

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**“MAGISTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA CALIDAD”**

**TEMA:**

**“DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DEL GLUTEN HÚMEDO EN  
LA PRODUCCIÓN DE GALLETAS DULCES EMPLEANDO DISEÑO  
EXPERIMENTAL ESTADÍSTICO”**

**AUTOR:**

**COQUE MACÍAS RONALD GABRIEL**

**Guayaquil-Ecuador**

**AÑO**

**2016**

## **DEDICATORIA**

*A mis Padres Eduardo y Narcisa por el ejemplo de perseverancia que me han dado siempre.*

*A mi esposa Tania por estar siempre a mi lado y apoyarme en cada uno de mis proyectos.*

*A todos los que luchan por ser cada día mejores profesionales y sobretodo mejores personas.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por ser el guía que siempre me enseñó el camino.*

*A mi esposa y padres por todo el apoyo brindado en esta etapa.*

*A mi directora de tesis, a los profesores, compañeros y todas las personas que directa e indirectamente han aportado en este proceso.*

## DECLARACIÓN EXPRESA

*La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.*




Ing. Ronald Coque M.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

MBA. Solange Cevallos Quimi  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



---

Sandra Garcia Bustos, P.hD.  
DIRECTOR DEL PROYECTO



---

MPC. Diana Montalvo Barrera  
VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTOR



Ing. Ronald Coque M.

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DECLARACIÓN EXPRESA.....	IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.....	V
AUTOR .....	VI
CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
INDICÉ DE GRÁFICOS .....	XII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	XIII
DEFINICIONES Y ABREVIATURAS:.....	XIV
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	3
1.5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. MARCO TEÓRICO .....	5
2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL ESTADISTICO.....	5
2.3. PRUEBA DE NORMALIDAD ANDERSON DARLIN.....	6
2.4. HERRAMIENTAS ESTADISTICAS .....	7
2.5. HERRAMIENTAS DE CALIDAD .....	15
CAPÍTULO III.....	17
3. ANTECEDENTES .....	17
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	17
3.1.1. CAPACIDAD INSTALADA .....	17
3.1.2. FICHA TECNICA DE GALLETA MARÍA.....	20
3.2. ARRANQUE DE PRODUCCIÓN.....	20

3.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO INICIAL.....	22
3.3.1	PRODUCCIÓN TRIMESTRE I.....	22
3.3.2	ANÁLISIS DE CAUSA Y PLANES DE ACCIÓN.....	23
3.3.3	ANÁLISIS INICIAL DE PERSONAL.....	24
3.3.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO TRIMESTRE I.....	24
CAPITULO IV.....		31
4.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	31
4.1	ANTECEDENTES.....	31
4.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO (MUESTREO DE DATOS).....	35
4.2.1	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	37
4.2.2	PRUEBA DE NORMALIDAD.....	39
4.2.3	HISTOGRAMA DE EFICIENCIAS.....	40
4.2.4	PRUEBAS DE NORMALIDAD INDIVIDUALES POR TIPO DE GLUTEN. ..	41
4.2.5	INTERACCIÓN DE MEDIAS.....	44
4.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO (COMPROBACIÓN CON LA TOTALIDAD DE LA POBLACIÓN).....	45
4.4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
4.4.1	CONCLUSIONES.....	52
4.4.2	RECOMENDACIONES.....	52
CAPÍTULO V.....		53
5.	CONTROLES OPERACIONALES.....	53
5.1	PERSONAS.....	53
5.1.1	SITUACIÓN ACTUAL (LAY OUT ORIGINAL).....	53
5.1.2	PROYECTO DE MEJORA.....	57
5.1.3	ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....	58
5.2	PROCESOS DE CALIDAD.....	59
5.2.1	PESO CRUDO:.....	60
5.2.2	PESO COCIDO:.....	65
5.2.3	ESPESOR.....	67
5.2.4	HUMEDAD.....	71
CAPÍTULO VI.....		75
6.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	75
6.1	ESTRUCTURA DE COSTOS.....	75



6.2	ANTECEDENTES.....	77
6.3	ESTIMACIÓN DE AHORROS.....	78
6.3.1	AHORRO MP.....	78
6.3.2	AHORRO MOD.....	80
6.3.3	AHORRO CONSOLIDADO.....	80
	CONCLUSIONES.....	82
	IMPLEMENTACIONES.....	82
	BIBLIOGRAFÍA.....	83
	ANEXOS.....	84
	ANEXO 1 ESTANDAR DE PROCESO.....	84
	ANEXO 2 FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO.....	85
	ANEXO 3. NORMA INEN 616.....	86
	ANEXO 4. FICHA TÉCNICA HARINA (INICIAL).....	87
	ANEXO 5. FICHA TÉCNICA HARINA (ACTUAL).....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Interpretación del Cpk .....	10
Tabla 2: Capacidad de Producción.....	19
Tabla 3 Producción Inicial – Galleta María .....	22
Tabla 4 Producción Inicial – Junio .....	22
Tabla 5 Producción Trimestre I .....	23
Tabla 6 MOD – INICIAL .....	24
Tabla 7 Resumen de Información de Producción .....	25
Tabla 8 Producción octubre-marzo.....	32
Tabla 9 Información de harina utilizada .....	35
Tabla 10 Combinación Gluten – Humedad.....	36
Tabla 11 Rango Gluten – Humedad .....	36
Tabla 12 Comparación de Medias.....	51
Tabla 13 Comparación de Medianas .....	51
Tabla 14 MOD Actual .....	54
Tabla 15 MOD Esperada.....	58
Tabla 16 Análisis Costo-Beneficio .....	59
Tabla 17 Análisis de capacidad del sistema .....	60
Tabla 18 Límites del gráfico aceptación individuos Peso Crudo .....	61
Tabla 19 Límites gráfico MR (2) Peso Crudo.....	62
Tabla 20 Estimados rango móvil promedio Peso Crudo .....	62
Tabla 21 Límites del gráfico aceptación individuos Peso Crudo mejorado .....	63
Tabla 22 Límites gráfico MR (2) Peso Crudo mejorado .....	63
Tabla 23 Estimados rango móvil promedio Peso Crudo mejorado .....	63
Tabla 24 Especificaciones.....	65
Tabla 25 Límites del gráfico aceptación individuos Peso Cocido.....	66
Tabla 26 Especificaciones del espesor.....	68
Tabla 27 Límites del gráfico aceptación individuos Espesor.....	69
Tabla 28 Límites del gráfico aceptación individuos Espesor mejorado .....	70
Tabla 29 Especificaciones del espesor 2.....	72
Tabla 30 Estructura de Costos.....	76
Tabla 31 Costos 2015.....	77
Tabla 32 Pesos porcentuales de componentes del costo.....	78

Tabla 33 Costos 2016 (Semestre I).....	79
Tabla 34 Ahorro real MP (Semestre I).....	79
Tabla 35 Ahorro estimado MP (Semestre II).....	79
Tabla 36 Ahorro Anual MP .....	80
Tabla 37 Ahorro MOD anual.....	80
Tabla 38 Ahorro consolidado anual (MP-MOD).....	81

## INDICÉ DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Producción Inicial – Galleta María.....	21
Gráfico 2 Diagrama de Caja (Inicial) .....	27
Gráfico 3 Histograma de eficiencia (Inicial).....	28
Gráfico 4 Normalidad de datos (Inicial). .....	29
Gráfico 5 Intervalo de eficiencias (Inicial).....	30
Gráfico 6 Normalidad de datos (Diseño Experimental) .....	39
Gráfico 7 Histograma de eficiencia (Diseño Experimental) .....	40
Gráfico 8 Prueba de Normalidad (Gluten Alto) .....	41
Gráfico 9 Prueba de Normalidad (Gluten Medio) .....	42
Gráfico 10 Prueba de Normalidad (Gluten Bajo).....	43
Gráfico 11 Interacción de Medias .....	44
Gráfico 12 Histograma de eficiencia (Poblacional) .....	46
Gráfico 13Histograma de gluten húmedo (Poblacional) .....	47
Gráfico 14 Diagrama cajas por rango de gluten.....	48
Gráfico 15 Dispersión .....	49
Gráfico 16 Intervalos.....	50
Gráfico 17 Efectos Principales .....	50
Gráfico 18 Capacidad de proceso (peso crudo).....	61
Gráfico 19 Aceptación de Proceso (Peso Crudo) .....	62
Gráfico 20 Aceptación de Proceso AJUSTADO (Peso Crudo) .....	64
Gráfico 21 Capacidad de Proceso (Galleta Cocida).....	66
Gráfico 22 Aceptación de Proceso (Peso Galleta cocida) .....	67
Gráfico 23 Capacidad de Proceso (Espesor) .....	68
Gráfico 24 Aceptación de Proceso (Espesor).....	69
Gráfico 25 Aceptación de Proceso AJUSTADO (Espesor) .....	70
Gráfico 26 Capacidad de Proceso (Humedad).....	72
Gráfico 27 Diagrama de Espina de pescado .....	73

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de Pareto .....	7
Ilustración 2 Histograma de Frecuencias.....	8
Ilustración 3 Gráfico de Control de Medias y Rangos .....	13
Ilustración 4 Gráficos de control para atributos.....	14
Ilustración 5 Diagrama de Proceso.....	15
Ilustración 6 Espina de Pescado (ISHIKAWA).....	16
Ilustración 7 Personal en masas.....	55
Ilustración 8 Personal en Horno. ....	55
Ilustración 9 Personal EP .....	56
Ilustración 10 Personal ES .....	56
Ilustración 11 Sellado y encartonado.....	57
Ilustración 12 Diseño de automatización .....	57

## **DEFINICIONES Y ABREVIATURAS:**

**EP:** Empaque Primario

**ES:** Empaque Secundario

**MOD:** Mano de obra directa. Se considera de esta manera a los operarios que trabajan la totalidad del turno en uno de los procesos productivos de las galletas.

**CFR:** Cumplimiento de plan de producción respecto al estándar

**CUELLO DE BOTELLA:** Capacidad máxima de la línea de producción dada una restricción.

**ANOVA:** Análisis de varianza

**VARIABILIDAD,** dispersión que determina el grado de acercamiento o distanciamiento de los valores de una distribución frente a su promedio.

**MINITAB:** Software estadístico.

**STATGRAFICS:** Software estadístico.

**INEN:** Servicio Ecuatoriano de Normalización.

**NTE:** Norma Técnica Ecuatoriana

**C<sub>p</sub>:** Índice de Capacidad potencial del Proceso. Relación entre la tolerancia específica y la tolerancia natural del proceso.

**C<sub>pk</sub>:** Índice de Capacidad Potencial Real de un proceso, puede verse como el ajuste del índice C<sub>p</sub> para tomar en cuenta el centrado del proceso.

**P<sub>p</sub>:** Indicador del desempeño potencial del proceso (Process Perfomance)

**P<sub>pk</sub>:** Indicador del desempeño Real de un proceso.

**DPMO:** Defectos Por Millón de Oportunidades.

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

En los mercados actuales no sólo se compite por calidad sino también por costos, por tal motivo las empresas deben buscar optimizar sus recursos de la mejor manera con el objetivo de obtener la rentabilidad esperada por los dueños y/o accionistas de las compañías.

Este proyecto nace con la idea de identificar por medio de diseño experimental el valor óptimo en un componente en la materia prima “Harina” para maximizar la utilidad de la empresa de la industria alimenticia.

La empresa de estudio, es una empresa dedicada a la fabricación de galletas dulces tipo Maria domiciliada en la ciudad de Riobamba con más de 100 años en el mercado nacional.

La manufactura de los productos se desarrolla a base de la materia prima “Harina”, donde el componente “gluten húmedo” es fundamental para el desarrollo de la galleta y la eficiencia de la línea de producción.

La aplicación del diseño experimental tiene como finalidad identificar cuál es el porcentaje óptimo de gluten húmedo en la harina para obtener la mejor eficiencia de producción en cuanto a rendimiento y costo.

## 1.1. PROBLEMÁTICA

La alta competitividad de las empresas dentro de la industrial galletera donde compiten empresas no sólo del país sino multinacionales de la región y del mundo ocasiona que se busque optimizar los recursos para poder ofrecer productos de buena calidad y además a mejor costo en el mercado.

La empresa “Maria” es una marca de más de cien años en el mercado sin embargo es nueva en la línea de galletería, por tal motivo se han presentado inconvenientes en el arranque de la producción en una planta nueva ubicada en la ciudad de Riobamba.

Estos problemas están afectando principalmente la eficiencia de la línea y por ende el costo y competitividad en el mercado. Las causas recaen sobre la harina que se está utilizando en el proceso que no permite el desarrollo idóneo de la galleta generando alto reproceso y bajo cumplimiento del plan de producción versus el estándar definido por el departamento de “Organización Industrial”. Consultando a uno de los dos expertos harineros que hay en Ecuador nos supo identificar que el factor que influye en la harina para la correcta producción de galleta tipo Maria es el gluten húmedo.

El objetivo del diseño experimental estadístico es identificar cual es el rango de gluten húmedo óptimo donde se obtenga la mejor eficiencia en la producción de galleta.



## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El estudio se justifica dado que la Norma Técnica Ecuatoriana de Harina (NTE-INEN-0616) es muy amplia en cuanto al porcentaje de gluten húmedo para la producción de galleta especificando que puede ser aceptada la materia prima cuando el porcentaje sea mayor a 20%.

Sin embargo el gluten húmedo trabaja en función del tipo de galleta a producir, para el caso puntual de la galleta Tipo Maria no está definido el rango óptimo que debe tener la materia prima para ser aceptada.

La función principal del gluten húmedo en el proceso es dar estructura a la masa para que pueda formarse la galleta en el horno en las geometrías que se deseen. Mucho gluten húmedo o en su defecto poco de esta proteína encoge la masa y deforma la galleta.

## **1.3. OBJETIVO GENERAL.**

Aumentar la productividad (relación Kilos/HH) de la línea basados en un diseño experimental que permita identificar el porcentaje de gluten húmedo óptimo en la harina para la producción de galletas dulces (Tipo Maria de 5.5 gr) en Planta ubicada en la ciudad de Riobamba

## **1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.**

- Identificar el rango o porcentaje de gluten húmedo óptimo en la harina para la producción de galletas dulces mediante diseño experimental.
- Definir el LAY OUT que permita optimizar la MOD en la línea.
- Definir controles estadísticos para la producción de galleta dulces tipo Maria.

## 1.5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto esta dividió de la siguiente manera:

En el CAPITULO DOS se realiza una descripción bibliografía de las técnicas estadísticas aplicables en el desarrollo de la metodología.

En el CAPITULO TRES se realiza una breve descripción de la empresa, procesos, y capacidades operativas de las líneas.

En el CAPITULO CUATRO se realiza un análisis del arranque de producción y el diseño experimental de estudio con las recomendaciones del caso.

En el CAPITULO CINCO se define el lay out y los controles de calidad de la línea de producción.

En el CAPITULO SEIS se presenta un análisis económico de las acciones implementadas.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

Para la realización de este proyecto el marco teórico está enfocado básicamente a un diseño experimental apoyado por herramientas estadísticas y de calidad que contribuyen en la toma de decisiones, entre las cuales se pueden mencionar:

- ✓ Gráficas de cajas
- ✓ Histogramas
- ✓ Graficas de intervalos
- ✓ Pruebas de normalidad
- ✓ Graficas de interacción
- ✓ Graficas de dispersión.
- ✓ Graficas de efectos principales
- ✓ Flujos de procesos
- ✓ Ishikawa

#### 2.2. DISEÑO EXPERIMENTAL ESTADÍSTICO.

Es una técnica utilizada para identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio de experimento. En el experimento se prueban una o más variables para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. Se utilizan tres etapas o fases:

- **Selección**, mediante técnica de recolección de información, se definen elementos o factores que se consideren tengan un impacto en la variable de respuesta de proceso.
- **Clasificación**, mediante pruebas de error, correr lotes, corrida piloto se hacen comparaciones de los métodos aplicados, donde se define el que tiene mayor impacto en la variable de respuesta.

- **Optimización**, Es la evaluación que se obtiene mediante la experimentación.

### 2.3. PRUEBA DE NORMALIDAD ANDERSON DARLIN

En la estadística, la prueba de Anderson-Darling es una prueba no paramétrica sobre si los datos de una muestra provienen de una distribución específica. La fórmula para el estadístico A determina si los datos  $\{Y_1 < \dots < Y_N\}$  vienen de una distribución con función acumulativa F:

$$A^2 = -N - S$$

Donde;

$$S = \sum_{k=1}^N \frac{2k-1}{N} [\ln F(Y_k) + \ln(1 - F(Y_{N+1-k}))]$$

El estadístico de la prueba se puede entonces comparar contra las distribuciones del estadístico de prueba (dependiendo que F se utiliza) para determinar el P-valor.

La prueba de Anderson-Darling es una prueba estadística que permite determinar si una muestra de datos se extrae de una distribución de probabilidad. En su forma básica, la prueba asume que no existen parámetros a estimar en la distribución que se esté probando en cuyo caso la prueba y su conjunto de valores críticos siguen una distribución libre. Sin embargo, la prueba se utiliza con mayor frecuencia en contextos en los que se está probando una familia de distribuciones, en cuyo caso deben ser estimados los parámetros de esa familia y debe tenerse estos en cuenta a la hora de ajustar la prueba estadística y sus valores críticos.

Cuando se aplica para probar si una distribución normal describe adecuadamente un conjunto de datos, es una de las herramientas estadísticas más potentes para la detección de la mayoría de las desviaciones de la normalidad.

## 2.4 HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS

**DIAGRAMA DE PARETO**, Usualmente conocido como “Ley 80-20”, 80% de los problemas son originados por un 20 % de causas. Es una representación gráfica que identifica los problemas más importantes en función de ocurrencia, ayuda a separar los errores críticos de los triviales. (GUTIÉRREZ, 2010 )

Tipo de defecto	Frecuencia	%	Acum. %
C	45	50	50
B	27	30	80
D	9	10	90
A	9	10	100
Total	90	100	

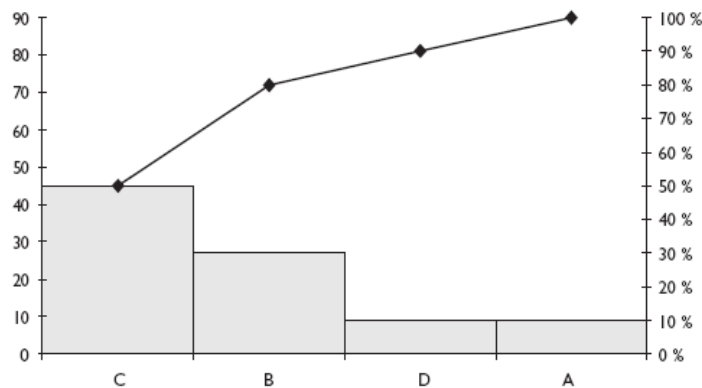


Ilustración 1 Diagrama de Pareto

### Ventajas:

- Permite observar los resultados de las acciones de mejora implantada al comparar dos diagramas del mismo fenómeno en momentos distintos de tiempo.
- Es una herramienta polivalente y fácilmente aplicable.
- Es eficiente y de rápida comunicación ya que permite identificar rápidamente y simple vista el problema más grave.

**HISTOGRAMAS**, es una herramienta que permite visualizar dos aspectos de datos: la tendencia de límite central y la dispersión de los datos, se la obtiene a partir de la tabla de frecuencia mediante la división de los datos en rangos o intervalos de clases.

El histograma muestra la distribución de frecuencias de un conjunto de valores mediante la representación con barras.

Son aplicables en la elaboración de informes, análisis, estudios de capacidades de procesos. Pueden tener distintas formas según la distribución de la frecuencia de las variables conocida:

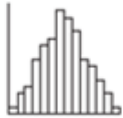
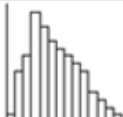
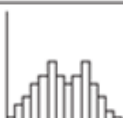
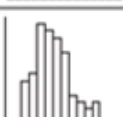
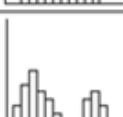
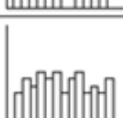
Histograma	Tipo
	Comportamiento normal. La distribución es simétrica ya que los datos están agrupados alrededor de un valor central.
	Distribución sesgada, que en algunos procesos se da de forma natural. Es asimétrica ya que los datos presentan una mayor o menor variabilidad respecto al valor central.
	Comportamiento bimodal. Suele producirse cuando se combinan los resultados de dos procesos diferentes (datos de distintos turnos, operarios, máquinas, instrumentos de medición, etc.).
	Comportamiento truncado. Se presenta cuando se ha realizado una recogida de datos incompleta o se han rechazado datos que estaban por encima o por debajo de cierto valor.
	Comportamiento con un pico aislado. Aparece un grupo de datos aislado del resto del histograma. Las causas pueden ser errores de medida en la toma de datos o incidencia especial en el proceso.
	Distribución rectangular. Puede ser el caso extremo de la distribución bimodal. Es debido a la combinación de múltiples procesos o errores de medición.

Ilustración 2 Histograma de Frecuencias

### Limitación:

- No permite identificar las causas de variación dentro de un periodo de tiempo.
- Para su preparación se necesita una gran cantidad de datos como mínimo 50 para identificar la distribución.

**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE PROCESO**, se puede decir que es un examen de la variabilidad y distribución inherente de un proceso, con objeto de estimar su habilidad para producir resultados conformes con el rango de variación permitido por las especificaciones. (BESTERFIELD, 2010)

### 1. La capacidad de proceso de Corto Plazo.

Puede expresarse como un índice, que relaciona la variabilidad real del proceso con la tolerancia permitida por las especificaciones.

- **C<sub>p</sub>**, Índice de capacidad potencial del proceso, que resulta de dividir el ancho de las especificaciones (variación tolerada) entre la amplitud de la variación natural del proceso.

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

$$C_p = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}}$$

Donde ES representa el límite de especificación superior y EI, el límite de especificación inferior.

- **C<sub>pk</sub>**, es otro índice que describe la capacidad real de un proceso que puede o no estar centrado. Puede verse como un ajuste del índice C<sub>p</sub>.

El  $C_{pk}$  es especialmente aplicable a situaciones que involucran especificaciones unilaterales.

$$Cpk = \text{Minimo} \left[ \frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right]$$

**Interpretación de  $C_{pk}$**

$C_{pk}$ siempre va ser menor o igual que $C_p$	Cuando son muy próximos, esto indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real es similar.
$C_{pk}$ es mucho más pequeño que $C_p$	Significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones.
$C_{pk} > 1,25$	Se considera que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria.
$C_{pk}$ cero o negativos	Indica que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

Tabla 1 Interpretación del  $C_{pk}$

**2. Capacidad de largo Plazo e índice  $P_p$  y  $P_{pk}$**

La capacidad de largo plazo se calcula con muchos datos tomados de un período de tiempo suficientemente largo como para que los factores externos influyan en el desempeño del proceso y  $\sigma$  se estima mediante la desviación estándar de todos los datos.

Los índices están enfocados en el desempeño del proceso a largo plazo, y no sólo a su capacidad.

- $P_p$ , Indicador del desempeño potencial del proceso (Process Perfomance), se lo obtiene de forma similar al  $C_p$  pero usando la desviación estándar de largo plazo ( $\sigma_L$ ).



$$Pp = \frac{ES - EI}{6\sigma_L}$$

- $P_{pk}$ , Es un indicador del desempeño real del proceso, que se calcula de forma similar al índice  $C_{pk}$ , pero usando la desviación estándar de largo plazo ( $\sigma_L$ ).

$$Ppk = \text{Minimo} \left[ \frac{\mu - EI}{3\sigma_L}, \frac{ES - \mu}{3\sigma_L} \right]$$

### 3. Relación entre indicadores de Corto plazo y Largo plazo (Cp y Pp)

Son Índices de capacidad que miden si un proceso puede cumplir con las especificaciones, al calcular una relación entre la dispersión de la especificación y la dispersión del proceso. En general, mientras mayores sean sus valores de Cp y Pp, más capacidad tendrá su proceso. Para calcular los valores de Cp y Pp, se debe conocer los límites de especificación superior e inferior.

- Cp reconocen el hecho de que sus muestras representan subgrupos racionales, lo que indica cómo se comportaría el proceso si se pudieran eliminar los cambios rápidos y graduales entre subgrupos. Por lo tanto, calcula la dispersión del proceso utilizando la variación dentro del subgrupo.
- Pp, por su parte, ignora los subgrupos y considera la variación general de todo el proceso. Esta variación general explica los cambios rápidos y graduales que pueden ocurrir entre subgrupos y, por lo tanto, es útil al medir la capacidad en el tiempo.

