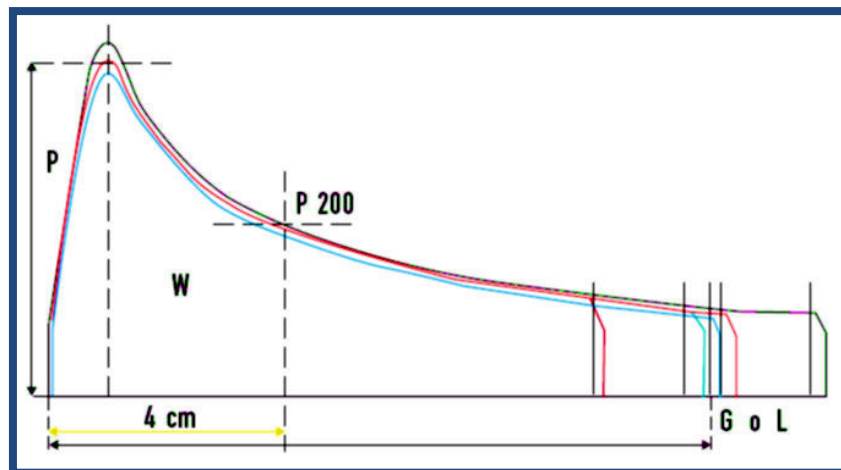


Fig 12\_ Alveograma tipo. Fuente: Manual Chopin.

Todos los parámetros obtenidos están directamente relacionados con el comportamiento de los productos derivados, durante la fermentación y el horneado, de este modo podemos interpretar de manera directa parámetros fundamentales de la reología de las masas como la extensibilidad, la tenacidad o la elasticidad, los resultados del ensayo alveográfico son compartidos tanto por los molineros como productores, para asegurar unos productos y procesos más consistentes y regulares.

Con este ensayo se determinan las cualidades plásticas de la harina. Todos los parámetros están directamente relacionados con el comportamiento de las masas en panadería:

- W. Expresa la fuerza de la harina, a mayor W mayor fuerza.
- P. Expresa la tenacidad, definida como la resistencia que opone la masa a ser estirada.
- L. Expresa la extensibilidad, es decir, la capacidad que posee una masa para convertirse en lámina sin retraerse al soltarla. Un exceso de L produce masas pegajosas, con poco tiempo de amasado, con poca retención de gas, flojas y caídas.
- P/L. Es el equilibrio entre la tenacidad y la extensibilidad. Es de vital importancia para determinar el papel de la harina durante todo el proceso de panificación.

### 7.3.3 Actividad amilásica.

**Método;** Ensayo Amilográfico.

**Material;** Amilógrafo E de Brabender, muestra de harina y agua destilada.

**Tiempo estimado;** 45 minutos por muestra



Foto 15\_ Preparación amilo y Amilógrafo Brabender. Autora: Arjona, B.

**Procedimiento;** Se calienta una muestra de harina y agua destilada con una rampa constante de temperatura de 1,5°C/min en un recipiente metálico en rotación. El equipo mide la deflexión provocada por la viscosidad de la mezcla y la actividad enzimática. La deflexión se mide por un sistema de medida electrónico de alta precisión como viscosidad vs tiempo, y se registra on-line por el software en continuo.

Medimos la actividad amilásica mediante la observación de la capacidad de gelatinización del almidón. Si la mezcla tiene un exceso de actividad enzimática, el almidón no gelatinizara y el amilo nos dará valores por debajo de 400 UA (Unidades Amilográficas), este es límite en el que se considera que por debajo de él la harina no es panificable. La gelatinización del almidón es muy importante en las propiedades de horneado de la harina de trigo, nos permite preveer como será la miga del pan y parte de las características de la corteza.

#### 7.3.4 Absorción agua

**Método;** Ensayo en Farinógrafo. Este método permite la determinación de la cantidad de agua absorbida por las harinas de trigo y el comportamiento que tiene ésta durante el amasado.

**Material;** Farinógrafo AT de Brabender, Bureta, Balanza, Espátula, Matraz erlenmeyer.

**Tiempo estimado;** 50 minutos por muestra

**Procedimiento;** Se amasa la harina con agua con unas palas rotativas en una mezcladora atemperada. La resistencia al amasado se mide como un par con un sistema de medición electrónico y se registra on line como resistencia en función del tiempo.

Determina la calidad de la harina, midiendo las cualidades de mezclado de su masa. Este ensayo determina:

- Capacidad de absorción de agua de la harina, definida como la cantidad máxima de agua que absorbe una harina para alcanzar siempre la misma consistencia.

- Tiempo de evolución de la masa, que mide el tiempo en el que la masa aguanta la máxima consistencia.

- Grado de ablandamiento durante el amasado, representa la diferencia entre la consistencia máxima y la obtenida pasados 15 minutos.



A

B

Foto 16\_ A) Farinógrafo y B) detalle del cuerpo donde se realiza el amasado.

Autora: Arjona, B.

De los resultados obtenidos en el Farinógrafo se extraen conclusiones del comportamiento de la masa en el amasado.

#### 7.3.5 Cantidad y calidad del Gluten

**Método;** Determinación gluten húmedo y gluten Indexen harina.

**Material;** GlutaMatic 6000 (cantidad), 10 gr muestra harina, Centrifuga de Gluten Index 2100 (calidad).

**Tiempo estimado;** 15 minutos por muestra

**Procedimiento;** La determinación del contenido gluten se basa en el lavado de gluten en el Glutomatic, proporciona información sobre la cantidad del gluten húmedo.

El gluten húmedo que obtenemos en el lavado de la harina es viscoelástico y está formada por gliadina y glutenina.

Para determinar la calidad del gluten se utiliza la centrifuga, el método permite evaluar la calidad en función del % de gluten Index. Se centrifuga el gluten húmedo sobre un tamiz que permite la recogida tanto del gluten que atraviesa como del que se queda en el tamiz (Index)

Obtenemos:

- Gluten Húmedo: peso total del gluten
- Gluten Index: % de gluten que permanece sin atravesar el tamiz después del centrifugado.

Ej; si el gluten es muy flojo puede atravesar el tamiz todo el gluten, teniendo entonces el Gluten Index el valor de 0. Cuando nada de gluten atraviesa el tamiz, el Index es 100.



Foto 17\_ Glutamaticy centrifugadora. Autora: Arjona, B.

## **7.4 Diseño de harinas finales.**

En este punto y después de todos los análisis realizados en laboratorio, tendremos los trigos perfectamente clasificados según las características reológicas de sus harinas puras.

Según estos datos y teniendo como objetivo diseñar una harina que encaje en el proceso productivo de nuestros tres clientes, se estudia en que porcentajes habría que mezclar las harinas varietales para obtener una harina final que se adapte a las especificaciones deseadas.

Se realizan dos harinas para cada proceso, es decir llevaremos a las pruebas de panadería seis harinas finales para panificar.

## **7.5 Análisis en panadería**

Cada proceso tiene sus particularidades por lo que se pasa a describir la maquinaria utilizada que es común a los tres procesos y posteriormente se detalla el método a seguir en cada uno de ellos.

### **7.5.1 Material Panadería**

#### **Amasadora MAHOT**

Las amasadoras Mahot aportan el rendimiento del fresador auto-frenador, patentado por Michel Bouton en 1960. Las extremidades del fresador insuflan una gran cantidad de aire por aspiración natural, produciendo una oxigenación importante.



Foto 18\_ AmasadorasMahot. Autora: Arjona, B.

### **Formadora F-700 SALVA**

Formadora automática, tiene varias posiciones en función de las dimensiones que queramos obtener. La formadora permite preliminar, formar y alargar de forma progresiva y uniforme las piezas de masa, hasta una longitud máxima de 70 cm.



Foto 19\_ Formadora SALVA. Autora: Arjona, B.

### **Fermentadora**

Cámara de fermentación marca SALVA. Tras la formadora el pan llega a la fermentadora donde se programa tiempo, temperatura y humedad de cada proceso.



