



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

INGENIERÍA BIOQUÍMICA CON ESPECIALIDAD EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

PRESENTA:

LUIS ENRIQUE VICENTE RAMÍREZ

NOMBRE DEL PROYECTO:

ESTABLECER CURVAS DE SECADO PARA LOS FORMATOS
HUECAS Y MENUDAS PRODUCIDAS EN LA LÍNEA "D" EN LA
PLANTA "LA ITALIANA S.A. DE C.V." DE IRAPUATO.

ASESOR:

IB.Q. MARGARITA MARCELIN MADRIGAL

ASESOR EMPRESARIAL:

I.B. FERNANDA JUDITH CASTILLO ROLDÁN

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS, DICIEMBRE DEL 2016.

ÍNDICE

Capítulo 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Marco teórico	5
1.4.1 Curvas de secado	5
1.4.2 El aire.....	8
1.4.3 Temperatura de bulbo seco	12
1.4.4 Temperatura de bulbo húmedo.....	12
1.4.5 Delta	12
1.4.6 Pastas alimenticias	13
Las pastas alimenticias son productos obtenidos a partir del secado de una masa no fermentada, elaborada con sémolas de trigo duro o semiduro.	13
1.4.7 Física del secado	15
1.4.8 Procesos posibles para secado de la pasta.....	18
1.4.9 Modificación de los componentes de la pasta durante el secado	18
Capítulo 2	22
2.1 Problemas a resolver	23
Capítulo 3	24
3.1 Procedimientos y descripción de las actividades realizadas.....	25
3.1.1 Registro de lecturas de Curvas de Secado.....	25
3.1.2 Toma de muestras.....	26

3.1.3 Determinación de humedad de las muestras en base a la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008.	26
3.1.4 Determinación de granulometría de la sémola.	28
Capítulo 4.....	29
4.1 Resultados y Discusiones	30
4.1.1 Variables que afectan las condiciones óptimas de humedad en la pasta.	30
4.1.2 Cambios de humedad en la pasta, producidos por las modificaciones de los parámetros presión, temperatura, delta y humedad relativa, durante el proceso de pre-secado y secado.....	33
4.1.3 Granulometría de la sémola de trigo durum y sus efectos en el proceso de amasado.....	48
4.1.4 Propuestas de Curvas de Secado para formatos de la línea “D”.....	49
Capítulo 5.....	55
5.1 Conclusiones.....	56
5.1.1 Recomendaciones	57
Capítulo 6.....	58
6.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas.....	59
Capítulo 7.....	60
7.1 Referencias Bibliográficas.....	61
Capítulo 8.....	62
8.1. Anexos	62

Capítulo 1

1.1 Introducción

La necesidad de saber lo que comemos y porque, es de gran importancia, ya que a través de los alimentos se suministra la energía necesaria para cubrir las necesidades de distintos procesos biológicos. Uno de los mayores ejemplos son los cereales y la importancia que tiene en nuestra alimentación, no solo en nuestro país sino en todo el mundo. Estos aportan el 60% de la alimentación mundial, de ahí la importancia de los productos procesados a bases de cereales en las industrias.

La pasta alimenticia es el producto obtenido por el empaste, mezcla y amasado mecánico de sémola de trigo durum rico en gluten y de agua potable, donde dicho líquido es eliminado por evaporación durante un proceso de secado.

Este proceso de secado nos lleva al estudio y al análisis minucioso de una curva de secado el cual se define como un gráfico de contenido de humedad en función del tiempo, donde el coeficiente de difusión influye directamente con la velocidad de evaporación del agua dependiendo de las diferentes materias primas.

El presente trabajo, realizado en GRUPO INDUSTRIAL LA ITALIANA S.A. de C.V., surge de la necesidad que tiene la compañía de conocer y estandarizar adecuadamente una curva de secado ideal para cada formato de pasta producido en la línea "D", a fin de tener un control más estricto y eficiente en la línea. La importancia de las curvas de secado radica en la obtención humedades adecuadas durante el proceso y productos terminados. Por esta razón, el objetivo fundamental es establecer curvas de secado para la línea "D" en los formatos de huecas y menudas, para obtener el porcentaje (%) de humedad dentro de las especificaciones establecidas internamente. Para llegar a la estandarización fue necesario realizar lecturas periódicas de cada una de las variables que componen a una curva de secado, con el propósito de obtener la mayor cantidad de datos posibles y poder seleccionar una sola curva de secado que nos permitiera asegurar que el porcentaje (%) de humedad de las pastas, se encontrara dentro de lo especificado. El marco de acción se inició con la identificación de las variables, parámetros y fuentes que afectan directamente el porcentaje (%) de humedad de la pasta tales como la presión de los sinfines, la temperatura, delta, y humedad relativa durante el proceso de secado, asimismo la humedad de las materias primas y el porcentaje de agua suministrado durante el proceso productivo.

1.2 Justificación

Las industrias alimentarias han tomado un papel muy importante dentro del desarrollo de nuestro país, dado por el valor que constituye su potencial económico e industrial que generan.

En la actualidad la notable demanda en Grupo Industrial La Italiana se encuentra en constante crecimiento, por ello la empresa de este sector alimentario se enfrenta a una gran competencia, por esta razón necesita innovar y reestructurarse continuamente, haciendo grandes esfuerzos a fin de operar con mayor efectividad, generando productos de alta calidad para poder competir en el mercado nacional.

Por esta razón es pertinente dentro del contexto industrial, mantener un estricto y adecuado control en la optimización de todo el proceso productivo, con la finalidad de poder tomar acciones necesarias que conduzcan a la organización y al alcance de los objetivos y de las políticas de calidad. Este control debe abarcar aspectos muy importantes como son: los estándares de calidad, el grado en que el producto satisface las exigencias de producción, el buen mantenimiento y funcionamiento de la planta, equipos en condiciones óptimas, métodos de trabajo aplicados, tecnología y automatización etc.

Dentro de los estándares de calidad en Grupo Industrial La Italiana, la humedad es un factor relevante en la estabilidad de las pastas alimentarias, de tal forma que, en base al contenido de agua, se establecen las condiciones de su manejo y procesamiento.

Los productos terminados que tienen un porcentaje (%) de humedad por debajo de la especificación, son considerados elementos de suma importancia que inciden negativamente en la productividad de la empresa. La Italiana S.A. de C.V. presenta deficiencias en el control adecuado de estos porcentajes (%) de humedad en las pastas, provocados por el mal manejo y/o manipulación en las curvas de secado durante el proceso, ocasionando una grave pérdida económica de casi medio millón de pesos anuales. De manera que este proyecto obedece a la necesidad que presenta la empresa actualmente, con el propósito de optimizar sus recursos, haciendo necesario establecer curvas de secados idóneas para cada formato, producidas en la línea “D”, que nos permitan obtener humedades dentro las especificaciones establecidas internamente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Establecer curvas de secado para la línea “D” en los formatos de huecas y menudas, para obtener el porcentaje (%) de humedad dentro de lo especificado.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Identificar dentro del proceso productivo, las variables que afectan las condiciones óptimas de humedad de la pasta.
- b) Analizar los cambios de humedad en la pasta, producidos por la modificación de los parámetros presión, temperatura, delta y humedad relativa, en las curvas de secado durante el proceso de pre-secado y secado.
- c) Examinar la granulometría de la sémola de trigo durum, con la intención de estudiar y visualizar sus efectos en el proceso de amasado.
- d) Realizar una curva de secado ideal para cada formato de la línea “D”, con la finalidad de asegurar la máxima calidad de las pastas elaboradas.

1.4 Marco teórico

Hablar de secado de la pasta sin conocer las reglas básicas que regulan el proceso, es muy difícil. Por lo tanto, es necesario entender cómo se aplican ciertas leyes de la física y como están estrechamente enlazadas entre ellas.

1.4.1 Curvas de secado

La cinética de secado de un material no es más que la dependencia de la humedad del material y de la intensidad de evaporación con el tiempo o variables relacionadas con este.

La intensidad de evaporación se determina a través de la velocidad de secado, que es el cambio de humedad (base seca) en el tiempo.

A partir de las curvas de cinética de secado (%H vs T), se puede tener una idea del tiempo de secado, del mecanismo de migración de humedad, de las condiciones predominantes en la transferencia de calor y masa y de la influencia que tienen en la velocidad de secado las variables del proceso tales como: temperatura, humedad relativa, delta, y la velocidad del aire.

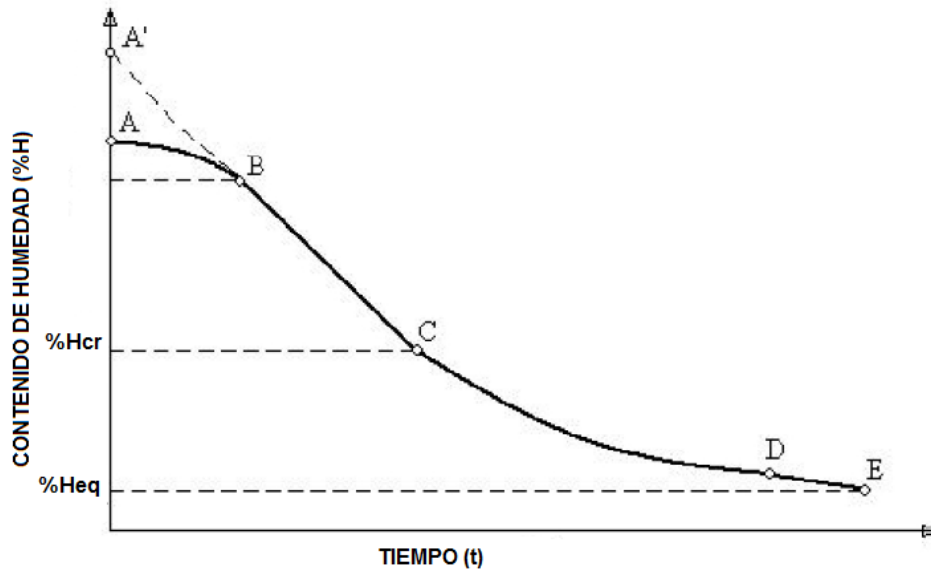
Las curvas de secado se obtienen a partir de un experimento en el cual se van tomando muestras de partículas periódicamente del lecho, para determinar su contenido de humedad (%H), donde:

$$\%H = \frac{W - W_s}{W_s} \quad (\text{EC. 1})$$

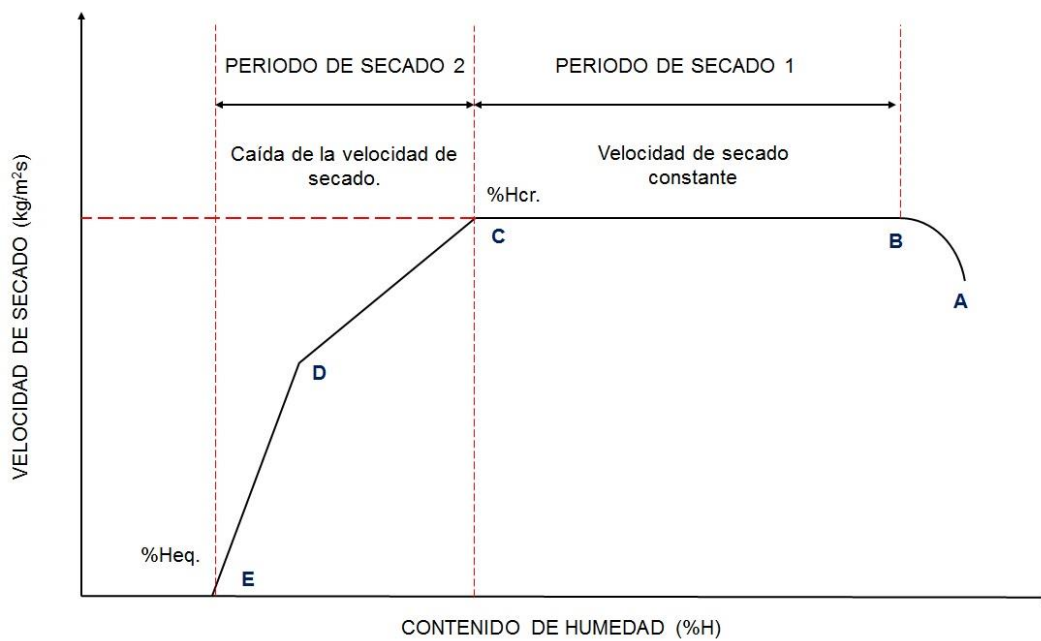
W= peso del sólido húmedo.

W_s= peso del sólido seco.

y se grafica contra el tiempo dando como resultado graficas similares a las mostradas en las gráficas 1 y 2:



Gráfica 1. Curva de Secado



Gráfica 2. Velocidad de secado.

En las curvas de secado pueden identificarse dos partes importantes que las caracterizan: el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente. La humedad contenida en la transición de estos dos periodos es conocida como humedad crítica, %Hcr. La humedad que se alcanza en tiempos prolongados de secado es conocida como humedad de equilibrio %Heq.

Etapas de la curva de secado.

- ✚ Etapa A-B: Es una etapa de estabilización, donde las condiciones de la superficie del sólido se equilibran con la temperatura del aire. Normalmente esta etapa es de poca duración en la cual, la evaporación no es significativa por su intensidad ni por su cantidad.
- ✚ Etapa B-C: Es el llamado primer período de secado o período de velocidad de secado constante; donde se evapora la humedad libre o no ligada del material y predominan las condiciones externas. En este período el sólido tiene un comportamiento no higroscópico.
- ✚ Etapa C-D: Es el segundo período de secado o período de velocidad de secado decreciente; donde se evapora la humedad ligada del material y predominan las condiciones internas o las características internas y externas simultáneamente.
- ✚ Etapa D-E: En esta etapa la evaporación ocurre desde el interior del sólido, hasta que no exista secado adicional.

1.4.2 El aire

El aire de la atmosfera contiene una cierta cantidad de humedad, proveniente de la evaporación del agua de los océanos, ríos, el vapor de agua exhalado por las personas, animales y plantas. Al respirar, las personas exhalamos vapor de agua, y también por los poros de la piel al producir sudor. Por ello, en los ambientes cerrados con personas en su interior, el contenido de vapor de agua en el aire va aumentando.

1.4.2.1 Humedad

La humedad es un término utilizado para describir la presencia de vapor de agua en el aire, ya sea a la intemperie, o dentro de un espacio; aire y vapor de agua, existen juntos en un espacio dado al mismo tiempo, sin embargo son independientes uno del otro y no responden de la misma manera a los cambios de condiciones, especialmente a los cambios de temperatura.

