



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LÍNEA Y DE LA CANTIDAD DE
PÉRDIDAS AL VARIAR LA CALIDAD DE GLUTAMATO MONOSÓDICO
EN LA FABRICACIÓN DE SOPA DE POLLO DESHIDRATADA**

Pablo José Argote Nájera

Asesorado por la Inga. Hilda Palma de Martini

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LÍNEA Y DE LA CANTIDAD DE
PÉRDIDAS AL VARIAR LA CALIDAD DE GLUTAMATO MONOSÓDICO
EN LA FABRICACIÓN DE SOPA DE POLLO DESHIDRATADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PABLO JOSÉ ARGOTE NÁJERA

ASESORADO POR LA INGA. HILDA PALMA DE MARTINI

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Manuel Tay Oroxom
EXAMINADOR	Ing. César Ariel Villela Rodas
EXAMINADOR	Dr. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LÍNEA Y DE LA CANTIDAD DE
PÉRDIDAS AL VARIAR LA CALIDAD DE GLUTAMATO MONOSÓDICO
EN LA FABRICACIÓN DE SOPA DE POLLO DESHIDRATADA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha junio de 2013



Pablo José Argote Nájera

Guatemala 27 de Agosto de 2013

Ing. Qco. Víctor Monzón

Director de la Escuela de Ingeniería Química

Por este medio hago constar que conozco y apruebo el informe final del trabajo de graduación del alumno **Pablo José Argote Nájera**, identificado con el número de carné **200915025**; llamado **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LÍNEA Y DE LA CANTIDAD DE PÉRDIDAS AL VARIAR LA CALIDAD DE GLUTAMATO MONOSÓDICO EN LA FABRICACIÓN DE SOPA DE POLLO DESHIDRATADA”**, el cual asesoré y revisé.



Inga. Química Hilda Piedad Palma

No. Colegiado 453

Catedrática de la Escuela de Ingeniería Química

INGA. HILDA PALMA DE MARTINI
COLEGIADO No. 453



Guatemala, 17 de septiembre de 2013
Ref. EI.Q.TG-IF.055.2013

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-057-2013-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por el estudiante universitario: **Pablo José Argote Nájera**.

Identificado con número de carné: **2009-15025**.

Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

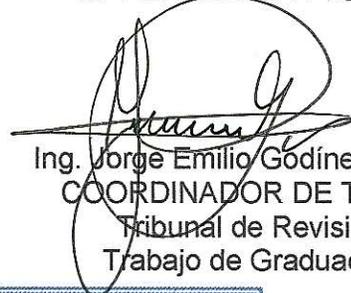
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LÍNEA Y DE LA CANTIDAD DE PÉRDIDAS AL VARIAR LA CALIDAD DE GLUTAMATO MONOSÓDICO EN LA FABRICACIÓN DE SOPA DE POLLO DESHIDRATADA

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Hilda Piedad Palma de Martíni**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería



El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **PABLO JOSÉ ARGOTE NÁJERA** titulado: **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LÍNEA Y DE LA CANTIDAD DE PÉRDIDAS AL VARIAR LA CALIDAD DE GLUTAMATO MONOSÓDICO EN LA FABRICACIÓN DE SOPA DE POLLO DESHIDRATADA"**.
Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, octubre 2013

Cc: Archivo
VMMV/ale

Universidad de San Carlos
de Guatemala

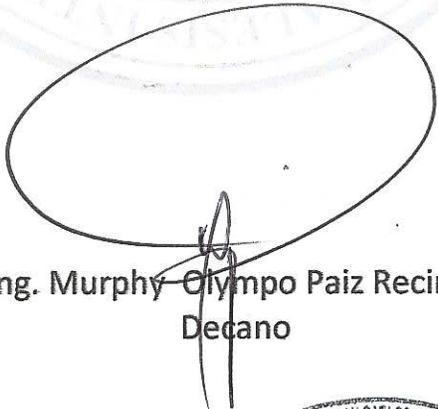


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 686.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LÍNEA Y DE LA CANTIDAD DE PÉRDIDAS AL VARIAR LA CALIDAD DE GLUTAMATO MONOSÓDICO EN LA FABRICACIÓN DE SOPA DE POLLO DESHIDRATADA**, presentado por el estudiante universitario **Pablo José Argote Nájera**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 3 de octubre de 2013

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida y la capacidad de seguir adelante.
María Auxiliadora	Ella si lo ha hecho todo.
Don Bosco	Mi padre y maestro espiritual.
Jerónimo Argote	Por su amor, apoyo incondicional y ser ejemplo en mi vida.
Silvia Nájera	Por su amor incondicional de madre y ser ejemplo en mi vida.
Mis hermanos	Diego y Juan Argote Nájera.
Lucila Alveño	Por el amor, apoyo, confianza y soporte en estos años de estudio.
Xiomara Elías	Por el apoyo en esto años de estudio, los ánimos y los muchos libros que me diste.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haber sido mí casa de estudios y brindarme la educación necesaria.
Amigos y compañeros	José Leppe, Alejandra Peláez, Brenda Monterroso, Sergio García, Lucrecia Marroquín y muchos más que quedan sin mencionar.
Adela Marroquín	Por su amistad y por brindarme la oportunidad de aprender.
Adrian Soberanis	Por su amistad y por dar su conocimiento sin nada a cambio.
Andrea Pereira	Por su amistad y ayuda en la realización de este trabajo, y por compartir sus conocimientos.
Esther Roquel	Por su amistad, consejo y la oportunidad de aprender.
Hilda Palma	Por su ayuda en la realización de este trabajo.
Marco Molina	Por su amistad digna de admirar y por su ayuda en la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS/HIPÓTESIS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ANTECEDENTES.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Glutamato monosódico en la industria alimenticia.....	3
2.2. Características de los sólidos.....	5
2.2.1. Humedad.....	6
2.2.2. Tamaño de partícula y granulometría.....	7
2.2.3. Fluidez del sólido.....	10
2.3. Manejo de sólidos.....	12
2.3.1. Transporte de sólidos.....	13
2.3.2. Mezclado de sólidos.....	14
2.4. Línea de empaque.....	19
2.4.1. Efecto del sólido sobre la línea de empaque.....	20
2.4.2. Rendimiento de línea.....	20
2.5. Gráficos de control.....	21

3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	23
3.1.	Variables	23
3.2.	Delimitación del campo de estudio	24
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	25
3.4.	Recursos materiales disponibles	25
	3.4.1. Materia prima	25
	3.4.2. Cristalería	26
	3.4.3. Equipo	26
3.5.	Técnica cuantitativa.....	26
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	27
	3.6.1. Medición de porcentaje de humedad de glutamato monosódico	27
	3.6.2. Medición del ángulo de reposo	28
	3.6.3. Datos de granulometría de glutamato monosódico.....	29
	3.6.4. Medición del porcentaje de humedad de sopa de pollo.....	29
	3.6.5. Medición del rendimiento de línea	30
	3.6.6. Cálculo de la cantidad de pérdidas de sopa de pollo.....	30
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	31
3.8.	Análisis estadístico.....	35
	3.8.1. Media de una muestra	35
	3.8.2. Desviación estándar de una muestra.....	35
	3.8.3. Análisis de varianza.....	36

4.	RESULTADOS.....	39
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	47
	CONCLUSIONES.....	51
	RECOMENDACIONES.....	53
	BIBLIOGRAFÍA.....	55
	APÉNDICES.....	59
	ANEXOS	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura del glutamato monosódico	3
2.	Glutamato monosódico	5
3.	Balanza de humedad	7
4.	Juego de tamices	8
5.	Curva granulométrica	9
6.	Ángulo de reposo	10
7.	Dispositivo para medir ángulo de reposo	12
8.	Mezcla aleatoria	15
9.	Mezcla ordenada	15
10.	Mezclador de cono doble con baffles	17
11.	Mezclador rotatorio con baffles	18
12.	Mezclador de aspas	18
13.	Línea de empaque de sobres para alimentos	19
14.	Gráfico de control	22
15.	Gráfica comparativa del rendimiento de línea utilizando 2 calidades de glutamato monosódico distintas	39
16.	Gráfica comparativa de la cantidad de pérdidas en línea utilizando 2 calidades de glutamato monosódico distintas	40
17.	Gráfica comparativa del ángulo de reposo del glutamato monosódico	41
18.	Gráfica comparativa de porcentaje de humedad del glutamato monosódico	42
19.	Curva granulométrica del glutamato monosódico 1	43

20.	Curva granulométrica del glutamato monosódico 2	44
21.	Gráfico de control para medias del porcentaje de humedad de la sopa de pollo fabricada con el glutamato monosódico 1	45
22.	Gráfico de Control para medias del porcentaje de humedad de la sopa de pollo fabricada con el glutamato monosódico 2.....	46

TABLAS

I.	Ángulo de reposo y caracterización del flujo de sólidos	11
II.	Variables del proceso	23
III.	Variable a manipular.....	24
IV.	Porcentaje de humedad de glutamato	31
V.	Ángulo de reposo de glutamato monosódico	32
VI.	Datos para curva granulométrica de glutamato monosódico 1.....	32
VII.	Datos para curva granulométrica de glutamato monosódico 2.....	33
VIII.	Porcentaje de humedad de sopa de pollo.....	33
IX.	Horas netas de trabajo y horas brutas trabajadas en la línea de empaque	34
X.	Cantidad de reproceso de sopa de pollo en la línea de empaque.....	34
XI.	Resumen de sumas de cuadrados y grados de libertad	37
XII.	Rendimiento de línea utilizando 2 calidades de glutamato monosódico distintas.....	40
XIII.	Cantidad de pérdidas en línea utilizando 2 calidades de glutamato monosódico distintas.....	41
XIV.	Ángulo de reposo de glutamato monosódico	42
XV.	Porcentaje de humedad de glutamato monosódico	43

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°	Grado
kg	Kilogramo
mm	Milímetro
%	Porcentaje

GLOSARIO

Aglomeración	Acción y efecto de unir fragmentos o partículas de una o varias sustancias.
GMS	Glutamato Monosódico.
Fluidez	Facilidad de un sólido para fluir en una tubería o espacio estrecho.
Línea	Proceso que consta de varios pasos con un orden establecido y consecuente.
Rendimiento	Porcentaje de la capacidad total de una máquina que es productivo.
Reproceso	Parte del producto final que por alguna razón debe de ingresar de nuevo al proceso de producción, y que genera aumento en el costo de producción.

RESUMEN

La investigación realizada, es sobre el efecto en el rendimiento y en la cantidad de pérdidas en una línea de empaque de sopa de pollo deshidratada al variar la calidad o características del glutamato monosódico en su fabricación, donde es el segundo mayor componente en porcentaje en masa. Se utilizó el glutamato monosódico 1 y el glutamato monosódico 2.

Para esto se determinó el porcentaje de humedad, el ángulo de reposo y se realizó una curva granulométrica, caracterizando 2 clases de glutamato monosódico de diferente proveedor. Se fabricó la sopa de pollo y se evaluó el rendimiento en la línea de empaque y la cantidad de pérdidas de producto en la línea con cada glutamato monosódico distinto para determinar si existía diferencia significativa al utilizarlos. Además se evaluó el porcentaje de humedad del producto final y el cambio en este al usar cada glutamato.

Los resultados muestran que el glutamato monosódico 1, es más fluido, menos húmedo y de tamaño de grano mayor que el glutamato monosódico 2, sin embargo, estas características no causan diferencia significativa en el rendimiento de línea de empaque y en la cantidad de pérdidas en la línea de empaque.

La parte experimental se realizó en una fábrica de alimentos deshidratados, en una línea de empaque de sobres, realizando mediciones cada 8 horas.

OBJETIVOS

General

Evaluar el rendimiento de línea y la cantidad de pérdidas al variar la calidad de glutamato monosódico en la fabricación de sopa de pollo deshidratada.

Específicos

1. Evaluar el rendimiento de línea y determinar si existe diferencia significativa en función del glutamato monosódico de los 2 proveedores distintos.
2. Establecer las pérdidas totales en la línea de sopa de pollo y determinar si existe diferencia significativa en función del glutamato monosódico de los 2 proveedores distintos.
3. Especificar el ángulo de reposo como medida de fluidez del glutamato monosódico de los 2 proveedores distintos, a través de la medición del ángulo con una escuadra especializada para montículos de sólidos.
4. Determinar el porcentaje de humedad del glutamato monosódico de 2 proveedores distintos a través de una balanza de humedad.
5. Realizar una curva granulométrica de glutamato monosódico de los 2 proveedores distintos.