Producción de calor, basada en resistencias eléctricas situadas delante de unos ventiladores, que transmiten el aire caliente por el interior de la cámara a través de conductos repartidos por todo el interior de la cámara.

Producción húmeda, basada en unas resistencias calentadas a 120°C situadas en un depósito con una entrada de agua y una salida de vapor. AL entrar el agua a presión, ésta se convierte automáticamente en vapor de agua.

### **Corte**

El corte o “greña” se realiza con una cuchilla u hoja de las utilizadas para el afeitado.

El corte debe rasgar la masa pero de una manera suave, con la cuchilla con un grado de acción del 45º respecto a la superficie de la masa. El objetivo del corte es el de facilitar la salida del gas carbónico del interior de la masa durante los primeros minutos de cocción.



**Foto 20\_ Corte/Greña de la masas antes de meter al horno. Autora: Arjona, B.**

Si no se realiza la greña, el punto de debilidad lo encuentra en la unión que se ha creado en el formado o en los laterales de la barra, ya que será por allí donde el gas ejerza una mayor presión y donde la masa presenta más fragilidad.



## Horno

Horno modular SALVA de dos pisos.

Se caracteriza por su sistema de distribución del calor, formado por un conjunto de ladrillos refractarios cerámicos atravesados por resistencias eléctricas, situados en techo y suelo, garantizan un reparto de calor uniforme en toda la cámara.

## Volumen

La medición del volumen se realiza con un volumenómetro, consiste en introducir la pieza de pan en una probeta que contiene semillas de mijo, al girar el volumenómetro la el desplazamiento de la semillas es directamente proporcional al volumen de la pieza del pan.



Foto 21\_ Medidor volumen pan. Autora: Arjona, B.

### 7.5.2 Pan artesano

En la elaboración de pan artesano se sigue el siguiente procedimiento:

1.- Se pesan todos los ingredientes en las siguientes proporciones:

2000 g harina

2% sal

Aditivo (base ascórbico y amilasa)

1% levadura seca

Agua (% hidratación depende de la harina a ensayar)

2.-Se introducen todos los ingredientes, excepto el agua, en la amasadora y se realiza un mezclado de 30 segundos.

3.- Se mide la temperatura de la mezcla y la del obrador para realizar el cálculo de la Base ( $\text{Base} = T^a \text{ harina} + T^a \text{ obrador} + T^a \text{ agua}$ ), la cual depende del tiempo de amasado.

Para cada harina se establece experimentalmente un valor de Base de manera que la  $T^a$  final de masa una vez finalizado el amasado sea 23-24°C.

4.- Encender la amasadora y adicionar el agua. Amasar 2 min a velocidad lenta y 18 minutos a velocidad rápida.

5.- Una vez amasada, sacar de la amasadora y dejar reposar en bloque en la mesa de laboreo durante 20 min.

En la masa se valoran: extensibilidad, pegajosidad, tenacidad, relajamiento.

6.- Dividir piezas de 350 g, bolear y reposar 5 min.

7.-Formado automático de barras en formadora. Según salen las barras de la formadora se mide la longitud de la barra con una regla. Esta medida es un indicador de extensibilidad.

8.- Colocación en bandejas perforadas.

9.- Introducción en cámara de fermentación a 27°C y 70% de humedad durante 1h 40 minutos. Se colocará en el interior de la fermentadora un vaso de precipitados con 20 gramos de la misma masa.

Una vez finalizado el proceso de fermentación se medirá la altura alcanzada por la masa en dicho vaso durante el tiempo programado, siendo este valor representativo del poder fermentativo.

## Fermentación Directa / Fermentation directe

Gamas / Gammes : FC, FC France, AF, AR-22, IVERPAN, FCSR-11



Fig 13\_ Fermentación tipo de pan artesanal directo

10.- Realizar el greñado de las barras con cuchilla (3 greñas por barra).

11.- Introducir en horno, vaporización y cocción durante 26 minutos a 210°C.

12.- Una vez frías las barras, se realizan las siguientes medidas:

Altura (cm): medida desde la base hasta el punto más alto de la barra, tomada en la parte central la pieza.

Base (cm): medida del ancho de la barra, tomada en la parte central de la pieza.

Volumen (cm<sup>3</sup>): introducir las barras en el panvolumetro.

13.- Características organolépticas: se realiza una observación visual del producto final, atendiendo principalmente a:

- Color de corteza: claro/oscuro
- Greñas: regulares/irregulares, abiertas/cerradas, marcadas/ligeras
- Apariencia de la miga: color, alveolado (cantidad y tamaño), blandura (elasticidad).

### 7.5.3 Pan molde

En la elaboración de pan de molde en nuestra planta piloto, se sigue una metodología adaptada a nuestros recursos y que no reproduce al 100% las características de un proceso productivo industrial de pan de molde. artesano se sigue el siguiente procedimiento:

1.- Se pesan todos los ingredientes en las siguientes proporciones:

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| -2000 g harina                                       | -2% sal                        |
| -4% azúcar   | -Aditivo (ascórbico y amilasa) |
| -2% levadura seca                                    | -4% leche en polvo             |
| -Agua (% hidratación depende de la harina a ensayar) |                                |

2.- Se introducen todos los ingredientes, excepto el agua, en la amasadora y se realiza un mezclado de 30 segundos.

3.- Se mide la temperatura de la mezcla y la del obrador para realizar el cálculo de la Base ( $\text{Base} = T^a \text{ harina} + T^a \text{ obrador} + T^a \text{ agua}$ ), la cual depende del tiempo de amasado.

Para cada harina se ha establecido experimentalmente un valor de Base de manera que la  $T^a$  final de masa una vez finalizado el amasado sea 25-26°C.

4.-Encender la amasadora y adicionar el agua. Amasar 4 min a velocidad lenta y 16 a velocidad rápida.

5.- Una vez amasada, sacar de la amasadora y dejar reposar en bloque en la mesa de laboreo durante 5 min.

En la masa se valoran: extensibilidad, pegajosidad, tenacidad, relajamiento.

6.- Dividir piezas de masa en un peso que represente  $\frac{1}{3}$  del volumen del formato del molde del que se disponga. Bolear y dejar reposar 5 min.

7.-Formado automático de camotes en formadora. Según salen las barras de la formadora se medirá la longitud de las mismas con una regla. Dicho valor es representativo de la extensibilidad.

8.- Colocación en moldes pegando el camote a uno de los laterales.

9.-Introducción en cámara de fermentación, durante 60 minutos, con una temperatura de 30°C y 85%H. Se colocará en el interior de la fermentadora, un vaso de precipitados con 20 gramos de la misma masa.

Una vez finalizada la fermentación se medirá la altura alcanzada por la masa en dicho tiempo, siendo este valor representativo del poder fermentativo.

10.- Introducir en horno y cocción durante 50 minutos a 210°C - 180°C.

11.- Una vez los moldes se han enfriado se realizan las siguientes medidas:

-Altura (cm): medida desde la base hasta el punto más alto del pan, tomada en la parte central.

-Base (cm): medida del ancho del pan, tomada en la parte central.

-Volumen (cm<sup>3</sup>): introducir en el panvulómetro y leer.

-Peso (g): con una balanza medir los pesos de los panes.

12.- Características organolépticas:

-Color de corteza: claro/oscuro

-Tirón de horno: en el lateral del molde ver el empuje de la capa superior de la pieza.

-Apariencia de la miga: color, alveolado (cantidad y tamaño), blandura (elasticidad), cohesividad.

#### 7.5.4 Pan pre cocido

En la elaboración de pan pre cocido se sigue el siguiente procedimiento:

1.- Se pesan todos los ingredientes en las siguientes proporciones:

2000 g harina	2% sal
Aditivo (base ascórbico y amilasa)	1% levadura seca
Agua (% hidratación depende de la harina a ensayar)	

2.-Se introducen todos los ingredientes, excepto el agua, en la amasadora y se realiza un mezclado de 30 segundos.

3.- Se mide la temperatura de la mezcla y la del obrador para realizar el cálculo de la Base ( $\text{Base} = T^a \text{ harina} + T^a \text{ obrador} + T^a \text{ agua}$ ), la cual depende del tiempo de amasado.