Es decir, en una mezcla de aire- vapor de agua, la humedad se define como “la masa de vapor de agua por unidad de masa de aire seco” (Beter P.A., 1998). Esta definición sólo depende de la presión parcial (P_A) del vapor de agua en el aire y de la presión total de la mezcla aire-vapor de agua (P_T). Si (A) es agua y (B) aire, entonces M_A y M_B sus pesos moleculares respectivamente:

$$H = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa de aire seco}} \quad (\text{EC. 2})$$

$$H = \frac{M_A(P_A)}{M_B(P_T - P_A)} \quad (\text{EC. 3})$$

Las palabras “vapor” y “gas”, comúnmente las empleamos para referirnos a lo mismo; pero en realidad, un gas es una vapor altamente sobrecalentada, muy lejos de su temperatura de saturación, como el air. Un vapor está en sus condiciones de saturación o no muy lejos de ellas, como el vapor de agua. Así pues, el vapor de

agua o “humedad” en un espacio, puede estar en una condición de saturación o ligeramente arriba de ella. Si lo enfriamos uno cuantos grados, hacemos que se condense, y si le aplicamos calor, lo sobrecalentamos. El agua no tiene que estar en ebullición, aunque sí lo está, el vapor de agua es producido con mayor rapidez.

1.4.2.2 Humedad de saturación

El término de aire saturado se emplea para indicar que el vapor de agua está en equilibrio con el agua líquida en las condiciones prevalecientes de presión y temperatura. En esta mezcla, la presión parcial del vapor de agua en la mezcla aire-vapor de agua es igual a la presión de vapor del agua pura (saturado), de manera que:

$$H_S = \frac{M_A(P_{AS})}{M_B(P_T - P_{AS})} \quad (\text{EC. 4})$$

donde P_{AS} es la presión de vapor del agua pura a la presión y temperatura dada y H_S es la humedad de saturación.

En otras palabras, la humedad de saturación es la máxima humedad que se puede tener a determinadas condiciones de presión y temperatura; sin embargo si a una temperatura determinada, el aire se encuentra saturado y se aumenta la proporción de vapor se llegará a la condensación o formación de niebla. Si el vapor presente en el aire está sobrecalentado, se le podrá añadir más vapor hasta que se llegue a saturación.

1.4.2.3 Humedad relativa

La humedad relativa (H_r), es un término utilizado para expresar la cantidad de humedad en una mezcla aire-vapor de agua, en comparación con la cantidad de humedad que esta mezcla tendría, estando totalmente saturado, a la misma temperatura.

De manera que, la humedad relativa (H_r) es el cociente entre presión parcial del agua en el aire y la presión de vapor de agua pura (saturado), a la misma temperatura, es decir:

$$\%H_r = \left(\frac{P_A}{P_{AS}} \right) (100) \quad (\text{EC. 5})$$

Al multiplicarlo por 100 nos dará el resultado en tanto por ciento. Cuando más próximo este su valor al 100%, nos indica que el vapor de agua está más cerca de condensarse, pero no significa que tenga mayor porcentaje de vapor de agua.

1.4.2.4 Porcentaje de humedad

El porcentaje de humedad, es 100 veces la relación del peso de vapor de agua con el peso del vapor de agua necesario para saturar un kilogramo de aire seco a la temperatura del bulbo seco.

En otras palabras, el porcentaje de humedad, es la relación porcentual de humedad (H), con respecto a la humedad de saturación (H_s , humedad máxima que puede tener), a las mismas condiciones de presión y temperatura.

$$\%H = \frac{H}{H_s} \quad (\text{EC. 6})$$

Es necesario advertir que el porcentaje de humedad no es igual al porcentaje de humedad relativa. Esto puede ser demostrado combinando las ecuaciones 2, 3 y 5,

$$\%H = \left(\frac{P_A}{P_{AS}} \right) \left(\frac{P_T - P_{AS}}{P_T - P_A} \right) (100) \quad (\text{EC. 7})$$

y comparar este resultado con la ecuación con la ecuación 4.

1.4.2.5 Humedad específica

La humedad específica, se refiere a la cantidad de humedad en peso que se requiere para saturar un kilogramos de aire seco, a una temperatura de saturación (punto de rocío) determinada. La humedad específica es muy similar a la humedad absoluta, excepto que esta última está basada en gramos por metro cubico, y la humedad específica, está basada en gramos de humedad por kilogramos de aire seco.

1.4.2.6 Punto de rocío

El punto de rocío se define como la temperatura a la cual una mezcla dada de aire y vapor de agua debe ser enfriada para saturarse, es decir, contener la máxima humedad sin que la condensación se produzca. También es considerado el punto de 100% de humedad. Cuando la mezcla es enfriada a temperaturas por debajo del punto de rocío, el vapor de agua se condensa para producir un sistema de dos fases, aire saturado y gotas de agua pura o rocío.

En este proceso la humedad de la mezcla no cambia, de tal manera que se puede calcular el punto de rocío de una mezcla utilizando la carta psicométrica.

Otro de los métodos para determinar el punto de rocío con bastante precisión es colocar un fluido volátil en un recipiente de metal brillante; después, se agita el fluido con un aspirador de aire. Un termómetro colocado dentro del fluido indicará la temperatura del fluido y del recipiente. Mientras se está agitando, debe observarse cuidadosamente la temperatura a la cual aparece una niebla por fuera del recipiente de metal. Esto indica la temperatura del punto de rocío. La niebla por fuera del recipiente no es otra cosa que la humedad en el aire, que comienza a condensarse sobre el mismo. No deben emplearse fluidos inflamables o explosivos para esta prueba. El siguiente método para determinar el punto de rocío indirectamente es con un instrumento llamado Psicómetro. Este método se basa en las temperaturas de “bulbo húmedo” y la de “bulbo seco”, las cuales se definirán más adelante.

1.4.3 Temperatura de bulbo seco

Es la temperatura que tendría una mezcla aire-vapor de agua expuesta en forma ordinaria al bulbo seco del termómetro (TBS), indicándonos el calor mensurable correspondiente de la mezcla.

1.4.4 Temperatura de bulbo húmedo

La temperatura de bulbo húmedo es la temperatura de estado estable que alcanza una pequeña masa de agua cuando se pone en contacto con una corriente de aire en condiciones adiabáticas.

Básicamente, un termómetro de bulbo húmedo no es diferente de un termómetro ordinario (bulbo seco), excepto que cuyo bulbo se encuentra recubierto por una pequeña mecha o pedazo de tela impregnada de agua. Si el aire no se encuentra saturado se produce un descenso en la lectura del termómetro debido a la evaporación del agua en la tela. A esta temperatura se conoce como de bulbo húmedo (TBH).

1.4.5 Delta

Como sabemos, la temperatura del bulbo húmedo es inferior a aquella del bulbo seco, por lo tanto la diferencia entre las dos temperaturas se llama delta o delta psicométrico

Las lecturas de temperatura y de la Delta son usadas para calcular la humedad relativa mediante una carta psicométrica.

1.4.6 Pastas alimenticias

Las pastas alimenticias son productos obtenidos a partir del secado de una masa no fermentada, elaborada con sémolas de trigo duro o semiduro.

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, define a la pasta, como “producto obtenido por el amasado mecánico de sémola, semolina, harinas o cualquier combinación de éstas procedentes de trigos con agua y otros ingredientes opcionales permitidos, moldeado, laminado o extruido y sometido o no a un proceso térmico de desecación”.

Los principales componentes para la elaboración de pastas son el agua y la sémola que está compuesta principalmente por proteínas y almidón, siendo estos elementos importantes en la elaboración del producto.

Las proteínas presentes en la sémola de trigo durum, son las gliadinas y gluteninas que tienen una característica fundamental: cuando se les agrega agua son capaces de unirse en largas cadenas, desarrollando una red proteica (gluten), que al atrapar el almidón en esta red, hace posible la formación de la masa; en donde la gliadina influye en la extensibilidad, y la glutenina, en la tenacidad de la masa.

Por otra parte, es importante tener en cuenta que la calidad de la pasta depende de:

- Las materias primas a utilizar.
- La formulación.
- Proceso de secado.

1.4.6.1 Tipos de pastas alimenticias elaboradas

Existen diversos tipos de pastas alimenticias en todo el mercado, a continuación se presenta la clasificación de las diferentes pastas que se elaboran en la línea “D” de la empresa.

Tabla 1. Tipo de pastas Huecas y Menudas producidas en la línea “D” de la empresa.

Pasta	Formato	Marca	Presentación
Menudas	Estrella	Italpasta	200 g/400 g
		Tía Cata	200 g
	Lenteja	Italpasta	200 g
	Letra	Italpasta	200 g/400 g
		Tía Cata	200 g
	Ojito	Italpasta	200 g
	Pepita	Italpasta	200 g
	Pescadito	Italpasta	200 g
Unilever		A granel.	
Huecas	Codo mediano	Italpasta	200 g
		Bakers & Chefs	3 kg
	Codo rayado	Italpasta	200 g/ 260 g/ 400 g/ 1 kg/ 2 kg
	Codo chico	Italpasta	200 g
	Pluma grande	Italpasta	200 g
	Pluma chica	Italpasta	200g
	Caracol chico	Italpasta	200 g
	Caracol mediano	Italpasta	200 g
	Caracol grande	Italpasta	400 g
	Tornillo	Italpasta	200 g/ 400 g
Serpentina	Italpasta	200 g/ 400 g	

Tabla 2. Tipo de pastas enriquecidas con fibra producidas en la línea “D” de la empresa.

Pasta	Formato	Marca	Presentación	Observación
Fibra	Codo mediano con fibra	Italpasta	200 g	Producto enriquecido con salvadillo.
	Codo chico con fibra	Italpasta	200 g	Producto enriquecido con granillo.
	Estrella con fibra	Italpasta	200 g	Producto enriquecido con salvadillo

1.4.6.2 Humedades de las pastas producidas en la línea “D”.

Es importante mencionar que la línea “D” al igual que las demás líneas, tiene establecida un intervalo en los porcentajes de humedad, el cual va de un 11% a un 12.5% de humedad, con el propósito de asegurar la estabilidad y calidad de la pasta.

1.4.7 Física del secado

El secado es un principio regulado por simples reglas físicas. En el caso de la pasta también intervienen variables relacionadas con la materia prima que complican su proceso, volviendo a veces incierto, o no como previsto, el resultado final. Una de las componentes de base para el secado es el calor.

El calor es una forma de energía, Q , depende de la energía cinética del movimiento desordenado de las partículas que constituyen la materia misma.

1.4.7.1 Transferencia de calor

Cada vez que dos cuerpos presentan una temperatura distinta, se manifiesta una forma de calor. Este calor Q no es otra cosa que la cantidad de energía que se transfiere de un cuerpo a otro y precisamente del más caliente al más frío.

Este transporte no se limita solamente a la energía térmica, si no que puede ser también mecánica o de masa.

Cada vez que existe una diferencia entre dos cuerpos, hay un transporte de energía Q . Este terminará cuando los dos cuerpos han alcanzado el mismo valor de temperatura quedando en equilibrio.

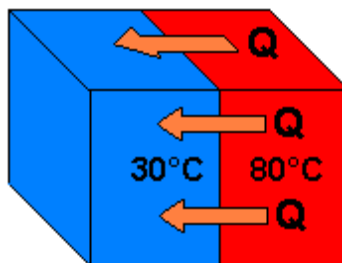


Fig. 1. Transferencia de calor en dos cuerpos.

1.4.7.2 Equilibrio de la transferencia de calor

Se dice que un proceso físico está en equilibrio, cuando no existen variaciones en los indicadores de estado; en nuestro caso de temperatura. Por lo tanto cuando los dos valores de temperatura serán idénticos, se presentará $Q = 0$ y el estado será en equilibrio.

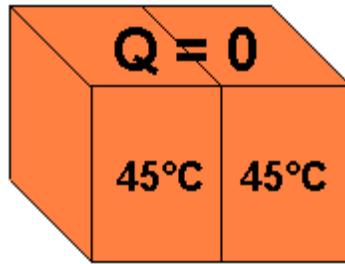


Fig. 2. Equilibrio en la transferencia de calor de dos cuerpos.

Es de notar que, entre mayor sea la diferencia entre los dos cuerpos, mayor será la velocidad de transferencia de la energía, y viceversa. Esto lleva una influencia en la variable del tiempo de secado.

Físicamente, la fase de secado se puede resumir en la eliminación del agua al interno de nuestro producto, la pasta.

En la fase de secado se dan dos procesos de transporte importantes:

1° Transporte de energía a la pasta a través del aire

El aire caliente cede calor a la pasta. El calor penetra al interno del producto transmitiendo desde el externo hacia el interno. El producto consume energía para calentarse, evaporando el agua contenida en su interior.

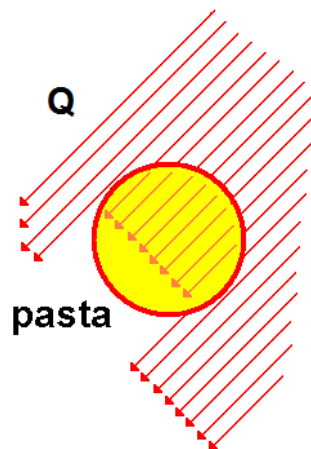


Fig. 3. Transporte de la energía calorífica a la pasta.

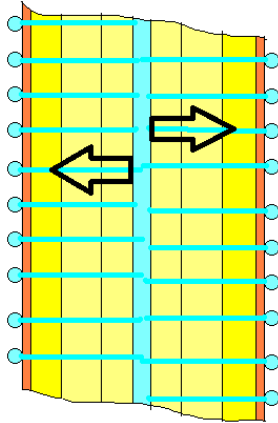


Fig. 4. Difusión del agua en la pasta.

Cabe señalar que la evaporación del agua en la pasta, en su mayoría es por difusión, la temperatura en el aire del secado y la humedad del producto, dependen fuertemente de la humedad del aire y de la velocidad de difusión del agua desde la parte interna, hasta la superficie.

El segundo transporte ocurre entre la pasta y el aire, y se refiere a la materia.

2º Transporte de masa de la pasta al aire.

El agua contenida en la pasta emigra hacia la superficie externa, a través del aire de secado, viniendo de manera extirpada.

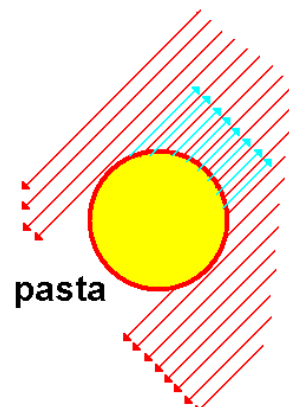


Fig. 5. Migración del agua de la pasta hacia la superficie.

Analizando individualmente los efectos del calor y de la humedad del aire, suponemos de aplicar separadamente los dos componentes.

Ver figura 6.

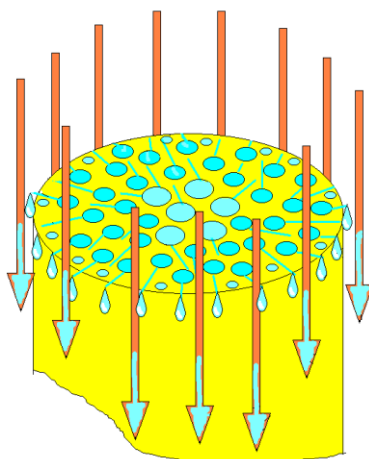


Fig. 6. Desplazamiento del agua hacia el exterior.

Efecto del calor del aire de secado: se pone en movimiento el agua que emigra hacia el exterior.

