

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

OPTIMIZACIÓN DE LAS VARIABLES ASOCIADAS AL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LAS GALLETAS EN LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Roldán S., César E.
para optar al título de
Ingeniero Químico

Caracas, 2010

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

OPTIMIZACIÓN DE LAS VARIABLES ASOCIADAS AL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LAS GALLETAS EN LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Leonardo Oropeza.

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Melina Andrade.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Roldán S., César E.
para optar al título de
Ingeniero Químico

Caracas, 2010



Proyecto Nro.:

25-I-2009

Constancia de aprobación de Proyecto.

Por la presente se le(s) comunica que el Consejo de Escuela en su Sesión de fecha 08/09/2009, aprobó el Proyecto de Investigación que se detalla a continuación:

<i>Título:</i> "Optimización de las variables asociadas al tiempo de vida útil de las galletas en la cadena de distribución y almacenamiento."		
<i>Área:</i> Grupo de Aplicaciones		
<i>Nivel (de grado, Especialidad, Maestría, Doctorado)</i> Trabajo Especial de Grado		
<i>Lugar de ejecución y teléfono</i> Nestlé Venezuela S.A. Fábrica Santa Cruz		
<i>Tutor(es)</i> Andrade Melina Prof. Oropeza Leonardo	<i>Estudiante(s):</i> Br. Roldán César	
JURADOS		
#	Principales	Suplentes
1	Andrade Melina Prof. Oropeza Leonardo	El (los) Tutor (es) no tienen suplente (s)
2	Prof. Rosales Andrés	Profa. Estévez Amelia
3	Prof. Rodríguez María	Prof. Alonso Mariluz

Dada en la Ciudad de Caracas a los 08 días de octubre del año dos mil nueve, para los fines administrativos pertinentes.



Jefe del Dpto. de Diseño y Control de Procesos

Con Copia a: Tesista(s), Tutor(es), Jurados, Jefe del Dpto. de Diseño y Control de Procesos



Caracas, Marzo de 2010

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Química, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller, titulado:

“Optimización de las variables asociadas al tiempo de vida útil de las galletas en la cadena de distribución y almacenamiento.”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Químico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Mary Luz Alonso
Jurado

Prof. Andrés Rosales
Jurado

Prof. Leonardo Oropeza
Tutor Académico

Ing. Melina Andrade
Tutor Industrial

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por protegerme, guiarme, llenarme de vida, fuerza, salud y permitirme culminar de forma exitosa esta etapa de mi vida.

A la Universidad Central de Venezuela, mi ilustre casa de estudios, por darme la formación necesaria para ser Ingeniero de bien.

A mis tutores, Leonardo Oropeza y Melina Andrade, por confiar en mí, brindarme su conocimiento y apoyarme incondicionalmente.

A mi familia, por estar siempre conmigo. En especial a mis padres, Luisa Suárez y José Roldán, por todos los sacrificios realizados para poder alcanzar esta meta y ofrecerme siempre una mano en la cual apoyarme cuando lo necesité, por creer en mí y hacerme sentir capaz de superarme siempre, bien saben que los adoro. Por hacerme ver que todo es posible, siempre que exista esfuerzo y dedicación. Sin dejar de un lado a mi querido hermano, José Roldán, por siempre apoyarme y darme esos consejos de batalla que sólo un estudiante de Ingeniería Eléctrica de la UCV puede dar. Por todos los recuerdos que hacen que siempre estés cerca aunque ya no nos veamos tan a menudo, y por hacerme sentir que siempre contaré contigo sin importar nada. Muchas gracias Bro.

A mis abuelos, por siempre estar ahí y darme consejos de vida que sólo la experiencia permite conocer. En especial a mi abuela “Mamalé”, quién me vio crecer y me inculcó muchos de los conocimientos y principios que me han hecho la persona que soy hoy en día. Por la paciencia y amor que siempre me dió, y por todas las bonitas memorias que hacen que nunca se aleje de mi mente. Te extraño muchísimo, y siempre estarás presente en mi corazón.

A Daniela Ardila, una amiga incondicional, por siempre brindarme su apoyo, así como ayudar a mi formación como Ingeniero de igual forma que una profesora. No

existen palabras para poder agradecer todo el soporte brindado, tanto en el ámbito profesional como con tu valiosa amistad, la cual valoro y atesoraré toda mi vida. Siempre podrás contar conmigo para lo que sea, millones de gracias.

A Mónica Sogbe, por siempre ser mi amiga y fiel compañera en la Escuela de Ingeniería Química, por entenderme y hacerme ver que siempre podré contar contigo, sabes que tendrás un amigo en mí incondicionalmente. Si algo extrañaré de mi etapa como estudiante de la UCV, será el compartir contigo todo el tiempo y poder disfrutar, e incluso pasarla bien, en momentos de tanto estrés, eso no hubiera podido lograrlo sin tí. Muchísimas gracias.

A todos mis amigos, por todo lo que me han enseñado en el día a día y por los buenos (y los no tan buenos) momentos compartidos. Un especial agradecimiento a Loredana Salvo, por ser mi apoyo durante mi formación como Ingeniero, y por compartir momentos que siempre guardaré con mucho cariño. También a Bernardo Bohorquez, por ser un amigo fiel y que aunque la distancia nos separa, sé que la amistad siempre se mantendrá. Muchas gracias a todos, y sepan que aunque no los nombre aquí por razones de espacio, siempre los tengo presentes.

A las profesoras Amelia Estévez y María Rodríguez, por nutrirme con sus conocimientos y ayudarme siempre que lo necesité, pero sobre todo por enseñarme que ser Ingeniero no sólo significa ser un buen profesional, sino también ser un buen ser humano. Gracias por sus enseñanzas.

A los profesores del Ciclo Básico de la Facultad Ingeniería, por ofrecerme las herramientas necesarias que permitieron mi formación como Ingeniero y que, además, me prepararon para el fuerte camino que tenía (y aun tengo) por delante. De forma muy especial quiero agradecer a Clara Baldi (D.E.P.), Delia Da Silva, Angela Hernández y Myriam Rodríguez, siempre las tendré presente.

A la Escuela de Ingeniería Química, y a todas las personas que en ella laboran, por enseñarme algo todos los días incluso aún sin darnos cuenta.

A mis padrinos, por todo el cariño y entendimiento que me han brindado, y por siempre estar conmigo en todo momento y preocuparse por mí. Los quiero muchísimo

A Nestlé Venezuela S.A. Fábrica Santa Cruz, por darme la oportunidad de poner en práctica mis conocimientos y desarrollar nuevas habilidades. También a las personas que allí laboran, por demostrar su gran calidad humana y su compromiso con este proyecto.

Y a todas las personas que de una u otra forma han contribuido con mi formación como Ingeniero, y como la persona que soy hoy en día.

Roldán S., César E.

OPTIMIZACIÓN DE LAS VARIABLES ASOCIADAS AL TIEMPO DE VIDA
ÚTIL DE LAS GALLETAS EN LA CADENA DE DISTRIBUCIÓN Y
ALMACENAMIENTO.

**Tutor Académico: Prof. Leonardo Oropeza. Tutor Industrial: Ing. Melina
Andrade. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería
Química. Año 2009, 144 p.**

Palabras Claves: Galletas, *Wafer*, Vida Útil, Hermeticidad, Humedad, Optimización.

Resumen.

Los productos elaborados en base a galletas de tipo oblea (*wafer*), cuentan con una trayectoria de más de 30 años en el país, por lo que se encuentran fuertemente posicionados en el mercado. El presente Trabajo Especial de Grado se planteó como objetivo principal encontrar vías para el incremento del tiempo de vida útil de este tipo de productos y proponer las alternativas más adecuadas para ser aplicadas en el proceso de producción.

El estudio, que tuvo una duración de 24 semanas, comenzó con la inspección de 3 líneas de producción de galletas de tipo oblea, dulce, rellena y no cubierta (*wafer*), con el fin de verificar las condiciones actuales de operación de las líneas. A partir de la información recolectada, y mediante un exhaustivo análisis estadístico, se detectaron diferentes condiciones fuera de control en algunas etapas, así como sus respectivas posibles causas asignables. En conjunto, con la realización de estudios de conservación, se pudo determinar que la vida útil actual del producto es de 2 meses, así como la humedad crítica que es igual a 2,15 %. La causa principal de este deterioro (pérdida de la crujencia) es la falla o falta de hermeticidad en los empaques.