Para cada harina se establece experimentalmente un valor de Base de manera que la  $T^a$  final de masa una vez finalizado el amasado sea 23-24°C.

4.- Encender la amasadora y adicionar el agua. Amasar 4 min a velocidad lenta y 12 minutos a velocidad rápida.

5.- Una vez amasada, sacar de la amasadora y dejar reposar en bloque en la mesa de laboreo durante 5 min.

En la masa se valoran: extensibilidad, pegajosidad, tenacidad, relajamiento.

6.- Dividir piezas de 350 g, bolear y reposar 5 min.

7.-Formado automático de barras en formadora. Según salen las barras de la formadora se mide la longitud de la barra con una regla. Esta medida es un indicador de extensibilidad.

8.- Colocación en bandejas perforadas.

9.- Introducción en cámara de fermentación, donde reposará la masa en ambiente controlado durante 2h 30min a 26°C y 75% humedad. Se colocará en el interior de la fermentadora un vaso de precipitados con 20 gramos de la misma masa. Una vez finalizado el proceso de fermentación se medirá la altura alcanzada por la masa en dicho vaso durante el tiempo programado, siendo este valor representativo del poder fermentativo.

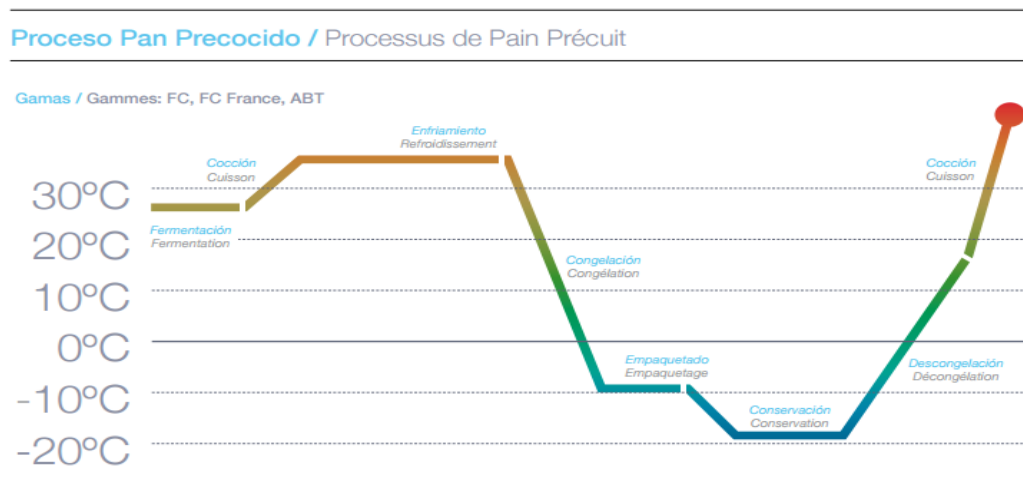


Fig 14\_ Temperaturas por las que pasa el pan precocido.

10.- Realizar el greñado de las barras con la cuchilla.

11.- Introducir en horno, vaporización y pre cocción durante 12 min aproximadamente.

12.- Sacar el pan del horno y dejar enfriar hasta que baje a los 35°C.

13.- Una vez frío el pan se mete al arcón congelador a -18°C.

14.- Para continuar el proceso al día siguiente se sacan las barras del congelador y se dejan descongelar a temperatura ambiente durante aproximadamente 30 minutos.

15.- Se mete 12 minutos al horno para la cocción final a 235°C.

16.- Una vez fuera del horno y frías las barras, se realizan las siguientes medidas:

- Altura (cm): medida desde la base hasta el punto más alto de la barra, tomada en la parte central la pieza.
- Base (cm): medida del ancho de la barra, tomada en la parte central de la pieza.
- Volumen (cm<sup>3</sup>): introducir las barras en el panvolúmetro.

17.- Características organolépticas: se realiza una observación visual del producto final, atendiendo principalmente a:

- Color de corteza: claro/oscuro
- Greñas: regulares/irregulares, abiertas/cerradas, marcadas/ligeras
- Apariencia de la miga: color, alveolado (cantidad y tamaño), blandura (elasticidad)



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 8. RESULTADO Y DISCUSIÓN

A continuación se detallan los resultados obtenidos en las dos etapas fundamentales de análisis técnicos en laboratorio y en la panadería de I+D.

### 8.1 Análisis del grano.

La proteína obtenida en el analizador de granos en la recepción de la mercancía, nos da una idea de las características que va a tener ese trigo cuando se molture y pase a ser harina.

Los resultados obtenidos son:

	% Humedad	% Proteína	Peso esp. Kg/hl
<b>1 ARTHUR-NICK</b>			
1.1	12,8	10,3	76,3
1.2	12,2	10,1	76,5
1.3	12,7	10,4	76,7
1.4	13,1	10,2	75,4
1.5	12,4	10	75,3
<b>2 BERDUN</b>			
2.1	11,9	11,1	76,2
2.2	12,2	11,3	76,3
2.3	11,7	11,2	75,9
2.4	12	10,8	76,4
2.5	11,6	10,9	75,8
<b>3 BOKARO</b>			
3.1	11,5	12	75,8
3.2	12,4	12,3	75,3
3.3	11,3	12,2	74,8
3.4	11,8	12,7	74,9
3.5	11,9	12,4	75,9
<b>4 BOLOGNA</b>			
4.1	12,3	13,7	79,9
4.2	12	13,6	80,8
4.3	12,4	13,7	80,3
4.4	11,9	13,8	79,1
4.5	11,8	13,9	80,7
<b>5 BOTTICELLI</b>			
5.1	11,7	11,3	77,1
5.2	11,8	11,6	76,9
5.3	12,5	11,5	77,2
5.4	12,3	11,4	77,3
5.5	12,7	11,5	77
<b>6 GALERA</b>			
6.1	12,5	13,9	77,1

6.2	12,1	13,4	76,9
6.3	12,4	13,3	77,4
6.4	12,6	13,5	77,3
6.5	11,9	13,8	76,8
<b>7 INGENIO</b>			
7.1	13	12,7	76,9
7.2	12,9	12,4	76,5
7.3	12,4	12,5	77,1
7.4	12,6	12,3	77,3
7.5	13,1	12,1	77,4
<b>8 ISENGRAIN</b>			
8.1	12,4	12,2	78,1
8.2	12,2	12,6	77,4
8.3	12,1	12,4	77,6
8.4	11,9	12,7	78,2
8.5	12,1	12,2	77,7
<b>9 MARIUS</b>			
9.1	12,9	11,6	76,4
9.2	12,4	11,6	76,1
9.3	12,5	11,7	76,9
9.4	12,7	11,8	77,1
9.5	12,3	11,9	76,8
<b>10 NOGAL</b>			
10.1	12,5	12,8	76,8
10.2	11,4	12,4	77,5
10.3	11,9	12,6	76,9
10.4	11,4	12,6	77,3
10.5	12,1	12,9	77,4

**Tabla 3\_ Análisis de grano de trigo por variedades. Autor: Arjona, B.**

Para interpretar los resultados obtenidos del análisis del grano de trigo en función de su proteína, humedad y peso específico se utilizan las tablas que figuran en el Real Decreto 1615/2010 por el que se aprueba la norma de calidad del trigo.