Si su valor de Pp difiere considerablemente de su valor de Cp, puede concluir que existe una variación significativa de un subgrupo a otro.

## GRÁFICOS DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO (CEP)

Un gráfico CEP o “gráfico de control” es un gráfico de datos derivados de muestras que se extraen periódicamente de un proceso y se grafican en la secuencia. Se distingue por los “límites de control” que describen la variabilidad inherente del proceso cuando éste es estable.

La función de un gráfico de control es ayudar a evaluar la estabilidad del proceso, y esto se consigue examinando los datos graficados en relación con los límites de control. Se puede graficar cualquier variable (datos que resultan de la medición) o atributo (datos contados).

Para datos de atributos, generalmente se mantienen gráficos de control del número o proporción de unidades no conformes o del número de no conformidades encontradas en las muestras extraídas del proceso.

La forma convencional del gráfico de control para datos variables es el llamado gráfico "Shewhart". Existen otras formas de gráficos de control, cada una con propiedades que son adecuadas para su aplicación en circunstancias especiales.

Las gráficas de control se basan en dibujar estadísticos que se obtienen de muestras tomadas a lo largo del tiempo a fin de detectar y corregir variaciones que puedan afectar al proceso y a la calidad de los productos terminados. Consiste en valorar si el proceso está bajo control o fuera de control en función de unos límites de control estadísticos calculados.

**Tipos de cartas de control**, existen dos tipos de cartas de control: variables y atributos.

- **Cartas para variables**, son aplicadas para características de calidad de tipo continuo que se obtienen de mediciones como: volumen, peso, longitudes, temperaturas, humedad entre otros. Los tipos de cartas más usados son:

- ✓  $\bar{X}$  (De medias)
- ✓ R (De rangos)
- ✓ S (De desviaciones estándar)
- ✓ X (De medias individuales)

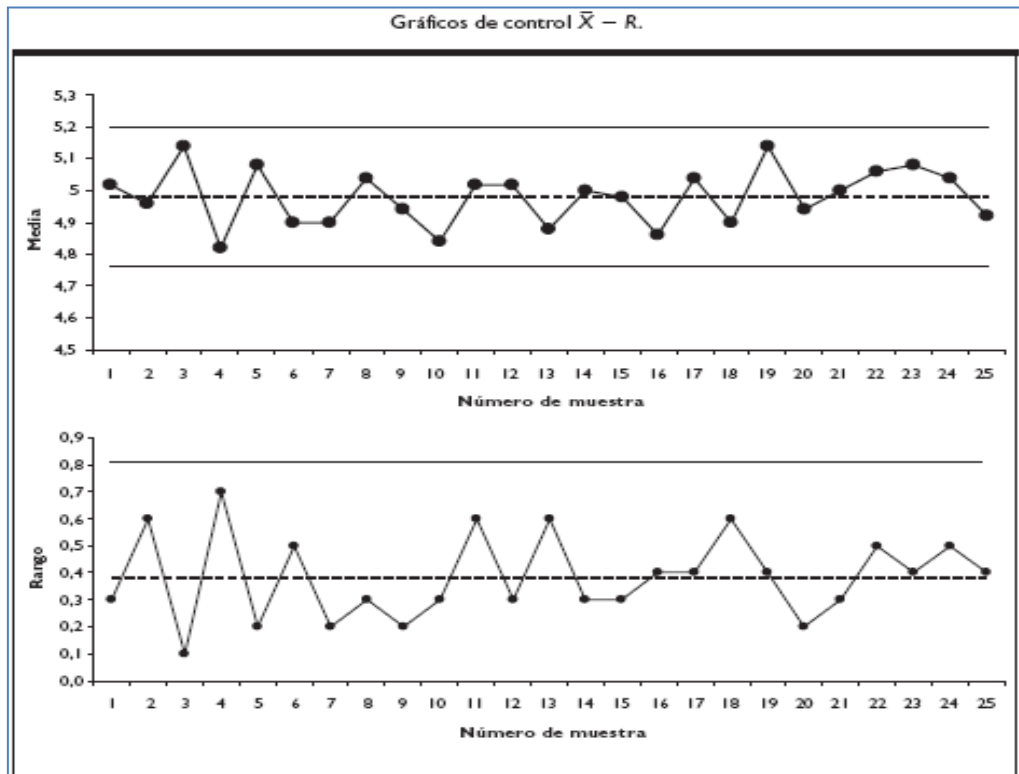


Ilustración 3 Gráfico de Control de Medias y Rangos

- **Carta para atributos**, son aplicadas para características de calidad que no se pueden medir con instrumento, y son del tipo número de defectos o unidades defectuosas. Se tienen las cartas:
  - ✓ P (Proporción o fracción de artículo defectuoso)
  - ✓ Np (Número de unidades defectuosas)
  - ✓ C (Número de defectos)
  - ✓ U (Número promedio de defectos por unidad).

Gráfico de control  $p$ .

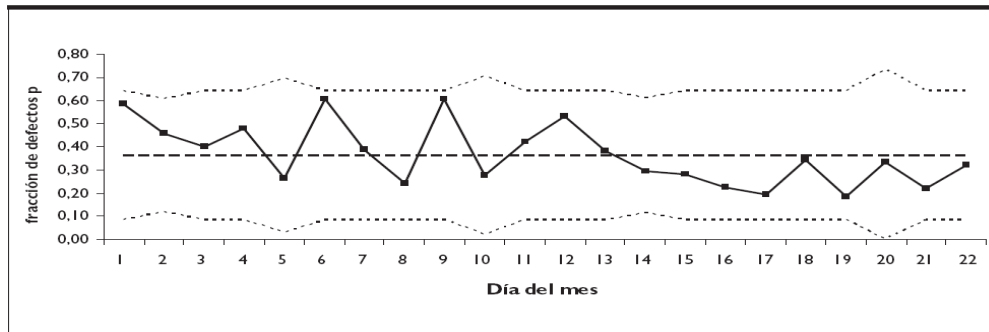


Gráfico de control  $pn$ .

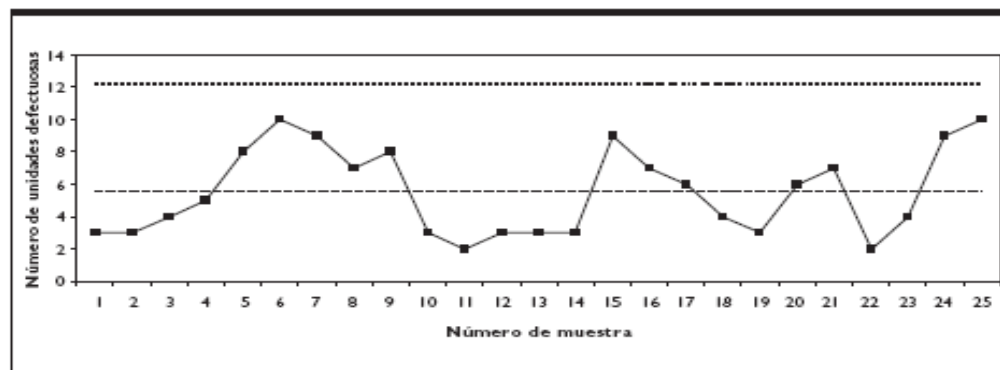


Gráfico de control  $c$ .

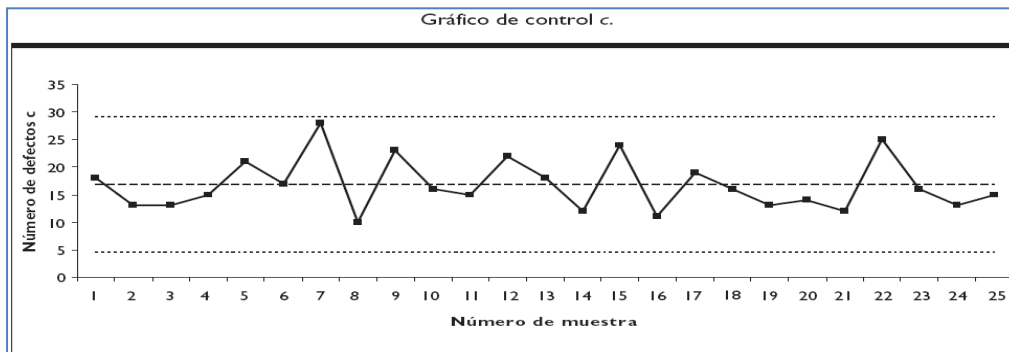


Ilustración 4 Gráficos de control para atributos

## 2.5 HERRAMIENTAS DE CALIDAD

**DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO**, también denominados flujogramas, es una presentación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un Proceso, que incluye transporte, inspecciones, espera, almacenamiento y actividades de re trabajo o reproceso.

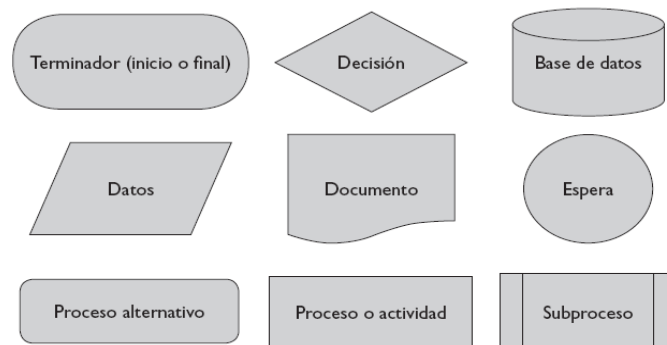


Ilustración 5 Diagrama de Proceso

Son de utilidad para describir cualquier proceso de la organización y puede ser aplicada para:

- Realizar descripciones de los procesos dentro de un sistema de gestión.
- Identificar aspectos claves del proceso.
- Localizar posibles problemas, y llevar a cabo acciones de prevención.

**DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO**, el diagrama Ishikawa o Causa Efecto es un método gráfico que representa una relación de un Efecto Vs la posible causa. Existen 3 tipos de gráficos Ishikawa los cuales son:

- **Método de las 6M**, Es el más usado en el que se agrupan en seis ramas principales 6M: Método de trabajo, Mano de obra, Material, Maquinarias, Medición y Medio Ambiente. Se considera factores importantes en cada punto o M de las cuales se obtiene gran cantidad de elementos asociados a un problema. Es de gran ayuda cuando no se conoce un proceso al detalle

además de concentrarse en características principales del proceso no del producto.

- **Método Tipo de Flujo del proceso.** La base principal es el diagrama Ishikawa en donde se analiza el flujo del proceso, se considera un proceso alternativo y se consideran problemas que no se consideran al inicio, se pueden detectar cuellos de botellas y descubrir problemas ocultos.
- **Método de estratificación,** la base del desarrollo del diagrama es ir directamente a la causa principales pero sin agruparlo en las 6M, es decir mediante una lluvia de ideas pero tomando en cuenta un mínimo de cinco porqués del problema, con el fin de profundizar en la causa. Se genera una lista de causas que se agrupan por afinidad.

**Ventaja:**

- Proporciona una metodología racional para la resolución de problemas.
- Permite sistematizar las posibles causas de un problema.
- Favorece el trabajo en equipo permitiendo que los trabajadores planteen de forma creativa sus opiniones y que la comunicación sea clara y eficaz.

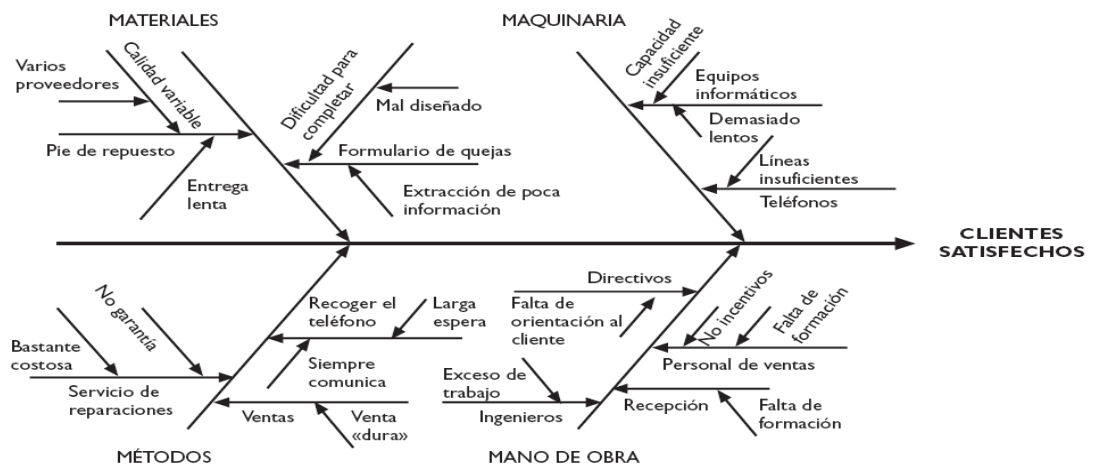


Ilustración 6 Espina de Pescado (ISHIKAWA)

## CAPÍTULO III

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa Maria S.A es una compañía de más de 100 años en el mercado reconocida a nivel nacional por la producción de confites y chocolates de la más alta calidad, sin embargo en 2015 decidió adquirir una planta de producción de galletas en la ciudad de Riobamba para de esta manera ampliar el portafolio de productos que ofrece en el mercado nacional e internacional.

Dentro de la gama de galletería que realiza la empresa existen las galletas cremadas que son las más comunes en el mercado sin embargo por definición del plan estratégico se debe incursionar en el mercado de galletas tipo Maria por ser de bajo costo y de consumo popular dentro del país.

Con estos antecedentes se programaron las pruebas industriales en el mes de mayo y la producción inicial en el mes de junio del 2015.

##### 3.1.1 CAPACIDAD INSTALADA

El proceso productivo de galletas cuenta con las siguientes etapas:

- Preparación de Masa

Consiste en la preparación de la mezcla entre la harina y los componentes menores definidos en la receta para la preparación de la galleta. Se realiza en tanques de acero inoxidable con ruedas que son trasladados a la línea de producción donde por medio de bandas es trasladado hasta el horno.

- Horneado  
Consiste en ingresar la masa al horno después de que en la banda el molde realiza la función de formar las galletas. En el horno existen 5 etapas con la función de cocinar la galleta y que esta pueda mantener la forma y textura a la salida del mismo.
- Enfriamiento  
Proceso automático donde se traslada la galleta desde la salida del horno hasta los recogedores de galletas que reciben el producto y lo almacena en gavetas.
- Empaque Primario (EP)  
Las galletas se reciben en gavetas y son ingresadas a bandas donde se agrupan y empaacan de manera primaria, es decir este empaque está en contacto directo con el producto.
- Empaque Secundario (ES)  
Se reciben las galletas con empaque primario y son guardadas manualmente por operadores en fundas de empaque secundario. Este empaque no está en contacto directo con el producto sino con el empaque primario.
- Sellado y codificado  
Las galletas en empaque secundario son selladas y codificadas por operarios que las comienzan a agrupar en las mesas de encartonado.
- Encartonado  
Los paquetes de galletas sellados son ingresados en cartones y sellados manualmente.



En el tabla 1 “**Capacidad de Producción**” se puede evidenciar el resumen de la capacidad de cada una de las etapas identificadas, además el número de personas que se necesitan en el proceso. El cuello de botella identificado es la etapa de HORNEADO con 7344 kilos de producción en cada turno de 12 horas.

Se considera cuello de botella la etapa del proceso donde se realizan menos kilos por horas producidas y la eficiencia es el 85% porque este valor es real al 100% si el proceso no se detuviera nunca pero de las 12 horas de un turno existen paros programados de arranque (15 minutos), almuerzo (60 minutos) y limpieza (30 minutos), es decir se trabajan 10,25 horas de las 12 horas del turno. (BESALDUSH)

PROCESO (María)	REAL			Estándar 4 Envolvedoras	Limitante de la Línea
	Kilos / hora	Personas	Productividad (Kilos/HH)		
JARABE INVERTIDO	17	1	16,7		
MASA	850	2	425	10200	
HORNEADO	612	3	204,0	7344	7344
E.P	184	4	45,9	8813	
E.S	242	4	60,6	11633	
ENCARTONADO	242	2	121,2	11633	
<b>PERSONAS REQUERIDAS</b>				<b>52</b>	

Tabla 2: Capacidad de Producción  
Fuente: Estándar de Proceso – Empresa  
Elaborado: Por Autor

En el anexo 1. **ESTANDAR DE PROCESO- GALLETA MARÍA** se puede evidenciar al detalle cómo se definió la capacidad de producción de cada una de las etapas del proceso de producción de galleta tipo MARIA y el número de personas totales definidas. Con este estándar el departamento de PLANIFICACIÓN programa el arranque de la línea para el mes de Junio del 2015.

### **3.1.2 FICHA TECNICA DE GALLETA MARÍA**

Para complementar la planificación, el departamento de “Investigación & Desarrollo” definió junto a Calidad la receta (confidencial) y la ficha técnica de la galleta Maria con la cual se va a realizar el producto que va a salir al mercado.

#### **Ficha técnica de la galleta:**

Galleta tipo María es un producto redondo sabor a vainilla a base de harina blanda, azúcar, aceite vegetal y esencia de vainilla principalmente. Entre la harina y azúcar representan el 98% del total de la fórmula por lo tanto son las variables que más impactan en el producto final.

La presentación del producto se realiza en empaque primario conformado por 4 unidades de 5.5 gramos cada una dando un peso neto de 22 gramos en total.

La presentación del producto en empaque secundario es en funda de peso neto de 396 gramos, conformado por la presentación de 18 paquetes de empaque primario.

En el ANEXO 2 FICHA TECNICA GALLETA MARÍA se podrá observar más detalles del producto.

## **3.2 ARRANQUE DE PRODUCCIÓN**

Con estos antecedentes se arrancó la producción el lunes 15 de junio del 2015 después de haber realizado la prueba industrial la semana previa en corridas cortas de 4 horas.

Se considera arranque de producción porque ya estas galletas estaban consideradas para salir al mercado por medio de canal moderno (así se llama a los comisariatos tales como Supermaxi, Mi Comisariato, Mega Santa Maria y Tía).

Se trabajó desde el lunes 15 al jueves 18 de Junio esperando obtener al menos el 85% de eficiencia con las personas definidas en el estándar de proceso. Desafortunadamente no se consiguieron los resultados esperados en la primera semana de producción tal como se puede observar en el siguiente cuadro.

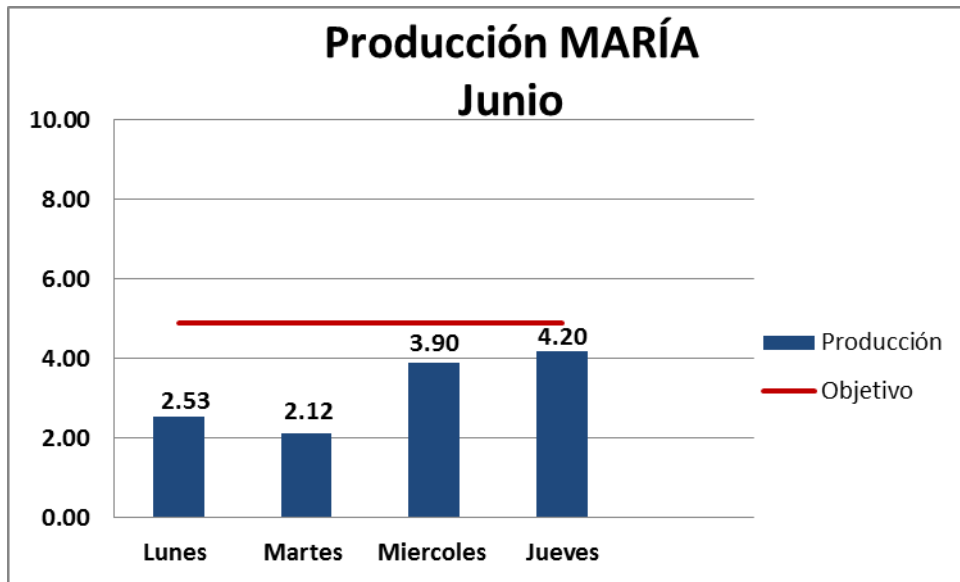


Gráfico 1 Producción Inicial – Galleta María  
Fuente Empresa  
Elaborado: por Autor

En el gráfico 1 “Producción Inicial – Galleta María” se puede apreciar el comportamiento de la primera semana de producción que estuvo siempre por debajo del objetivo diario (4.89 toneladas). Cabe mencionar que para el arranque sólo se consideraron turnos de ocho horas de trabajo por eso el objetivo no es 7.34 toneladas que sería si se decide trabajar turnos de 12 horas.

Al final de la primera semana de producción (y única semana en el mes de Junio) se realizaron 12.75 toneladas de 19.56 planificadas alcanzando una eficiencia del 65.2% tal como se puede apreciar en la tabla 2 “Producción Inicial – Galleta María”.

PRODUCCIÓN MARÍA	TONS
Objetivo	19,56
Real	12,75
Eficiencia (%)	65%

Tabla 3 Producción Inicial – Galleta María  
Fuente Empresa  
Elaborado: por Autor

En cuanto al reproceso el objetivo de la industria galletera es estar por debajo del 4% de re proceso sin embargo en esta primera semana se obtuvo un reproceso acumulado del 12% lo que perjudicó de manera considerable el costo del producto final. En la tabla 3 “Producción Inicial Junio” se puede observar el detalle de lo descrito.

REPROCESO MARÍA	TONS
Producción	12,75
Reproceso (TONS)	1,53
Reproceso (Kg)	12%

Tabla 4 Producción Inicial – Junio  
Fuente Empresa  
Elaborado: por Autor

### 3.3 ANALISIS ESTADISTICO INICIAL

#### 3.3.1 PRODUCCIÓN TRIMESTRE I

Por la buena acogida que tuvo la galleta en los supermercados se programaron producciones para los meses de julio y agosto esperando que con corridas más largas se pueda estabilizar la línea y disminuir los reprocesos y por ende aumentar la eficiencia del proceso.

Efectivamente se obtuvieron mejores resultados como se puede observar en el siguiente cuadro, pero estos números aún no están ajustados a las expectativas de la empresa que tiene como objetivo eficiencia del 95% y reproceso menor al 4% que son los estándares que se manejan en las empresas de la industria galletera. (TENNANT, 2001)

El CFR mide el cumplimiento del plan de producción.

GALLETA MARÍA	KILOS			%		Productividad (Kg/HH)
	Plan	Real	Reproceso	CFR	Repro	
Junio	19584	12757	1530	65%	12%	7,67
Julio	88128	68502	16263	78%	24%	9,15
Agosto	53856	49861	3738	93%	7%	10,90

Tabla 5 Producción Trimestre I  
Fuente Empresa  
Elaborado: por Autor

Con estos antecedentes el Presidente Ejecutivo de la compañía decidió formar un comité técnico para realizar un análisis exhaustivo de lo ocurrido y tomar acciones inmediatas que permitan mejorar los números de la compañía.

### 3.3.2 ANÁLISIS DE CAUSA Y PLANES DE ACCIÓN

En el análisis de causa participaron los departamentos de producción, investigación y desarrollo, calidad y sistemas de gestión, definiendo las siguientes causas y acciones que se pueden apreciar también en el anexo ISHIKAWA

- **Análisis de Causas:**

- ✓ Reproceso Alto a causa de que la masa no desarrolla en la etapa de laminación previa al ingreso del horno por tal motivo después del horno sale deforme.
  - Causa de que la harina no desarrolle puede estar relacionado directamente al gluten húmedo de la harina.
- ✓ Exceso de personas en el proceso.
  - No existe linealidad del proceso.

- **Acciones:**

- ✓ Identificar el rango o porcentaje de gluten húmedo óptimo en la harina para la producción de galletas dulces mediante diseño experimental.
- ✓ Definir el LAY OUT que permita optimizar la MOD en la línea.
- ✓ Definir controles estadísticos para la producción de galleta dulces tipo Maria.

En este análisis de causa se contó con la participación y colaboración de uno de los dos molineros certificados que tiene el país.

