

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y ALIMENTOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE ALIMENTOS



**“DISTRIBUCIÓN Y SIMULACIÓN MATEMÁTICA
DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA DE HARINAS
COMERCIALES”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE ALIMENTOS

DIEGO ALFREDO HUAMAN ROMERO
SABRINA LISSETH NORABUENA CRUZ

Callao, 2021

PERÚ

(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)

ANEXO 2

ACTA N° 004 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE ALIMENTOS

LIBRO 004 FOLIO N° 004 ACTA N° 004 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS SIN CICLO DE TESIS PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE ALIMENTOS.

A los 22 días del mes de Abril del año 2021, siendo las 15:35 p.m., se reunió, en la sala meet: <https://meet.google.com/vfb-htsa-ztx?authuser=0> el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** para la obtención del título profesional de **Ingeniero de Alimentos**, de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao.

Dra. Isabel Jesús Berrocal Martínez	Presidente
Mg.Rodolfo César Bailón Neira	Secretario
Ing. Carlos Humberto Ponte Escudero.	Vocal
Mg.Genaro Christian Pesantes Arriola	Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis de los Bachilleres :

- ✓ NORABUENA CRUZ SABRINA LISSETH
- ✓ HUAMAN ROMERO DIEGO ALFREDO.

Quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero de Alimentos sustentan la tesis titulada **“DISTRIBUCIÓN Y SIMULACIÓN MATEMÁTICA DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE HARINAS COMERCIALES”** cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la plataforma virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptado por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N°044-2020-PCM y lo dispuesto en el decreto de Urgencia DU N°026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N°085-2020-MINEDU, que aprueba las “Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario”.

Con el quorúm reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa de **MUY BUENO**, y calificación cuantitativa de **16** a la presente tesis, conforme a lo dispuesto en el art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU del 30 de Octubre del 2018.


Se dio cerrada la sesión a las 17:50 p.m. horas del día 22 de Abril de 2021 en curso.



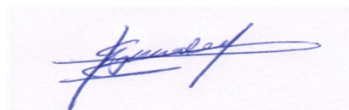
.....
Dra. Isabel Jesús Berrocal Martínez
Presidente



.....
Mg. Rodolfo César Bailón Neira
Secretario



.....
Mg. Genaro Ch. Pesantes Arriola
Asesor



.....
Ing. Carlos Humberto Ponte Escudero
Vocal

DEDICATORIA

A Dios, todopoderoso

A mis padres, ejemplos de vida

Diego Huaman Romero

A Dios, su gracia va más allá de lo que puedo ver

A mis padres, los amo hasta el fin

A Alondra, eres un milagro de Dios

Sabrina Norabuena Cruz

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser nuestro guía y fiel cumplidor de promesas en nuestras vidas.

A nuestros padres, por su apoyo incondicional y enseñarnos del esfuerzo constante. Los amamos hasta el fin.

A nuestros hermanos, por su motivación día a día.

A nuestros pastores Alexis y Susana, por su enseñanza, paciencia y su oración constante por nuestras vidas.

Al Ing. David Vivanco Pezantes por su apoyo y orientación durante todo este tiempo para la realización del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Christian Pesantes, por su tiempo e instrucción brindados para el término de nuestra tesis.

ÍNDICE

I.	PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.1.	Determinación del problema.....	17
1.2.	Formulación del problema.....	18
1.2.1.	Problema principal.....	18
1.2.2.	Problemas específicos.....	18
1.3.	Objetivos de la investigación.....	18
1.3.1.	Objetivo general.....	18
1.3.2.	Objetivo específico.....	18
1.4.	Justificación.....	18
II.	MARCO TEÓRICO.....	20
2.1.	Antecedentes.....	20
2.2.	Bases teóricas.....	24
2.2.1.	Harina de trigo.....	24
2.2.2.	Tamizado.....	25
2.2.3.	Distribución de tamaño de partículas.....	27
2.2.4.	Representación de la distribución.....	27
2.3.	Definiciones de términos.....	31
III.	VARIABLE E HIPÓTESIS.....	33
3.1.	Variables de la investigación.....	33
3.1.1.	Variables independientes.....	33
3.1.2.	Variables dependientes.....	33
3.2.	Operacionalización de variables.....	34
3.3.	Hipótesis general y específicos.....	35
3.3.1.	Hipótesis general.....	35
3.3.2.	Hipótesis específicas.....	35
IV.	METODOLOGÍA.....	36
4.1.	Tipo y diseño de la investigación.....	36
4.1.1.	Tipo de investigación.....	36
4.1.2.	Diseño de la investigación.....	37
4.2.	Población y muestra.....	38

4.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
4.3.1.	Materiales e Insumos	38
4.3.2.	Equipos	39
4.3.3.	Software	39
4.4.	Análisis y procesamiento de datos.....	39
V.	RESULTADOS	46
5.1.	Datos obtenidos.....	46
5.1.1.	Análisis granulométrico	46
5.1.2.	Funciones de distribución.....	62
5.1.3.	Análisis de los coeficientes de determinación	92
VI.	DISCUSION DE RESULTADOS	95
6.1.	Contrastación de la hipótesis.....	95
6.2.	Contrastación de Los resultados con estudios similares	96
VII.	CONCLUSIONES	97
VIII.	RECOMENDACIONES	98
IX.	BILIOGRAFIA.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Abertura del tamiz.....	26
Figura 2.2: Equipo para análisis granulométrico.....	26
Figura 2.3: Relación entre la frecuencia y las distribuciones acumulativas.....	38
Figura 4.1: Diagrama de flujo.....	41
Figura 4.2: Harina preparada y sin preparar.....	42
Figura 4.3: Tamizado de harinas comerciales.....	43
Figura 4.4: Pesado de harina retenida.....	44
Figura 4.5: Toma de datos.....	44

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 2.1: Composición de la harina de trigo.....	27
---	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1: Operacionalización de variables.....	34
Cuadro 4.1: Diseño de la investigación.....	37
Cuadro 4.2: Formato para análisis granulométrico.....	45
Cuadro 5.1: Valores de $F(x)$ % porcentual acumulado pasante promedio del distrito del Callao.....	55
Cuadro 5.2: Valores de $F(x)$ % porcentual acumulado pasante promedio del distrito de San Juan de Lurigancho.....	56
Cuadro 5.3: Valores de $F(x)$ % porcentual acumulado pasante promedio del distrito de Comas.....	56
Cuadro 5.4: Valores de $F(x)$ % porcentual acumulado pasante promedio del distrito de San Martín de Porres.....	57
Cuadro 5.5: Valores de $F(x)$ % porcentual acumulado pasante promedio del distrito de Villa el Salvador.....	57
Cuadro 5.6: Valores de $F(x)$ % porcentual acumulado pasante promedio por cada distrito.....	58
Cuadro 5.7: Valores de $F(x)$ % del mercado general por cada tipo de harina.....	59
Cuadro 5.8: Valores de $f(x)$ % fracción porcentual retenida promedio por cada distrito.....	60
Cuadro 5.9: Valores de $f(x)$ % del mercado general por cada tipo de harina.....	62
Cuadro 5.10: Cálculo de R^2 de la harina preparada a través de la herramienta solver para la función Rosin Rammler.....	63
Cuadro 5.11: Cálculo de R^2 de la harina preparada a través de la herramienta solver para la función Rosin Rammler.....	65
Cuadro 5.12: Cálculo de R^2 de la harina a granel a través de la herramienta solver para la función Rosin Rammler.....	67
Cuadro 5.13: Cálculo de R^2 de la harina preparada a través de la herramienta solver para la función Gates Gaudin Schuhmann.....	69

Cuadro 5.14: Calculo de R^2 de la harina sin preparar a través de la herramienta solver para la función Gates Gaudin schuhmann.....	71
Cuadro 5.15: Calculo de R^2 de la harina a granel a través de la herramienta solver para la función Gates Gaudin Schuhmann.....	73
Cuadro 5.16: Calculo de R^2 de la harina preparada a través de la herramienta solver para la función gaudin meloy modificada.....	75
Cuadro 5.17: Calculo de R^2 de la harina sin preparar a través de la herramienta solver para la función Gaudin Meloy modificada.....	77
Cuadro 5.18: Calculo de R^2 de la harina a granel a través de la herramienta solver para la función Gaudin Meloy modificada.....	79
Cuadro 5.19: Calculo de R^2 de la harina preparada a través de la herramienta Microsoft Excel para la función normal.....	81
Cuadro 5.20: Calculo de R^2 de la harina sin preparar a través de la herramienta Microsoft Excel para la función normal.....	83
Cuadro 5.21: Calculo de R^2 de la harina a granel a través de la herramienta Microsoft Excel para la función normal.....	85
Cuadro 5.22: Calculo de R^2 de la harina preparada a través de la herramienta Microsoft Excel para la función log normal.....	87
Cuadro 5.23: Calculo de R^2 de la harina sin preparar a través de la herramienta Microsoft Excel para la función log normal.....	89
Cuadro 5.24: Calculo de R^2 de la harina a granel a través de la herramienta Microsoft Excel para la función log normal.....	91
Cuadro 5.25: Parámetros calculados de las funciones RR, GGS, GGM, N y LN.....	93
Cuadro 5.26: Valores de R^2 de cada función en cada tipo de harina.....	93
Cuadro 5.27: Valores de R^2 por cada función de distribución.....	94

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 5.1: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina preparada.....	46
Gráfica 5.2: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina sin preparar.....	47
Gráfica 5.3: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina a granel.....	47
Gráfica 5.4: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina preparada.....	48
Gráfica 5.5: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina sin preparar.....	49
Gráfica 5.6: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina a granel.....	49
Gráfica 5.7: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina preparada.....	50
Gráfica 5.8: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina sin preparar.....	50
Gráfica 5.9: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina a granel.....	51
Gráfica 5.10: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina preparada.....	52
Gráfica 5.11: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina sin preparar.....	54
Gráfica 5.12: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina a granel.....	53
Gráfica 5.13: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina preparada.....	53
Gráfica 5.14: F(x)% Porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina sin preparar.....	54
Gráfica 5.15: F(x)% porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina a granel.....	54

Gráfica 5.16: Curva $F(x)\%$ Calculado vs $F(x)\%$ de la función Rosin Rammler para la harina preparada.....	64
Gráfica 5.17: Curva de $F(x)\%$ Calculado vs $Ff(x)\%$ de la función Rosin Rammler para la harina sin preparar.....	66
Gráfica 5.18: Curva de $F(x)\%$ Calculado vs $F(x)\%$ de la función Rosin Rammler para la harina a granel.....	68
Gráfica 5.19: Curva $F(x)\%$ calculado vs $F(x)\%$ de la función Gates Gaudin Schuhmann para la harina preparada.....	70
Gráfica 5.20: Curva $F(x)\%$ calculado vs $F(x)\%$ de la función Gates Gaudin Schuhmann para la harina sin preparar.....	72
Gráfica 5.21: Curva $F(x)\%$ calculado vs $F(x)\%$ de la función Gates Gaudin Schuhmann para la harina a granel.....	74
Gráfica 5.22: Curva $f(x)\%$ calculado vs $f(x)\%$ de la función Gaudin Meloy modificada para la harina preparada.....	76
Gráfica 5.23: Curva $f(x)\%$ calculado vs $f(x)\%$ de la función Gaudin Meloy modificada para la harina sin preparar.....	78
Gráfica 5.24: Curva $f(x)\%$ calculado vs $f(x)\%$ de la función Gaudin Meloy modificada para la harina a granel.....	80
Gráfica 5.25: Curva $f(x)\%$ acumulada vs $f(x)\%$ de la función normal para la harina preparada.....	82
Gráfica 5.26: Curva $f(x)\%$ acumulada vs $f(x)\%$ de la función normal para la harina sin preparar.....	84
Gráfica 5.27: Curva $f(x)\%$ acumulada vs $f(x)\%$ de la función normal para la harina a granel.....	86
Gráfica 5.28: Curva $f(x)\%$ acumulada vs $f(x)\%$ de la función log normal para la harina preparada.....	88
Gráfica 5.29: Curva $f(x)\%$ acumulada vs $f(x)\%$ de la función log normal para la harina sin preparar.....	90
Gráfica 5.30: Curva $f(x)\%$ acumulada vs $f(x)\%$ de la función log normal para la harina a granel.....	92

RESUMEN

Los alimentos están frecuentemente en forma de partículas finas durante el proceso y la comercialización. La caracterización de un sistema de partículas se hace usualmente analizando el tamaño de partícula y la distribución del tamaño. La presente tesis realiza un aporte significativo al estudio de la distribución de tamaño de partículas de harinas comerciales a través del uso de funciones de modelos matemáticos.

Las funciones de distribución de partículas utilizadas en la investigación fueron Rosin Rammler (RR), Gates Gaudin Schuhmann (GGS), Gaudin Meloy modificada (GMM), Normal (N) y Log normal (LN). Se realizó el análisis granulométrico en 3 tipos de harina comerciales (preparada, sin preparada y a granel) obtenidos de 5 distritos del Perú- Lima (Callao, San Juan de Lurigancho, Comas, Villa el Salvador y San Martín de Porres) en tiempos de tamizado de 5, 10 y 15 minutos.

A partir del análisis granulométrico se realizó análisis de varianza (ANOVA) para determinar que no existe diferencia significativa entre los tiempos de tamizado, tipos de harinas y distritos. Como resultado se obtuvo los coeficientes de determinación R^2 para cada función. Siendo Gaudin Meloy modificada y Rosin Rammler las funciones de distribución de mayor correlación para la distribución de partículas.

ABSTRACT

Food is often in the form of fine particles during processing and marketing. Characterization of a particle system is usually done by analyzing particle size and size distribution. This thesis makes a significant contribution to the study of the particle size distribution of commercial flours through the use of mathematical model functions.

The particle distribution functions used in the research were Rosin Rammler (RR), Gates Gaudin Schuhmann (GGS), Modified Gaudin Meloy (GMM), Normal (N) and Log normal (LN). The granulometric analysis was carried out on 3 types of commercial flour (prepared, unprepared and in bulk) obtained from 5 districts of Peru- Lima (Callao, San Juan de Lurigancho, Comas, Villa el Salvador and San Martin de Porres) at sieving times of 5, 10 and 15 minutes.

From the granulometric analysis, analysis of variance (ANOVA) was performed to determine that there is no significant difference between sieving times, types of flour and districts. As a result, the coefficients of determination R^2 were obtained for each function. With Gaudin Meloy modified and Rosin Rammler being the highest correlation distribution functions for the particle distribution.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales cereales utilizados en la alimentación básica en el Perú es el trigo. La harina de trigo es el principal insumo para la producción de galletas, fideos, pan, etc. La producción de harina de trigo en el país es solo una pequeña parte que se destina a la industria, la mayor parte es proveniente de países como Canadá, Estados Unidos y Rusia.

Las partículas de materias primas pasan por muchos cambios a través del proceso de la molienda. El factor principal que afecta el tamaño de las partículas es la forma en que se muele la dieta.

Los componentes de cereales (es decir, maíz, trigo y otros granos enteros) en las dietas siempre se someten a un proceso de molienda. Los diferentes tipos de ingredientes tienen comportamientos diferentes cuando se muelen. Por ejemplo, el trigo produce un tamaño de partícula diferente al del maíz pasando por el mismo molino.

Por lo anterior expuesto resulta de mucho interés el desarrollo de una simulación matemática, con la finalidad de ofrecer harina de mejor calidad en todos los aspectos. A esto incluimos estudios de salud que demuestran que el trigo se digiere más rápido cuanto más se reducen en tamaño de partícula.

Se fundamenta en lo descrito anteriormente, el presente proyecto de tesis aborda el estudio de la simulación matemática del tamaño de partículas de harinas comerciales, para ello se determinará el porcentual acumulado, porcentual pasante y aplicaremos las funciones Gates-Gaudin-Schuhmann, Rosin-Rammler, Gaudin Meloy modificado, Normal y Log-normal en harina preparada, harina sin preparar y harina de venta a granel.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Determinación del problema

Según la publicación del Ministerio de Agricultura “TRIGO. Principales Aspectos de la cadena productiva”, el trigo representa uno de los principales alimentos básicos para las familias peruanas. Es insumo para la producción de harinas, destinadas a la elaboración de pan, fideos, galletas, entre otros y es el tercer cereal más producido después del maíz y el arroz. A nivel mundial, el trigo es la principal fuente de proteína vegetal en la alimentación humana” (Ministerio de Agricultura, 2013).

La calidad de la harina de trigo para su uso en la elaboración de distintos alimentos depende de números factores. Entre los factores más importantes se encuentra el tamaño de partícula, la humedad, sabores y olores extraños. Es importante conocer las características de la harina de trigo para obtener un producto final de buena calidad. Las industrias dedicadas a la elaboración de productos de panificación deben tener conocimiento de las características de la harina de trigo, y verificar que cumpla con los requisitos necesarios para obtener pan, tortillas o galletas de óptima calidad (Andrade, 2006).

Así mismo, la medición de la distribución del tamaño de partícula es un método común en cualquier proceso físico, mecánico o químico porque está directamente relacionado con el comportamiento material y / o las propiedades físicas de los productos. La densidad aparente, la compresibilidad y la fluidez de un polvo industrial son altamente dependientes del tamaño de partícula y de su distribución (Ortega, E. 2012).

Por tal razón nos hemos concentrado en el estudio de la distribución del tamaño de partícula de las harinas comerciales, a través de la simulación matemática con funciones de distribución de tamaños durante el proceso de tamizado.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema principal

- ¿Cómo encontrar el diseño aplicativo de los modelos matemáticos que representan la distribución del tamaño de partículas de las harinas comerciales?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo determinar la curva de distribución del tamaño de partículas para las harinas preparadas, sin preparar y de venta a granel?
- ¿Cómo es posible evaluar la variación del tiempo de tamizado sobre la distribución del tamaño de partículas?
- ¿Cuál es el diseño aplicativo de las funciones de distribución más efectiva para las harinas comerciales?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- Encontrar el diseño aplicativo de los modelos matemáticos que representan la distribución del tamaño de partículas de las harinas comerciales.

1.3.2. Objetivo específico

- Determinar la curva de distribución del tamaño de partículas para las harinas preparadas, sin preparar y de venta a granel.
- Evaluar la variación del tiempo de tamizado sobre la distribución del tamaño de partículas.
- Encontrar el diseño aplicativo de las funciones de distribución más efectiva para las harinas comerciales.

1.4. Justificación

La tecnología de polvo o partículas es una rama de la ingeniería que se ocupa del estudio sistemático de materiales en partículas en un sentido

amplio, ya sea en forma seca o suspendida dentro de algún fluido. Por esta razón, los intereses de esta disciplina son numerosos y comprenden operaciones de caracterización, almacenamiento, transporte, mezcla, fluidización, clasificación, aglomeración, etc., de polvos y sistemas de partículas (Ortega, E. 2012).

Las normas peruanas e internacionales establecen la granulométrica para harinas según su procedencia, en la industria de alimentos, es de suma importancia las características de calidad que son críticas tanto para la empresa como para el cliente, lo cual ocasiona un problema en cuál de ellas se debe priorizar.

En la actualidad los estudios demuestran la influencia del tamaño de partícula fina en tallarines cocinados obteniendo mejores atributos texturales como fideos más brillantes independientemente del nivel de daño al almidón, mientras que las harinas gruesas producen una masa más espesa; así como pan con mejores características sensoriales con harinas más finas.

Finalmente, la razón de este proyecto es presentar una alternativa de aprovechamiento en la metodología de cálculo y simulación para la distribución del tamaño de partícula que constituye una herramienta que permitirá evaluar la calidad de la harina de trigo según las funciones de Gates-Gaudin-Schuhmann, Rosin-Rammmler, Gaudin Meloy modificado y Log-normal.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

ALVAREZ, B. (2006) en su investigación sobre “Análisis de la influencia de los modelos de distribución de tamaños de partículas en la determinación de consumos energéticos en molienda mediante el método de bond”, menciona que en dicho trabajo de investigación consistió en someter a ensayo diversos materiales de distinta procedencia, los cuales ya estaban pre acondicionado para su uso en el molino Bond. Se aplicó los modelos de representación y se calculó la fracción del pasante acumulado, logaritmo neperiano del tamaño de partícula y del pasante acumulado; esto valores se aproximan a una recta teniendo un coeficiente de determinación (R^2) para Gates- Gaudin-Schuhmann es 0,9749, Rosin- Rammler es 0,7062, Log- Normal es 0,68, Log- Cartesiana. Se tuvo en cuenta un total de 42 ensayos, todos ellos repetidos.

DE LA CRUZ TOBON, N., CERÓN, A. y GARCÉS, L. (2015) en su investigación sobre el Análisis y modelamiento de la granulometría en la cáscara del café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo, menciona que se utilizó un molino de cuchillas mediante el cual se evaluó un rango de tiempos de molienda entre 1 y 4 minutos. La distribución de partícula se estudió con los modelos de Gates-Gaudin-Schuhmann (G-G-S) y Rosin-Rammler (R-R). Ambos modelos fueron linealizados para obtener las constantes de la ecuación y los coeficientes de determinación para poder compararlos. Se obtuvo como resultados la función de distribución de Rosin-Rammler es la que mejor representa la distribución granulométrica de la cáscara de café con un R^2 igual al 0,99 en contraste con la función de distribución de Gates-Gaudin-Schuhmann con un R^2 menor que va disminuyendo a medida que se aumenta el tiempo de molido.

GHEORGHE VOICU, G. y ELENA-MADALINA, P. (2013) en su investigación Particle size distribution of wheat grist fractions in plansifter

compartments of a five breaks roller mill system, menciona que se usaron un conjunto de 5 tamices superpuestos de diferentes tamaños de orificios montados en un agitador de tamiz (modelo VAPO - fabricado en República Checa), impulsado en un movimiento plano circular a una velocidad controlada de 120 rpm durante 3 minutos. Con base en los resultados obtenidos de los análisis de tamizado realizados con el tamizador, se probó, mediante análisis de regresión no lineal utilizando el programa Microcal Origin ver.7.0, la correlación de los datos experimentales con la ley de distribución de Rosin-Rammler, para el porcentaje acumulativo de Material separado por los orificios de los tamices agitadores. Los valores de los coeficientes b y n de la función de Rosin-Rammler se obtuvieron directamente del análisis de regresión en el ordenador. Se encontró que el coeficiente de determinación R^2 tenía valores por encima de 0,926 para todas las fracciones analizadas obtenidas a partir de los compartimentos planosiformes de la fase de rotura de la planta de molienda. Concluye afirmando que La ley de distribución de Rosin-Rammler utilizada en el documento muestra una muy buena correlación con los datos experimentales sobre el tamaño de las partículas de fracción en todos los seis compartimentos de los planesifter durante la fase de rotura del trigo.

GUEVARA, R. y CASTAÑO, J. (2005) en su investigación sobre la Caracterización granulométrica del café colombiano tostado y molido, menciona se proporcionaron elementos de juicio para determinar las causas de las fallas y mejorar la metodología empleada por la Norma Técnica Colombiana 2441, concerniente al grado de molienda del café utilizando la técnica de medición por difracción de rayos láser. El modelo matemático de Rosin-Rammler demostró su capacidad de ajustar correctamente, con R^2 mayores del 97%, para las moliendas gruesa y media. Para el caso de molienda fina el ajuste fue menor del 95% en todos los casos, pero se demostró, que no es un problema del modelo matemático sino de los fenómenos de obstrucción y adhesión en la técnica de tamizado. El resultado muestra que no existe diferencia significativa entre los valores

medios hallados por ambas técnicas; sin embargo, es importante destacar que la tecnología láser permite medir una gran cantidad de partículas finas que el método de tamizado no logra determinar.

MACÍAS-GARCÍA, A., DÍAZ-DÍEZ M.A, MORENO-CANSADO, A; ENCICA-SANCHEZ, V.; NUÑEZ-CARROSA, J.; CUERDA-CORREA, M. (2014) en su investigación en Estudio granulométrico de neumáticos fuera de uso triturados, refiere en su objetivo establecer la función de distribución fracción de masa y la función de densidad entendida como el número de partículas comprendidas entre dos tamices de tamaño de luz de malla determinado. Como material de partida se ha empleado residuos de neumático, utilizándose los modelos matemáticos propuestos por Rosin-Rammler (RR) y Gates Gaudin-Schuhmann (GGS). A partir de la muestra suministrada se procedió analizar mediante una tamizadora la granulometría. La representación del ajuste de los datos experimentales a la ecuación de RR se encontró un R^2 igual a 0,9974 y en la ecuación de GGS se encontró un R^2 igual a 0,9199. Concluye afirmando que el uso del modelo de RR puede suministrar una información muy valiosa con miras a llevar a cabo el diseño de plantas o circuitos destinados a la molienda de determinados tipos de muestra. Además, facilita que se pueda hacer un correcto uso de los tamaños de partícula para obtener muestras aglomeradas más homogéneas de neumático, que podrían destinarse a determinados usos industriales.

YAN, H. y BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. (1997) en su investigación Size characterization of selected food powders by five particle size distribution functions, menciona que el objetivo de este estudio fue identificar las funciones apropiadas de distribución de tamaños entre los bien aceptados para los sistemas de polvo no alimentarios mencionados anteriormente y caracterizar la distribución de tamaño de partícula de los polvos alimentarios seleccionados. Los tipos diferentes de funciones de distribución de tamaños que se usaron fueron Gates-Gaudin-Schuhmann

(GGS), Rosin-Rammler (RR), modificado Gaudin-Meloy (MGM), Log-normal (LN), y modificada beta (MB). Todas las pruebas de tamiz se realizaron por duplicado y las muestras fueron azúcar, harina de maíz y leche instantánea en polvo. Todos los resultados de la regresión no lineal para los parámetros de función se incluyeron las magnitudes del coeficiente de determinación R^2 del ajuste para cada función, obteniendo para el caso de harina de maíz 0,987(GGS), 0,998 (RR), 0,998 (MGM), 0,961(LN), 0,965 (MB). A partir de estos resultados, se puede concluir que las funciones de distribución Rosin-Rammler y modificado Gaudin-Meloy fueron las mejores para la caracterización de todos los polvos alimenticios seleccionados, el Log-normal y la modificada beta fueron aceptables para el azúcar granular y el Gates-Gaudin-Schuhmann fue adecuado para la harina de maíz.