GRUPO	Proteína	GRADO	%Humedad	Peso esp. Kg/hl
1	≥ 13	I	≤ 12	≥ 80
2	≥ 12	II	≤ 12,5	≥ 78
3	≥ 11	III	≤ 13	≥ 75
4	>10	IV	> 13	< 75
5	EL RESTO			

**Tabla 4\_ Clasificación Trigo según calidad. Fuente: Real Decreto 1615/2010.**

Obteniendo los valores medios por cada variedad obtenemos la siguiente clasificación:

<b>Media</b>	<b>% Humedad</b>	<b>% Proteína</b>	<b>P esp Kg/hl</b>	<b>Grupo</b>	<b>Grado</b>
<b>Arthur-Nick</b>	12,64	10,2	76,04	4	III
<b>Berdun</b>	11,88	11,06	76,12	3	III
<b>Bokaro</b>	11,78	12,32	75,34	2	III
<b>Bologna</b>	12,08	13,74	80,16	1	II
<b>Botticelli</b>	12,2	11,46	77,1	3	III
<b>Galera</b>	12,3	13,58	77,1	1	III
<b>Ingenio</b>	12,8	12,4	77,04	2	III
<b>Isengrain</b>	12,14	12,42	77,8	2	III
<b>Marius</b>	12,56	11,72	76,66	3	III
<b>Nogal</b>	11,86	12,66	77,18	2	III

**Tabla 5\_ Datos medios de Análisis de grano de trigo por variedades.**

#### Humedad.

Todos los trigos analizados tienen humedad inferior al 14%, que es el umbral a partir del cual la cantidad de agua que contiene el grano puede ocasionar problemas en el almacenamiento.

#### Peso específico.

Todos los trigos tiene pesos específicos superiores a 75 kg/hl, esto nos indica la calidad del trigo a mayor peso específico tenemos un grano más compacto con mayor grado de extracción de harina que otro con menor peso específico. Destaca el peso específico de la variedad Bologna con un peso de 80 kg/hl, tiene un grano muy compacto, en fabricación habrá que realizar las compresiones con rodillos más prietos ya que si no estos no dañarían lo suficiente el almidón y los gránulos permanecerían demasiado grandes y tendríamos problemas desde el amasado.

### Proteína.

Según el resultado obtenido en el analizador de grano FOSS de proteína, los trigos se clasifican en :

- Muy flojos, se denominan de este modo a trigo con proteína entre 10 y 11. En nuestro caso la variedad Arthur - Nick.

- Flojos, poseen proteínas entre 11 y 12. Tenemos las variedades. Berdun, Botticelli y Marius.

- De Media Fuerza, poseen proteínas entre 12 y 13. Tenemos las variedades: Bokaro, Ingenio, Isengrain y Nogal.

- De Fuerza, poseen proteínas entre 13 y 14. Tenemos las variedades: Bologna y Galera.

- De Gran Fuerza, poseen proteínas superiores al 14%. En España no hay disponibilidad de trigos de estas características y los obtenemos en el mercado Internacional.

Todas las variedades de trigos tienen una especificaciones de grano que concuerdan con los rangos que publica a través de sus estudios el GENVCE (Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España)

Según nuestro registro de variedades interno (2005-2014), los trigos flojos y muy flojos son entre 0,5 y 1 punto superiores en % de proteína que los de la campaña anterior 2013.

## 8.2 Análisis harinas varietales en laboratorio.

A través de los análisis realizados en el laboratorio obtendremos los datos necesarios para conocer las propiedades reológicas y panaderas de una harina.

En función de los parámetros que se obtienen en el análisis alveográfico, se realiza la siguiente clasificación.

Tipo Harinas	W	P/L
Gran Fuerza	380-420	0,6-0,7
Fuerza	320-380	0,5-0,6
Media Fuerza	180-250	0,5-0,6
Panificable alta	170-210	0,4-0,5
Panificable	140-270	0,4-0,45
Panificable baja	100-140	0,35-0,45
Galletera	80-100	0,25-0,3

Tabla 6\_ Clasificación harinas en función de su alveograma.

Los resultados de todos los análisis realizados en laboratorio (alveo, farino, amilo, gluten, analizador NIR) quedan resumidos en las tablas adjuntas según variedad.

La leyenda de las tablas es común a todas las harinas de todas las variedades:

%H	-Porcentaje de humedad en harina
% Prot	-Porcentaje de proteína en harina
P, L, P/L, W, le	-Datos reológicos obtenidos en el alveografo Chopin.
Gh	-Gluten húmedo en tanto por ciento
Amilo	-Dato obtenido en amilografo expresado en UA (Unidades Amilograficas)
%Abs	-Porcentaje de absorción de agua de la harina , en el farinografo.

## **1.- Variedad Arthur Nick**

	% H	% Prot	P	L	P/L	W	le	Gh	Amilo	%Abs
1.1	13,9	9,1	44,6	110	0,41	135	0,43	22,5	1335	54,9
1.2	13,8	9,2	44,3	109	0,41	130	0,41	22	1433	55,1
1.3	13,7	9,3	44	113	0,39	131	0,38	23,5	1208	54,7
1.4	14	9,1	46,2	115	0,4	143	0,39	22,1	1583	55
1.5	13,6	9	47	120	0,39	145	0,39	22,6	1404	54,9
Media	13,8	9,1	45,2	113,4	0,4	136,8	0,40	22,5	1393	54,9

**Tabla 7\_ Resultados obtenidos en análisis de laboratorio sobre variedad Arthur Nick.**

Harina panificable con una buena extensibilidad según su relación P/L y una buena elasticidad  $le = 0.4$ . Los resultados nos indican que es un trigo flojo con una tenacidad normal. Es uno de los trigos con P/L más equilibrado solo se ve mejorado por la variedad Marius.

La proteína en harina es muy baja y para poder obtener un buen comportamiento en panadería necesitará la mezcla con otras harinas que le aporten proteína y mejoren su bajo porcentaje de absorción de agua.

Su valor de amilo indica una actividad enzimática correcta y confirma que entre el trigo no había ningún grano germinado.

## **2.- Variedad Berdun**

	% H	% Prot	P	L	P/L	W	le	Gh	Amilo	%Abs
2.1	13,9	10,2	53,1	103	0,52	134	0,37	23,4	1001	55,3
2.2	13,5	10,1	54,1	99	0,55	141	0,36	22,7	1192	55,4
2.3	13,7	10,6	55	101	0,54	143	0,34	23,6	1097	55,1
2.4	13,9	9,8	55	97	0,57	145	0,38	22,7	1222	55,4
2.5	13,6	9,9	53	97,3	0,54	137	0,36	22,9	1198	55,1
Media	13,7	10,1	54,0	99,5	0,5	140,0	0,36	23,1	1142	55,3

**Tabla 8\_ Resultados obtenidos en análisis de laboratorio sobre variedad Berdun.**

En cuanto a fuerza panadera, la variedad Berdun (W 140) es similar al Arthur – Nick (W 137). En el caso del Berdún la fuerza panadera va acompañada de una buena proteína en harina 10,1% , un punto superior a la del Arthur – Nick, lo que hace de la harina de trigo Berdún, una harina más equilibrada.

Tiende a la elasticidad y no muestra síntomas de tenacidad lo que facilita su manejo en procesos de panadería manuales.

Su uso al 100% daría harina con absorciones demasiado bajas para los rendimientos de producción actuales.

### **3.-Variedad Bokaro**

	% H	% Prot	P	L	P/L	W	le	Gh	Amilo	%Abs
<b>3.1</b>	13,5	11,2	51,4	100	0,51	153	0,49	22,3	977	58,6
<b>3.2</b>	13,4	11,4	53	102	0,52	163	0,50	21,6	1058	58,9
<b>3.3</b>	13,9	11,1	51,9	99	0,52	160	0,52	22,1	1050	56,2
<b>3.4</b>	13,4	11,6	51,8	101	0,51	157	0,50	21,8	982	58,9
<b>3.5</b>	13,7	11,5	51,6	98	0,53	156	0,52	22,7	1005	56,4
<b>Media</b>	<b>13,6</b>	<b>11,4</b>	<b>51,9</b>	<b>100,0</b>	<b>0,5</b>	<b>157,8</b>	<b>0,51</b>	<b>22,1</b>	<b>1014</b>	<b>57,8</b>

**Tabla 9\_ Resultados obtenidos en análisis de laboratorio sobre variedad Bokaro.**

Harina que presenta entre 1 y 2 puntos más de proteína que los dos anteriores (Arthur Nick, Berdun), para similar fuerza panadera W=157.

Muestra un gluten débil, que podría ser la causa de que su fuerza panadera no esté acorde con su proteína en harina. Para harinas con porcentajes de proteína mayores a 11% y según nuestros ensayos de regularidad la W tendría unos valores de en torno a 170.