6. Establecer porcentaje de humedad de sopa de pollo mediante un gráfico de control al utilizar las muestras de glutamato monosódico para su fabricación.

HIPÓTESIS

El rendimiento de línea de empaque y las pérdidas en línea de sopa de pollo, es afectada por el origen y las características del glutamato monosódico que es el segundo mayor componente en porcentaje en masa en su composición.

Hipótesis nula

No existe diferencia significativa en el rendimiento de línea de empaque y en la pérdida de sopa de pollo en línea, al variar el proveedor de glutamato monosódico que es el segundo mayor componente en masa.

Hipótesis alternativa

Existe diferencia significativa en el rendimiento de línea de empaque y en la pérdida de sopa de pollo en línea, al variar el proveedor de glutamato monosódico que es el segundo mayor componente en masa.

INTRODUCCIÓN

En la industria de alimentos deshidratados en polvo son utilizados exaltadores de sabor, para brindar una mejor experiencia sensorial a los consumidores, uno de estos aditivos es el glutamato monosódico, y representa el segundo mayor componente en porcentaje en masa, después de la sal, en las sopas deshidratadas. En las fábricas de productos deshidratados, uno de los mayores problemas que se observan es la dificultad en el manejo de producto final en las líneas de empaque, debido a aglomeraciones del mismo y que provoca paros no planeados para la liberación y limpieza en las líneas de empaque.

La constante búsqueda para disminuir costos de producción, llevan a buscar nuevas alternativas de obtener materia prima a un menor costo, pero antes de realizar cualquier cambio en la calidad de la materia prima, es necesario evaluar el impacto que este cambio tendrá en el proceso de producción; debido a que la cantidad de pérdidas genera un aumento de 1,5 por ciento en el costo de producción y una hora de paro genera hasta 10 por ciento de pérdida en unidades monetarias.

Como la calidad del producto final afecta el rendimiento en la línea de empaque, pues al aglomerarse provoca paros no programados en la línea y pérdidas, la calidad del producto final depende de la calidad de su materia prima, se buscó determinar si el cambio en la calidad de una de las materias primas, causa una diferencia significativa en estos 2 parámetros medidos en la línea de empaque, con el objetivo de disminuir costos no afectando la productividad de la fábrica.

1. ANTECEDENTES

En algunos productos alimenticios deshidratados, se utiliza glutamato monosódico como exaltador del sabor, formando parte de los ingredientes de mayor porcentaje en masa, de alto volumen, presente en este tipo de alimentos. Por consiguiente las propiedades como fluidez y porcentaje de humedad del producto final, dependen de la cantidad de glutamato monosódico que contiene el producto.

Los ensayos realizados con materia prima para evaluar su efecto en el producto final en las líneas de envasado, son constantes en la industria de alimentos y toda materia prima debe ser evaluada para no incurrir en costos elevados e innecesarios. Estudios en Guatemala de la materia prima y su efecto en las líneas de empaque, no se han realizado en la Universidad de San Carlos de Guatemala, solamente estudios de rendimiento y eficiencia de líneas de empaque. Sin embargo, este tipo de estudios son realizados por empresas privadas que necesitan la información para la toma de decisiones estratégicas para determinar con cual proveedor trabajar.

El glutamato monosódico que la fábrica de alimentos deshidratados utiliza en la actualidad, fue elegido entre 2 proveedores en el 2012, tomando como criterio de elección la materia prima que mejor se ajustó a las condiciones en las cuales se trabaja en el equipo y el que mejor rendimiento poseía en la línea de empaque. En la actualidad, se quiere realizar el mismo estudio con 2 proveedores distintos para disminuir costos en la fábrica.

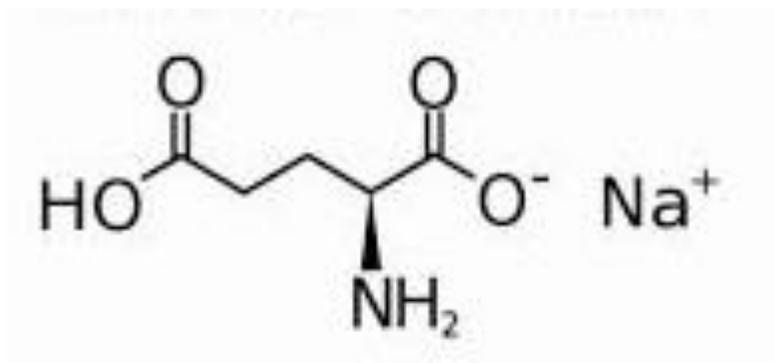
2. MARCO TEÓRICO

2.1. Glutamato monosódico en la industria alimenticia

En la industria alimenticia se utilizan aditivos que sirven para intensificar el sabor de las comidas. Existen 2 tipos de sustancias que se producen a gran escala para esta función, que son los nucleótidos y las sales de ácido glutámico.

El glutamato monosódico (GMS por sus siglas en español o MSG por sus siglas en inglés), es una sal de ácido glutámico y que tiene mayor demanda. Es un polvo blanco, inodoro, muy soluble en agua y poco en alcohol y aunque tiene muy poco sabor propio, actúa como potenciador del sabor al hacer que la lengua resulte más receptiva a los sabores salados y fuertes.

Figura 1. Estructura del glutamato monosódico



Fuente: Zazzle, Sal del sodio del glutamato monosódico g postal.

<http://www.zazzle.com/sal_del_sodio_del_glutamato_monosodico_del_acido_g_tarjeta_postal-239941490117045108?lang=es.

Consulta: 30 de mayo de 2013>.

Se conoce dentro de la nomenclatura de los aditivos utilizados en la industria de alimentos, con el número E-621. Es un constituyente común de tejidos animales y vegetales, en forma ligada, es decir como proteínas, o libres. Su funcionalidad como potenciador del sabor, la ofrece cuando se encuentra en forma libre, como se da en el tomate, champiñón o en los peces.

Si bien, esta sal es posible obtenerla de fuentes naturales, tales como remolachas, maíz, trigo, leche, hongos, tomates, entre otros, se produce a escala industrial mediante fermentación microbiana. Para ello se utiliza la *Corynebacterium glutamicum*, la cual presenta la ventaja de producir la forma en L que tiene las propiedades de intensificar el sabor. Como materia prima, se utilizan sustratos de carbohidratos como melaza, bagazo, suero, permeado de la lactosa, licor de sulfito y otros. De esta fermentación es posible obtener como productos ácido glutámico, glutamato monosódico y sales no sódicas del ácido glutámico, como calcio, potasio o amonio.

La toxicidad del glutamato monosódico es mínima, pero en algunos casos el consumo de grandes cantidades hace que se experimente una sensación subjetiva de somnolencia, dolor de estómago, dolor de cabeza y de las extremidades, síntomas que desaparecen de forma rápida. Ello sucede cuando la dosis de ingesta es alrededor de los 30 gramos por kilogramo.

Anualmente se utilizan varios cientos de miles de toneladas de glutamato monosódico en el mundo, para la industria, las instituciones, restaurantes o bien en los hogares, y cada vez la demanda va en aumento. La cantidad que se agrega a los alimentos es regulada, porque el punto más alto que se alcanza de intensificación del sabor, se da entre 0,2 y 0,8 por ciento. Hoy en día se reconoce que el glutamato monosódico, junto con los derivados del ribonucleótido 5', el inosinato 5' disódico y el guanilato 5' disódico, están

asociados al sabor umami (que significa apetitoso o delicioso), el cual es un sabor que fue incorporado a los otros 4 sabores esenciales: dulce, salado, ácido y amargo.

Figura 2. **Glutamato monosódico**



Fuente: Wikipedia, Glutamato monosódico.

http://es.wikipedia.org/wiki/Glutamato_monos%C3%B3dico.

Consulta: 30 de mayo de 2013.

2.2. Características de los sólidos

Son cuerpos que mantienen definidos su forma y volumen, al recibir un esfuerzo no muy grande no se deforman, sino que se trasladan o rotan, pero sin deformarse. Los cuerpos sólidos pueden tener diferentes formas, ya sean cristales, esferoides, planas o laminares, fibras o mixtos. A pesar de las diferentes morfologías que los sólidos presentan, el tamaño de partícula pequeña, es la que más importancia tiene en cuanto a estudio dentro de la ingeniería, puesto que es la forma en la que por lo general se trabajan en los

procesos industriales, debido a que es mejor su capacidad de mezclado, de compactación y algunas veces también de transporte.

En la industria de alimentos, los sólidos se utilizan para fabricar alimentos deshidratados y son una fuente de alimentación básica para todos los seres humanos. En la elaboración de sopas, los principales componentes son sólidos y en pequeñas proporciones se utilizan grasas en forma líquida

2.2.1. Humedad

Es la cantidad de agua que posee un sólido. Todos los sólidos poseen cierto porcentaje de humedad y el contenido de humedad se expresa en base seca, es decir, kilogramo de agua por kilogramo de sólido sin humedad.

La humedad de los sólidos y del aire, son variables críticas en los procesos de secado en sólidos en contacto con el aire seco. “Al ponerse en contacto el sólido con el aire durante un largo período de tiempo se alcanza el equilibrio y la humedad de equilibrio del sólido, que es el contenido de humedad mínimo que puede poseer en determinadas condiciones de temperatura y humedad del aire. Si el material contiene más humedad que su valor de equilibrio en contacto con un gas a determinada humedad y temperatura, se secará hasta alcanzar su valor de equilibrio. Si el material contiene menos humedad que su valor de equilibrio, adsorberá agua hasta alcanzar dicho valor de equilibrio”.¹

Para las mediciones del porcentaje de humedad, que se mide como la masa de agua del sólido dividido por la cantidad de masa del sólido seca por 100, se utiliza una balanza de humedad. Este tipo de balanzas miden la pérdida

¹ Geankoplis, Christie, Operaciones Unitarias, p. 594.

de masa de un sólido que causa la evaporación del agua por medio de transferencia de calor por radiación que se realiza mediante una resistencia que emite luz y calor. Este tipo de balanzas pueden calcular el porcentaje de humedad, y además es posible adaptar el tiempo de secado de la muestra y la temperatura de desecación.

Figura 3. **Balanza de humedad**



Fuente: PCE Iberica S.L., Balanza de laboratorio. http://www.pce-instruments.com/espanol/productos-generales-para-profesionales/balanzas/balanza-de-laboratorio-pce-holding-gmbh-balanza-de-laboratorio-pce-mb-200-det_93155.htm. Consulta: 30 de abril de 2013.

2.2.2. Tamaño de partícula y granulometría

El tamaño y forma de la partícula, se pueden especificar fácilmente para aquellas que son regulares, esféricas o cúbicas, pero no para aquellas que son irregulares. Debido a que las partículas no son equidimensionales, es decir que son más largas en una dirección que en otras, con frecuencia se caracterizan

por la segunda dimensión de mayor longitud. Por lo tanto, se toma como diámetro de la partícula el valor de mayor longitud.

El tamaño de las partículas se expresa en diferentes unidades, dependiendo del intervalo de tamaños que intervienen. Las partículas gruesas son medidas en pulgadas o en milímetros, las finas en función de la luz del tamiz y las partículas muy finas se miden en micrómetros o nanómetros. Las partículas ultrafinas son descritas en ocasiones en función de su área superficial por unidad de masa, generalmente en metros cuadrados por gramo.