Una vez identificadas las deficiencias en cada área, se canalizaron y desarrollaron propuestas que darían solución al problema, como el estudio de las condiciones de las mordazas, pruebas de diferentes materiales de empaque y análisis de alternativas a la formulación de la oblea, al tiempo que se evaluó su efectividad en algunas de ellas, mediante la realización de nuevos estudios de conservación, y la verificación de la hermeticidad de los empaques.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3 OBJETIVOS	5
CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
2.1. LAS GALLETAS	6
2.2. ELABORACIÓN DE WAFER	7
2.2.1. Componentes del Wafer	7
2.2.1.1. Oblea	7
2.2.1.2. Relleno	12
2.2.2. Proceso de Fabricación	13
2.2.2.1. Recepción y Almacenamiento de Materia Prima	15
2.2.2.2. Preparación del Relleno	15
2.2.2.3. Preparación de la Pasta	16
2.2.2.4. Horneado	16
2.2.2.5. Enfriamiento Primario	21
2.2.2.6. Cremado	21

2.2.2.7. Enfriamiento Secundario	22
2.2.2.8. Cortado	23
2.2.2.9. Empacado y Distribución	23
2.3. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO	24
2.3.1. Wafer	24
2.3.1.1. Calidad Microbiológica	24
2.3.1.2. Calidad Físico-Química	24
2.3.1.3. Calidad Sensorial	25
2.3.2. Empaque	26
2.3.2.1. Hermeticidad	27
2.3.2.2. Calidad Visual	27
2.3.3. Vida Útil	27
2.4. ASPECTOS ESTADÍSTICOS	29
2.4.1. Muestreo	30
2.4.2. Análisis de la Varianza	31
2.4.3. Estadística para el Control de Procesos	32
2.4.3.1. Gráficos de Control	33
2.4.3.2. Diagrama de Pareto	35
2.4.3.3. Diagrama de Causa-Efecto	36
2.4.4. Estadística Sensorial	38

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	40
3.1. Verificación de las Condiciones de Operación Actuales en el Proceso de Fabricación de <i>Wafer</i>	40
3.1.1. Análisis a la Masa de las Obleas	41
3.1.2. Análisis a las Obleas	42
3.1.3. Análisis del Proceso	43
3.2 Análisis de Causas de las Discrepancias Encontradas	44
3.3. Determinación del Impacto de los Principales Índices de Deterioro del Producto Terminado Sobre su Calidad Sensorial	44
3.4. Desarrollo de Propuestas Óptimas para el Incremento de la Vida Útil de los <i>Wafer</i> de Acuerdo al Proceso	45
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1. MONITOREO DE LAS CONDICIONES INICIALES DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN	46
4.1.1. Preparación de Masa y Relleno.....	46
4.1.2. Horneado	49
4.1.3. Cremado	53
4.1.4. Enfriamiento Secundario	57
4.1.5. Empacado	62
4.2. DETERMINACIÓN DEL PRINCIPAL ÍNDICE DE DETERIORO	65
4.2.1. Estudios de Conservación	65
4.2.2. Humedad Crítica	71

4.2.3. Selección del Índice del Deterioro más Importante	73
4.3. DESARROLLO DE PROPUESTAS PARA EL INCREMENTO DE LA VIDA ÚTIL DEL PRODUCTO	78
4.3.1. Pruebas de Condiciones de las Mordazas	78
4.3.2. Pruebas de Material de Empaque	86
4.3.3. Análisis de Alternativas a la Formulación de la Oblea	89
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS	94
ANEXOS	98
ANEXO 1. Formulario Utilizado para Evaluación Sensorial	98
ANEXO 2. Norma COVENIN 1483:2001. Galletas.	99
ANEXO 3. Norma COVENIN 1553-80. Productos de Cereales y Leguminosas: Determinación de Humedad	112
ANEXO 4. Datos Recolectados para la Etapa de “Preparación de la Pasta”	119
ANEXO 5. Datos Recolectados para la Etapa de “Horneado”	120
ANEXO 6. Datos Recolectados para la Etapa de “Cremado”	121
ANEXO 7. Datos Recolectados para la Etapa de “Enfriamiento Secundario”	122
ANEXO 8. Datos Recolectados para las Pruebas de Hermeticidad	123
ANEXO 9. Diagrama de Flujo de Proceso	124

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla N° 1. Análisis Físico-Químicos a Materias Primas y Semi-Elaborados en la Producción de <i>Wafer</i>	25
Tabla N° 2. Media, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de la Data Recolectada para la Fluidez de la Masa	47
Tabla N° 3. Media, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de la Data Recolectada para la Dosificación de Grasa Vegetal al Relleno	49
Tabla N° 4. Media, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de la Data Recolectada para la Humedad de las Obleas de la Línea 6	50
Tabla N° 5. Media, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de la Data Recolectada para la Humedad de las Obleas de la Línea 4	51
Tabla N° 6. Media, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de la Data Recolectada para la Humedad de las Obleas de la Línea 3	53
Tabla N° 7. Media, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de la Data Recolectada para el Porcentaje de Relleno de las Obleas de la Línea 6	54
Tabla N° 8. Media, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de la Data Recolectada para el Porcentaje de Relleno de las Obleas de la Línea 4	55
Tabla N° 9. Media, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de la Data Recolectada para el Porcentaje de Relleno de las Obleas de la Línea 3	56
Tabla N° 10. Media, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de la Data Recolectada para el Porcentaje de Humedad Relativa en el Cuarto de Frío	58
Tabla N° 11. Media, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de la Data Recolectada para la Humedad de los Bloques de la Línea 6 a la salida del Cuarto de Frío	59

Tabla N° 12. Media, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de la Data Recolectada para la Temperatura en el Ambiente del Cuarto de Frío	61
Tabla N° 13. Resultados de los Análisis de Varianza de Dos Vías (Línea y Método) Obtenidos Mediante la Herramienta Estadística “Minitab”	64
Tabla N° 14. Resultados del Estudio de Conservación para los Productos de la Línea 3	65
Tabla N° 15. Resultados del Estudio de Conservación para los Productos de la Línea 4	67
Tabla N° 16. Resultados del Estudio de Conservación para los Productos de la Línea 6-S	68
Tabla N° 17. Resultados del Estudio de Conservación para los Productos de la Línea 6-B	70
Tabla N° 18. Resultados del Análisis Organoléptico para la Determinación de la Humedad Crítica	73
Tabla N° 19. Variables Presentes en el Proceso de Sellado y su Influencia	79
Tabla N° 20. Resultados para la Prueba de Temperatura para la Línea de Empacado 3	80
Tabla N° 21. Resultados para la Prueba de Temperatura para la Línea de Empacado 4	81
Tabla N° 22. Resultados para la Prueba de Temperatura para la Línea de Empacado 6-B	82
Tabla N° 23. Resultados para la Prueba de Temperatura para la Línea de Empacado 6-S	83
Tabla N° 24. Resultados para la Prueba de Temperatura para la Línea de Empacado 3 Después de Reemplazadas las Mordazas	85
Tabla N° 25. Cantidad de Empaques que Presentaron Fugas para las Pruebas Realizadas con Diferentes Empaques	87
Tabla N° 26. Resultados de los Estudios de Conservación para las Pruebas de Material de Empaque	88
Tabla N° 27. Cuadro Comparativo entre las Materias Primas Analizadas: Polidextrosa y Fibra de Trigo	90

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1. Clasificación General de las Galletas	6
Figura N° 2. Estructura de la Oblea	8
Figura N° 3. Estructura General del Grano de Trigo	9
Figura N° 4. Diagrama de Bloques del Proceso de Fabricación <i>Wafer</i>	14
Figura N° 5. Horno de 80 Placas para la Producción de Obleas, Fabricado por Haas	17
Figura N° 6. Formación de la Estructura de la Oblea en el Proceso de Horneado ..	20
Figura N° 7. Arco de Enfriamiento Típico, Fabricado por Haas	21
Figura N° 8. Forma Básica del Gráfico de Control Estadístico de la Calidad	33
Figura N° 9. Estructura Básica de un Diagrama de Pareto	36
Figura N° 10. Forma Básica de un Diagrama de Ishikawa	37
Figura N° 11. Escala Estructurada de 3 Puntos	42
Figura N° 12. Fluidez de la Masa en Función de los Días de Monitoreo	47
Figura N° 13. Dosificación de Grasa Vegetal al Relleno en Función de los Días de Monitoreo	48
Figura N° 14. Humedad de las Obleas de la Línea 6 en Función de los Días de Monitoreo	50
Figura N° 15. Humedad de las Obleas de la Línea 4 en Función de los Días de Monitoreo	51
Figura N° 16. Humedad de las Obleas de la Línea 3 en Función de los Días de Monitoreo	52
Figura N° 17. Porcentaje de Relleno de los Bloques de la Línea 6 en Función de los Días de Monitoreo	54