Esta harina se puede usar como mejorante en procesos que se necesiten una harina que aporte proteína y buena absorción (57,8%) con W medios.

#### **4.- Variedad Bologna**

	% H	% Prot	P	L	P/L	W	Ie	Gh	Amilo	%Abs
4.1	13,4	12,7	84	125	0,67	331	0,56	30,1	835	61
4.2	13,8	12,7	82,6	119	0,69	324	0,59	30,4	893	61,1
4.3	13,7	12,5	83,1	121	0,69	333	0,60	31,4	814	61,5
4.4	13,6	12,8	81,6	118	0,69	315	0,59	30,7	824	61,6
4.5	13,7	12,9	83,3	122	0,68	329	0,58	32,3	854	61
<b>Media</b>	<b>13,64</b>	<b>12,72</b>	<b>82,9</b>	<b>121</b>	<b>0,68</b>	<b>326</b>	<b>0,58</b>	<b>31</b>	<b>844</b>	<b>61,2</b>

**Tabla 10\_ Resultados obtenidos en análisis de laboratorio sobre variedad Bologna.**

Harina de elevada fuerza, con una P de 82 que nos indican comportamientos tenaces en el amasado.

Trigo con proteína elevada en harina (> 12%), y un porcentaje de gluten elevado que tiene como consecuencia una muy buena absorción (61,2%).

En panadería los trigos fuertes nos obligan a realizar amasados más largos para romper su tenacidad y que sea capaz de absorber todo el agua.

#### **5.- Variedad Botticelli**

	% H	% Prot	P	L	P/L	W	Ie	Gh	Amilo	%Abs
5.1	13,2	10,6	52,9	75	0,71	147	0,56	22,9	1187	55,7
5.2	13,3	10,5	53,4	74,6	0,72	146	0,55	23,1	1029	56
5.3	13,9	10,6	52,5	75	0,7	147	0,57	22,8	1203	55,5
5.4	13,5	10,4	54,2	75,3	0,72	146	0,53	23,3	1071	55,8
5.5	13,7	10,3	51,8	74,1	0,7	143	0,57	23,2	1154	55,7
<b>Media</b>	<b>13,5</b>	<b>10,5</b>	<b>53,0</b>	<b>74,8</b>	<b>0,71</b>	<b>146</b>	<b>0,56</b>	<b>23,1</b>	<b>1129</b>	<b>55,7</b>

**Tabla 11\_ Resultados obtenidos en análisis de laboratorio sobre variedad Botticelli.**

Harina panificable media, con una relación P/L de 0,71 que le otorga una elevada tenacidad, más propia de trigos fuertes (Bologna P/L 0,68 ) que de trigos flojos.

Es el más tenaz de los trigos flojos estudiados, el valor de le (índice elasticidad) muestra una harina poco extensible, que es una de las características que se presupone a una harina floja para procesos de panificación.

Absorción 55,7% acorde con su proteína y amilo superior a 400 UA, que nos asegura que el trigo no está germinado.

## **6.- Variedad Galera**

	% H	% Prot	P	L	P/L	W	le	Gh	Amilo	%Abs
<b>6.1</b>	13,6	12,6	99,7	123	0,81	358	0,55	30,6	938	60,6
<b>6.2</b>	13,5	12,2	100	125	0,8	365	0,55	31,6	900	60,9
<b>6.3</b>	13,2	12,3	101	120	0,85	360	0,55	31,4	942	60,4
<b>6.4</b>	13,7	12,5	102	124	0,82	364	0,54	30,8	931	60,7
<b>6.5</b>	13,7	12,7	110	131	0,84	371	0,47	31,2	957	60,5
<b>Media</b>	<b>13,5</b>	<b>12,5</b>	<b>103</b>	<b>125</b>	<b>0,82</b>	<b>364</b>	<b>0,53</b>	<b>31,1</b>	<b>934</b>	<b>60,6</b>

**Tabla 12\_ Resultados obtenidos en análisis de laboratorio sobre variedad Galera.**

Harina de gran fuerza con una W de 364 y una absorción de 60,6.

Buen porcentaje de Gluten húmedo, que le aporta una red en el amasado capaz de absorber 60.6% de su peso en agua.

Relación P/L equilibrada para un trigo fuerte.

El comportamiento en panadería según ensayos realizados de esta variedad pura en nuestras instalaciones, muestra una harina tenaz, con amasado en torno a 23 minutos y buen comportamiento de extensibilidad.

### **7.- Variedad Ingenio**

	<b>% H</b>	<b>% Prot</b>	<b>P</b>	<b>L</b>	<b>P/L</b>	<b>W</b>	<b>le</b>	<b>Gh</b>	<b>Amilo</b>	<b>%Abs</b>
<b>7.1</b>	13,1	11,5	105	77,1	1,36	255	0,47	28,6	954	59,6
<b>7.2</b>	13,9	11,7	104	78,2	1,33	262	0,49	28,1	1007	59,8
<b>7.3</b>	13,4	11,6	103	78,4	1,32	256	0,48	27,3	985	59,6
<b>7.4</b>	13,6	11,2	99,6	77,2	1,29	260	0,52	26,8	1003	59,7
<b>7.5</b>	13,7	11,1	108	75,6	1,43	254	0,46	27,8	975	59,3
<b>Media</b>	<b>13,5</b>	<b>11,4</b>	<b>104</b>	<b>77,3</b>	<b>1,35</b>	<b>257</b>	<b>0,48</b>	<b>27,7</b>	<b>985</b>	<b>59,6</b>

**Tabla 13\_ Resultados obtenidos en análisis de laboratorio sobre variedad Ingenio.**

Con un valor de P de 104 y una L de 77,4 es una harina muy tenaz, el desequilibrio lo confirma su dato de P/L elevado 1,35.

Este tipo de harinas se usan habitualmente para procesos industriales que tiene la extrusión como base de su proceso productivo, por ejemplo para procesos de pastelería y galletas.

### **8.- Variedad Isengrain**

	<b>% H</b>	<b>% Prot</b>	<b>P</b>	<b>L</b>	<b>P/L</b>	<b>W</b>	<b>le</b>	<b>Gh</b>	<b>Amilo</b>	<b>%Abs</b>
<b>8.1</b>	13,9	11,3	57	82,3	0,69	160	0,53	24,1	986	59,6
<b>8.2</b>	13,4	11,4	57,5	81,9	0,7	159	0,52	23,1	1009	59,6
<b>8.3</b>	13,4	11,5	57,3	84,6	0,68	162	0,52	23,9	976	59,1
<b>8.4</b>	13,6	11,8	58,7	86,9	0,68	170	0,52	24,1	1001	59,5
<b>8.5</b>	13,7	11,1	64,6	86,7	0,74	178	0,49	24,2	967	59,2
<b>Media</b>	<b>13,6</b>	<b>11,4</b>	<b>59</b>	<b>84,5</b>	<b>0,7</b>	<b>166</b>	<b>0,52</b>	<b>23,9</b>	<b>988</b>	<b>59,4</b>

**Tabla 14\_ Resultados obtenidos en análisis de laboratorio sobre variedad Isengrain.**

Fuerza panadera media con una P de 59 y una L de 84,5 que le confiere carácter de tenacidad y limitada extensibilidad.

Gluten húmedo bajo para lo esperado de una variedad con más de 11% de proteína y absorciones de casi el 60%.