Efecto de la humedad relativa del aire de secado: se extirpa el agua en superficie

1.4.8 Procesos posibles para secado de la pasta

Todos sabemos que en los últimos 20-30 años la tecnología del secado de la pasta ha sufrido cambios muy importantes respecto al uso de la temperatura para el secado. Si consideramos todos los países del mundo incluso aquellos que no tienen un alto desarrollo, encontraremos sustancialmente 3 tipos de procesos de secado, temperatura baja (TB), temperatura alta (TA), y muy raramente temperatura muy alta (TMA).

El secado a temperatura baja (TB) es realizado con temperaturas de 50-60°C (122-140°F) y de 10-20 horas o más. El secado a alta temperatura (TA) es realizado con temperaturas de 75-95°C (167-203°F) y se hace de 2-6 horas; el secado (TMA) se realiza con temperaturas superiores a los 100°C (212°F) y se hace de 2 a 3 horas.

1.4.9 Modificación de los componentes de la pasta durante el secado

En la producción industrial de la pasta muchos parámetros contribuyen para dar una buena calidad al producto. La sémola de trigo durum es uno de los materiales más importantes, no obstante es fácil entender la alta calidad de la materia prima, (por su alto contenido en proteínas), gluten fuerte, color brillante, con esto podemos producir fácilmente pasta de buena calidad (textura fuerte después de su preparación, ausencia de pegajosidad y un buen color amarillo) pero desafortunadamente la calidad de la sémola de trigo durum puede cambiar durante los años de su cosecha.

El proceso de secado puede describirse como una secuencia de procesos térmicos que transforman una masa extruida, formada por sémola de trigo durum y agua. Esta masa extruida está compuesta 3 componentes; almidón, proteínas y agua, los cuales sufren diferentes modificaciones durante este proceso. Los efectos sobre el almidón son: hinchamiento, gelatinización, solubilización y en cierto caso gelificación. Las proteínas sufren hidratación, polimerización, agregación y coagulación; y el efecto sobre el agua solo es la evaporación. Sin embargo parte el almidón y las proteínas pueden interactuar entre ellas, cambiando su estructura durante el proceso.

Primero tiene lugar la hidratación porque transformamos una materia prima con 12-14% de humedad dentro de una masa con 30-32% de humedad, más tarde la reacción enzimática y química toman lugar.

Hoy en día las reacciones enzimáticas no son muy importantes porque en los procesos a (TA), la temperatura es suficientemente alta para interrumpir las actividades de las enzimas; no obstante, pueden tomar lugar durante la formación de la masa en la etapa de la mezcla y durante los procesos a temperatura baja (TB). Por el contrario, las reacciones químicas, siempre causan modificaciones en la estructura y composición del producto, aunque su importancia depende de la aplicación de la temperatura.

El almidón es un componente muy importante de la sémola de trigo durum y consecuentemente de la pasta representada en varios productos, en un 70% de los materiales están constituidos por una mezcla de amilosa (20-25%) y de amilopectina (70-80%) ambos no son solubles en agua fría. Las moléculas de amilopectina presentan ramificaciones con estructuras altamente ordenadas, mientras que las moléculas de amilosa son lineales.

Estos 2 componentes del almidón están cerrados por una membrana que protege a las moléculas del almidón desde el conecte enzimático.

Si la sémola de trigo durum está hidratada hasta un 30% de humedad, el agua ocupa espacios entre las moléculas almidón (amilosa y amilopectina) granulado, pudiendo distinguir la presencia de partículas de proteicas, y partículas de grasa, cabe señalar que en esta etapa no hay interacción entre el almidón y las proteínas porque la sémola de trigo durum solo es hidratada.

Por otra parte, el gluten al ser expuesto a un tratamiento térmico, lleva a cabo la formación de una red de partículas con estructura esponjosa, dando lugar a la polimerización.

1.4.9.1 Cambios específicos durante el tratamiento térmico

Almidón/Fécula

La primera modificación de la fécula es el hinchamiento, el volumen del granulado aumenta, así como la viscosidad del sistema, esta modificación toma lugar en 2 condiciones: cuando la temperatura se encuentra arriba de los 50°C (122°F) y con agua en el material.

La segunda modificación es la gelatinización de la fécula que causa una separación completa de sus componentes, y una solubilización de las moléculas. La gelatinización se lleva a cabo solo cuando la temperatura es superior a los 80 °C (176°F) aunque comienza lentamente cuando está a los 60-70°C (140-158°F) y cuando la humedad es menos del 23%. Entre los posibles ciclos de secado, no en todos los casos sucede este fenómeno, pero ciertamente siempre es causado por el cocinado en agua hirviendo, ya que la fécula matriz se rompe y queda completamente diferente. La gelatinización nos lleva a la solubilización la cual es la tercera modificación de la fécula, donde las “esferas pequeñas” se separan y quedan dispersas en el agua hirviendo lo que provoca pegajosidad en el cocinado de la pasta.

La última posible modificación de la fécula es la gelificación, causando una completa separación de las partículas al elevarse la temperatura del agua.

La gelificación tiene un efecto positivo en la calidad de la pasta porque en esta etapa los componentes de la fécula pueden ser dispersadas en agua hirviendo mientras se cocina y de esta forma obtenemos una pasta que no se pega.

Proteínas

Las posibles modificaciones de las proteínas del gluten al someterse a un tratamiento térmico, son la interacción entre las moléculas de la proteína, la coagulación e interacción entre el gluten y la fécula, dando como resultado una masa de proteínas; sin embargo, si la coagulación y la polimerización dan lugar homogéneamente en la inter fase entre las piezas, el volumen incrementa, el hinchamiento, la gelatinización y la solubilización tienen un efecto negativo en la calidad de la pasta, porque las pequeñas partículas de la gelificación de la fécula, al pasar por el agua, causan pegajosidad en el cocinado y desafortunadamente se pierde elasticidad.

El contenido de proteínas en la fécula de trigo también es importante: un bajo contenido de proteínas permite que el agua hirviendo penetre más fácilmente en la pasta y que la fécula vaya más fácilmente fuera de la pieza de la pasta.

Cuando menor sea la temperatura de la gelatinización, más rápido es el hinchamiento del granulado de la fécula, así que la gelatinización prevalece sobre la coagulación de la proteína.

Al final si producimos pasta, con ciclo de secado a baja temperatura usando materia prima de muy alta calidad obtenemos un producto, el cual, después de cocinar, la gelatinización del almidón es completamente contenida en la red de la proteína coagulada y la pasta no se paga. Si producimos pasta, a un ciclo de secado a alta temperatura, usando una baja calidad de materia prima, la proteína se contiene aunque la coagulación que toma lugar no es cuantitativamente suficiente para contener los gránulos de la fécula dentro del producto, y como resultado obtenemos pegajosidad en el cocinado de la pasta.

Agua

Durante el tratamiento térmico el agua solo se evapora en el caso del secado de la pasta, la intensidad y la velocidad de evaporación influyen en la estructura y consecuentemente en el aspecto del producto final.

Capítulo 2

2.1 Problemas a resolver

Grupo industrial La italiana, se ha caracterizado por buscar de manera constante la mejora continua de sus productos; por esta razón, pretende establecer curvas de secado, donde las condiciones sean las correctas para cada formato, producidas en la línea "D", con la finalidad de minimizar la producción de pastas con bajos porcentajes de humedad, y consigo reducir las pérdidas económicas ocasionados por dichos productos.

Cabe señalar, que el departamento de producción y operarios, presentan problemas en la manipulación en los puntos de ajuste (SP) de las curvas de secado, por tal motivo, es indispensable estandarizar parámetros y proponer curvas de secado, que permitan obtener humedades dentro de lo establecido internamente por el área de calidad, eliminando la realización de ajustes en el ordenador.

Esta implementación, ayudará a facilitar el proceso de producción, asegurando la estabilidad y calidad de las pastas durante todo el proceso.

Capítulo 3

3.1 Procedimientos y descripción de las actividades realizadas.

En este apartado, se describirán a detalle los procedimientos empleados para el monitoreo de las curvas de secado, así como el método empleado para la determinación de humedad de las muestras producidas en la línea “D”.

3.1.1 Registro de lecturas de Curvas de Secado.

Algunas de las variables son controladas por un aparato electrónico (Ordenador) en el cual se comparan las recetas del secado (SP: Punto de ajuste) con los valores actuales en operación (PV: Punto variable).

La siguiente tabla nos muestra los datos que fueron registrados durante las lecturas de las Curvas de Secado y el lugar donde se realizó el registro.

Tabla 3 Datos registrados durante el monitoreo de las Curvas de Secado.

Datos registrados	Lugar de registro
La formulación de la pasta en producción.	Área de Silos.
Temperatura de agua de caldera a su entrada.	Área de Calderas.
Temperatura de agua de caldera a su retorno.	
Presión del agua de caldera a su entrada.	
Flujo de sémola.	Ordenador de la línea L-D
Porcentaje y flujo del agua de amasado.	
Nivel de amasado.	
Presión de los sinfines 1 y 2.	
Velocidad de los sinfines 1 y 2.	
Capsulismo.	
Temperatura del cilindro 1 y 2.	
Temperatura del cabezal 1 y 2.	
Temperatura del trabatto.	
Temperatura en el proceso de pre-secado.	
Delta en el proceso de pre-secado.	
Porcentaje de humedad relativa en el proceso de Pre-secado.	
Temperatura del anticondensado en el proceso de Pre-secado.	
Temperatura en el proceso de Secado.	

Delta en el proceso de Secado.	
Porcentaje de humedad relativa en el proceso de Secado.	
Temperatura del anticondensado en el proceso de Secado.	
Temperatura del enfriador	
Temperatura de agua de amasado.	Sala de osmosis.
Nivel de vacío.	Área de Presas.

Nota: Las lecturas se realizaron con el formato presentado en el anexo 1.

3.1.2 Toma de muestras.

Terminada el registro de datos, se realizaba la toma de muestras.

Este proceso se llevó a cabo con ayuda de envases de plásticos, con el cual se recaudaban aproximadamente 100 g de muestra, en cada uno de los siguientes puntos del proceso de la línea “D”.

- Pre-secado.
- Secado.
- Enfriador (Producto terminado).

Nota: Para la toma de muestra de materias primas se realizaba en el área de silos.

3.1.3 Determinación de humedad de las muestras en base a la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008.

Cuando un producto es sometido a secado en condiciones específicas, presenta una pérdida de peso, debido a la evaporación del agua que contiene, la cual se reporta como valor de humedad.

Material:

- ❖ Cajas de aluminio de 55 mm de diámetro por 15 mm de altura, con tapa.
- ❖ Desecador hermético con agente desecante silica gel.
- ❖ Pinzas de crisol.

Equipo:

- ❖ Balanza analítica con sensibilidad de 0,0001 g
- ❖ Estufa de secado capaz de mantenerse a $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y provista de un orificio para ventilación.

Procedimiento:

- A. Pesar 2 g de muestra triturada en una caja de aluminio la cual previamente se ha secado por una hora a $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y enfriada en desecador durante una hora.
- B. Colocar la caja con la muestra dentro de la estufa y secar durante una hora a $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$. El tiempo debe empezar a contar a partir de que la temperatura en la estufa con la muestra alcance los $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$. La caja deberá estar semitapada.
- C. Después de una hora, tapar la caja dentro de la estufa. Sacar la caja y colocarla en el desecador y dejarla enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente (aproximadamente una hora).
- D. Una vez que se haya enfriado pesarla y reportar la pérdida de peso como humedad.
- E. Cálculos

$$\%Humedad = \frac{(A - B)}{W} (100)$$

En donde:

A = Peso de la caja con muestra en g.

B = Peso de la caja con muestra desecada en g.

W = Peso de la muestra en g.

Nota: Los datos y cálculos obtenidos fueron registrados en base al formato presentado en el anexo 2.

3.1.4 Determinación de granulometría de la sémola.

Material:

Tamices con los siguientes tamaños: 500 µm, 425 µm, 300 µm, 180 µm y plato colector.

Equipo:

- ❖ Balanza analítica.
- ❖ Rotor.

Procedimiento:

- A. Pesar 50 g de muestra de sémola de trigo durum.
- B. Verter la muestra en la columna de tamices. La columna está formada por una tapa y 4 tamices ensamblados en orden decreciente en relación a sus tamaños de abertura, y al final un plato colector.
- C. Colocar la columna de tamices sobre el rotor
- D. Agitar la columna de tamices, por un tiempo de 5 min.
- E. Pasado ese tiempo retirar la columna de tamices del rotor.
- F. Pesar el material retenido en cada tamiz y calcular el porcentaje de muestra retenido en cada tamiz.
- G. Cálculos

$$\% M = \frac{Y}{\sum X} (100)$$

En donde:

M= Porcentaje de muestra retenido en cada tamiz.

Y = Peso de la muestra retenida de cada tamiz en g.

ΣX=Sumatoria de los todos pesos de las muestras retenidas en los tamices en g.

Capítulo 4

4.1 Resultados y Discusiones

La humedad es el factor de mayor relevancia en la estabilidad de las pastas, por tal motivo, en este capítulo se presentan los análisis de cada una de las diferencias significativas encontradas en las lecturas de las curvas de secado, con la finalidad de poder identificar las variables que perjudican el porcentaje (%) humedad final de la pasta.

Cabe señalar que los cambios drásticos en las variables de las curvas de secado, producidos por su mala manipulación en los puntos de ajuste (SP), son factores que influyen directamente en el proceso de secado de la pasta, y como consecuencia se obtienen porcentajes (%) de humedad fuera de lo establecido internamente. Por esta razón se realizó un breve estudio del comportamiento de dichas variables después de haber sufrido un ajuste durante el proceso.

En el monitoreo también se determinó la humedad y granulometría de la sémola de trigo durum, para verificar si sus condiciones son la adecuadas para el proceso de producción.

4.1.1 Variables que afectan las condiciones óptimas de humedad en la pasta.

Según las lecturas periódicas de las curvas de secado, se observa que existen cuatro principales variables que afectan el porcentaje (%) de humedad final de las pastas producidas en la línea L-D, debido a las incorrectas modificaciones que realizan los operarios en los puntos de ajuste (SP) de las curvas de secado durante el todo el proceso. Las variables identificadas son las siguientes:

- a) Presión de los sinfines en el proceso de extruido.
- b) Temperatura de bulbo seco en el proceso de Pre-secado y Secado.
- c) Delta (diferencia entre la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo) en el proceso de Pre-secado y Secado.
- d) La humedad relativa en Pre-secado y Secado.

Todas estas variables guardan relación con lo señalado por Ángel Falder Rivero el cual manifiesta lo siguiente:

“La temperatura del aire en el lecho representa un factor de suma importancia, como es de imaginarse, esta determina el total de humedad que se puede contener.”