VÍTEZ, T. y TRÁVNÍČEK, P. (2010) en su investigación Particle size distribution of sawdust and wood shavings mixtures, menciona como objetivo obtener una función de distribución $F(d)$ (fracción de masa) y función de densidad $f(d)$ (número de partículas capturadas entre dos pantallas) de la muestra de aserrín de desecho y mezclas de virutas de madera utilizando Rosin-Rammler (RR) y modelos matemáticos Gates-Gaudin-Schuhmann (GGS) aplicados a los datos obtenidos por análisis de redes. Obteniendo como resultado a la expresión lineal un coeficiente de determinación igual a 0,974127 para el modelo RR y 0,9788 para el modelo GGS. A partir de la observación de las dos figuras y del correspondiente coeficiente de correlación lineal, se deduce que el modelo Gates-Gaudin-Schuhmann proporciona un mejor ajuste a la curva de distribución de tamaño de partícula experimental que el Rosin-Rammler.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Harina de trigo

Es el producto resultante de la molienda del grano limpio de trigo (*Triticum vulgare*, *Triticum durum*) con o sin separación parcial de la cascara.

La designación “harina” es exclusiva del producto obtenido de la molienda de trigo. A los productos obtenidos de la molienda de otros granos (cereales, menestras) y tubérculos y raíces les corresponde la denominación de “harina” seguida del nombre del vegetal de que provienen (NTP 205.027).

Es elaborada con trigo común, *Triticum aestivum* L. O con trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o combinación de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa para parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura. El 98% o más de la harina deberá pasar a través de un tamiz (N° 70) de 121 micras (CODEX STAN 152-1995).

La harina de trigo, es materia prima esencial para elaboración de fideos, pan, tortilla, etc., debe ajustarse a ciertos parámetros de calidad para obtener productos agradables.

Tabla 2.1

Composición de la harina de trigo

Contenido en 100 g de alimentos	Cantidad (g)
Agua	11,5
Proteína	10,0
Grasa	1,9
Carbohidratos	76,1
Fibra	0,4
Ceniza	0,5

Fuente: Tabla de composición de alimentos industrializados (2002)

2.2.2. Tamizado

El tamizado, es conocido como uno de los métodos más útiles, sencillos, reproducibles y económicos de análisis de tamaño de partícula, y pertenece a las técnicas que utilizan el principio de similitud geométrica. Se considera el único método que da una distribución de tamaño de partícula basada en la masa de partículas en cada intervalo de tamaños. El tamaño de partícula se define por la abertura de tamiz por la cual una partícula puede o no puede pasar.

Según Medina, H. (1997), El tamizado es posiblemente el método más utilizado debido a que es bastante sencillo. En este método se hacen pasar las partículas a través de una serie de tamices de diferentes aberturas, posteriormente se pesan las porciones que quedaron separadas en cada uno de los tamices y se calculan los porcentajes correspondientes a cada tamaño en base a la abertura del tamiz.

Una serie estándar de tamices consiste normalmente en un conjunto de tamices con aberturas que abarcan una amplia gama de micrómetros a

centímetros. El tamaño del tamiz se define como la abertura cuadrada mínima a través de la cual pueden pasar las partículas. Los tamices se refieren a menudo por su tamaño de malla, es decir, el número de alambres por pulgada lineal. El tamaño de la malla y el diámetro del alambre determinan el tamaño de la abertura. La relación de apertura de un tamiz dado a la abertura del siguiente en una serie de tamices es una constante (Ortega, E. 2012).

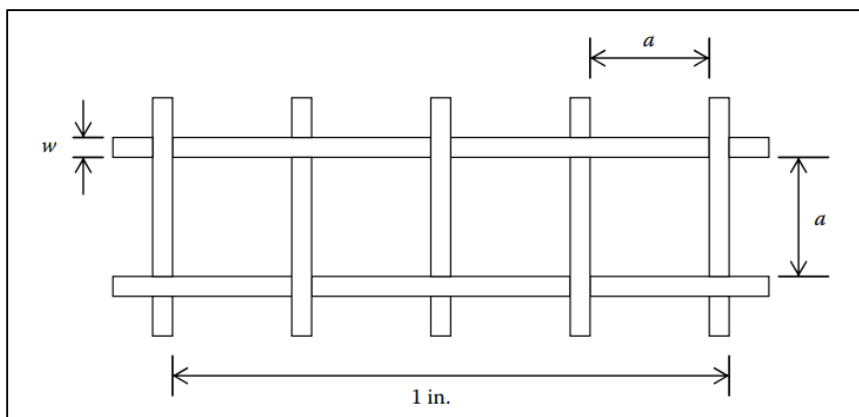


Figura 2.1: Abertura del tamiz

Fuente: Ortega, E. (2012)



Figura 2.2: Equipo para análisis granulométrico

Fuente: TYLER (2017)

2.2.3. Distribución de tamaño de partículas

Un análisis de la distribución por tamaños en tamices de un producto triturado o molido consiste en registrar el peso en porcentaje de pasante acumulado o retenido en cada tamiz de la serie.

En la bibliografía se encuentran un gran número de métodos destinados a la determinación de la distribución del tamaño de partícula, tales como tamizado, microscopía, uso de ciclones, etc. El uso de distintas técnicas de caracterización para el análisis de la distribución de tamaño de partícula de un determinado material puede llevar a obtener información muy diferente. Por lo tanto, la técnica elegida para realizar el estudio dependerá del fin último de la caracterización (Macías, A. et al. 2014).

Es muy importante conocer la distribución de tamaños de partículas de la muestra a estudiar. Para ello se somete a un proceso de tamizado o análisis con tamaños. Se realiza haciendo pasar una cantidad conocida de material a través de una serie de tamices con abertura de malla cada vez más pequeña. El material que queda entre los 2 tamices consecutivos se pesa para calcular posteriormente el porcentaje de peso de cada fracción de tamaño (Álvarez, B. 2006).

2.2.4. Representación de la distribución

Es importante resaltar que los resultados de un análisis granulométrico pueden ser generalizados y correlacionados por expresiones matemáticas denominadas “funciones de distribución de tamaños” que relacionan el tamaño de partícula (abertura de malla), con un porcentaje en peso, que generalmente es el acumulado retenido o el pasante (De la Cruz Tobón, N et al. 2015).

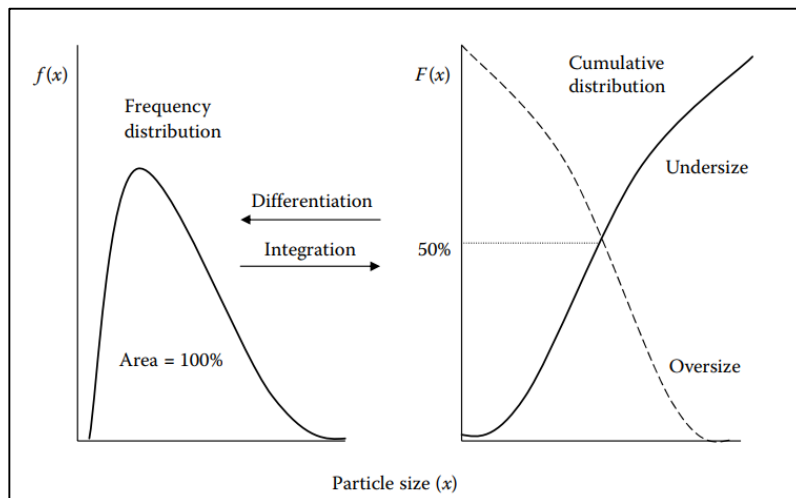


Figura 2.3: Relación entre la frecuencia y las distribuciones acumulativas

Fuente: Ortega, E. (2014)

- **Función Rosin-Rammler (RR)**

El modelo Rosin-Rammler (RR) compara o relaciona los valores del porcentaje acumulado pasante Y con el tamaño de partícula o abertura de malla de la serie empleada (De la Cruz Tobón, N. 2015).

La función de distribución de RR se ha usado desde hace tiempo para describir la distribución de tamaño de partícula de diferentes tipos y tamaños. Dicha función es particularmente útil para estudiar muestras obtenidas por trituración y molienda (Macías, A. et al. 2014).

La expresión general de este modelo es:

$$Y = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x}{x_R} \right)^m \right]$$

Donde:

Y : Porcentaje en peso pasante por malla

x : Tamaño de la partícula.

x_r : Constante que proporciona una medida del rango de los tamaños de partícula presentes

m : Medida de la dispersión de los tamaños de partícula.

El factor de tamaño x_r es un tamaño de partícula característico de la distribución y nos indica cómo se encuentra el polvo, mientras más bajo sea el valor de X_r el material es más fino (Verdugo, D y M. Luis. 2016).

Valores inferiores de m están asociados con una distribución más dispersa, mientras que valores más altos de m implicarán una estructura de partículas cada vez más uniforme (Ortega, E. 2012).

La X_r se puede encontrar fácilmente a partir de la gráfica en el gráfico de Rosin-Rammler porque es el tamaño correspondiente a $100 / e = 36,8\%$,

Para facilitar los cálculos, se pueden tomar logaritmos neperianos en vez de naturales y trabajar con fracciones de pasante acumulado. Por lo tanto, la ecuación queda de la siguiente manera (Álvarez, B. 2006).

$$\ln(-\ln(1 - F.Pasante Ac.)) = m.lnx + cte$$

- **Función Gates-Gaudin-Schuhmann (GGS)**

La función de Gates-Gaudin-Schuhmann es la distribución más usada en América para representar distribuciones de tamaño obtenidas por tamizaje (distribución en peso o masa) (Álvarez, B. 2006).

$$Y = \left[\frac{x}{k} \right]^m$$

Donde:

Y : Porcentaje en peso pasante por malla

x : Diámetro de la partícula en micrones

k : Tamaño máximo de partícula en la distribución (también llamado módulo de tamaño)

m : Parámetro de ajuste también conocido como módulo de distribución

En algunos casos la distribución granulométrica aparece sesgada y se puede obtener una representación lineal de la misma trazando el logaritmo del % pasante acumulado versus a la abertura de la malla (tamaño de partícula).

Tomando logaritmos en ambos lados de la ecuación, se obtiene:

$$\log y = m \log x + cte$$

La ventaja de tales representaciones gráficas es que con un número limitado de tamices se puede calcular el tamaño de las partículas que se encuentran entre otros dos tamaños de tamices y obtener la distribución completa de tamaños de las partículas que existen en una muestra (Álvarez, B. 2006).

- **Función Gaudin Meloy modificado (MGM)**

La ventaja de este modelo es la provisión información útil sobre el tamaño máximo de partícula en una muestra (Yan; Barbosa-Cánovas, 1997).

$$Y = \left| 1 - \left(1 - \frac{x}{x_0} \right)^r \right|^m$$

Donde:

Y : Porcentaje en peso pasante por malla

x : Tamaño de partícula

x_0 : Parámetro relacionado con el tamaño máximo de partícula

r : Relación x_0 al módulo de tamaño

m : Parámetro de distribución

- **Función Normal (N)**

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_\delta \sqrt{2\pi}} \exp \left[\frac{(X - x_\delta)^2}{2 \sigma_\delta} \right]$$

$f(x)$: Función de distribución de tamaño de la partícula

x : tamaño de partícula

x_δ : Media geométrica de la distribución

σ_δ : Desviación estándar geométrica de x

- **Función Log-normal (LN)**

$$f(x) = \frac{1}{x \ln \sigma_\delta \sqrt{2\pi}} \exp \left[\frac{(\ln x - \ln x_\delta)^2}{2 \ln^2 \sigma_\delta} \right]$$

$f(x)$: Función de distribución de tamaño de la partícula

x : tamaño de partícula

x_δ : Media geométrica de la distribución

σ_δ : Desviación estándar geométrica de $\ln x$

2.3. Definiciones de términos

- **Análisis granulométrico**

Es la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de una sustancia.

- **Tamiz**

Elemento metálico formado por marcos, tejido, deposito receptor y tapa. El marco es un elemento circular metálico, con diámetro de 200 a 300 mm aproximadamente, suficientemente rígido y firme como para fijar tejido. El tejido es una malla de alambre con aberturas cuadradas, que se fija en los bordes de marco.

- **Granulometría**

Distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que constituyen una muestra.

- **Fracción porcentual retenida - f(x) %**

Corresponde al porcentaje en masa del suelo directamente retenido en ese tamiza.

$$\% \text{ retenido parcial} = \frac{\text{peso retenido en tamiz}}{\text{peso muestra total}} \times 100$$

- **Porcentual acumulado retenido - G(x) %**

Corresponde al porcentaje en masa de todas las partículas de mayor tamaño que la abertura de un determinado tamiz. Se calcula como la suma de todos los porcentajes parciales retenidos en los tamices de abertura de mayor tamaño más el porcentaje parcial de lo retenido en ese tamiz.

- **Porcentual acumulado pasante - F(x) %**

Corresponde al porcentaje en masa de todas las partículas de menor tamaño que la abertura de un determinado tamiz. Se calcula como la diferencia entre el 100% y el porcentaje acumulado retenido en ese tamiz.

- **Curva granulométrica**

Representación gráfica del ensayo granulométrico.

III. VARIABLE E HIPÓTESIS

3.1. Variables de la investigación

3.1.1. Variables independientes

- ✓ Tiempo de tamizado
- ✓ Tipo de producto

3.1.2. Variables dependientes

- ✓ Distribución del tamaño de partícula

3.2. Operacionalización de variables

Cuadro 3.1

Operacionalización de variables

VARIABLE	TIPO	OPERACIONALIZACION	INDICADOR	TECNICA	INSTRUMENTO	
Tiempo de tamizado	Independiente	Medir el tiempo durante el proceso de tamizado de las harinas comerciales	5 min 10min 15 min	Hoja de datos, Medición de tiempo	Cronómetro	
Tipo de producto	Independiente	Harinas que se usaran en la parte experimental	Harina preparada y sin preparar Harina a granel	-	-	
Distribución del tamaño de partículas	Dependiente	Se calculará mediante las funciones de distribución de tamaño de partículas	Rosin-Rammler (RR)	R ²	Hojas de datos, Gráficas de las funciones	Equipo de tamizado
			Gates-Gaudin-Schuhmann (GGS)			
			Gaudin Meloy modificado (MGM)			
			Normal			
			Log normal (LN)			

Fuente: Elaboración propia (2021)

3.3. Hipótesis general y específicos

3.3.1. Hipótesis general

- Con un modelo matemático de alta correlación es posible representar la distribución del tamaño de partículas de las harinas comerciales.

3.3.2. Hipótesis específicas

- Con un modelo matemático de alta correlación se determinará la curva de distribución del tamaño de partículas para las harinas preparada, sin preparar y de venta a granel.
- Con un modelo matemático de alta correlación es posible evaluar la variación del tiempo de tamizado que afecta la distribución del tamaño de partículas.
- Con un modelo matemático de alta correlación se diseña la función de distribución del tamaño de partículas más efectiva para las harinas comerciales.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo y diseño de la investigación

4.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación del presente tema de tesis es:

- **Experimental**

El estudio está diseñado bajo las características de ser tipo experimental porque se realizará mediante la observación, registro y análisis de las variables, sobre ambientes artificiosamente controlados para facilitar la manipulación de las mismas y encontrar su relación causal. Es decir, se manipula deliberadamente la variable independiente: Tiempo de tamizado, controlando el aumento o disminución de esta variable, para observar su efecto en la variable dependiente: distribución del de tamaño de partículas

- **Cuantitativa**

Porque busca encontrar la verdad de las cosas basándose en métodos cuantificables, donde no se emiten juicios interpretativos sobre los hechos en que está trabajando. Trata de demostrar acontecimientos a ciencia por medio de técnicas cuantitativas, de modo que deja por fuera las teorías empiristas. También se basa en cifras para expresar los resultados y proponer hipótesis para luego darle solución.

- **Investigación Aplicada**

Porque está interesada en resolver problemas de naturaleza práctica aplicando los resultados obtenidos, es decir, que, con esta experimentación, obtendremos datos con los que podemos obtener un proceso de distribución de tamaño de partículas de la harina de trigo a través de las funciones matemáticas propuestas.

- **Histórica**

Porque hemos recopilado información de temas de investigación pasados, sobre cómo se ha ido enfocando y realizando la distribución del tamaño partículas como influencia en la calidad de las harinas aplicadas a los procesos industriales.

4.1.2. Diseño de la investigación

Cuadro 4.1:

Diseño de la investigación

GRUPO EXPERIMENTAL	OBSERVACIONES	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
RG1	O ₁	X ₁	O ₄
		X ₂	O ₅
		X ₃	O ₆
RG2	O ₂	X ₁	O ₇
		X ₂	O ₈
		X ₃	O ₉
RG3	O ₃	X ₁	O ₁₀
		X ₂	O ₁₁
		X ₃	O ₁₂

Fuente: Elaboración propia (2021)

RG1: Será el grupo experimental 1 donde trabajaremos con la harina preparada, luego se someterá al proceso de tamizado durante 5 min (X₁), 10 min (X₂) y 15 min (X₃), con sus respectivas observaciones para cada uno de los tratamientos realizados.

RG2: Será el grupo experimental 2 donde trabajaremos con la harina sin preparar, luego se someterá al proceso de tamizado durante 5 min (X₁), 10 min (X₂) y 15 min (X₃), con sus respectivas observaciones para cada uno de los tratamientos realizados.

RG3: Será el grupo experimental 3 donde trabajaremos con la harina de venta a granel, luego se someterá al proceso de tamizado durante 5 min

(X_1), 10 min (X_2) y 15 min (X_3), con sus respectivas observaciones para cada uno de los tratamientos realizados.

O_1 , O_2 Y O_3 : Serán las observaciones obtenidas en la recepción de la harina.

O_4 , O_5 , O_6 , O_7 , O_8 , O_9 , O_{10} , O_{11} Y O_{12} : Serán las observaciones obtenidas durante los diferentes tiempos del proceso de tamizado.

Simbología:

R =Aleatorización

G = Grupos de trabajo

X = Tratamientos

O = Observaciones

4.2. Población y muestra

Para este tipo de investigación se usará harina de trigo directamente de mercados ubicados en los distritos de: San Martín de Porres, Comas, Villa El Salvador y San Juan de Lurigancho; que son ofrecidas al consumidor como harina de venta a granel, harina preparada y sin preparar siendo utilizadas para la elaboración de panes, galletas, fideos, etc. El peso para las pruebas será de aproximadamente de 500 g que es la capacidad media de carga del equipo de tamizado que cuenta la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos: Laboratorio de Ingeniería de Procesos y Operaciones Unitarios LIPOU-FIPA.

4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.3.1. Materiales e Insumos

- a) Insumos del proceso
 - Harina preparada
 - Harina sin preparar
 - Harina a granel

b) Materiales del proceso

- Tamices
- Balanza electrónica
- Tamizador tipo Rotav (DuraTap™)
- Serie de tamices Tyler (70M, 100M, 120M, 140M, 170M, 200M, 230M, ciego)
- Balanza electrónica
- Cronómetros
- Audífonos de protección
- Bowls
- Cucharones

4.3.2. Equipos

- Balanza electrónica
- Tamizador tipo Rotav (DuraTap™)

4.3.3. Software

- Hoja de Cálculo Excel de la empresa Microsoft Office (Versión 2013).

4.4. Análisis y procesamiento de datos

Existen diferentes softwares que auxilian al investigador para el análisis de la estadística descriptiva que serán usados en la caracterización de la materia prima, tal como lo ofrecen las funciones estadísticas que se pueden encontrar en la hoja de Cálculo Excel de la empresa Microsoft Office (Versión 2016).

Como técnica de análisis estadístico, para comparar el comportamiento de las funciones de distribución usadas tanto para las harinas preparadas y sin preparar y harinas de venta a granel, el análisis de varianza ANOVA será aplicado con el objeto de establecer las diferencias significativas.

Para cumplir con los objetivos de la investigación, se trabajó de la siguiente manera: En la primera etapa se efectuó el análisis granulométrico de los 3 tipos de harina en sus respectivos tiempos de tamizado, Durante las corridas experimentales del proceso de tamizado de las harinas comerciales se realizarán las lecturas de los pesos (g) de harina recogidos en cada malla de los tamices que estará correlacionado con los tiempos.

En la segunda etapa: Se realiza el análisis de varianza ANOVA para determinar diferencia significativa entre los tiempos de tamizado por cada tipo de harina y poder calcular un mercado general.

En la tercera etapa: A partir del mercado general se realiza la aplicación de las funciones matemáticas de distribución de tamaño de partículas, Gates-Gaudin-Schuhmann, Rosin-Rammler, Gaudin Meloy modificado, Normal y Log-normal. Así mismo, se comparó el comportamiento de las funciones de distribución usadas tanto para las harinas preparadas y sin preparar y harinas de venta a granel, el análisis de varianza ANOVA será aplicado con el objeto de establecer las diferencias significativas.

➤ **Proceso de tamizado**

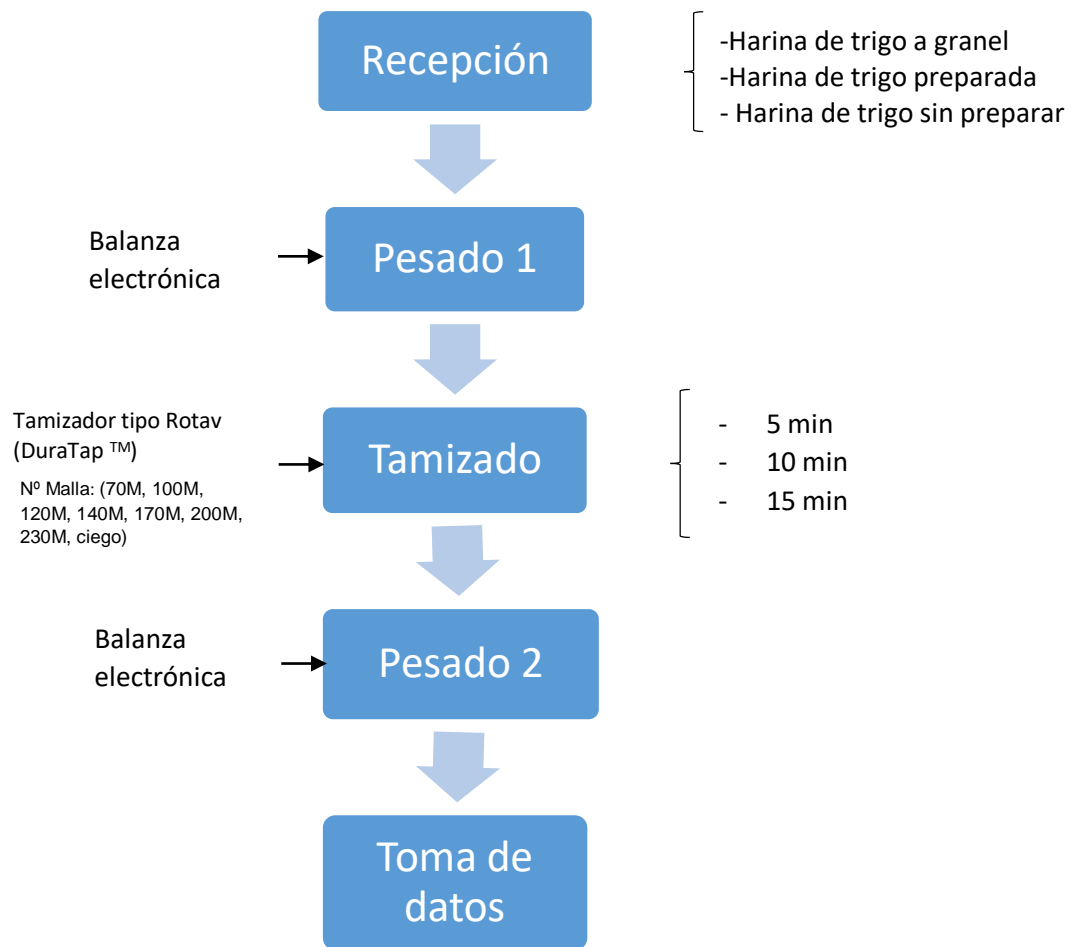


Figura 4.1: Diagrama de flujo

Fuente: Elaboración Propia (2021)

➤ **Descripción de proceso**

a) Recepción:

Este proceso consistió en recibir y acopiar las harinas provenientes de 5 distritos diferentes del Perú (Callao, San Juan de Lurigancho, Comas, San Martín de Porres y Villa El Salvador), también se tuvo en cuenta que la materia prima se encuentre en primas condiciones. Se recibió 3 tipos de harinas: harina preparada, harina sin preparar y harina a granel.



Figura 4.2: Harina preparada y sin preparar

Fuente: Propia (2021)

b) Pesado 1

Se realizó el pesado de la cantidad de harina que iba a hacer ingresada dentro del tamizador. La muestra es de 500 gramos.

c) Tamizado

Se realizó la operación con un tamizador tipo Rotav, que consta de un set de tamices Tyler con número de malla 70M, 100M, 120M, 140M, 170M, 200M, 230M y ciego. Se realizó este proceso para cada tipo de harina (Harina de trigo preparada, harina de trigo sin preparar y harina de trigo a granel) durante 5 min, 10 min, y 15 min con 3 repeticiones.



Figura 4.3: Tamizado de harinas comerciales

Fuente: Propia (2021)

d) Pesado 2

Se realizó el pesado de la harina retenida en cada malla de los tamices (70M, 100M, 120M, 140M, 170M, 200M, 230M y ciego).



Figura 4.4: Pesado de harina retenida

Fuente: Propia (2021)

e) Toma de datos

A partir de la cantidad pesada de las harinas retenidas, se realiza la toma de datos y se desarrolla el análisis granulométrico para cada tipo de harina, tiempo de tamizado y distrito.



Figura 4.5: Toma de datos

Fuente: Propia (2021)

Cuadro 4.2

Formato para análisis granulométrico

N°	N° malla	peso vacío malla (g)	peso total (g)	peso retenido (g)	f(x) %	G(x) %	F(x) %
1	70M						
2	100M						
3	120M						
4	140M						
5	170M						
6	200M						
7	230M						
8	ciego						

Fuente: Propia (2021)

Donde:

f(x) %: fracción porcentual retenida

G(x) %: Porcentual acumulado retenido

F(x) %: Porcentual acumulado pasante

V. RESULTADOS

5.1. Datos obtenidos

5.1.1. Análisis granulométrico

Luego del análisis granulométrico detallado en el Anexo 2, se obtuvo el $F(x)\%$: Porcentual acumulado pasante y $G(x)\%$: Porcentual acumulado retenido para los mercados Callao, San Juan de Lurigancho, Comas y San Martín de Porres y Villa El Salvador, en los tipos de harina preparada, sin preparar y a granel, y en los diferentes tiempos de 5, 10 y 15 minutos.