En una muestra de partículas de sólido, no todas ellas poseen el mismo tamaño. Para determinar la fracción de partículas de cierto tamaño en una muestra de partículas sólidas, se utiliza un método de determinación granulométrico. Con este se lleva a cabo una clasificación granulométrica de una muestra de partículas sólidas y se calcula la abundancia de cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

Figura 4. **Juego de tamices**

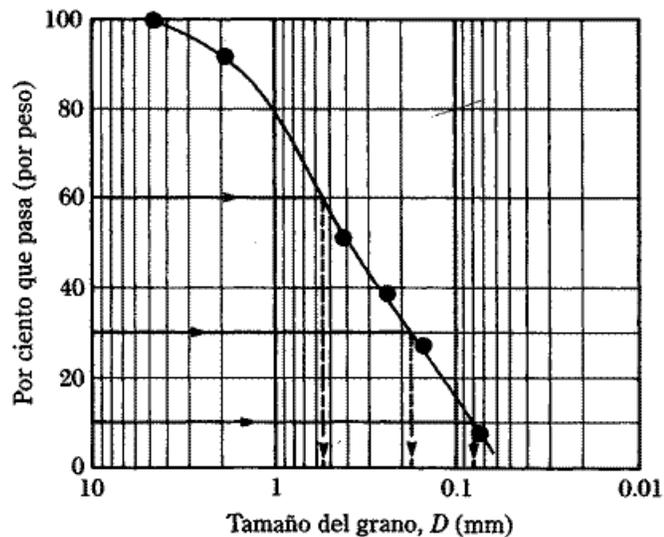


Fuente: BIOWEB, Tamices de acero inoxidable Wildco. http://bioweb.co/co/comercio/product_info.php?products_id=344. Consulta: 30 de abril de 2013.

El método de determinación granulométrico más sencillo, es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado (en forma de coladores) que funcionan como filtros de los granos en una denominada columna de tamices. Para ello se utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que se ensamblan en una columna, en la parte superior se encuentra el de mayor diámetro y se agrega el material a analizar; la columna se somete a vibración para que las partículas pasen a través de los tamices.

Una vez terminado el procedimiento y tomando en cuenta el peso total y los pesos retenidos en cada uno de los tamices, se realiza la curva granulométrica, con los valores de porcentaje retenido que cada diámetro obtiene.

Figura 5. **Curva granulométrica**



Fuente: Ensayos Ingeniería civil, Análisis granulométrico por mallas-suelos.

<http://ensayosingenieriacivil.blogspot.com/2011/05/analisis-granulometrico-por-mallas.html>. Consulta: 01 de mayo de 2013.

La curva granulométrica permite visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que tienen los tamaños de grano de las partículas.

2.2.3. Fluidez del sólido

La lubricidad o fluidez de un sólido, es la tendencia que tiene una partícula sólida a fluir en un montículo de ellas. Esta tendencia está en función de su tamaño, forma, capacidad electrostática y su dureza.

Los sólidos se pueden clasificar según el grado de lubricidad como poco cohesivos o de gran lubricidad o flujo fácil, cohesivos que son intermedios o de poco flujo y muy cohesivos, de poca lubricidad o sin flujo libre. Esta característica de los sólidos se mide en función del parámetro conocido como ángulo de reposo interno, que corresponde al ángulo respecto a la horizontal que se forma al depositar un montículo de cierto sólido. El grano se deposita poco a poco, de manera que las partículas rueden sobre sí.

Figura 6. **Ángulo de reposo**



Fuente: Wikipedia, Ángulo de reposo. http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81ngulo_de_reposo.

Consulta: 30 de abril de 2013.

En base al ángulo de reposo interno, los sólidos se clasifican así:

Tabla I. **Ángulo de reposo y caracterización del flujo de sólidos**

Ángulo de reposo (°)	Caracterización del flujo
Mayor de 50	Sin flujo libre
30 –50	Poco flujo
Menor de 30	Flujo fácil

Fuente: Universidad de Antioquia, Factores granulométricos.

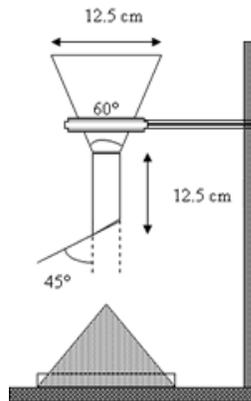
<http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/07/cflujo.html>.

Consulta: 30 de mayo de 2013.

El ángulo de reposo externo, corresponde al ángulo que debe darse sobre la horizontal a una plancha sólida plana con una capa de sólido encima de ella para que dicho sólido se comience a deslizar, entonces el ángulo al que se inicia el resbalamiento, corresponde al ángulo de reposo externo.

Para la medición del ángulo de reposo interno, existen dispositivos mediante los cuales es posible medir el ángulo que forma el sólido apilado en una superficie, uno consiste en un embudo por el cual se hace pasar cierta cantidad del sólido, al pasar por el embudo cae en una superficie en la cual es posible medir el ángulo mediante un transportador o mediante una regla, midiendo los catetos de un triángulo rectángulo y encontrando el ángulo de reposo.

Figura 7. **Dispositivo para medir ángulo de reposo**



Fuente: Universidad de Antioquia, Factores granulométricos.

<http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/07/cflujo.html>.

Consulta: 30 de mayo de 2013.

2.3. Manejo de sólidos

En comparación con los líquidos y gases, los sólidos son más difíciles de tratar, debido a que pueden presentarse en diferentes formas, ya sea en grandes piezas angulares, láminas continuas o polvos finamente divididos; estos pueden ser a su vez duros y abrasivos, blandos o frágiles, polvorientos, plásticos o pegajosos, resistentes o gomosos.

Debido a lo anterior y a que en los procesos químicos los sólidos utilizados se encuentran por lo general, en forma de partículas, es preciso encontrar los medios y equipos para manipular los sólidos de la manera adecuada, dependiendo de su presentación. A continuación se presentan las consideraciones más importantes para 2 de las operaciones más comunes en el manejo de sólidos.

2.3.1. Transporte de sólidos

Tiene como objetivo alimentar con materia prima a las máquinas para su posterior tratamiento y recoger los productos que se procesan para su posterior almacenamiento. Permite movilizar los sólidos al área o etapa de la producción en donde sea necesario, además de ello, se puede utilizar para ganar altura en caso de ser necesario. Al transportar sólidos, es necesario tomar en cuenta diversos factores que son de suma importancia para elegir el equipo que más se adecúe al tipo de sólido que se trabajará.

La selección del equipo más adecuado para transportar un sólido, depende no solo del tamaño y del tipo de sólido, sino también de los siguientes factores: longitud de desplazamiento, capacidad requerida (cantidad/unidad de tiempo), dirección en la cual el sólido se transportará y características del sólido como densidad aparente, abrasión, cohesión, tamaño, forma y otras.

En el transporte de sólidos, pueden presentarse diversos problemas, por lo tanto es necesario hacer ciertas consideraciones. Es necesario controlar velocidad lineal del transportador debido a que si es mucha, se puede dar la liberación de polvos finos, por otro lado, en los transportes de tipo cinta o cadena, deben haber mecanismos de frenado, de manera que si hay corte eléctrico o fallo del motor propulsor, la cinta no retrograde, deben también tener mecanismos de seguridad si se traba la cinta, para no sobrecargar el motor, evitando su fundición. Por otro lado debe tenerse un mecanismo de limpieza o raspador, sobre todo en los sólidos pegajosos, para que no se queden en el transporte y vayan disminuyendo su capacidad de transporte real.

En transportadores de tipo neumático, cadena y de tornillo, hay frotamiento, por ello se debe cuidar de los sólidos eléctricamente activos y de los termolábiles, con aterrizaje eléctrico.

Los sólidos dentro de la planta se pueden transportar utilizando diferentes tipos de transportadores y se puede elegir el que más se adecúe a las necesidades del sólido. Los más comunes son:

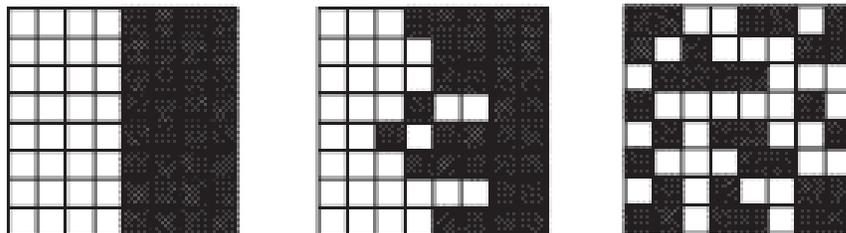
- Transportadores de tornillo helicoidal
- Transportadores de banda
- Elevadores de cangilones
- Transportadores vibratorios u oscilantes
- Transportadores de flujo continuo
- Transportadores de banda cerrada
- Transportadores de paletas
- Transportadores de mandil
- Transportadores neumáticos

2.3.2. Mezclado de sólidos

Es más complejo que el de líquidos, y en general consume más energía que el mezclado de líquidos. Consiste en repartir un sólido (o varios) dentro de otro (o varios), por medio de agitación sólida. Existen diferentes tipos de mezcla:

La mezcla aleatoria, es aquella en que la probabilidad de que una partícula de un determinado componente se encuentre en una muestra, es proporcional al número de partículas del mismo en la mezcla total; también es llamada mezcla por dispersión.

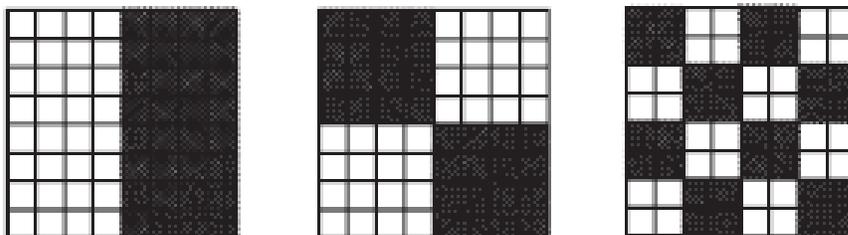
Figura 8. **Mezcla aleatoria**



Fuente: GREEN, Don. Perry's Chemical Engineers' Handbook. p. 21-33.

La mezcla ordenada, es aquella en que los constituyentes no son independientes unos de otros. Se da entre sólidos altamente cohesivos, en los que uno de ellos actúa como portador de las partículas del otro sólido. También es llamada mezcla por división y doblamiento.

Figura 9. **Mezcla ordenada**



Fuente: GREEN, Don. Perry's Chemical Engineers' Handbook. p. 21-33.

El proceso es realizado por unidades llamadas mezcladores, que cambian de acuerdo al tipo de ingredientes de la mezcla que se quiere obtener, fricción que generan los ingredientes y tamaño de partícula de los ingredientes.

Los mezcladores pueden ser para pastas o polvos. Para pastas se utilizan mezcladores que amasan al mismo tiempo, estos pueden ser²:

- Mezclador de cubetas intercambiables
- Amasadoras
- Dispersores
- Masticadores
- Amasadoras continuas
- Mezcladores extrusores
- Rodillos mezcladores
- Mezcladores de moletas
- Mezclador de cubeta
- Batidoras

Los mezcladores para polvos secos, son mezcladores difusores y pueden ser³:

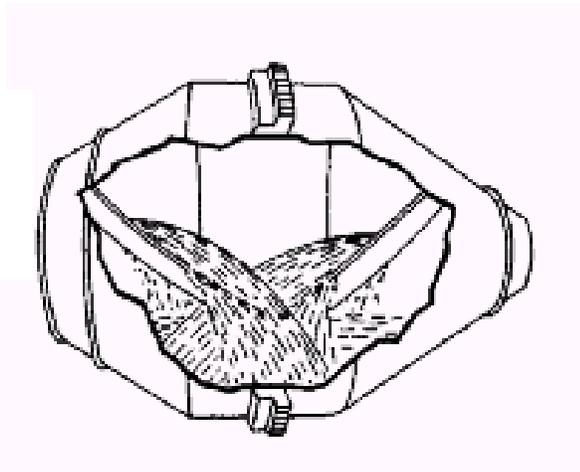
Tambor con paletas deflectoras: es cilindro horizontal rotatorio en cuyo interior se fijan paletas pro y contra, además de paletas longitudinales soldadas a la pared del cilindro. Se rotan a velocidades de 20 a 70 revoluciones por minuto. Se llena un 40 por ciento de su volumen. Dentro del tambor, los sólidos se mueven de arriba abajo, como en bucles o rollos, al mismo tiempo se eleva y cae a través del tambor, donde se encuentran las paletas que actúan como repartidores que hacen que los sólidos se muevan de una punta hacia la otra, dando así algún movimiento horizontal. Pueden poseer un orificio exclusivamente para descarga o ser el mismo de la alimentación.