### 3.3.3 ANÁLISIS INICIAL DE PERSONAL

El estándar de MOD está definido con 52 personas distribuidas de la siguiente manera:

PERSONA MARÍA		
Etapa del Proceso	Personas	Por 4 Máquinas
Preparación de masas	3	3
Laminación	2	2
Horno	1	1
Recolección de galleta	4	4
Paletizado	2	2
Alimentación de galleta	2	8
Inspectores de paquetes	1	4
Maquinistas	1	4
Empacadores	4	16
Selladores	2	2
Codificadores	2	2
Encartonado	4	4
<b>TOTAL DE PERSONAS</b>		<b>52</b>

Tabla 6 MOD – INICIAL  
Fuente Empresa  
Elaborado: por Autor

Mejoras identificadas reducir el costo del MOD:

- Unir el túnel de enfriamiento con las envolvedoras y analizar el ahorro de personas en el proceso.
- Realiza costo beneficio de la inversión

### 3.3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO TRIMESTRE I

Con la recomendación del especialista en harina (Molinero) se consideraron los siguientes datos para analizar el primer trimestre de producción, teniendo como variable a controlar el Gluten Húmedo (GH).

FECHA	PRODUCTO	PLAN	PROD. KILOS	EFICIENCIA	RETRAB. KILOS	REPROB. %	GH
15/06/2015	MARIA	4896	2537	52%	390	15%	27,50%
16/06/2015	MARIA	4896	2120	43%	489	23%	27,50%
17/06/2015	MARIA	4896	3900	80%	349	9%	25,00%
18/06/2015	MARIA	4896	4200	86%	302	7%	25,00%
01/07/2015	MARIA	4896	4520	92%	801	18%	26,60%
02/07/2015	MARIA	4896	2523	52%	2673	106%	31,00%
03/07/2015	MARIA	4896	3898	80%	789	20%	27,40%
06/07/2015	MARIA	4896	4862	99%	578	12%	25,70%
07/07/2015	MARIA	4896	5372	110%	340	6%	23,20%
08/07/2015	MARIA	4896	5323	109%	291	5%	23,20%
09/07/2015	MARIA	4896	2345	48%	421	18%	26,20%
10/07/2015	MARIA	4896	4289	88%	701	16%	26,20%
13/07/2015	MARIA	4896	2328	48%	331	14%	27,20%
14/07/2015	MARIA	4896	6185	126%	1165	19%	27,20%
15/07/2015	MARIA	4896	3839	78%	528	14%	28,44%
21/07/2015	MARIA	4896	1317	27%	203	15%	28,44%
22/07/2015	MARIA	4896	1465	30%	2891	197%	30,80%
27/07/2015	MARIA	4896	3742	76%	1773	47%	30,80%
28/07/2015	MARIA	4896	4305	88%	189	4%	23,10%
29/07/2015	MARIA	4896	4835	99%	661	14%	27,50%
30/07/2015	MARIA	4896	4122	84%	672	16%	27,50%
31/07/2015	MARIA	4896	3231	66%	1256	39%	30,34%
17/08/2015	MARIA	4896	2700	55%	461	17%	27,50%
18/08/2015	MARIA	4896	2940	60%	401	14%	27,50%
19/08/2015	MARIA	4896	5290	108%	207	4%	22,80%
20/08/2015	MARIA	4896	2964	61%	198	7%	22,80%
21/08/2015	MARIA	4896	3902	80%	104	3%	23,00%
24/08/2015	MARIA	4896	4854	99%	145	3%	23,00%
25/08/2015	MARIA	4896	4111	84%	156	4%	23,00%
26/08/2015	MARIA	4896	6012	123%	602	10%	25,00%
27/08/2015	MARIA	4896	6732	138%	991	15%	25,00%
28/08/2015	MARIA	4896	4582	94%	275	6%	23,50%
30/08/2015	MARIA	4896	5774	118%	198	3%	23,50%

Tabla 7 Resumen de Información de Producción  
Fuente Empresa  
Elaborado: por Autor

### **3.3.4.1 GLUTEN HÚMEDO**

Como se puede observar en el cuadro anterior el gluten húmedo ha presentado diferentes porcentajes en la harina que se ha utilizado para la elaboración de galleta Maria, por tal motivo se definió con el especialista analizar el mejor rango posible de gluten comparado con la eficiencia resultante, para este motivo se realizaron tres grupos de resultados como se puede observar a continuación.

- Gluten menor al 25% ( $GL < 25$ )
- Gluten entre el 25 y 28% ( $25 \leq GL < 28$ )
- Gluten entre el 28 y 31% ( $28 \leq GL < 31$ )

La harina actualmente es comprada a un proveedor en la ciudad de Ambato. Como antecedente se informa que la norma técnica de harina aplicable es la NTE-INEN-0616 donde se especifica que el gluten húmedo debe ser mayor al 20%. Con esta referencia se ha estado comprando la harina para la producción de galleta Maria.

Para realizar un análisis concreto de los resultados se utilizaron los datos del gluten húmedo comparados con la eficiencia de la línea con el objetivo de tener una idea más clara del rango óptimo con el que debe trabajar la compañía para obtener los mejores resultados de producción y por consiguiente de costos.

### **3.3.4.2 DIAGRAMA DE CAJAS.**

Se realiza este análisis estadístico con el objetivo de evidenciar en qué rango de porcentaje de gluten húmedo se obtiene la mayor eficiencia. (TURORIAL MINITAB 16.)



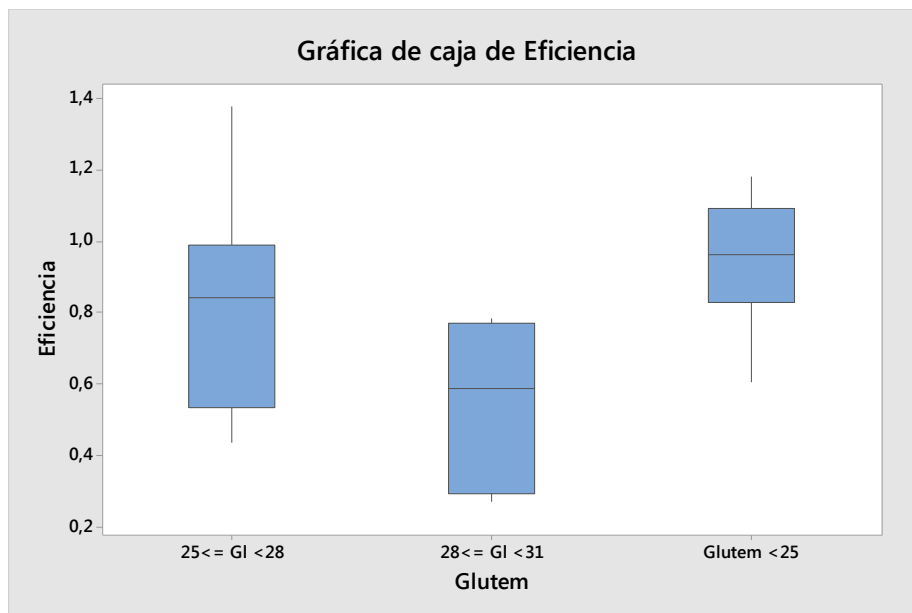


Gráfico 2 Diagrama de Caja (Inicial)  
Elaborado: por Autor  
Herramienta: Minitab 16

Se puede observar que la caja con la eficiencia más alta está cuando el resultado del gluten húmedo es menor al 25%, seguido por la caja cuando el gluten esta entre 25 y 28% y por ltimo cuando el gluten es mayor al 28% la eficiencia es más baja.

### 3.3.4.3 HISTOGRAMA DE EFICIENCIAS / PRUEBA DE NORMALIDAD

Se realiza el análisis por medio de histogramas para visualizar las distribuciones de frecuencias de las eficiencias en los diferentes rangos de gluten húmedo.

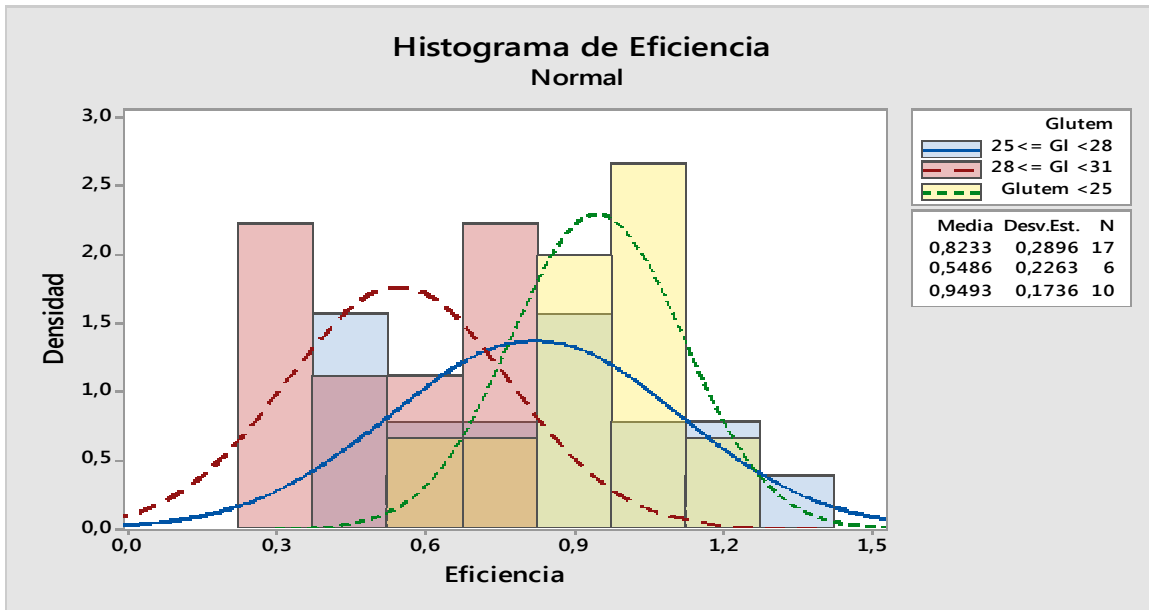


Gráfico 3 Histograma de eficiencia (Inicial).  
 Elaborado: Por Autor  
 Herramienta: Minitab 16

En este gráfico se puede apreciar que la mejor distribución de datos se observa cuando el gluten húmedo es menor al 25%, obteniendo una media de 0,94 y una desviación estándar de 0,173, lo cual nos da motivos para analizar dentro del rango menor a 25%, cuál debería ser el porcentaje de gluten óptimo para hacer más eficiente la producción de galleta Maria.

También se puede observar que la mayor dispersión resulta cuando el gluten húmedo es mayor al 28%, obteniendo la media más baja de los tres rangos analizados.

Así mismo en la gráfica de intervalos de eficiencia vs gluten vemos que los mejores resultados se presentan para el gluten menor al 25%.

Para evidenciar normalidad en los datos se realiza prueba de normalidad Anderson Darling donde se obtiene un valor P de 0,735 como se puede ver en el siguiente gráfico.

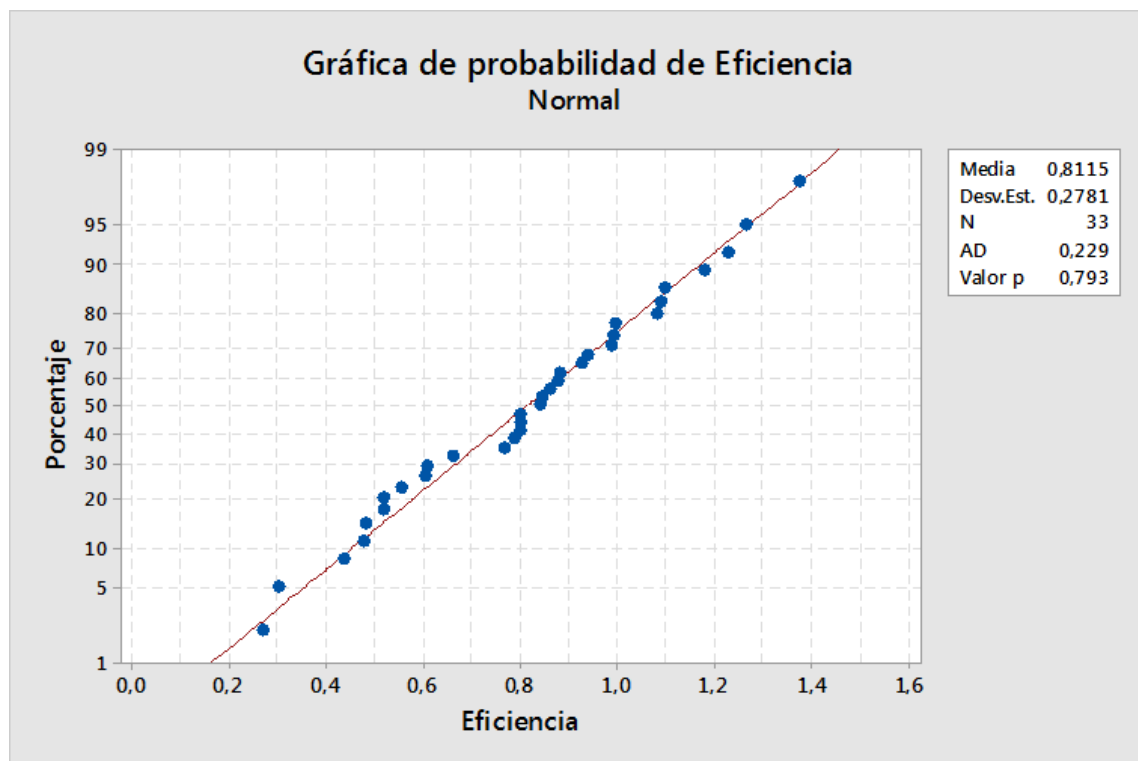


Gráfico 4 Normalidad de datos (Inicial).  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16

### 3.3.4.4 INTERVALOS DE CONFIANZA DE LAS EFICIENCIAS

Con el objetivo de revisar los intervalos entre eficiencia y gluten se realiza este grafico donde se comprueba que los mejores resultados se obtienen cuando el gluten está en el rango menor al 25%.

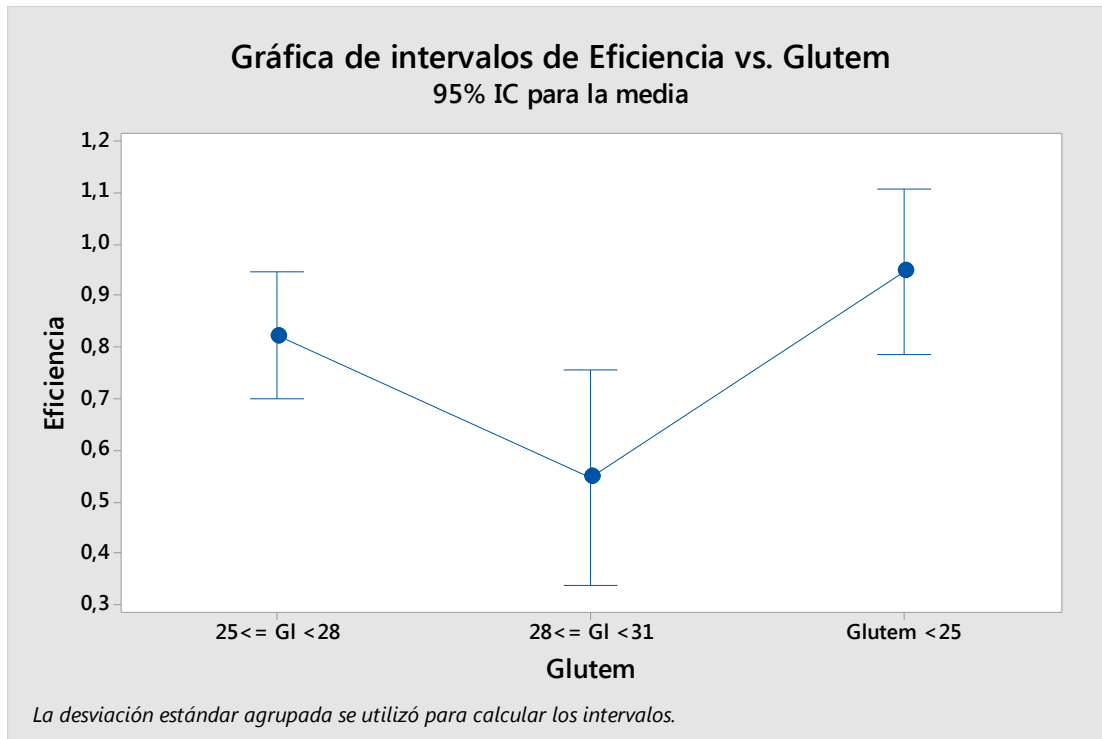


Gráfico 5 Intervalo de eficiencias (Inicial).  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16

### 3.3.4.5 ACCIONES IDENTIFICADAS

Con este análisis la compañía decide trabajar para las próximas producciones con gluten húmedo menor a 25% en la harina. Esta decisión fue aprobada por el Presidente Ejecutivo de la empresa.

## **CAPITULO IV**

### **4. DISEÑO EXPERIMENTAL**

En este capítulo se realizará el diseño de experimentos con el objetivo de identificar cual es el rango óptimo de gluten húmedo en la harina dentro del intervalo [20,25], de manera que pueda obtener la mayor eficiencia de la línea de producción de galletas tipo Maria.

#### **4.1 ANTECEDENTES**

Después de realizar el análisis de causa y las acciones descritas en el capítulo anterior, esta información fue presentada a la Presidencia de la compañía.

La resolución del Presidente de la Compañía fue comprar y trabajar en la línea de galletas tipo Maria únicamente con harina que tenga gluten húmedo menor o igual al 25%.

Con esta aprobación se gestionó con el departamento de “Compras” cambiar al proveedor de Harina ya que al que se le compraba en las primeras producciones no podía asegurar una provisión de gluten húmedo menor al 25%. Por lo tanto se gestionó con la empresa “La Moderna” para realizar la compra de harina con lotes largos y con la condición de que siempre este en el rango entre 20 y 25 el porcentaje de gluten húmedo.

Después de la negociación se comenzó a trabajar desde el mes de octubre con harina de la empresa “La Moderna”. El periodo de este estudio comprenderá los meses de octubre, noviembre y diciembre en el 2015 y febrero y marzo en el 2016.

En los meses de septiembre del 2015 y enero del 2016 por temas de inventario no se planificó producción de galletas tipo Maria. (MONTGOMERY, 2004)

Durante los meses en mención se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a la eficiencia (CFR) y la relación con el gluten húmedo.

GALLETA MARÍA	KILOS			%		Gluten Húmedo	Productividad (Kg/HH)
	Plan	Real	Reproceso	CFR	Repro		
Octubre	73440	68051	4816	93%	7%	22,57%	10,91
Noviembre	73440	69110	4364	94%	6%	22,61%	11,08
Diciembre	80784	80900	3016	100%	4%	22,98%	11,77
Febrero	73440	73788	2696	100%	4%	22,75%	11,83
Marzo	73440	70571	3678	96%	5%	23,71%	11,31

Tabla 8 Producción octubre-marzo

Fuente: Empresa

Elaborado: Por Autor

Como se puede observar el cumplimiento del plan de producción mejoró considerablemente utilizando gluten húmedo menor al 25%. Sin embargo el porcentaje de gluten húmedo es promedio mensual por lo que para realizar un mejor análisis estadístico se considera definir rangos por lotes de harina ingresados a la producción.

Tal como se ha mencionado anteriormente, la norma técnica NTE-INEN-0616 de harina define que el gluten húmedo en la harina debe ser mayor al 20% sin embargo el objetivo del análisis es definir cuál es el rango en el cual se puede obtener un mejor rendimiento en la producción de galleta Maria.

En el capítulo anterior con el análisis estadístico se definió que queda descartada la harina que presente gluten húmedo mayor al 25%, por lo que en este estudio se utilizó harina en el rango entre 20 y 25% de gluten húmedo.

Con colaboración del experto molinero se definieron tres nuevos rangos para poder hacer el análisis estadístico y definir cuál es el óptimo con respecto a la eficiencia.

- Harina (Gluten Bajo)  $20 \leq GH < 22$
- Harina (Gluten Medio)  $22 \leq GH < 24$
- Harina (Gluten Alto)  $24 \leq GH < 25$

Para poder hacer un análisis comparativo también se han recabado datos de la humedad en la harina, según norma técnica la humedad debe ser menor a 15% sin embargo en los lotes recibidos existe variaciones entre 10 y 14,5% de humedad.

A continuación se presentan los lotes de harina recibidos en la producción de los últimos cinco meses de producción, con los respectivos resultados de gluten húmedo y humedad. Con este universo de datos se realizarán todos los análisis estadísticos para definir el porcentaje de gluten húmedo óptimo para la producción de galletas tipo Maria.

FECHA UTILIZACIÓN	PRODUCTO	HARINA UTILIZADA			
		LOTE	GL HÚMEDO	GL SECO	HUMEDAD
10/10/2015	MARIA	27015	24,00%	10,00%	14,00%
11/10/2015	MARIA	27015	24,00%	10,00%	14,00%
12/10/2015	MARIA	27015	24,00%	10,00%	14,00%
13/10/2015	MARIA	27015	24,00%	10,00%	14,00%
14/10/2015	MARIA	27015	24,00%	10,00%	14,00%
17/10/2015	MARIA	27315	20,20%	8,00%	10,00%
18/10/2015	MARIA	27315	20,20%	8,00%	10,00%
19/10/2015	MARIA	27315	20,20%	8,00%	10,00%
20/10/2015	MARIA	27315	20,20%	8,00%	10,00%
21/10/2015	MARIA	27315	20,20%	8,00%	10,00%
24/10/2015	MARIA	28015	23,50%	9,20%	12,00%
25/10/2015	MARIA	28015	23,50%	9,20%	12,00%
26/10/2015	MARIA	28015	23,50%	9,20%	12,00%
27/10/2015	MARIA	28015	23,50%	9,20%	12,00%
28/10/2015	MARIA	28015	23,50%	9,20%	12,00%
07/11/2015	MARIA	29515	21,21%	8,29%	12,00%
08/11/2015	MARIA	29515	21,21%	8,29%	12,00%

09/11/2015	MARIA	29515	21,21%	8,29%	12,00%
10/11/2015	MARIA	29515	21,21%	8,29%	12,00%
11/11/2015	MARIA	29515	21,21%	8,29%	12,00%
14/11/2015	MARIA	29515	22,61%	8,50%	12,00%
15/11/2015	MARIA	29615	22,61%	8,50%	12,00%
16/11/2015	MARIA	29715	22,61%	8,50%	12,00%
17/11/2015	MARIA	29815	22,61%	8,50%	12,00%
18/11/2015	MARIA	29915	22,61%	8,50%	12,00%
21/11/2015	MARIA	29215	24,01%	8,50%	14,20%
22/11/2015	MARIA	29215	24,01%	8,50%	14,20%
23/11/2015	MARIA	29215	24,01%	8,50%	14,20%
24/11/2015	MARIA	29215	24,01%	8,50%	14,20%
25/11/2015	MARIA	29215	24,01%	8,50%	14,20%
07/12/2015	MARIA	30515	22,82%	8,51%	12,00%
08/12/2015	MARIA	30515	22,82%	8,51%	12,00%
09/12/2015	MARIA	30515	22,82%	8,51%	12,00%
10/12/2015	MARIA	30515	22,82%	8,51%	12,00%
11/12/2015	MARIA	30515	22,82%	8,51%	12,00%
12/12/2015	MARIA	30515	22,82%	8,51%	12,00%
14/12/2015	MARIA	30815	23,14%	8,12%	12,50%
15/12/2015	MARIA	30815	23,14%	8,12%	12,50%
16/12/2015	MARIA	30815	23,14%	8,12%	12,50%
17/12/2015	MARIA	30815	23,14%	8,12%	12,50%
18/12/2015	MARIA	30815	23,14%	8,12%	12,50%
19/12/2015	MARIA	30815	23,14%	8,12%	12,50%
06/02/2016	MARIA	0-0315	22,50%	9,00%	12,50%
07/02/2016	MARIA	0-0316	22,50%	9,00%	12,50%
08/02/2016	MARIA	0-0317	22,50%	9,00%	12,50%
09/02/2016	MARIA	0-0318	22,50%	9,00%	12,50%
10/02/2016	MARIA	0-0319	22,50%	9,00%	12,50%
13/02/2016	MARIA	0-0515	23,00%	9,00%	14,50%
14/02/2016	MARIA	0-0515	23,00%	9,00%	14,50%
15/02/2016	MARIA	0-0515	23,00%	9,00%	14,50%
16/02/2016	MARIA	0-0515	23,00%	9,00%	14,50%
17/02/2016	MARIA	0-0515	23,00%	9,00%	14,50%
06/03/2016	MARIA	0-2415	24,00%	8,00%	14,50%
07/03/2016	MARIA	0-2415	24,00%	8,00%	14,50%
08/03/2016	MARIA	0-2415	24,00%	8,00%	14,50%
09/03/2016	MARIA	0-2415	24,00%	8,00%	14,50%
10/03/2016	MARIA	0-2415	24,00%	8,00%	14,50%
13/03/2016	MARIA	0-2415	24,00%	8,00%	14,50%



14/03/2016	MARIA	0-2415	24,00%	8,00%	14,50%
15/03/2016	MARIA	0-2415	24,00%	8,00%	14,50%
16/03/2016	MARIA	0-2415	24,00%	8,00%	14,50%
17/03/2016	MARIA	0-2415	24,00%	8,00%	14,50%
20/03/2016	MARIA	0-5915	23,12%	7,00%	14,00%
21/03/2016	MARIA	0-5915	23,12%	7,00%	14,00%
22/03/2016	MARIA	0-5915	23,12%	7,00%	14,00%
23/03/2016	MARIA	0-5915	23,12%	7,00%	14,00%
24/03/2016	MARIA	0-5915	23,12%	7,00%	14,00%

Tabla 9 Información de harina utilizada

Fuente: Empresa

Elaborado: Por Autor

Como se puede observar se recibieron lotes de producción con gluten entre 20 y 25% de humedad para realizar el estudio que permita definir cuál es el gluten húmedo idóneo para la producción de galleta Maria.