Figura N° 18. Porcentaje de Relleno de los Bloques de la Línea 4 en Función de los Días de Monitoreo	55
Figura N° 19. Porcentaje de Relleno de los Bloques de la Línea 3 en Función de los Días de Monitoreo	56
Figura N° 20. Humedad Relativa en el Ambiente del Cuarto de Frío en Función de los Días de Monitoreo	58
Figura N° 21. Humedad de los Bloques de la Línea 6 a la Salida del Cuarto de Frío en Función de los Días de Monitoreo	59
Figura N° 22. Temperatura en el Ambiente del Cuarto de Frío en Función de los Días de Monitoreo	61
Figura N° 23. Comparación de Métodos de Análisis de Hermeticidad para Todas las Líneas de Producción Sometidas a Estudio	63
Figura N° 24. Porcentaje de Aceptación y Porcentaje de Humedad en Función del Tiempo de Conservación para la Línea 3	66
Figura N° 25. Porcentaje de Aceptación y Porcentaje de Humedad en Función del Tiempo de Conservación para la Línea 4	67
Figura N° 26. Porcentaje de Aceptación y Porcentaje de Humedad en Función del Tiempo de Conservación para la Línea 6-S	69
Figura N° 27. Porcentaje de Aceptación y Porcentaje de Humedad en Función del Tiempo de Conservación para la Línea 6-B	70
Figura N° 28. Humedad del Producto en Función del Tiempo Bajo las Condiciones de Conservación	72
Figura N° 29. Diagrama de Ishikawa para la Inaceptabilidad del Producto	74
Figura N° 30. Diagrama de Pareto para los Índices de Deterioro Detectados en los Estudios de Conservación	75
Figura N° 31. Diagrama de Pareto para el Momento en que Comienza el Deterioro por Acartonamiento en los Estudios de Conservación	76
Figura N° 32. Diagrama de Pareto para la Causa Principal del Deterioro por Acartonamiento	77
Figura N° 33. Huella de la Mordaza Superior e Inferior para la Línea de Empaque 3	80

Figura N° 34. Huella de la Mordaza Superior e Inferior para la Línea de Empaque 4	82
Figura N° 35. Huella de la Mordaza Superior e Inferior para la Línea de Empaque 6-B	83
Figura N° 36. Huella de la Mordaza Superior e Inferior para la Línea de Empaque 6-S	84
Figura N° 37. Gráfico Comparativo entre el Uso de las Mordazas Nuevas y Antiguas para la Línea de Empacado 3	85
Figura N° 38. Huella de la Nueva Mordaza Superior e Inferior para la Línea de Empacado 3	86
Figura N° 39. Cantidad de Fugas por su Magnitud Presentes en los Empaques de las Pruebas Realizadas	88

INTRODUCCIÓN

Savoy, una fábrica dedicada a la producción de confites, fue fundada en el año 1941. Comenzó elaborando productos de chocolate entre los cuales se tiene el famoso Chocolate de Leche Savoy, posteriormente amplía su variedad con productos como Ping Pong, Toronto y Miramar. Fue después que la fábrica entró en el área de las galletas y sacó al mercado el famoso Cocosette y la Susy, entre otros. En el año 1988 Nestlé Venezuela S.A., una compañía transnacional productora de alimentos con sede matriz en Suiza, adquiere a la empresa, e inaugura la Fábrica Santa Cruz en 1998, lugar a donde se reubica toda la industria que antes se encontraba en la zona de Boleita.

Los productos elaborados en base a galletas de tipo oblea (*wafers*), como lo es Cocosette, cuentan con una trayectoria de más de 30 años en el país, por lo que se encuentran fuertemente posicionados en el mercado. La demanda por estos productos se encuentra permanentemente en ascenso, con una gran popularidad e interés por parte de los consumidores en otros países.

Debido a esto, Nestle Venezuela S.A. posee diferentes expectativas para este tipo de productos, entre las cuales se encuentra la exportación de los mismos. Como ocurre con cualquier proceso de exportación, los trámites aduanales de salida así como todos los procesos de importación en cualquier país toman tiempo, lo que hace que el producto permanezca parte de su vida útil almacenado mientras se espera a que se completen todos los procesos administrativos.

Para poder cumplir dichos objetivos, es necesario asegurar la frescura y demás propiedades del producto durante la cadena de distribución y almacenamiento por un mayor tiempo al estipulado, y de esta manera asegurar la calidad del producto al ser comercializado en el exterior y permitir que exista un tiempo prudencial para su venta antes de que se cumpla su vida útil. Entre las posibles variables que pueden afectar la

calidad sensorial de las galletas, se hallan todas aquellas relacionadas con los equipos, materias primas, preparación de masa y relleno, entre otras.

Se realizó un monitoreo continuo del proceso productivo, el cual comprendió la revisión de las especificaciones y la calidad tanto de la materia prima como del producto terminado, las condiciones de operación de los equipos, el estado de la maquinaria empleada y el desempeño del material humano en las actividades relacionadas con la eficiencia del proceso y las propiedades bajo las cuales se obtiene el producto final.

Una vez realizadas las evaluaciones de las líneas de producción en estudio, fueron detectados algunos problemas, por lo que se sugirió un plan de acción para cada uno de ellos y se focalizó la causa principal de los mismos.

Simultáneamente, se realizaron análisis de conservación a diferentes muestras del producto final, al mismo tiempo que se llevaron a cabo pruebas de hermeticidad a los empaques de dichas muestras para detectar el efecto de ésta en la vida útil del producto. También se analizaron las propiedades organolépticas del producto, para poder determinar el efecto de la hermeticidad del empaque en la humedad del producto, y el efecto de esta última en la calidad organoléptica y así poder identificar el índice de deterioro y el punto crítico del mismo.

Por último, se desarrollaron diferentes métodos mediante los cuales se puede incrementar la vida útil del producto, optimizando las variables que afectan de manera directa la calidad del mismo, y se realizaron las propuestas más adecuadas para su posterior implementación.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presentan las bases para la investigación que fundamentan este estudio, y constan del planteamiento del problema, antecedentes y objetivos que se desean alcanzar con la realización del presente Trabajo Especial de Grado.

1.1 Planteamiento del Problema

Nestlé Venezuela S.A., una empresa dedicada a la producción de alimentos, posee grandes expectativas para sus productos elaborados en base a galletas de tipo oblea (*wafers*), ya que éstos son líderes en el mercado y representan gran parte de las ganancias de la empresa.

Uno de los objetivos principales de la empresa es la exportación del producto, pero con los largos tiempos aduanales y en diferentes procesos administrativos gran parte de la vida útil del producto tiene lugar en almacenes donde se espera la culminación de dichos trámites.

Debido a esto, es de gran importancia para la empresa asegurar la vida útil del producto durante la cadena de distribución y almacenamiento, así como encontrar vías para incrementarla, y así poder ofrecer la más alta calidad en el producto por más tiempo una vez que éste haya sido liberado, y pueda ser vendido a los consumidores en los países de destino. Entre las posibles variables que pueden afectar la calidad sensorial de las galletas, se tienen todas aquellas relacionadas con los equipos, materias primas, preparación de masa y relleno, entre otras.

El presente Trabajo Especial de Grado pretende, mediante la recolección de data y un estudio exhaustivo del proceso y de las variables que podrían afectar la vida útil del producto, encontrar cualquier problema presente en las líneas de producción,

proponer soluciones en caso de existir problemas, identificar los principales índices de deterioro del producto final, encontrar vías para incrementar el tiempo de vida útil de las obleas y proponer las más adecuadas para ser aplicadas en el proceso productivo.

1.2 Antecedentes de la Investigación

En esta sección se presentan algunos detalles de trabajos realizados en el área de galletas a nivel global, que presentan algún tipo de relación con el tema del presente trabajo.