² McCabe; Operaciones Unitarias en Ingeniería Química; p. 970-979.

³ McCabe; Operaciones Unitarias en Ingeniería Química; p. 979-981.

Mezclador de doble cono: es un mezclador con forma de dos conos truncados unidos a través de su base. Rota sobre un eje horizontal de manera que los extremos cónicos quedan perpendiculares al eje de rotación. Adentro posee paletas repartidoras que suministra un ligero movimiento horizontal. Se llena al 50 por ciento de su volumen. Trabaja preferiblemente polvos finos y de gran flotabilidad, poco cohesivos y puede poseer rompe aglomerantes. Son fáciles de descargar.

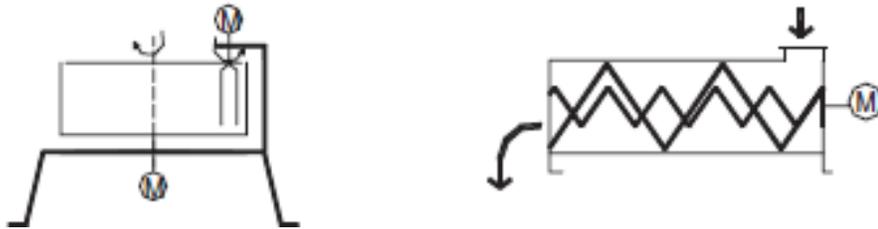
Figura 10. **Mezclador de cono doble con baffles**



Fuente: GREEN, Don. Perry's Chemical Engineers' Handbook. p. 21-124.

Mezcladores rotatorios horizontales: son mezcladores rotatorios pero en este tipo, el mezclador se encuentra en forma horizontal y por lo general poseen baffles para poder dar una mayor agitación al momento de ser operados. Este tipo de mezcladores se utilizan en la industria de alimentos, debido a que en ellos es posible mezclar sólidos y líquidos de una manera más eficiente que en los mezcladores rotatorios verticales.

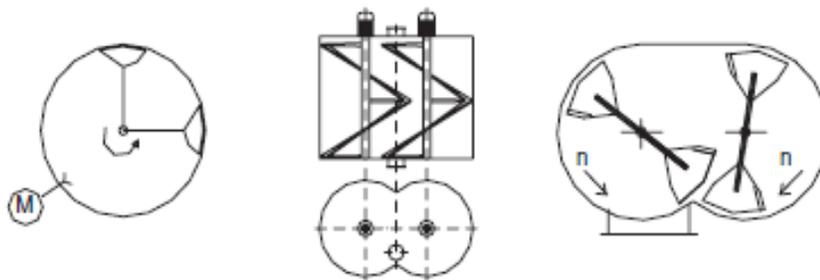
Figura 11. **Mezclador rotatorio con baffles**



Fuente: GREEN, Don. Perry's Chemical Engineers' Handbook. p. 21-41.

Mezclador de aspas: este tipo de mezcladores consisten en una cavidad redonda en donde gira un haz o varios haces de baffles que pueden ser de diferente forma. Pueden ser utilizados conjuntamente con sólidos y líquidos, sin embargo dependiendo del tipo de sólido presentan problemas de aglomeración en las aspas de los baffles y desgaste continuo de las mismas. Son utilizados en la industria de alimentos y pueden trabajar con distintos tipos de materiales.

Figura 12. **Mezclador de aspas**



Fuente: GREEN, Don. Perry's Chemical Engineers' Handbook. p. 21-41.

2.4. Línea de empaque

Una línea de producción, es un proceso que posee pasos ordenados y con una cronología de pasos, es decir que cada proceso posee un antecesor y un predecesor. En las líneas de llenado de laminado de productos alimenticios deshidratados, el proceso comienza con un silo que es vaciado por un sistema de tornillo sin fin y que empuja el producto a envasar a boquillas, estas boquillas dosifican el producto y lo colocan directamente en un laminado o envase que luego pasa a sellarse. Luego de que se sella, procede a empacarse en su empaque secundario y luego se embala en un pellet para su almacenamiento y posterior transporte.

Figura 13. Línea de empaque de sobres para alimentos



Fuente: Allbiz, Línea de empaque en el doy-pack Moscow. <http://www.ru.all.biz/es/lineas-de-empaque-en-el-doy-pack-g8334>. Consulta: 30 de Abril de 2013

2.4.1. Efecto del sólido sobre la línea de empaque

Los problemas de transporte de sólidos no son ajenos a las líneas de empaque que tratan con ellos, estos consisten en aglomeración y pérdidas durante el proceso de llenado o envasado. La aglomeración de los sólidos depende directamente del tamaño de partícula y del porcentaje de humedad que estos posean, y en los procesos de envasados de sólidos en polvo se quiere evitar este tipo de problemas pues un aglomerado es una desviación de calidad del proceso.

La formación de este tipo de aglomerados en el tornillo sin fin y en las boquillas hace que se dificulte trabajar el producto en la línea y afecta al dosificador de la línea y se hace que produzcan paros para realizar limpieza.

2.4.2. Rendimiento de línea

El rendimiento de la línea se evalúa en función del tiempo que se utilizó para producir cierto número de lotes de producto terminado. El tiempo en que la línea de empaque trabaja se ve afectado por paros por limpieza o por fallas mecánicas, muchas veces debidas al producto que se maneja, debido a que este tiende a aglomerarse o no fluye dentro de la máquina. Al final, el tiempo en que la máquina se encuentra parada y pudo haber producido se traduce en costo para la empresa pues se gastó en mano de obra, electricidad, aire comprimido, laminado y producto terminado que no fue envasado.

El tiempo en el cual se trabajó todo el lote de producto terminado en una línea de empaque, se le puede llamar horas brutas de producción, pues involucra las horas que en realidad se produjo, más todo el tiempo que se perdió por paros programados y no programados, los cuales pueden ser

limpiezas y paros por fallas mecánicas. Las horas en que en realidad se produjo son llamadas horas netas de producción y el cociente entre estas y las horas brutas da un porcentaje del rendimiento de la línea de empaque.

2.5. Gráficos de control

Están relacionados directamente con el control de calidad de un proceso, y representan una herramienta de gestión en la que importantes características de un producto se observan y evalúan. La función de los gráficos de control, es determinar si el desempeño de un proceso se mantiene en un nivel aceptable de calidad, tomando en cuenta la variabilidad debido al azar, por eso su propósito radica en detectar un estado no aleatorio o fuera de control de un proceso.⁴

Para llevar un control de la aleatoriedad de los procesos, se establecen límites de control, dentro de los cuales se encuentra más del 97 por ciento de todas las mediciones de cada muestra. Los gráficos de control pueden ser por variables y por atributos. En los procesos en la industria, los gráficos de control de variables son más utilizados debido a que representan el valor de una variable medida.

Los gráficos por variables comúnmente utilizados, son los gráficos \bar{X} y R . El primer tipo de gráficos son de medias y se grafican uno por uno las mediciones de determinada variable hecha a cada muestra. El segundo tipo de gráficos son de rangos y se grafican las diferencias entre mediciones de una variable y sirve para visualizar diferencias significativas entre las mediciones realizadas. Los límites de control se establecen como 3 veces la desviación estándar del conjunto de mediciones, para ambos gráficos.

⁴ Walpole, Estadística para ciencias e Ingeniería, octava edición, p. 697-704.

Al estar todas las mediciones dentro de los límites de control, el proceso se encuentran en control, sin embargo las mediciones que se encuentran fuera de los límites son mediciones que se encuentran fuera de control y no se deben a la aleatoriedad si no a problemas dentro del proceso, que deben monitorearse y corregirse.

Figura 14. **Gráfico de control**



Fuente: Control de Procesos, Control Estadístico de Procesos.

<http://www.matematicasypoesia.com.es/>

Estadist/ManualCPE06p3.htm. Consulta: 01 de mayo de 2013.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

En la tabla II se presentan las variables involucradas en el proceso de producción de sopa de pollo, clasificadas por el tipo de variable, además en la tabla III se presenta la variable a manipular y el rango de variación:

Tabla II. **Variables del proceso**

Variables	Independiente	Dependiente	Constante	No constante
Porcentaje de humedad de glutamato monosódico	X			X
Ángulo de reposo de glutamato monosódico	X			X
Diámetro de partícula de glutamato monosódico	X			X
Porcentaje de humedad de sopa de pollo		X		X
Rendimiento de línea de empaque		X		X
Cantidad de pérdidas de producto en línea		X		X
Cantidad de glutamato monosódico en sopa de pollo	X		X	
Cantidad de componentes en sopa de pollo	X		X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Variable a manipular**

No.	Variable	Dimensionales	Rango de variación
1	Proveedor de glutamato monosódico	-	1-2

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación del campo de estudio

La investigación se realizó en el área de producción de una planta que se dedica a la fabricación de sopas y alimentos deshidratados en sobres, la delimitación del campo de estudio se especifica así:

- Campo
 - Producción
- Área
 - Elaboración de alimentos
- Línea
 - Elaboración de Sopas deshidratadas
- Proyecto
 - Evaluación del rendimiento de línea y de la cantidad de pérdidas al variar la calidad de glutamato monosódico en la fabricación de sopa de pollo deshidratada
- Ubicación
 - Fábrica de productos alimenticios deshidratados.

3.3. Recursos humanos disponibles

Los investigadores involucrados son, el investigador principal y la asesora que posee formación académica y experiencia en el área de alimentos y ha asesorado varias investigaciones en el área de alimentos:

- Investigador: Br. Pablo José Argote Nájera
- Asesor: Inga. Química Hilda Palma

3.4. Recursos materiales disponibles

Todo recurso material empleado en el desarrollo de la investigación, es proveído por la administración de la planta en donde se llevó a cabo la investigación.

3.4.1. Materia prima

De los insumos necesarios para la fabricación de la sopa de pollo, solo se especifica el glutamato monosódico y los demás ingredientes se dejan sin especificar debido a confidencialidad de la receta:

- Glutamato monosódico
- Componentes para la fabricación de sopa de pollo

3.4.2. Cristalería

En el desarrollo de la investigación, únicamente se trabajó con un tubo de vidrio como cristalería para realizar las mediciones de ángulo de reposo en el laboratorio de línea:

- Embudo de vidrio

3.4.3. Equipo

En el desarrollo experimental de la investigación, se utilizaron varios equipos para las mediciones de las propiedades de las muestras y del producto final:

- Balanza analítica de precisión para laboratorio
- Balanza de humedad
- Equipo para medición de fluidez de sólidos
- Juego de tamices
- Tamizadora
- Máquina empacadora

3.5. Técnica cuantitativa

Las propiedades a medir de cada muestra de glutamato monosódico, de la sopa de pollo como producto final y de las mediciones en la línea de empaque se especifican a continuación:

- Medición del porcentaje de humedad del glutamato monosódico de 2 proveedores distintos por medio de una balanza de humedad.

- Medición del ángulo de reposo del glutamato monosódico de 2 proveedores distintos.
- Construcción de una curva granulométrica de porcentaje de masa que pasa por el tamaño del tamiz en función del tamaño de la apertura de cada tamiz, a través de un tambor de tamices y una máquina tamizadora.
- Medición de la humedad de sopa de pollo en función de 2 proveedores distintos.
- Medición del rendimiento de la línea de empaque de sopa de pollo en función del tiempo utilizado realmente y el tiempo planificado para empacar un lote completo de sopa de pollo.
- Cuantificación de la cantidad de pérdidas de sopa de pollo en kilogramos en la línea de empaque por reproceso.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Los procedimientos para cada una de las mediciones se detallan a continuación, todos los procedimientos están estandarizados y documentados por la gerencia de la fábrica de alimentos en donde se realizó la investigación.

3.6.1. Medición de porcentaje de humedad de glutamato monosódico

Para la medición de esta propiedad, se utilizó una balanza de humedad de halógeno específica para realizar mediciones de porcentaje de humedad, el procedimiento se detalla a continuación:

- Volver a cero la balanza mediante el botón de tara.
- Colocar 10 gramos de muestra sobre el plato.
- Colocar un tiempo de secado de 4 minutos.
- Colocar una temperatura de secado de 140 grados Celsius.
- Encender la balanza.
- Al terminar los 4 minutos de secado, anotar el porcentaje de humedad que aparece en la pantalla de la balanza de humedad.