## 4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (MUESTREO DE DATOS).

Para realizar un diseño experimental se han considerado dos variables (18 muestras) que nos afectan en el proceso que son el gluten húmedo y la humedad relativa en la harina que ingresa como materia prima al proceso de producción de galleta Maria.

- Gluten húmedo: según norma técnica INEN (NTE-INEN -0616) debe ser mayor a 20%.
- Humedad: según norma técnica INEN (NTE-INEN -0616) ser menor al 14,5%.

Al observar los resultados del cuadro “Análisis por lote de harina” todos los resultados de la producción de los últimos cinco meses se han comportado de la siguiente manera:

- Gluten Húmedo: entre el 20 y 25%
- Humedad: entre 10 y 14,5%

Para el análisis estadístico se han escogido las siguientes combinaciones de manera aleatoria, tomando dos muestras por cada una de las combinaciones. Las combinaciones definidas se pueden observar en la siguiente tabla.

CONBINACIONES	
Gluten Húmedo	Humedad
B	B
B	M
B	A
M	B
M	M
M	A
A	B
A	M
A	A

Tabla 10 Combinación Gluten – Humedad  
Fuente: Empresa  
Elaborado: Por Autor

Las letras tienen el siguiente significado:

- A: Alto
- B: Medio
- C: Bajo

En el siguiente cuadro se muestra el rango definido para cada una de las combinaciones. Por ejemplo rango alto comprende Gluten Húmedo entre 24 y 25% y humedad alta es cuando el resultado está entre 14 y 15%.

RANGO	GLUTEN	HUMEDAD
ALTO	$24 \leq GH < 25$	$14 \leq GH < 15$
MEDIO	$22 \leq GH < 24$	$12 \leq GH < 14$
BAJO	$20 \leq GH < 22$	$10 \leq GH < 12$

Tabla 11 Rango Gluten – Humedad  
Fuente: Empresa  
Elaborado: Por Autor

Con esta información se procedió a realizar el modelo línea general entre eficiencia vs rango de gluten húmedo y humedad para identificar que significativo podría o no ser una o las dos variables obteniendo los siguientes resultados:

#### 4.2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

##### Modelo lineal general: EFICIENCIA vs. GHUMEN. HUME

Método

Codificación de factores (-1. 0. +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
GHUMEN	Fijo	3	A. B. M
HUME	Fijo	3	A. B. M

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
GHUMEN	2	0,020106	0,010053	12,72	0,002
HUME	2	0,005583	0,002792	3,53	0,074
GHUMEN*HUME	4	0,010783	0,002696	3,41	0,058
Error	9	0,007115	0,000791		
Total	17	0,043587			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,0281168	83,68%	69,17%	34,70%

Como se puede observar la variable gluten húmedo tiene un valor significativo dentro del modelo (valor P 0,007) no así la variable humedad (valor P 0,074), ni la multiplicación de ambos factores (valor P 0,058), este último si bien es cierto se acerca a ser significativo pero no alcanza un valor menor a 0,05.

Para descartar que efectivamente la humedad no es significativa, se realiza análisis estadístico ANOVA de un solo factor evaluando la eficiencia con respecto a la humedad, obteniendo los siguientes resultados.

### ANOVA de un solo factor: EFICIENCIA vs. HUMEDAD

#### Método

Hipótesis nula                      Todas las medias son iguales  
Hipótesis alterna                  Por lo menos una media es diferente  
Nivel de significancia       $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

#### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
HUMEDAD	6	10,00%. 11,00%. 12,00%. 13,00%. 14,00%. 14,50%

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
HUMEDAD	5	0,01453	0,002907	1,20	0,366
Error	12	0,02905	0,002421		
Total	17	0,04359			

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,0492034	33,35%	5,58%	0,00%

Como se puede observar se obtiene un valor P de 0,366 que es mayor a 0,05 demostrándose así que la variable humedad no es significativa.

#### 4.2.2 PRUEBA DE NORMALIDAD

Para comprobar que los datos mantienen una distribución normal se analiza por medio del método Anderson Darling la normalidad de los datos, obteniendo el siguiente resultado. (Zurita, 2008)

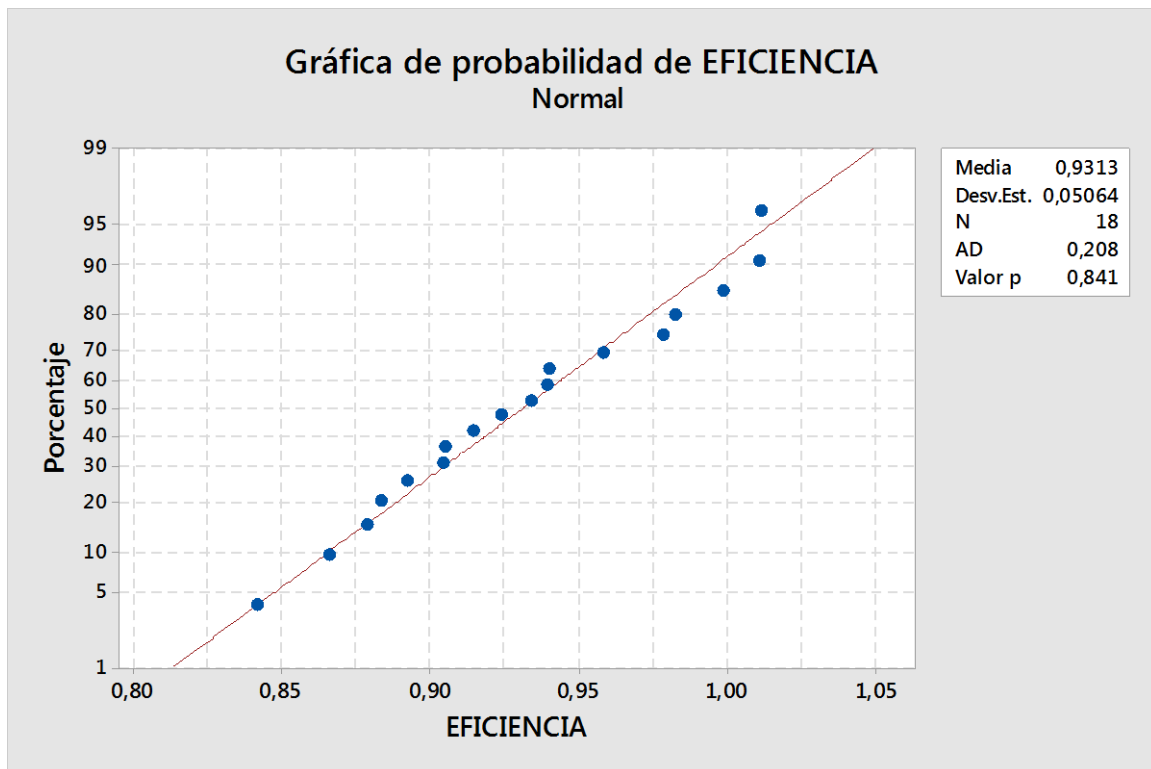


Gráfico 6 Normalidad de datos (Diseño Experimental)  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16

Se puede observar un valor P 0,841 que demuestra efectivamente no se puede rechazar la normalidad de los datos del estudio. Con este antecedente y considerando que la variable significativa es el “Gluten Húmedo” se procede a evaluar por medio de graficas la eficiencia según el gluten húmedo en la harina (Alto, medio y bajo).

### 4.2.3 HISTOGRAMA DE EFICIENCIAS

Se realiza análisis estadístico por medio del histograma de eficiencias con el objetivo de identificar por tipo de gluten el comportamiento de las gráficas.

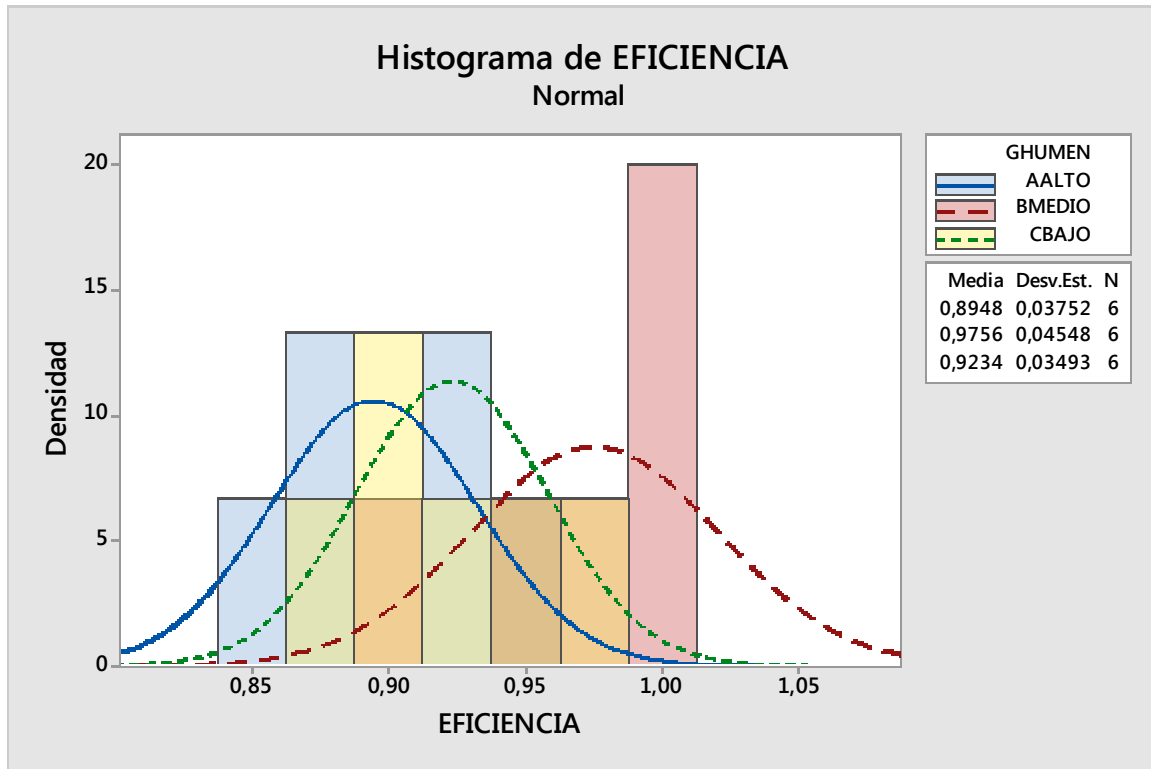


Gráfico 7 Histograma de eficiencia (Diseño Experimental)  
 Elaborado: Por Autor  
 Herramienta: Minitab 16

Al observar las curvas podemos observar que existe una mejor distribución en la gráfica BMEDIO que es la que contiene gluten húmedo entre 22 y 23% en la harina.

Así mismo se evidencia que cuando trabajamos con gluten alto la media de la eficiencia es el 89,48%, cuando trabajamos con gluten bajo es el 92,34% y cuando trabajamos con gluten medio obtenemos una eficiencia media del 97,56% un número interesante si consideramos que el objetivo de la eficiencia de la línea es el 95%.

La desviación estándar más elevada también se presenta cuando trabajamos con gluten húmedo MEDIO. Hay que considerar que los datos fueron tomados aleatoriamente de los resultados generales de los últimos 5 meses de producción.

#### 4.2.4 PRUEBAS DE NORMALIDAD INDIVIDUALES POR TIPO DE GLUTEN.

Considerando lo significativo que es el gluten procedemos a hacer una prueba de normalidad de Anderson Darling para los rangos alto, medio y bajo como se muestra a continuación.

##### 4.2.4.1 GLUTEN HÚMEDO ALTO ( $24 \leq GH < 25$ )

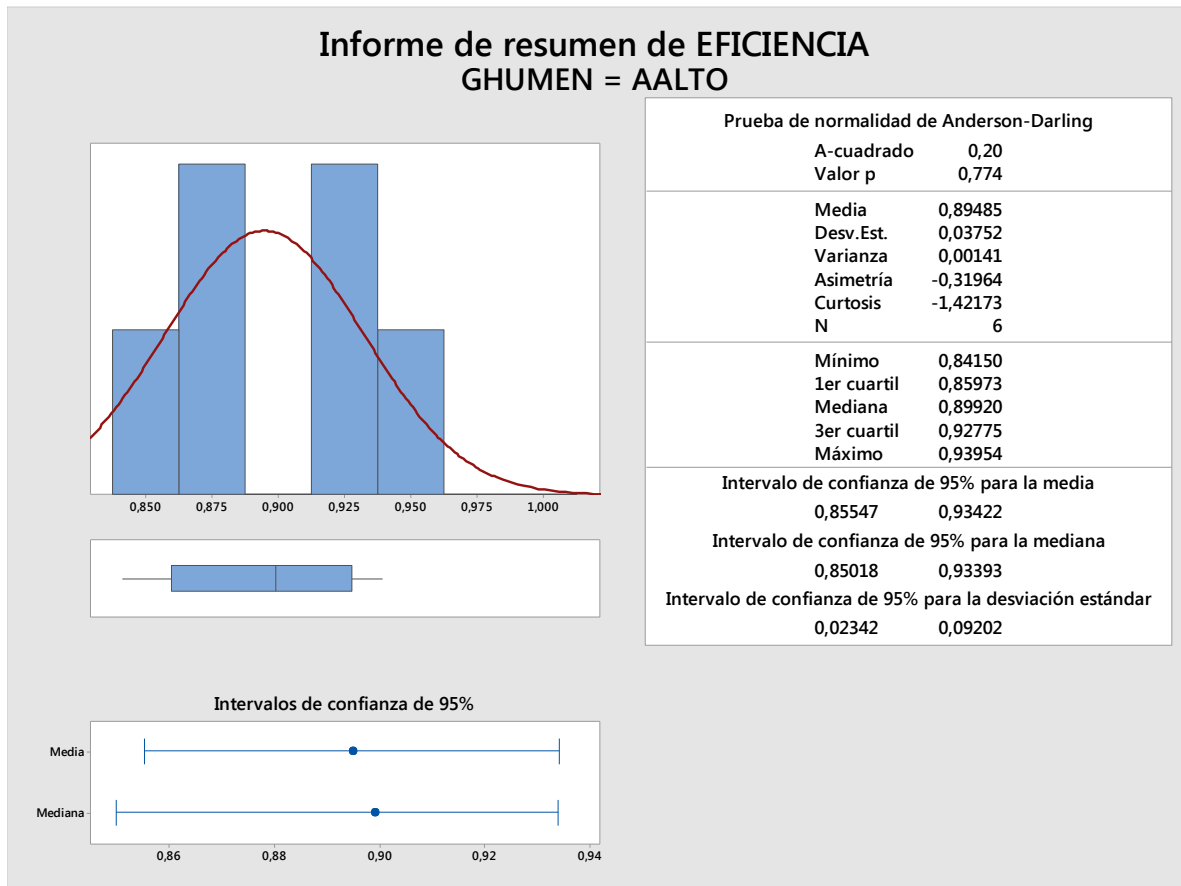


Gráfico 8 Prueba de Normalidad (Gluten Alto)  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16

El valor P es 0,774 es decir mayor a 0,05 por lo cual no se rechaza normalidad para la eficiencia del gluten húmedo “rango alto”.

Se puede observar también que tenemos una media de 89% y una desviación estándar de 0,037 lo que está por debajo de lo esperado en la producción de galleta Maria. El rango de eficiencia va desde 84% hasta un máximo de 93%, lo que indica que está por abajo del objetivo de la compañía que es el 95% de eficiencia.

#### 4.2.4.2 GLUTEN HÚMEDO MEDIO (22<=GH<24)

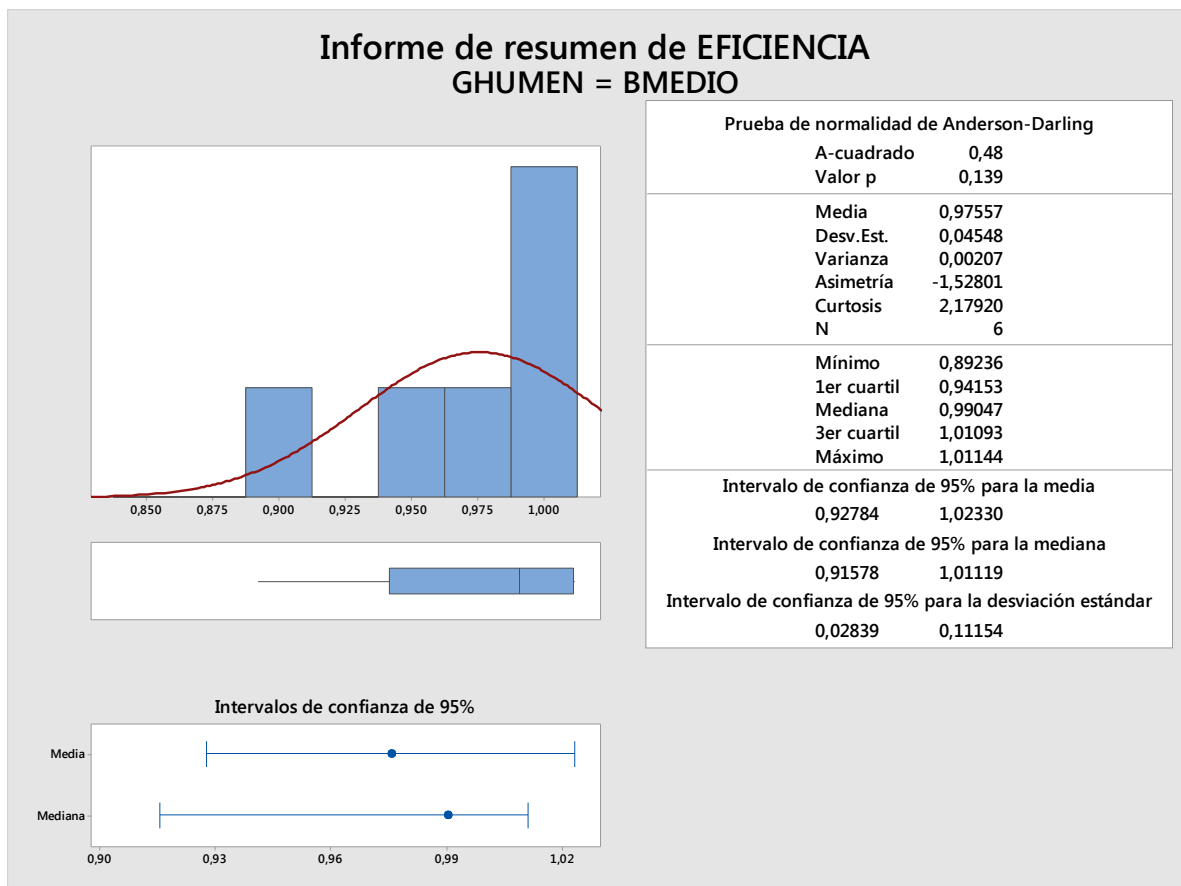


Gráfico 9 Prueba de Normalidad (Gluten Medio)  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16



El valor P es 0,139 es decir mayor a 0,05 con lo que no se puede rechazar normalidad para eficacia cuando el gluten húmedo está en el rango medio.

Se puede observar que tenemos una media de 97% y una desviación estándar de 0,045 lo que está dentro de la eficiencia esperada para la producción de galleta Maria. Podemos observar también que el rango de eficiencia va desde 89% en el mínimo al 101%, lo que demuestra que con esos datos pudiéramos trabajar si mantenemos el control adecuado del porcentaje de gluten húmedo en la harina.

#### 4.2.4.3 GLUTEN HÚMEDO BAJO ( $20 \leq GH < 22$ )

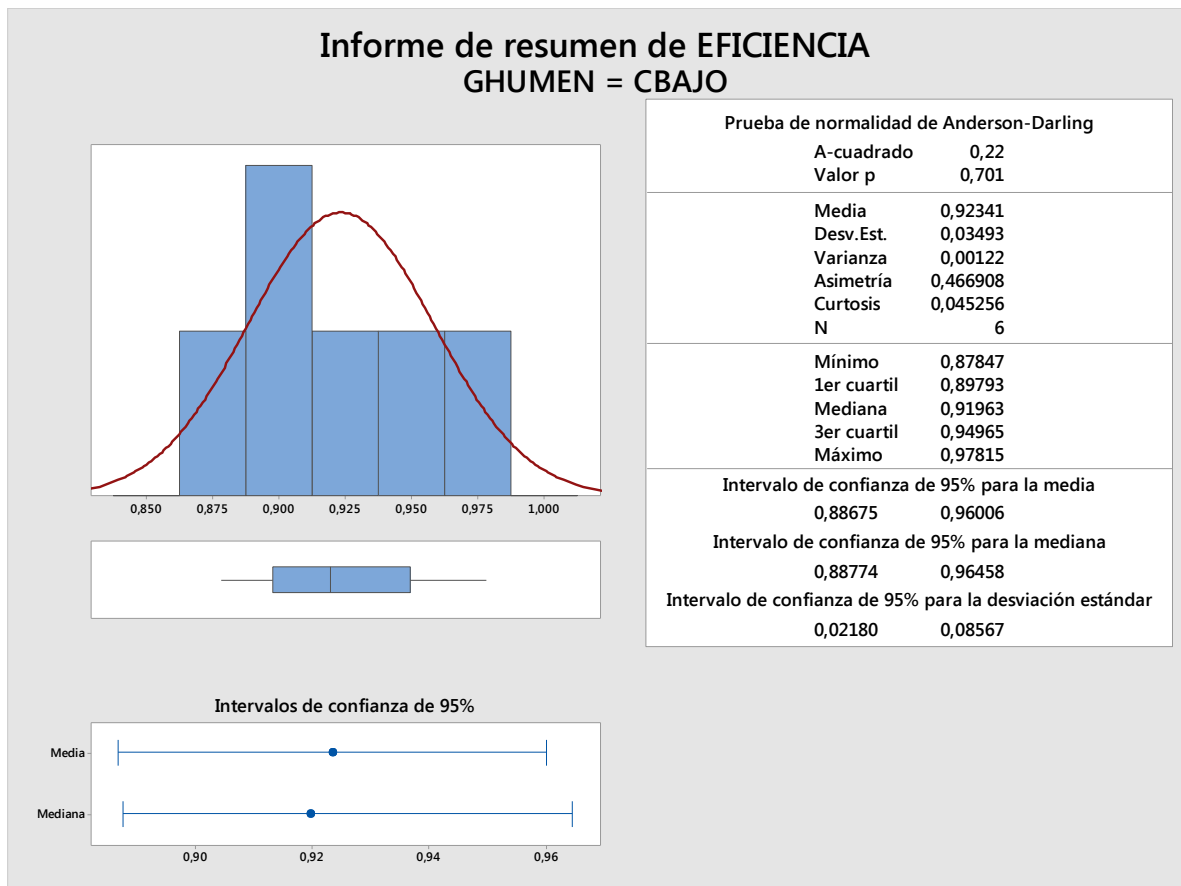


Gráfico 10 Prueba de Normalidad (Gluten Bajo)  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16

El valor P es 0,701 es decir mayor a 0,05 con lo que no se puede rechazar normalidad para el gluten húmedo con rango bajo. Se puede observar que tenemos una media de 92% y una desviación estándar de 0,034 lo que está por debajo de lo esperado en la producción de galleta Maria. Podemos observar también que el rango de eficiencia va desde 87% en el mínimo al 97% como máximo lo que es un buen indicativo siempre y cuando el gluten húmedo este entre el tercer y cuarto cuartil.