Bilgicli y Kara (2006) realizaron un estudio sobre el uso de harina de maíz para la preparación de galletas, obteniendo resultados de mayor aceptación sensorial para las galletas que eran fabricadas utilizando únicamente 50% de harina de maíz, 30% de manteca y 25% de sirope de glucosa.

Por su parte, Johnson y Penfield (2002) estudiaron la percepción sensorial de galletas elaboradas utilizando harina con diferentes niveles de proteínas (5,5; 7,3; 8,8 %). El trabajo arrojó como resultados que las galletas preparadas con harina de baja proteína presentaban un color más oscuro, eran más secas, con una superficie más dura, más quebradizas, un tamaño de celda mayor, un sabor más tostado y más dulces que aquellas fabricadas con harina de más alto nivel proteico. Como conclusión determinaron que la harina de baja proteína, proveniente de trigo suave, es la que debe ser usada para producir galletas con baja cantidad de grasa, pero que posean características similares a aquellas con mayor cantidad de grasa.

Por último, García y Pacheco (2007), evaluaron las galletas dulces tipo *wafel* producidas a base de una harina compuesta de trigo con 10 – 12 % de harina de arracacha. Las galletas mostraron un ligero incremento a las fracciones de fibra, pero una menor capacidad de absorción de aceite en la masa, lo cual originó una diferencia en la textura de la galleta horneada al ser comparada con la galleta de trigo. El estudio

permitió concluir que el uso de harina de arracacha en una relación de 12 %, resultó un ingrediente adecuado en la elaboración de galletas con alta preferencia sensorial, constituyendo en una alternativa como fuente de fibra dietética.

Es importante destacar que han sido pocos los estudios realizados en cuanto a las galletas de tipo *wafer*, debido a las características únicas de dicho producto. A su vez, no se consiguió ningún precedente en cuanto al tema específico de este trabajo en la empresa, ni en investigaciones públicas a nivel global, lo cual muestra su alto nivel de importancia en cuanto al estudio de este producto.

1.3 Objetivos

En base a lo expuesto anteriormente, se plantean los siguientes objetivos en este trabajo.

- Objetivo General:

Proponer vías para incrementar el tiempo de vida útil de galletas tipo *wafer* destinadas a exportación.

- Objetivos Específicos:

- (1) Verificar las condiciones de operación actuales en el proceso de fabricación de galletas, a fin de garantizar que son las recomendadas o pre-establecidas como óptimas en el Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de la empresa.
- (2) Realizar un análisis de causas y proponer soluciones a las discrepancias encontradas entre los valores reales y los pre-establecidos.
- (3) Determinar el impacto de los principales índices de deterioro, acartonamiento y rancidez, sobre la calidad sensorial del producto final.
- (4) Proponer las vías óptimas para el incremento del tiempo de vida útil de las galletas.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En esta sección se dan a conocer los conceptos básicos asociados a los objetivos planteados en el presente Trabajo Especial de Grado.

2.1 Las Galletas

La norma COVENIN 1483:2001 define la galleta como un producto alimenticio obtenido de la mezcla de harinas de trigo y/o de otros cereales, con uno o más ingredientes y aditivos como leche y sus derivados, agua, sal, azúcar, huevo, especias y condimentos, entre otros; el cual puede ser relleno o no, cubierto o no y que es sometido a un proceso de horneado y empacado.

Debido a la gran variedad existente de galletas, se tiene una amplia clasificación para esta clase de productos, la cual se sintetiza en la Figura N° 1.

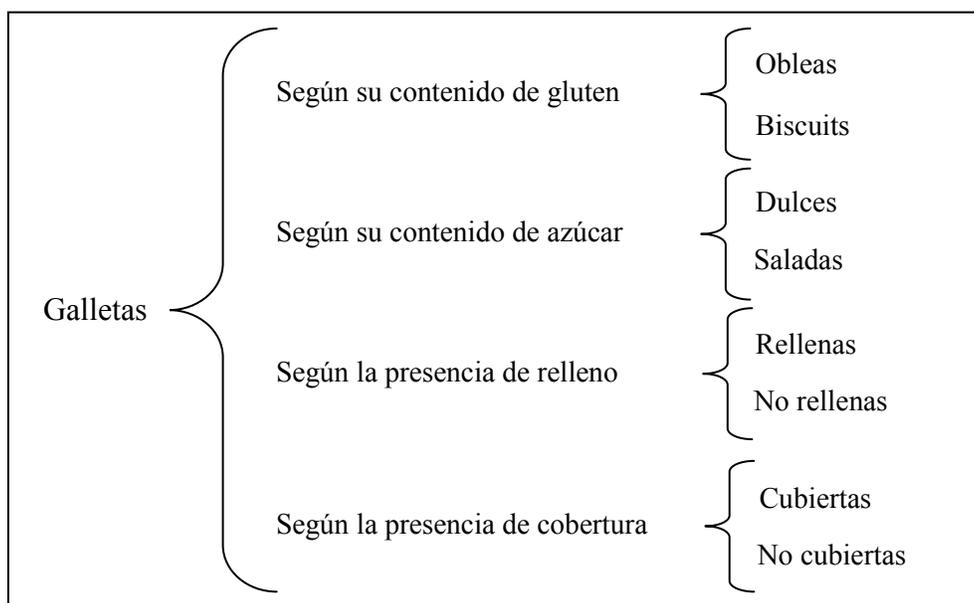


Figura N° 1. Clasificación General de las Galletas
(COVENIN 1483:2001; Matz, 1968; Valentas, Rotstein y Singh, 1997)

Teniendo en cuenta la clasificación anterior, se puede afirmar que el producto a estudiar en el presente Trabajo Especial de Grado es una galleta de tipo oblea, dulce, rellena y no cubierta, que para futuras referencias se denominará *wafer*.

2.2 Elaboración de Wafer

Un *wafer* es una galleta conformada por varias obleas delgadas, crujientes y de textura ligera, hechas mediante la cocción rápida de una pasta que consiste de una mezcla líquida de harina, agua, sal y bicarbonato, entre otros (Gordon, 1990). Entre éstas se encuentra una crema que usualmente posee como ingredientes principales grasa (manteca) y azúcar en polvo, en conjunto con diferentes productos como leche, cacao y esencias que le dan una característica única a cada relleno (Valentas y otros, 1997).

2.2.1 Componentes de Wafer

Como se mencionó anteriormente, un *wafer* está compuesto por varias capas de oblea y relleno. En esta sección se explica brevemente cada ingrediente utilizado en su elaboración y su respectiva función en el producto final.

2.2.1.1 Oblea

Una oblea es la galleta resultante de la cocción rápida de una pasta elaborada mediante la mezcla de harina de trigo y agua, en conjunto con otros ingredientes como bicarbonato, sal y azúcar, entre otros; que pueden variar dependiendo de las características deseadas en el producto (Gordon, 1990).

Desde el punto de vista físico-químico, una oblea es un sistema compuesto por una red de carbohidratos (almidones) que encapsula gases (dióxido de carbono y aire) formando una estructura parecida a un conjunto de celdas, lo que le proporciona un aspecto poroso a la galleta. La estructura de la oblea puede ser apreciada de una forma más gráfica en la Figura N° 2.