3.6.2. Medición del ángulo de reposo

Esta medición se realiza mediante un dispositivo que se constituye de un embudo de vidrio, por el cual se hace pasar el sólido y este cae sobre una plataforma, el procedimiento se detalla a continuación:

- Preparar del sólido sin grumos y sin cuerpos extraños.
- Tomar 150 mililitros con el recipiente del instrumento.
- Ver si el plato de vidrio se encuentra colocado en la base del medidor, si no colocarlo.
- Colocar la muestra en el embudo.
- Dar vuelta al agitador hasta que todo el sólido caiga sobre el plato de vidrio.
- Colocar la barra de metal en la punta superior de la montaña que se formó del sólido.
- Anotar la altura del cono de polvo que muestra la barra de metal en la regla de la base del instrumento.
- Encontrar el ángulo de reposo con la altura del sólido buscándolo en la correlación tabulada para el instrumento de medición.

3.6.3. Datos de granulometría de glutamato monosódico

El estudio granulométrico de las muestras de glutamato monosódico, se realiza mediante una torre de tamices colocada un tamizador que realiza la separación mediante vibraciones, el procedimiento se detalla a continuación:

- Tarar cada uno de los tamices a utilizar.
- Armar la torre de tamices en orden ascendente de acuerdo al tamaño de la apertura del tamiz.
- Colocar la muestra de sólido en la parte superior de la torre de tamices y cerrarla.
- Colocar la torre de tamices en la tamizadora.
- Encender durante 5 minutos y esperar a que termine.
- Al terminar recolectar la cantidad de sólido en cada tamiz.
- Medir la masa del sólido atrapada en cada tamiz y calcular el porcentaje en base a la masa inicial.

3.6.4. Medición del porcentaje de humedad de sopa de pollo

Para la medición de esta propiedad, se utilizó una balanza de humedad de halógeno específica para realizar mediciones de porcentaje de humedad, el procedimiento se detalla a continuación:

- Volver a cero la balanza mediante el botón de tara.
- Colocar 10 gramos de muestra sobre el plato.
- Colocar un tiempo de secado de 4 minutos.
- Colocar una temperatura de secado de 140 grados Celsius.
- Encender la balanza.

- Al terminar los 4 minutos de secado, anotar el porcentaje de humedad que aparece en la pantalla de la balanza de humedad.

3.6.5. Medición del rendimiento de línea

Esta característica de la línea de producción se mide en función del tiempo en que se estuvo produciendo y el tiempo que se programó originalmente para producir, el procedimiento se detalla a continuación:

- Tomar el tiempo programado para que la línea de empaque coloque en bolsas un lote entero de producto.
- Tomar el tiempo real para que la línea de empaque coloque en bolsas un lote entero de producto.
- Dividir el tiempo programado entre el tiempo real.

3.6.6. Cálculo de la cantidad de pérdidas de sopa de pollo

Las pérdidas de producto se cuantifican por todo el material que cae en la línea y todo el material que se encuentra mal empacado, el procedimiento se detalla a continuación:

- Recoger todo el material perdido en la línea de empaque al terminar de procesar todo el producto y se mide su masa.
- Desempacar todo el laminado que salió mal de la línea y que va para reproceso y se mide su masa.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Los datos que se tomaron y mediciones realizadas en el desarrollo experimental de la investigación, y que se muestran en el apéndice, se colocaron en las tablas que se muestran a continuación:

Tabla IV. **Porcentaje de humedad de glutamato**

Corrida	Porcentaje de humedad (%)	
	Glutamato 1	Glutamato 2
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Ángulo de reposo de glutamato monosódico**

Corrida	Ángulo de reposo (°)	
	Glutamato 1	Glutamato 2
1		
2		
3		
4		
5		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Datos para curva granulométrica de glutamato monosódico 1**

Apertura de tamiz (mm)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia (g)
0,600			
0,425			
0,250			
0,212			
0,150			
0,108			
Fondo			

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Datos para curva granulométrica de glutamato monosódico 2**

Apertura de tamiz (mm)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia (g)
0,600			
0,425			
0,250			
0,212			
0,150			
0,108			
Fondo			

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Porcentaje de humedad de sopa de pollo**

Corrida	Porcentaje de humedad (%)	
	Glutamato 1	Glutamato 2
1		
2		
3		
4		
5		

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Horas netas de trabajo y horas brutas trabajadas en la línea de empaque**

No	Glutamato monosódico 1		Glutamato monosódico 2	
	Horas brutas de producción (horas)	Horas netas de producción (horas)	Horas brutas de producción (horas)	Horas netas de producción (horas)
1				
2				
3				

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Cantidad de reproceso de sopa de pollo en la línea de empaque**

Corrida	Rendimiento de línea (%)	
	Glutamato 1	Glutamato 2
1		
2		
3		

Fuente: elaboración propia.

3.8. Análisis estadístico

Los estadísticos que se realizaron; son la media de la muestra, la desviación estándar y un análisis de varianza simple para cada medición en línea.

3.8.1. Media de una muestra

El promedio o media aritmética se realizó para cada una de las mediciones realizadas, los datos obtenidos se pueden observar en el apéndice, el cálculo se realizó en base a la siguiente ecuación:

$$\bar{x} = \frac{\sum_0^i x_i}{n} \quad [\text{Ec. no. 1}]^5$$

Donde:

\bar{x} = media aritmética

x_i = dato iesimo

n = número de datos

3.8.2. Desviación estándar de una muestra

La desviación estándar se realizó para cada de un conjunto de datos y los resultados se muestran en el apéndice, se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$s = \sqrt{\sum_i \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad [\text{Ec. no. 2}]^6$$

⁵ Miller, James; Miller, Estadística y quimiometría, p. 21.

⁶ Miller, James; Miller, Estadística y quimiometría, p. 22.

Donde:

s = desviación estándar de la muestra

\bar{x} = media aritmética

x_i = dato i ésimo

n = número de datos

3.8.3. Análisis de varianza

El análisis de varianza que se realiza por un solo factor que es la variación en el proveedor y su efecto en el rendimiento de línea y en la cantidad de pérdidas en línea de sopa de pollo.

El análisis consiste en dos fuentes de variación, una entre muestras y una en las muestras. La variación entre muestras es la varianza de la media de las muestras y la varianza en las muestras es el promedio de las varianzas de cada conjunto de datos. Cada varianza posee grados de libertad respectivos, donde k es el número de tratamientos, que corresponde a cada proveedor de glutamato monosódico, y n es el número de mediciones por tratamiento.

Al dividir la varianza entre muestras entre la varianza dentro de muestras se calcula el parámetro F , que se compara con el parámetro F de la tabla de Fischer de una sola cola superior al nivel de confiabilidad al cual se trabaja con $k-1$ y $k(n-1)$ grados de libertad. Si el número calculado es mayor al de la tabla se acepta la hipótesis alterna. El análisis se realizará en base a las siguientes fórmulas:

Tabla XI. **Resumen de sumas de cuadrados y grados de libertad**

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F
Entre muestras	$SSA = n \sum_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$k - 1$	$s_1^2 = \frac{SSA}{k - 1}$	$\frac{s_1^2}{s_1^2}$
En las muestras	$SSE = \sum_i \sum_j (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$	$k(n - 1)$	$s^2 = \frac{SSE}{k(n - 1)}$	
Total	$SST = \sum_i \sum_j (x_{ij} - \bar{x})^2$	$kn - 1$		

Fuente: Miller, James; Miller, Estadística y quimiometría, p. 63. Walpole; Myers; Myers; Ye; Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias, p. 516.

Donde:

\bar{x}_i = media de las muestras por tratamiento.

x_{ij} = valor del i-esimo tratamiento y j-esima muestra.

\bar{x} = media de todas las muestras.

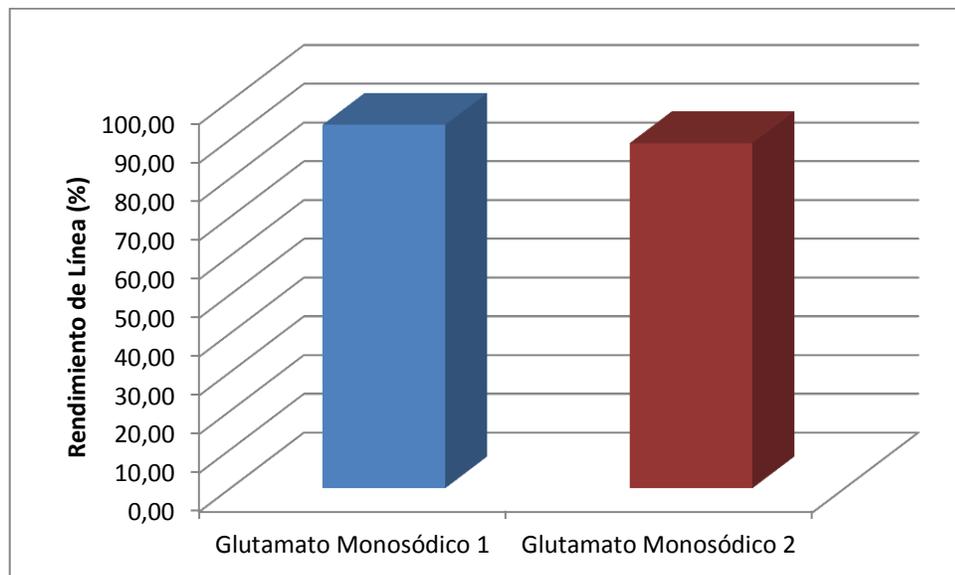
n = cantidad de tratamientos.

k = cantidad de muestras por tratamiento.

4. RESULTADOS

A continuación se compara cada efecto obtenido en la línea al utilizar cada muestra de glutamato monosódico, así como las propiedades de cada muestra y las mediciones realizadas al producto final con cada muestra.

Figura 15. **Gráfica comparativa del rendimiento de línea utilizando 2 calidades de glutamato monosódico distintas**



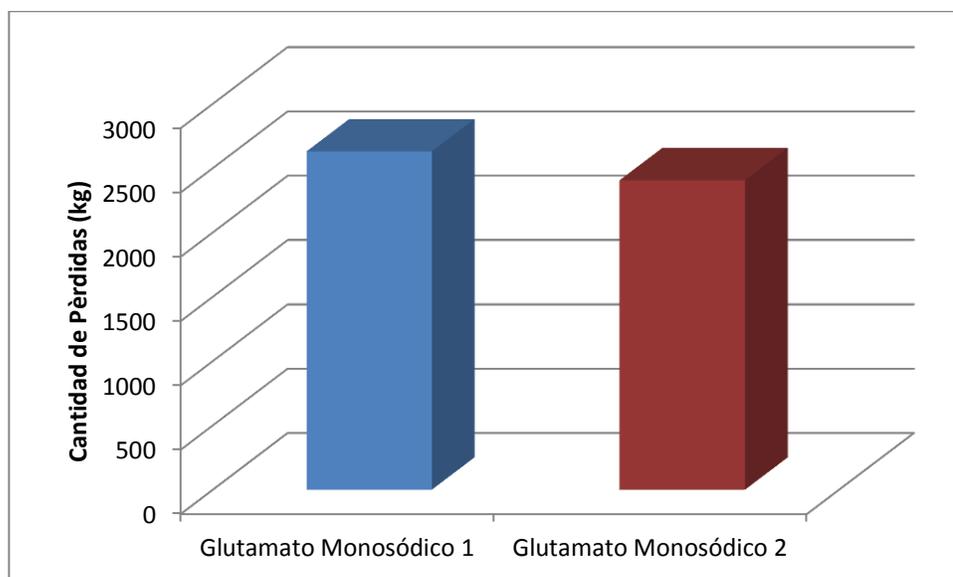
Fuente: apéndice, análisis estadístico.

Tabla XII. **Rendimiento de línea utilizando 2 calidades de glutamato monosódico distintas**

Muestra	Rendimiento de línea (%)	Incerteza +/- (%)
Glutamato monosódico 1	93,75	3,98
Glutamato monosódico 2	88,98	15,91

Fuente: apéndice, análisis estadístico.