### **9.- Variedad Marius**

	<b>% H</b>	<b>% Prot</b>	<b>P</b>	<b>L</b>	<b>P/L</b>	<b>W</b>	<b>le</b>	<b>Gh</b>	<b>Amilo</b>	<b>%Abs</b>
<b>9.1</b>	13,7	10,8	22,6	141	0,16	75	0,44	21,1	1095	51,5
<b>9.2</b>	13,6	10,7	23	135	0,17	75	0,44	21,8	1079	54,3
<b>9.3</b>	13,2	10,6	23,5	143	0,16	70	0,38	22,3	1179	51,2
<b>9.4</b>	13,4	10,9	23,4	135	0,17	69	0,38	21,8	1064	52,7
<b>9.5</b>	13,9	10,8	23,4	138	0,17	70	0,41	22,3	1111	53,8
<b>Media</b>	<b>13,6</b>	<b>10,8</b>	<b>23,2</b>	<b>138</b>	<b>0,17</b>	<b>71,8</b>	<b>0,41</b>	<b>21,9</b>	<b>1106</b>	<b>52,7</b>

**Tabla 15\_ Resultados obtenidos en análisis de laboratorio sobre variedad Marius.**

En la actualidad no hay ningún trigo que pueda dar harinas similares a las que obtenemos de la variedad Marius, son harinas muy extensibles con una relación de P/L muy baja.

A una proteína media le acompañan un gluten bajo y una absorción de agua muy limitada del 52,7%.

El valor de fuerza panadera es muy bajo entorno al 70 de W, en los análisis en el alveógrafo es patente la extensibilidad y pegajosidad de la masa ya que es el único trigo de los ensayado que genera problemas a la hora de realizar los pastones.

## **10.- Variedad Nogal**

	<b>% H</b>	<b>% Prot</b>	<b>P</b>	<b>L</b>	<b>P/L</b>	<b>W</b>	<b>le</b>	<b>Gh</b>	<b>Amilo</b>	<b>Farino</b>
<b>10.1</b>	13,4	11,6	99,9	110	0,91	266	0,40	28,6	643	60,3
<b>10.2</b>	13,9	11,3	100	108	0,93	264	0,41	29,3	573	60,4
<b>10.3</b>	13,7	11,5	99	115	0,86	271	0,40	28,4	515	59,8
<b>10.4</b>	13,5	11,5	101	111	0,91	275	0,41	29	658	60,4
<b>10.5</b>	13,4	11,7	101	114	0,88	276	0,41	27,9	542	60,1
<b>Media</b>	<b>13,6</b>	<b>11,5</b>	<b>100</b>	<b>112</b>	<b>0,9</b>	<b>270</b>	<b>0,41</b>	<b>28,6</b>	<b>586</b>	<b>60,2</b>

**Tabla 16\_ Resultados obtenidos en análisis de laboratorio sobre variedad Nogal.**

La variedad Nogal en las últimas campañas hemos detectado problemas con el amilo. En estos ensayos se ha vuelto a detectar un posible de amilo bajo que habrá que confirmar o no el posible efecto en panadería.

Exento de problemas de amilo, la variedad Nogal por su proteína y W 270 se usa como harina mejorante. Aporta además una muy buena absorción.

### 8.3 Diseño de harinas finales.

Una vez analizadas las cincuenta muestras de harina, tenemos para este apartado las medias de cada cinco harinas de cada variedad.

A partir de estos datos se diseñan dos recetas diferentes de mezcla de trigos para cada uno de los tres clientes.

Las seis harinas diseñadas, pasan al departamento de panadería donde analizamos las propiedades panaderas.

Los datos medios obtenidos en los análisis de laboratorio para cada harina varietal son:

	% Prot	P	L	P/L	W	le	Gh	Amilo	% Abs
<b>Arthur-Nick</b>	9,1	45	113	0,40	137	0,400	22,5	1393	54,9
<b>Berdun</b>	10,1	54	99	0,54	140	0,362	23,1	1142	55,3
<b>Bokaro</b>	11,4	52	100	0,52	158	0,506	22,1	1014	57,8
<b>Bologna</b>	12,7	83	121	0,68	326	0,584	31,0	844	61,2
<b>Botticelli</b>	10,5	53	75	0,71	146	0,556	23,1	1129	55,7
<b>Galera</b>	12,5	103	125	0,82	364	0,532	31,1	934	60,6
<b>Ingenio</b>	11,4	104	77	1,35	257	0,484	27,7	985	59,6
<b>Isengrain</b>	11,4	59	84	0,70	166	0,516	23,9	988	59,4
<b>Marius</b>	10,8	23	138	0,17	72	0,410	21,9	1106	52,7
<b>Nogal</b>	11,5	100	112	0,90	270	0,406	28,6	586	60,2

Tabla 17\_ Resultados medios por variedades obtenidos en análisis de laboratorio.

## **Pan de molde**

El cliente nos indica que su receta incluye: harina, agua, sal, azúcar, leche en polvo, levadura y grasas vegetales. El azúcar y las grasas debilitan las masas, por lo que hay que emplear harinas de fuerza para compensar ese relajamiento (*Tejero, F. 2008*).

La harina idónea para producir pan de molde tiene una W de 330 una P de 83, una L de 120, P/L de 0.76 y un contenido en proteína mínimo de 12,5% (*Tejero, F. 1995*)

Con las variedades de trigo que tenemos planteamos dos opciones que según las analíticas cumplen las especificaciones que se quieren alcanzar.

Ambas opciones pasarán al proceso de panificación.

- Molde 1: 20% Bologna + 70% Galera + 10% Nogal
- Molde 2: 75% Bologna + 20% Galera + 5% Ingenio

Con estas recetas de molturación se obtienen harinas con las siguientes especificaciones:

	% Prot	P	L	P/L	W	le	Gh	Amilo	Farino
<b>Molde 1</b>	12,42	98	123	0,803	347	0,5298	30,84	915	60,70
<b>Molde 2</b>	12,60	88	120	0,745	330	0,5686	30,85	869	61,03

**Tabla 18\_ Especificaciones de los diseños realizados para Pan de molde.**

Ambas harinas entran en los rango de la harina que actualmente estamos sirviendo a otros cliente de pan de molde.

## **Pan pre cocido**

La harina es un factor muy importante en este tipo de procesos para obtener un pan pre cocido de consistencia firme.

La harina más adecuada para realizar una barra tipo francés tiene una W de 230 y un P/L de 0,6. Esta fuerza panadera de 230 W, ha de ser alcanzada por el contenido de proteínas y no por la presencia de ácido ascórbico. Se necesita que al sacar el pan del horno en la pre cocción aunque el pan esté blanco tenga una estructura formada y consistente para que no se “derrumbe” (Tejero, F. 2008).

Estudiando los resultados de las harinas ensayadas, se han diseñado dos opciones para panificar:

Pre cocido 1: 30% Isengrain + 70% Nogal

Pre cocido 2: 20% Berdun+ 15% Botticelli + 25% Galera + 40% Isengrain

	% Prot	P	L	P/L	W	Ie	Gh	Amilo	Farino
<b>Pre cocido 1</b>	11,49	88	103	0,84	239	0,4390	27,21	707	59,96
<b>Pre cocido 2</b>	11,28	68	96	0,70	207	0,4952	24,80	960	58,33

**Tabla 19\_ Especificaciones de los diseños realizados para Pan de pre cocido.**

Se diseña una harina de baja actividad enzimática, ideal para masas sometidas a pre cocción. Cuando el contenido de enzimas en la harina es elevado, la formación de la miga durante la pre cocción se prolonga demasiado, con peligro de derrumbamiento al salir el pan del horno (Tejero, F. 2008).



## **Pan artesano**

El proceso artesano de panificación artesano comprende un gran número de variables ya que cada panadero tiene un método propio.

El proceso se basa en un amasado lento, seguido de un reposo – maduración largo. Este sistema requiere de una harina con las siguientes harinas aproximadas: W en torno a 140 – 210, un valor de P/L de 0,5 y una absorción de agua sobre el 55% (*Barriga, X. 2003*)

Se han diseñado dos recetas con diferentes porcentajes con las variedades que mejor se adaptan a las necesidades del proceso.

Artesano 1: 10% Arthur Nick + 50% Berdun + 35% Bokaro + 5% Marius

Artesano 2: 65% Botticelli + 35% Isengrain.

	% Prot	P	L	P/L	W	le	Gh	Amilo	Farino
<b>Artesano 1</b>	10,49	51	103	0,50	143	0,4186	22,61	1121	55,99
<b>Artesano 2</b>	10,81	55	78	0,71	153	0,5420	23,35	1079	57,02

**Tabla 20\_ Especificaciones de los diseños realizados para Pan artesano.**

## 8.4 Análisis en panadería.

Realizamos la panificación de las seis harinas diseñadas (dos para cada proceso).