#### 4.2.5 INTERACCIÓN DE MEDIAS

A pesar de que la humedad no es significativa se revisa la interacción de medias entre el gluten húmedo y la humedad para tener una referencia de en qué combinación se pudiera tener el mejor resultado con respecto a la eficiencia.

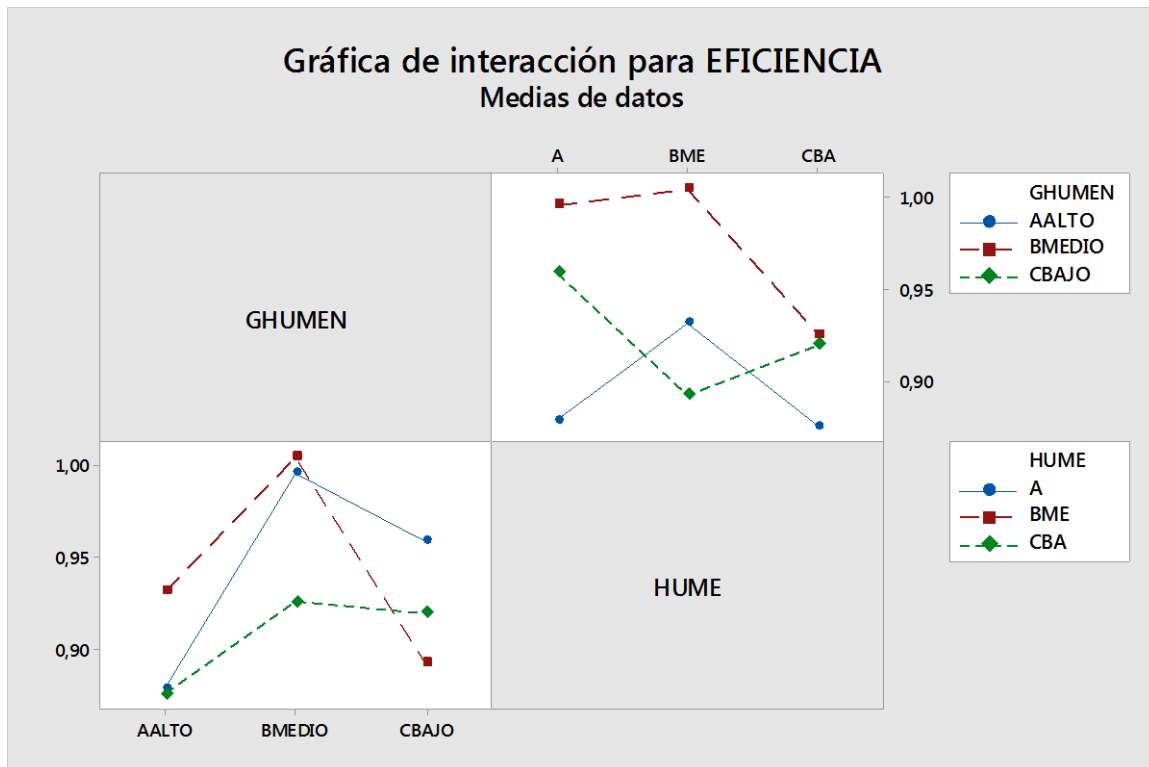


Gráfico 11 Interacción de Medias  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16

Se puede observar en la gráfica que los mejores resultados se obtienen cuando existe gluten húmedo medio y humedad media.

### **4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO (COMPROBACIÓN CON LA TOTALIDAD DE LA POBLACIÓN)**

En este punto el objetivo es hacer análisis estadísticos ya no con los datos aleatorios que se tomaron para el diseño experimental, sino trabajar con el total de datos de la población para comprobar normalidad de los datos y verificar que efectivamente el gluten húmedo medio es el que nos proporciona mejor rendimiento dentro de la producción de galleta tipo Maria.

Para este análisis se trabajó con histogramas de frecuencias para eficiencia y humedad que dio información importante para el análisis. Así mismo se presentan graficas de cajas, de dispersión e intervalos de la relación entre el porcentaje de gluten húmedo y la eficiencia, donde se puede comprobar estadísticamente que el mejor resultado se obtuvo con el nivel medio de gluten. (BIVAND, R. & PEBESMA, E , 2008)

### Histograma de Eficiencia:

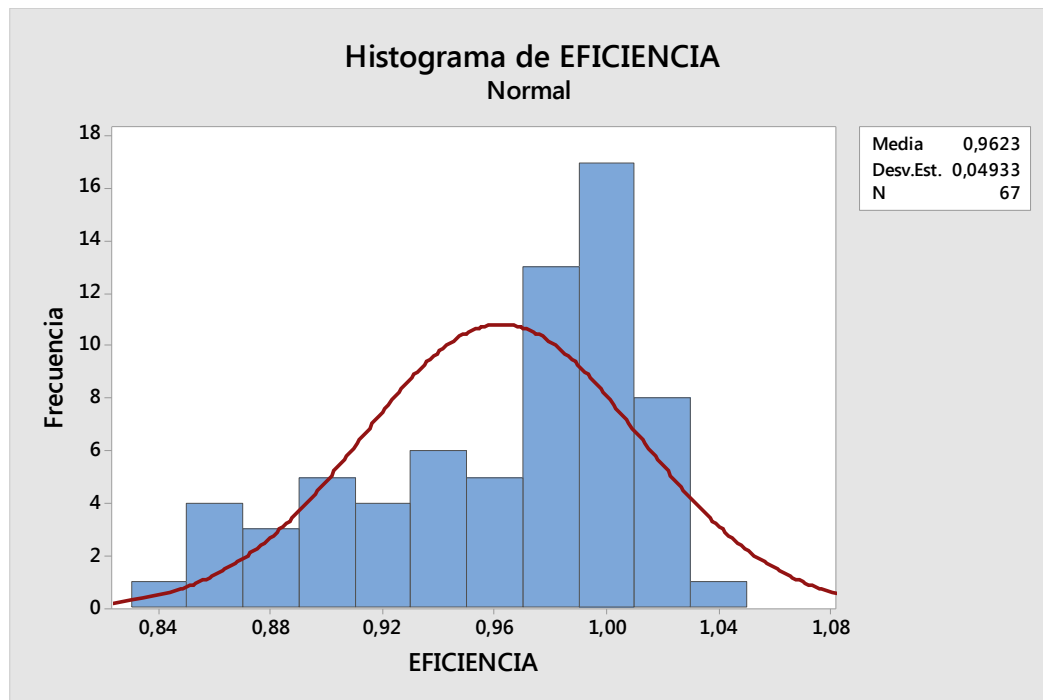


Gráfico 12 Histograma de eficiencia (Poblacional)  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16

Se puede observar que la media de las eficiencias está en 96,23% cuando el gluten húmedo en la harina es menor al 25%.

## Histograma de Gluten Húmedo

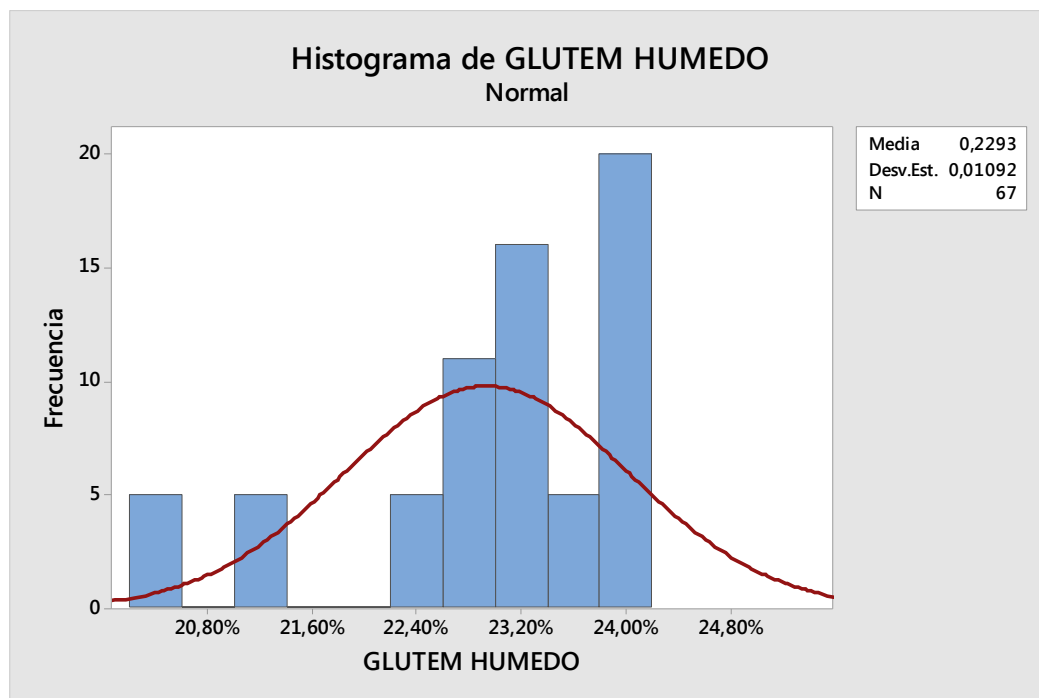


Gráfico 13 Histograma de gluten húmedo (Poblacional)  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16

Se puede observar que de la totalidad de datos la media del porcentaje de gluten húmedo se encuentra en 22,93%.

### Gráfico de caja: EFICIENCIA

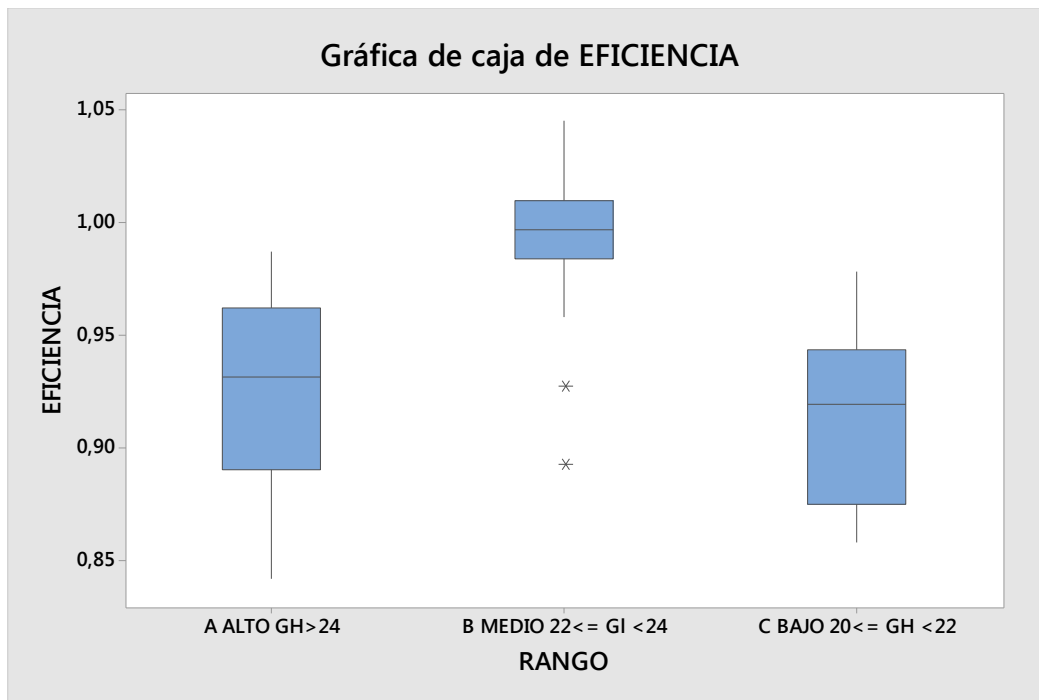


Gráfico 14 Diagrama cajas por rango de gluten  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16

Se puede apreciar y comprobar que la mayor eficiencia se presenta cuando el gluten tiene un rango medio, es decir entre 22 y 24%.

### Gráfica de dispersión

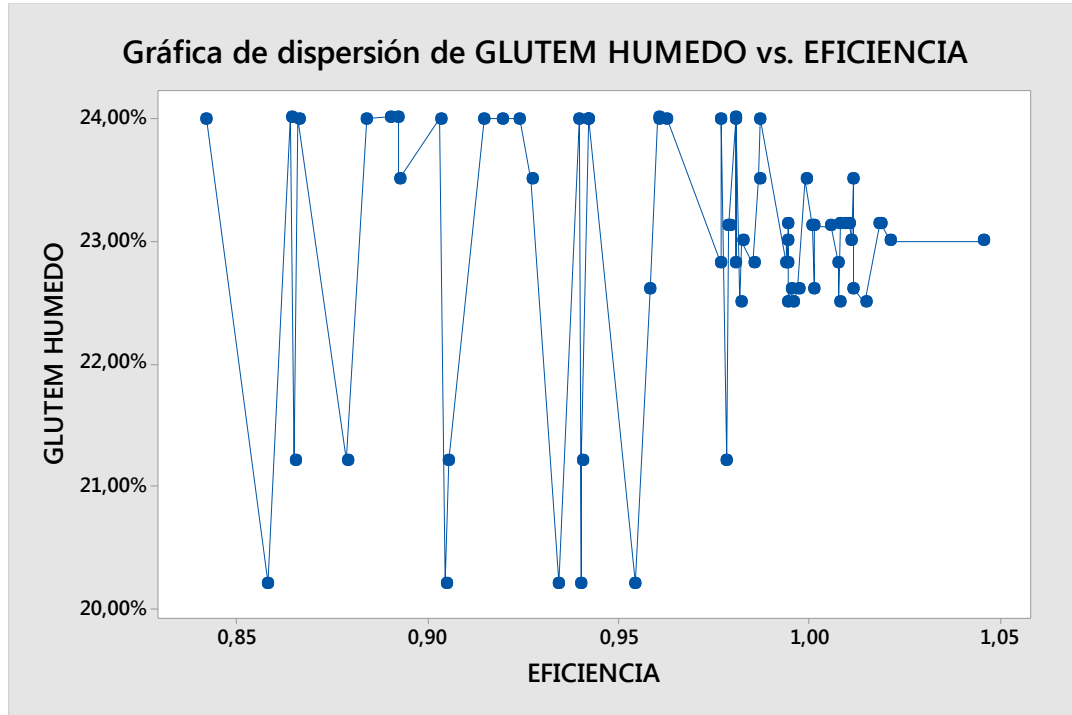


Gráfico 15 Dispersión  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16

Se puede observar que la mejor eficiencia (mayor a 95%) se presenta cuando el gluten húmedo se encuentra en el rango medio ( $22 \leq GL < 24$ ).

### Gráfica de Intervalos y efectos principales.

En ambas graficas que se muestran a continuación se puede observar que el mejor resultado se encuentra cuando el rango de gluten húmedo se encuentra en el rango medio.

### Gráfico de Intervalos

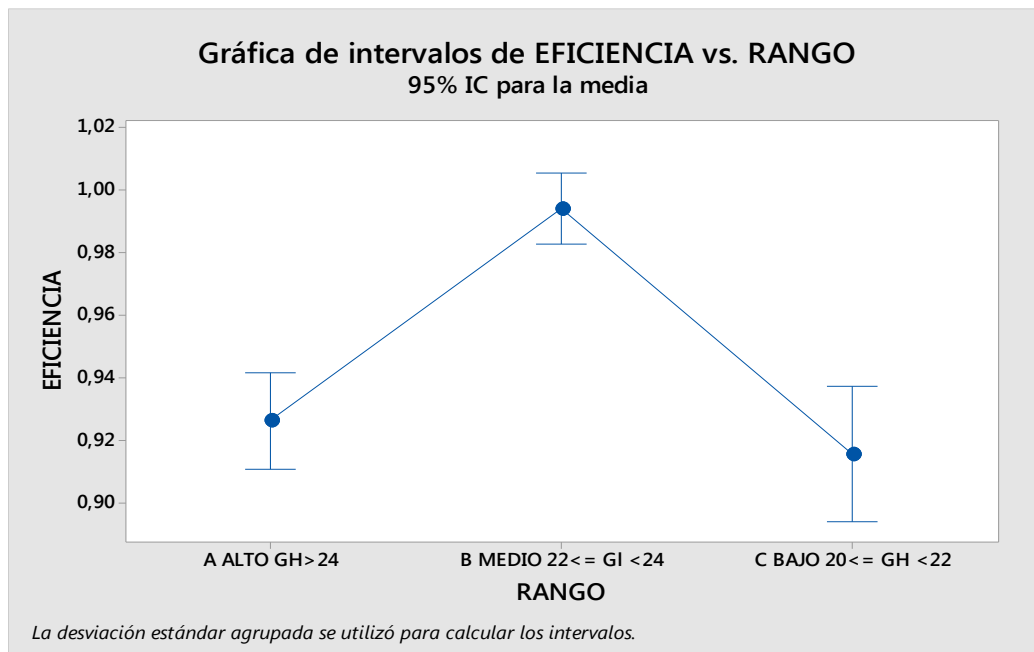


Gráfico 16 Intervalos  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16

### Gráfica de efectos principales:

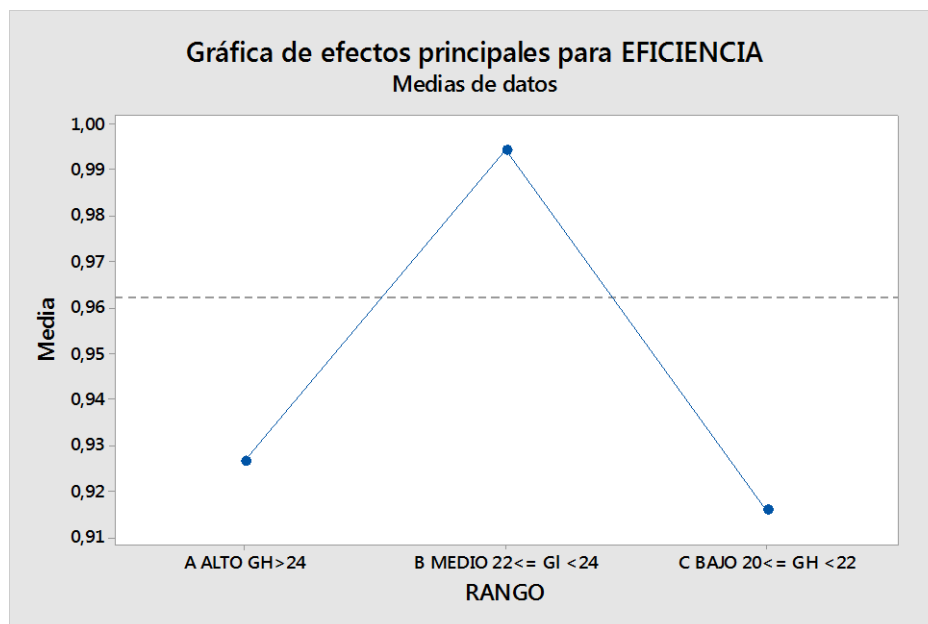


Gráfico 17 Efectos Principales  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16



Tanto en la gráfica de intervalos como en la gráfica de efectos principales con la totalidad de la población de datos se puede evidenciar que el rango medio es el que mejores resultados presenta.

#### 4.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede observar que el valor significativo se presenta cuando se trabaja con toda la población de datos en el rango B ( $22 \leq GL < 24$ ).

##### Media

MEDIA		
Rango	Muestreo	Población
A	0,89	0,92
B	<b>0,97</b>	<b>0,99</b>
C	0,92	0,91

Tabla 12 Comparación de Medias  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16

Se puede observar que la media siempre presenta un mejor resultado en el rango B ( $22 \leq GL < 24$ ).

##### Mediana:

MEDIANA		
Rango	Muestreo	Población
A	0,89	0,93
B	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>
C	0,91	0,91

Tabla 13 Comparación de Medianas  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Minitab 16

Se verifica que la mejor mediana se presenta en el rango B ( $22 \leq GL < 24$ ).

#### 4.4.1 CONCLUSIONES.

Con base a los resultados de los análisis se concluye lo siguientes:

- ✓ El rango definido por la norma técnica de harina NTE-INEN-0616 es muy amplio y no es aplicable para la galleta tipo Maria ya que define solamente rango mínimo de 20% en el gluten húmedo cuando en la producción en la industria de harina en el país maneja máximos de hasta 32%.
- ✓ Se evidencia con los resultados obtenidos que siempre es mejor trabajar con gluten húmedo menor al 25% para el caso de galletas tipo Maria.
- ✓ El análisis exhaustivo reveló que el limite óptimo con el cual se obtiene mayor eficiencia en la producción de galleta Maria resulta cuando el gluten húmedo de la harina se presenta de la siguiente manera:  $22\% \leq GL < 24\%$ .

#### 4.4.2 RECOMENDACIONES.

- ✓ Actualizar la ficha técnica de la harina donde se especifique que el gluten húmedo para producción de galleta Maria en la planta de Riobamba debe estar entre 20 y 25%.
- ✓ Para la liberación de la harina el departamento de Calidad no sólo debe recibir el certificado del proveedor, además de eso debe hacer el análisis respectivo y dejarlo registrado en el documento de liberación.
- ✓ En el desarrollo de la harina en el molino que actualmente se está construyendo en Riobamba se debe apuntar al siguiente rango en gluten húmedo;  $22 \leq GL < 24$
- ✓ Realizar este análisis estadístico también para la producción de galleta de sal (Salte)

## CAPÍTULO V

### 5. CONTROLES OPERACIONALES

Otro de los objetivos del estudio es mejorar los procesos operacionales por tal motivo en este capítulo se analizará y propondrá mejoras en los siguientes componentes que afectan directamente la productividad y calidad del producto: (CAMISON, 2006)

- Personas (Mano de obra directa).
- Controles de Calidad.

#### 5.1 PERSONAS

Tal como se analizó y definió en el capítulo 3 con respecto a las acciones a ejecutar para disminuir el costo de mano de obra directa (MOD), en este capítulo se expondrá el análisis costo beneficio de la inversión y la definición de cómo quedará el proceso. Con estas acciones la idea es mejorar el costo y por ende la productividad del proceso de fabricación de galletas de tipo Maria.

Las acciones identificadas para mejorar el costo del MOD son:

- Unir el túnel de enfriamiento con las envolvedoras y analizar el ahorro de personas en el proceso.
- Realiza costo beneficio de la inversión

##### 5.1.1 SITUACIÓN ACTUAL (LAY OUT ORIGINAL).

Los principales inconvenientes identificados ocurren porque el proceso productivo no es lineal y presenta cortes en diferentes etapas como se muestra gráficamente más adelante en las ilustraciones (7-11).

Desde que arrancó la producción, la línea se programó con 52 personas porque así está definido en el estándar de producción. A continuación se muestra el número de personas en cada etapa del proceso. Como pueden apreciar existen dos columnas, en la primera se especifica el número de personas necesarias en la etapa del proceso y en la segunda el número de personas necesarias cuando en el mismo proceso existe más de una máquina.

Así por ejemplo en la etapa de maquinistas, se especifica que se requiere una persona pero como son 4 máquinas en la columna siguiente se describe que son 4 personas las necesarias en el proceso

<b>PERSONAL "MARÍA"</b>		
<b>Etapa del Proceso</b>	<b>Personas</b>	<b>Por 4 Máquinas</b>
Preparación de Masas	3	3
Laminación	2	2
Horno	1	1
Recolectores	4	4
Paletizadores	2	2
Alimentadores	2	8
Inspector de Paquetes	1	4
Maquinista	1	4
Empacadores	4	16
Sellador / Codificador	1	4
Encartonador	1	4
<b>TOTAL DE PERSONAS</b>		<b>52</b>

Tabla 14 MOD Actual  
Fuente: Empresa  
Elaborado: Por Autor

Se puede observar que en total se requieren de 52 personas cuando trabajamos con 4 máquinas involucradas que son las habilitadas para la producción de galleta tipo Maria.

A continuación se muestra gráficamente como están distribuidas las personas en el proceso.

### Preparación de Masas:

Es la primera etapa del proceso, trabajan tres personas de las cuales dos netamente realizan labores de mezcla y traslados y una persona realiza el control de fórmulas. La capacidad del proceso es 850 kilos horas.