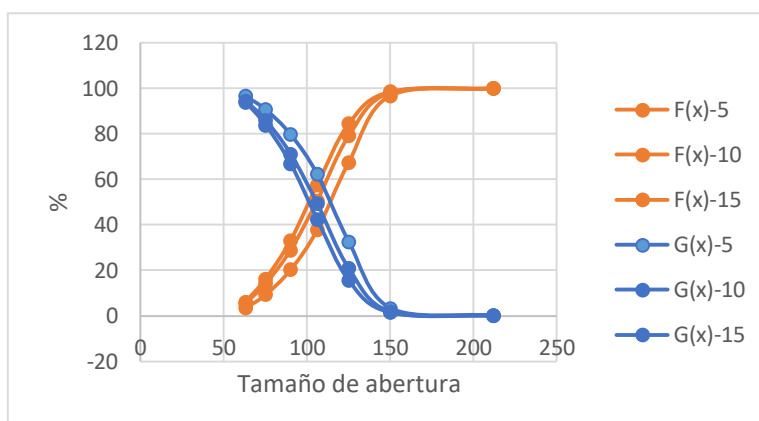
A continuación, se muestra las gráficas $F(x)\%$: Porcentual acumulado pasante vs $G(x)\%$ Porcentual acumulado retenido que se obtuvo en el análisis granulométrico realizadas para cada mercado y tipo de harina:

- **DISTRITO DEL CALLAO**

Se determinó la curva granulométrica $F(x)\%$ vs $G(x)\%$ en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina preparada obtenido del distrito del Callao (Véase Gráfica 5.1).

Gráfica 5.1

$F(x)\%$ porcentual acumulado pasante vs $G(x)\%$ porcentual acumulado retenido de la harina preparada.

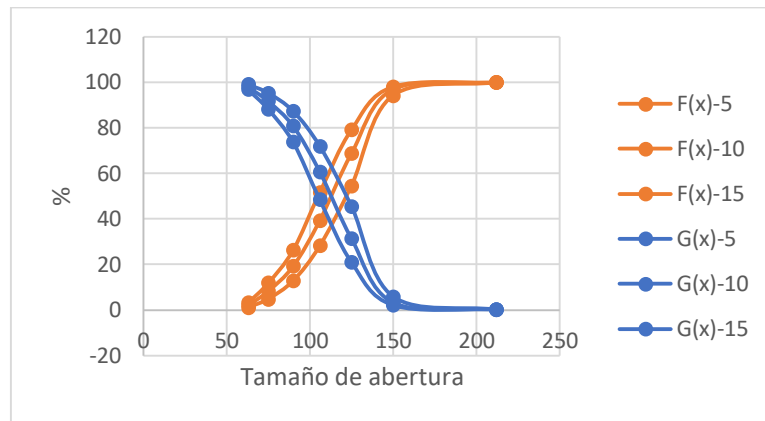


Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se determinó la curva granulométrica $F(x)\%$ vs $G(x)\%$ en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina sin preparar obtenido del distrito del Callao (Véase Gráfica 5.2).

Gráfica 5.2

$F(x)\%$ porcentual acumulado pasante vs $G(x)\%$ porcentual acumulado retenido de la harina sin preparar

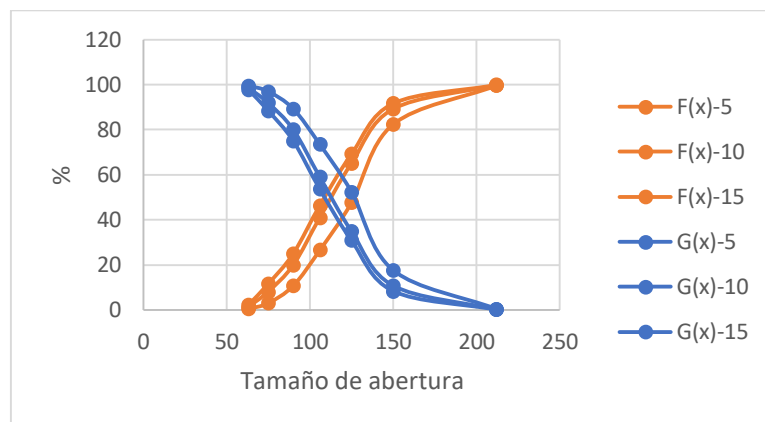


Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó la curva granulométrica $F(x)\%$ vs $G(x)\%$ en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina a granel obtenido del distrito del Callao (Véase Gráfica 5.3).

Gráfica 5.3

$F(x)\%$ porcentual acumulado pasante vs $G(x)\%$ porcentual acumulado retenido de la harina a granel.



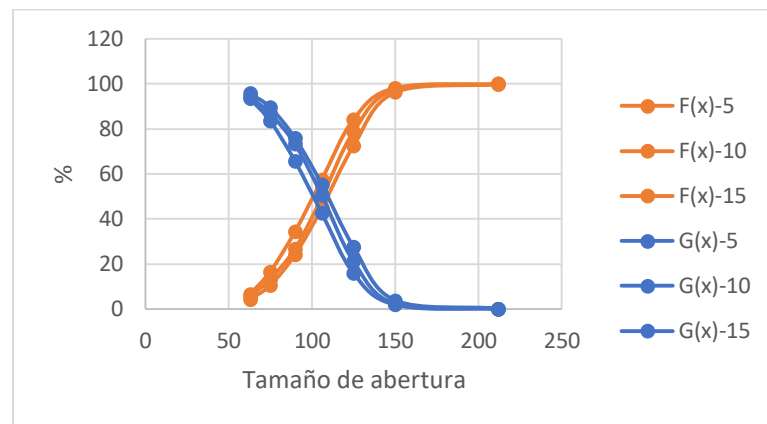
Fuente: Elaboración Propia (2021)

- **DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO**

Se determinó la curva granulométrica $F(x)\%$ vs $G(x)\%$ en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina preparada obtenido del distrito del San Juan de Lurigancho (Véase Gráfica 5.4).

Gráfica 5.4

$F(x)\%$ porcentual acumulado pasante vs $G(x)\%$ porcentual acumulado retenido de la harina preparada

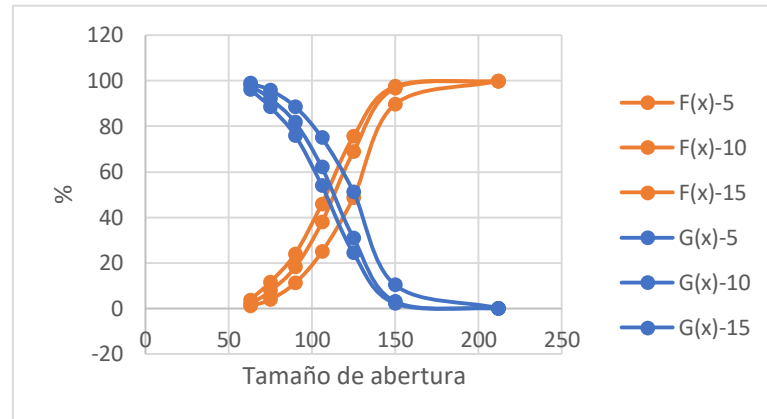


Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se determinó la curva granulométrica $F(x)\%$ vs $G(x)\%$ en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina sin preparar obtenido del distrito del San Juan de Lurigancho (Véase Gráfica 5.5 en la página 49).

Gráfica 5.5

F(x)% porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina sin preparar.

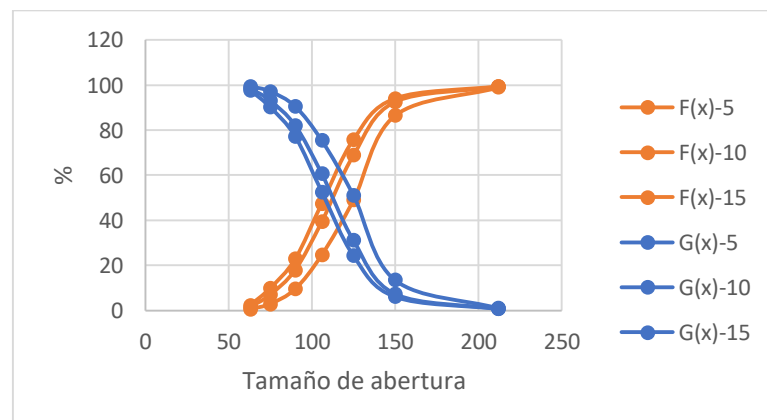


Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se determinó la curva granulométrica F(x)% vs G(x)% en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina a granel obtenido del distrito del San Juan de Lurigancho (Véase Gráfica 5.6).

Gráfica 5.6

F(x)% porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina a granel



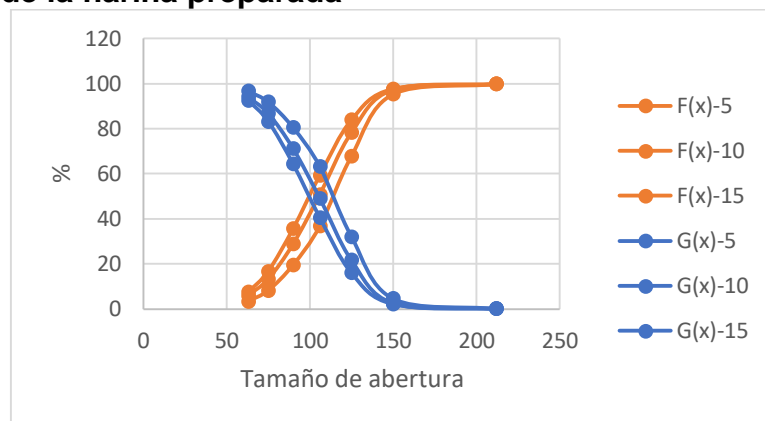
Fuente: Elaboración Propia (2021)

- **DISTRITO DE COMAS**

Se determinó la curva granulométrica $F(x)\%$ vs $G(x)\%$ en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina preparada obtenido del distrito de Comas (Véase Gráfica 5.7).

Gráfica 5.7

$F(x)\%$ porcentual acumulado pasante vs $G(x)\%$ porcentual acumulado retenido de la harina preparada

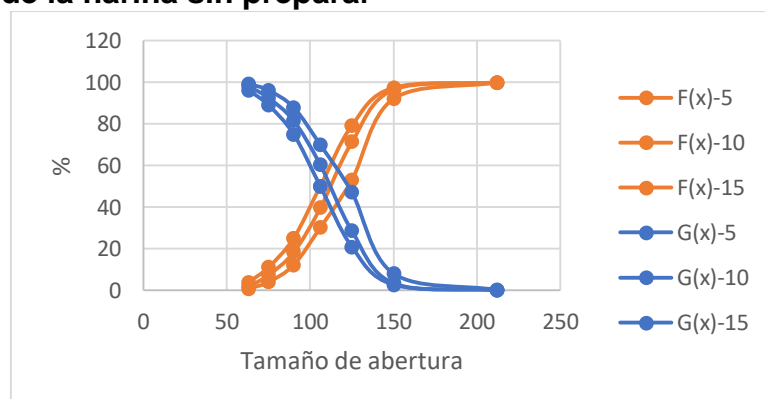


Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se determinó la curva granulométrica $F(x)\%$ vs $G(x)\%$ en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina sin preparar obtenido del distrito de Comas (Véase Gráfica 5.8).

Gráfica 5.8

$F(x)\%$ porcentual acumulado pasante vs $G(x)\%$ porcentual acumulado retenido de la harina sin preparar

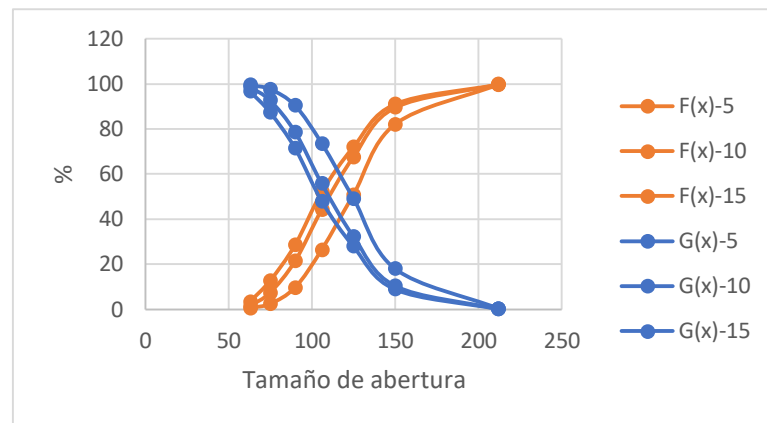


Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se determinó la curva granulométrica $F(x)\%$ vs $G(x)\%$ en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina a granel obtenido del distrito de Comas (Véase Gráfica 5.9).

Gráfica 5.9

$F(x)\%$ porcentual acumulado pasante vs $G(x)\%$ porcentual acumulado retenido de la harina a granel



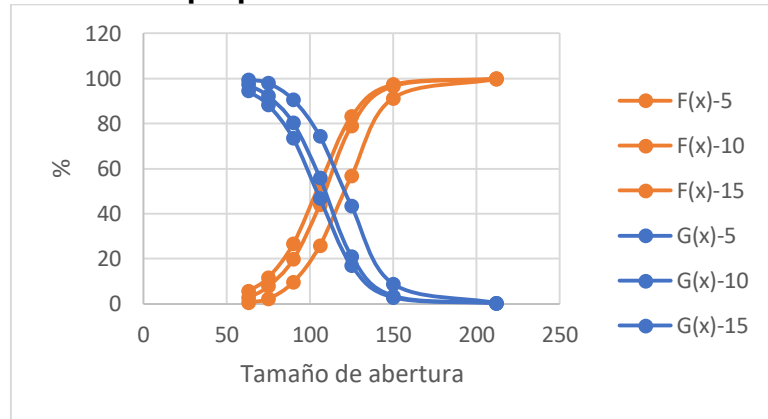
Fuente: Elaboración Propia (2021)

- **DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES**

Se determinó la curva granulométrica $F(x)\%$ vs $G(x)\%$ en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina preparada obtenido del distrito de San Martin de Porres (Véase Gráfica 5.10 en la página 52).

Gráfica 5.10

F(x)% porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina preparada

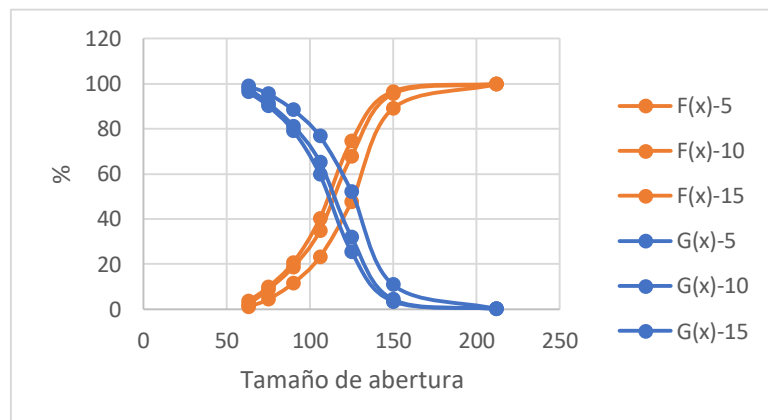


Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó la curva granulométrica F(x)% vs G(x)% en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina sin preparar obtenido del distrito de San Martín de Porres (Véase Gráfica 5.11).

Gráfica 5.11

F(x)% porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina sin preparar

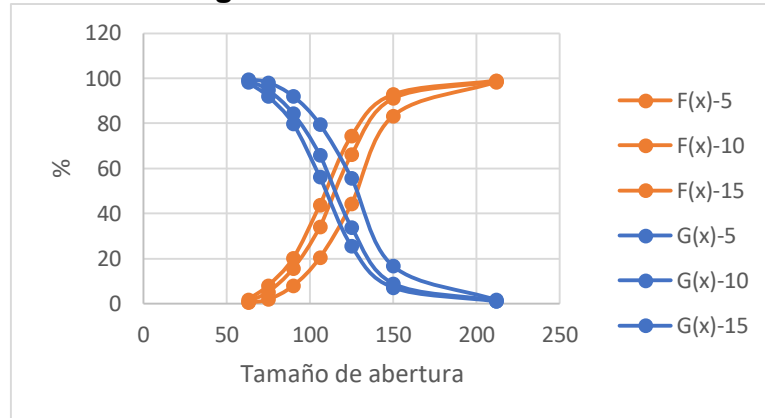


Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó la curva granulométrica F(x)% vs G(x)% en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina a granel obtenido del distrito de San Martín de Porres (Véase Gráfica 5.12 en la página 53).

Gráfica 5.12

F(x)% porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina a granel



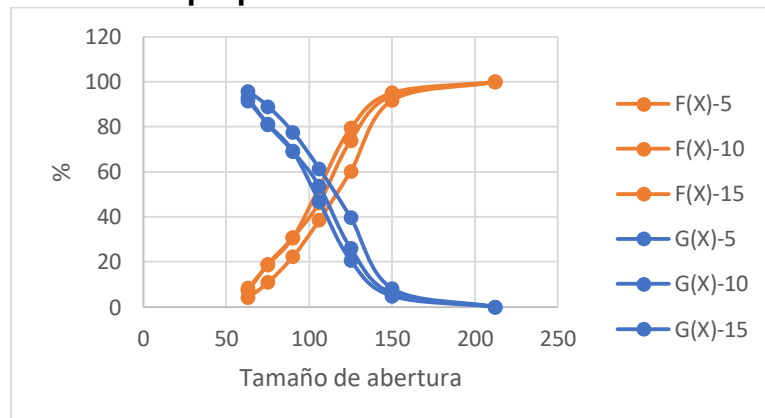
Fuente: Elaboración Propia (2021)

- **DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR**

Se determinó la curva granulométrica F(x)% vs G(x)% en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina preparada obtenido del distrito de Villa el Salvador (Véase Gráfica 5.13).

Gráfica 5.13

F(x)% porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina preparada

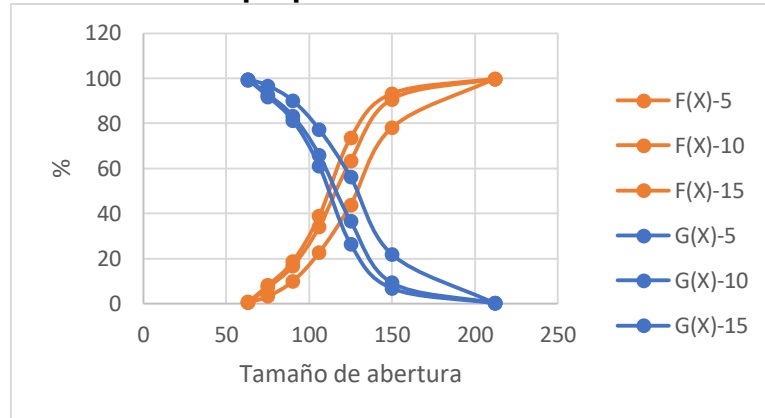


Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se determinó la curva granulométrica F(x)% vs G(x)% en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina sin preparar obtenido del distrito de Villa el Salvador (Véase Gráfica 5.14 en la página 54).

Gráfica 5.14

F(x)% porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina sin preparar

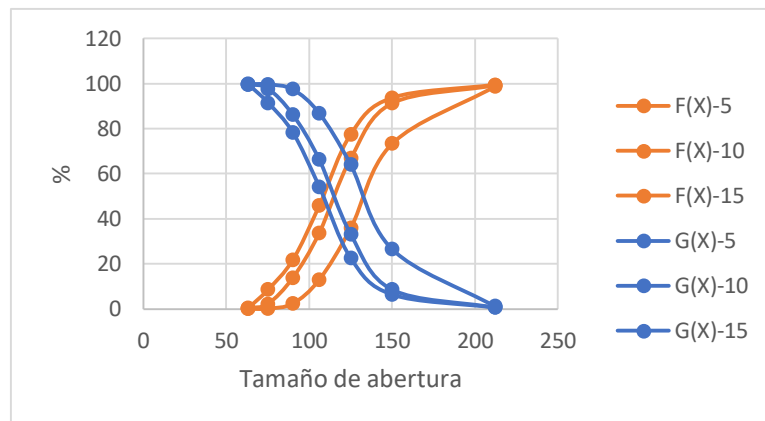


Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se determinó la curva granulométrica F(x)% vs G(x)% en los tiempos de 5, 10 y 15 minutos de la harina a granel obtenido del distrito de Villa el Salvador (Véase Gráfica 5.15).

Gráfica 5.15

F(x)% porcentual acumulado pasante vs G(x)% porcentual acumulado retenido de la harina a granel



Fuente: Elaboración Propia (2021)

- **ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE F(x)% PORCENTUAL ACUMULADO PASANTE EN LOS 3 TIEMPOS DE TAMIZADO**

Se realizó análisis de varianza de un solo factor, para determinar si existe o no existe diferencia significativa de los valores de F(x)% en los 3 tiempos de tamizado (5,10 y 15 minutos), el ANOVA se realizó en los tipos de harinas (preparada, sin preparar y a granel) de cada distrito (Callao, San Juan de Lurigancho, Comas, San Martín de Porres, Villa el Salvador).

Según lo detallado en el Anexo 3 no existe diferencia significativa de los valores de F(x)% en los 3 tiempos de tamizado realizado en los tipos de harinas de cada distrito, por lo que se realizó un promedio de los valores de F(x)% Porcentual acumulado pasante para cada tipo de harina en cada distrito.

Cuadro 5.1

Valores de F(x)% porcentual acumulado pasante promedio del distrito del Callao

CALLAO	Harina a granel	Harina sin preparar	Harina preparada
F(x)%	99,80482646	99,8850525	99,89443778
	87,75818961	96,31044046	97,71419392
	60,61557869	67,44162893	76,9768296
	37,98938485	39,69903396	48,63381069
	18,4830661	19,42761903	27,43929404
	7,542888274	8,294358891	13,26646805
	1,253096917	2,108460034	5,100682117

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Cuadro 5.2

Valores de F(x)% porcentual acumulado pasante promedio del distrito de San Juan de Lurigancho

SAN JUAN DE LURIGANCHO	Harina preparada	Harina sin preparar	Harina a granel
F(x)%	99,89711827	99,88912184	99,21277162
	97,32736617	94,70431928	91,03480819
	78,43941765	64,4293295	64,5426575
	50,5488101	36,26948749	37,14731913
	28,48172872	17,84597599	16,70837676
	13,34944784	7,801881915	6,540522723
	5,533734721	2,280620302	1,40601

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Cuadro 5.3

Valores de F(x)% porcentual acumulado pasante promedio del distrito de Comas

COMAS	Harina preparada	Harina sin preparar	Harina a granel
F(x)%	99,90510707	99,88175023	99,82605748
	96,86307406	95,26727539	87,59693453
	76,74568354	67,84053317	63,51950179
	49,00121493	39,91795356	40,90781355
	28,0020978	18,55497883	19,79681464
	12,65828686	7,586394864	7,39164196
	5,546527376	2,197318385	1,676751179

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Cuadro 5.4

Valores de F(x) % porcentual acumulado pasante promedio del distrito de San Martín de Porres

SAN MARTIN DE PORRES	Harina preparada	Harina sin preparar	Harina a granel
F(x)%	99,80407461	99,8483716	98,73320938
	95,0275275	93,8011781	89,0954536
	72,89719001	63,3995361	61,60666028
	40,97260696	32,7134879	32,76793597
	18,5682798	16,9819819	14,54614416
	7,193122223	7,60046388	5,02188349
	2,91699657	2,16780067	1,032905156

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Cuadro 5.5

Valores de F(x) % porcentual acumulado pasante promedio del distrito de Villa El Salvador

VILLA EL SALVADOR	Harina preparada	Harina sin preparar	Harina a granel
F(x)%	99,91770575	99,80310271	99,13559651
	93,613648	87,37182758	86,09904685
	71,23754679	60,3212583	60,04232788
	46,02804068	31,97397289	30,88802603
	28,00832428	15,15914449	12,66443164
	16,27832969	6,230130368	3,677749398
	6,622784682	0,596299959	0,234044227

Fuente: Elaboración Propia (2021)

➤ ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE F(x)% PORCENTUAL ACUMULADO PASANTE EN LOS TIPOS DE HARINAS EN CADA DISTRITO

Se realizó análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo (ANOVA), para determinar si existe o no existe diferencia significativa de los valores de F(x)% entre los tipos de harina (preparada, sin preparar y a granel) y los distritos (Callao, San Juan de Lurigancho, Comas, San Martín de Porres, Villa el Salvador).

Cuadro 5.6

Valores de F(x)% porcentual acumulado pasante promedio por cada distrito

VALORES DE F(x)%			
Distritos	Harina preparada	Harina sin preparar	Harina a granel
CALLAO	99,8944378	99,8850525	99,8048265
	97,7141939	96,3104405	87,7581896
	76,9768296	67,4416289	60,6155787
	48,6338107	39,699034	37,9893848
	27,439294	19,427619	18,4830661
	13,2664681	8,29435889	7,54288827
	5,10068212	2,10846003	1,25309692
SAN JUAN DE LURIGANCHO	99,8971183	99,8891218	99,2127716
	97,3273662	94,7043193	91,0348082
	78,4394176	64,4293295	64,5426575
	50,5488101	36,2694875	37,1473191
	28,4817287	17,845976	16,7083768
	13,3494478	7,80188191	6,54052272
	5,53373472	2,2806203	1,40601
COMAS	99,9051071	99,8817502	99,8260575
	96,8630741	95,2672754	87,5969345
	76,7456835	67,8405332	63,5195018
	49,0012149	39,9179536	40,9078135
	28,0020978	18,5549788	19,7968146
	12,6582869	7,58639486	7,39164196
	5,54652738	2,19731839	1,67675118
SAN MARTIN DE PORRES	99,8040746	99,8483716	98,7332094
	95,0275275	93,8011781	89,0954536
	72,89719	63,3995361	61,6066603
	40,972607	32,7134879	32,767936
	18,5682798	16,9819819	14,5461442
	7,19312222	7,60046388	5,02188349
	2,91699657	2,16780067	1,03290516
VILLA EL SALVADOR	99,9177057	99,8031027	99,1355965
	93,613648	87,3718276	86,0990469
	71,2375468	60,3212583	60,0423279
	46,0280407	31,9739729	30,888026
	28,0083243	15,1591445	12,6644316
	16,2783297	6,23013037	3,6777494
	6,62278468	0,59629996	0,23404423

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Según lo detallado en el Anexo 4, no existe diferencia significativa de los valores de $F(x)\%$ entre los tipos de harina y los distritos, por lo que se realizó un promedio de valores de $F(x)\%$: Porcentual acumulado pasante para cada tipo de harina (véase en el Cuadro 5.7) y así obtener una data de mercado general para determinar a partir de ésta las funciones de distribución Rosin Rammler, Gates Gaudin Schuhmann, Gaudin Meloy modificada.