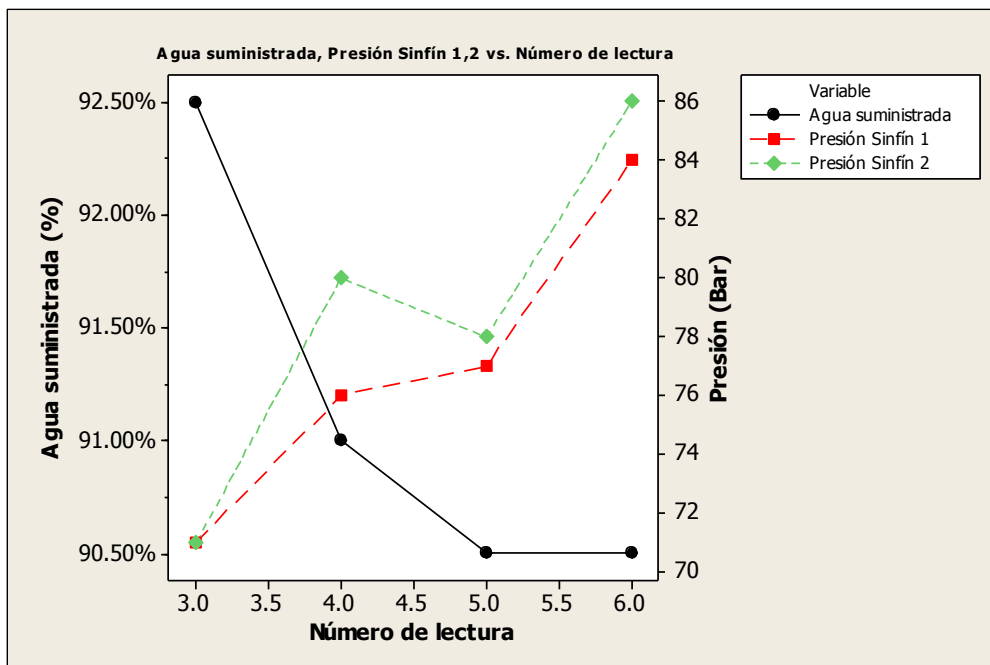
“En el extruido se debe controlar la presión de la masa que depende de: la humedad de la masa”

Con lo anterior, es necesario recalcar que el delta es dependiente de las temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo; y la humedad relativa del sistema está dada por la temperatura de bulbo seco y el valor de delta.

El análisis realizado a cada una de las lecturas nos reveló las siguientes correlaciones:

Durante el proceso de Amasado.

- A menor porcentaje (%) de agua suministrado, la presión de los sinfines en el proceso de extrusión ira en aumento.



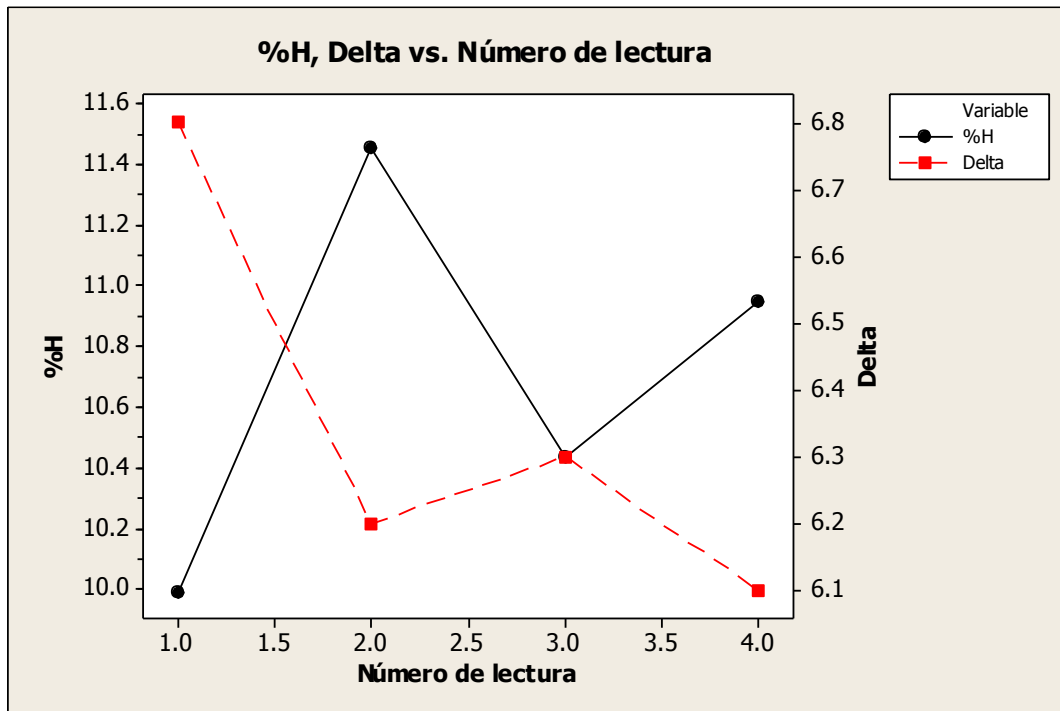
Gráfica 3. Relación entre el porcentaje (%) de agua suministrada y la presión de los Sinfines.

Los datos tomados para generar la gráfica 1 pertenecen al formato “letras”. En este gráfico se puede apreciar claramente que al disminuir el porcentaje de agua

suministrado en el proceso, la presión de los sinfines va en aumento. Este fenómeno también ocurre de manera inversa, ya que estos dos parámetros estarán dadas en base a las condiciones granulométricas de la sémola de trigo durum.

Durante el proceso de Pre-secado y Secado

- El Delta es inversamente proporcional al porcentaje (%) humedad final de las pastas.



Gráfica 4. Relación entre el porcentaje (%) de humedad y el valor de Delta.

Los datos tomados para generar la gráfica 2 pertenecen al formato “Codo mediano con Fibra”. Esta gráfica demuestra el comportamiento de proporcionalidad inversa, puesto que, si decrece el valor de delta, el porcentaje (%) de humedad aumenta en la misma proporción y al incrementar el delta, el porcentaje (%) de humedad disminuye de la misma forma.

Es pertinente tener en cuenta que para que se lleve a cabo de manera correcta este fenómeno, las condiciones de las otras variables (Presión de los sinfines, Porcentaje de agua, Temperatura, Delta y %Humedad relativa) deben ser constantes, es decir, que no sufran algún cambio significativo durante el proceso, de lo contrario esto repercute en el porcentaje de humedad de la pasta. Lo anterior se puede observar

claramente en la tercera lectura, ya que no se obtuvo una buena proporción inversa a causa de un aumento en el porcentaje de agua de un 85% a un 85.5%.

4.1.2 Cambios de humedad en la pasta, producidos por las modificaciones de los parámetros presión, temperatura, delta y humedad relativa, durante el proceso de pre-secado y secado.

En esta sección se presentan los cambios significativos de cada una de las curvas de secado, correspondientes a los siguientes formatos:

- Codo Mediano
- Codo Mediano con Fibra
- Codo Rayado
- Letras
- Fideo Cortado Unilever

Esto se realizó con el propósito de visualizar y estudiar el comportamiento de cada una variables antes identificadas para posteriormente seleccionar una sola curva de secado, que nos proporcione porcentajes de humedades dentro de lo establecido internamente.

FORMATO: **CODO MEDIANO** MARCA: **BAKERS & CHEFS – ITALPASTA**

Tabla 5.A Diferencias Significativas de Curvas de Secado del Codo Mediano.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNDS.	TOLERANCIA (±)	1ª LECTURA		2ª LECTURA		3ª LECTURA		4ª LECTURA		5ª LECTURA	
				SP	PV	SP	PV	SP	PV	SP	PV	SP	PV
PRENSA	AGUA	%	± 10		86%		85%		86.5%		86%		89.5%/1109 lt/h
	PRESIÓN SIN FÍN 1	BAR	± 2		76		84		74		63		82
	PRESIÓN SIN FÍN 2	BAR	± 2		81		85		74		63		84
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	75	75	75	75	75	75	76	76.9	74	73.7
	DELTA	Δ	± 0.5	6.5	6.5	6	6.1	6	6	7	7.5	6	5.6
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		74.5		75.6		76.1		71		77.2
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	76	75.9	76	75.9	77	76.5	76	76	73.5	73.6
	DELTA	Δ	± 0.5	7	7.2	6.5	6.9	7	7.2	7	7.1	6.2	6.2
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		71.7		72.8		72.1		72.3		74.9
PT	% HUMEDAD			12.1724		11.5323		11.6988		11.5562		11.1000	
MATERIA PRIMA	% HUM.SÉMOLA ENTERA			12.2506		11.2372		12.3912		11.9724		12.5925	
	%HUM. PASTA MOLIDA			9.6660		8.6946		10.1055		9.8735		9.9245	
	%HUM. VITAMINA GRANOTEC			10.7261		10.0715		9.0691		9.4655		9.2414	

Tabla 5.B Diferencias Significativas de Curvas de Secado del Codo Mediano.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNDS.	TOLERANCIA (±)	6ª LECTURA		7ª LECTURA		8ª LECTURA		9ª LECTURA	
				SP	PV	SP	PV	SP	PV	SP	PV
PRENSA	AGUA	%	± 10		86%/1070 lt/h		80%/997 lt/h		81.5%/1027 lt/h		82%/1048 lt/h
	PRESIÓN SIN FÍN 1	BAR	± 2		77		76		83		85
	PRESIÓN SIN FÍN 2	BAR	± 2		77		74		82		82
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	73	73	73	73.4	75	75.1	75	75.1
	DELTA	Δ	± 0.5	6.2	6.1	6.2	6.5	6	6	6	6
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		75.2		73.9		75.4		75.9
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	74	74	74	74.3	75	74.7	75	75
	DELTA	Δ	± 0.5	6.2	6.4	6.2	6.3	6	6.2	6	6.1
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		74.3		74.7		75.4		75.6
PT	% HUMEDAD			12.0976		11.2544		11.2283		10.1585	
MATERIA PRIMA	% HUM.SÉMOLA ENTERA			12.7756		12.0574		12.1744		11.8456	
	%HUM. PASTA MOLIDA			10.5211		10.1320		10.0635		9.5445	
	%HUM. VITAMINA GRANOTEC			12.1318		12.1256		11.2800		9.9480	

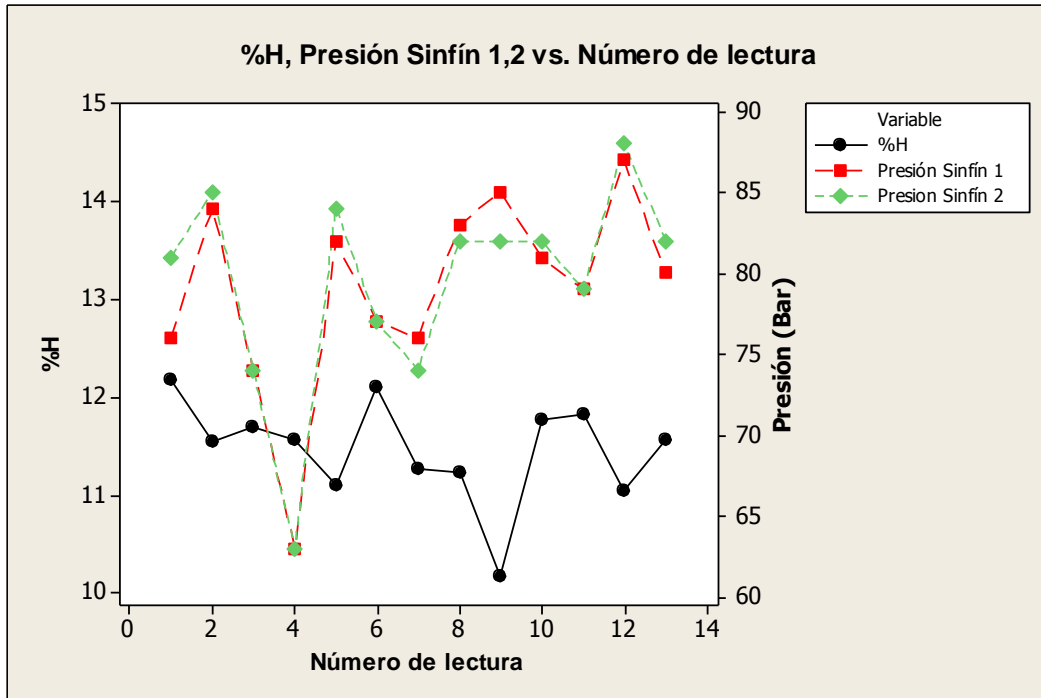
Tabla 5.C Diferencias Significativas de Curvas de Secado del Codo Mediano.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNDS.	TOLERANCIA (±)	10ª LECTURA		11ª LECTURA		12ª LECTURA		13ª LECTURA	
				SP	PV	SP	PV	SP	PV	SP	PV
PRENSA	AGUA	%	± 10		82%/1048 lt/h		82%/1048 lt/h		87.5%/1090 lt/h		86%/1070 lt/h
	PRESIÓN SINFIN 1	BAR	± 2		81		79		87		80
	PRESIÓN SINFIN 2	BAR	± 2		82		79		88		82
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	74	73.4	73	72.8	74	73.9	74	74
	DELTA	Δ	± 0.5	5.8	5.7	5.8	5.7	5.8	5.8	5.8	5.6
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		76.6		76.5		76.6		77
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	74	73.4	73.5	72.5	74	73.3	74	73
	DELTA	Δ	± 0.5	5.8	6	5.8	5.9	5.6	5.7	5.6	5.7
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		75.9		76		76.8		76.6
PT	% HUMEDAD			11.7568		11.8150		11.0439		11.5600	
MATERIA PRIMA	% HUM.SÉMOLA ENTERA			12.4775		11.8794		13.9686			
	%HUM. PASTA MOLIDA			10.2185		9.8750		9.5686			
	%HUM. VITAMINA GRANOTEC			12.7437		10.6805		12.7563			

El codo mediano, es un formato de pasta con mucha demanda en la empresa, por lo que está comprometida a producir esta pasta en grandes cantidades, estando en producción hasta por un tiempo de 10 a 12 horas continuas. Por tal motivo, en este formato se realizaron 13 lecturas, con la finalidad de ver a mayor detalle el comportamiento de las variables y tener una mayor confiabilidad al seleccionar la curva de secado más adecuada para el formato.

Las tablas 5.A, 5.B, y 5.C, pertenecen a los cambios más influyentes en las curvas de secado, las cuales se analizarán a continuación.

Las presiones en los sinfines, mostraron un comportamiento desequilibrado (con altibajos), por lo que no se tuvo un control adecuado de esta variable. Los cambios en las presiones ocasionan una inestabilidad en el porcentaje de humedad de la pasta. La 4ta lectura, presentó menor presión (63 bar en cada sinfín) en relación con todas las lecturas, obteniéndose una humedad en la pasta de 11.55%, por otro lado, la lectura que presentó mayor presión fue la 12va., con 87-88 bar en cada sinfín respectivamente, teniéndose una humedad en la pasta de 11.04%. Ver gráfica 5.