### **Pan de Molde**

Los datos obtenidos por las dos harinas que vamos a panificar según el proceso de pan de molde son:

	% Prot	P	L	P/L	W	Ie	Gh	Amilo	Farino
<b>Molde 1</b>	12,42	98	123	0,803	347	0,5298	30,84	915	60,70
<b>Molde 2</b>	12,60	88	120	0,745	330	0,5686	30,85	869	61,03

En el amasado observamos:

- Molde 1 (19 minutos) afina antes que masa 2 (20 minutos).

- Al finalizar el amasado la masa 1 es más elástica y extensible que la masa 2 pero con menor consistencia que esta.

- La temperatura de la masa 2 al final del amasado es de 24,5, mientras que la masa 1 está 26 grados puede ser debido a una falta de agua o a un exceso de amasado.

- La consistencia de ambas masas al finalizar el amasado es similar.

En el formado no se observan diferencias en la longitud de la masa a la salida de la formadora.

En la fermentación:

- La masa 1 duplica su volumen, mientras que en la masa 2 se estima que le faltaría sobre 15 minutos para llegar a ese punto. Esto se puede explicar por el bajo índice de extensibilidad de la masa 1 respecto a la 2 que hace que el gas carbónico le cueste menos desplazarse en el interior de la masa.

En cocción:

- No se encuentran diferencias significativas en el horno, muestran un desarrollo correcto y homogéneo.

- Al finalizar el tiempo de horneado ambas salen con el aspecto esperado en cuanto a color y brillo.

Una vez frío el pan:

- Se mide la altura y el volumen de las masas. Siendo los panes de la masa 1, con menor altura y menor volumen, aunque las diferencias no son significativas.

- Ambos panes mantienen su estructura durante las primera 24h.

- En los panes de la masa 1 se observa al día siguiente un leve hundimiento de las paredes debido a una ligera falta de fuerza.

- La masa 2 el pan ha subido por encima del borde del molde mientras que la masa 1 se ha quedado más plana con una ligera falta de volumen.



**Foto 22\_ Volumen del molde marcado en verde (masa 2) superior al marcado en amarillo (masa 1). Autora: Arjona, B.**

- La masa 2 tiene el alveolo de la miga más fino y homogéneo, característica buscada en este tipo de pan. La masa 1 más irregular probablemente debido al exceso de amasado. “La estructura y el alveolado del pan están condicionado por el amasado entre otras cosas” (*Tejero, F 2008*)



**Foto 23\_ Izqda: alveolo irregular, en tamaño y disposición (masa 1) .Dcha: miga homogénea (masa 2). Autora: Arjona, B.**

El estudio de ambas masas en panadería nos indica, que ambas son válidas para un proceso de panificación de pan de molde.

En la opción 1 los valores alveográficos muestran un mayor valor de fuerza panadera y una mejor extensibilidad, solo con los valores alveográficos puede parecer la opción idónea pero en el proceso de panificación muestra hundimiento de las paredes laterales y exceso de temperatura al final del amasado, para poder usar esta harina el proceso de nuestro cliente debería adaptarse:

- Disminuir el tiempo de amasado para que al finalizarlo la masa no se quedé por encima de los 24,5°C. Con este conseguiremos eliminar el exceso de pegajosidad.

Una de las características importante de la harina para pan de molde es la fuerza panadera y aunque en este caso la masa 1 tiene un mayor valor en el alveógrafo, las masa 2 se comporta en panadería como una harina más fuerte que la 1 probablemente debido al mayor porcentaje de trigo Bologna en la opción 2 y dado que este trigo tiene marcada una fuerza varietal muy marcada.

Dado que la posibilidad de que el cliente adapte su proceso productivo no es viable, la opción que se suministra es la:

- Molde 2: 75% variedad Bologna + 20% variedad Galera + 5% variedad Ingenio.

## **Pre cocido**

El ensayo de panificación para pre cocido se realiza partiendo de dos masas con las siguientes especificaciones analíticas:

	% Prot	P	L	P/L	W	Ie	Gh	Amilo	Farino
<b>Pre cocido 1</b>	11,49	88	103	0,84	239	0,4390	27,21	707	59,96
<b>Pre cocido 2</b>	11,28	68	96	0,70	207	0,4952	24,80	960	58,33

En el amasado:

- Tras el amasado la masa 1 se queda visiblemente más blanda y algo más pegajosa y extensible que la masa 2.

Tras pasar las masas por la formadora:

- Se observa que las barras de la masa 1 son más largas que las de la masa 2.

- Ambas muestran la misma longitud una vez formadas.

Durante la fermentación:

- Tras el tiempo de fermentación la masa 2 está lista para la precocción, mientras que la masa 1 muestra un ligero retraso.

En el momento de realizar el corte:

- Al realizar la greña se observa que la masa 1 ha perdido algo de volumen: La greña ha provocado que la masa se desgasifique.

Tras la Pre cocción:

- El color de ambas masas tras la pre cocción es pálido, no se aprecian diferencias de tonalidad, entre masa 1 y masa 2.



**Foto 24\_ Color del pan tras la primera cocción Mayor longitud de las barras marcadas en verde (masa 1). Autora. Arjona, B.**

En la cocción final:

- Durante la cocción en el horno se observa que la masa 1 no da el tirón inicial hacía arriba.



**Foto 25 \_ Pan tras cocción final, barras marcadas en verde (masa 1) más aplanadas que barras marca azul (masa 2). Autora. Arjona, B.**

- Una vez fría se realiza la medición de anchura y altura y el volumen.
- No hay diferencias significativas en el volumen. La masa 1 es más plana y ancha que la masa 2.

La opción ideal para un proceso de pre cocido según los análisis de laboratorio es la masa 1, con mayor proteína y una fuerza panadera mayor.

Sin embargo en panadería presenta varios problemas en diferentes partes del proceso. La pegajosidad, extensibilidad está directamente relacionada con la elevada absorción, en harinas para pre cocido al realizar un amasado reducido en tiempo, es recomendable utilizar harinas con menor absorción de agua (*Morandea, C. 2007*).

Los problemas de volumen y desarrollo tanto en la fermentación como en pre cocción y cocción esta relacionados con el amilo del Nogal que está en un porcentaje del 70% en la masa 1 y muestra valores de alta actividad enzimática.

Aunque en la media la masa 1 muestra un amilo de 707UA, a través de numerosos ensayos en nuestras instalaciones sabemos que la influencia en la harina de un trigo germinado influye mucho más que proporcionalmente, es decir, el bajo amilo de Nogal no es compensado por el buen amilo del Isengrain.

Un estudio realizado la campaña 2013 sobre la variedad Nogal en nuestras instalaciones obtuvimos como resultado que el 60% de las toneladas que entraron en nuestras instalaciones, mostraban harinas con amilos bajos.

En las harinas para pre cocido es muy importante no utilizar harinas que provengan de trigos germinados ya que en la fase de horneado el pan debe adquirir una consistencia tal que se pueda sacar del horno aún sin haber empezado a coger color y esta consistencia no se consigue con bajos amilos y altas actividades enzimáticas (*Tejero, F. 2008*)

De las harinas panificadas, la que cumple con los objetivos y se adapta al proceso productivo final es la masa 2: 20% Berdun+ 15% Botticelli + 25% Galera + 40% Isengrain



## Pan artesano

El ensayo de pan artesano con los recursos que tenemos en nuestra planta piloto lo podemos reproducir con exactitud, para ello partiremos de las harinas caracterizadas en la siguiente tabla:

	% Prot	P	L	P/L	W	Ie	Gh	Amilo	Farino
<b>Artesano 1</b>	10,49	51	103	0,50	143	0,4186	22,61	1121	55,99
<b>Artesano 2</b>	10,81	55	78	0,71	153	0,5420	23,35	1079	57,02

Durante el amasado:

- Durante el amasado no se observan diferencias en los primeros minutos y ambas se comportan como harinas flojas estándar.