Cuadro 5.7

Valores de $F(x)\%$ del mercado general por cada tipo de harina

	Valores $F(x)\%$		
	Harina preparada	Harina sin preparar	Harina a granel
MERCADO GENERAL	99,8836887	99,8614798	99,3424923
	96,1091619	93,4910082	88,3168866
	75,2593335	64,6864572	62,0653452
	47,0368967	36,1147872	35,9400959
	26,0999449	17,5939401	16,4397667
	12,5491309	7,50264598	6,03493717
	5,14414509	1,87009987	1,1205615

Fuente: Elaboración Propia (2021)

➤ ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE $f(x)\%$ FRACCION PORCENTUAL RETENIDA EN LOS TIPOS DE HARINAS EN CADA DISTRITO

Se ordenó de menor a mayor los valores de $f(x)\%$, que se presenta en el análisis granulométrico (Anexo 2) de los tres tiempos (5, 10 y 15 min) para cada distrito y tipo de harina, se obtuvo el siguiente cuadro.

Cuadro 5.8

Valores de $f(x)\%$ fracción porcentual retenida promedio por cada distrito

		1. callao	2. San juan	3. Comas	4. Smp	5. Villa Salvador	PROMEDIO
Valores de $f(x)\%$	1. HARINA PREPARADA	0,10227409	0,09428474	0,09029617	0,15857086	0,072187688	0,10352271
		0,10228025	0,09618082	0,09422236	0,18066847	0,0762501	0,1099204
		0,11213232	0,11817963	0,10016026	0,24853684	0,098444971	0,1354908
		1,43183732	1,8134767	2,15306204	0,54517758	4,199775263	2,02866578
		1,83703347	2,27227187	2,47383826	1,60546781	4,794465611	2,5966154
		3,2718608	3,62350773	3,32732372	2,5692493	5,968979789	3,75218427
		3,53216796	4,29452768	4,49919872	2,71203453	6,778232603	4,3632323
		5,58530373	5,69270228	4,765625	3,23998796	7,208582794	5,29844035
		5,87092769	6,12931656	5,87586705	5,06674696	8,148727827	6,21831722
		6,18457466	6,6139742	7,27717413	5,4937776	8,45999599	6,80589932
		8,52134849	7,43597964	7,43639136	6,15616218	10,35893323	7,98176298
		10,1050816	9,88184317	9,29247933	7,33985408	11,39738342	9,60332832
		10,9048677	13,6837254	11,40625	8,52040407	11,8294692	11,2689433
		14,0075402	13,7709318	13,7611365	11,904045	11,84353277	13,0574373
		14,7624491	13,9461173	15,6389078	14,201124	11,94906758	14,0995332
		16,8511611	17,9421854	17,2736378	14,8815737	15,39558806	16,4688292
		17,4385775	18,8814972	18,986275	16,261124	15,69881692	17,4532581
		19,0201151	20,5852896	19,0649934	17,6352504	16,22923188	18,5069761
		21,7315444	22,6365567	22,0219719	24,3079394	19,99839274	22,139281
	24,413428	22,9793978	23,7017417	26,6439181	21,73930492	23,8955581	
	26,904103	23,8362311	24,5786179	29,8956242	22,43432926	25,5297811	
	28,4399254	26,7287207	27,5260417	30,9247976	26,23220373	27,9703378	
	29,1844376	27,6420159	27,5530251	34,554638	27,65700968	29,3182253	
	29,6850283	29,301086	31,1017628	34,9533273	31,43109399	31,2944597	
	0,1083728	0,10020241	0,10829022	0,13436817	0,136379134	0,11752255	
	0,1142399	0,10625288	0,12016102	0,14633951	0,1983332	0,1370653	
	0,12222979	0,12617917	0,12629806	0,17417766	0,255979522	0,16097284	
	1,02192121	1,12960404	0,81509222	0,91493323	0,519958403	0,88030182	
	1,9266276	1,9947475	1,93456557	2,00866009	0,532895264	1,67949921	
	2,07836457	2,27058658	2,52677175	3,27898442	0,736046208	2,1781507	
	3,04439323	2,94618358	3,20028839	3,42349196	2,835773138	3,09002606	
	3,22509432	3,08133357	3,42007137	3,57980868	6,608371272	3,98293584	
	3,7129804	3,71750937	3,84229736	4,18170155	6,639468842	4,4187915	
	5,75281529	5,8158417	5,65735135	6,25915007	6,713278308	6,03968734	
6,23108528	7,23827836	7,3095897	6,61534761	7,352439783	6,94934814		
7,98501182	7,80175955	7,89658142	7,16731066	9,039185832	7,97796986		
8,61363089	10,2024875	8,17895981	10,0813888	9,487939739	9,31288136		
10,9389718	10,4388444	10,8616335	10,6808945	10,65963378	10,7159956		
14,4757967	12,4551594	13,8651586	10,8958546	12,7849772	12,8953893		
15,3969463	13,6593963	17,9540584	11,6638972	17,44130139	15,2231199		
18,8628883	19,6768309	18,1666867	16,0311924	19,62255069	18,4720298		
20,1022147	21,9343073	21,1739706	19,4994284	20,21820661	20,5856255		
25,3150839	22,0224854	22,8466145	22,0042918	21,1063115	22,6589574		
26,39362	23,79579	24,9608952	24,5049951	21,6462683	24,2603137		
27,4725054	27,900403	25,1252957	27,7303344	27,31789406	27,1092865		

	28,129071	29,6979899	29,2203104	33,2050357	29,26917221	29,9043159
	29,3616595	30,9857461	31,7008139	34,3481138	34,2112631	32,1215193
	39,6144752	40,902081	38,9882442	41,4702997	34,66637252	39,1282945
	0,12046741	0,53854932	0,12042873	0,4629073	0,108251143	0,27012078
	0,1545564	0,63668682	0,12850373	0,89115469	0,134311603	0,38904265
	0,31049679	0,71196502	0,2728951	1,03111433	0,256904303	0,51667511
	0,42267628	1,01303329	0,44546111	1,15809967	0,336977234	0,67524952
	1,18426335	1,40186916	1,30712393	1,45485151	0,609768328	1,19157525
	2,15235112	2,27761152	1,84806164	1,61115787	0,700465639	1,71792956
	2,59615385	2,30635248	3,2776685	1,74465348	1,282976505	2,24156096
	6,85668406	5,39677439	5,98546302	4,26509845	1,989001285	4,89860424
	7,68229167	5,5372829	7,25178586	6,05186165	2,237190281	5,75208247
	8,23595551	6,60273479	8,74914696	6,15050651	5,776752582	7,10301927
	9,41653616	6,66439373	9,31114769	6,24698505	7,970054592	7,92182344
	10,6543557	7,55990279	10,2883303	7,68721273	8,207802628	8,87952082
	11,7663589	10,9823112	14,0591117	10,4108544	10,59257477	11,5622422
	13,3718829	12,4727222	15,9046204	12,1100659	11,54865125	13,0815885
	15,8633814	12,9185161	16,8592985	12,4804617	13,1742052	14,2591726
	17,2495994	15,1854892	17,6498916	15,0755481	16,17691305	16,2674883
	21,0757212	18,1726887	19,0478102	18,42137	19,97029544	19,3375771
	21,1742272	21,4632385	20,0373329	18,5376232	22,80490739	20,8034658
	21,4813476	23,6974048	21,9420127	23,6472906	24,10791295	22,9751937
	22,4711882	24,2747603	22,9218537	23,8066611	24,51629737	23,5981521
	22,7502711	24,6680994	23,367601	24,9884591	25,36284179	24,2274545
	24,0525893	28,3697202	23,5518446	30,6480142	31,60966804	27,6463673
	24,1569651	29,5415346	24,4301308	32,0614977	33,04833012	28,6476917
	34,7996795	37,6063585	31,2424753	39,0565508	37,47694652	36,0364021

3. HARINA A GRANDEL

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se realizó el análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo (ANOVA), para determinar si existe o no existe diferencia significativa entre los valores de $f(x)\%$ entre los tipos de harina (preparada, sin preparar y a granel) y los distritos (Callao, San Juan de Lurigancho, Comas, San Martín de Porres, Villa el Salvador).

Según lo detallado en el Anexo 5, no existe diferencia significativa de los valores de $f(x)\%$ entre los tiempos de harina y los distritos, por lo que se realiza un promedio de valores de $f(x)\%$: fracción porcentual retenida para cada tipo de harina (véase Cuadro 5.9 en la página 62) y así obtener una data de mercado general para determinar a partir de ésta las funciones de distribución Normal y Log normal.

Cuadro 5.9

Valores de $f(x)\%$ del mercado general por cada tipo de harina

	Harina preparada	Harina sin preparar	Harina a granel
f(x)%	0,10352271	0,117522546	0,27012078
	0,109920401	0,137065302	0,389042649
	0,135490803	0,160972843	0,516675109
	2,028665783	0,880301822	0,675249519
	2,596615404	1,679499206	1,191575254
	3,752184266	2,178150705	1,717929559
	4,363232298	3,090026059	2,241560962
	5,298440352	3,982935843	4,89860424
	6,218317219	4,418791504	5,752082471
	6,805899316	6,039687345	7,103019271
	7,981762982	6,949348145	7,921823442
	9,603328324	7,977969857	8,879520817
	11,26894328	9,312881358	11,5622422
	13,05743726	10,71599561	13,08158854
	14,09953317	12,89538933	14,25917259
	16,46882921	15,22311992	16,26748826
	17,45325813	18,47202979	19,33757711
	18,50697609	20,58562551	20,80346585
	22,13928102	22,65895741	22,97519373
	23,8955581	24,26031372	23,59815211
25,52978109	27,1092865	24,22745447	
27,97033782	29,90431586	27,64636726	
29,31822527	32,12151928	28,64769167	
31,2944597	39,12829453	36,03640213	

Fuente: Elaboración propia (2021)

5.1.2. Funciones de distribución

5.1.2.1. Función Rosin Rammler

a) Harina preparada

A partir del mercado general de valores de F(x)% de la harina preparada (véase Cuadro 5.7 en la página 59), se calculó los datos de F(x)% calculado, Diferencia y Residuo.

El F(x)% calculado se obtuvo a través de la herramienta Solver utilizando Microsoft Excel, también con el uso de esta herramienta se calculó los

parámetros de la función de distribución Rosin Rammler (m y X_r). Una vez obtenido el F(x)% calculado, se procedió a calcular la Diferencia y Residuo para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Rosin Rammler.

Cuadro 5.10

Calculo de R^2 de la harina preparada a través de la herramienta solver para la función Rosin Rammler

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	F(x) %	F(x)% calculado	Diferencia	Residuo
1	70M	212	99.8836887	99.99999125	0.013526284	0.116302555
2	100M	150	96.1091619	96.09931013	9.7058E-05	0.009851802
3	120M	125	75.2593335	75.0330861	0.051187892	0.226247414
4	140M	106	47.0368967	47.47067582	0.188164349	0.433779147
5	170M	90	26.0999449	25.95031109	0.022390286	0.149633838
6	200M	75	12.5491309	12.05949671	0.239741671	0.489634222
7	230M	63	5.14414509	5.545140781	0.160797541	0.400995688
8	Ciego					

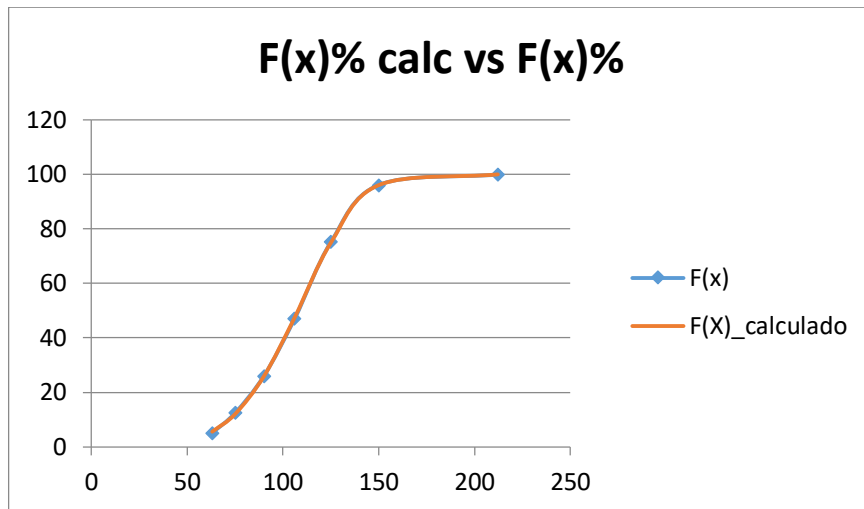
Fuente: Elaboración propia (2021)

$$S_{exp}^2 = VAR.S(F(x)\% \text{ calculado})$$

$$S_{residuo}^2 = VAR.S(Residuo)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S_{exp}^2}{S_{residuo}^2}$$

Haciendo uso de la herramienta Solver de Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: m = 4.657832117 (Medida de la dispersión de los tamaños de partícula.), X_r = 116.5106784 (Constante que proporciona una medida del rango de los tamaños de partícula presentes) y R^2 = 0.999978393.



Gráfica 5.16: Curva $F(x)\%$ calculado vs $F(x)\%$ de la función Rosin Rammler para la harina preparada.

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Rosin Rammler para la harina preparada. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2= 0.999978393$ (Véase Gráfica 5.16).

b) Harina sin preparar

A partir del mercado general de valores de $F(x)\%$ de la harina sin preparar (véase Cuadro 5.7 en la página 59), se calculó los datos de $F(x)\%$ calculado, Diferencia y Residuo.

El $F(x)\%$ calculado se obtuvo a través de la herramienta Solver utilizando Microsoft Excel, también con el uso de esta herramienta se calculó los parámetros de la función de distribución Rosin Rammler (m y X_r). Una vez obtenido el $F(x)\%$ calculado, se procedió a calcular la Diferencia y Residuo para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Rosin Rammler.

Cuadro 5.11

Calculo de R² de la harina preparada a través de la herramienta solver para la función Rosin Rammler

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	F(x)%	F(x)% calculado	Diferencia	Residuo
1	70M	212	99.8614798	99.99999099	0.019185358	0.13851122
2	100M	150	93.4910082	93.27156482	0.048155377	0.219443335
3	120M	125	64.6864572	64.9616977	0.075757332	0.275240498
4	140M	106	36.1147872	35.98814566	0.01603807	0.126641504
5	170M	90	17.5939401	17.38584989	0.043301516	0.208090162
6	200M	75	7.50264598	7.152874567	0.122340044	0.349771416
7	230M	63	1.87009987	2.960843398	1.189721446	1.090743529
8	Ciego					

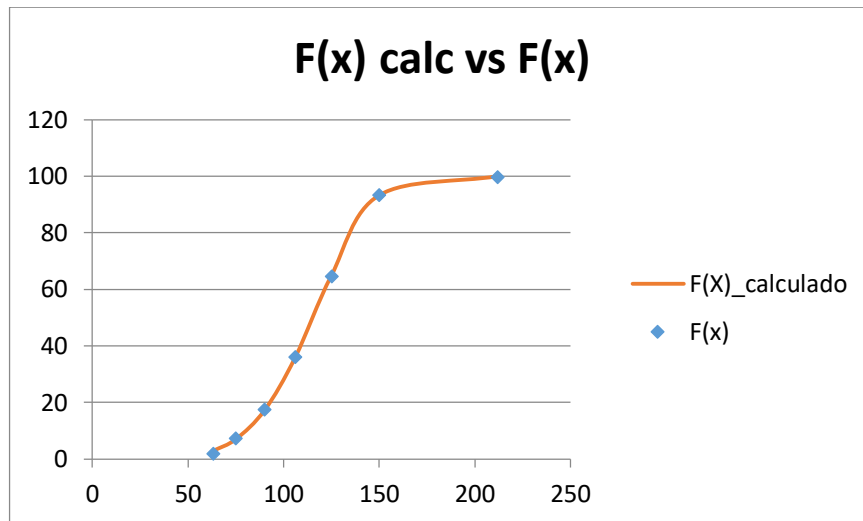
Fuente: Elaboración propia (2021)

$$S_{exp}^2 = VAR.S(F(x)\% \text{ calculado})$$

$$S_{residuo}^2 = VAR.S(Residuo)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S_{exp}^2}{S_{residuo}^2}$$

Haciendo uso de la herramienta Solver de Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: $m = 5.184461517$ (Medida de la dispersión de los tamaños de partícula.), $X_r = 123.858109330$ (Constante que proporciona una medida del rango de los tamaños de partícula presentes) y $R^2 = 0.999930298$.



Gráfica 5.17: Curva de F(x)% calculado vs F(x)% de la función Rosin Rammler para la harina sin preparar

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Rosin Rammler para la harina sin preparar. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2 = 0.999930298$ (Véase Gráfica 5.17).

c) Harina a granel

A partir del mercado general de valores de F(x)% de la harina a granel (Véase Cuadro N° 5.7 en la página 59), se calculó los datos de F(x)% calculado, Diferencia y Residuo.

El F(x)% calculado se obtuvo a través de la herramienta Solver utilizando Microsoft Excel, también con el uso de esta herramienta se calculó los parámetros de la función de distribución Rosin Rammler (m y X_r). Una vez obtenido el F(x)% calculado, se procedió a calcular la Diferencia y Residuo para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Rosin Rammler.

Cuadro 5.12

Calculo de R² de la harina a granel a través de la herramienta solver para la función Rosin Rammler

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	F(x)%	F(x)% calculado	Diferencia	Residuo
1	70M	212	99.3424923	99.99966173	0.431871669	0.657169437
2	100M	150	88.3168866	90.11677863	3.239611476	1.799892073
3	120M	125	62.0653452	61.23328351	0.692326707	0.832061721
4	140M	106	35.9400959	34.46668975	2.170925694	1.473406154
5	170M	90	16.4397667	17.27332515	0.694819767	0.833558497
6	200M	75	6.03493717	7.470588668	2.061095227	1.435651499
7	230M	63	1.1205615	3.251613406	4.541382245	2.13105191
8	Ciego					

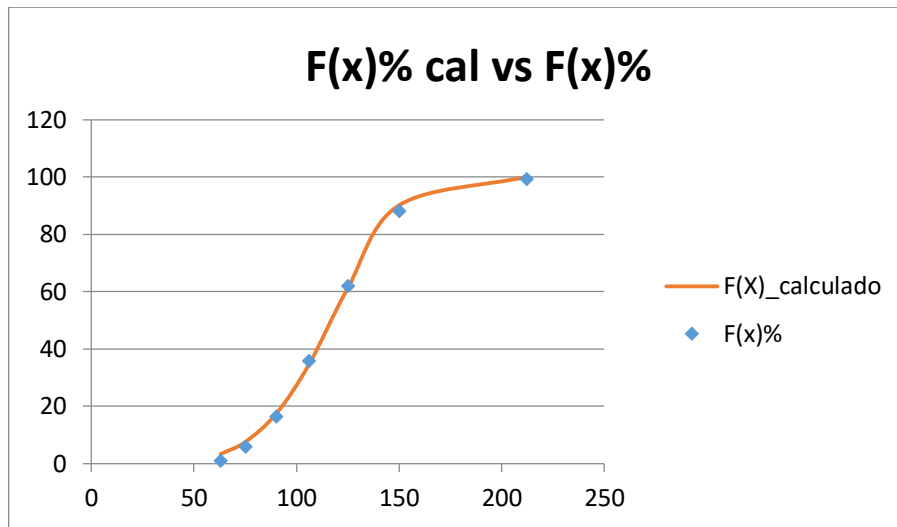
Fuente: Elaboración propia (2021)

$$S_{exp}^2 = VAR.S(F(x)\% \text{ calculado})$$

$$S_{residuo}^2 = VAR.S(Residuo)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S_{exp}^2}{S_{residuo}^2}$$

Haciendo uso de la herramienta Solver de Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: $m = 4.897584229$ (Medida de la dispersión de los tamaños de partícula.), $X_r = 126.381062675$ (Constante que proporciona una medida del rango de los tamaños de partícula presentes) y $R^2 = 0.999805633$.



Gráfica 5.18: Curva de F(x)% calculado vs F(x)% de la función Rosin Rammler para la harina a granel

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Rosin Rammler para la harina a granel. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2 = 0.999805633$ (Véase Gráfica 5.18).

5.1.2.2. Gates-Gaudin-Schuhmann (GGS)

a) Harina preparada

A partir del mercado general de valores de F(x)% de la harina preparada (véase Cuadro 5.7, en la página 59), se calculó los datos de F(x)% calculado, Diferencia y Residuo.

El F(x)% calculado se obtuvo a través de la herramienta Solver utilizando Microsoft Excel, también con el uso de esta herramienta se calculó los parámetros de la función de distribución Gates-Gaudin-Schuhmann (m y k). Una vez obtenido el F(x)% calculado, se procedió a calcular la Diferencia y Residuo para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Gates-Gaudin-Schuhmann.

Cuadro 5.13

Calculo de R^2 de la harina preparada a través de la herramienta solver para la función Gates Gaudin Schuhmann

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	F(x) %	F(x)% calculado	Diferencia	Residuo
1	70M	212	99.8836887	114.8343742	223.5229978	14.95068553
2	100M	150	96.1091619	71.94900293	583.713283	24.160159
3	120M	125	75.2593335	56.23617578	361.8805304	19.02315774
4	140M	106	47.0368967	45.00355293	4.134486759	2.033343739
5	170M	90	26.0999449	36.07519386	99.50559135	9.975248937
6	200M	75	12.5491309	28.19679024	244.8492416	15.6476593
7	230M	63	5.14414509	22.27754799	293.5534947	17.13340289
8	Ciego					

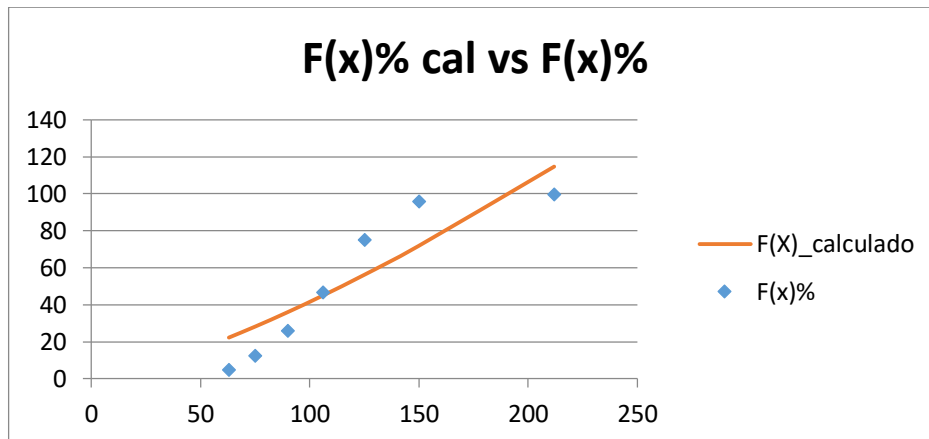
Fuente: Elaboración propia (2021)

$$S_{exp}^2 = VAR.S(F(x)\% \text{ calculado})$$

$$S_{residuo}^2 = VAR.S(Residuo)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S_{exp}^2}{S_{residuo}^2}$$

Haciendo uso de la herramienta Solver de Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: $m = 1.351443751$ (Parámetro de ajuste también conocido como módulo de distribución.), $k = 191.375213506$ (Tamaño máximo de partícula en la distribución (también llamado módulo de tamaño) y $R^2 = 0.967718754$.



Gráfica 5.19: Curva F(x)% calculado vs F(x)% de la función Gates Gaudin Schuhmann para la harina preparada

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Gates Gaudin Schuhmann para la harina preparada. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2= 0.967718754$ (Véase Gráfica 5.19).

b) Harina sin preparar

A partir del mercado general de valores de F(x)% de la harina sin preparar (véase Cuadro 5.7, en la página 59), se calculó los datos de F(x)% calculado, Diferencia y Residuo.

El F(x)% calculado se obtuvo a través de la herramienta Solver utilizando Microsoft Excel, también con el uso de esta herramienta se calculó los parámetros de la función de distribución Gates Gaudin Schuhmann (m y k). Una vez obtenido el F(x)% calculado, se procedió a calcular la Diferencia y Residuo para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Gates Gaudin Schuhmann.