Gráfica 5 %H y Presión de los Sinfines durante las lecturas del formato Codo Mediano

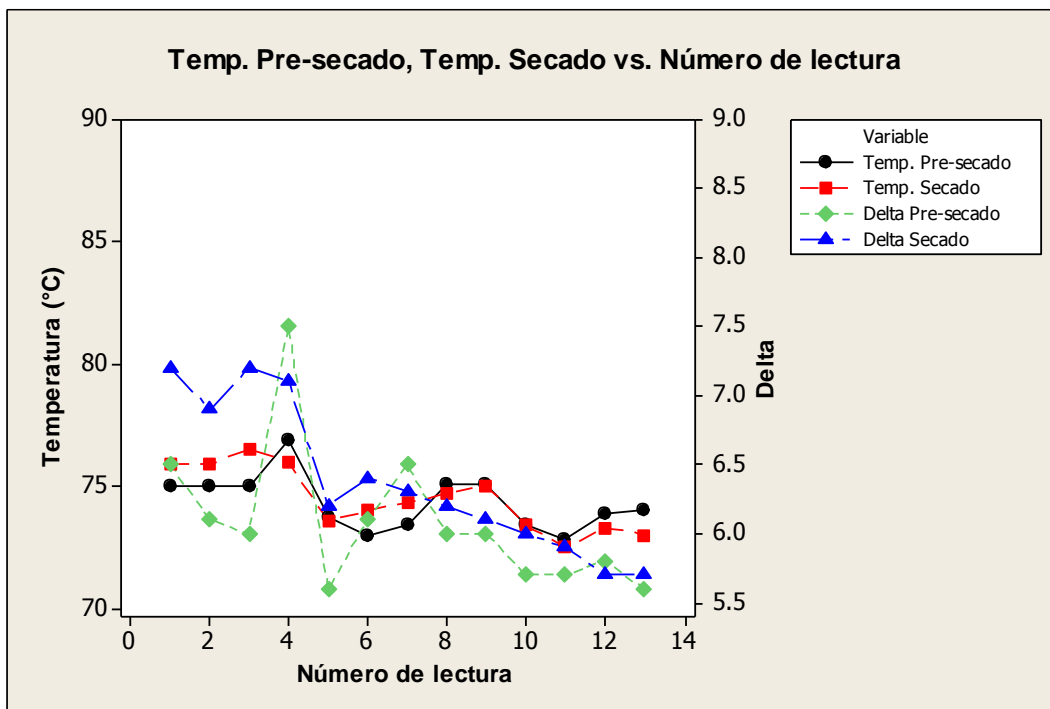
En la gráfica 5, se observa las diferentes variaciones en las humedades de la pasta. Las curvas de secado que presentaron un porcentaje de humedad adecuado fueron las que se encuentran en la 2da., 10ma., y 13va. lectura. Analizando lo anterior, durante dichas curvas de secado, las presiones que se ocuparon estuvieron en un intervalo de 80-85 bar.

La 9na. lectura, fue la única lectura que estuvo fuera de las especificaciones, obteniendo una humedad de 10.15% en la pasta.

Las temperaturas en el pre-secado y secado fueron las variables que mostraron un menor desequilibrio durante las lecturas. En el pre-secado se mantuvieron en un intervalo de 73 a 75 °C; y por su parte, la temperatura en el secado se mantuvo entre los 73 y 76°C.

El delta, tanto en el pre-secado como en el secado, su valor nunca fue estable, y esto se puede observar desde la 1ra. hasta la 11va. lectura, por lo que influyó en las humedades obtenidas. Esta variable durante el pre-secado, empezó a descender a partir de la 8va. lectura de un valor de 6 a 5.6, y en el proceso de

secado su descenso inició a partir de la 6ta. lectura de un valor de 6.4 a 5.7, afectando la difusión del agua en la pasta. Ver gráfica 6.



Gráfica 6 Temperaturas y Deltas en el proceso de Pre-secado y Secado formato Codo Mediano..

En la gráfica 6 se corrobora, que los deltas en el Pre-secado y Secado muestran grandes diferencias significativas. Sin embargo, se visualiza que durante las dos últimas lecturas, se alcanza una pequeña estabilización, manteniéndose alrededor de los 5.8-5.6, con temperaturas alrededor de los 74°C.

Las materias primas (sémola, pasta molida y vitamina) también influyen directamente en las condiciones del proceso. Por lo general, estas se encuentran con baja humedad, afectando la extensibilidad y tenacidad de la masa. No obstante, solo en la 13va. lectura el porcentaje de humedad de la sémola estuvo por arriba del 13%, teniendo un mejor amasado en el proceso y un mejor producto final.

FORMATO: CODO MEDIANO CON FIBRA MARCA: ITALPASTA

Tabla 6.A Diferencias Significativas de Curvas de Secado del Codo Mediano con Fibra.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNDS.	TOLERANCIA (±)	1ª LECTURA		2ª LECTURA		3ª LECTURA		4ª LECTURA		5ª LECTURA	
				SP	PV	SP	PV	SP	PV	SP	PV	SP	PV
PRENSA	AGUA	%	± 10		85%		85%		85.5%		88%		88%
	PRESIÓN SIN FÍN 1	BAR	± 2		86		84		84		87		81
	PRESIÓN SIN FÍN 2	BAR	± 2		86		86		88		89		83
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	77	77	77	76.9	77	76.9	77	77.1	77	77.1
	DELTA	Δ	± 0.5	7	7.1	7	7	7	6.9	7	7.1	7	7.1
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		72.4		72.7		72.7		72.7		72.7
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	75	74.9	75	74.9	75	75.1	75	74.8	75	75.1
	DELTA	Δ	± 0.5	6.5	6.8	6	6.2	6	6.3	5.8	6.1	5.8	6.1
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		72.9		75		75		75.7		75.4
PT	% HUMEDAD			9.9895		11.4523		10.4316		10.9466		11.3567	
MATERIA PRIMA	% HUM. SÉMOLA ENTERA			12.5213		11.1756		10.6089		10.0245		10.6045	
	% HUM. PASTA MOLIDA			9.2714		12.0468		9.4991		9.2841		9.7485	
	% HUM. SALVADILLO			12.4475		9.8400		11.7256		11.8174		12.4756	
	% HUM. VITAMINA GRANOTEC			11.0989		9.8400		9.1614		9.8620		10.3595	

Tabla 6.B Diferencias Significativas de Curvas de Secado del Codo Mediano con Fibra.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNDS.	TOLERANCIA (±)	6ª LECTURA		7ª LECTURA		8ª LECTURA		9ª LECTURA	
				SP	PV	SP	PV	SP	PV	SP	PV
PRENSA	AGUA	%	± 10		87%/ 827 lt/h		80.5%/ 998 lt/h		80%/ 968 lt/h		79%/ 955 lt/h
	PRESIÓN SIN FÍN 1	BAR	± 2		77		72		77		79
	PRESIÓN SIN FÍN 2	BAR	± 2		77		71		77		78
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	75	75	76	76.2	76	75	76	75
	DELTA	Δ	± 0.5	6	5.9	6	6.2	6	6	6	6
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		76.2		75.4		76.1		75.9
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	75	75.5	75	75	75	74.8	75	75.2
	DELTA	Δ	± 0.5	6.5	6.5	5.8	6.1	6	6.4	5.8	6.1
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		74.1		75.5		74.5		75.6
PT	% HUMEDAD			9.7695		10.1545		10.5445		11.0983	
MATERIA PRIMA	% HUM. SÉMOLA ENTERA			11.7574		12.0432		11.4389		11.9812	
	% HUM. SALVADILLO			11.4017		12.3775		11.2356		11.5827	
	% HUM. VITAMINA GRANOTEC			9.5236		10.2145		9.6705		9.7780	

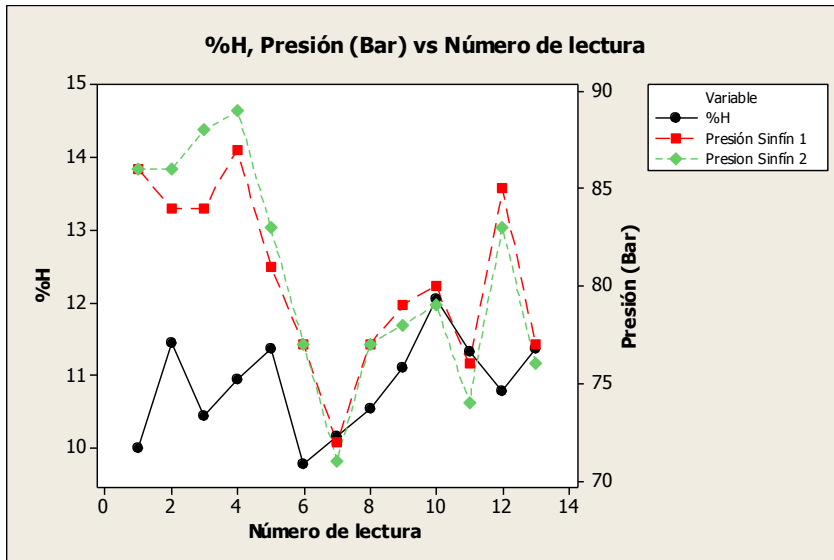
Tabla 6.C Diferencias Significativas de Curvas de Secado del Codo Mediano con Fibra.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNDS.	TOLERANCIA (±)	10ª LECTURA		11ª LECTURA		12ª LECTURA		13ª LECTURA	
				SP	PV	SP	PV	SP	PV	SP	PV
PRENSA	AGUA	%	± 10		79%/ 967 lt/h		78%/ 948 lt/h		78%/ 947 lt/h		78.5%/ 963 lt/h
	PRESIÓN SINFIN 1	BAR	± 2		80		76		85		77
	PRESIÓN SINFIN 2	BAR	± 2		79		74		83		76
PRESECAO	TEMPERATURA	°C	± 1	76	75	75	75.1	75	75	75	75.1
	DELTA	Δ	± 0.5	6	5.9	6	6	6	6	5.8	6.1
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		76.5		76.3		75.9		75.2
SECAO	TEMPERATURA	°C	± 1	75	75.1	75	75	75	75	75	75.1
	DELTA	Δ	± 0.5	6	6.3	5.6	6	5.6	6.2	5.8	6.1
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		75		76.1		75.4		75.4
PT	% HUMEDAD			12.0526		11.3156		10.7739		11.3650	
	% HUM.SÉMOLA ENTERA			12.0374		10.9922		11.1022		-----	
	%HUM. SALVADILLO			11.8450		10.6889		10.8934		-----	
	%HUM. VITAMINA GRANOTEC			10.7734		9.2841		9.4345		-----	

En las lecturas de Curvas de Secado para el formato Codo Mediano con Fibra, se visualizan diversas variaciones, las cuales se presentan en las tablas 6.A, 6.B, y 6.C.

En las tres tablas, las variables que tuvieron mayor incidencia sobre el porcentaje de humedad fueron las siguientes: porcentaje de agua suministrado, presión de los sinfines y sobre todo los cambios sufridos en el delta y humedad relativa durante el secado. Es importante recalcar que durante las determinaciones de humedades existieron lecturas en el que se obtuvieron humedades fuera de las especificaciones, los casos sobresalientes con esta problemática, se presentan en 1ra. y 6ta. lectura, con porcentajes de humedad de 9.98 y 9.76 respectivamente.

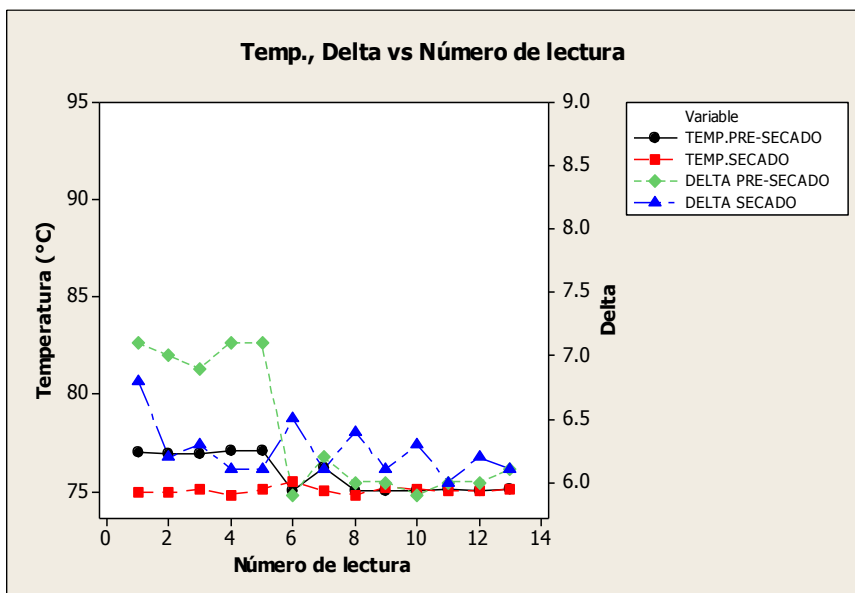
Las variables que mejor se comportaron durante todo el proceso, son las temperaturas en el pre-secado y secado. En el secado se tuvo una buena estabilidad ya que no se produjo cambios representativos, por lo que siempre se empleó una temperatura alrededor de los 75°C. En el pre-secado se presentan 2 temperaturas diferentes, 77°C de 1ra. a la 5ta lectura, y 75°C en el resto de las lecturas. Ver grafica 8.



Gráfica 7 %H y Presión de los sinfines en durante las lecturas, del formato Codo Mediano con Fibra.

Con respecto a las presiones, no existió un equilibrio entre lecturas, ya que a partir de la 6ta. lectura se trabajaron con presiones por debajo de los 80 bar, perjudicando los porcentajes de humedad. Los mejores resultados de humedad se obtuvieron en la 2da.

y 5ta. lectura con presiones de 84-86 bar y 81-83 respectivamente.



Gráfica 8 Temperaturas y Deltas en el Proceso de Pre-secado y Secado del formato Codo Mediano con Fibra.

En la gráfica 8, se verifican las diversas variaciones que se tuvieron en el valor de Delta, en el Pre-secado y Secado, asimismo se observa la buena estabilidad en las temperaturas en estos mismos procesos.

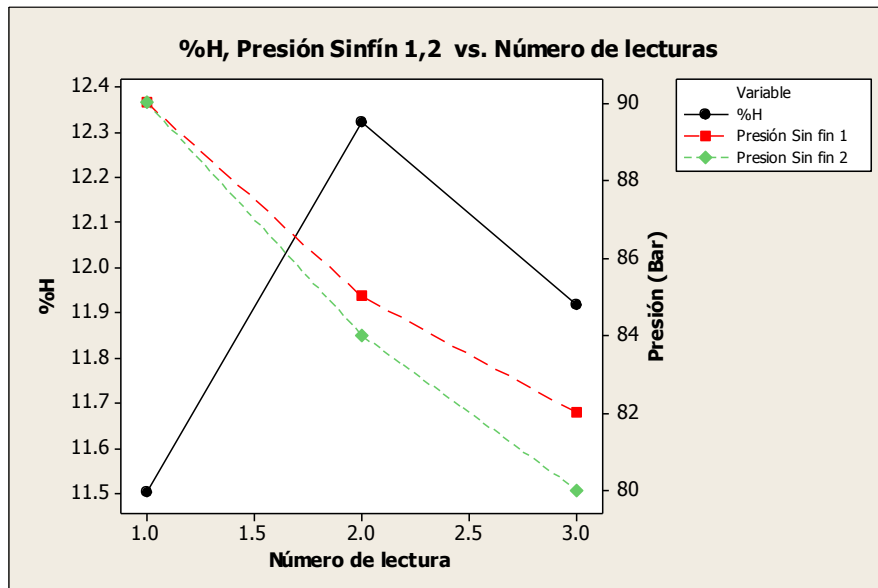
Analizando lo anterior y las humedades obtenidas, se considera que las mejores condiciones para el proceso de producción del Codo Mediano con Fibra son las presentadas en la 5ta. lectura, para poder obtener humedades alrededor de 11.35%.