- Es en el minuto 19 (de los 20 de amasado) cuando se observa que la masa 1 está empezando a afinar para acabar de hacerlo en el minuto 20 y la masa 2 todavía no ha comenzado el proceso de afinado de la masa.

- Las temperaturas de las masas al final del proceso son de 24,3 grados para la masa 1 y 23,2°C para la masa 2, lo que nos indica que la masa 2 necesitaría un mayor tiempo de amasado.



Foto 26\_ Masa 2 en el minuto 19, se observa masa no afinada. Autora: Arjona, B.

En el reposo y boleado manual:

- Masa 2 muestra más tenacidad, menos relajamiento y menos elasticidad que la masa 1.

En el horno:

- Se observa más desarrollo en la masa 1.



**Foto 27\_ Barra de la derecha y pan inferior pertenecen a la masa 2, con falta de desarrollo y menor volumen. Autora: Arjona, B**

Tras la cocción:

- Los panes de la masa 2 son más pequeños.
- El alveolado es uniforme en todas las piezas.
- Las barras de la masa 2 muestran rotura lateral.



**Foto 28\_ Barras masa 2 con rotura lateral. Autora: Arjona, B.**

Las diferencias de comportamiento durante la panificación se deben al desequilibrio que expresa la harina 2 con un P/L de 0,71, desequilibrio que muestra una marcada tenacidad

Ambas harinas están dentro de los parámetros que se piden a una harina para proceso de panificación artesana. Para este caso en concreto y con los pasos y especificaciones que nos indica nuestro cliente la que mejor se adapta a su proceso sería la harina 1.

Antes de comenzar el ensayo los valores obtenidos en los análisis de laboratorio de ambas harinas indicaban que el comportamiento debe ser similar en panadería. Tras el ensayo se estima que las diferencias son debidas a la calidad del gluten , deducción que va en la misma línea de “ las proteínas del gluten son las responsables de las diferencias en las propiedades panaderas que presentan las harinas en el proceso de panificación “ (*Miralbés, C. 2001*)

Cabe destacar que en los procesos artesanos es más sencillo modificar algún parámetro por lo que se le indica a nuestro cliente que podría trabajar con una harina de mayor proteína que le aportaría mayores matices, y que sería la masa 2. En este caso las medidas correctoras a aplicar son:

- Realizar una autólisis, es decir, amasar la harina más el agua durante 5 minutos, reposar durante 20 y continuar el amasado.
- Disminuir tiempo de reposo en bloque, para no acentuar la tenacidad.
- Menor temperatura de la masa añadiendo más agua y disminuyendo el tiempo de amasado.

En este caso se suministra al cliente ambas harinas , ya que está en proceso de adaptar parte de su proceso.

En la actualidad se le sirve la harina 1: 10% Arthur Nick + 50% Berdun + 35% Bokaro + 5% Marius

# CONCLUSIONES

## 9. CONCLUSIONES.

---

1.- Los análisis reológicos de cada harina nos permiten clasificar cada trigo en función del valor panadero de sus harinas:

-Arthur Nick: Variedad panificable baja, con una buena extensibilidad y sin signos de tenacidad.

-Berdun: Variedad panificable, tenaz y con buena extensibilidad.

-Bokaro: Variedad panificable alta con buena extensibilidad y proteína en grano más típica de trigos de media fuerza.

-Bologna: Variedad de fuerza, muy tenaz y muy extensible.

-Botticelli: Variedad panificable normal en cuanto a tenacidad y de limitada extensibilidad.

-Galera: Variedad de gran fuerza con harina muy tenaz y extensible.

-Ingenio: Variedad de media fuerza, aporta tenacidad y tiene una limitada extensibilidad

-Isengrain: Variedad de panificación alta tenaz y poco extensible.

-Marius: Variedad de mayor extensibilidad y una muy baja tenacidad.

-Nogal: Variedad de media fuerza con harina muy tenaz y buena extensibilidad. Es el único que nos ha dado problemas de germinación, detectándolo por su bajo amilo.

2.- Las variedades de trigo utilizadas para el diseño de las seis opciones de harina que pasaran al proceso de panificación son:

Proceso para pan de molde, se necesita harina de fuerza que soporten todos los ingredientes, por ello las mezclas de variedades propuestas son:

- 20% Bologna + 70% Galera + 10% Nogal

- 75% Bologna + 20% Galera + 5% Ingenio

Proceso pan pre cocido requiere harinas de media fuerza, las mezclas diseñadas son:

- 30% Isengrain + 70% Nogal

- 20% Berdun + 15% Botticelli + 25% Galera + 40% Isengrain

Proceso pan artesano, harina con buena extensibilidad y baja tenacidad:

- 10% Arthur Nick + 50% Berdun + 35% Bokaro + 5% Marius
- 65% Botticelli + 35% Isengrain.

3.- En las pruebas de panificación y en función de la respuesta de las masas a cada proceso se seleccionan las harinas que cumplen con los objetivos planteados por el cliente:

Para el pan de molde la masa que cumple con los objetivos planteados de fuerza, poca extensibilidad y con ausencia de actividad enzimática y la que mejor funciona en la prueba de panificación es; 75% Bologna + 20% Galera + 5% Ingenio.

La harina que cumple las especificaciones del cliente de pre cocido de alto contenido en gluten, fuerza y proteína superior a 12% y es apta al proceso de congelación es la formada por: 20% Berdun + 15% Botticelli + 25% Galera + 40% Isengrain

Las dos harinas diseñadas para el proceso de pan artesano, cumple analíticamente con las necesidades de elasticidad, extensibilidad y ausencia de tenacidad, en panadería se muestra más sencilla de trabajar la harina: 10% Arthur Nick + 50% Berdun + 35% Bokaro + 5% Marius

## **BIBLIOGRAFÍA**

## 10. BIBLIOGRAFÍA

---

- ARISTAZABAL, D. (2006). *Secretos de la panadería casera*. Argentina. Albatros.
- BARRIGA, X. (2003). *Panadería artesana, tecnología y producción*. Barcelona: Montagud Editores SA.
- BIREMONT, G. (1997). *L'art du pain*. Malakoff: Editions J. Lanore.
- 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.
- CAUVAIN, S. (2008). *Productos de panadería: ciencia, tecnología y práctica*. Barcelona: Acribia Editorial.
- GIL HERNANDEZ, A. (2009). *Libro Blanco del Pan*. Editorial Médica Panamericana.
- GISLLEN, W (2002). *Panadería y repostería para profesionales*. Madrid: Limusa SA.
- HOSENEY, R. C. (1991). *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- KENT, N. (1987). *Tecnología de los cereales*. Zaragoza: Acribia.
- MADANI, C. (2011). *Los cereales: semillas sorprendentes*. Argentina: Hispano Europea.
- Manual de instrucciones del Alveógrafo Chopin. *Chopin Instrument de controle industriel*. (1989). Tripete. Renaud.
- Manual de instrucciones del GlutamaticPerten. (1994). Suecia: Perteninstrument.
- MIRALBÉS, C. (2001). *Enzimas en Panadería*. Barcelona: Montagud Editores SA.
- MORANDEAU, C. (2007). *El arte de hacer pan*. Barcelona: RBA libros.
- CALVEL, R. (1980). *La Panadería Moderna*. Buenos Aires: Editorial Américalee.



Real Decreto 1137/1984, de 28 de marzo. Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Fabricación, Circulación y Comercio del Pan y Panes Especiales.

Real Decreto 1615/2010, de 7 de diciembre. Norma de calidad del trigo.

ROUSSEL, P.; BARTOLUCCI, J. (1996). *Comportement des pâtes boulangères au façonnage*. Paris: Industries des Céréales.

TEJERO, F. (1998). *Manual de formación profesional en panadería*. Madrid: Ediciones Angeles Martinez

TEJERO, F. (1995). *Panadería Española 2*. Barcelona: Montagud Editores SA.

TEJERO, F. (2008). *Panadería y bollería. Mecanización y calidad*. Barcelona: Montagud Editores SA.