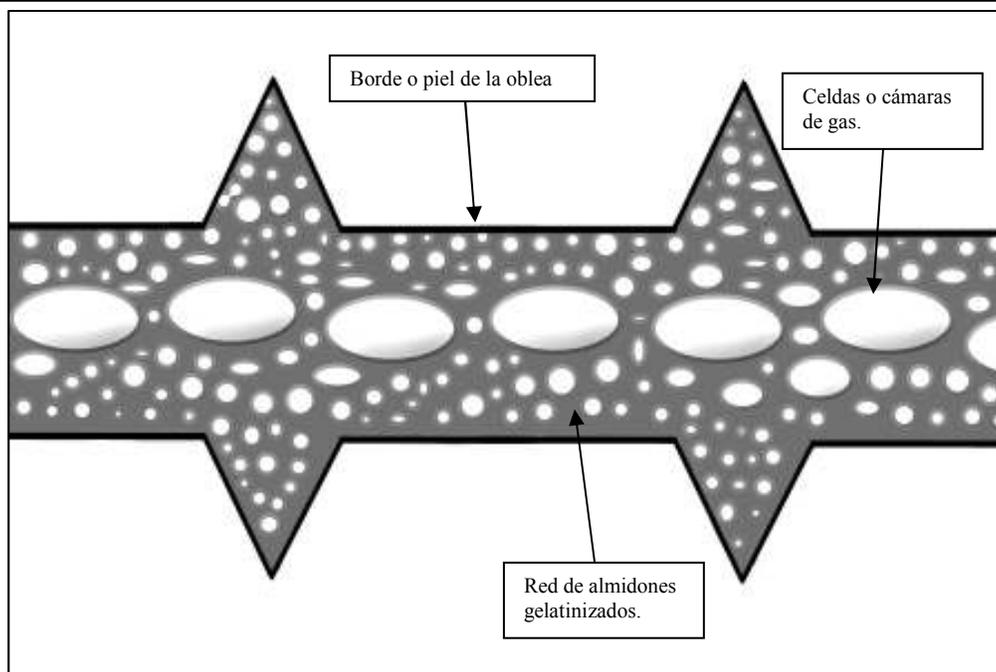


Figura N° 2. Estructura de la Oblea (Idárraga, 2004).

A continuación se detalla cada ingrediente presente en la preparación de la pasta de la oblea.

- Harina de Trigo:

El trigo es el único grano capaz de producir una harina que permita la obtención de un producto horneado de baja densidad, constituido por celdas finas y uniformes y que posea una textura suave. Esta sinergia de textura y densidad es la principal diferencia y ventaja del uso del trigo, ya que es posible conseguir productos de celdas finas y uniformes mediante el procesamiento de harinas de otros cereales a base de almidón, como el maíz o el arroz, pero sin el efecto antes mencionado. La harina de trigo también posee otras ventajas únicas, como ser relativamente económica, nutritiva, y permitir ser usada para la producción de pastas mediante equipos automatizados (Matz, 1968).

Los términos “duro” y “suave” al ser aplicados al trigo se refieren a la textura del grano. Esta clasificación viene dada por sus características genéticas, y más allá de la textura, la diferencia más importante viene dada por la calidad de la harina que se produce a partir de ellos. La harina obtenida a partir de trigo duro posee un tamaño de partícula más grueso y

permite la obtención de masas duras y extensibles, mientras que la harina obtenida de trigo suave posee un tamaño de partícula menor y es preferible en la producción de masas suaves (Matz, 1968; Lorenz y Kulp, 1991; Peterson y Johnson, 1978).

Para la producción de obleas, es preferible la utilización de harina proveniente de trigo suave, ya que permite la obtención de la textura deseada. Un grano de trigo suave está compuesto de aproximadamente 60 – 70 % de almidón, 14 % de agua, 8 – 12 % de proteínas, y el resto de azúcar, grasa y otros componentes menores (Idárraga, 2004), tal como se observa en la Figura N° 3.

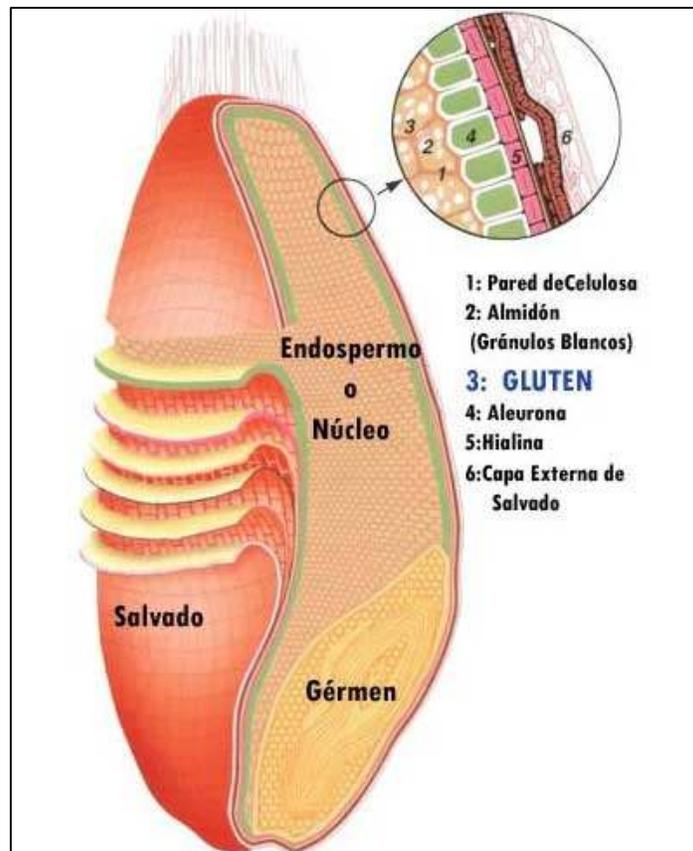


Figura N° 3. Estructura General del Grano de Trigo (VeggieMeat, 2009).

El proceso de producción de harina abarca una etapa de acondicionamiento del trigo y otra de molturación. En la primera, el trigo es recogido y almacenado, posteriormente es separado de las impurezas (palos, piedras, metal, etc) y se le añade agua a fin de ablandarlo y aumentar su humedad. Después tiene lugar la etapa de molturación, donde se rompe el

grano mediante el uso de rodillos, para luego ser separado de su cáscara y purificado, pasando por una serie de tamices. Al final del proceso se obtienen las cáscaras (salvado), una harina de baja calidad y color gris que es usada para alimento animal, y la harina deseada, de color blanco, que es la empleada para la producción de *wafers*.

Los principales componentes de la harina de trigo son: almidón y proteínas. El almidón es uno de los carbohidratos más abundantes en la naturaleza después de la celulosa, y puede ser obtenido por simples procesos a partir de diferentes semillas, tallos o raíces. Está compuesto principalmente por dos polisacáridos: amilosa y amilopectina, con una relación aproximada de 25 – 75 % respectivamente para el almidón contenido en el trigo. Estas dos moléculas poseen una estructura relativamente sencilla, debido a que son polímeros compuestos únicamente de un monómero (glucosa) cuya diferencia principal radica en la presencia de ramificaciones para el caso de la amilopectina (Eliasson, 2006).

Se denomina gluten al conjunto de proteínas insolubles almacenadas en el endospermo del trigo, conformado por cantidades casi iguales de dos grupos de proteínas: gliadina, un grupo heterogéneo de prolaminas, y glutenina, un grupo heterogéneo de glutelinas. Su liberación tiene lugar durante la preparación de la masa de la oblea, en virtud del efecto mecánico proporcionado por el mezclado (Peterson y Johnson, 1974). La harina requerida para la producción de obleas debe ser preferiblemente baja en proteínas, debido principalmente a que no se desea la liberación de gluten durante la preparación de la pasta.

La función principal de la harina de trigo en la preparación de la pasta de la oblea es proporcionar el principal elemento para la estructura de la galleta, que para el caso concreto del *wafer* es el almidón.

- Agua (Matz, 1968; Idárraga, 2004)

El segundo elemento más importante en la preparación de la pasta es el agua, la cual únicamente requiere ser potable y estar a una temperatura menor a 15 °C, esto último debido a que mayores temperaturas facilitan la liberación del gluten presente en la harina,

lo cual es indeseable como ya se mencionó anteriormente. Su función principal es diluir todos los componentes y permitir la formación de la pasta.

- Azúcar (Idárraga, 2004)

Después de la harina y el agua, todos los ingredientes son añadidos en muy bajas cantidades. El azúcar puede ser añadido en forma de cristales y debe ser completamente diluido, siendo su función principal ayudar a proporcionarle a la oblea un color más agradable a la vista.

- Cacao en Polvo (Idárraga, 2004)

Al igual que otros aditivos, el cacao es utilizado a fin de dar características únicas a la oblea. Dependiendo de la cantidad empleada, provoca pequeños cambios en el color y el sabor de la oblea.