Ilustración 7 Personal en masas

### Horno

En esta etapa del proceso se unen tres subprocesos que son laminación, horneado y enfriamiento. En laminación trabajan dos personas y en el horno una que se encarga de controlar las temperaturas y las velocidades de la línea. En la banda de enfriamiento trabajan 4 personas que son las que al final recogen las galletas en gavetas y las trasladan los paletizadores hasta las máquinas de empaque primario.

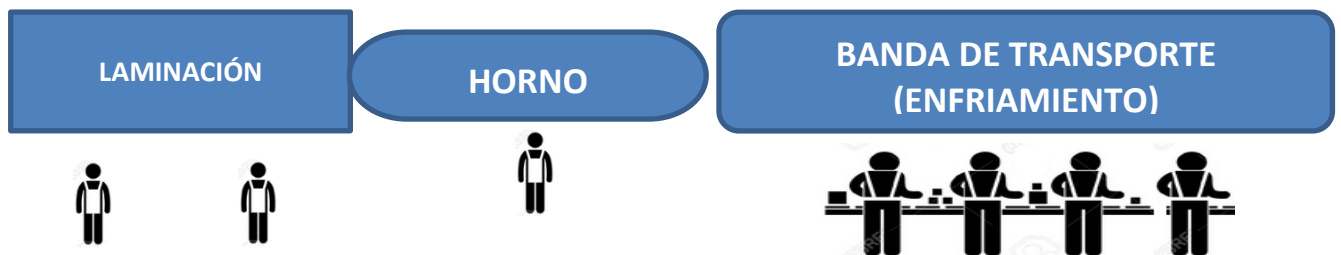


Ilustración 8 Personal en Horno.

### **Empaque primario:**

Existen 4 máquinas de empaque primario donde se utilizan cuatro personas dos son encargadas de alimentar las galletas que vienen del proceso anterior en gavetas y además existe un maquinista encargado de operar la máquina y asegurar la velocidad y calibración de la misma. Al final de la envoltura existe una persona que retira los empaques mal sellados o defectuosos.

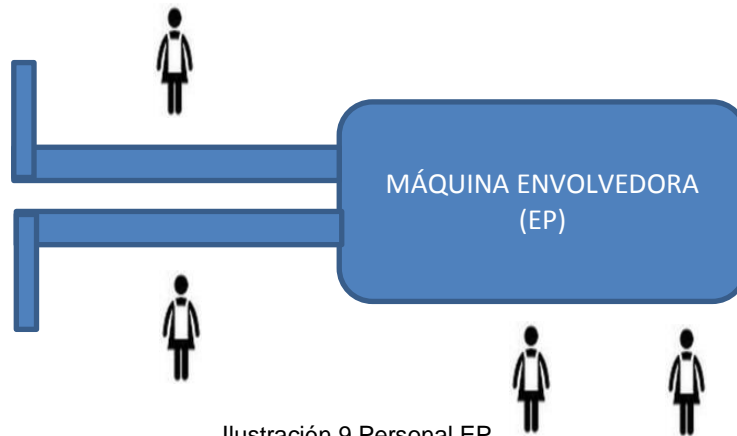


Ilustración 9 Personal EP

### **Empaque secundario:**

Este empaque es manual y existen cuatro mesas donde se emplean cuatro personas en cada mesa, en total en esta etapa del proceso se emplean dieciséis personas.

#### **EMPAQUE SECUNDARIO MANUAL**



Ilustración 10 Personal ES

### Sellado y Encartonado:

En cada línea existe un sellador y un encartonador. En total se ocupan ocho personas en esta etapa del proceso.



Ilustración 11 Sellado y encartonado

### 5.1.2 PROYECTO DE MEJORA.

Después de hacer un análisis con el departamento técnico se definió diseñar y cotizar la automatización de la línea, uniendo la banda de enfriamiento con las máquinas de envoltura primaria, a priori se pueden ahorrar:

- Recogedoras de galletas en banda de enfriamiento (4 personas)
- Paletizadores que trasladan las gavetas con galletas desde la banda de enfriamiento a la máquina de empaque primario (2 personas)
- Abastecedoras de galletas en las máquinas de empaque primario (2 por máquina, en total 8 personas dado que son 4 máquinas)

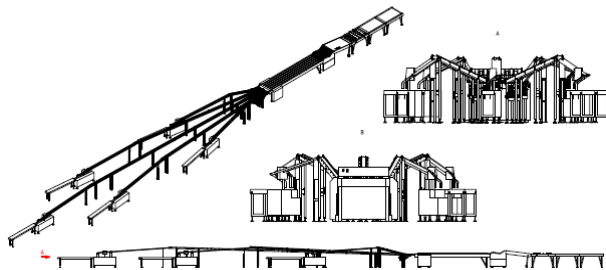


Ilustración 12 Diseño de automatización

Con esta mejora se reducirán 16 personas como se puede observar en el siguiente cuadro:

ETAPAS	ACTUALIDAD	ESPERADO
Preparación de Masas	3	3
Laminación	2	2
Horno	1	1
Recolectores	4	0
Paletizadores	2	0
Alimentadores	8	0
Inspector de Paquetes	4	4
Maquinista	4	4
Empacadores	16	16
Sellador	2	2
Codificadores	2	2
Encartonador	4	2
<b>TOTAL PERSONAS</b>	<b>52</b>	<b>36</b>

Tabla 15 MOD Esperada  
Fuente: Empresa  
Elaborado: Por Autor

Las personas que se reducirán son:

- ✓ Cuatro recolectores de galletas
- ✓ Dos paletizadores
- ✓ Ocho alimentadores
- ✓ Dos encartonadores

### 5.1.3 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.

Para poder justificar la inversión se envió el diseño a contratistas para realizar el trabajo referido y se obtuvo la mejor oferta por 45,000 dólares.

En promedio los dieciséis colaboradores que se van a disminuir en el proceso ganan en promedio 700 dólares incluido seguro privado. Es decir se generará un ahorro mensual de 11,200 dólares.



Inversión	\$ 45.000,00
Ahorro Mensual	\$ 11.200,00
Recuperación de Inversión(Meses)	4

Tabla 16 Análisis Costo-Beneficio  
Fuente: Empresa  
Elaborado: Por Autor

Con esta presentación la automatización fue aprobada por la gerencia general, ya que la MOD representa el 25% del costo del producto y con el ahorro de 16 personas en el proceso significa que se obtendrá un ahorro del 30% de la mano de obra directa.

Además esta optimización no sólo permitirá un ahorro en el costo de galleta tipo Maria sino también en galletas cremadas (tipo Konitos, Oreo) que utiliza la misma línea en su proceso productivo.

En el capítulo 6 se realizará el análisis de como el costo disminuirá en el producto final por la implementación de esta mejora.

## 5.2 PROCESOS DE CALIDAD

Dentro del proceso productivo de Galletas Maria se controlan los siguientes parámetros fundamentales para el proceso: (TENNANT, 2001)

- ✓ Peso crudo
- ✓ Peso cocido
- ✓ Espesor
- ✓ Humedad

Sin embargo la información no es utilizada ni se toma medidas en línea que permitan mejorar los parámetros y obtener mejores resultados.

A continuación se explica la importancia de cada uno de los parámetros que se controlan y los controles de calidad definidos para mejorar el desempeño de la línea.

### 5.2.1 PESO CRUDO:

El objetivo de pesar “peso crudo” es para estimar cual será el peso final de la galleta y de tal manera optimizar las posibles desviaciones del producto final. Para el análisis se tomó una semana de trabajo tomando una muestra del peso cada media hora.

Según lo definido con el departamento de investigación y desarrollo y calidad el peso de las diez unidades de galleta debe ser 70 gramos con un (-2+). Con este análisis se obtuvieron los siguientes resultados. (FERRAN, 2011)

#### Análisis de Capacidad de Proceso (Individuales) - PESO CRUDO

Datos/Variable: PESO CRUDO

Transformación: ninguna

Distribución: Normal  
 tamaño de muestra = 71  
 media = 70,0141

desv. est. = 0,933396

6,0 Límites Sigma  
 +3,0 sigma = 72,8143  
 media = 70,0141

-3,0 sigma = 67,2139

	<i>Observados</i>		<i>Estimados</i>	<i>Defectos</i>
<i>Especificaciones</i>	<i>Fuera Specs.</i>	<i>Valor-Z</i>	<i>Fuera Specs.</i>	<i>Por Millón</i>
LSE = 72,0	0,000000%	2,13	1,668400%	16684,00
LIE = 68,0	0,000000%	-2,16	1,547145%	15471,45
Total	0,000000%		3,215545%	32155,45

Tabla 17 Análisis de capacidad del sistema

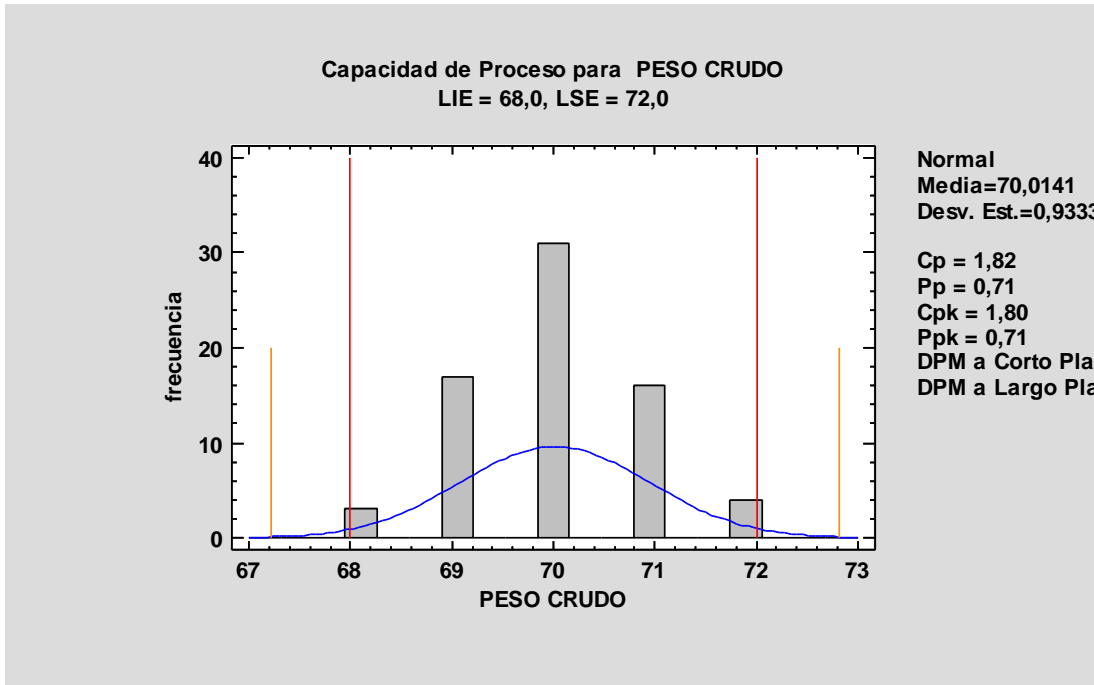


Gráfico 18 Capacidad de proceso (peso crudo)  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Statgraphics XVII

Como se puede observar en el gráfico se obtiene una media de 70,01 que está dentro de la especificación y se alcanza un CPK de 1,80 (3sigma) lo que evidencia que es un proceso normalizado. Por tal motivo se determinaron los límites de control que se deben manejar en el proceso. (TUTORIAL STATGRAFICS XVII, 2015)

### Gráfico de Aceptación Individuales - PESO CRUDO

Número de observaciones = 71  
0 observaciones excluidas

Fracción defectiva máxima: 0,0001  
Múltiplo de Sigma: 3,0  
Límite superior de espec.: 72,0  
Límite inferior de espec.: 68,0

Distribución: Normal  
Transformación: ninguna

#### **Gráfico X**

Período	#1-71
LSC: +3,0 sigma	71,7359
Línea Central	70,0141
LIC: -3,0 sigma	68,2641

7 fuera de límites

Tabla 18 Límites del gráfico aceptación individuos Peso Crudo

**Gráfico MR(2)**

Período	#1-71
LSC: +3,0 sigma	1,35359
Línea Central	0,414286
LIC: -3,0 sigma	0,0

4 fuera de límites

Tabla 19 Límites gráfico MR (2) Peso Crudo

**Estimados**

Período	#1-71
Media de proceso	70,0141
Sigma de proceso	0,367275
MR(2) promedio	0,414286

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

Tabla 20 Estimados rango móvil promedio Peso Crudo

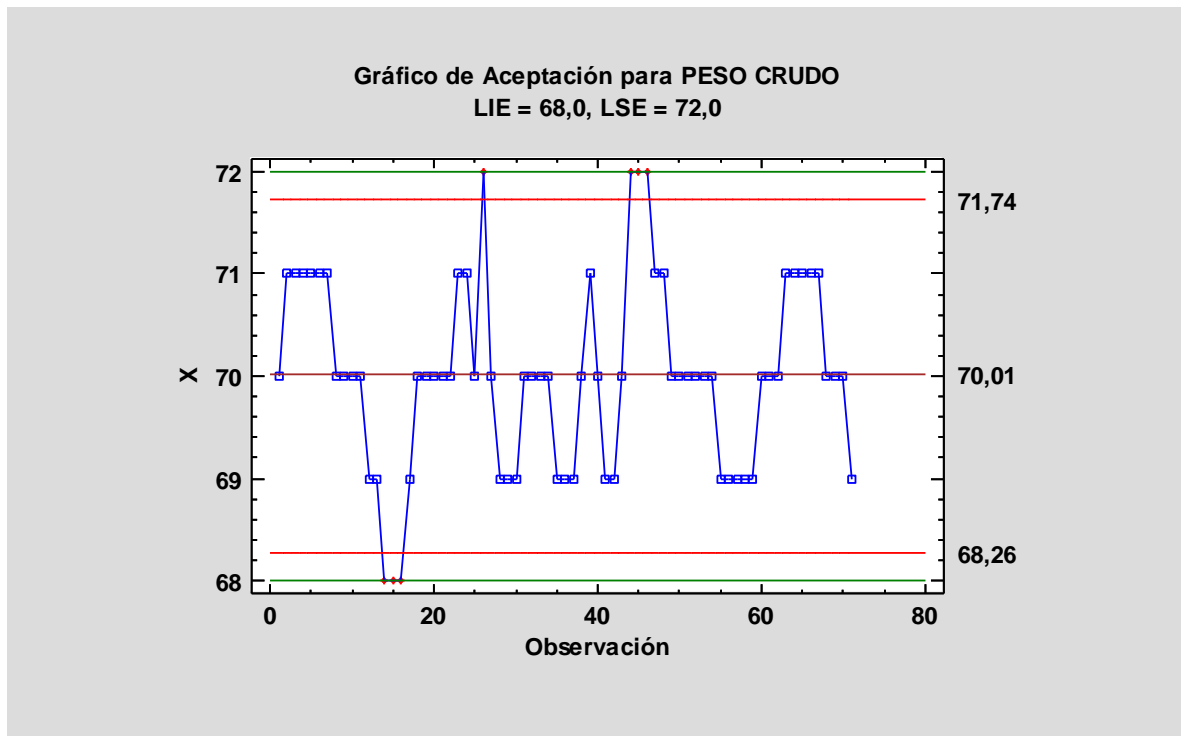


Gráfico 19 Aceptación de Proceso (Peso Crudo)  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Statgraphics XVII

Se puede observar en el gráfico 19 existen valores fuera de límite pero al analizarlos, los mismos son asignables porque siempre ocurren en los arranques de línea y horas de almuerzo, por tal motivo se decide volver a correr el análisis para definir los rangos de control.

### Gráfico de Aceptación Individuales - PESO CRUDO

Número de observaciones = 64

0 observaciones excluidas

Fracción defectiva máxima: 0,0001

Múltiplo de Sigma: 3,0

Límite superior de espec.: 72,0

Límite inferior de espec.: 68,0

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

#### Gráfico X

Período	#1-64
LSC: +3,0 sigma	71,7875
Línea Central	69,9844
LIC: -3,0 sigma	68,2125

0 fuera de límites

Tabla 21 Límites del gráfico aceptación individuos Peso Crudo mejorado

#### Gráfico MR(2)

Período	#1-64
LSC: +3,0 sigma	1,0891
Línea Central	0,333333
LIC: -3,0 sigma	0,0

0 fuera de límites

Tabla 22 Límites gráfico MR (2) Peso Crudo mejorado

#### Estimados

Período	#1-64
Media de proceso	69,9844
Sigma de proceso	0,295508
MR(2) promedio	0,333333

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

Tabla 23 Estimados rango móvil promedio Peso Crudo mejorado

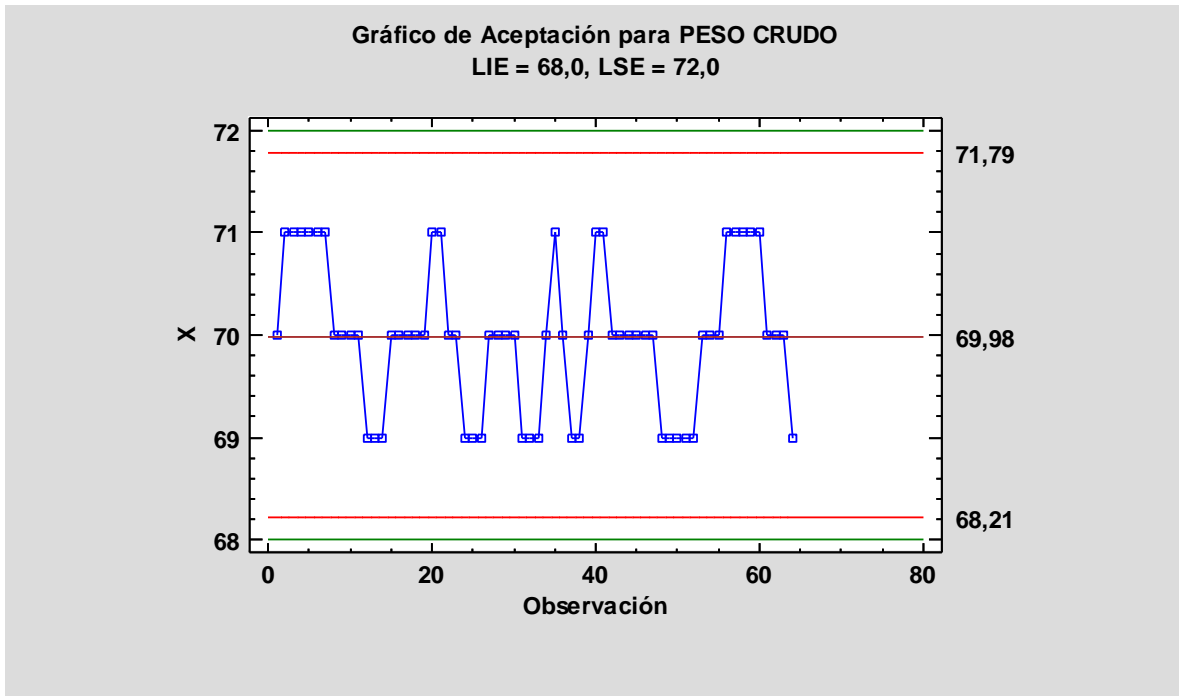


Gráfico 20 Aceptación de Proceso AJUSTADO (Peso Crudo)  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Statgraphics XVII

Con este análisis se puede observar que los límites de control quedan de la siguiente manera:

LI: 68,21

LS: 71,79

Con todo el análisis realizado se recomiendan las siguientes acciones:

- Definir controles permanentes en todas las producciones cada media hora y no cada dos horas como actualmente se realiza.
- Presentar estadístico mensual de variaciones para tomar las acciones necesarias.
- Ajustar los rangos de control según lo definido estadísticamente (LI: 68.21 – LS: 71,79).
- Implementar relevos en la hora de almuerzo y mayor control en los arranques para evitar datos fuera de los límites de control.

### 5.2.2 PESO COCIDO:

El objetivo de pesar “peso cocido” es para asegurar que el peso de la galleta cumple lo definido en el registro sanitario. Para el análisis se tomó una semana de trabajo tomando una muestra del peso cada media hora (10 unidades de galletas).

El peso declarado en el registro sanitario es de 22 gramos el paquete de 4 galletas pero el peso definido por la empresa es de 5,6 gramos cada galleta con un (-2+). Con esa información se obtuvieron los siguientes resultados.

#### Análisis de Capacidad de Proceso (Individuales) - Galleta Cocida 1

Datos/Variable: Col\_1

Transformación: ninguna

Distribución: Normal

tamaño de muestra = 80

media = 56,1

desv. est. = 0,62844

6,0 Límites Sigma

+3,0 sigma = 57,9853

media = 56,1

-3,0 sigma = 54,2147

	<i>Observados</i>		<i>Estimados</i>	<i>Defectos</i>
<i>Especificaciones</i>	<i>Fuera Specs.</i>	<i>Valor-Z</i>	<i>Fuera Specs.</i>	<i>Por Millón</i>
LSE = 58,0	0,000000%	3,02	0,124999%	1249,99
LIE = 54,0	0,000000%	-3,34	0,041653%	416,53
Total	0,000000%		0,166652%	1666,52

Tabla 24 Especificaciones

Se puede observar que los defectos por millón son 1666,52 un número considerable de seis sigmas.

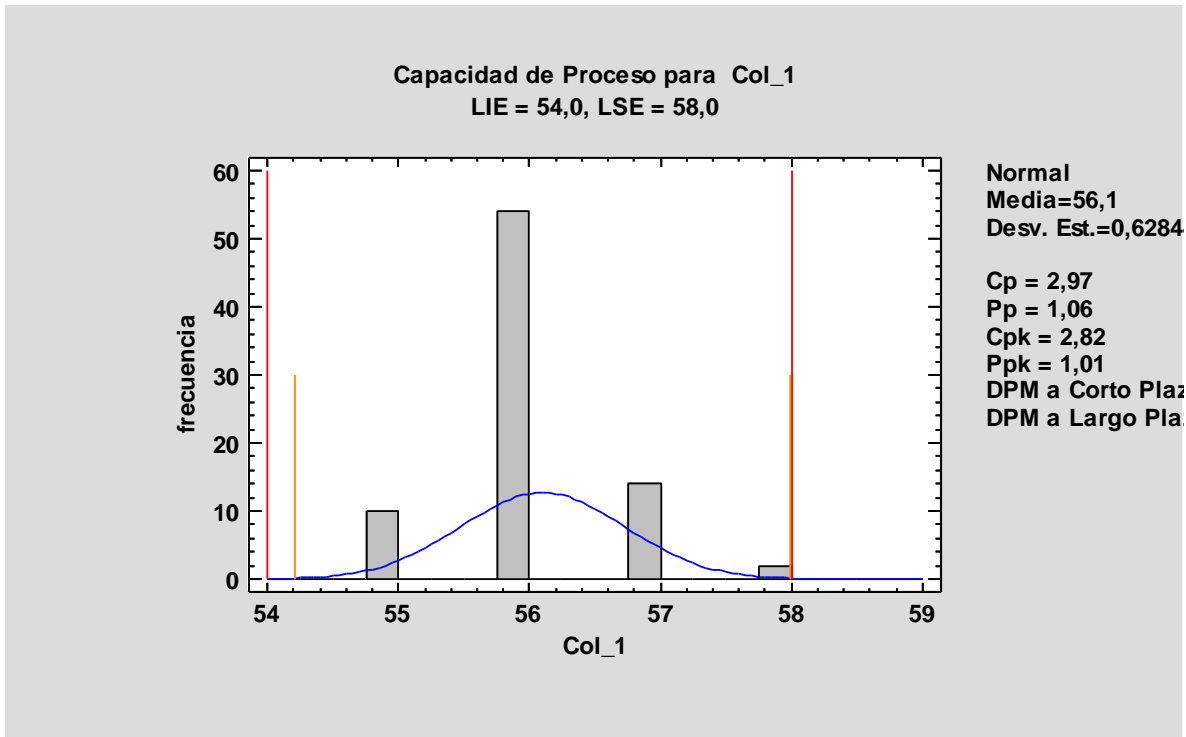


Gráfico 21 Capacidad de Proceso (Galleta Cocida)  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Statgraphics XVII

En la gráfica se puede observar que es un proceso controlado con un CPK de 2,82 lo que significa que el proceso esta estandarizado al objetivo. Por tal motivo se determinaron los límites de control que se deben manejar en el proceso.