Figura 16. **Gráfica comparativa de la cantidad de pérdidas en línea utilizando 2 calidades de glutamato monosódico distintas**



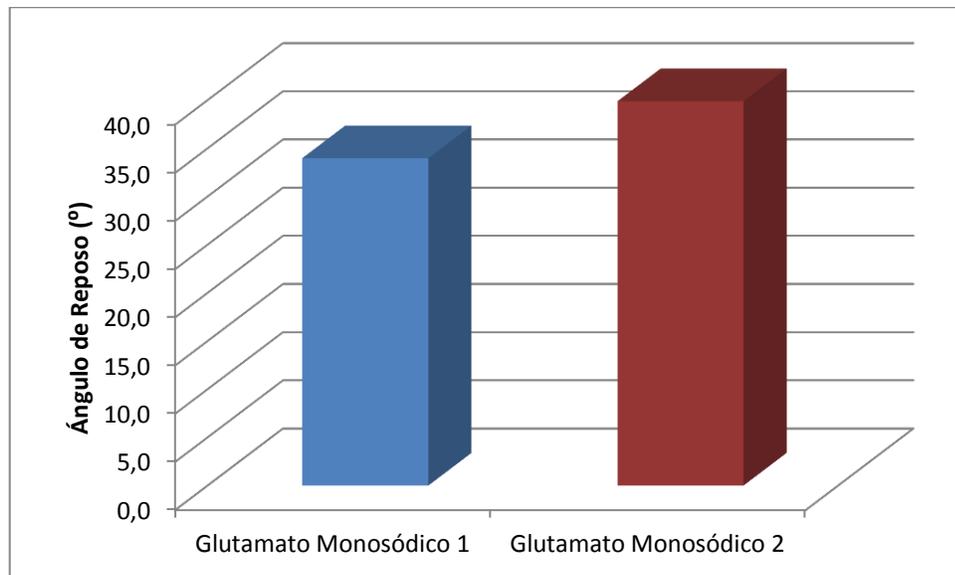
Fuente: apéndice, análisis estadístico.

Tabla XIII. **Cantidad de pérdidas en línea utilizando 2 calidades de glutamato monosódico distintas**

Muestra	Cantidad de pérdida (kg)	Incerteza +/- (kg)
Glutamato monosódico 1	2 631	88
Glutamato monosódico 2	2 406	362

Fuente: apéndice, análisis estadístico.

Figura 17. **Gráfica comparativa del ángulo de reposo del glutamato monosódico**



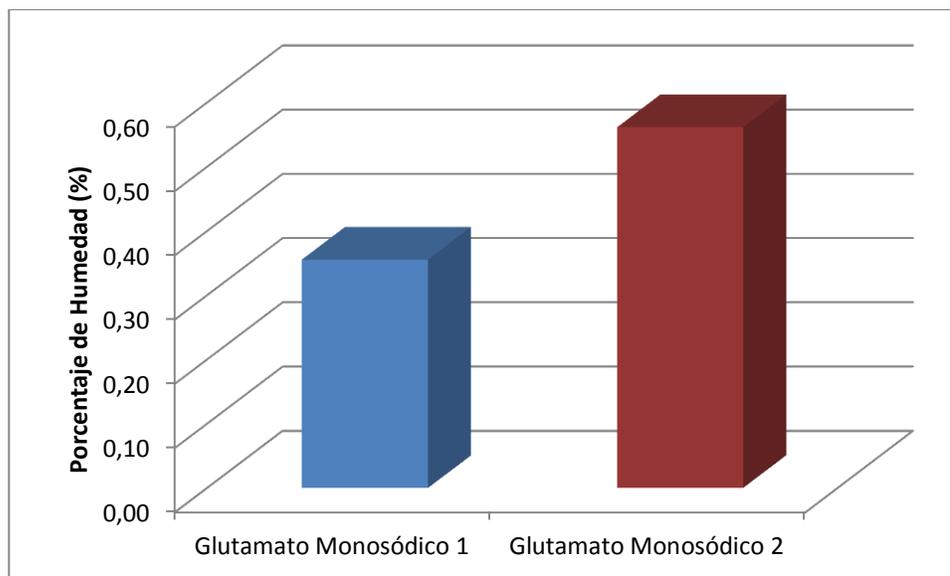
Fuente: apéndice, análisis estadístico.

Tabla XIV. **Ángulo de reposo de glutamato monosódico**

Muestra	Ángulo de reposo (°)	Incerteza +/- (°)
Glutamato monosódico 1	34,0	0,45
Glutamato monosódico 2	39,9	0,75

Fuente: apéndice, análisis estadístico.

Figura 18. **Gráfica comparativa de porcentaje de humedad del glutamato monosódico**



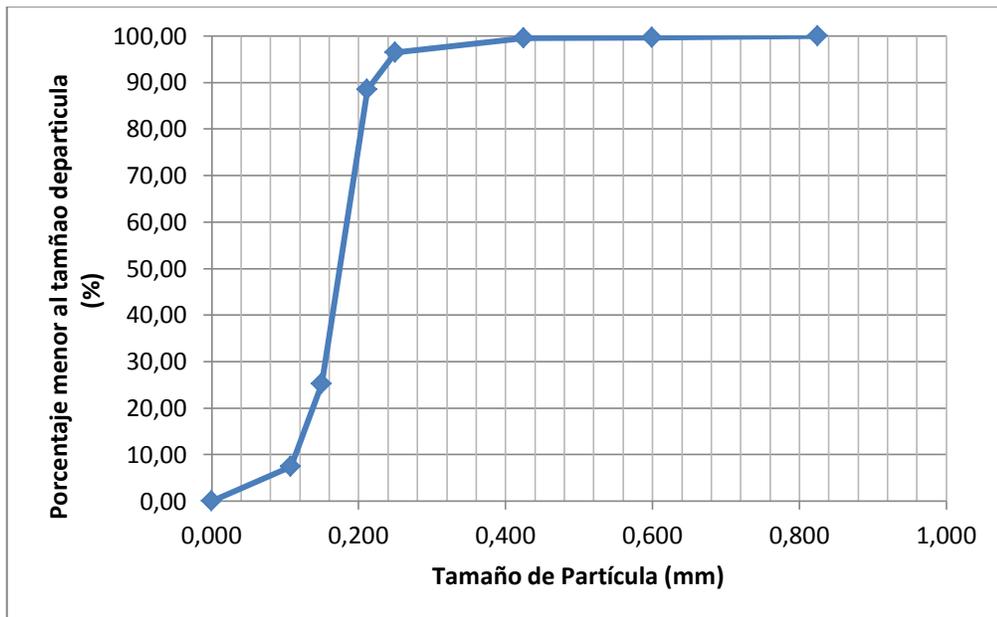
Fuente: apéndice, análisis estadístico.

Tabla XV. **Porcentaje de humedad de glutamato monosódico**

Muestra	Porcentaje de Humedad (%)	Incerteza +/- (%)
Glutamato monosódico 1	0,36	0,03
Glutamato monosódico 2	0,56	0,08

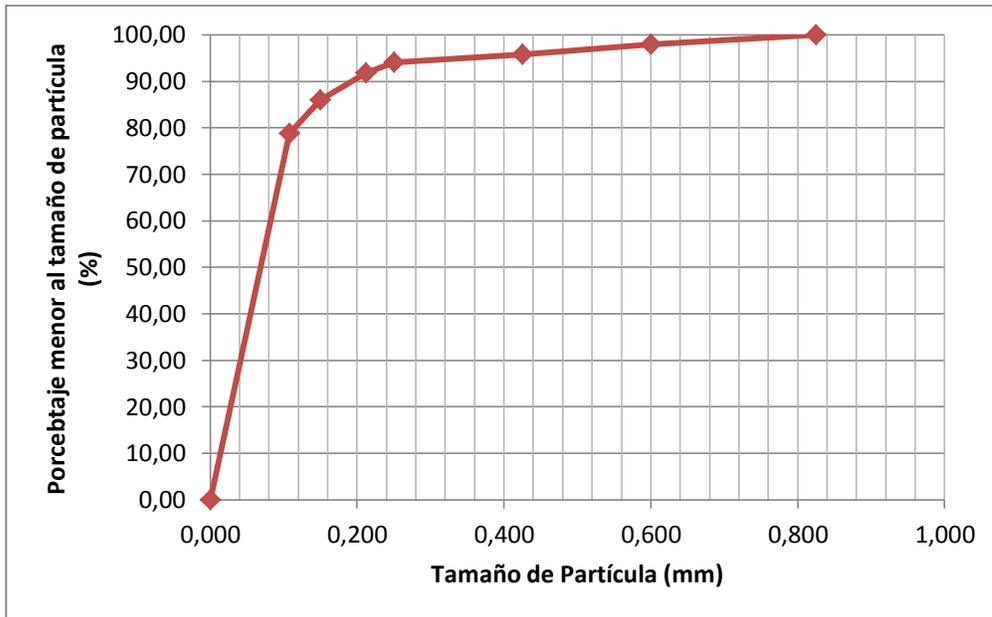
Fuente: apéndice, análisis estadístico.

Figura 19. **Curva granulométrica del glutamato monosódico 1**



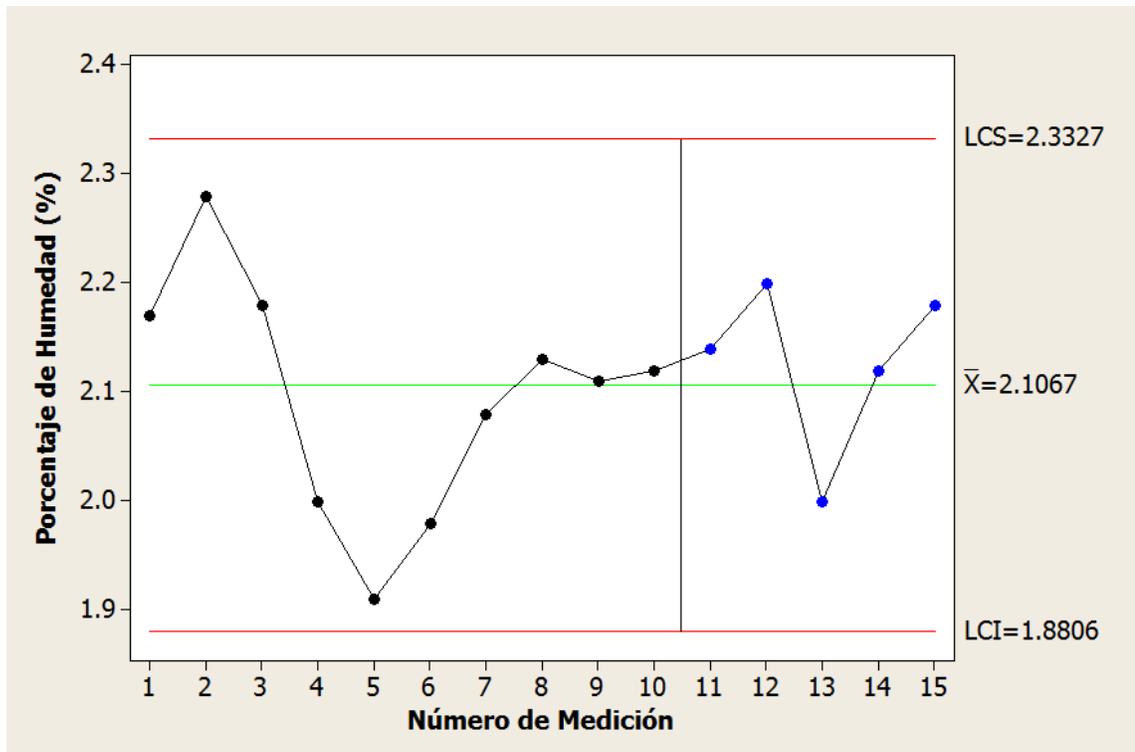
Fuente: apéndice, datos calculados.