- Lecitina de Soya (Matz, 1968; Idárraga, 2004)

La lecitina de soya es un emulsificante bi-polar, hidrófilo – lipófilo, lo cual significa que un extremo se fija con el agua y otro con el aceite, y permite una mejor distribución de la grasa en el agua, así como una mejor absorción y dispersión de las pocas cantidades de gluten liberadas durante el mezclado, favoreciendo así la textura de la oblea. A su vez, cumple una función antiadherente o permite el uso de grasa vegetal para conseguir el mismo propósito. Es importante destacar que debe ser usada en cantidades menores a 1%, a fin de no desarrollar un sabor amargo en la oblea

- Sal (Idárraga, 2004)

Su principal función en la oblea es mejorar el sabor. Es sumamente higroscópica y se debe usar en cantidades no mayores al 1% en peso, debido a que fortalece la liberación del gluten y aumenta la higroscopicidad de la oblea, lo cual no es deseable.

- Bicarbonato de Sodio (Idárraga, 2004)

El bicarbonato de sodio es un compuesto blanco, sólido y cristalino. Su fórmula es: NaHCO_3 , y es usado ampliamente en la industria alimentaria y repostería como agente leudante, por su capacidad de liberar dióxido de carbono al reaccionar con diferentes compuestos ácidos. Sus principales funciones en la oblea son reducir peso y permitir la formación de la estructura deseada para el producto.

- Grasa Vegetal (Idárraga, 2004)

La grasa, manteca o aceite vegetal es utilizado en la preparación de la pasta como antiadherente, ya que ayuda al desprendimiento de la oblea de la placa de cocción en la etapa de horneado. No debe agregarse en cantidades grandes, ya que puede provocar carbonización y le proporciona un mal aspecto a las obleas.

2.2.1.2 Relleno

El relleno del *wafers* es el componente que se encuentra entre las obleas, y sus ingredientes pueden variar dependiendo del tipo de relleno que se desea. Sin embargo, existen dos ingredientes principales que son básicos y se utilizan para cualquier relleno, los cuales son el azúcar y la grasa vegetal. Éstos a su vez pueden estar acompañados de algunos aditivos que proporcionan características adicionales a cada relleno.

- Azúcar (Matz, 1968; Idárraga, 2004)

El azúcar utilizado en la preparación de la crema o relleno debe ser pulverizado y poseer una finura en el orden micrones. Esto es sumamente importante, debido a que si es poco fina es factible que se sientan grumos en la boca al degustar el producto, algo que no sería del agrado de los consumidores. Su principal función en la crema es proveer sabor al relleno, así como darle volumen.

- Grasa Vegetal (Matz, 1968; Idárraga, 2004)

Este ingrediente es sumamente importante, ya que le otorga la sensación de cremosidad al producto. Las principales características para dar una sensación suave en la boca al momento de degustar son su cristalización y punto de fusión (aprox. 38°C).

- Aditivos (Matz, 1968; Idárraga, 2004)

Existe una gran cantidad de aditivos que pueden ser añadidos para dar características únicas a cada relleno. En muchos casos se añade lecitina con el fin de proporcionar un efecto emulsificante, tal como se explicó anteriormente. También puede agregarse cacao en polvo u otros productos naturales a fin de otorgar sabor y color a la crema. Diferentes aromas o esencias también son agregados comúnmente con el fin de acentuar un determinado sabor y olor en el producto.

2.2.2 Proceso de Fabricación (Idárraga, 2004)

El proceso comienza una vez que la materia prima llega a la planta y se almacena hasta que sea requerido su uso. La crema o relleno se prepara mediante la mezcla de los ingredientes requeridos en tanques mezcladores, al mismo tiempo la pasta de la oblea es preparada en otra etapa a través de mezcladores de corto tiempo con el fin de diluir todos los ingredientes en el agua. Seguidamente esta pasta es llevada a hornos en los cuales es cocinada por un corto tiempo y se obtienen las obleas que rápidamente son enfriadas a temperatura ambiente mediante un enfriamiento primario. En la etapa de cremado se obtienen unos bloques que están conformados por cuatro láminas de oblea y una fina capa de crema entre ellas, seguidamente mediante un equipo perteneciente a esta misma etapa, el bloque es compactado aplicando presión con el fin de fijar y eliminar el exceso de crema. Es entonces cuando los bloques entran a un enfriamiento secundario el cual permite la cristalización de la crema. Posteriormente, los bloques son cortados en la forma y tamaño deseado dependiendo del producto que se quiera obtener, son empacados, sellados y llevados a su almacenamiento para su posterior distribución y comercialización.

Todo este proceso se puede observar de forma general en la Figura N° 4, donde se presentan secuencialmente todas las etapas que tienen lugar en éste. A su vez, se puede apreciar de con más detalle en el Diagrama de Flujo de Proceso (ver Anexo 10).

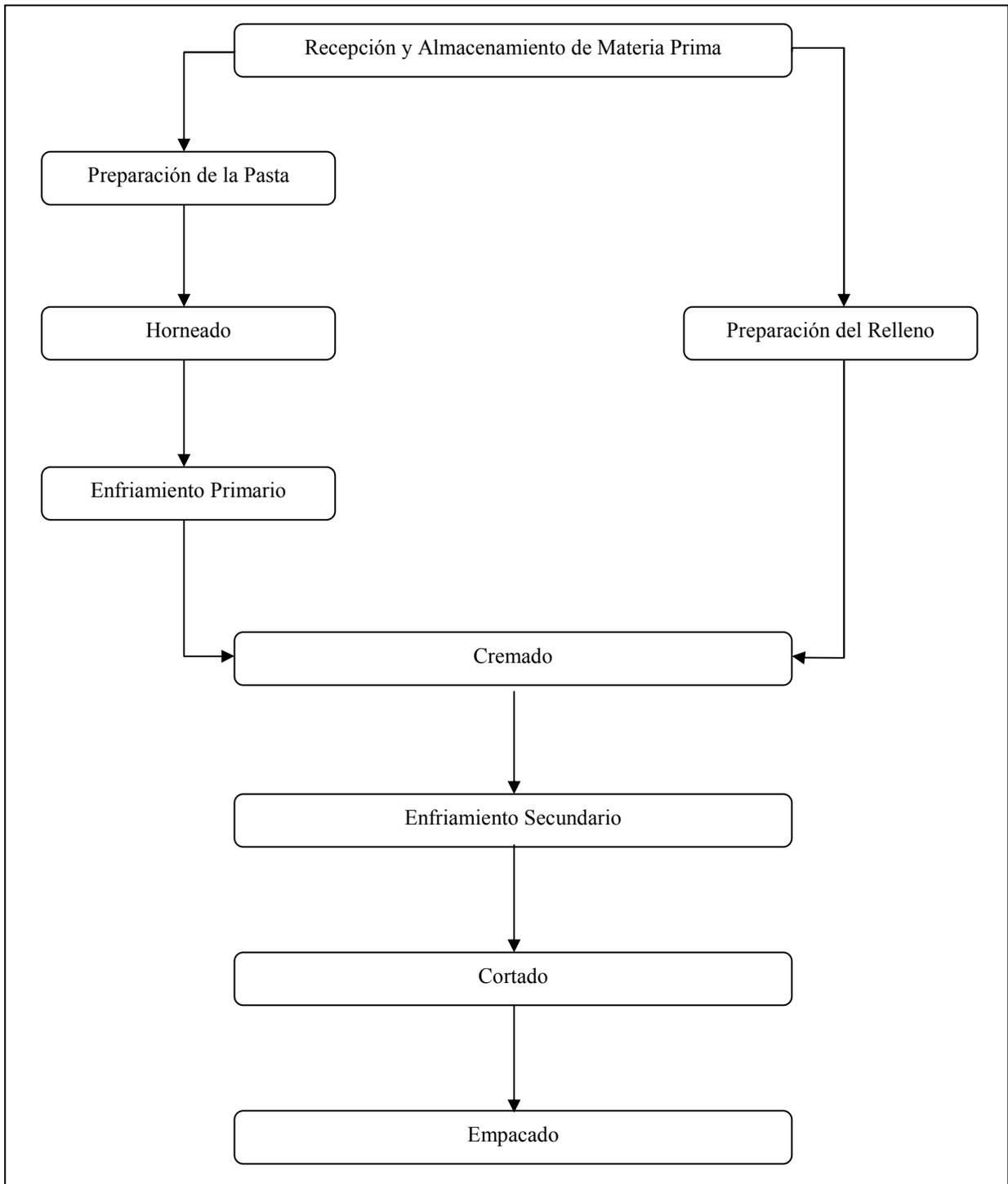


Figura N°4. Diagrama de Bloques del Proceso de Fabricación de *Wafer* (Idárraga, 2004).