FORMATO: CODO RAYADO MARCA: ITALPASTA

Tabla 7. Diferencias Significativas de Curvas de Secado del Codo Rayado.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	TOLERANCIA (±)	1ª LECTURA		2ª LECTURA		3ª LECTURA	
				SP	PV	SP	PV	SP	PV
PRENSA	AGUA	%	± 10		90.5%/1112 lt/h		92.5%/1122 lt/h		92%/1118 lt/h
	PRESIÓN SINFIN 1	BAR	± 2		90		85		82
	PRESIÓN SINFIN 2	BAR	± 2		90		84		80
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	74	73.4	74	74.2	74	73.4
	DELTA	Δ	± 0.5	5.6	5.5	5.6	5.6	5.6	5.5
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		77.8		77.4		77.5
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	74	74	74	74.2	74	74
	DELTA	Δ	± 0.5	5.8	6	5.8	6	5.8	6
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		75.8		76.1		75.8
PT	% HUMEDAD				11.5033		12.3200		11.9162
	% HUM.SÉMOLA PRIMERA				13.4723		13.3207		13.2220
	%HUM. GLUTEN				7.4189		7.2711		7.2000
	%HUM. VITAMINA GRANOTEC				12.5631		11.2583		10.7889

El codo rayado, es un formato de pasta hueca, que se produce en periodos cortos, que van de 4 a 5 horas continuas. Por tal motivo, esto limitaba la recaudación de datos y el muestreo. En la tabla 7.A, se visualiza que en los procesos de pre-secado y secado las variables de temperatura, delta y humedad relativa no tuvieron cambios significativos, lo que es benéfico para obtener mejores resultados en el producto terminado; sin embargo, las variaciones en el porcentaje de agua de amasado y en las presiones de los sinfines, fueron los que afectaron de manera considerable la humedad final de la pasta.

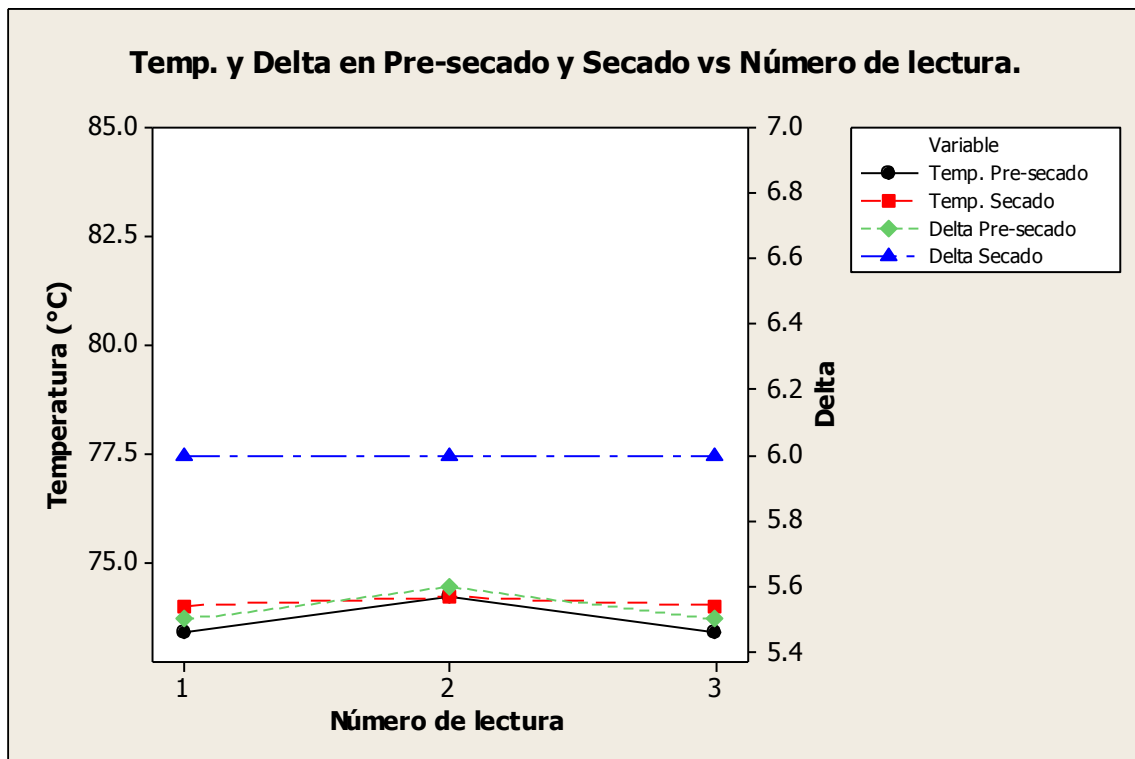


Gráfica 9 Relación entre el porcentaje de humedad y la presión de los sinfines, del formato Codo Rayado.

En la gráfica anterior se observa la proporcionalidad inversa que existe entre las presiones de los sinfines y el porcentaje de humedad.

En la 1ra. lectura, se presentan las presiones más altas en los sinfines, con un valor de 90 bar en cada sinfín, obteniéndose una humedad de 11.50% en la pasta.

Las mejores condiciones para producir codo rayado se obtuvieron en la tercera lectura, con presiones en los sinfines de 80-82 bar obteniendo una humedad de 11.9.



Gráfica 10 Temperatura y Delta en el Pre-secado y Secado del formato Codo Rayado..

La grafica 10, demuestra que durante las lecturas no se existieron cambios significativos en las variables temperatura y delta en el proceso de pre-secado y secado. Ambos procesos, se mantuvieron constantes alrededor de los 74 °C, con valores de delta de 5.5 en el pre-secado y un valor de 6 en el secado

FORMATO: LETRAS MARCA: ITALPASTA

Tabla 8. Diferencias Significativas de Curvas de Secado de Letras.

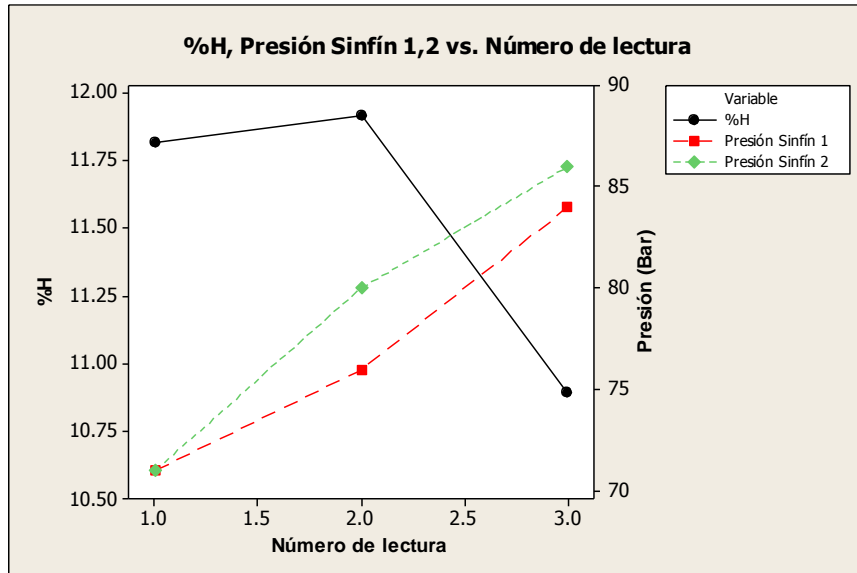
EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNDS.	TOLERANCIA (±)	1ª LECTURA		2ª LECTURA		3ª LECTURA	
				SP	PV	SP	PV	SP	PV
PRENSA	AGUA	%	± 10		92.5%		91%		90.5%
	PRESIÓN SINFIN 1	BAR	± 2		71		76		84
	PRESIÓN SINFIN 2	BAR	± 2		71		80		86
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	70	69.8	70	69.6	70	69.7
	DELTA	Δ	± 0.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.8	5.9
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		76.1		76.1		75.2
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	74	74.2	74	74.7	74	73.1
	DELTA	Δ	± 0.5	6	6.2	6.5	6.8	7	7.2
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		72.8		73.2		71
PT	% HUMEDAD			11.8194		11.9182		10.8955	
MATERIA PRIMA	% H.SÉMOLA ENTERA			11.5544		12.5625		13.6573	
	%H. PASTA MOLIDA			9.3809		9.0705		9.6114	
	%H. VITAMINA GRANOTEC			8.8087		8.7091		9.7045	

El formato de letras, es una pasta perteneciente a las menudas, produciéndose por periodos cortos, que van de 5 a 6 horas continuas aproximadamente.

Analizando las diferencias significativas, observa que durante la 3ra. lectura se obtuvo una humedad en la pasta, por debajo del límite inferior de lo establecido, con un 10.89%, provocado por el aumento en los deltas en el pre-secado y secado.

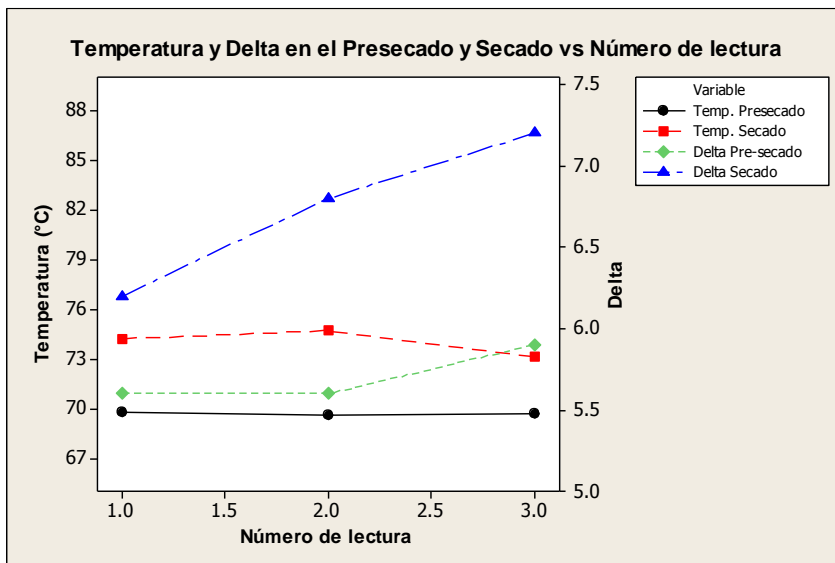
La temperatura en el proceso de pre-secado y secado fueron las variables más estables, con 70°C y 74°C respectivamente.

En este formato, la variable que más afectó al proceso, fue el valor de delta durante el secado, ya que fue manipulada en el punto de ajuste (SP) durante las lecturas, aumentando de 6.2 a 7.2 de la 1ra. a la 3ra. lectura. Este aumento ocasionó un descenso en la humedad relativa, afectando gradualmente la difusión del agua en la pasta.



Gráfica 11 %H y Presión de los sinfines durante las lecturas del formato Letras.

En la gráfica 9, podemos observar claramente, que las presiones de los sinfines tuvieron un comportamiento inestable, aumentando relativamente en cada lectura. Este incremento, junto con las modificaciones constantes en los deltas, son las causas, que el porcentaje humedad descendiera en la 3ra. lectura. Cabe recalcar, que el mejor porcentaje de humedad (%H), se obtuvo durante la 2da. lectura con un 11.91%, con presiones de 76-80 bar en cada sinfín respectivamente, y con un delta de 5.6 en el pre-secado y 6.8 en el secado.



Gráfica 12 Temperaturas y Deltas durante el proceso de Pre-secado y Secado del formato Letras.

En la gráfica 10, se verifica, el incremento de los valores de los deltas durante las lecturas, así como la poca variabilidad en las temperaturas durante los procesos de pre-secado y secado.

FORMATO: FIDEO CORTADO MARCA: ITALPASTA

Tabla 9.A Diferencias Significativas de Curvas de Secado del Fideo Cortado Unilever.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNDS.	TOLERANCIA (±)	1ª LECTURA		2ª LECTURA		3ª LECTURA		4ª LECTURA	
				SP	PV	SP	PV	SP	PV	SP	PV
PRENSA	AGUA	%	± 10		96.5%		96.5%		96.8%		97%
	PRESIÓN SINFÍN 1	BAR	± 2		83		84		83		80
	PRESIÓN SINFÍN 2	BAR	± 2		87		85		87		82
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	74	74	74	73.9	74	74.1	74	74.2
	DELTA	Δ	± 0.5	7	6.9	7	7.1	7	7	7	7
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		72.5		71.8		72.3		72.1
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	73	73.1	73	73.2	73	72.9	73	73.2
	DELTA	Δ	± 0.5	11.2	11.4	11.2	11.4	11.2	11	11.2	11.1
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		57.8		57.5		58.6		58.9
PT	% HUMEDAD			8.8043		8.3427		9.0857		8.8052	
	% HUM.SÉMOLA ENTERA			11.3017		11.8924		11.1061		11.8924	
	%HUM. PASTA MOLIDA			9.7110		9.7181		9.7655		9.6819	
	%HUM. VITAMINA ELCOVIT			11.2650		11.0544		11.1600		10.8772	

Tabla 9.B Diferencias Significativas de Curvas de Secado del Fideo Cortado Unilever.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNDS.	TOLERANCIA (±)	5ª LECTURA		6ª LECTURA		7ª LECTURA		8ª LECTURA	
				SP	PV	SP	PV	SP	PV	SP	PV
PRENSA	AGUA	%	± 10		92%		92%		91.5%/1146 lt/h		92.5%/1173 lt/h
	PRESIÓN SINFÍN 1	BAR	± 2		82		76		87		88
	PRESIÓN SINFÍN 2	BAR	± 2		79		76		87		88
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	76	76	76	76	75	75	76	75.9
	DELTA	Δ	± 0.5	7	7.3	7	6.8	7	6.9	7	7
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		71.7		73.4		72.6		72.7
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	75	74.9	75	75.1	73	72.7	73	73.2
	DELTA	Δ	± 0.5	12.5	12.4	11.5	11.5	10	9.9	9.5	9.5
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		55.4		57.9		61.7		63.5
PT	% HUMEDAD			8.1546		8.4854		8.3254		9.3209	
	% HUM.SÉMOLA ENTERA			12.1694		12.8937		12.7444		11.8624	
	%HUM. PASTA MOLIDA			9.8770		10.5250		8.8454		9.4381	
	%HUM. VITAMINA ELCOVIT			10.6011		11.2544		10.3490		10.8561	

Tabla 9.C Diferencias Significativas de Curvas de Secado del Fideo Cortado Unilever.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNDS.	TOLERANCIA (±)	9ª LECTURA		10ª LECTURA		11ª LECTURA		12ª LECTURA		13ª LECTURA	
				SP	PV	SP	PV	SP	PV	SP	PV	SP	PV
PRENSA	AGUA	%	± 10		94%/1155 lt/h		98.5/1210 lt/h		98.5/1212 lt/h		98/1224 lt/h		98%/1195 lt/h
	PRESIÓN SINFÍN 1	BAR	± 2		84		80		86		84		83
	PRESIÓN SINFÍN 2	BAR	± 2		85		81		86		82		82
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	76	76	76	76.1	76	75.9	76	75.6	76	75.9
	DELTA	Δ	± 0.5	7	7.1	7	7.1	7	6.9	7	7	7	7.1
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		72.4		72.6		72.7		72.2		72.2
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	73	73	75	74.9	74	73.6	74	74.1	74	74.2
	DELTA	Δ	± 0.5	9.5	9.6	12	11.9	10	10.5	11.5	11.8	11.5	11.7
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		63.2		57		60.5		56.9		57
PT	% HUMEDAD			9.4705		8.9309		9.6564		9.0055		8.8241	
	% HUM.SÉMOLA ENTERA			12.3981		13.0776		12.5794		-----		-----	
	%HUM. PASTA MOLIDA			10.1090		10.2120		9.8415		-----		-----	
	%HUM. VITAMINA ELCOVIT			11.2322		11.8526		11.5256		-----		-----	

El fideo cortado unilever es un formato de pasta perteneciente al grupo de las menudas, su producción es de hasta más de 20 horas continuas, debido a su gran demanda. Para el análisis de las curvas de secado para este formato, se tomaron 13 lecturas, seleccionando las variaciones más influyentes, las cuales son presentadas en las tablas 9.A, 9.B, 9.C.