Cuadro 5.14

Calculo de R² de la harina sin preparar a través de la herramienta solver para la función Gates Gaudin Schuhmann

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	F(x)%	F(X)% calculado	Diferencia	residuo
1	70M	212	99.8614798	113.3557925	182.096477	13.49431275
2	100M	150	93.4910082	65.99319481	756.129739	27.49781335
3	120M	125	64.6864572	49.62262196	226.919132	15.06383524
4	140M	106	36.1147872	38.34501639	4.9739224	2.230229225
5	170M	90	17.5939401	29.68819606	146.271028	12.09425601
6	200M	75	7.50264598	22.32360676	219.660878	14.82096078
7	230M	63	1.87009987	16.99637541	228.804212	15.12627554
8	Ciego					

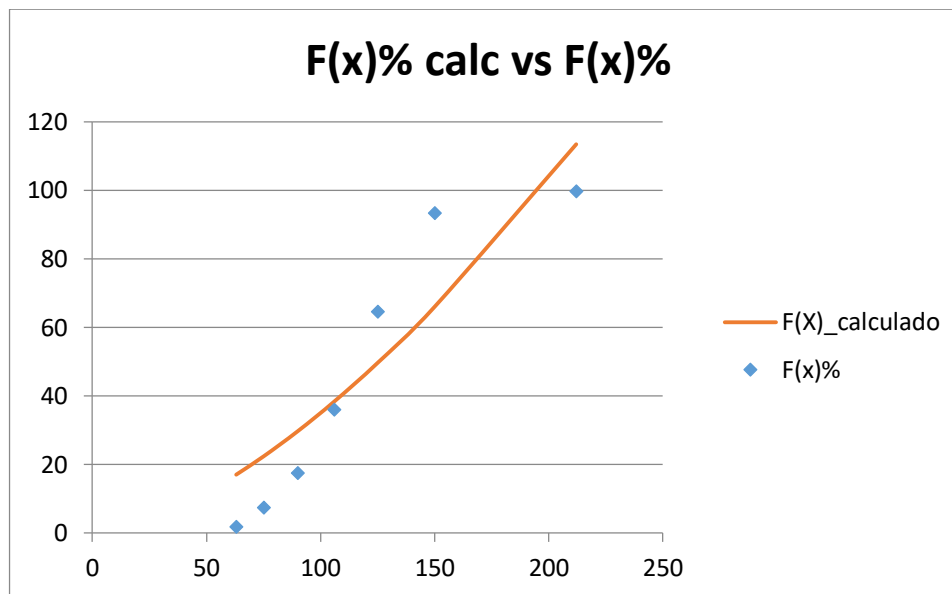
Fuente: Elaboración propia (2021)

$$S_{exp}^2 = VAR.S(F(x)\% \text{ calculado})$$

$$S_{residuo}^2 = VAR.S(Residuo)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S_{exp}^2}{S_{residuo}^2}$$

Haciendo uso de la herramienta Solver de Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: m = 1.563747124 (Parámetro de ajuste también conocido como módulo de distribución.), k = 195.667938983 (Tamaño máximo de partícula en la distribución (también llamado módulo de tamaño) y R² = 0.966776618.



Gráfica 5.20: Curva F(x)% calculado vs F(x) % de la función Gates Gaudin Schuhmann para la harina sin preparar

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución Gates Gaudin Schuhmann para la harina sin preparar. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2 = 0.966776618$ (Véase Gráfica 5.20).

c) Harina a granel

A partir del mercado general de valores de F(x)% de la harina a granel (véase Cuadro 5.7, en la página 59), se calculó los datos de F(x)% calculado, Diferencia y Residuo.

El F(x)% calculado se obtuvo a través de la herramienta Solver utilizando Microsoft Excel, también con el uso de esta herramienta se calculó los parámetros de la función de distribución Gates Gaudin Schuhmann (m y k). Una vez obtenido el F(x)% calculado, se procedió a calcular la Diferencia y Residuo para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Gates Gaudin Schuhmann.

Cuadro 5.15

Calculo de R^2 de la harina a granel a través de la herramienta solver para la función Gates Gaudin Schuhmann

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	F(x) %	F(x)% calculado	Diferencia	Residuo
1	70M	212	99.3424923	111.4779426	147.2691542	12.13545031
2	100M	150	88.3168866	63.89449687	596.4531179	24.42238968
3	120M	125	62.0653452	47.65081743	207.7786115	14.41452779
4	140M	106	35.9400959	36.54836011	0.369985343	0.608264205
5	170M	90	16.4397667	28.08894998	135.703472	11.64918332
6	200M	75	6.03493717	20.94799228	222.3992127	14.91305511
7	230M	63	1.1205615	15.82402227	216.1917588	14.70346078
8	Ciego					

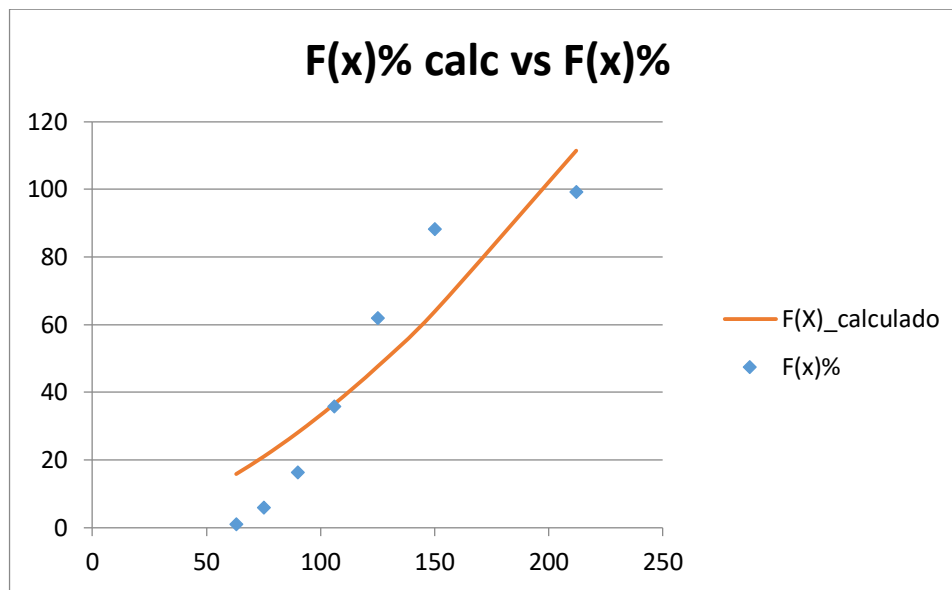
Fuente: Elaboración propia (2021)

$$S_{exp}^2 = VAR.S(F(x)\% \text{ calculado})$$

$$S_{residuo}^2 = VAR.S(Residuo)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S_{exp}^2}{S_{residuo}^2}$$

Haciendo uso de la herramienta Solver de Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: $m = 1.608879702$ (Parámetro de ajuste también conocido como módulo de distribución.), $k = 198.155234001$ (Tamaño máximo de partícula en la distribución (también llamado módulo de tamaño) y $R^2 = 0.968842090$.



Gráfica 5.21: Curva F(x)% calculado vs F(x)% de la función Gates Gaudin Schuhmann para la harina a granel

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Gates Gaudin Schuhmann para la harina a granel. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2= 0.968842090$ (Véase Gráfica 5.21).

5.1.2.3. Gaudin Meloy Modificada

a) Harina preparada

A partir del mercado general de valores de F(x)% de la harina preparada (véase Cuadro 5.7, en la página 59), se calculó los datos de f(x)% calculado, Diferencia y Residuo.

El f(x)% calculado se obtuvo a través de la herramienta Solver utilizando Microsoft Excel, también con el uso de esta herramienta se calculó los parámetros de la función de distribución Gaudin Meloy Modificada (x_0 , r y m). Una vez obtenido el f(x)% calculado, se procedió a calcular la Diferencia

y Residuo para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Gaudin Meloy Modificada.

Cuadro 5.16

Calculo de R^2 de la harina preparada a través de la herramienta solver para la función Gaudin Meloy modificada

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	F(x)%	f(x)%	f(x)% calculado	Diferencia	Residuo
1	70M	212	99.8836887	0.99883689	1	1.35283E-06	-0.001163113
2	100M	150	96.1091619	0.96109162	0.967230418	3.76849E-05	-0.006138799
3	120M	125	75.2593335	0.75259334	0.743289239	8.65662E-05	0.009304096
4	140M	106	47.0368967	0.47036897	0.477609554	5.24261E-05	-0.007240587
5	170M	90	26.0999449	0.26099945	0.264395367	1.15323E-05	-0.003395918
6	200M	75	12.5491309	0.12549131	0.118976828	4.24385E-05	0.006514481
7	230M	63	5.14414509	0.05144145	0.049794098	2.71377E-06	0.001647353
8	Ciego						

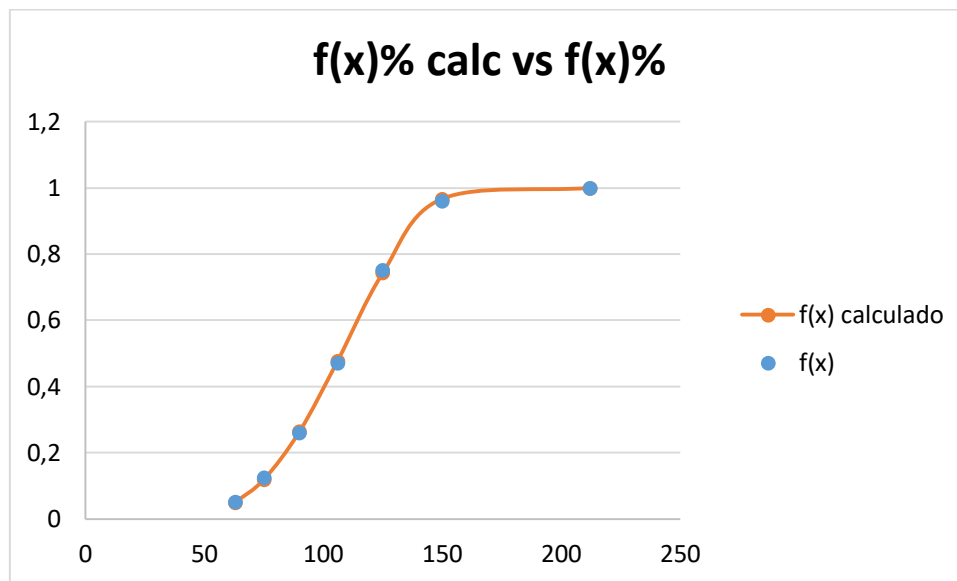
Fuente: Elaboración propia (2021)

$$S_{exp}^2 = VAR.S(f(x)\% \text{ calculado})$$

$$S_{residuo}^2 = VAR.S(Residuo)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S_{exp}^2}{S_{residuo}^2}$$

Haciendo uso de la herramienta Solver de Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: $x_0 = 166.332111338$ (Parámetro relacionado con el tamaño máximo de partícula), $r = 2.336080061$ (Relación x_0 al módulo de tamaño), $m = 7.522086613$ (Parámetro de distribución) y $R^2 = 0.999745635$.



Gráfica 5.22: Curva $f(x)\%$ calculado vs $f(x)\%$ de la función Gaudin Meloy modificada para la harina preparada

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Gaudin Meloy Modificada para la harina preparada. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2= 0.999745635$ (Véase Gráfica 5.22).

b) Harina sin preparar

A partir del mercado general de valores de $F(x)\%$ de la harina sin preparar (véase Cuadro 5.7, en la página 59), se calculó los datos de $f(x)\%$ calculado, Diferencia y Residuo.

El $f(x)\%$ calculado se obtuvo a través de la herramienta Solver utilizando Microsoft Excel, también con el uso de esta herramienta se calculó los parámetros de la función de distribución Gaudin Meloy Modificada (x_0 , r y m). Una vez obtenido el $f(x)\%$ calculado, se procedió a calcular la Diferencia y Residuo para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Gaudin Meloy Modificada.

Cuadro 5.17

Calculo de R² de la harina sin preparar a través de la herramienta solver para la función Gaudin Meloy modificada

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	F(x)%	f(x)%	f(x)% calculado	Diferencia	Residuo
1	70M	212	99.8614798	0.998614798	1	1.9188E-06	-0.0013852
2	100M	150	93.4910082	0.934910082	0.93612332	1.4719E-06	-0.00121324
3	120M	125	64.6864572	0.646864572	0.643934748	8.5839E-06	0.00292982
4	140M	106	36.1147872	0.361147872	0.364851723	1.3719E-05	-0.00370385
5	170M	90	17.5939401	0.175939401	0.176470551	2.8212E-07	-0.00053115
6	200M	75	7.50264598	0.07502646	0.067955335	5.0001E-05	0.00707112
7	230M	63	1.87009987	0.018700999	0.024445779	3.3003E-05	-0.00574478
8	Ciego						

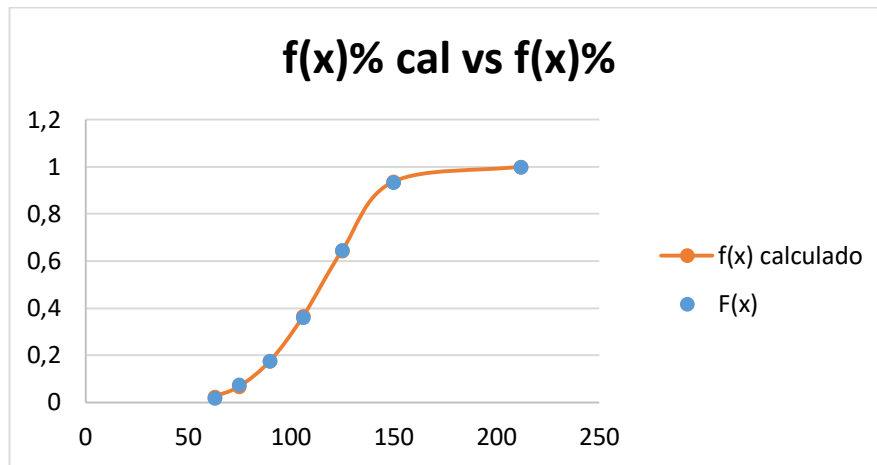
Fuente: Elaboración propia (2021)

$$S_{exp}^2 = VAR.S(f(x)\% \text{ calculado})$$

$$S_{residuo}^2 = VAR.S(Residuo)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S_{exp}^2}{S_{residuo}^2}$$

Haciendo uso de la opción de Solver de Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: $x_0 = 168.547316929$ (Parámetro relacionado con el tamaño máximo de partícula), $r = 2.196965652$ (Relación x_0 al módulo de tamaño), $m = 8.385911178$ (Parámetro de distribución) y $R^2 = 0.999890210$.



Gráfica 5.23: Curva $f(x)\%$ calculado vs $f(x)\%$ de la función Gaudin Meloy modificada para la harina sin preparar

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Gaudin Meloy Modificada para la harina sin preparar. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2= 0.999890210$ (Véase Gráfica 5.23).

c) Harina a granel

A partir del mercado general de valores de $F(x)\%$ para la harina a granel (véase Cuadro 5.7, en la página 59), se calculó los datos de $f(x)\%$ calculado, Diferencia y Residuo.

El $f(x)$ calculado se obtuvo a través de la herramienta Solver utilizando Microsoft Excel, también con el uso de esta herramienta se calculó los parámetros de la función de distribución Gaudin Meloy Modificada (x_0 , r y m). Una vez obtenido el $f(x)\%$ calculado, se procedió a calcular la Diferencia y Residuo para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Gaudin Meloy Modificada.

Cuadro 5.18

Calculo de R² de la harina a granel a través de la herramienta solver para la función Gaudin Meloy modificada

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	F(x)%	f(x)	f(x) calculado	Diferencia	Residuo
1	70M	212	99.34249229	0.99342492	1	4.3232E-05	-0.00657508
2	100M	150	88.31688656	0.88316887	0.882617101	3.0444E-07	0.00055176
3	120M	125	62.06534523	0.62065345	0.621874396	1.4907E-06	-0.00122094
4	140M	106	35.94009591	0.35940096	0.357746441	2.7374E-06	0.00165452
5	170M	90	16.43976666	0.16439767	0.166401298	4.0145E-06	-0.00200363
6	200M	75	6.034937169	0.06034937	0.056375377	1.5793E-05	0.00397399
7	230M	63	1.120561496	0.01120561	0.016457558	2.7583E-05	-0.00525194
8	Ciego						

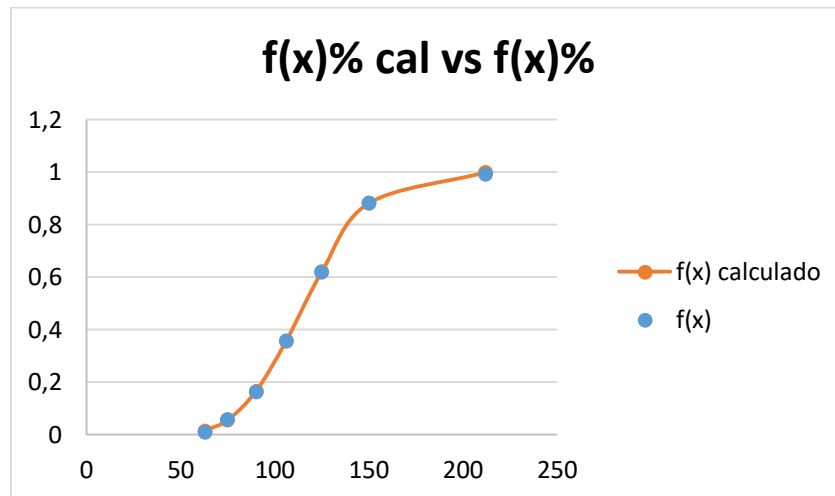
Fuente: Elaboración propia (2021)

$$S_{exp}^2 = VAR.S(f(x)\% \text{ calculado})$$

$$S_{residuo}^2 = VAR.S(Residuo)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S_{exp}^2}{S_{residuo}^2}$$

Haciendo uso de la opción de Solver de Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: $x_0 = 204.453342872$ (Parámetro relacionado con el tamaño máximo de partícula), $r = 3.500147724$ (Relación x_0 al módulo de tamaño), $m = 12.746468133$ (Parámetro de distribución) y $R^2 = 0.999911275$.



Gráfica 5.24: Curva $f(x)\%$ calculado vs $f(x)\%$ de la función Gaudin Meloy modificada para la harina a granel

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Gaudin Meloy Modificada para la harina a granel. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste da datos que se ve reflejado en el valor de $R^2= 0.999911275$ (Véase Gráfica 5.24).

5.1.2.4. Función Normal

a) Harina preparada

A partir del mercado general de valores de $f(x)\%$ de la harina preparada (véase Cuadro 5.9, en la página 62), se calculó los datos de función densidad, función distribución y Diferencia.

La función densidad y función distribución se obtuvieron a través de las herramientas de funciones de Microsoft Excel. Una vez obtenido las funciones descritas, se procedió a calcular la Diferencia para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Normal.

Cuadro 5.19

Calculo de R² de la harina preparada a través de la herramienta Microsoft Excel para la función normal

Ordenando la distribución		f(x)%	Func_densidad	Func_Distribución	Distribuc_teorica	Diferencia
1	70M	0,10352271	0,018527037	0,10813987	0,04	0,06813987
2	70M	0,1099204	0,018541657	0,108258447	0,08	0,02825845
3	70M	0,1354908	0,018600133	0,108733312	0,12	0,01126669
4	100M	2,02866578	0,023062942	0,148136616	0,16	0,01186338
5	100M	2,5966154	0,024429488	0,161623153	0,2	0,03837685
6	100M	3,75218427	0,02719423	0,191455001	0,24	0,048545
7	120M	4,3632323	0,028626363	0,20851107	0,28	0,07148893
8	120M	5,29844035	0,03074369	0,236281101	0,32	0,0837189
9	120M	6,21831722	0,032700259	0,265472631	0,36	0,09452737
10	140M	6,80589932	0,033865177	0,285032561	0,4	0,11496744
11	140M	7,98176298	0,035949763	0,326113854	0,44	0,11388615
12	140M	9,60332832	0,038165599	0,386318524	0,48	0,09368148
13	170M	11,2689433	0,039493464	0,451136215	0,52	0,06886378
14	170M	13,0574373	0,039730862	0,5221703	0,56	0,0378297
15	170M	14,0995332	0,039289086	0,563380143	0,6	0,03661986
16	200M	16,4688292	0,036793376	0,653899216	0,64	0,01389922
17	200M	17,4532581	0,035220423	0,6893683	0,68	0,0093683
18	200M	18,5069761	0,033254023	0,725467974	0,72	0,00546797
19	230M	22,139281	0,025064831	0,831841015	0,76	0,07184101
20	230M	23,8955581	0,020857073	0,872156635	0,8	0,07215663
21	230M	25,5297811	0,017100867	0,903139495	0,84	0,06313949
22	Ciego	27,9703378	0,012099	0,938594572	0,88	0,05859457
23	Ciego	29,3182253	0,009743753	0,953280219	0,92	0,03328022
24	Ciego	31,2944597	0,006865623	0,969579224	0,96	0,00957922

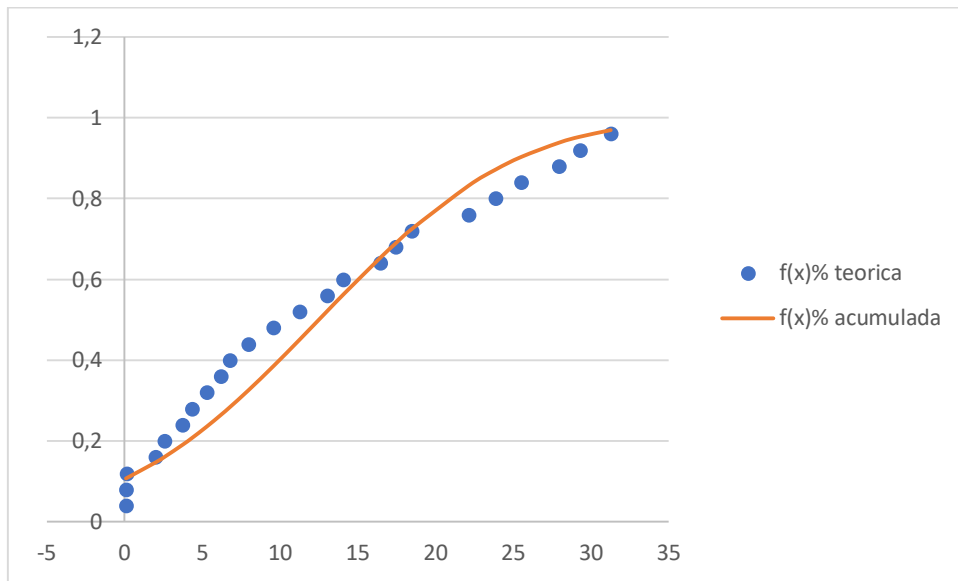
Fuente: Elaboración propia (2021)

$$S exp^2 = VAR.S(Diferencia)$$

$$S residuo^2 = VAR.S(func_distribución)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S exp^2}{S residuo^2}$$

Haciendo uso de la opción de las herramientas de las funciones Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: $x_{\delta} = 12.5$ (Media geométrica de la distribución), $\sigma_{\delta} = 10.0256$ (Desviación estándar geométrica de x) y $R^2 = 0,988227309$.



Gráfica 5.25: Curva $f(x)\%$ acumulada vs $f(x)\%$ de la función normal para la harina preparada

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Normal para la harina preparada. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2= 0,988227309$ (Véase Gráfica 5.25).

b) Harina sin preparar

A partir del mercado general de valores de $f(x)\%$ de la harina sin preparar (véase Cuadro 5.9, en la página 62), se calculó los datos de función densidad, función distribución y Diferencia.

La función densidad y función distribución se obtuvieron a través de las herramientas de funciones de Microsoft Excel. Una vez obtenido las funciones descritas, se procedió a calcular la Diferencia para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Normal.

Cuadro 5.20

Calculo de R² de la harina sin preparar a través de la herramienta Microsoft Excel para la función normal

Ordenando la distribución		f(X)%	Func_densidad	Func_Distribución	Distribuc_teorica	Diferencia
1	70M	0,11752255	0,01946118	0,1434829	0,04	0,1034829
2	70M	0,1370653	0,01949601	0,14386356	0,08	0,06386356
3	70M	0,16097284	0,01953862	0,14433017	0,12	0,02433017
4	100M	0,88030182	0,02082417	0,15884696	0,16	0,00115304
5	100M	1,67949921	0,02225181	0,17606053	0,2	0,02393947
6	100M	2,1781507	0,02313632	0,18737726	0,24	0,05262274
7	120M	3,09002606	0,02472785	0,20920347	0,28	0,07079653
8	120M	3,98293584	0,02623553	0,23196086	0,32	0,08803914
9	120M	4,4187915	0,02694676	0,24355142	0,36	0,11644858
10	120M	6,03968734	0,02940048	0,28926299	0,4	0,11073701
11	120M	6,94934814	0,03061248	0,31656892	0,44	0,12343108
12	120M	7,97796986	0,03180795	0,34868944	0,48	0,13131056
13	120M	9,31288136	0,03304155	0,39201594	0,52	0,12798406
14	120M	10,7159956	0,03390475	0,43903702	0,56	0,12096298
15	120M	12,8953893	0,03428626	0,51356165	0,6	0,08643835
16	120M	15,2231199	0,03337828	0,59257279	0,64	0,04742721
17	120M	18,4720298	0,03006783	0,69621681	0,68	0,01621681
18	120M	20,5856255	0,02693964	0,75656758	0,72	0,03656758
19	120M	22,6589574	0,02342347	0,80883062	0,76	0,04883062
20	120M	24,2603137	0,02057258	0,84406356	0,8	0,04406356
21	120M	27,1092865	0,01558314	0,89549467	0,84	0,05549467
22	120M	29,9043159	0,01119373	0,93275683	0,88	0,05275683
23	120M	32,1215193	0,00826329	0,95422769	0,92	0,03422769
24	120M	39,1282945	0,0024934	0,9889846	0,96	0,0289846

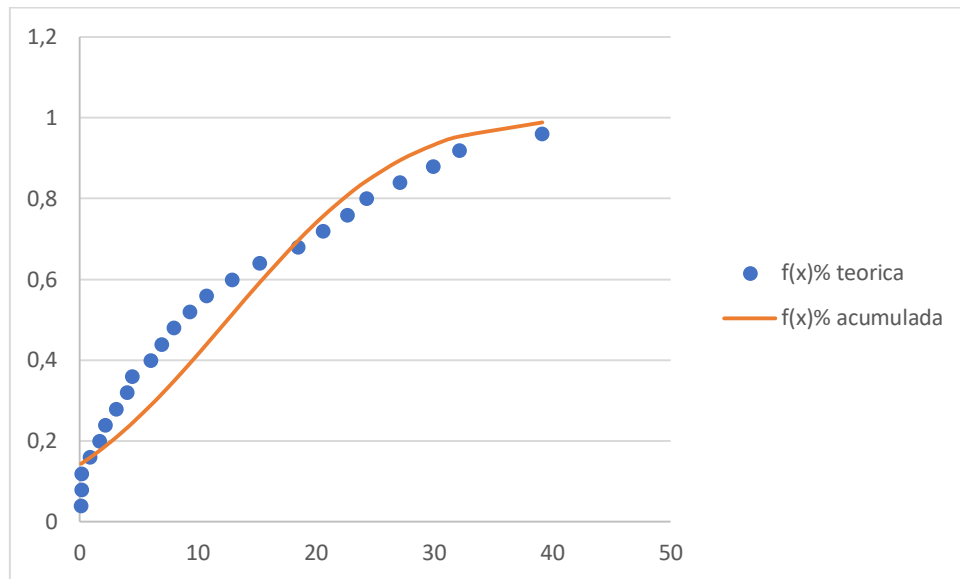
Fuente: Elaboración propia (2021)

$$S_{exp}^2 = VAR.S(Diferencia)$$

$$S_{residuo}^2 = VAR.S(func_distribución)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S_{exp}^2}{S_{residuo}^2}$$

Haciendo uso de la opción de las herramientas de las funciones Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: $x_{\delta} = 12.5$ (Media geométrica de la distribución), $\sigma_{\delta} = 11.6289$ (Desviación estándar geométrica de x) y $R^2 = 0,983031484$.