Figura 20. **Curva granulométrica del glutamato monosódico 2**



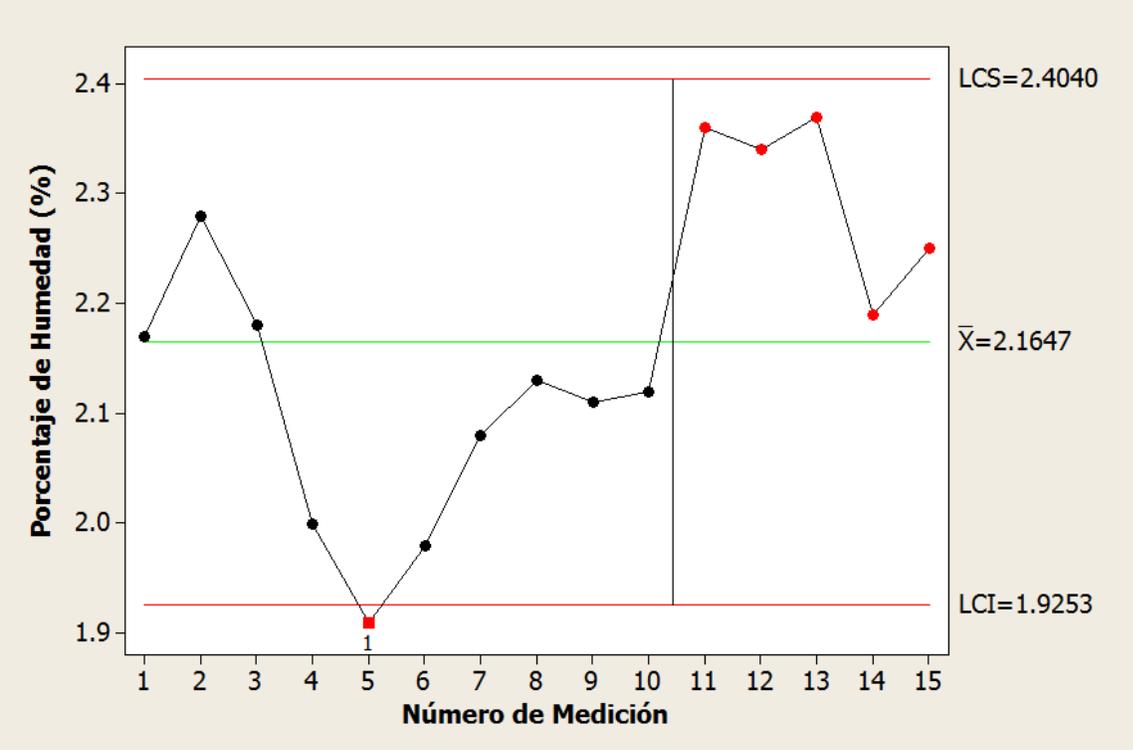
Fuente: apéndice, datos calculados.

Figura 21. **Gráfico de control para medias del porcentaje de humedad de la sopa de pollo fabricada con el glutamato monosódico**
1



Fuente: apéndice, datos originales.

Figura 22. **Gráfico de Control para medias del porcentaje de humedad de la sopa de pollo fabricada con el glutamato monosódico**
2



Fuente: apéndice, datos originales.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En los resultados se muestra el rendimiento de la línea de empaque y la cantidad de pérdidas que genera en la línea al utilizar dos tipos distintos de glutamato monosódico para la fabricación de sopa de pollo deshidratada, además se muestran las características de porcentaje de humedad, ángulo de reposo y una curva granulométrica para cada glutamato.

La figura 18 y la tabla XI muestran el rendimiento de línea de empaque en porcentaje utilizando las dos calidades de glutamato monosódico, se observa que el valor del rendimiento utilizando en glutamato monosódico 1 es mayor en 4,77 por ciento que el rendimiento utilizando el glutamato monosódico 2; presentando el segundo una mayor desviación estándar. Sin embargo al realizar el análisis de varianza se determinó que no existe diferencia significativa entre los dos rendimientos de línea obtenidos con diferente calidad de glutamato.

En la figura 19 y la tabla XII se observa la cantidad de pérdidas en la línea de empaque en kilogramos utilizando las dos calidades de glutamato monosódico, la cantidad de pérdidas es menor en 225 kilogramos utilizando el glutamato monosódico 2, y que al igual que en el rendimiento de línea presenta una mayor desviación estándar que la cantidad de pérdidas utilizando el glutamato monosódico 1. Al realizar el análisis de varianza se determinó que no existe diferencia significativa en la cantidad de pérdidas utilizando las dos calidades de glutamato monosódico.

La figura 20 y la figura 21 muestran el ángulo de reposo y el porcentaje de humedad de cada glutamato. El glutamato monosódico 1 posee menor porcentaje de humedad, esta característica hace que el Glutamato Monosódico 1 se aglomere en menor medida que el Glutamato Monosódico 2, propiedad que se ve reflejada en el ángulo de reposo, que es inversamente proporcional a la fluidez del sólido, y que es menor para el glutamato monosódico 1 en 5,9 grados que el glutamato monosódico 2 que contiene mayor porcentaje de humedad, 0,20 por ciento más. Teniendo más fluidez el Glutamato Monosódico 1.

La curva granulométrica para el glutamato monosódico 1 y el glutamato monosódico 2 se muestra en la figura 22 y en figura 23 respectivamente. Se observa que el porcentaje de partículas menor a 0,100 milímetros en la figura 22 es menor al 10 por ciento, sin embargo en la figura 23 se encuentra entre 80 y 70 por ciento; mostrando que el glutamato monosódico 2 contiene partículas de menor tamaño que el glutamato monosódico 1, haciendo que su capacidad de aglomerarse sea mayor y tenga menor fluidez y por ende un mayor ángulo de reposo.

La figura 24 es un gráfico de control para medias del porcentaje de humedad de la sopa de pollo como producto terminado en la cual se observa la tendencia del porcentaje de humedad que lleva el producto y a partir de la línea vertical que divide el gráfico se observa el porcentaje de humedad del producto al utilizar el glutamato monosódico 1. La tendencia en el gráfico de control no se ve afectada y aunque posee una dispersión de datos amplia, todas las mediciones se encuentran dentro de los límites de control que son de 2,33 por ciento y 1,88 por ciento de humedad.

La figura 24 y la figura 25, son gráficos de control en donde se observa el cambio en el porcentaje de humedad de la sopa de pollo utilizando el glutamato monosódico 1 y el glutamato monosódico 2 respectivamente; cambio que se observa a partir de la línea vertical que divide el gráfico. La tendencia en la figura 25 moviliza la media hacia arriba al igual que los límites de control en comparación con la figura 24, quedando solo un punto fuera de control del gráfico. Se observa que el producto final posee un mayor porcentaje de humedad con el glutamato monosódico 2 que con el glutamato monosódico 1.

Aunque las características del glutamato monosódico 1 hace que posea mayor fluidez, y por ende menos problemas de aglomeración en la línea de empaque, que el glutamato monosódico 2; no se observa una diferencia significativa en el rendimiento de la línea de empaque ni en la cantidad de pérdidas en línea.

CONCLUSIONES

1. No existe diferencia significativa entre el rendimiento de línea de empaque de 93,75 por ciento utilizando el glutamato monosódico 1 y el de 88,98 por ciento utilizando el glutamato monosódico 2.
2. No hay diferencia significativa en la cantidad de pérdidas en línea para el glutamato monosódico 1 que es de 2 631 kilogramos y para el glutamato monosódico 2 que es de 2 406 kilogramos.
3. El glutamato monosódico 1 posee mayor fluidez que el glutamato monosódico 2 con base en el ángulo de reposo de 34,0 grados y de 39,9 grados respectivamente.
4. El porcentaje de humedad del glutamato monosódico 1 es de 0,36 por ciento.
5. El porcentaje de humedad del glutamato monosódico 2 es de 0,56 por ciento.
6. El porcentaje de partículas que es menor de 0,200 milímetros en el glutamato monosódico 1 y en el glutamato monosódico 2 es de 90 por ciento y 70 por ciento, respectivamente.
7. El porcentaje de humedad de la sopa de pollo como producto final aumenta al utilizar el glutamato monosódico 2 pero no se encuentra fuera de los límites de control del proceso.

RECOMENDACIONES

1. Implementar en este tipo de ensayos industriales una medición de la densidad a granel del sólido para evaluar que tanto puede compactarse.
2. Realizar un mayor número de mediciones de rendimiento de línea y cantidad de pérdidas para obtener una mejor muestra y reducir el error debido al azar.
3. Evaluar si el rendimiento de línea no cambia para otro tipo de variedades que contienen mayor porcentaje de glutamato monosódico.
4. Evaluar la cantidad de pérdidas más selectivamente de acuerdo a solo aquella que se debe a problemas de aglomeración en el empaque o en la línea de empaque.

BIBLIOGRAFÍA

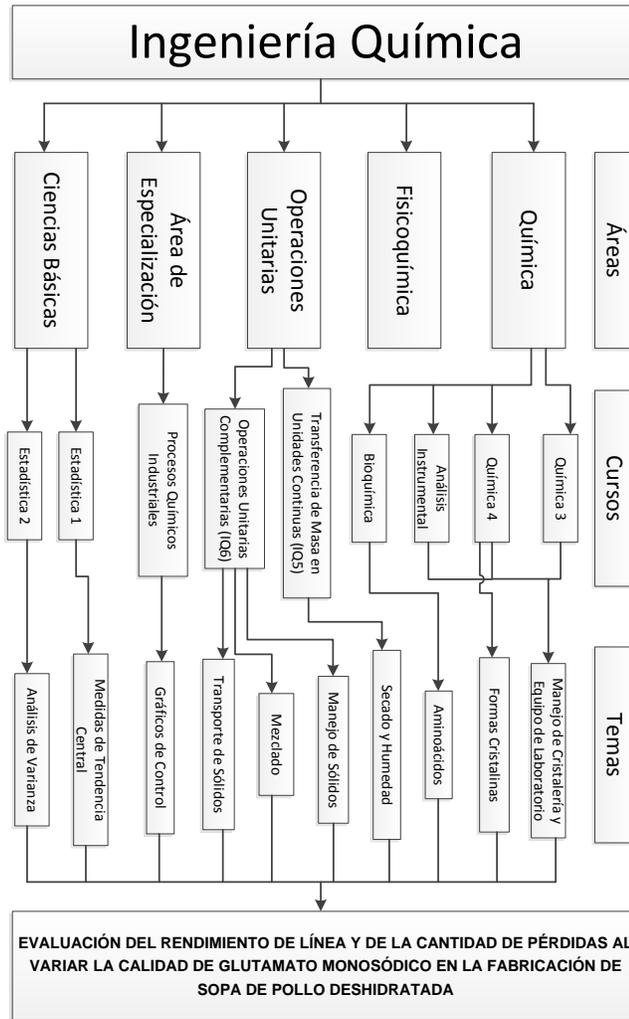
1. ALLBIZ. *Línea de empaque en el doy-pack moscow*. [en línea]. España: <<http://www.ru.all.biz/es/lneas-de-empaque-en-el-doy-pack-g8334>> [Consulta: 30 de abril de 2013].
2. BIOWEB. *Tamices de acero inoxidable wildco*. [en línea]. Colombia: <http://bioweb.co/co/comercio/product_info.php?products_id=344> [Consulta: 30 de abril de 2013].
3. ENSAYOS DE INGENIERÍA CIVIL. *Análisis granulométrico por mallas-suelos*. [en línea]. España: <<http://ensayosingenieriacyvil.blogspot.com/2011/05/analisis-granulometrico-por-mallas.html>> [Consulta: 01 de mayo de 2013].
4. GARRET, Reginald H. GRISHAM, Charles. *Biochemistry*. Estados Unidos: Saunders College Publishing, 1995, 1100 p.
5. GEANKOPLIS, Christie. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. Jorge Rodríguez Gonzales (trad.). 2a ed. México: Compañía editorial continental; 1995, 831 p.
6. ENNIS, Bryan *et al.* *Solid-solid operations and processing*. En: GREEN, Don. *Perry's chemical engineers' handbook*, 8a ed. China: Prentice Hall, 2007, 147 p.