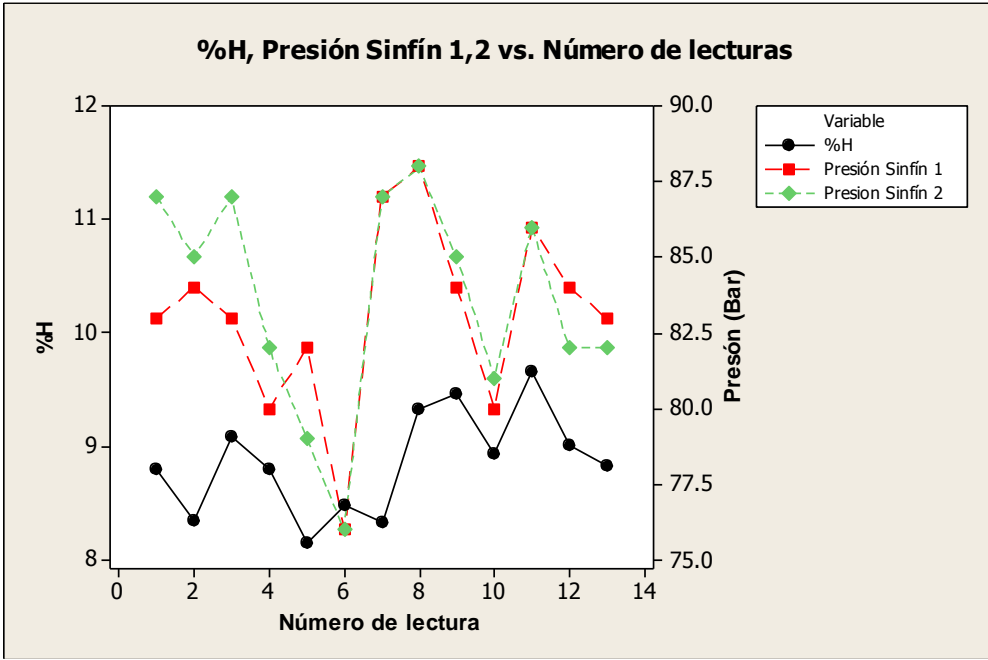
A diferencia de los demás formatos, con el fideo cortado Unilever se deben obtener humedades entre 8% y 10%.

Los cambios más significativos para este formato, se dieron durante los procesos de amasado y secado. El porcentaje de agua en el amasado mostró un comportamiento inestable, donde su variabilidad estuvo en un intervalo de 91% al 98%, existiendo gran diferencia significativa entre estos porcentajes. Por su parte, las presiones de los sinfines, en la mayoría de los casos, se mantuvieron por arriba de los 80 bar, a excepción de la 5ta. y 6ta lectura, donde se observa un descenso de presión de 79 y 76 bar respectivamente.

El delta en la fase de secado es la variable más crítica, en donde nunca existió un valor constante durante los monitoreos.

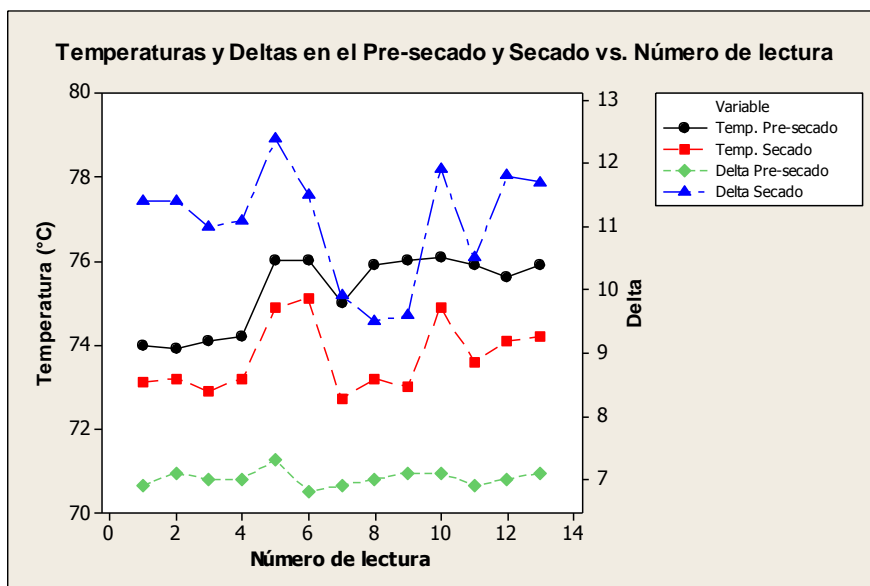
En el proceso de pre-secado, las temperaturas a partir de la 8va. lectura, permanecieron alrededor de los 76°C, por su parte, el delta permaneció con un valor de 7 aproximadamente en durante las lecturas.

Los porcentajes de humedad en la sémola no son los adecuados para el proceso, ya que la mayoría están por debajo de lo especificado, sin embargo la única lectura que tuvo una buena humedad presenta en la 10ma. lectura con un porcentaje de humedad el 13.07%.



Gráfica 13 %H y Presión de los sinfines durante las lecturas del formato Fideo Cortado Unilever

En la gráfica 13, se observa las variaciones de las humedades. Durante la 13va. lectura se presenta un mayor porcentaje de humedad en la pasta con 9.65%, en comparación con la 5ta. lectura donde se tiene una humedad de 8.15%, cercana al límite inferior establecido. Las presiones tuvieron muchos altibajos, sin embargo cabe señalar, que la calidad de la sémola contribuye a estas desestabilizaciones. No obstante a partir de la 10ma. lectura se tuvieron presiones entre un intervalo de 80-86 bar, marcando el inicio de su estabilización.



Gráfica 14 Temperaturas y Deltas durante el proceso de Pre-secado y Secado del formato Fideo Cortado Unilever.

En la gráfica 14, se observa que el comportamiento del delta en el pre-secado es el más estable con un valor de 7 aproximadamente. Por otra parte, la temperatura en el pre-secado también tuvo un comportamiento estable a partir de la 8va lectura, con temperaturas aproximadas a los 76°C.

Con respecto al proceso de secado, sus temperaturas y sus valores de sus deltas no presentaron uniformidad, ya que existieron diversas modificaciones durante todo el proceso.

Las mejores condiciones se dieron durante las últimas 2 lecturas, ya que los valores en las variables son parecidas y no presentan diferencias significativas en el porcentaje de humedad obtenido.

4.1.3 Granulometría de la sémola de trigo durum y sus efectos en el proceso de amasado.

Las partículas de sémola de trigo durum, juegan un papel muy importante durante el proceso amasado, ya que a partir del porcentaje de partículas finas presentes, estará dada el suministro de agua y las presiones de los sinfines. Esto ocurre, porque las partículas finas tienden a absorber con mayor velocidad el agua en comparación con partículas de mayor tamaño. Por esta razón, se tiene establecido suministrar al proceso sémolas de trigo durum con:

- Porcentajes de partículas finas por debajo de los 24%, para sémola de primera.
- Porcentajes de partículas finas por debajo de los 28%, para sémola entera.
- Porcentajes de partículas finas por debajo de los 30%, para sémola de segunda.

Tabla 10. Granulometría de Sémola de Primera.

Lote de la sémola: 6305

Hora de granulometría, realizada por el aseguramiento de calidad Irapuato: 7:00

				PROYECTO						
Granulometría	Especificación	Certificado de calidad	Calidad Irapuato	HR: 14:30	HR: 15:30	HR: 16:30	HR: 17:30	HR: 18:30	HR: 19:30	Prom.
TAMIZ μm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
500	<5	0.3009	0.5700	1.9603	0.2278	0.2664	0.7519	0.1811	0.2907	0.6130
425	<10	7.6229	16.7710	10.8862	8.1659	8.4677	8.9387	7.0377	7.6762	8.5287
300	40-50	40.7222	30.2220	23.7708	28.5159	27.9717	27.4782	29.9703	30.1879	27.9825
180	25-45	28.2849	29.7330	25.7136	25.7136	28.5458	28.5572	27.5535	27.5552	27.2732
<180	máx. 24	23.0692	22.7020	37.6691	34.0329	34.7483	34.2740	35.2574	34.2900	35.0453

En la tabla 10, muestra los resultados obtenidos a partir de las granulometrías de sémola de prima pertenecientes al lote 6305. En ella, se visualiza que a su salida de la harinera San Blas de Salamanca, obtuvo un porcentaje de partículas finas de 23.0692% y la determinación realizada a su llegada al área de calidad de Irapuato, obtuvo un porcentaje en finos de 22.7020%. Sin embargo durante todo el proceso de elaboración de la pasta, la sémola obtuvo un promedio en partículas finas de 35.0453% el cual no es favorable para el proceso. Con estas condiciones el porcentaje en el agua de amasado debe ser alta o de lo contrario aumentaran las presiones de los sinfines, desestabilizando todo el proceso. Por esta razón es importante tener un porcentaje de partículas finas por debajo de los especificados,

ya que con ello aseguramos la homogeneidad, extensibilidad y tenacidad en el amasado.

4.1.4 Propuestas de Curvas de Secado para formatos de la línea “D”.

Mediante el análisis de las variables que afectan directamente el porcentaje de humedad de las pastas, se propusieron curvas de secado con las condiciones y parámetros adecuados para cada formato de la línea “D”, asegurando obtener pastas con humedades dentro de lo establecido y de excelente calidad.

A continuación, se presentan las curvas de secado apropiadas para cada formato, las cuales serán aplicadas como un sistema de control en las humedades de las pastas.

Curva de Secado

Formato: Codo Mediano Marca: Bakers & Chefs – Italpasta

Tabla 11 Propuesta de Curva de Secado para el formato Codo Mediano.

		FECHA DE REGISTRO: 03/NOVIEMBRE/2016		13ª LECTURA	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	TOLERANCIA (±)	HR: 13:30	
FORMULACIÓN	SÉMOLA ENTERA	KG/MIN		44.6	
	PASTA MOLIDA	KG/MIN		10.4	
	VITAMINAS GRANOTEC	GR/MIN		48	
SERVICIOS	TEMP. AGUA CALDERAS ENTRADA	°C		112	
	TEMP. AGUA CALDERAS RETORNO	°C		108	
	PRESIÓN AGUA ENTRADA	PKG	MIN. 4.5 MAX. 5.5 KG	5	
				SP	PV
PRENSA	SÉMOLA	KG/H		1200	1200
	AGUA	%	± 10		86%/1070 lt/h
	NIVEL	%	± 10	91	93.7
	PRESIÓN SINFÍN 1	BAR	± 2		80
	PRESIÓN SINFÍN 2	BAR	± 2		82
	VELOCIDAD SINFÍN 1	RPM	N/A		21
	VELOCIDAD SINFÍN 2	RPM	N/A		20
	TEMPERATURA AGUA AMASADO	°C	± 2		38
	CAPSULISMO	°C		60	58.3
	CILINDRO 1	°C	± 1	36	36.3
	CILINDRO 2	°C	± 1	36	36.8
	CABEZAL 1	°C	± 1	38	37.8
	CABEZAL 2	°C	± 1	38	37.3
NIVEL DE VACIO	CM/HG			52	
TRABATTO	TEMPERATURA	°C	± 1	85	83.4
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	74	74
	DELTA	Δ	± 0.5	5.8	5.6
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		77
	TEMPERATURA ANTICONDEN	°C	± 3	130	115.5
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	74	73
	DELTA	Δ	± 0.5	5.6	5.7
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		76.6
	TEMPERATURA ANTICONDEN	°C	± 3	130	116.1
ENFRIADOR	TEMPERATURA	°C	± 1	30	36.8
PT	% HUMEDAD DE LA PASTA			11.5600	

Curva de Secado

Formato: Codo Mediano con Fibra Marca: Italpasta

Tabla 12 Propuesta de Curva de Secado para el formato Codo Mediano con Fibra.

		FECHA DE REGISTRO: 22/SEPTIEMBRE/2016		5ª LECTURA	
EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	TOLERANCIA (±)	HR: 13:20	
FORMULACIÓN	SÉMOLA ENTERA	KG/MIN		26	
	PASTA MOLIDA	KG/MIN		10	
	SALVADILLO	KG/MIN		15.2	
	VITAMINA GRANOTEC	GRS/MIN		50	
SERVICIOS	TEMP. AGUA CALDERAS ENTRADA	°C		111	
	TEMP. AGUA CALDERAS RETORNO	°C		107	
	PRESIÓN AGUA ENTRADA	KG	MIN. 4.5 MAX. 5.5 KG	5	

				SP	PV
PRENSA	SÉMOLA	KG/H		1200	1200
	AGUA	%	± 10		88%
	NIVEL	%	± 10	94	93.6
	PRESIÓN SINFÍN 1	BAR	± 2		81
	PRESIÓN SINFÍN 2	BAR	± 2		83
	VELOCIDAD SINFÍN 1	RPM	N/A		21
	VELOCIDAD SINFÍN 2	RPM	N/A		20
	TEMPERATURA AGUA AMASADO	°C	± 2		38
	CAPSULISMO	°C		60	64.1
	CILINDRO 1	°C	± 1	36	39.1
	CILINDRO 2	°C	± 1	36	35.9
	CABEZAL 1	°C	± 1	38	37.6
	CABEZAL 2	°C	± 1	38	37.1
	NIVEL DE VACIO	CM/HG			54
TRABATTO	TEMPERATURA	°C	± 1	80	80.1
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	77	77.1
	DELTA	Δ	± 0.5	7	7.1
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		72.7
	TEMPERATURA ANTICONDEN	°C	± 3	130	114.6
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	75	75.1
	DELTA	Δ	± 0.5	5.8	5.8/6.1
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		75.4
	TEMPERATURA ANTICONDEN	°C	± 3	130	115.5
ENFRIADOR	TEMPERATURA	°C	± 1	33	40.2
PT	% HUMEDAD			11.3567	

Curva de Secado

Formato: Codo Rayado Marca: Italtapa

Tabla 13 Propuesta de Curva de Secado para el formato Codo Rayado.