**Gráfico de Aceptación Individuales - Col 1**

Distribución: Normal  
Transformación: ninguna

**Gráfico X**

Período	#1-78
LSC: +3,0 sigma	57,851
Línea Central	56,0513
LIC: -3,0 sigma	54,149

0 fuera de límites

Tabla 25 Límites del gráfico aceptación individuos Peso Cocido

Con esta información y según se puede observar en el gráfico, los límites de control del proceso quedan definidos de la siguiente manera:

- ✓ LI: 54.15
- ✓ LS: 57,85



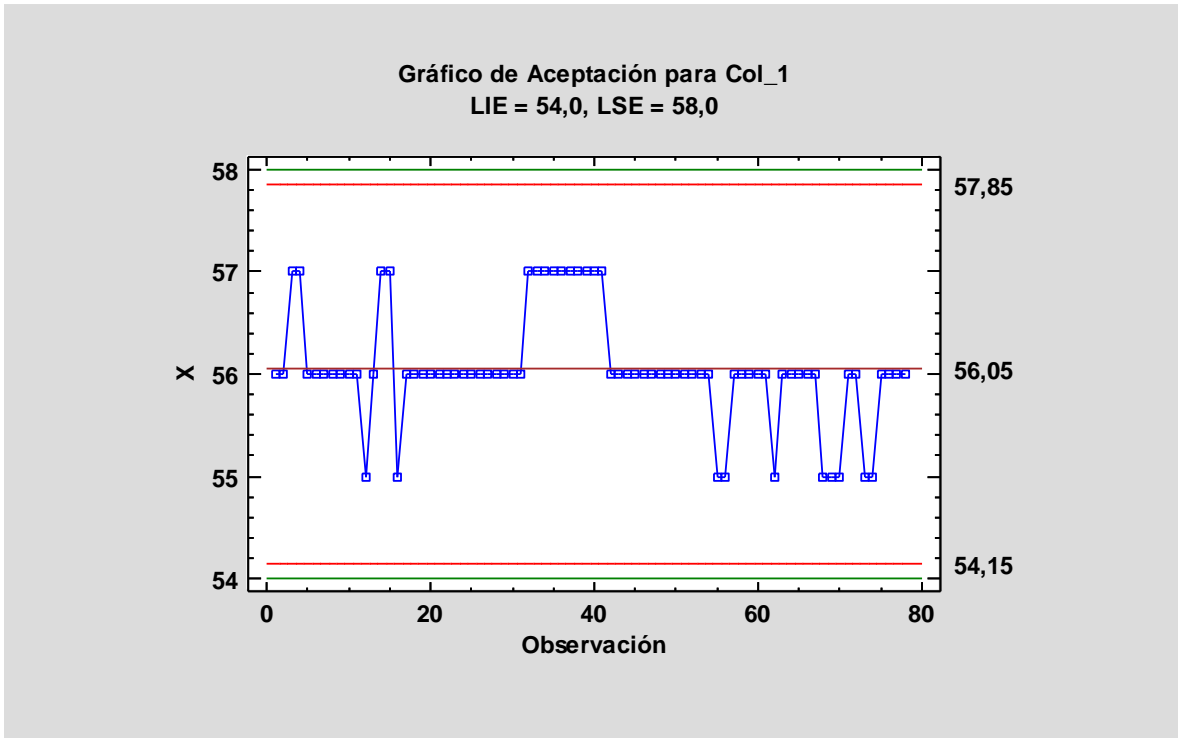


Gráfico 22 Aceptación de Proceso (Peso Galleta cocida)  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Statgraphics XVII

Por tal motivo se recomiendan lo siguiente:

- ✓ Ajustar el rango del proceso a (LI:54.15 – LS:57.85).
- ✓ Estandarizar el proceso a 5,5 gramos por galleta y no a 5,6 como está establecido por la Gerencia de Investigación y Desarrollo.
- ✓ Definir controles permanentes en todas las producciones cada media hora y no cada dos horas como actualmente se realiza.

### 5.2.3 ESPESOR

El espesor se mide en milímetros y el objetivo de este control es asegurar que la galleta no esté tan gruesa y ponga en riesgo la hermeticidad del empaque.

El límite establecido por la Jefatura de empaques es que las diez unidades estén entre 50 y 55 milímetros de espesor. Para el análisis se recolectó información de una semana obteniendo los siguientes resultados.

**Análisis de Capacidad de Proceso (Individuales) - ESPESOR**

Datos/Variable: ESPESOR  
 Transformación: ninguna  
 Distribución: Normal  
 tamaño de muestra = 77  
 media = 53,6104  
 desv. est. = 0,710001

6,0 Límites Sigma  
 +3,0 sigma = 55,7404  
 media = 53,6104  
 -3,0 sigma = 51,4804

	Observados		Estimados	Defectos
Especificaciones	Fuera Especs.	Valor-Z	Fuera Especs.	Por Millón
LSE = 55,0	0,000000%	1,96	2,516210%	25162,10
LIE = 50,0	0,000000%	-5,09	0,000018%	0,18
Total	0,000000%		2,516228%	25162,28

Tabla 26 Especificaciones del espesor

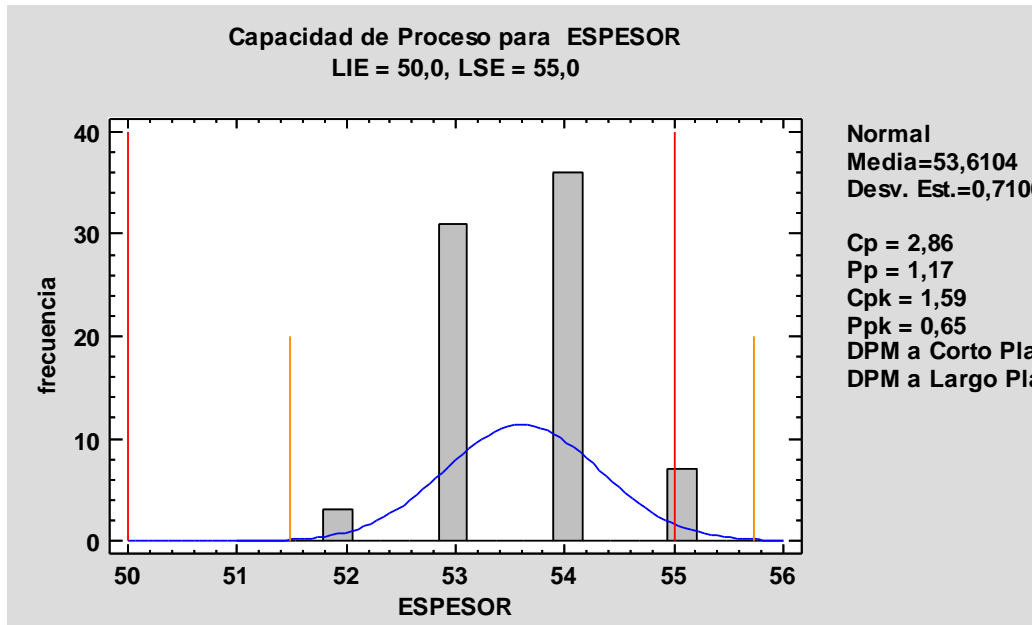


Gráfico 23 Capacidad de Proceso (Espesor)  
 Elaborado: Por Autor  
 Herramienta: Statgraphics XVII

Se puede observar que los defectos por millón identificados están con tendencia al límite superior en un 90%.

En la gráfica se puede observar que es un proceso controlado con un CPK de 1,59 lo que significa que el proceso esta estandarizado al objetivo con un grado de 3 sigma. Por tal motivo se determinaron los límites de control que se deben manejar en el proceso.

**Gráfico de Aceptación Individuales - ESPESOR**

Número de observaciones = 77  
0 observaciones excluidas

Fracción defectiva máxima: 0,0001  
Múltiplo de Sigma: 3,0  
Límite superior de espec.: 55,0  
Límite inferior de espec.: 50,0

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

**Gráfico X**

Período	#1-77
LSC: +3,0 sigma	54,7903
Línea Central	53,6104
LIC: -3,0 sigma	50,2097

7 fuera de límites

Tabla 27 Límites del gráfico aceptación individuos Espesor

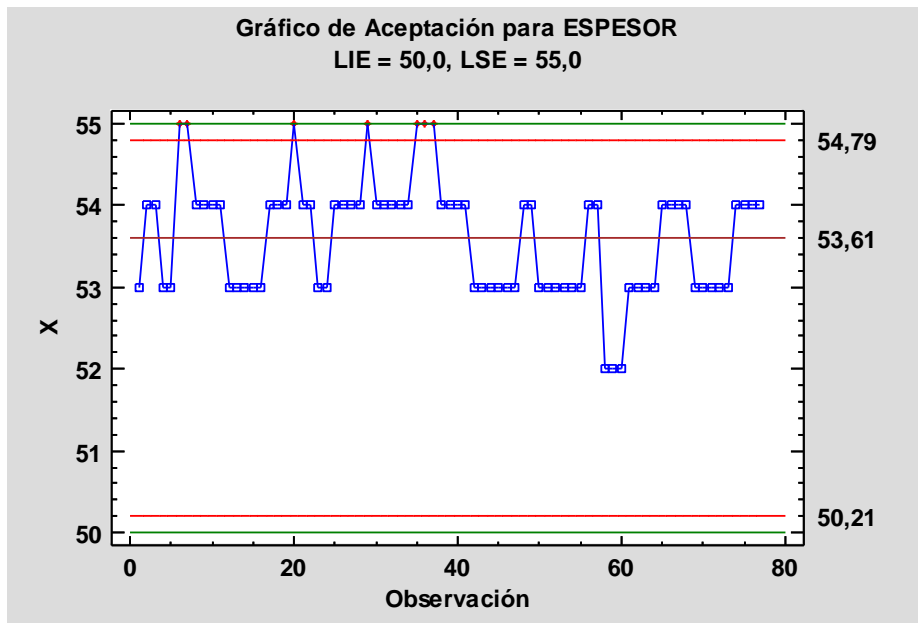


Gráfico 24 Aceptación de Proceso (Espesor)

Elaborado: Por Autor

Herramienta: Statgraphics XVII

Se puede observar en el gráfico 24 que existen valores fuera de límite pero al analizarlos, los mismos son asignables porque siempre ocurren en los arranques de línea y horas de almuerzo, por tal motivo se decide volver a correr el análisis para definir los rangos de control excluyendo los que presentan esta característica.

**Gráfico de Aceptación Individuales - ESPESOR**

Número de observaciones = 70  
0 observaciones excluidas

Fracción defectiva máxima: 0,0001  
Múltiplo de Sigma: 3,0  
Límite superior de espec.: 55,0  
Límite inferior de espec.: 50,0

Distribución: Normal  
Transformación: ninguna

**Gráfico X**

Período	#1-70
LSC: +3,0 sigma	54,843
Línea Central	53,4714
LIC: -3,0 sigma	50,157

0 fuera de límites

Tabla 28 Límites del gráfico aceptación individuos Espesor mejorado

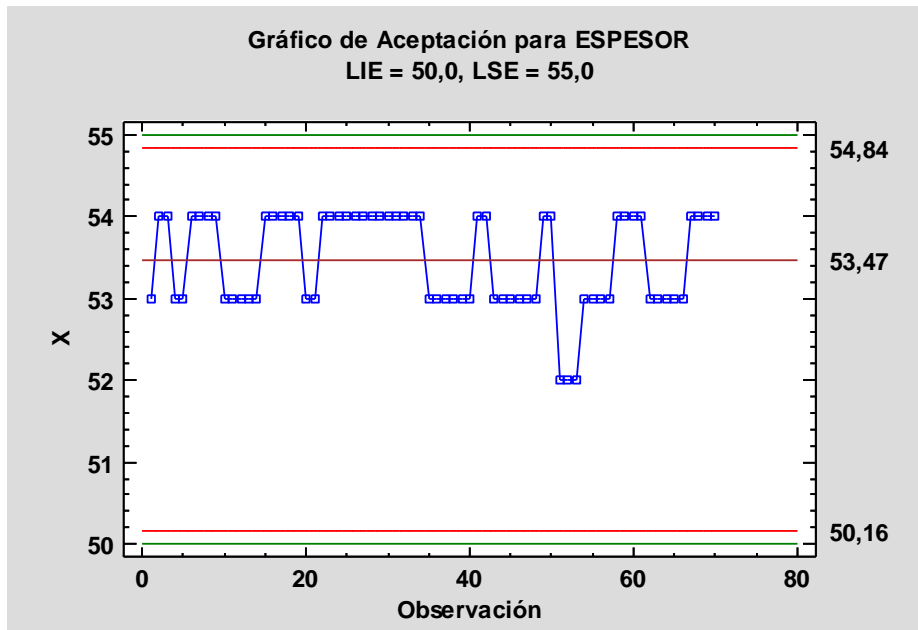


Gráfico 25 Aceptación de Proceso AJUSTADO (Espesor)  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Statgraphics XVII

Con esta información y según se puede observar en el gráfico, los límites de control del proceso quedan definidos de la siguiente manera:

- ✓ LI: 50.16
- ✓ LS: 54.84

Con la información recabada se recomienda lo siguiente para el control del espesor de galleta dentro del proceso.

- Ajustar el rango de la siguiente manera (LI:50.16 – LS: 54.84).
- Definir controles permanentes en todas las producciones cada media hora y no cada dos horas como actualmente se realiza.
- Analizar subir el objetivo a 54 milímetros ya que la galleta se vería más compacta en la funda.
- Implementar relevos en la hora de almuerzo y mayor control en los arranques para evitar datos fuera de los límites de control.

#### 5.2.4 HUMEDAD

La humedad es el parámetro que sirve para identificar que efectivamente la galleta va a cumplir la vida útil definida en el registro sanitario.

La humedad esperada en las galletas debe estar entre 1 y 2% siendo el punto medio 1,5%. Para el análisis se tomó como referencia una semana de producción obteniendo los siguientes resultados.

#### Análisis de Capacidad de Proceso (Individuales) - HUMEDAD

Datos/Variable: HUMEDAD

Transformación: ninguna

Distribución: Normal

tamaño de muestra = 80

media = 1,78

desv. est. = 0,29356

6,0 Límites Sigma

+3,0 sigma = 2,66068

media = 1,78

-3,0 sigma = 0,899321

	Observados		Estimados	Defectos
Especificaciones	Fuera Especs.	Valor-Z	Fuera Especs.	Por Millón
LSE = 2,0	10,000000%	0,75	22,680031%	226800,31
LIE = 1,0	0,000000%	-2,66	0,394152%	3941,52
Total	10,000000%		23,074183%	230741,83

Tabla 29 Especificaciones del espesor 2

Se puede observar que los defectos por millón son muy considerables, alcanzando en el límite superior un estimado de 22,68%. Lo que pone en riesgo el cumplimiento de la vida útil del producto.

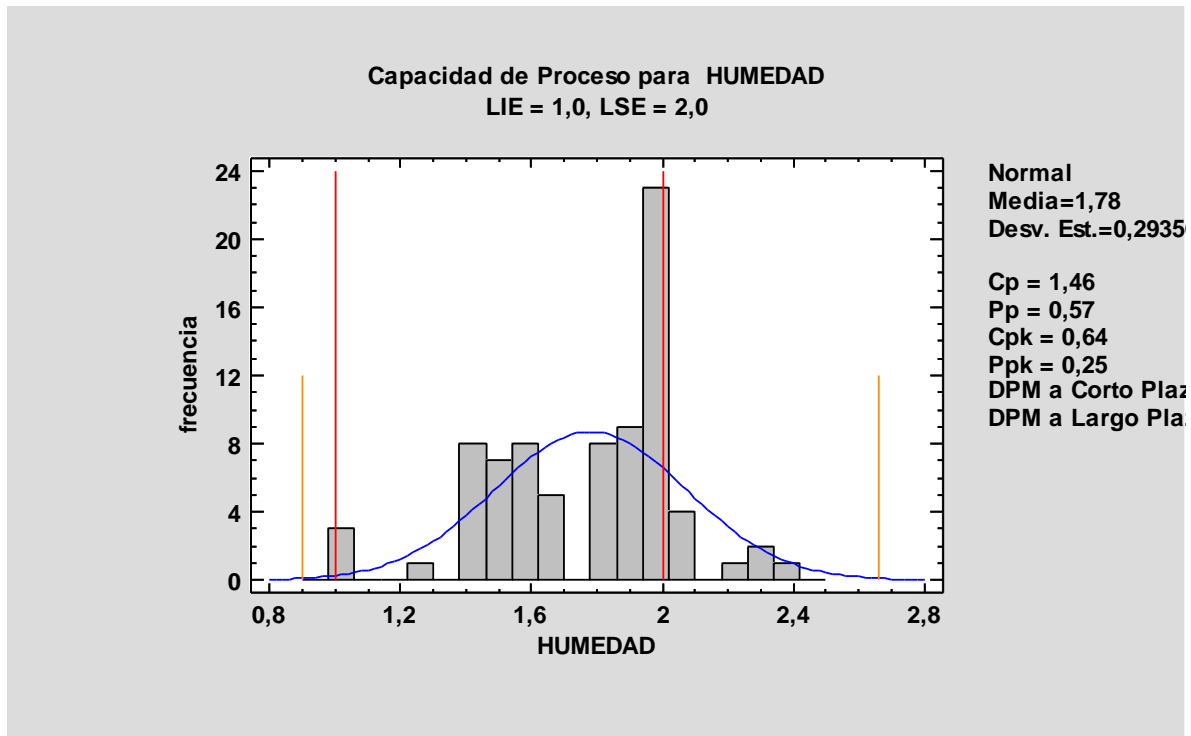


Gráfico 26 Capacidad de Proceso (Humedad)  
Elaborado: Por Autor  
Herramienta: Statgraphics XVII

En el grafico se puede observar que la media esta sobre el valor esperado, así mismo se evidencia que no está normalizado este proceso porque se obtiene un Cpk de 0,68 que no alcanza ni al menos las 3 sigmas que son aceptables en la industria alimenticia. Por este motivo, no se podrán definir los límites de control en este control de calidad.

Con esta información se realizó el análisis de causa entre los departamentos de Producción, Mantenimiento, Calidad y Sistema de Gestión.

### 5.2.4.1 ANÁLISIS DE CAUSAS Y ACCIONES

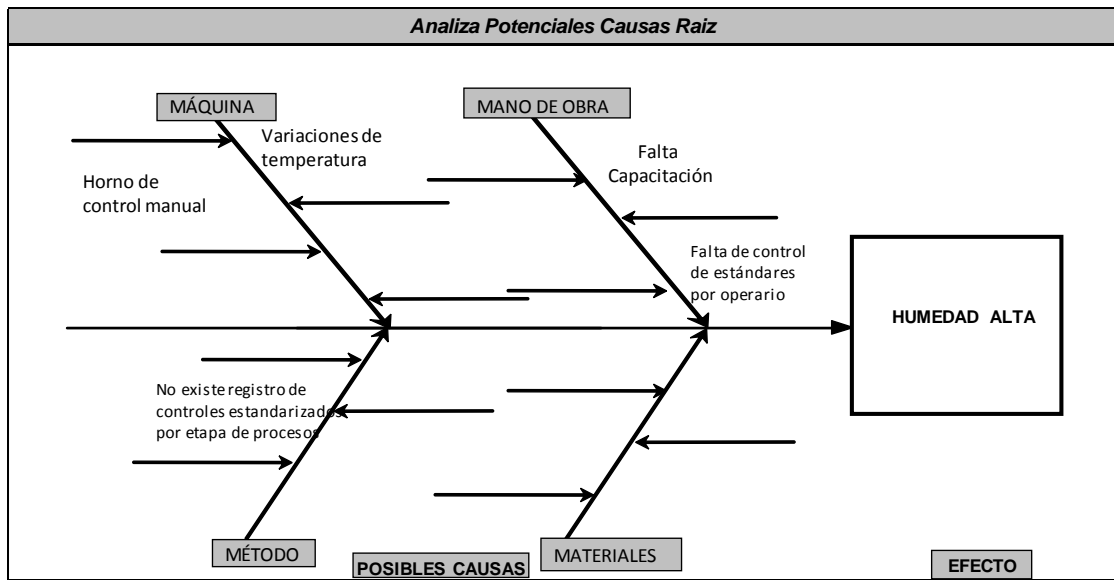


Gráfico 27 Diagrama de Espina de pescado  
Elaborado: Por Autor

En el análisis se puede observar que las causas están principalmente afectadas por la maquinaria (en este caso puntual el horno), la mano de obra y el método.

El horno es de procedencia china y no tiene control de temperatura automático lo que permite que el Operario Hornero pueda manipular intencionalmente la temperatura con el objetivo de sacar mayor producción.

Los Operarios Hornero no han recibido capacitación sobre los controles de temperatura ni han recibido la socialización de los estándares de proceso que afectan el producto final.

No existen formularios de control para temperaturas del proceso. Se considera que no es suficiente con publicar el estándar.

Después de realizar el análisis se definieron las siguientes acciones a ejecutar de manera inmediata.

- Capacitación a Operarios sobre controles operacionales en línea.
- Implementación de registros de control de temperatura.
- Realizar aceleración de galleta en horno para definir la vida útil real del producto cuando la humedad es mayor a 2%.

Además se definió la siguiente acción para incluirla en Capex 2017.

- Automatizar la temperatura en todas las etapas del horno.



## CAPÍTULO VI

### 6. ANÁLISIS DE COSTOS

En este capítulo de estudio, se podrá evidenciar el impacto en el costo a consecuencia de las acciones implementadas en el desarrollo del proyecto. Estas mejoras tendrán dos enfoques plenamente identificados que son:

- Mano de obra directa
- Materia prima

**Mano de obra directa:** se analizará el impacto del ahorro por MOD en el costo final del producto, dada la inversión y reducción de personas en el proceso después de la propuesta del capítulo 5 de este estudio.

**Materia Prima:** la principal materia prima de la galleta Maria es la harina y con el análisis realizado se simulara el impacto del costo al relacionar la eficiencia del proceso utilizando harina con gluten húmedo menor al 25% antes del primer semestre y entre 22 y 23% en el segundo semestre del año 2016.

#### 6.1 ESTRUCTURA DE COSTOS

La estructura de costos de la empresa está dividida de la siguiente manera y aplica para todos los productos de la compañía:

- Materia Prima
- Material de Empaque
- Mano de obra directa
- Costos Indirectos de Fabricación

A continuación se especifica que comprende cada uno de los rubros.

**Materia Prima:** Comprende los ingredientes de la receta afectados principalmente por la harina y la azúcar.

**Material de Empaque:** Comprende el material de empaque primario, secundario, encartonado y sellado.

**Mano de Obra Directa:** Comprende los operarios que trabajan directamente en los equipos.

**Costos Indirectos de Fabricación:** Comprende los siguientes costos:

- ✓ **Carga Fabril:** Agua, energía, gas, bunker.
- ✓ **Depreciaciones:** De las máquinas que participan en el proceso productivo
- ✓ **Mantenimiento:** de las maquinas involucradas en el proceso productivo incluido compra de accesorios.
- ✓ **Mano de obra indirecta:** incluye personal operativo que no trabaja directamente en el proceso pero lo controla como son los jefes y supervisores de producción, jefe y analistas de calidad, operadores técnicos y personas administrativo de la Gerencia de Operaciones.

La carga estándar de pesos en costos por cada uno de los rubros está definida por la compañía de la siguiente manera:

ESTRUCTURA DE COSTOS	
Items	Porcentaje
MP	45%
ME	10%
MOD	20%
CIF	25%

Tabla 30 Estructura de Costos.  
Fuente: Empresa  
Elaborado: Por Autor

## 6.2 ANTECEDENTES

Durante el 2015 se trabajaron los tres primeros meses de producción (Junio, Julio y Agosto) con harina de gluten húmedo mayor al 25% y a partir del análisis realizado a partir de los meses de Octubre, noviembre y diciembre se empezó a trabajar con harina de gluten húmedo menor al 25%.

A continuación se muestra el resumen de cierre del año 2015 donde se puede observar que los últimos tres meses de producción son los que presentaron mejor rendimiento respecto al costo.