Gráfica 5.26: Curva f(x)% acumulada vs f(x)% de la función normal para la harina sin preparar

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Normal para la harina sin preparar. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2 = 0,983031484$ (Véase Gráfica 5.26).

c) Harina a granel

A partir del mercado general de valores de f(x)% de la harina a granel (véase Cuadro 5.9, en la página 62), se calculó los datos de función densidad, función distribución y Diferencia.

La función densidad y función distribución se obtuvieron a través de las herramientas de funciones de Microsoft Excel. Una vez obtenido las funciones descritas, se procedió a calcular la Diferencia para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Normal.

Cuadro 5.21

Calculo de R² de la harina a granel a través de la herramienta Microsoft Excel para la función normal

Ordenando la distribución		f(X)%	Func_densidad	Func_Distribución	Distribuc_teorica	Diferencia
1	70M	0,27012078	0,019414251	0,127020124	0,04	0,08702012
2	70M	0,38904265	0,019660196	0,12934352	0,08	0,04934352
3	70M	0,51667511	0,019924898	0,131869683	0,12	0,01186968
4	100M	0,67524952	0,020254742	0,135055401	0,16	0,0249446
5	100M	1,19157525	0,021334682	0,145791907	0,2	0,05420809
6	100M	1,71792956	0,02244126	0,157312594	0,24	0,08268741
7	120M	2,24156096	0,023542699	0,169352006	0,28	0,11064799
8	120M	4,89860424	0,028939078	0,239185131	0,32	0,08081487
9	120M	5,75208247	0,030522185	0,264566979	0,36	0,09543302
10	140M	7,10301927	0,032779626	0,307363798	0,4	0,0926362
11	140M	7,92182344	0,033964917	0,334699561	0,44	0,10530044
12	140M	8,87952082	0,035144757	0,367811429	0,48	0,11218857
13	170M	11,5622422	0,037064388	0,465153827	0,52	0,05484617
14	170M	13,0815885	0,037151719	0,521628216	0,56	0,03837178
15	170M	14,2591726	0,036709015	0,565160043	0,6	0,03483996
16	200M	16,2674883	0,034979146	0,637343067	0,64	0,00265693
17	200M	19,3375771	0,030360927	0,738162408	0,68	0,05816241
18	200M	20,8034658	0,027567318	0,780653784	0,72	0,06065378
19	230M	22,9751937	0,023087032	0,835701612	0,76	0,07570161
20	230M	23,5981521	0,021776341	0,849675572	0,8	0,04967557
21	230M	24,2274545	0,020457606	0,862964027	0,84	0,02296403
22	Ciego	27,6463673	0,013718915	0,921111869	0,88	0,04111187
23	Ciego	28,6476917	0,011971139	0,933963374	0,92	0,01396337
24	Ciego	36,0364021	0,003344515	0,985920602	0,96	0,0259206

Fuente: Elaboración propia (2021)

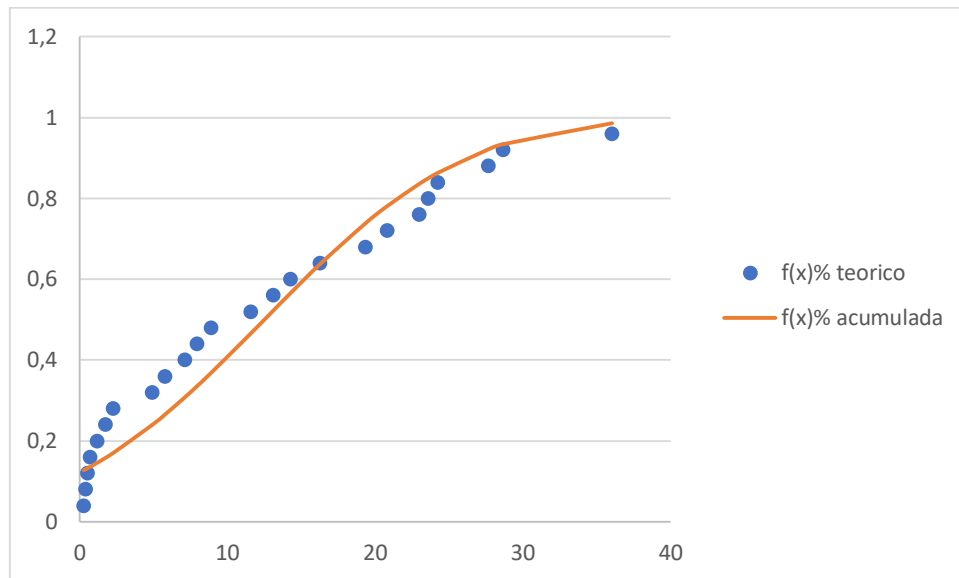
$$S_{exp}^2 = VAR.S(Diferencia)$$

$$S_{residuo}^2 = VAR.S(func_distribución)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S_{exp}^2}{S_{residuo}^2}$$

Haciendo uso de la opción de las herramientas de las funciones Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: $x_{\delta} = 12.5$ (Media

geométrica de la distribución), $\sigma_\delta = 10.7224$ (Desviación estándar geométrica de x) y $R^2 = 0,988902940$.



Gráfica 5.27: Curva f(x)% acumulada vs f(x)% de la función normal para la harina a granel

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Normal para la harina a granel. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2 = 0,988902940$ (Véase Gráfica 5.27).

5.1.2.5. Función Log Normal

a) Harina preparada

A partir del mercado general de valores de f(x)% de la harina preparada (véase Cuadro 5.9, en la página 62), se calculó los datos de $\ln f(x)\%$, función densidad, función distribución y Diferencia.

La función densidad y función distribución se obtuvieron a través de las herramientas de funciones de Microsoft Excel. Una vez obtenido las funciones descritas, se procedió a calcular la Diferencia para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Log Normal.

Cuadro 5.22

Calculo de R² de la harina preparada a través de la herramienta Microsoft Excel para la función log normal

Ordenando la distribución		f(X)%	Ln (f(X)%)	Func_densidad	Func_Distribución	Distribuc _teorica	Diferencia
1	70M	0,10352271	-2,267964272	0,008692455	0,008692455	0,04	0,03130755
2	70M	0,1099204	-2,2079988	0,009550547	0,009550547	0,08	0,07044945
3	70M	0,1354908	-1,998851513	0,01314893	0,01314893	0,12	0,10685107
4	100M	2,02866578	0,707378327	0,259077008	0,259077008	0,16	0,09907701
5	100M	2,5966154	0,954208829	0,307662627	0,307662627	0,2	0,10766263
6	100M	3,75218427	1,322338141	0,38661272	0,38661272	0,24	0,14661272
7	120M	4,3632323	1,473213135	0,42061606	0,42061606	0,28	0,14061606
8	120M	5,29844035	1,667412504	0,465235167	0,465235167	0,32	0,14523517
9	120M	6,21831722	1,827499327	0,502374043	0,502374043	0,36	0,14237404
10	140M	6,80589932	1,917789783	0,5233323	0,5233323	0,4	0,1233323
11	140M	7,98176298	2,077159312	0,560132495	0,560132495	0,44	0,12013249
12	140M	9,60332832	2,262109739	0,602176567	0,602176567	0,48	0,12217657
13	170M	11,2689433	2,42205056	0,63761983	0,63761983	0,52	0,11761983
14	170M	13,0574373	2,569357876	0,669258845	0,669258845	0,56	0,10925885
15	170M	14,0995332	2,646141688	0,685300081	0,685300081	0,6	0,08530008
16	200M	16,4688292	2,801469456	0,716679334	0,716679334	0,64	0,07667933
17	200M	17,4532581	2,859526344	0,728010235	0,728010235	0,68	0,04801023
18	200M	18,5069761	2,918147747	0,739217902	0,739217902	0,72	0,0192179
19	230M	22,139281	3,097353453	0,771946126	0,771946126	0,76	0,01194613
20	230M	23,8955581	3,173692588	0,78515335	0,78515335	0,8	0,01484665
21	230M	25,5297811	3,239845656	0,796230295	0,796230295	0,84	0,0437697
22	Ciego	27,9703378	3,331144585	0,810945682	0,810945682	0,88	0,06905432
23	Ciego	29,3182253	3,378209345	0,818268997	0,818268997	0,92	0,101731
24	Ciego	31,2944597	3,443441075	0,828121129	0,828121129	0,96	0,13187887

Fuente: Elaboración propia (2021)

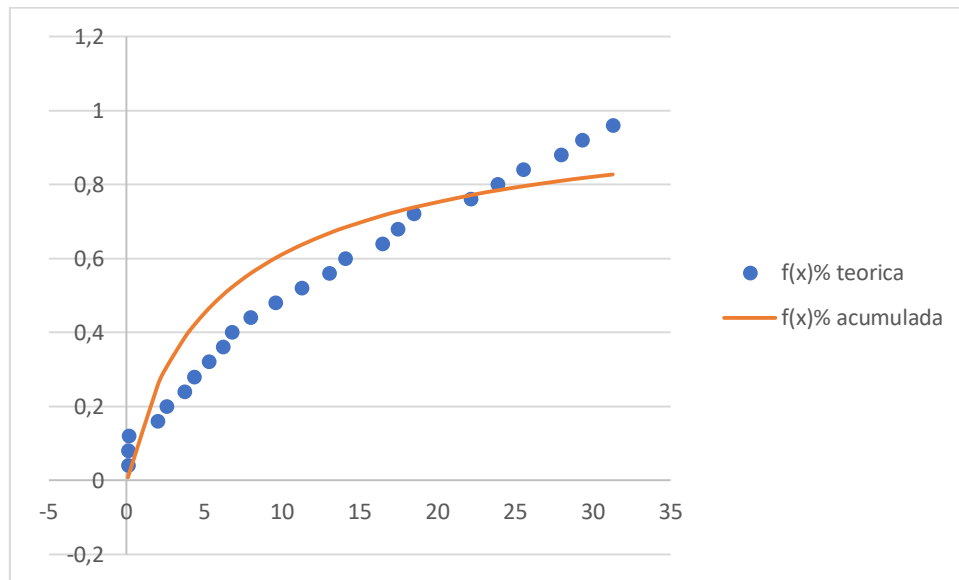
$$S_{exp}^2 = VAR.S(Diferencia)$$

$$S_{residuo}^2 = VAR.S(func_distribución)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S_{exp}^2}{S_{residuo}^2}$$

Haciendo uso de la opción de las herramientas de las funciones Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: $x_{\delta} = 1,8173$ (Media

geométrica de la distribución), $\sigma_\delta = 1,7176$ (Desviación estándar geométrica de x) y $R^2 = 0,972702008$.



Gráfica 5.28: Curva f(x)% acumulada vs f(x)% de la función log normal para la harina preparada

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Log Normal para la harina preparada. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2 = 0,972702008$ (Véase Gráfica 5.28).

b) Harina sin preparar

A partir del mercado general de valores de f(x)% de la harina sin preparar (véase Cuadro 5.9, en la página 62), se calculó los datos de $\ln f(x)\%$, función densidad, función distribución y Diferencia.

La función densidad y función distribución se obtuvieron a través de las herramientas de funciones de Microsoft Excel. Una vez obtenido las funciones descritas, se procedió a calcular la Diferencia para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Log Normal.

Cuadro 5.23

Calculo de R² de la harina sin preparar a través de la herramienta Microsoft Excel para la función log normal

Ordenando la distribución		f(X)%	Ln (f(x)%)	Func_densidad	Func_Distribución	Distribuc teórica	Diferencia
1	70M	0,11752255	-2,14112508	0,01339261	0,01339261	0,04	0,02660739
2	70M	0,1370653	-1,98729781	0,01674633	0,01674633	0,08	0,06325367
3	70M	0,16097284	-1,82651961	0,02099489	0,02099489	0,12	0,09900511
4	100M	0,88030182	-0,12749045	0,14546962	0,14546962	0,16	0,01453038
5	100M	1,67949921	0,51849566	0,24686539	0,24686539	0,2	0,04686539
6	100M	2,1781507	0,77847622	0,29639271	0,29639271	0,24	0,05639271
7	120M	3,09002606	1,12817952	0,36934158	0,36934158	0,28	0,08934158
8	120M	3,98293584	1,3820192	0,42561557	0,42561557	0,32	0,10561557
9	120M	4,4187915	1,48586624	0,44915438	0,44915438	0,36	0,08915438
10	140M	6,03968734	1,79835225	0,52073355	0,52073355	0,4	0,12073355
11	140M	6,94934814	1,93864786	0,55279084	0,55279084	0,44	0,11279084
12	140M	7,97796986	2,07668398	0,58399969	0,58399969	0,48	0,10399969
13	170M	9,31288136	2,23139853	0,61835124	0,61835124	0,52	0,09835124
14	170M	10,7159956	2,37173754	0,64873195	0,64873195	0,56	0,08873195
15	170M	12,8953893	2,55686983	0,68737291	0,68737291	0,6	0,08737291
16	200M	15,2231199	2,72281532	0,72035496	0,72035496	0,64	0,08035496
17	200M	18,4720298	2,91625768	0,75653371	0,75653371	0,68	0,07653371
18	200M	20,5856255	3,02459304	0,77563319	0,77563319	0,72	0,05563319
19	230M	22,6589574	3,12055524	0,79181673	0,79181673	0,76	0,03181673
20	230M	24,2603137	3,18884184	0,80290145	0,80290145	0,8	0,00290145
21	230M	27,1092865	3,29987634	0,82014445	0,82014445	0,84	0,01985555
22	Ciego	29,9043159	3,39800281	0,83456775	0,83456775	0,88	0,04543225
23	Ciego	32,1215193	3,46952619	0,84459549	0,84459549	0,92	0,07540451
24	Ciego	39,1282945	3,66684585	0,87014066	0,87014066	0,96	0,08985934

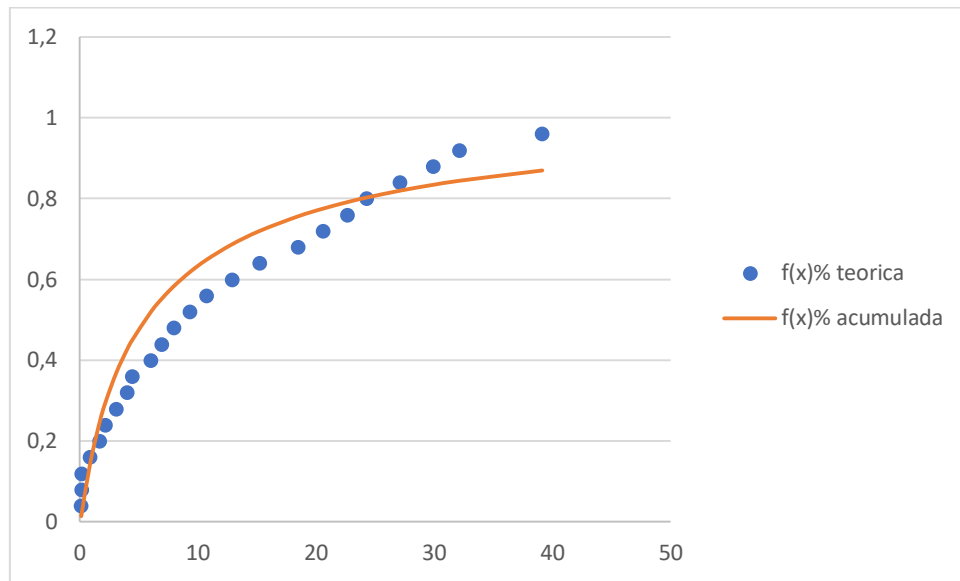
Fuente: Elaboración propia (2021)

$$S exp^2 = VAR.S(Diferencia)$$

$$S residuo^2 = VAR.S(func_distribución)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S exp^2}{S residuo^2}$$

Haciendo uso de la opción de las herramientas de las funciones Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: $x_{\delta} = 1,7080$ (Media geométrica de la distribución), $\sigma_{\delta} = 1,7380$ (Desviación estándar geométrica de x) y $R^2 = 0,986224292$.



Gráfica 5.29: Curva f(x)% acumulada vs f(x)% de la función log normal para la harina sin preparar

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Log Normal para la harina sin preparar. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2 = 0,986224292$ (Véase Gráfica 5.29).

c) Harina a granel

A partir del mercado general de valores de f(x)% de la harina a granel (véase Cuadro 5.9, en la página 62), se calculó los datos de $\ln f(x)\%$, función densidad, función distribución y Diferencia.

La función densidad y función distribución se obtuvieron a través de las herramientas de funciones de Microsoft Excel. Una vez obtenido las funciones descritas, se procedió a calcular la Diferencia para determinar el R^2 (coeficiente de determinación) de la función de distribución Log Normal.

Cuadro 5.24

Calculo de R² de la harina a granel a través de la herramienta Microsoft Excel para la función log normal

Ordenando la distribución		f(X)%	Ln (f(x)%)	Func_densidad	Func_Distribución	Distribuc_ teórica	Diferencia
1	70M	0,27012078	-1,308886086	0,018902454	0,018902454	0,04	0,02109755
2	70M	0,38904265	-0,944066303	0,033197878	0,033197878	0,08	0,04680212
3	70M	0,51667511	-0,660341018	0,049661828	0,049661828	0,12	0,07033817
4	100M	0,67524952	-0,392672999	0,070624258	0,070624258	0,16	0,08937574
5	100M	1,19157525	0,175276175	0,136621288	0,136621288	0,2	0,06337871
6	100M	1,71792956	0,541119821	0,196627989	0,196627989	0,24	0,04337201
7	120M	2,24156096	0,807172481	0,248945533	0,248945533	0,28	0,03105447
8	120M	4,89860424	1,588950316	0,436088033	0,436088033	0,32	0,11608803
9	120M	5,75208247	1,749561958	0,478189707	0,478189707	0,36	0,11818971
10	140M	7,10301927	1,960519943	0,533785535	0,533785535	0,4	0,13378553
11	140M	7,92182344	2,069621412	0,562349156	0,562349156	0,44	0,12234916
12	140M	8,87952082	2,183747594	0,591882003	0,591882003	0,48	0,111882
13	170M	11,5622422	2,447744806	0,65797602	0,65797602	0,52	0,13797602
14	170M	13,0815885	2,571205787	0,687430037	0,687430037	0,56	0,12743004
15	170M	14,2591726	2,65740039	0,707319652	0,707319652	0,6	0,10731965
16	200M	16,2674883	2,789168531	0,736534305	0,736534305	0,64	0,0965343
17	200M	19,3375771	2,962050203	0,772470551	0,772470551	0,68	0,09247055
18	200M	20,8034658	3,0351196	0,786786801	0,786786801	0,72	0,0667868
19	230M	22,9751937	3,134415101	0,805374517	0,805374517	0,76	0,04537452
20	230M	23,5981521	3,161168409	0,810208801	0,810208801	0,8	0,0102088
21	230M	24,2274545	3,187486472	0,814891692	0,814891692	0,84	0,02510831
22	Ciego	27,6463673	3,319494336	0,837282926	0,837282926	0,88	0,04271707
23	Ciego	28,6476917	3,35507287	0,843003038	0,843003038	0,92	0,07699696
24	Ciego	36,0364021	3,584529598	0,876689394	0,876689394	0,96	0,08331061

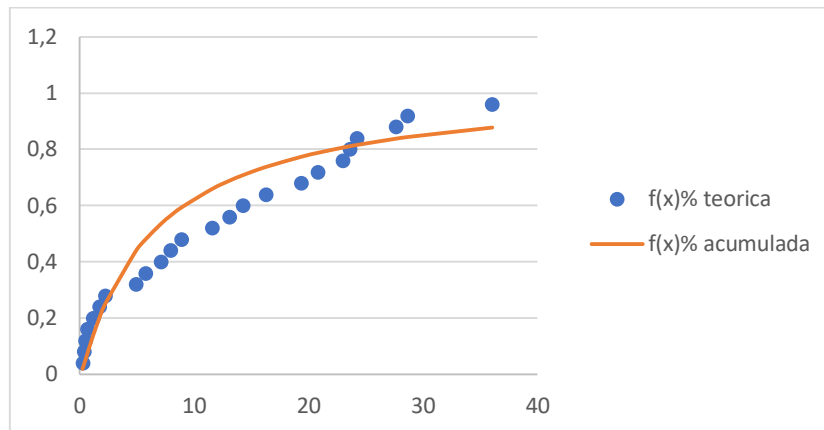
Fuente: Elaboración propia (2021)

$$S_{exp}^2 = VAR.S(Diferencia)$$

$$S_{residuo}^2 = VAR.S(func_distribución)$$

$$R^2 = 1 - \frac{S_{exp}^2}{S_{residuo}^2}$$

Haciendo uso de la opción de las herramientas de las funciones Microsoft Excel se determinó los valores de las constantes de: $x_{\delta} = 1,8323$ (Media geométrica de la distribución), $\sigma_{\delta} = 1,5124$ (Desviación estándar geométrica de x) y $R^2 = 0,983508915$.



Gráfica 5.30: Curva f(x)% acumulada vs f(x)% de la función log normal para la harina a granel

Fuente: Elaboración propia (2021)

Se determinó el modelo matemático para el ajuste a los datos experimentales de la función de distribución de Log Normal para la harina a granel. Así mismo, se verifica que existe un gran alto de ajuste de datos que se ve reflejado en el valor de $R^2= 0,983508915$ (Véase Gráfica 5.30).

5.1.3. Análisis de los coeficientes de determinación

Calculados todos los parámetros de las funciones distribución (véase Cuadro 5.25, en la página 93), se realizó el análisis de varianza de dos factores con una muestra por grupo (ANOVA) para determinar si existe o no existe diferencia significativa de los valores de los coeficientes de determinación (R^2) entre los tipos de harina (preparada, sin preparar y a granel) y las funciones de distribución (RR, GGS, GMM, N y LN) (Véase Cuadro 5.26, en la página 93).

Cuadro 5.25

Parámetros calculados de las funciones RR, GGS, GGM, N y LN

Funciones	Parámetros	Harina preparada	Harina sin preparar	Harina a granel
Rosin Rammler	X_r	116,510678400	123,858109330	126,381062675
	m	4,657832117	5,184461517	4,897584229
	R^2	0,999978393	0,999930298	0,999805633
Gates Gaudin Schuhmann	k	191,375213506	195,667938983	198,155234001
	m	1,351443751	1,563747124	1,608879702
	R^2	0,967718754	0,966776618	0,96884209
Gaudin Meloy modificada	X_o	166,332111338	168,547316929	204,453342872
	r	2,336080061	2,196965652	3,500147724
	m	7,522086613	8,385911178	12,746468133
	R^2	0,999745635	0,99989021	0,999911275
Normal	X_o	12,500	12,500	12,500
	σ_δ	10,0256	11,6289	10,7224
	R^2	0,988227309	0,983031484	0,98890294
Log normal	X_o	1,8173	1,7080	1,8323
	σ_δ	1,7176	1,7380	1,5124
	R^2	0,972702008	0,986224292	0,983508915

Fuente: Elaboración propia (2021)

Cuadro 5.26

Valores de R^2 de cada función en cada tipo de harina

	Funciones	Harina preparada	Harina sin preparar	Harina a granel
R^2	Gates Gaudin Schuhmann	0,967718754	0,966776618	0,96884209
	Rosin Rammler	0,999978393	0,999930298	0,999805633
	Gaudin Meloy Modificada	0,999745635	0,99989021	0,999911275
	Normal	0,988227309	0,983031484	0,98890294
	Log normal	0,972702008	0,986224292	0,983508915

Fuente: Elaboración propia (2021)

Según lo detallado en el Anexo 6, resultó que no existe diferencia significativa de los valores de los coeficientes de determinación (R^2) entre los tipos de harina, sin embargo, si existe diferencia significativa de los valores de los coeficientes de determinación (R^2) entre las funciones de distribución.

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de la hipótesis

- Sea la hipótesis general: Se representó la distribución del tamaño de partículas de harinas comerciales a través de los modelos matemáticos de alta correlación (Rosin Rammler, Gates Gaudin Schuhmann, Gaudin Meloy modificada, Normal y Log normal) para los 3 tipos de harina (harina preparada, harina sin preparar y harina a granel).
- De las hipótesis específicas: Se determinó la curva de distribución del tamaño de partículas para las harinas preparadas, sin preparar y de venta a granel. Se realizó la curva de distribución del tamaño de partículas para los tipos de harinas que nos permitió el cálculo del coeficiente de determinación a través del ajuste del modelo matemático representado por cada función de distribución.
- Se evaluó la variación del tiempo de tamizado para las funciones de distribución de alta correlación, se obtuvo que no existió diferencia significativa en los 3 tiempos de tamizado para los tipos de harina de cada distrito a través del uso de la herramienta ANOVA.
- Se encontró que las funciones Rosin Rammler, Gates Gaudin Schuhmann, Gaudin Meloy modificada, Normal y Log normal son de alta correlación para las harinas preparada, harinas sin preparar y a granel, esto se ve representado por el valor de los coeficientes de determinación (R^2).
- La función Gaudin Meloy modificada de alta correlación nos permite calcular, a través de su parámetro X_0 del modelo matemático, el tamaño de partícula máxima siendo para la harina preparada = $166,332 \mu m$, harina sin preparar = $168,547 \mu m$ y harina a granel = $204,4533 \mu m$. La función Rosin Rammler al ser

la otra función de alta correlación a través de su parámetro X_r para la harina preparada=116,510, harina sin preparar=123,858 y harina a granel=126,381, nos permite indicar que la harina preparada es más fina que las otras harinas.