	FECHA DE REGISTRO: 20/OCTUBRE/2016		3ª LECTURA
EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	TOLERANCIA (±)
			HR:09:30
FORMULACIÓN	SÉMOLA PRIMERA	KG/MIN	52
	GLUTEN	GRS/MIN	927
	VITAMINAS GRANOTEC	GRS/MIN	48
SERVICIOS	TEMP. AGUA CALDERAS ENTRADA	°C	114
	TEMP. AGUA CALDERAS RETORNO	°C	110
	PRESIÓN AGUA ENTRADA	KG	MIN. 4.5 MAX. 5.5 KG

				SP	PV
PRENSA	SÉMOLA	KG/H		1200	1200
	AGUA	%	± 10		92%/1118 lt/h
	NIVEL	%	± 10	91	93.7
	PRESIÓN SINFIN 1	BAR	± 2		82
	PRESIÓN SINFIN 2	BAR	± 2		80
	VELOCIDAD SINFIN 1	RPM	N/A		21
	VELOCIDAD SINFIN 2	RPM	N/A		19
	TEMPERATURA AGUA AMASADO	°C	± 2		38
	CAPSULISMO	°C		60	60.7
	CILINDRO 1	°C	± 1	36	35.3
	CILINDRO 2	°C	± 1	36	31.3
	CABEZAL 1	°C	± 1	38	37.2
	CABEZAL 2	°C	± 1	38	36.4
	NIVEL DE VACIO	CM/HG			54
TRABATTO	TEMPERATURA	°C	± 1	80	80.1
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	74	73.4
	DELTA	Δ	± 0.5	5.6	5.5
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		77.5
	TEMPERATURA ANTICONDEN	°C	± 3	130	115.4
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	74	74
	DELTA	Δ	± 0.5	5.8	6
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		75.8
	TEMPERATURA ANTICONDEN	°C	± 3	130	116.2
ENFRIADOR	TEMPERATURA	°C	± 1	30	37.3
PT	% HUMEDAD DE LA PASTA.			11.9162	

Curva de Secado

Formato: Letra Marca: Itaipasta

Tabla 14 Propuesta de Curva de Secado para el formato Letras.

	FECHA DE REGISTRO: 23/SEPTIEMBRE/2016			2ª LECTURA
EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	TOLERANCIA (±)	HR: 18:00

FORULACIÓN	SÉMOLA ENTERA	KG/MIN		26
	PASTA MOLIDA	KG/MIN		26
	VITAMINA GRANOTEC	GRS/MIN		48
SERVICIOS	TEMP. AGUA CALDERAS ENTRADA	°C		113
	TEMP. AGUA CALDERAS RETORNO	°C		109
	PRESIÓN AGUA ENTRADA	KG	MIN. 4.5 MAX. 5.5 KG	5

				SP	PV
PRENSA	SÉMOLA	KG/H	± 10	1200	1200
	AGUA	%	± 10		91%
	NIVEL	%	± 10	94	93.6
	PRESIÓN SINFÍN 1	BAR	± 2		76
	PRESIÓN SINFÍN 2	BAR	± 2		80
	VELOCIDAD SINFÍN 1	RPM	N/A		19
	VELOCIDAD SINFÍN 2	RPM	N/A		18
	TEMPERATURA AGUA AMASADO	°C	± 2		39
	CAPSULISMO	°C		60	58.4
	CILINDRO 1	°C	± 1	36	35.9
	CILINDRO 2	°C	± 1	36	38.9
	CABEZAL 1	°C	± 1	38	37.5
	CABEZAL 2	°C	± 1	38	36.6
	NIVEL DE VACIO	CM/HG			55
TRABATTO	TEMPERATURA	°C	± 1	80	80.1
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	70	69.6
	DELTA	Δ	± 0.5	5.6	5.6
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		76.1
	TEMPERATURA ANTICONDEN	°C	± 3	130	115.6
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	74	74.7
	DELTA	Δ	± 0.5	6.5	6.8
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		73.2
	TEMPERATURA ANTICONDEN	°C	± 3	130	116.4
ENFRIADOR	TEMPERATURA	°C	± 1	30	33.7
PT	% HUMEDAD DE LA PASTA			11.9182	

Curva de Secado

Formato: Codo Mediano con Fibra Marca: Italpasta

Tabla 15 Propuesta de Curva de Secado para el formato Letras.

	FECHA DE REGISTRO: 07/OCTUBRE/2016			7ª LECTURA
EQUIPO	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	TOLERANCIA (±)	HR: 20:40

FORMULACIÓN	SÉMOLA ENTERA	KG/MIN		26
	PASTA MOLIDA	KG/MIN		23.4
	VITAMINA ELCOVIT	GRS/MIN	± 5	75

SERVICIOS	TEMP. AGUA CALDERAS ENTRADA	°C		104
	TEMP. AGUA CALDERAS RETORNO	°C		93
	PRESIÓN AGUA ENTRADA	KG	MIN. 4.5 MAX. 5.5 KG	5

				SP	PV
PRENSA	SÉMOLA	KG/H		1200	1200
	AGUA	%	± 10		98%/1224 lt/h
	NIVEL	%	± 10	91	93.6
	PRESIÓN SINFÍN 1	BAR	± 2		84
	PRESIÓN SINFÍN 2	BAR	± 2		82
	VELOCIDAD SINFÍN 1	RPM	N/A		21
	VELOCIDAD SINFÍN 2	RPM	N/A		20
	TEMPERATURA AGUA AMASADO	°C	± 2		38
	CAPSULISMO	°C		60	61.6
	CILINDRO 1	°C	± 1	36	36.2
	CILINDRO 2	°C	± 1	36	36.5
	CABEZAL 1	°C	± 1	38	42.7
	CABEZAL 2	°C	± 1	38	40.1
	NIVEL DE VACIO	CM/HG			54
TRABATTO	TEMPERATURA	°C	± 1	80	73.9
PRESECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	76	75.6
	DELTA	Δ	± 0.5	7	7
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		72.2
	TEMPERATURA ANTICONDEN	°C	± 3	130	104.9
SECADO	TEMPERATURA	°C	± 1	74	74.1
	DELTA	Δ	± 0.5	11.5	11.8
	HUMEDAD RELATIVA	%	± 2		56.9
	TEMPERATURA ANTICONDEN	°C	± 3	130	105.2
ENFRIADOR	TEMPERATURA	°C	± 1	32	33.4
PT	% HUMEDAD			9.0055	

Capítulo 5

5.1 Conclusiones

A partir del estudio realizado se concluye, que la implementación de las nuevas curvas de secado para la línea “D”, serán una herramienta que permitirán obtener humedades en las pastas dentro de lo establecido internamente, con la finalidad de reducir la pérdida económica que sufre la empresa anualmente. Con esto se pone de manifiesto, la importancia que tiene el análisis y control de las curvas de secado, como una de las vías principales para lograr una mejor calidad y productividad de pastas.

Cabe señalar que la calidad de la sémola de trigo durum juega un papel importante, ya que a partir de su granulometría, se dan las condiciones en las que debe operar la presión de los sinfines y el porcentaje de agua en el amasado, por tal motivo, es necesario suministrar al proceso sémola de trigo durum con porcentajes de partículas finas por debajo del 24%. Ver tabla 10.

Las temperaturas, deltas y humedades relativas durante el proceso de pre-secado y secado de las pastas, también son los factores que perjudican directamente la calidad del producto final, por tal motivo se sugiere tener un estricto control durante todo el proceso, con la finalidad de no presentar diferencias significativas en los parámetros.

Por otra parte, el factor humano, también ha venido afectando de manera gradual al proceso de secado, debido a la falta de capacitación, poca concientización y fallas de comunicación entre el personal de supervisión y operarios durante el manejo de las curvas de secado. Por esta razón, se deben realizar capacitaciones a todo el personal operativo, con la finalidad de conocer la importancia del proceso de secado y sus consecuencias al no tener las condiciones adecuadas.

5.1.1 Recomendaciones

Después de haber analizado y considerado todas las causas que ocasionan los bajos porcentajes de humedad en las pastas de la línea “D” y consigo la pérdida económica de casi medio millón de pesos, se procede al planteamiento de las recomendaciones, con la finalidad de tener una mayor eficiencia durante el proceso de secado en las pastas.

- Aplicar un control estricto en el manejo de los puntos de ajuste (SP) de las Curvas de Secado, con la finalidad de tener una mejor estabilidad en el proceso de secado de las pastas.
- Empezar un programa de capacitación para el adecuado manejo de las Curvas de Secado.
- Mejorar las relaciones de comunicación entre los supervisores, los operarios de producción y los supervisores de aseguramiento de calidad para que en conjunto realicen un constante y efectivo control del proceso.
- Suministrar sémola de trigo durum, en base a las condiciones establecidas por Codex Alimentarius (Codex Standard 178-1991).
- Establecer un procedimiento que ponga en movimiento una función de planificación para prever los paros de línea o interrupciones.

Capítulo 6

6.1 Competencias desarrolladas y/o aplicadas

- Manejo y manipulación de equipos de laboratorio.
- Desarrollo de actividades realizadas.
- Trabajo en equipo.
- Muestreo de materias primas.
- Toma de decisiones para resolver los problemas que se presentan en las actividades a desarrollar y en la realización del proyecto.
- Planificación y organización durante el desarrollo de las actividades.
- Análisis de problemas matemáticos y estadísticos.
- Liderazgo.

Capítulo 7

7.1 Referencias Bibliográficas

- Belter, P.A., Cussler, E.L. y Hu, W.(2000). Bioseparations: Down-stream processing for Biotechnology. New York.
- Wilson Hugo y Marcela Godiño. (2000). Sistemas de Secado. En: Tecnología de almacenamiento de granos de trigo. (Págs. 56-65). Montevideo, Uruguay: INIA.
- Antonio Gan Acosta y Nydia Susana Sandoval Carrero. (2003). Diseño del sistema de control del proceso de secado de pastas alimenticias. Revista Colombiana de Tecnologías Avanzadas, volumen 2, 6 páginas.
- Ing. Alim. Elizabeth Lezcano. (2008). Pastas Alimenticias. Cadenas Alimentarias, Vol. 1, 9 páginas.
- Félix Ramos Gamiño. (2013). Los cereales que alimentan al mundo. En Maíz, trigo y arroz (Págs. 49-62). Monterrey, Nuevo León. S/N.
- Kill, R. C. (2004). Tecnología de la elaboración de pastas y sémola. España: Acribia.
- Cristina Escudero Salas y Pablo Fernández Iglesias. (2003). Psicometría. En Máquinas y Equipos Térmicos (Págs. 55-58). Madrid, España: Paraninfo.
- Fava Pasta equipament. Tecnologías de secado de la pasta. Puebla, Puebla: Curso Fava.
- Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009
- Ángel Falder Rivero. (2007). Enciclopedia de los alimentos. Ciudad de México: Mercasa.

Capítulo 8

8.1. Anexos

ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO						TOMA DE LECTURAS			
LINEA D						Formato			
FORMATO:									
PRODUCCIÓN LISA PLANTA RAPUATO									
VIGENCIA: MARZO/ABRIL 2012	PRODUCCION	2,420	kg/h			TURNO	1°	2°	3°
	NUMERO DE RECETA	64	8 EN PROGRAMA			SUPERVISOR	7:00-11:00-11:00	11:00-15:00-21:00	21:00-2:00-0:00
						PREMISITA	6:30-8:30-11:30-11:30	14:30-17:00-18:30-18:30	22:30-1:00-3:00-3:00
EQUIPO	DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR	EQUIV	TOLERANCIA (2)	1° LECTURA	2° LECTURA	3° LECTURA	4° LECTURA
FORMULACION:	CAUDAL DE SEMOLA PRENSA	%	100.0	42 kg/min	+/- 1				
	SEMOLA PRIMERA	%		kg/min	+/- 1				
	SEMOLA ENTERA	%	80						
	SEGUNDA	%	20						
	REPROCESO	%							
	GRANILLO	%							
	GLUTEN	%		.000 gr/min	+/- 5				
	ALBUMINA	GRS/MIN							
VITAMINAS GRANOTEC	GRS/MIN		042 gr/min	+/- 5					
ESPECIF. 200 GRS / TONELADA									
MEZCLA: 1 KG VIT / 5 KG SEMOLA									
SERVICIOS:	TEMP AGUA CALDERAS ENTRADA	°C	115						
	TEMP AGUA CALDERAS RETORNO	°C	110						
	PRESION AGUA ENTRADA	KG	4.5	MIN 4.5 MAX 5.5 KG					
ACCESORIOS:	MALLA ABIERTA	PZA	1	MOLDE/MALLA ABIERTA					
	MALLA CERRADA	PZA	1	MOL/M ABIERTA/M CERRADA					
	PORTACUCHILLAS	PZA	2	CORTA PLUMAS					
PRENSA:	SEMOLA	KG/MIN	3000		+/- 10				
	AGUA	%	20.5	680 lit/min	+/- 10				
	NIVEL	%	90		+/- 2				
	PRESION DE SINFIN 1	BAR	85		+/- 2				
	PRESION DE SINFIN 2	BAR	90		+/- 2				
	VELOCIDAD SINFIN 1	RPM	20		N/A				
	VELOCIDAD SINFIN 2	RPM	20		N/A				
	TEMPERATURA AGUA AMASADO	°C	38		+/- 2				
	VELOCIDAD COLEONI 1	REV	45		+/- 3				
	VELOCIDAD COLEONI 2	REV	55		+/- 3				
	NIVEL DE VACIO	CM/KG	52	MINIMO INF 50, MAX LIBRE					
	CAPSULISMO	°C	60						
	CILINDRO 1	°C	36		+/- 1				
	CILINDRO 2	°C	36		+/- 1				
	CABEZAL 1	°C	38		+/- 1				
CABEZAL 2	°C	38		+/- 1					
TRABATTO:	TEMPERATURA	°C	80		+/- 1				
PRESECADO:	TEMPERATURA	°C	75		+/- 1				
	DELTA	Δ	6.0		+/- 0.5				
	HUMEDAD RELATIVA	%	76.3		+/- 2				
	TEMPERATURA ANTICONDEN	°C	100		+/- 3				
	TIEMPO DE PERMANENCIA	MIN	40 min		+/- 5				
% HUMEDAD PRESECADO	%	18		+/- 1					
SECADO:	TEMPERATURA	°C	75		+/- 1				
	DELTA	Δ	6.5		+/- 0.5				
	HUMEDAD RELATIVA	%	74.5		+/- 2				
	TIEMPO DE PERMANENCIA	MIN	200 min		+/- 5				
TEMPERATURA ANTICONDEN	°C	100		+/- 3					
ENFRADOR:	TEMPERATURA	°C	30		+/- 1				
PRODUCTO FINAL	% HUMEDAD ABSOL. PF	%	11		+/- 1				

Anexo 1 Formato para el registro de las Curvas de Secado para la línea "D".