7. MATEMÁTICAS Y POESÍA. *Control estadístico de procesos*. [en línea]. España: <<http://www.matematicasy poesia.com.es/Estadist/ManualCPE06p3.htm>> [Consulta: 01 de mayo de 2013].
8. MCCABE, Warren. SMITH, Julian. HARRIOT, Peter. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. Elita Guardiola Fomento *et al.* (trad.). 4a ed. España: McGraw-Hill/Interamericana de España, 1991, 1112 p.
9. MILLER, James. MILLER, Jane. *Estadística y quimiometría para química analítica*. Carlos Maté Jiménez (trad.). 4a ed. España: Pearson Education, 2002, 296 p.
10. PCE IBERICA S.L. *Balanza de laboratorio*. [en línea]. España: <http://www.pce-instruments.com/espanol/productos-generales-para-profesionales/balanzas/balanza-de-laboratorio-pce-holding-gmbh-balanza-de-laboratorio-pce-mb-200-det_93155.htm> [Consulta: 30 de abril de 2013].
11. UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. *Factores granulométricos*. [en línea]. Colombia: <<http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/07/cflujo.html>> [Consulta: 30 de mayo de 2013].
12. WALPOLE, Ronald; MYERS, Raymond; MYERS Sharon; YE, Keying; *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Javier Enríquez Brito y Victoria Augusta Flores (trad.). 8a ed. México: Pearson Education, 2007, 816 p.

13. WIKIPEDIA. *Ángulo de reposo*. [en línea]. España: <http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81ngulo_de_reposo> [Consulta: 30 de abril de 2013].
14. WIKIPEDIA. *Glutamato monosódico*. [en línea]. España: <http://es.wikipedia.org/wiki/Glutamato_monos%C3%B3dico> [Consulta: 30 de mayo de 2013].
15. ZAZZLE. *Sal del sodio del glutamato monosódico del ácido g postal*. [en línea]. España: <http://www.zazzle.com/sal_del_sodio_del_glutamato_monosodico_del_acido_g_tarjeta_postal-239941490117045108?lang=es> [Consulta: 30 de mayo de 2013].

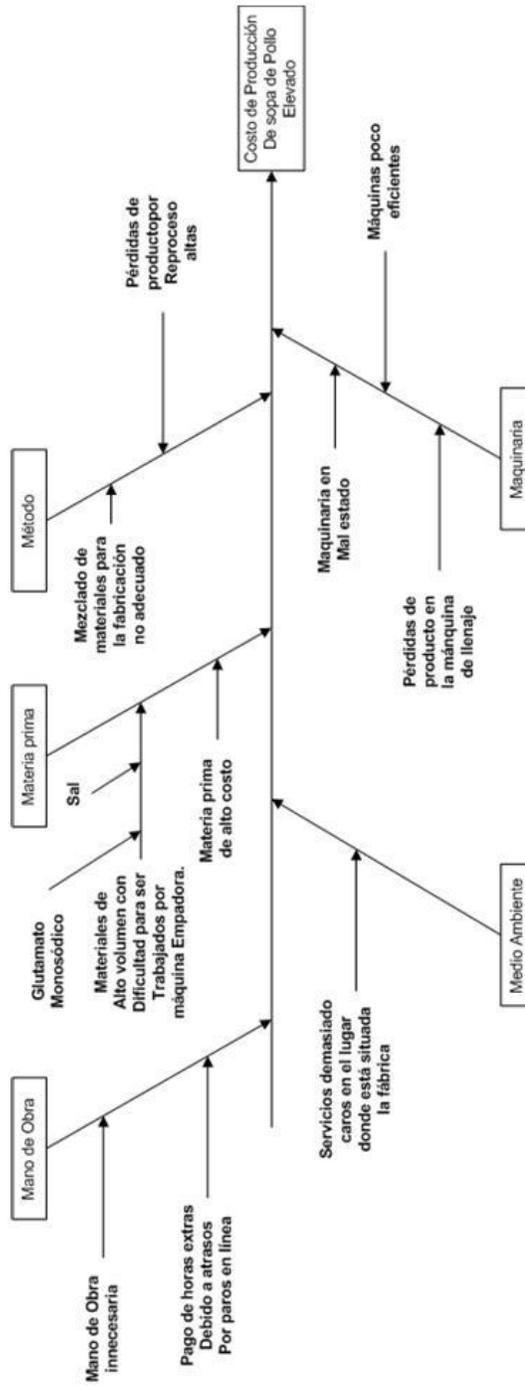
APÉNDICES

Figura 23. Requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Diagrama ishikawa



Fuente: elaboración propia

DATOS ORIGINALES

Tabla XVI. Tabla porcentaje de humedad de glutamato

Corrida	Porcentaje de humedad (%)	
	Glutamato 1	Glutamato 2
1	0,39	0,55
2	0,35	0,57
3	0,35	0,48
4	0,40	0,50
5	0,38	0,60
6	0,35	0,65
7	0,37	0,65
8	0,31	0,59
9	0,33	0,72
10	0,35	0,55
11	0,34	0,50
12	0,32	0,48
13	0,38	0,46

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Ángulo de reposo de glutamato monosódico**

Corrida	Ángulo de reposo (°)	
	Glutamato 1	Glutamato 2
1	33,82	40,03
2	33,42	40,03
3	33,82	38,66
4	34,22	40,03
5	34,61	40,70

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Datos de curva granulométrica de glutamato monosódico 1**

Apertura de tamiz (mm)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia (g)
0,825	356,3	356,3	0,00
0,600	332,2	332,92	0,72
0,425	340,52	341,02	0,5
0,250	286,65	294,28	7,63
0,212	283,34	303,47	20,13
0,150	270,51	429,34	158,83
0,108	275,79	320,32	44,53
Fondo	361,28	379,93	18,65

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Datos de curva granulométrica de glutamato monosódico 2**

Apertura de tamiz (mm)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia (g)
0,825	356,3	356,3	0,00
0,600	332,2	334,25	2,05
0,425	340,52	342,54	2,02
0,250	286,65	288,36	1,71
0,212	283,34	285,58	2,24
0,150	270,51	276,21	5,7
0,108	275,79	282,8	7,01
Fondo	361,28	438,06	76,78

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Porcentaje de humedad de sopa de pollo**

Corrida	Porcentaje de humedad (%)	
	Glutamato 1	Glutamato 2
1	2,14	2,36
2	2,20	2,34
3	2,00	2,37
4	2,12	2,19
5	2,18	2,25

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Horas de netas de trabajo y brutas en línea de empaque**

No	Glutamato monosódico 1		Glutamato monosódico 2	
	Horas brutas de producción (horas)	Horas netas de producción (horas)	Horas brutas de producción (horas)	Horas netas de producción (horas)
1	7,43	7,31	6,48	6,39
2	7,48	6,84	2,03	1,44
3	7,85	7,18	7,43	7,26

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Cantidad de reproceso de sopa de pollo en línea**

Corrida	Reproceso (kg)	
	Glutamato 1	Glutamato 2
1	2730	2580
2	2560	1990
3	2603	2649

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Datos de porcentaje de humedad de sopa de pollo**

No.	Porcentaje de humedad (%)
1	2,17
2	2,28
3	2,18
4	2,00
5	1,91
6	1,98
7	2,08
8	2,13
9	2,11
10	2,12

Fuente: elaboración propia.

DATOS CALCULADOS

Tabla XXIV. **Porcentaje de retención por tamiz glutamato monosódico 1**

Apertura de Tamiz (mm)	Porcentaje que pasa por la apertura de malla (%)
0,825	100,00
0,600	99,71
0,425	99,51
0,250	96,47
0,212	88,45
0,150	25,17
0,108	7,43
Fondo	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Porcentaje de retención por tamiz glutamato monosódico 2**

Apertura de Tamiz (mm)	Porcentaje que pasa por la apertura de malla (%)
0,825	100,00
0,600	97,90
0,425	95,83
0,250	94,07
0,212	91,78
0,150	85,93
0,108	78,74
Fondo	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Rendimiento de línea de empaque**

Corrida	Rendimiento de línea (%)	
	Glutamato 1	Glutamato 2
1	98,35	97,71
2	91,45	98,61
3	91,46	70,62

Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla XXVII. **Media y desviación estándar de porcentaje de humedad, ángulo de reposo, rendimiento de línea y cantidad de pérdidas de línea por glutamato monosódico**

Medición	Glutamato monosódico 1		Glutamato monosódico 2	
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Porcentaje de humedad (%)	0,36	0,03	0,56	0,08
Ángulo de reposo (°)	34,0	0,45	39,9	0,75
Rendimiento de línea (%)	93,75	3,98	88,98	15,91
Cantidad de pérdidas (kg)	2 631	88	2 406	362

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Media total y para cada tratamiento para rendimiento**

Corrida	Glutamato 1	Glutamato 2
1	98,35	97,71
2	91,45	98,61
3	91,46	70,62
Sumatoria	281,26	266,95
Media	93,75	88,98
Media de total		91,37

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Media total y de tratamientos para cantidad de pérdidas**

Corrida	Glutamato 1	Glutamato 2
1	2730	2580
2	2560	1990
3	2603	2649
Sumatoria	7893,00	7219,00
Media	2631	2406,33
Media de total		2518,67

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Diferencia de entre mediciones y media por tratamiento para el rendimiento de línea**

Corrida	$x_{1j} - \bar{x}_1$	$x_{2j} - \bar{x}_2$	$(x_{1j} - \bar{x}_1)^2$	$(x_{2j} - \bar{x}_2)^2$
1	4,60	8,73	21,12	76,21
2	-2,31	9,63	5,32	92,71
3	-2,29	-18,36	5,24	337,04
Sumatoria			31,68	505,96

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Diferencia de entre mediciones y media por tratamiento para la cantidad de pérdidas**

Corrida	$x_{1j} - \bar{x}_1$	$x_{2j} - \bar{x}_2$	$(x_{1j} - \bar{x}_1)^2$	$(x_{2j} - \bar{x}_2)^2$
1	99	173,67	9801	30160,11
2	-71	-416,33	5041	173333,44
3	-28	242,67	784	58887,11
Sumatoria			15626	262380,67

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Diferencia entre la media de cada tratamiento y la media total para el rendimiento de línea**

Tratamientos	$\bar{x}_i - \bar{x}$	$(\bar{x}_i - \bar{x})^2$
Glutamato monosódico 1	2,39	5,69
Glutamato monosódico 2	-2,39	5,69

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Diferencia entre la media de cada tratamiento y la media total para la cantidad de pérdidas**

Tratamientos	$\bar{x}_i - \bar{x}$	$(\bar{x}_i - \bar{x})^2$
Glutamato monosódico1	112,33	12618,78
Glutamato monosódico 2	-112,33	12618,78

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Análisis de varianza para el rendimiento de línea**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F
Entre muestras	34,147	2-1	34,147	0,254
En las muestras	537,647	2(3-1)	134,412	
Total	571,793			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Análisis de varianza para la cantidad de pérdidas**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F
Entre muestras	75 712,667	2-1	75 712,667	1,089
En las muestras	278 006,667	2(3-1)	69 501,667	
Total	353 719,333			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Comparación de parámetro de fischer**

Parámetro	Valor de F calculado	Valor de F tabulado con 0,95 de aceptabilidad	Hipótesis nula	Hipótesis alterna
Rendimiento de línea	0,254	7,71	Se Acepta	Se Rechaza
Cantidad de pérdidas	1,089	7,71	Se Acepta	Se Rechaza

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

NORMAS UTILIZADAS PARA LA MEDICIÓN DE PARÁMETROS

Las normas a utilizar para la medición de los parámetros de:

- Porcentaje de humedad (%)
- Ángulo de reposo (°)
- Granulometría

Son estándares utilizados por la casa matriz de la empresa de alimentos deshidratados. En el desarrollo de la investigación se tendrá acceso a ellas pero no pueden ser detalladas o mencionadas en el protocolo del trabajo de graduación o en el trabajo de graduación.

Figura 25. Distribución de Fischer con k-1 y k(n-1) grados de libertad

TABLE 3-8 F Distribution

		Upper 5% Points (F_{α})																		
		Degrees of freedom for numerator																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
Degrees of freedom for denominator	1	161	200	216	225	234	237	239	241	242	244	246	248	249	250	251	252	253	253	254
	2	18.5	19.0	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.55	8.53	8.53	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.37	4.37
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.62	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.31	2.26	2.19	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.29	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71	1.71
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.19	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.10	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00	1.00

Interpolation should be performed using reciprocals of the degrees of freedom.

Fuente: GREEN, Don. Perry's Chemicals Engineers' Handbook. p. 3-78.