6.2. Contrastación de Los resultados con estudios similares

- Se obtuvieron como resultado los coeficientes de determinación para cada función de distribución. Encontrando como funciones de más alta correlación para la distribución de tamaños de partículas de harina de trigo a Rosin Rammler y Gaudin Meloy Modificada. Si observamos otros estudios como los descritos anteriormente como el de **YAN, H. y BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.**, se observan que las funciones de distribución Rosin Rammler y Gaudin Meloy modificada fueron las mejores para la caracterización de los polvos utilizados en dicha investigación. Así mismo **GHEORGHE VOICU, G. y ELENA-MADALINA** concluye en su investigación afirmando que La ley de distribución de Rosin-Rammler muestra una muy buena correlación con los datos experimentales sobre el tamaño de las partículas.
- Otros estudios como el **DE LA CRUZ TOBON, N., CERÓN, A. y GARCÉS, L.** en su investigación realizada comparó las funciones de Rosin Rammler y Gates Gaudin Schuhmann obteniendo como resultado que la función de distribución Rosin Rammler es la que mejor representa la distribución granulométrica a diferencia de la función Gates Gaudin Schuhmann, en comparación con nuestra investigación Gates Gaudin Schuhmann es la función de distribución de menor correlación en la distribución de tamaño de partículas de las harinas de trigo presentando un coeficiente de determinación.

VII. CONCLUSIONES

- Se encontró el diseño aplicativo de las funciones de distribución en una matriz alimentaria procesada a partir de harinas comerciales para cada tipo de harina (harina preparada, sin preparar y a granel).
- Se determinó el coeficiente de determinación (R^2) de las funciones de distribución de partículas.
- Las funciones de distribución Rosin Rammler y Gaudin Meloy modificada fueron las de mayor correlación para la caracterización de la distribución de las harinas (preparada, sin preparar y a granel).
- La función Gates Gaudin Schuhmann es la de menor correlación para la caracterización de la distribución de las harinas (preparada, sin preparar a granel).
- A través del cálculo de los parámetros de las funciones más efectivas (RR y GMM), la harina preparada es más fina que las otras harinas, además el tamaño de partícula máxima que presentan es: harina preparada= 166,332 μm , harina sin preparar= 168,547 μm y harina a granel = 204,453 μm .

VIII. RECOMENDACIONES

- Emplear otras funciones de distribución de tamaño de partículas y así poder encontrar la mayor efectividad de una función junto con sus parámetros que nos permitan conocer más acerca de la partícula.
- Se recomienda hacer estudios con otros productos alimenticios para ver cómo se comportan estas funciones de distribución en diferentes alimentos y observar como las condiciones de procesamiento afectan a la distribución del tamaño.

IX. BILIOGRAFIA

- **ANDRADE, M.** (2006). Evaluación de la calidad de harina de trigo comercial y nativa. Tesis para optar el grado de maestra en Ciencias en recursos naturales. Instituto Tecnológico de Sonora. México.
- **ALVAREZ, B.** (2006). Análisis de la influencia de los modelos de distribución de tamaño de partículas en la determinación de consumos energéticos en molienda mediante el método Bond. *Psicothema*, 18, 342-347.
- **BEJARANO, E.; BRAVO, M.; HUAMAN, M.; HUAPAYA, C.; ROCA, A. y ROJAS, E. (2002).** Tabla de Composición de Alimentos Industrializados. Ministerio de la salud. Lima.
- **CODEX ALIMENTARIUS.** (1985). Norma del Codex para la harina de trigo. Codex Stan 152-1985.
- **DE LA CRUZ TOBÓN, N., CERÓN, A. & GARCÉS, L.** (2015). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.) Variedad Castillo. Tesis para optar el Título de maestría en Innovación Alimentaria y Nutrición. Universidad Lasallista. Caldas-Antioquia.
- **GHEORGHE VOICU, G. y ELENA-MADALINA, P. (2013),** Particle size distribution of wheat grist fractions in plansifter compartments of a five breaks roller mill system. *Journal of Engineering Studies and Research*, 19(2), 102-110.
- **GUEVARA, R. y CASTAÑO, J.** (2005). Caracterización granulométrica del café colombiano tostado y molido. *Centro Nacional de Investigaciones de Café*, 56(1), 5-18
- **ITINTEC.** (1986). Harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial. Norma Técnica Nacional 205.027
- **MACÍAS-GARCÍA, A.; DÍAZ-DÍEZ M.A, MORENO-CANSADO, A.; ENCINA-SANCHEZ, V.; NUÑEZ-CARROSA, J.; CUERDA-**

- CORREA, M.** (2004). Estudio granulométrico de neumáticos fuera de uso triturados. *Cuadernos de Investigación en Ingeniería*, 1, 66–78.
- **MEDINA, H.** (1997). Espesamiento de los lodos de un sedimentador primario por medio de hidrociclones en una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis para optar el Grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
 - **MINISTERIO DE AGRICULTURA** (2013). Trigo, Principales Aspectos de la Cadena Agroproductiva.
 - **ORTEGA, E.** (2012). Unit Operations of Particulate Solids. Theory and Practice. Editorial LLC, Boca Raton, U.S.A, pp 67-97.
 - **TYLER.** (20 de Agosto de 2017). Tamices y equipo para granulometría. Recuperado de <http://www.tyler.com.mx/tamices.html>
 - **VERDUGO, D. y M. Luis** (2016). Diseño de un simulador de operación en estado estable de un circuito de molienda de cementos usando cadenas de Markov. Tesis para optar el Grado de Maestría en control y automatización industriales. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.
 - **VÍTEZ, T. y TRÁVNÍČEK, P.** (2010). Particle size distribution of sawdust and wood shavings mixtures. *Research in Agricultural Engineering*, 56(4), 154–158.
 - **YAN, H. & BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.** (1997). Size characterization of selected food powders by five particle size distribution functions. *Food Science and Technology International*, 3, 361.

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS
GENERAL	¿Cómo encontrar el diseño aplicativo de los modelos matemáticos que representan la distribución del tamaño de partículas de harinas comerciales?	Encontrar el diseño aplicativo de los modelos matemáticos que representan la distribución del tamaño de partículas de harinas comerciales.	Con un modelo matemático de alta correlación es posible representar la distribución del tamaño de partículas de harinas comerciales.
ESPECIFICO 1	¿Cómo determinar la curva de distribución del tamaño de partículas para las harinas preparadas, sin preparar y de venta a granel?	Determinar la curva de distribución del tamaño de partículas para las harinas preparadas, sin preparar y de venta a granel.	Con un modelo matemático de alta correlación se determinará la curva de distribución del tamaño de partículas para las harinas preparadas, sin preparar y de venta a granel.
ESPECIFICO 2	¿Cómo es posible evaluar la variación del tiempo de tamizado sobre la distribución del tamaño de partículas?	Evaluar la variación del tiempo de tamizado sobre la distribución del tamaño de partículas.	Con un modelo matemático de alta correlación es posible evaluar la variación del tiempo de tamizado que afecta la distribución del tamaño de partículas.
ESPECIFICO 3	¿Cuál es el diseño aplicativo de las funciones de distribución más efectivas para las harinas comerciales?	Encontrar el diseño aplicativo de las funciones de distribución más efectiva para las harinas comerciales.	Con un modelo matemático de alta correlación se diseña la función de distribución del tamaño de partículas más efectiva para las harinas comerciales.

ANEXO 2

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA PREPARADA DEL DISTRITO DE CALLAO

ANALISIS DE TAMIZADO
MUESTRA: 500,31g

DISTRITO: CALLAO

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FLOF **TIEMPO DE TAMIZADO:** 5 MIN

MERCADO: MERCADO CENTRAL DEL CALLAO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,83	0,56	0,112132	0,112132	99,9
2	100M	150	335,73	352,07	16,34	3,271861	3,383993	96,6
3	120M	125	314,65	460,4	145,75	29,18444	32,56843	67,4
4	140M	106	316,96	465,21	148,25	29,68503	62,25346	37,7
5	170M	90	331,39	418,48	87,09	17,43858	79,69204	20,3
6	200M	75	314,54	369	54,46	10,90487	90,5969	9,4
7	230M	63	302,87	332,19	29,32	5,870928	96,46783	3,5
8	Ciego		354,38	372,02	17,64	3,532168	100	0,0
499,41						100		

ANALISIS DE TAMIZADO
MUESTRA: 500,31g

DISTRITO: CALLAO

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FLOR **TIEMPO DE TAMIZADO:** 10 MIN

MERCADO: MERCADO CENTRAL DEL CALLAO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,78	0,51	0,10228	0,10228	99,9
2	100M	150	335,73	344,89	9,16	1,837033	1,939314	98,1
3	120M	125	314,65	409,49	94,84	19,02012	20,95943	79,0
4	140M	106	316,96	458,77	141,81	28,43993	49,39935	50,6
5	170M	90	331,39	439,75	108,36	21,73154	71,1309	28,9
6	200M	75	314,54	388,15	73,61	14,76245	85,89335	14,1
7	230M	63	302,87	345,36	42,49	8,521348	94,4147	5,6
8	Ciego		354,38	382,23	27,85	5,585304	100	0,0
498,63						100		

ANALISIS DE TAMIZADO
MUESTRA: 500,34g

DISTRITO: CALLAO

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FLOR **TIEMPO DE TAMIZADO:** 15 MIN

MERCADO: MERCADO CENTRAL DEL CALLAO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,78	0,51	0,102274	0,102274	99,9
2	100M	150	335,73	342,87	7,14	1,431837	1,534111	98,5
3	120M	125	314,65	384,5	69,85	14,00754	15,54165	84,5
4	140M	106	316,96	451,12	134,16	26,9041	42,44575	57,6
5	170M	90	331,39	453,13	121,74	24,41343	66,85918	33,1
6	200M	75	314,54	398,57	84,03	16,85116	83,71034	16,3
7	230M	63	302,87	353,26	50,39	10,10508	93,81543	6,2
8	Ciego		354,38	385,22	30,84	6,184575	100	0,0
498,66						100		

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA SIN PREPARAR DEL DISTRITO DE CALLAO

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.30g

DISTRITO: CALLAO

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORITA) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 5 MIN

MERCADO: MERCADO CENTRAL DEL CALLAO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(%)%	G(%)	F(%)
1	70M	212	351,27	351,88	0,61	0,12223	0,12223	99,9
2	100M	150	335,73	364,44	28,71	5,752815	5,875045	94,1
3	120M	125	314,65	512,35	197,7	39,61448	45,48952	54,5
4	140M	106	316,96	448,68	131,72	26,39362	71,88314	28,1
5	170M	90	331,39	408,23	76,84	15,39695	87,28009	12,7
6	200M	75	314,54	354,39	39,85	7,985012	95,2651	4,7
7	230M	63	302,87	321,4	18,53	3,71298	98,97808	1,0
8	Ciego		354,38	359,48	5,1	1,021921	100	0,0
					499,06	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.44g

DISTRITO: CALLAO

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORITA) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 10 MIN

MERCADO: MERCADO CENTRAL DEL CALLAO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(%)%	G(%)	F(%)
1	70M	212	351,27	351,84	0,57	0,11424	0,11424	99,9
2	100M	150	335,73	350,92	15,19	3,044393	3,158633	96,8
3	120M	125	314,65	455	140,35	28,12907	31,2877	68,7
4	140M	106	316,96	463,46	146,5	29,36166	60,64936	39,4
5	170M	90	331,39	431,69	100,3	20,10221	80,75158	19,2
6	200M	75	314,54	369,12	54,58	10,93897	91,69055	8,3
7	230M	63	302,87	333,96	31,09	6,231085	97,92164	2,1
8	Ciego		354,38	364,75	10,37	2,078365	100	0,0
					498,95	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.37g

DISTRITO: CALLAO

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORITA) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 15 MIN

MERCADO: MERCADO CENTRAL DEL CALLAO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(%)%	G(%)	F(%)
1	70M	212	351,27	351,81	0,54	0,108373	0,108373	99,9
2	100M	150	335,73	345,33	9,6	1,926628	2,035	98,0
3	120M	125	314,65	408,64	93,99	18,86289	20,89789	79,1
4	140M	106	316,96	453,85	136,89	27,47251	48,37039	51,6
5	170M	90	331,39	457,53	126,14	25,31508	73,68548	26,3
6	200M	75	314,54	386,67	72,13	14,4758	88,16127	11,8
7	230M	63	302,87	345,79	42,92	8,613631	96,77491	3,2
8	Ciego		354,38	370,45	16,07	3,225094	100	0,0
					498,28	100		

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA A GRANEL DEL DISTRITO DE CALLAO

ANALISIS DE TAMIZADO

MATERIAL: HARINA A GRANEL

MUESTRA: 500.40g

TIEMPO DE TAMIZADO: 5 MIN

DISTRITO: CALLAO

MERCADO: MERCADO CENTRAL DEL CALLAO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Para Retenida Total(q)	Para retenida muestra (q)	f(x)%	G(x)	F(x)	
1	70M	212	351,27	352,82	1,55	0,310497	0,310497	99,7	
2	100M	150	335,73	421,84	86,11	17,2496	17,5601	82,4	
3	120M	125	314,65	488,37	173,72	34,79968	52,35978	47,6	
4	140M	106	316,96	422,17	105,21	21,07572	73,4355	26,6	
5	170M	90	331,39	410,58	79,19	15,86338	89,29888	10,7	
6	200M	75	314,54	352,89	38,35	7,682292	96,98117	3,0	
7	230M	63	302,87	315,83	12,96	2,596154	99,57732	0,4	
8	Ciego		354,38	356,49	2,11	0,422676	100	0,0	
					499,2	100			

ANALISIS DE TAMIZADO

MATERIAL: HARINA A GRANEL

MUESTRA: 500.31g

TIEMPO DE TAMIZADO: 10 MIN

DISTRITO: CALLAO

MERCADO: MERCADO CENTRAL DEL CALLAO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Para Retenida Total(q)	Para retenida muestra (q)	f(x)%	G(x)	F(x)	
1	70M	212	351,27	352,04	0,77	0,154556	0,154556	99,8	
2	100M	150	335,73	388,81	53,08	10,65436	10,80891	89,2	
3	120M	125	314,65	435	120,35	24,15697	34,96588	65,0	
4	140M	106	316,96	436,79	119,83	24,05259	59,01847	41,0	
5	170M	90	331,39	436,88	105,49	21,17423	80,19269	19,8	
6	200M	75	314,54	373,16	58,62	11,76636	91,95905	8,0	
7	230M	63	302,87	337,03	34,16	6,856684	98,81574	1,2	
8	Ciego		354,38	360,28	5,9	1,184263	100	0,0	
					498,2	100			

ANALISIS DE TAMIZADO

MATERIAL: HARINA A GRANEL

MUESTRA: 500.31g

TIEMPO DE TAMIZADO: 15 MIN

DISTRITO: CALLAO

MERCADO: MERCADO CENTRAL DEL CALLAO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Para Retenida Total(q)	Para retenida muestra (q)	f(x)%	G(x)	F(x)	
1	70M	212	351,27	351,87	0,6	0,120467	0,120467	99,9	
2	100M	150	335,73	376,75	41,02	8,235956	8,356423	91,6	
3	120M	125	314,65	426,57	111,92	22,47119	30,82761	69,2	
4	140M	106	316,96	430,27	113,31	22,75027	53,57788	46,4	
5	170M	90	331,39	438,38	106,99	21,48135	75,05923	24,9	
6	200M	75	314,54	381,14	66,6	13,37188	88,43111	11,6	
7	230M	63	302,87	349,77	46,9	9,416536	97,84765	2,2	
8	Ciego		354,38	365,1	10,72	2,152351	100	0,0	
					498,06	100			

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA PREPARADA DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500,38g

DISTRITO: SAN JUANDO DE LURIGANCHO

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FLOF **TIEMPO DE TAMIZADO:** 5 MIN

MERCADO: 10 DE OCTUBRE

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,86	0,59	0,11818	0,11818	99,9
2	100M	150	335,73	353,82	18,09	3,623508	3,741687	96,3
3	120M	125	314,65	433,65	119	23,83623	27,57792	72,4
4	140M	106	316,96	454,96	138	27,64202	55,21993	44,8
5	170M	90	331,39	434,16	102,77	20,58529	75,80522	24,2
6	200M	75	314,54	383,29	68,75	13,77093	89,57616	10,4
7	230M	63	302,87	333,47	30,6	6,129317	95,70547	4,3
8	Ciego		354,38	375,82	21,44	4,294528	100	0,0
					499,24	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500,36g

DISTRITO: SAN JUANDO DE LURIGANCHO

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FLOR **TIEMPO DE TAMIZADO:** 10 MIN

MERCADO: 10 DE OCTUBRE

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,75	0,48	0,096181	0,096181	99,9
2	100M	150	335,73	347,07	11,34	2,272272	2,368453	97,6
3	120M	125	314,65	408,88	94,23	18,8815	21,24995	78,8
4	140M	106	316,96	463,19	146,23	29,30109	50,55104	49,4
5	170M	90	331,39	444,36	112,97	22,63656	73,18759	26,8
6	200M	75	314,54	382,83	68,29	13,68373	86,87132	13,1
7	230M	63	302,87	339,98	37,11	7,43598	94,3073	5,7
8	Ciego		354,38	382,79	28,41	5,692702	100	0,0
					499,06	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500,38g

DISTRITO: SAN JUANDO DE LURIGANCHO

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FLOR **TIEMPO DE TAMIZADO:** 15 MIN

MERCADO: 10 DE OCTUBRE

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,74	0,47	0,094285	0,094285	99,9
2	100M	150	335,73	344,77	9,04	1,813477	1,907761	98,1
3	120M	125	314,65	384,17	69,52	13,94612	15,85388	84,1
4	140M	106	316,96	450,2	133,24	26,72872	42,5826	57,4
5	170M	90	331,39	445,94	114,55	22,9794	65,562	34,4
6	200M	75	314,54	403,98	89,44	17,94219	83,50418	16,5
7	230M	63	302,87	352,13	49,26	9,881843	93,38603	6,6
8	Ciego		354,38	387,35	32,97	6,613974	100	0,0
					498,49	100		

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA SIN PREPARAR DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.25g

DISTRITO: SAN JUANDO DE LURIGANCHO

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORIT/ **TIEMPO DE TAMIZADO:** 5 MIN

MERCADO: 10 DE OCTUBRE

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,9	0,63	0,126179	0,126179	99,9
2	100M	150	335,73	386,67	50,94	10,20249	10,32867	89,7
3	120M	125	314,65	518,87	204,22	40,90208	51,23075	48,8
4	140M	106	316,96	435,77	118,81	23,79579	75,02654	25,0
5	170M	90	331,39	399,59	68,2	13,6594	88,68593	11,3
6	200M	75	314,54	350,68	36,14	7,238278	95,92421	4,1
7	230M	63	302,87	317,58	14,71	2,946184	98,8704	1,1
8	Ciego		354,38	360,02	5,64	1,129604	100	0,0
					499,29	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.32g

DISTRITO: SAN JUANDO DE LURIGANCHO

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORIT/ **TIEMPO DE TAMIZADO:** 10 MIN

MERCADO: 10 DE OCTUBRE

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,8	0,53	0,106253	0,106253	99,9
2	100M	150	335,73	351,1	15,37	3,081334	3,187586	96,8
3	120M	125	314,65	453,82	139,17	27,9004	31,08799	68,9
4	140M	106	316,96	471,52	154,56	30,98575	62,07374	37,9
5	170M	90	331,39	429,54	98,15	19,67683	81,75057	18,2
6	200M	75	314,54	366,61	52,07	10,43884	92,18941	7,8
7	230M	63	302,87	331,88	29,01	5,815842	98,00525	2,0
8	Ciego		354,38	364,33	9,95	1,994747	100	0,0
					498,81	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.36g

DISTRITO: SAN JUANDO DE LURIGANCHO

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORIT/ **TIEMPO DE TAMIZADO:** 15 MIN

MERCADO: 10 DE OCTUBRE

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,77	0,5	0,100202	0,100202	99,9
2	100M	150	335,73	347,06	11,33	2,270587	2,370789	97,6
3	120M	125	314,65	424,54	109,89	22,02249	24,39327	75,6
4	140M	106	316,96	465,15	148,19	29,69799	54,09126	45,9
5	170M	90	331,39	440,84	109,45	21,93431	76,02557	24,0
6	200M	75	314,54	376,69	62,15	12,45516	88,48073	11,5
7	230M	63	302,87	341,8	38,93	7,80176	96,28249	3,7
8	Ciego		354,38	372,93	18,55	3,717509	100	0,0
					498,99	100		

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA A GRANEL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO

ANALISIS DE TAMIZADO

MATERIAL: HARINA A GRANEL

MUESTRA: 500.29g

TIEMPO DE TAMIZADO: 5 MIN

DISTRITO: SAN JUANDO DE LURIGANCHO

MERCADO: 10 DE OCTUBRE

n'	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Para Retenida Total(q)	Para retenida muestra (q)	f(x)%	G(x)	F(x)	
1	70M	212	351,27	356,33	5,06	1,013033	1,013033	99,0	
2	100M	150	335,73	398,03	62,3	12,47272	13,48576	86,5	
3	120M	125	314,65	502,49	187,84	37,60636	51,09211	48,9	
4	140M	106	316,96	438,21	121,25	24,27476	75,36687	24,6	
5	170M	90	331,39	407,24	75,85	15,18549	90,55236	9,4	
6	200M	75	314,54	347,52	32,98	6,602735	97,1551	2,8	
7	230M	63	302,87	314,39	11,52	2,306352	99,46145	0,5	
8	Ciego		354,38	357,07	2,69	0,538549	100	0,0	
					499,49	100			

ANALISIS DE TAMIZADO

MATERIAL: HARINA A GRANEL

MUESTRA: 500.32 g

TIEMPO DE TAMIZADO: 10 MIN

DISTRITO: SAN JUANDO DE LURIGANCHO

MERCADO: 10 DE OCTUBRE

n'	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Para Retenida Total(q)	Para retenida muestra (q)	f(x)%	G(x)	F(x)	
1	70M	212	351,27	354,82	3,55	0,711965	0,711965	99,3	
2	100M	150	335,73	368,96	33,23	6,664394	7,376359	92,6	
3	120M	125	314,65	432,81	118,16	23,6974	31,07376	68,9	
4	140M	106	316,96	464,26	147,3	29,54153	60,6153	39,4	
5	170M	90	331,39	438,41	107,02	21,46324	82,07854	17,9	
6	200M	75	314,54	369,3	54,76	10,98231	93,06085	6,9	
7	230M	63	302,87	330,48	27,61	5,537283	98,59813	1,4	
8	Ciego		354,38	361,37	6,99	1,401869	100	0,0	
					498,62	100			

ANALISIS DE TAMIZADO

MATERIAL: HARINA A GRANEL

MUESTRA: 500.32 g

TIEMPO DE TAMIZADO: 15 MIN

DISTRITO: SAN JUANDO DE LURIGANCHO

MERCADO: 10 DE OCTUBRE

n'	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Para Retenida Total(q)	Para retenida muestra (q)	f(x)%	G(x)	F(x)	
1	70M	212	351,27	354,44	3,17	0,636687	0,636687	99,4	
2	100M	150	335,73	362,6	26,87	5,396774	6,033461	94,0	
3	120M	125	314,65	405,13	90,48	18,17269	24,20615	75,8	
4	140M	106	316,96	458,21	141,25	28,36972	52,57587	47,4	
5	170M	90	331,39	454,21	122,82	24,6681	77,24397	22,8	
6	200M	75	314,54	378,86	64,32	12,91852	90,16249	9,8	
7	230M	63	302,87	340,51	37,64	7,559903	97,72239	2,3	
8	Ciego		354,38	365,72	11,34	2,277612	100	0,0	
					497,89	100			

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA PREPARADA DEL DISTRITO DE COMAS

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500,38g

DISTRITO: Comas

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FLOF **TIEMPO DE TAMIZADO:** 5 MIN

MERCADO: AÑO NUEVO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,77	0,5	0,10016	0,10016	99,9
2	100M	150	335,73	358,19	22,46	4,499199	4,599359	95,4
3	120M	125	314,65	452,06	137,41	27,52604	32,1254	67,9
4	140M	106	316,96	472,22	155,26	31,10176	63,22716	36,8
5	170M	90	331,39	417,62	86,23	17,27364	80,5008	19,5
6	200M	75	314,54	371,48	56,94	11,40625	91,90705	8,1
7	230M	63	302,87	326,66	23,79	4,765625	96,67268	3,3
8	Ciego		354,38	370,99	16,61	3,327324	100	0,0
					499,2	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500,43g

DISTRITO: Comas

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FLOR **TIEMPO DE TAMIZADO:** 10 MIN

MERCADO: AÑO NUEVO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,74	0,47	0,094222	0,094222	99,9
2	100M	150	335,73	348,07	12,34	2,473838	2,568061	97,4
3	120M	125	314,65	409,75	95,1	19,06499	21,63305	78,4
4	140M	106	316,96	454,4	137,44	27,55303	49,18608	50,8
5	170M	90	331,39	441,24	109,85	22,02197	71,20805	28,8
6	200M	75	314,54	392,55	78,01	15,63891	86,84696	13,2
7	230M	63	302,87	339,17	36,3	7,277174	94,12413	5,9
8	Ciego		354,38	383,69	29,31	5,875867	100	0,0
					498,82	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500,36g

DISTRITO: Comas

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FLOR **TIEMPO DE TAMIZADO:** 15 MIN

MERCADO: AÑO NUEVO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,72	0,45	0,090296	0,090296	99,9
2	100M	150	335,73	346,46	10,73	2,153062	2,243358	97,8
3	120M	125	314,65	383,23	68,58	13,76114	16,00449	84,0
4	140M	106	316,96	439,45	122,49	24,57862	40,58311	59,4
5	170M	90	331,39	449,51	118,12	23,70174	64,28485	35,7
6	200M	75	314,54	409,16	94,62	18,98627	83,27113	16,7
7	230M	63	302,87	349,18	46,31	9,292479	92,56361	7,4
8	Ciego		354,38	391,44	37,06	7,436391	100	0,0
					498,36	100		