MARIA SA COSTO DE PRODUCCIÓN ACUMULADO A DIC /2015	jun-15		jul-15		ago-15		oct-15		nov-15		dic-15		Acumulado	
	Total	Unit.	Total	Unit.	Total	Unit.	Total	Unit.	Total	Unit.	Total	Unit.	Total	Unit.
	<b>Galletas Dulces (Riob.)</b>													
Materia prima	19,25	1,51	137,50	2,01	69,16	1,39	94,39	1,39	92,89	1,34	110,28	1,36	523,47	1,50
Material de empaque	4,62	0,36	18,20	0,27	12,00	0,24	15,73	0,23	15,81	0,23	22,10	0,27	88,46	0,25
Mano de obra	8,47	0,66	55,20	0,81	32,24	0,65	43,26	0,64	45,45	0,66	48,24	0,60	232,86	0,67
Otros costos indirectos producción	6,16	0,48	29,54	0,43	30,70	0,62	43,00	0,63	43,50	0,63	49,14	0,61	202,04	0,58
<b>Costo total</b>	<b>38,50</b>	<b>3,02</b>	<b>240,44</b>	<b>3,51</b>	<b>144,10</b>	<b>2,89</b>	<b>196,38</b>	<b>2,89</b>	<b>197,65</b>	<b>2,86</b>	<b>229,76</b>	<b>2,84</b>	<b>1.046,83</b>	<b>3,00</b>
<b>Ton. Prod</b>	<b>12,75</b>		<b>68,50</b>		<b>49,86</b>		<b>68,05</b>		<b>69,11</b>		<b>80,90</b>		<b>349,17</b>	
<b>C/U Prod. x kilo</b>	<b>3,02</b>		<b>3,51</b>		<b>2,89</b>		<b>2,89</b>		<b>2,86</b>		<b>2,84</b>		<b>3,00</b>	

Tabla 31 Costos 2015.  
Fuente: Empresa  
Elaborado: Por Autor

Así mismo se puede apreciar en la tabla 18 la distribución en pesos porcentuales de cada uno de los rubros dentro del costo total, donde se evidencia que en materia prima y mano de obra, todos los meses se ha estado por encima del objetivo de la compañía (marcado en color rojo)

<b>Galletas Dulces (Riob.)</b>	<b>Presupuestado</b>	Junio	Julio	Agosto	Octubre	Noviembre	Diciembre	ACU
Materia prima	45%	50%	57%	48%	48%	47%	48%	50%
Material de empaque	10%	12%	8%	8%	8%	8%	10%	8%
Mano de obra	20%	22%	23%	22%	22%	23%	21%	22%
Otros costos indirectos producción	25%	16%	12%	21%	22%	22%	21%	19%

Tabla 32 Pesos porcentuales de componentes del costo.

Fuente: Empresa

Elaborado: Por Autor

Con estos antecedentes en el siguiente punto se podrán observar las proyecciones de ahorros para el 2016 con los cambios sugeridos a lo largo de este estudio.

### 6.3 ESTIMACIÓN DE AHORROS.

La proyección de costos del año 2016 cuenta con los siguientes antecedentes fundamentales para entender el análisis:

- El costo por kilo proyectado por la compañía para el ejercicio fiscal 2016 considerando los cambios realizados es de 2,70 dólares.
- Según lo definido en el capítulo 3 se ahorrarán 16 personas con la automatización de la línea lo que representa un ahorro del 30% sobre el costo de la MOD.
- El presupuesto de producción durante el 2016 es de 700 toneladas.

#### 6.3.1 AHORRO MP

Durante los meses de febrero y marzo que se utilizó harina con gluten húmedo menor a 25% el costo acumulado ha sido de 2,79 dólares por kilo es decir 21 centavos menos por kilo que durante el 2015.

MARIA SA COSTO DE PRODUCCIÓN ACUMULADO A JUN /2016	ene-16		feb-16		mar-16		abr-16		may-16		jun-16		Acumulado	
	Total	Unit.	Total	Unit.	Total	Unit.	Total	Unit.	Total	Unit.	Total	Unit.	Total	Unit.
	<b>Galletas Dulces (Riob.)</b>													
Materia prima			96,74	1,31	94,84	1,34	-	-					191,58	1,33
Material de empaque			21,00	0,28	21,73	0,31	-	-					42,73	0,30
Mano de obra			45,00	0,61	41,49	0,59	-	-					86,49	0,60
Otros costos indirectos producción			43,00	0,58	39,54	0,56	-	-					82,54	0,57
<b>Costo total</b>			<b>205,74</b>	<b>2,79</b>	<b>197,60</b>	<b>2,80</b>	-	-					<b>403,34</b>	<b>2,79</b>
<b>Ton. Prod</b>			<b>73,78</b>		<b>70,57</b>		-						<b>144,35</b>	
<b>C/U Prod. x kilo</b>			<b>2,79</b>		<b>2,80</b>		-						<b>2,79</b>	

Tabla 33 Costos 2016 (Semestre I).  
Fuente: Empresa  
Elaborado: Por Autor

Con este ahorro (0,21 ctvs. por kilo) y considerando que se han producido entre febrero y marzo 144,35 toneladas (144350 kilos) el ahorro real de los dos meses de producción del primer semestre es de 30,313 dólares (tabla 20) sin embargo el ahorro más significativo se reflejará en el segundo semestre.

AHORRO REAL	
Ahorro por kilo	0,21
Kilos Producidos	144350
<b>Ahorro Semestre I</b>	<b>\$ 30.313,50</b>

Tabla 34 Ahorro real MP (Semestre I)  
Fuente: Empresa  
Elaborado: Por Autor

Durante el segundo semestre se producirán 555,65 toneladas según el plan de producción 2016, dado que en la industria galletera y confitera en general el 70% de sus ventas son en el segundo semestre por la temporada navideña. Con esta producción durante el segundo semestre se puede obtener un ahorro de 116,685 dólares como se observa al detalle en la tabla 21.

AHORRO ESTIMADO	
Ahorro por kilo	0,21
Kilos Producidos	555650
<b>Ahorro Semestre II</b>	<b>\$ 116.686,50</b>

Tabla 35 Ahorro estimado MP (Semestre II)  
Fuente: Empresa  
Elaborado: Por Autor

Al consolidar el ahorro real del primer semestre y el ahorro estimado del segundo semestre por el rubro de MP se estima un ahorro de 147.000 dólares en el primer año.

<b>AHORRO CONSOLIDADO 2016</b>	
Ahorro por kilo	0,21
Kilos Producidos	700000
<b>Ahorro anual</b>	<b>\$ 147.000,00</b>

Tabla 36 Ahorro Anual MP  
Fuente: Empresa  
Elaborado: Por Autor

### 6.3.2 AHORRO MOD

El costo de la mano de obra mantiene un promedio de 60 centavos por kilo como se puede observar en el cuadro de costos del 2016 (tabla 19), sin embargo con el plan de automatización se obtendrá un ahorro del 30% (según lo definido en el punto 5.2.3 Análisis Costo-Beneficio de este estudio) en el costo de la mano de obra a partir del mes de Agosto con lo que el costo promedio bajaría de 60 a 42 centavos, es decir abra un ahorro de 0,18 centavos por kilo que al multiplicarlo por los 555, 65 toneladas que se realizaran en el segundo semestres se obtendrá un ahorro de 100,017 dólares como se puede apreciar en la tabla 23.

<b>AHORRO MOD</b>	
Costo MOD por Kilo	0,60
Ahorro 30%	0,18
Producción Semestre II	555650
<b>Ahorro Estimado</b>	<b>\$ 100.017</b>

Tabla 37 Ahorro MOD anual  
Fuente: Empresa  
Elaborado: Por Autor

### 6.3.3 AHORRO CONSOLIDADO

El ahorro consolidado entre materia prima y mano de obra directa se puede apreciar en la tabla 24. Este ahorro es anual a partir del 2016.

<b>AHORRO DEL PROYECTO AÑO 1</b>	
Materia Prima	\$ 147.000
MOD	\$ 100.017
<b>TOTAL AÑO 1</b>	<b>\$ 247.017</b>

Tabla 38 Ahorro consolidado anual (MP-MOD)

Fuente: Empresa

Elaborado: Por Autor

Con esta proyección de ahorro (247.017 dólares) y considerando la producción anual de 700 toneladas tendremos un ahorro estimado por kilo de 35 centavos, lo que nos permitirá obtener un costo anual de 2,65 centavos por kilo de galleta, logrando el objetivo de la Gerencia General de la compañía que puso como objetivo un costo de 2,70 dólares.

Cabe mencionar que no se está considerando el ahorro que pudiera existir cuando arranque el molino propio donde se apuntará siempre a que el gluten húmedo en la harina este entre 22 y 23%. Lo que permite que el estudio sea aún más favorable y beneficioso para los accionistas y colaboradores.

## CONCLUSIONES

Con base a los resultados del estudio realizado se concluye lo siguientes:

- ✓ El rango definido por la norma técnica de harina NTE-INEN-0616 es muy amplio y no es aplicable para la galleta tipo Maria ya que define solamente rango mínimo de 20% en el gluten húmedo cuando en la producción en la industria de harina en el país maneja máximos de hasta 32%.
- ✓ Se evidencia con los resultados obtenidos que siempre es mejor trabajar con gluten húmedo menor al 25% para el caso de galletas tipo Maria.
- ✓ El análisis estadístico revelo que el limite óptimo con el cuál se obtiene mayor eficiencia en la producción de galleta Maria resulta cuando el gluten húmedo de la harina está en el siguiente rango:  $22\% \leq GL < 24\%$
- ✓ La automatización del sistema de producción permitirá reducir el costo de MOD en un 30% contribuyendo de esta manera a mejorar el costo del producto final.

## IMPLEMENTACIONES

- ✓ Actualización de la ficha técnica de la harina donde se especifica que el gluten húmedo para producción de galleta Maria en la planta de Riobamba debe estar entre 20 y 25%. Se aplica desde el mes de noviembre del 2015.
- ✓ En el molino que actualmente se está construyendo en Riobamba se debe apuntar a que el gluten húmedo este  $22\% \leq GL < 24\%$  para mejorar la eficiencia de la línea. Esto se implementará a partir de septiembre del 2016.
- ✓ Se automatizo línea de manera que se redujo el MOD en un 30% con una inversión de 40,000 dólares. Operativo desde Agosto del 2016.
- ✓ Implementaciones de controles de calidad en línea para los parámetros peso crudo, peso cocido, textura y humedad.



## BIBLIOGRAFÍA


- BESALDUSH, E. V. (s.f.). *Control de Calidad: Control estadístico de Proceso*. Obtenido de concretonline:  
[http://www.concretonline.com/pdf/SERVICIOS/04\\_calidad/art\\_tec/29\\_control20estadistico20de20procesos.pdf](http://www.concretonline.com/pdf/SERVICIOS/04_calidad/art_tec/29_control20estadistico20de20procesos.pdf)
- BESTERFIELD, D. H. (2010). *Control de Calidad*, (Vol. Octava edición). Mexico: Pearson.
- BIVAND, R. & PEBESMA, E. (2008). *Applied Spatial Data analysis with R*. USA: Springer.
- CAMISON, C. (2006). *Gestión de la Calidad: Conceptos, Enfoques, Modelos y Sistemas*. Madrid-España: Pearson.
- FERRAN, A. (2011). *SPSS para Windows: Análisis estadístico*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- GUTIÉRREZ, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*, . 3era edición. .
- MONTGOMERY, D. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos*. Arizona EEUU.: Universidad Estatal de Arizona.
- TENNANT, G. (2001). *Control estadístico del proceso y administración Total de la calidad en manufactura y servicios*. EEUU: Panorama.
- TUTORIAL MINITAB 16. (s.f.). *Tutorial de estadística*. Obtenido de Tutorial de estadística.
- TUTORIAL STATGRAFICS XVII. (2015). *Control estadístico de procesos*. Obtenido de Control estadístico de procesos.: <http://www.statgraphics.com/statistical-process-control-charts>
- Zurita, G. (2008). *Probabilidad y Estadística Fundamentos y Aplicaciones*. Guayaquil, Ecuador: Centro de Publicaciones ESPOL .

# ANEXOS

## ANEXO 1 ESTANDAR DE PROCESO

Estandar de Línea y Mano de Obra FERT						
Código SAP	401461	Proceso	Galletería	Vel. Nominal	100,00%	
Descripción	MARIA 22 G - EP			Eficiencia	85,00%	
Proceso	Empaque Final			STD P. Program	10,00%	
Unidad Base	1000 Kg			STD P. NO Program	5,00%	
Línea de Operación	DEPOSITADO - EMPAQUE PRIMARIO			Performance	85,00%	
CICLOS DE PRODUCCION FERT						
		Turnos Dia	Horas Turnos	Dias		
		1	12	1		
PAROS PROGRAMADOS						
		VECES	DURACIÓN (min)	HORA		
Laminado	Alimentación	1	30	0,50	4,2%	
	Limpieza	1	30	0,50	4,2%	
				1,00	8,3%	
PAROS NO PROGRAMADOS						
		VECES	DURACIÓN (min)	HORA		
Laminado	Técnicos	1	30	0,50		
	Planificación	0	0	0,00		
	Operacional	1	30	0,50		
				1,00	8,3%	
Estandar de línea						
El paquete de 12g lleva 4 galletas		Laminado-Horneo	120cascos*5.00peso cocido*20 rpm*60min = 612 Kg/h			
El peso de cada galleta es de 3 gramos.		Empaque primario	180gpm x 60 min x 20g = 183.6 Kg/hora			
		Fuente				
MANO DE OBRA						
Proceso	Mano de Obra Proporcional	Mano de Obra Horas Hombre	Mano de Obra Horas Hombre			
<b>GALLETAS DESNUDAS</b>						
Laminado	2	12,0	24,0			
Operador de Horno	1	12,0	12,0			
<b>GALLETAS ENVUELTA (una sola máquina, existen 5 máquinas)</b>						
Alimentadores	2	12,0	24,0			
Inspectores de paquetes	1	12,0	12,0			
Operario de máquina	1	12,0	12,0			
			0,0			
			0,0			
<b>TOTAL DE PERSONAS</b>	<b>7</b>					
<b>TOTAL DE HORAS HOMBRE</b>			<b>84,0</b>			
<b>TOTAL DE HORAS MAQUINA</b>			<b>11,0</b>			
<b>PRODUCTIVIDAD</b>		<b>26,2 Kg/hh</b>				
* Estándar validado en Junio/2015.						
Aprobado por:	Revisado por:			Realizado por:		
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
Gerente Operaciones	Jefe de Producción	Jefe Mantenimiento	Organizador Industrial			

## ANEXO 2 FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO

ESPECIFICACION PRODUCTO TERMINADO				Especificación No.: 2509		
Grupo: Galletas	Fecha vigencia: 2015-09-06	Creada por: Analista de Calidad				
Producto: Maria	Reemplaza versión de: 000	Aprobado por: Jefe de Calidad				
Formatos: 2509 MARIA FUNDA 10X18X22 G						
Cambios efectuados: Actualización de especificación de acuerdo a ISO 22000 Numeral 7.3.3.2						
<b>INFORMACION GENERAL</b>						
Galletas de vainilla en forma redonda, sabor a vainilla a base de harina, azúcar e ingredientes menores.						
<b>* PERFIL ORGANOLEPTICO</b>						
Aspecto: cara anterior: lisa, cara posterior: lisa Aroma: a vainilla, que se percibe al abrir el empaque. Sabor: A galleta, vainilla. Textura: textura delicada. Con presencia de crack al morder.						
<b>FISICOQUIMICA</b>						
	EXÁMENES	Unidades	Mínimo	Etiqueta /100g	Máximo	Método
						Norma INEN
<b>FISICO QUIMICO</b>						
+	Humedad	%	-	-	2.00	Norma Interna / Diario
+	Ph	AJ 10%	-	-	7.50	Norma Interna / Diario
+	Grasa	%	25	-	-	Norma Interna / Monitoreo
+	Hermeticidad	%	90.00	-	-	Norma Interna / Diario
<b>MICROBIOLOGIA</b>						
+	Cuento de Gármenos mesófilos	ufc / g	1000	-	30000	Norma INEN (n=5) / Monitoreo
+	Coliformes	ufc / g	0	-	100	
+	Salmonella - Monitoreo	Ausencia / 25g	Negativo	-	-	
+	Mohos / Levaduras	ufc / g	100	-	1000	
<b>CONTAMINANTES</b>						
	Cobre	mg/kg	0	-	15	Norma INEN/ De acuerdo a cronograma de envío de muestras a laboratorio externo.
	Plomo	mg / kg	0	-	1.0	
	Arsténico	mg / kg	0	-	0.5	
<b>EMBALAJE , VIDA UTIL, CONSERVACION &amp; DISTRIBUCION, OTRAS INFORMACIONES:</b>						
Primario :	Laminado de Polipropileno Biorientado + Polipropileno biorientado metalizado				Declaración de Alérgenos :	
Secundario:	Funda Monocapa de Polipropileno Biorientado				Contiene leche, lactosa, soya y gluten. Puede contener trazas de tartrazina.	
Vida útil:	12 meses				CONSUMO: Directo	
Conservación y Distribución:	Almacenar las cajas sobre pallet en ambiente fresco, seco y limpio (20-25°C / 50-60% HR). En vehículos cerrados, limpios, secos, libres de olores extraños, exclusivos para transportar alimentos.					
* Codificación:	Turno/ Estado del producto / Código Juliano /Año / Máquina de moldeado Fecha de fabricación/fecha vencimiento. PVP. Ver ejemplo: L:101460 C ELAB: MAY/10 VENCE: ENE/11 PVP: XXXX				COMPOSICION en: Reg. San. 4694-ALN-0315 Elaborado según NTE 2065	
Textos Legales:				* Análisis Obligatorios para Liberación		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información Nutricional</li> <li>• Ingredientes</li> <li>• Contenido Neto</li> <li>• Lugar de fabricación</li> <li>• Registro Sanitario</li> <li>• Código de barra</li> <li>• Codificación.</li> </ul>						

## ANEXO 3. NORMA INEN 616

NTE INEN 616

2015-01

REQUISITOS	Unidad	Pastificios	Panificación	Pastelería y galletería	Auto-leudantes	Para todo uso	Integral	MÉTODO DE ENSAYO
Gluten húmedo, mínimo	%	28	28	20	20	25	-	NTE INEN-ISO 21415-1 o NTE INEN-ISO 21415-2
Grasa (materia seca), máximo	%	2	2	2	2	2	3	NTE INEN-ISO 11085 AOAC 2003.06**
Tamaño de partícula Pasa por un tamiz de 212 $\mu m$ , mínimo	%	95					-	NTE INEN 517
* Factor de conversión de nitrógeno a proteína para trigo $w_N \times 5.7$ .								
** Los métodos AOAC pueden ser utilizados para fines de control de calidad.								

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos para la harina de trigo

REQUISITOS	Unidad	Pastificios	Panificación	Pastelería y galletería	Auto-leudantes	Para todo uso	Integral	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad, máximo	%	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	15,0	NTE INEN-ISO 712
Proteína (materia seca)*, mínimo	%	10,5	10	7	7	9	11	NTE INEN-ISO 20483
Genizas (materia seca), máximo	%	0,85	1	0,8	3,5	0,8	2,0	NTE INEN-ISO 2171
Acidez (expresado en ácido sulfúrico), máximo	%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	NTE INEN 521

2015-0013

3 de 8

## ANEXO 4. FICHA TÉCNICA HARINA (INICIAL)

ESPECIFICACION MATERIA PRIMA		Especificación No.500046-2
Grupo: <i>Materia Prima</i>	Fecha vigencia: 16/04/2015	Emitida por: <i>Jefe de Calidad</i>
Tipo: <i>Harina</i>	Reemplaza versión de: 25/08/2010	Aprobado por: <i>Gerente I&amp;D.</i>

*Cambios efectuados: Actualizar documento obsoleto para arranque de producción propia.*

### 1. ALCANCE

Establecer las características de calidad que debe cumplir la Harina a usarse en los procesos de producción de la Empresa.

### 2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Polvo fino de color blanco – cremoso con olor y sabor propio; obtenido por la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo sano, limpio, exento de parásitos, impurezas y microorganismos indeseables.

### 3. \*CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

Polvo fino de color blanco cremoso, libre de impurezas fortificada con vitaminas y minerales. Debe estar libre de excretas animales, no deberá contener insectos vivos ni sus formas intermedias de desarrollo.

### 4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS

### 5. CARACTERÍSTICA MICROBIOLÓGICAS

PARAMETROS	OBLEAS	
	Min	Máx.
*Humedad (%)		14.5
*Cenizas totales (%)		0.75
Proteínas (%)	9	
*Gluten húmedo (%)	20	-
Hierro (ppm)	55	-
Niacina (ppm)	40	-
Riboflavina (ppm)	7	-
Tiamina (ppm)	4	-
Acido Fólico (ppm)	0.60	-
Aflatoxinas	Max 10ppb	

\*Para liberar el lote

PARAMETROS	Límite máximo
Gérmenes totales (UFC/g)	100.000
Coliformes totales (UFC/g)	100
E. coli (UFC/g)	< 10
Mohos y levaduras (UFC/g)	500
*Salmonella (UFC/g)	Negativo/25g

### 6. EMPACADO

Debe ser empacado en sacos de polipropileno cocidos. No se debe utilizar grapas, broches o cierres metálicos.

Contenido neto: 50 kg (de preferencia)

### 5. ALMACENAJE Y MANIPULEO

El producto debe ser almacenado y/o transportado en condiciones normales de: temperatura y ambiente limpio y seco alejado de fuentes de calor y olores extraños..

### 6. DOCUMENTACIÓN REQUERIDA

6.1 Certificado de análisis (cada envío). Cada vez que se ocasione un cambio, el proveedor debe notificar por escrito.

6.2 Ficha técnica (una vez al año o cuando se genere actualización de documentos).

6.3 Registro Sanitario (de preferencia)

### 7. MUESTREO

. TABLA D Plan de muestreo por subgrupos Tablas MIL STD 105D Nivel de inspección I.

### 8. REFERENCIA

8.1 Norma NTE INEN 616 Harina de Trigo Requisitos.

## ANEXO 5. FICHA TÉCNICA HARINA (ACTUAL)

ESPECIFICACION MATERIA PRIMA		Especificación No.500046-2
Grupo: <i>Materia Prima</i>	Fecha vigencia: 5/01/2016	Emitida por: <i>Jefe de Calidad</i>
Tipo: <i>Harina</i>	Reemplaza versión de: 16/04/2015	Aprobado por: <i>Gerente I&amp;D.</i>

Cambios efectuados: **Ajuste de rango de Gluten húmedo en recepción de harina.**

### 1. ALCANCE

Establecer las características de calidad que debe cumplir la Harina a usarse en los procesos de producción de la Empresa.

### 2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Polvo fino de color blanco – cremoso con olor y sabor propio; obtenido por la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo sano, limpio, exento de parásitos, impurezas y microorganismos indeseables.

### 3. \*CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

Polvo fino de color blanco cremoso, libre de impurezas fortificada con vitaminas y minerales. Debe estar libre de excretas animales, no deberá contener insectos vivos ni sus formas intermedias de desarrollo.

### 4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS

### 5. CARACTERÍSTICA MICROBIOLÓGICAS

PARAMETROS	OBLEAS	
	Min	Máx.
*Humedad (%)		14.5
*Cenizas totales (%)		0.75
Proteínas (%)	9	
*Gluten húmedo (%)	20	25
Hierro (ppm)	55	-
Niacina (ppm)	40	-
Riboflavina (ppm)	7	-
Tiamina (ppm)	4	-
Acido Fólico (ppm)	0.60	-
Aflatoxinas	Max 10ppb	

\*Para liberar el lote

PARAMETROS	Límite máximo
Gérmenes totales (UFC/g)	100.000
Coliformes totales (UFC/g)	100
E. coli (UFC/g)	< 10
Mohos y levaduras (UFC/g)	500
*Salmonella (UFC/g)	Negativo/25g

### 6. EMPACADO

Debe ser empacado en sacos de polipropileno cocidos. No se debe utilizar grapas, broches o cierres metálicos.

Contenido neto: 50 kg (de preferencia)

### 5. ALMACENAJE Y MANIPULEO

El producto debe ser almacenado y/o transportado en condiciones normales de: temperatura y ambiente limpio y seco alejado de fuentes de calor y olores extraños..

### 6. DOCUMENTACIÓN REQUERIDA

6.1 Certificado de análisis (cada envío). Cada vez que se ocasione un cambio, el proveedor debe notificar por escrito.

6.2 Ficha técnica (una vez al año o cuando se genere actualización de documentos).

6.3 Registro Sanitario (de preferencia)

### 7. MUESTREO

. TABLA D Plan de muestreo por subgrupos Tablas MIL STD 105D Nivel de inspección I .

### 8. REFERENCIA

8.1 Norma NTE INEN 616 Harina de Trigo Requisitos.

Página 1

Revisión de código SAP – OK