2.2.2.1 Recepción y Almacenamiento de Materia Prima

Las materias primas requeridas para la fabricación del producto llegan a la zona de recepción de la fábrica en camiones que proceden de los proveedores. Las materias primas son almacenadas a temperatura ambiente y a una humedad relativa inferior al 60%, y todos los materiales son contabilizados, debidamente etiquetados y colocados en un almacén seco y techado. A su vez, para cada entrega se realiza un pequeño análisis de calidad donde se verifican las condiciones del material recibido y que éste cumpla con los requerimientos exigidos por la empresa. La harina es recibida a granel, por lo que es descargada directamente de los camiones hacia los silos de almacenamiento de harina, donde es almacenada hasta su requerimiento en el proceso.

2.2.2.2 Preparación del Relleno

La preparación de la crema para el relleno comienza con la adición de la grasa al mezclador, donde comienza de forma inmediata el batido, y se le agregan todos los ingredientes (azúcar en polvo, aditivos y saborizantes). Después de aproximadamente 3 minutos de mezclado, ya se han dispersado en la grasa todos los ingredientes y se obtiene una crema uniforme de textura suave y sabor dulce, la cual es posteriormente transportada hasta la etapa de cremado.

El equipo utilizado para esta operación consiste de un tanque de acero inoxidable, cuya capacidad puede variar entre 125 L y 250 L, y es de ejecución de doble pared, lo que permite temperar el producto. Adicionalmente, la unidad está dotada de agitadores de paletas que atraviesan el equipo de forma transversal y giran alrededor de un eje central, así como un agitador más pequeño de cuchillas, lo cual produce el rompimiento de cúmulos sólidos, y realiza un movimiento helicoidal con el fin de evitar la formación de capas de grasa concéntricas en las adyacencias de las paredes, permitiendo la correcta dispersión de todos los ingredientes en la grasa.

2.2.2.3 Preparación de la Pasta

La harina de trigo y demás ingredientes son agregados a un tanque mezclador en conjunto con agua con el fin de diluir todos mediante un batido de corto tiempo y de poca fricción con el fin de evitar la liberación de gluten, ya que se debe tener sumo cuidado con esto último, ya que puede causar variaciones en el color y textura de las obleas, así como generar problemas por obstrucciones en los dispensadores de masa en el horno.

El equipo utilizado para este proceso es un tanque mezclador de trabajo cortante que permite un batido muy rápido, el cual está conectado a los dispensadores de materia prima que automáticamente alimentan los ingredientes de acuerdo a lo especificado por la receta en el panel de control. Posteriormente la pasta pasa a un tanque almacenador donde es distribuida a los hornos.

2.2.2.4 Horneado

Esta etapa es sin duda una de las más importantes del proceso, debido a que es donde ocurren los procesos físico-químicos que conllevan a la formación de la oblea. La pasta es dispensada a través de dispositivos especiales en placas calibradas con el tamaño y forma de la oblea que se quiere obtener, una vez la masa se encuentra en la placa, ésta se cierra y la masa se expande por toda la superficie. La placa comienza entonces su recorrido a través del horno, el cual posee cuatro mecheros, dos en la parte superior y dos en la parte inferior, y que se encuentra a una temperatura aproximada de 140 °C.

Las placas poseen un diseño en relieve, con una cuadrícula diagonal (45°) en la parte superior y una vertical en la inferior (90°), lo cual cumple una función de proveer mayor resistencia a las obleas, así como facilitar su desprendimiento una vez ha culminado la cocción. Cada horno cuenta con alrededor de 80 placas, y trabajan aproximadamente a una velocidad de 40 obleas por minuto. En la Figura N° 5 se puede observar un horno típico para la producción de obleas *wafers*.



Figura N° 5. Horno de 80 Placas para la Producción de Obleas, Fabricado por Haas
(Franz Haas Waffle, 2009).

Los procesos que tienen lugar en la masa, y que culminan con la formación de la oblea, son la gelatinización de los almidones y la gasificación de los leudantes, los cuales serán detallados de forma breve a continuación con el fin de permitir un mayor entendimiento del tema.

- Gelatinización del Almidón

Los gránulos de almidón contenidos en la pasta de la oblea son insolubles en agua fría, esto debido a la alta organización de su estructura y la gran cantidad de interacciones existentes entre los dos polisacáridos que lo constituyen (amilosa y amilopectina). Sin embargo, una vez que la pasta cae en las placas de cocción y se calienta, comienza un proceso de absorción de agua por las zonas menos organizadas y donde los puentes de hidrógeno no son tan numerosos ni rígidos. A medida que se va incrementando la temperatura, el gránulo comienza a hincharse y a retener aún más agua, aumentando su volumen; una vez se hidratan totalmente las zonas menos organizadas (amorfas), las zonas más organizadas (cristalinas) continúan con este proceso mientras se continúe el incremento de energía (Badui, 2006).

Una vez el gránulo se ha hidratado completamente y alcanza su volumen máximo, éste no puede retener más líquido y se rompe parcialmente, permitiendo la dispersión de la amilosa y la amilopectina, fuertemente hidratadas, en la disolución. Esto causa la pérdida de la estructura original del gránulo de almidón, y está unido con un aumento en la viscosidad. Este es el proceso conocido como la gelatinización del almidón, y cuyo objetivo es transformar los gránulos de almidón insolubles en una solución de las moléculas constituyentes en forma individual (Badui, 2006).

La temperatura asociada al momento en el que el gránulo alcanza su volumen máximo se conoce como temperatura de gelatinización, pero no se puede tener un valor específico ya que cada gránulo de almidón es diferente, inclusive si proviene de la misma fuente; por lo que se puede decir que normalmente se encuentra cercana a los 65 ± 5 °C (Badui, 2006).

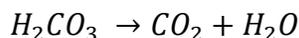
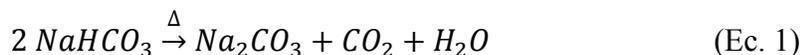
Dependiendo del almidón, puede variar la cantidad de amilosa y amilopectina que se libera del gránulo una vez éste se rompe, pero para el caso del trigo, es en su mayoría amilosa (alrededor de un 30%). Una vez se ha solubilizado una cantidad significativa de amilosa, comienza la liberación de amilopectina, la cual se encuentra en menor cantidad en la solución (Eliasson, 2006). Es importante destacar que una vez culminado este fenómeno, se obtiene una pasta en la que existen cadenas de amilosa de bajo peso molecular altamente hidratadas que rodean a los agregados, también hidratados, de los restos de los gránulos.

- Gasificación de los Leudantes (Arm & Hammer, 2009)

Es el proceso mediante el cual los leudantes, como el bicarbonato de sodio, producen el dióxido de carbono. Esto no sólo permite la formación de la estructura de la oblea, sino que también promueve la correcta dispersión de la masa por toda la superficie de la placa de cocción, ya que aumenta el volumen de la masa y llena los espacios vacíos entre la placa superior e inferior.

El proceso de gasificación del bicarbonato de sodio ocurre mediante dos reacciones químicas, una iniciada por calor (ver Ecuación 1) y otra por su reacción con el agua

contenida en la masa (ver Ecuación 2), por lo que se podría decir que es una combinación de ambas reacciones.



La primera reacción representa la descomposición por calor del bicarbonato de sodio, debido a su inestabilidad por el grupo $-\text{HCO}_3$, y la segunda reacción ocurre en dos etapas y es la obtenida por su reacción con el agua que se encuentra en la pasta. La reacción produce ácido carbónico, que es también sumamente inestable y se descompone fácilmente en una segunda etapa. Estas dos reacciones permiten la producción del gas requerido para la formación de la oblea.

La formación de la oblea tiene lugar en aproximadamente 2,5 minutos, que es lo que tarda usualmente la placa de cocción en dar una vuelta al horno (esto depende de la velocidad a la cual esté trabajando). En los primeros 2 segundos la pasta es dosificada a la placa y se forma una película de forma instantánea en los bordes de contacto de la masa con la placa de cocción, así como pequeñas celdas de gas en las zonas más cercanas a esta capa. Posteriormente, en los próximos 30 segundos ocurre el proceso de gelatinización del almidón contenido en la pasta, así como la gasificación del leudante, aumentando el volumen de la masa y llenando todos los espacios entre las placas. En los próximos 30 segundos, la temperatura aumenta hasta aproximadamente 150 °C y ocurre una pérdida importante de humedad, así como la iniciación de la reacción de Maillard. En los próximos 90 segundos ocurre una pérdida de humedad, la cual atraviesa toda la oblea y sale por los bordes, generando una reducción en su volumen, lo cual permite su desprendimiento una vez que las placas del horno se abren (Idárraga, 2004).