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA SIN PREPARAR DEL DISTRITO DE COMAS

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.37g

DISTRITO: Comas

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORITA) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 5 MIN

MERCADO: AÑO NUEVO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,87	0,6	0,120161	0,120161	99,9
2	100M	150	335,73	375,16	39,43	7,896581	8,016742	92,0
3	120M	125	314,65	509,33	194,68	38,98824	47,00499	53,0
4	140M	106	316,96	431,04	114,08	22,84661	69,8516	30,1
5	170M	90	331,39	421,04	89,65	17,95406	87,80566	12,2
6	200M	75	314,54	355,38	40,84	8,17896	95,98462	4,0
7	230M	63	302,87	318,85	15,98	3,200298	99,18491	0,8
8	Ciego		354,38	358,45	4,07	0,815092	100	0,0
					499,33	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.40g

DISTRITO: Comas

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORITA) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 10 MIN

MERCADO: AÑO NUEVO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,9	0,63	0,126298	0,126298	99,9
2	100M	150	335,73	352,79	17,06	3,420071	3,546369	96,5
3	120M	125	314,65	439,98	125,33	25,1253	28,67167	71,3
4	140M	106	316,96	475,09	158,13	31,70081	60,37248	39,6
5	170M	90	331,39	437,01	105,62	21,17397	81,54645	18,5
6	200M	75	314,54	368,72	54,18	10,86163	92,40808	7,6
7	230M	63	302,87	331,09	28,22	5,657351	98,06543	1,9
8	Ciego		354,38	364,03	9,65	1,934566	100	0,0
					498,82	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.35g

DISTRITO: Comas

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORITA) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 15 MIN

MERCADO: AÑO NUEVO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,81	0,54	0,10829	0,10829	99,9
2	100M	150	335,73	348,33	12,6	2,526772	2,635062	97,4
3	120M	125	314,65	405,24	90,59	18,16669	20,80175	79,2
4	140M	106	316,96	462,67	145,71	29,22031	50,02206	50,0
5	170M	90	331,39	455,86	124,47	24,9609	74,98295	25,0
6	200M	75	314,54	383,68	69,14	13,86516	88,84811	11,2
7	230M	63	302,87	339,32	36,45	7,30959	96,1577	3,8
8	Ciego		354,38	373,54	19,16	3,842297	100	0,0
					498,66	100		

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA A GRANEL DEL DISTRITO DE COMAS

ANALISIS DE TAMIZADO

MATERIAL: HARINA A GRANEL

MUESTRA: 500.33g

TIEMPO DE TAMIZADO: 5 MIN

DISTRITO: Comas

MERCADO: AÑO NUEVO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Para Retenida Total(q)	Para retenida muestra (q)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	352,63	1,36	0,272895	0,272895	99,7
2	100M	150	335,73	423,69	87,96	17,64989	17,92279	82,1
3	120M	125	314,65	470,35	155,7	31,24248	49,16526	50,8
4	140M	106	316,96	438,71	121,75	24,43013	73,59539	26,4
5	170M	90	331,39	415,41	84,02	16,8593	90,45469	9,5
6	200M	75	314,54	350,68	36,14	7,251786	97,70648	2,3
7	230M	63	302,87	312,08	9,21	1,848062	99,55454	0,4
8	Ciego		354,38	356,6	2,22	0,445461	100	0,0
					498,36	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MATERIAL: HARINA A GRANEL

MUESTRA: 500.36 g

TIEMPO DE TAMIZADO: 10 MIN

DISTRITO: Comas

MERCADO: AÑO NUEVO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Para Retenida Total(q)	Para retenida muestra (q)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,91	0,64	0,128504	0,128504	99,9
2	100M	150	335,73	386,97	51,24	10,28833	10,41683	89,6
3	120M	125	314,65	423,93	109,28	21,94201	32,35885	67,6
4	140M	106	316,96	433,34	116,38	23,3676	55,72645	44,3
5	170M	90	331,39	445,55	114,16	22,92185	78,6483	21,4
6	200M	75	314,54	384,56	70,02	14,05911	92,70741	7,3
7	230M	63	302,87	332,68	29,81	5,985463	98,69288	1,3
8	Ciego		354,38	360,89	6,51	1,307124	100	0,0
					498,04	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MATERIAL: HARINA A GRANEL

MUESTRA: 500.34 g

TIEMPO DE TAMIZADO: 15 MIN

DISTRITO: Comas

MERCADO: AÑO NUEVO

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Para Retenida Total(q)	Para retenida muestra (q)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,87	0,6	0,120429	0,120429	99,9
2	100M	150	335,73	379,32	43,59	8,749147	8,869576	91,1
3	120M	125	314,65	409,55	94,9	19,04781	27,91739	72,1
4	140M	106	316,96	416,79	99,83	20,03733	47,95472	52,0
5	170M	90	331,39	448,73	117,34	23,55184	71,50656	28,5
6	200M	75	314,54	393,78	79,24	15,90462	87,41118	12,6
7	230M	63	302,87	349,26	46,39	9,311148	96,72233	3,3
8	Ciego		354,38	370,71	16,33	3,277668	100	0,0
					498,22	100		

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA PREPARADA DEL DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.33g

DISTRITO: San Martin de Porres

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FL) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 5 MIN

MERCADO: CAQUETA

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	352,51	1,24	0,248537	0,248537	99,8
2	100M	150	335,73	378,24	42,51	8,520404	8,768941	91,2
3	120M	125	314,65	487,05	172,4	34,55464	43,32358	56,7
4	140M	106	316,96	471,25	154,29	30,9248	74,24838	25,8
5	170M	90	331,39	412,52	81,13	16,26112	90,5095	9,5
6	200M	75	314,54	351,16	36,62	7,339854	97,84935	2,2
7	230M	63	302,87	310,88	8,01	1,605468	99,45482	0,5
8	Ciego		354,38	357,1	2,72	0,545178	100	0,0
					498,92	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500,39g

DISTRITO: San Martin de Porres

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FL) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 10 MIN

MERCADO: CAQUETA

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	352,17	0,9	0,180668	0,180668	99,8
2	100M	150	335,73	351,87	16,14	3,239988	3,420656	96,6
3	120M	125	314,65	402,5	87,85	17,63525	21,05591	78,9
4	140M	106	316,96	491,08	174,12	34,95333	56,00923	44,0
5	170M	90	331,39	452,48	121,09	24,30794	80,31717	19,7
6	200M	75	314,54	373,84	59,3	11,90404	92,22122	7,8
7	230M	63	302,87	328,11	25,24	5,066747	97,28797	2,7
8	Ciego		354,38	367,89	13,51	2,712035	100	0,0
					498,15	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.23g

DISTRITO: San Martin de Porres

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FL) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 15 MIN

MERCADO: CAQUETA

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	352,06	0,79	0,158571	0,158571	99,8
2	100M	150	335,73	348,53	12,8	2,569249	2,72782	97,3
3	120M	125	314,65	385,4	70,75	14,20112	16,92894	83,1
4	140M	106	316,96	465,9	148,94	29,89562	46,82457	53,2
5	170M	90	331,39	464,13	132,74	26,64392	73,46849	26,5
6	200M	75	314,54	388,68	74,14	14,88157	88,35006	11,6
7	230M	63	302,87	333,54	30,67	6,156162	94,50622	5,5
8	Ciego		354,38	381,75	27,37	5,493778	100	0,0
					498,2	100		

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA SIN PREPARAR DEL DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.19g

DISTRITO: San Martin de Porres

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORITA) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 5 MIN

MERCADO: CAQUETA

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	352,14	0,87	0,174178	0,174178	99,8
2	100M	150	335,73	389,08	53,35	10,68089	10,85507	89,1
3	120M	125	314,65	521,79	207,14	41,4703	52,32537	47,7
4	140M	106	316,96	439,36	122,4	24,505	76,83037	23,2
5	170M	90	331,39	389,65	58,26	11,6639	88,49426	11,5
6	200M	75	314,54	350,34	35,8	7,167311	95,66157	4,3
7	230M	63	302,87	319,97	17,1	3,423492	99,08507	0,9
8	Ciego		354,38	358,95	4,57	0,914933	100	0,0
					499,49	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.20g

DISTRITO: San Martin de Porres

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORITA) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 10 MIN

MERCADO: CAQUETA

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	352	0,73	0,14634	0,14634	99,9
2	100M	150	335,73	356,59	20,86	4,181702	4,328041	95,7
3	120M	125	314,65	452,98	138,33	27,73033	32,05838	67,9
4	140M	106	316,96	482,6	165,64	33,20504	65,26341	34,7
5	170M	90	331,39	411,36	79,97	16,03119	81,2946	18,7
6	200M	75	314,54	364,83	50,29	10,08139	91,37599	8,6
7	230M	63	302,87	335,87	33	6,615348	97,99134	2,0
8	Ciego		354,38	364,4	10,02	2,00866	100	0,0
					498,84	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.19g

DISTRITO: San Martin de Porres

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORITA) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 15 MIN

MERCADO: CAQUETA

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,94	0,67	0,134368	0,134368	99,9
2	100M	150	335,73	352,08	16,35	3,278984	3,413353	96,6
3	120M	125	314,65	424,37	109,72	22,00429	25,41764	74,6
4	140M	106	316,96	488,23	171,27	34,34811	59,76576	40,2
5	170M	90	331,39	428,62	97,23	19,49943	79,26519	20,7
6	200M	75	314,54	368,87	54,33	10,89585	90,16104	9,8
7	230M	63	302,87	334,08	31,21	6,25915	96,42019	3,6
8	Ciego		354,38	372,23	17,85	3,579809	100	0,0
					498,63	100		

**ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA A GRANEL DEL
DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES**

ANALISIS DE TAMIZADO

MATERIAL: HARINA A GRANEL

MUESTRA: 500.30g

TIEMPO DE TAMIZADO: 5 MIN

DISTRITO: San Martin de Porres

MERCADO: CAQUETA

n'	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	359,31	8,04	1,611158	1,611158	98,4
2	100M	150	335,73	410,96	75,23	15,07555	16,68671	83,3
3	120M	125	314,65	509,55	194,9	39,05655	55,74326	44,3
4	140M	106	316,96	435,76	118,8	23,80666	79,54992	20,5
5	170M	90	331,39	393,67	62,28	12,48046	92,03038	8,0
6	200M	75	314,54	344,74	30,2	6,051862	98,08224	1,9
7	230M	63	302,87	310,13	7,26	1,454852	99,53709	0,5
8	Ciego		354,38	356,69	2,31	0,462907	100	0,0
					499,02	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MATERIAL: HARINA A GRANEL

MUESTRA:500.24 g

TIEMPO DE TAMIZADO: 10 MIN

DISTRITO: San Martin de Porres

MERCADO: CAQUETA

n'	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	357,04	5,77	1,1581	1,1581	98,8
2	100M	150	335,73	374,03	38,3	7,687213	8,845312	91,2
3	120M	125	314,65	439,15	124,5	24,98846	33,83377	66,2
4	140M	106	316,96	476,7	159,74	32,0615	65,89527	34,1
5	170M	90	331,39	423,75	92,36	18,53762	84,43289	15,6
6	200M	75	314,54	366,41	51,87	10,41085	94,84375	5,2
7	230M	63	302,87	324,12	21,25	4,265098	99,10885	0,9
8	Ciego		354,38	358,82	4,44	0,891155	100	0,0
					498,23	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MATERIAL: HARINA A GRANEL

MUESTRA:500.23 g

TIEMPO DE TAMIZADO: 15 MIN

DISTRITO: San Martin de Porres

MERCADO: CAQUETA

n'	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	356,4	5,13	1,031114	1,031114	99,0
2	100M	150	335,73	366,33	30,6	6,150507	7,181621	92,8
3	120M	125	314,65	406,3	91,65	18,42137	25,60299	74,4
4	140M	106	316,96	469,44	152,48	30,64801	56,251	43,7
5	170M	90	331,39	449,04	117,65	23,64729	79,8983	20,1
6	200M	75	314,54	374,79	60,25	12,11007	92,00836	8,0
7	230M	63	302,87	333,95	31,08	6,246985	98,25535	1,7
8	Ciego		354,38	363,06	8,68	1,744653	100	0,0
					497,52	100		

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA PREPARADA DEL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.46g

DISTRITO: VILLA EL SALVADOR

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FL) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 5 MIN

MERCADO: PLAZA VILLA SUR

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,65	0,38	0,07625	0,07625	99,9
2	100M	150	335,73	376,34	40,61	8,148728	8,224978	91,8
3	120M	125	314,65	471,29	156,64	31,43109	39,65607	60,3
4	140M	106	316,96	425,3	108,34	21,7393	61,39538	38,6
5	170M	90	331,39	412,27	80,88	16,22923	77,62461	22,4
6	200M	75	314,54	371,34	56,8	11,39738	89,02199	11,0
7	230M	63	302,87	336,65	33,78	6,778233	95,80022	4,2
8	Ciego		354,38	375,31	20,93	4,199775	100	0,0
					498,36	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.43g

DISTRITO: VILLA EL SALVADOR

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FL) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 10 MIN

MERCADO: PLAZA VILLA SUR

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,76	0,49	0,098445	0,098445	99,9
2	100M	150	335,73	365,44	29,71	5,96898	6,067425	93,9
3	120M	125	314,65	414,19	99,54	19,99839	26,06582	73,9
4	140M	106	316,96	454,62	137,66	27,65701	53,72283	46,3
5	170M	90	331,39	408,02	76,63	15,39559	69,11842	30,9
6	200M	75	314,54	373,49	58,95	11,84353	80,96195	19,0
7	230M	63	302,87	361,75	58,88	11,82947	92,79142	7,2
8	Ciego		354,38	390,26	35,88	7,208583	100	0,0
					497,74	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.42g

DISTRITO: VILLA EL SALVADOR

MATERIAL: HARINA PREPARADA (BLANCA FL) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 15 MIN

MERCADO: PLAZA VILLA SUR

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)
1	70M	212	351,27	351,63	0,36	0,072188	0,072188	99,9
2	100M	150	335,73	359,64	23,91	4,794466	4,866653	95,1
3	120M	125	314,65	392,94	78,29	15,69882	20,56547	79,4
4	140M	106	316,96	447,78	130,82	26,2322	46,79767	53,2
5	170M	90	331,39	443,27	111,88	22,43433	69,232	30,8
6	200M	75	314,54	374,13	59,59	11,94907	81,18107	18,8
7	230M	63	302,87	354,53	51,66	10,35893	91,54	8,5
8	Ciego		354,38	396,57	42,19	8,459996	100	0,0
					498,7	100		

ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA SIN PREPARAR DEL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.56g

DISTRITO: VILLA EL SALVADOR

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORITA) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 5 MIN

MERCADO: PLAZA VILLA SUR

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(%)%	G(%)	F(%)
1	70M	212	351,27	352,55	1,28	0,25598	0,25598	99,7
2	100M	150	335,73	443,97	108,24	21,64627	21,90225	78,1
3	120M	125	314,65	485,72	171,07	34,21126	56,11351	43,9
4	140M	106	316,96	422,5	105,54	21,10631	77,21982	22,8
5	170M	90	331,39	395,32	63,93	12,78498	90,0048	10,0
6	200M	75	314,54	347,74	33,2	6,639469	96,64427	3,4
7	230M	63	302,87	317,05	14,18	2,835773	99,48004	0,5
8	Ciego		354,38	356,98	2,6	0,519958	100	0,0
					500,04	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.41g

DISTRITO: VILLA EL SALVADOR

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORITA) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 10 MIN

MERCADO: PLAZA VILLA SUR

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(%)%	G(%)	F(%)
1	70M	212	351,27	352,26	0,99	0,198333	0,198333	99,8
2	100M	150	335,73	380,85	45,12	9,039186	9,237519	90,8
3	120M	125	314,65	451,01	136,36	27,31789	36,55541	63,4
4	140M	106	316,96	463,06	146,1	29,26917	65,82459	34,2
5	170M	90	331,39	418,45	87,06	17,4413	83,26589	16,7
6	200M	75	314,54	361,9	47,36	9,48794	92,75383	7,2
7	230M	63	302,87	336,38	33,51	6,713278	99,4671	0,5
8	Ciego		354,38	357,04	2,66	0,532895	100	0,0
					499,16	100		

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.35g

DISTRITO: VILLA EL SALVADOR

MATERIAL: HARINA SIN PREPARAR (FAVORITA) **TIEMPO DE TAMIZADO:** 15 MIN

MERCADO: PLAZA VILLA SUR

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(%)%	G(%)	F(%)
1	70M	212	351,27	351,95	0,68	0,136379	0,136379	99,9
2	100M	150	335,73	368,68	32,95	6,608371	6,74475	93,3
3	120M	125	314,65	412,49	97,84	19,62255	26,3673	73,6
4	140M	106	316,96	489,81	172,85	34,66637	61,03367	39,0
5	170M	90	331,39	432,2	100,81	20,21821	81,25188	18,7
6	200M	75	314,54	367,69	53,15	10,65963	91,91151	8,1
7	230M	63	302,87	339,53	36,66	7,35244	99,26395	0,7
8	Ciego		354,38	358,05	3,67	0,736046	100	0,0
					498,61	100		

**ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA HARINA A GRANEL DEL
DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR**

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.41g

DISTRITO: VILLA EL SALVADOR

MATERIAL: HARINA A GRANEL

TIEMPO DE TAMIZADO: 5 MIN

MERCADO: PLAZA VILLA SUR

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)	
1	70M	212	351,27	357,67	6,4	1,282977	1,282977	98,7	
2	100M	150	335,73	462,25	126,52	25,36284	26,64582	73,4	
3	120M	125	314,65	501,6	186,95	37,47695	64,12276	35,9	
4	140M	106	316,96	430,72	113,76	22,80491	86,92767	13,1	
5	170M	90	331,39	384,23	52,84	10,59257	97,52025	2,5	
6	200M	75	314,54	325,7	11,16	2,23719	99,75744	0,2	
7	230M	63	302,87	303,54	0,67	0,134312	99,89175	0,1	
8	Ciego		354,38	354,92	0,54	0,108251	100	0,0	
					498,84	100			

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.46g

DISTRITO: VILLA EL SALVADOR

MATERIAL: HARINA A GRANEL

TIEMPO DE TAMIZADO: 10 MIN

MERCADO: PLAZA VILLA SUR

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)	
1	70M	212	351,27	354,76	3,49	0,700466	0,700466	99,3	
2	100M	150	335,73	375,44	39,71	7,970055	8,67052	91,3	
3	120M	125	314,65	436,8	122,15	24,5163	33,18682	66,8	
4	140M	106	316,96	481,62	164,66	33,04833	66,23515	33,8	
5	170M	90	331,39	430,89	99,5	19,9703	86,20544	13,8	
6	200M	75	314,54	372,08	57,54	11,54865	97,75409	2,2	
7	230M	63	302,87	312,78	9,91	1,989001	99,7431	0,3	
8	Ciego		354,38	355,66	1,28	0,256904	100	0,0	
					498,24	100			

ANALISIS DE TAMIZADO

MUESTRA: 500.44g

DISTRITO: VILLA EL SALVADOR

MATERIAL: HARINA A GRANEL

TIEMPO DE TAMIZADO: 15 MIN

MERCADO: PLAZA VILLA SUR

n°	Malla Tamiz	Abertura(um)	Peso tamiz vacio(g)	Peso Retenido Total(g)	Peso retenido muestra (g)	f(x)%	G(x)	F(x)	
1	70M	212	351,27	354,31	3,04	0,609768	0,609768	99,4	
2	100M	150	335,73	364,53	28,8	5,776753	6,386521	93,6	
3	120M	125	314,65	395,3	80,65	16,17691	22,56343	77,4	
4	140M	106	316,96	474,55	157,59	31,60967	54,1731	45,8	
5	170M	90	331,39	451,58	120,19	24,10791	78,28101	21,7	
6	200M	75	314,54	380,22	65,68	13,17421	91,45522	8,5	
7	230M	63	302,87	343,79	40,92	8,207803	99,66302	0,3	
8	Ciego		354,38	356,06	1,68	0,336977	100	0,0	
					498,55	100			

ANEXO 3

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA HARINA PREPARADA DEL DISTRITO DE CALLAO

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	277,2703548	2	138,6351774	0,0886576	0,915555976	3,554557146
Dentro de los grupos	28146,86037	18	1563,714465			
Total	28424,13073	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina preparada del distrito de Callao.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA HARINA SIN PREPARAR DEL DISTRITO DE CALLAO

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	400,6259191	2	200,3129595	0,11931034	0,88822834	3,55455715
Dentro de los grupos	30220,62567	18	1678,923648			
Total	30621,25159	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores de F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina sin preparar del distrito de Callao.

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA HARINA A GRANEL DEL
DISTRITO DE CALLAO**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	429,285812	2	214,642906	0,1396623	0,87058512	3,55455715
Dentro de los grupos	27663,674	18	1536,87078			
Total	28092,9598	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores de F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina a granel del distrito de Callao.

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA HARINA PREPARADA DEL
DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	144,7508675	2	72,37543373	0,046838215	0,954357674	3,554557146
Dentro de los grupos	27813,99343	18	1545,221857			
Total	27958,74429	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores de F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina preparada del distrito de San Juan de Lurigancho.

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA HARINA SIN PREPARAR DEL
DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	454,624278	2	227,312139	0,13671103	0,87311928	3,55455715
Dentro de los grupos	29928,9569	18	1662,71983			
Total	30383,5812	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores de F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina sin preparar del distrito de San Juan de Lurigancho.

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA HARINA A GRANEL DEL
DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	472,936239	2	236,468119	0,14488766	0,86611829	3,55455715
Dentro de los grupos	29377,4236	18	1632,07909			
Total	29850,3599	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores de F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina a granel del distrito de San Juan de Lurigancho.

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA HARINA PREPARADA DEL
DISTRITO DE COMAS**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	357,6801271	2	178,8400636	0,115623189	0,891467068	3,554557146
Dentro de los grupos	27841,48386	18	1546,749103			
Total	28199,16398	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina preparada del distrito de Comas.

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA HARINA SIN PREPARAR DEL
DISTRITO DE COMAS**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	398,9761683	2	199,4880842	0,118791273	0,888683487	3,554557146
Dentro de los grupos	30227,68781	18	1679,31599			
Total	30626,66398	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina sin preparar del distrito de Comas.

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA HARINA A GRANEL DEL
DISTRITO DE COMAS**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	579,3813118	2	289,6906559	0,188855801	0,829525342	3,554557146
Dentro de los grupos	27610,65203	18	1533,925113			
Total	28190,03334	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina a granel del distrito de Comas.

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA HARINA PREPARADA DEL
DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	628,7291343	2	314,3645672	0,183866219	0,833590288	3,554557146
Dentro de los grupos	30775,43142	18	1709,74619			
Total	31404,16055	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina preparada del distrito de San Martin de Porres.

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA HARINA SIN PREPARAR DEL
DISTRITO DE COMAS**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	364,644085	2	182,3220425	0,109493443	0,896880407	3,554557146
Dentro de los grupos	29972,54144	18	1665,141191			
Total	30337,18553	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina sin preparar del distrito de San Martin de Porres.

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA HARINA A GRANEL DEL
DISTRITO DE COMAS**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	509,8727301	2	254,936365	0,155661621	0,85698848	3,554557146
Dentro de los grupos	29479,67873	18	1637,75993			
Total	29989,55146	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina a granel del distrito de San Martin de Porres.

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA HARINA PREPARADA DEL
DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	255,7323733	2	127,8661867	0,091406363	0,913067647	3,554557146
Dentro de los grupos	25179,77191	18	1398,876217			
Total	25435,50428	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina preparada del distrito de Villa el Salvador.

**ANÁLISIS DE VARIANZA EN EL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR
PARA HARINA SIN PREPARAR**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	427,9150701	2	213,9575351	0,13288817	0,876414043	3,554557146
Dentro de los grupos	28981,02764	18	1610,057091			
Total	29408,94271	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina sin preparar del distrito de Villa el Salvador.

**ANÁLISIS DE VARIANZA EN EL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR
PARA HARINA A GRANEL**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1127,638215	2	563,8191077	0,338074311	0,717573933	3,554557146
Dentro de los grupos	30019,26979	18	1667,73721			
Total	31146,908	20				

A partir del análisis de varianza, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores F(X)% en los tiempos de tamizado (5,10 y 15 min) para la harina a granel del distrito de Villa el Salvador.

ANEXO 4

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES ENTRE LOS DISTRITOS Y TIPOS DE HARINA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Mercados	208,9216381	4	52,23040953	0,03290505	0,997885208	2,472927039
Tipo de harinas	1097,316656	2	548,6583279	0,34565365	0,708692971	3,097698035
Interacción	78,48542085	8	9,810677606	0,00618071	0,999999983	2,042985658
Dentro del grupo	142857,5965	90	1587,306628			
Total	144242,3202	104				

A partir del análisis de varianza de dos factores, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores $F(X)\%$ entre los departamentos y tipos de harina (Harina preparada, harina sin preparar y harina a granel).

ANEXO 5

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES CON VARIAS MUESTRAS POR GRUPO ENTRE LOS DISTRITOS Y TIPOS DE HARINA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Distritos	7,27596E-12	4	1,81899E-12	1,52908E-14	1	2,397828208
Tipo de harinas	7,27596E-12	2	3,63798E-12	3,05815E-14	1	3,021896302
Interacción	0	8	0	0	1	1,965269365
Dentro del grupo	41041,21737	345	118,9600504			
Total	41041,21737	359				

A partir del análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo, se obtiene que no hay diferencia significativa de los valores $f(x)\%$ entre los departamentos y tipos de harina (Harina preparada, harina sin preparar y harina a granel).

ANEXO 6

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES CON UNA SOLA MUESTRA POR GRUPO

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Funciones de distribución	0,002218331	4	0,000554583	40,6688733	2,323E-05	3,83785335
Tipo de harinas	1,6059E-05	2	8,02948E-06	0,58882089	0,57734517	4,45897011
Error	0,000109092	8	1,36365E-05			
Total	0,002343483	14				

A partir del análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo, se obtiene que existe diferencia significativa de los valores R^2 entre los tipos de harina (Harina preparada, harina sin preparar y harina a granel), sin embargo, no existe diferencia significativa entre las funciones de distribución (RR, GGM, GGS, N, LN)