Todo este proceso de horneado, desde el punto de vista de la formación de la estructura de la oblea, se puede apreciar de forma gráfica en la Figura N° 6.

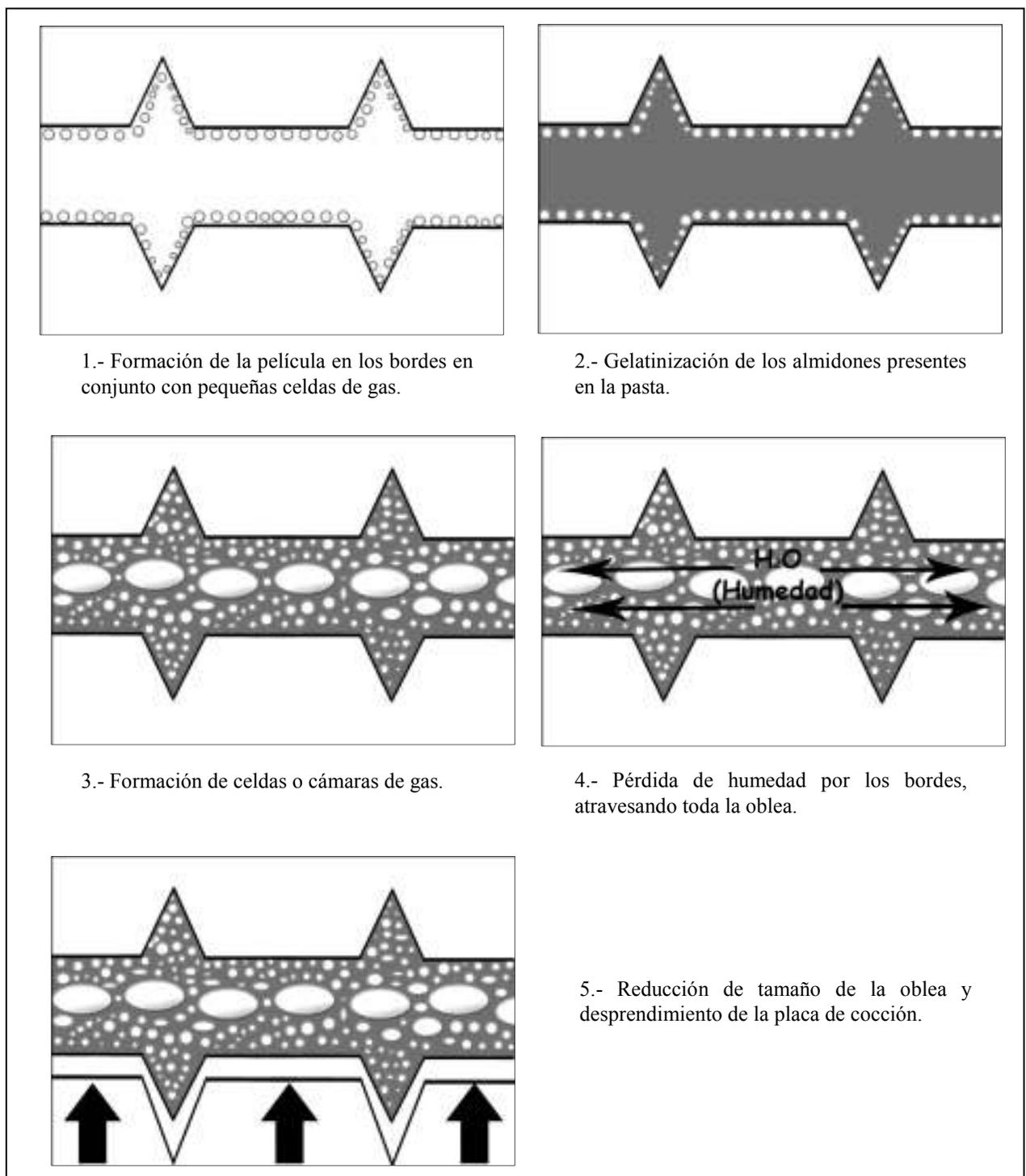


Figura N° 6. Formación de la Estructura de la Oblea en el Proceso de Horneado
(Idárraga, 2004).

Una vez culminado todo esto, las obleas pasan directamente a la primera etapa de enfriamiento.

2.2.2.5 Enfriamiento Primario

Esta etapa consta simplemente de un arco con barras que sostienen las obleas recién salidas del horno, como se observa en la Figura N° 7, y cuyo objetivo es enfriar las obleas a temperatura ambiente. La velocidad de este arco depende directamente de la velocidad a la que esté trabajando el horno que lo precede, sin embargo, es deseable que el tiempo que tarda cada oblea en recorrer el arco sea entre 2 o 3 minutos, para poder asegurar un enfriamiento adecuado de la misma. Una vez la oblea sale de este primer enfriamiento, es llevada directamente a la etapa de cremado.



Figura N° 7. Arco de Enfriamiento Típico, Fabricado por Haas (Franz Haas Waffle, 2009).

2.2.2.6 Cremado

En esta etapa se construye la estructura del producto ya que se forman las diferentes capas de oblea-relleno. Una oblea es llevada a través de cintas transportadoras a la parte superior del equipo, mientras que las 3 obleas siguientes continúan por la parte inferior. Las obleas de la parte inferior pasan por un rodillo el cual se encarga de colocar la crema del relleno sobre la superficie de la oblea, posteriormente estas obleas pasan a un compartimiento donde son colocadas una encima de otras, culminando con la colocación de una de las obleas sin crema que se encuentran por la parte superior del equipo. Al producto semi-elaborado que se obtiene de esta etapa se le denomina “bloque”, y pasa seguidamente a un

equipo que se encarga de compactar las diferentes capas de oblea y crema ejerciendo una pequeña presión sobre ellas.

El equipo cuenta con múltiples cintas transportadoras que se encargan de mover las obleas, así como detectores de movimiento utilizados para la separación de las obleas (por cada oblea que se lleva a la parte superior, 3 obleas son llevadas a la zona inferior del equipo). A su vez cuenta con un pequeño tanque, y consta de pequeñas paletas que ejercen un movimiento oscilatorio a fin de mantener una cierta fluidez en la crema. En este recipiente se recibe la crema y se mantiene por unos pocos minutos a temperaturas cercanas a los 30°C, al mismo tiempo que es llevada al rodillo de cremado que se encuentra en la parte inferior. También se poseen detectores de movimiento acoplados a barras en forma de espiral, que son las que se encargan de colocar las obleas una encima de las otras dando lugar al bloque. Por último, se tiene una prensa de banda plana que consta de dos rodillos y una cinta de un tamaño mayor al del bloque que se encarga de ejercer una presión sobre toda la superficie del semi-elaborado con el fin de compactarlo y darle la calibración deseada.

Una vez es compactado, los bloques son llevados a través de bandas transportadoras hasta la siguiente etapa de enfriamiento.

2.2.2.7 Enfriamiento Secundario

En esta etapa los bloques pasan al cuarto de frío, que se encuentra a una temperatura de aproximadamente 15°C, en el cual transcurren alrededor de 16 minutos. Este enfriamiento tiene lugar con el fin de promover la cristalización de las grasas contenidas en el relleno, y darle una textura menos fluida y más dura. La humedad relativa del ambiente en el cual se encuentran las obleas durante esta etapa no debe exceder de 65%, esto para evitar que la oblea absorba demasiada humedad debido a su alta higroscopicidad.

El equipo asociado a este procedimiento consta de arcos provistos de barras metálicas (ver Figura N° 7) que se encargan de recibir las obleas procedentes de la unidad de cremado, y transportarlas a través de un cuarto que se encuentra a bajas temperaturas. Una vez

culminado el recorrido a través del arco, los bloques son llevados a la etapa de cortado a través de cintas transportadoras.

2.2.2.8 Cortado

En esta etapa se cortan los bloques del tamaño deseado para el producto final, lo cual se logra mediante un equipo que se encarga de realizar este proceso en dos pasos. En primer lugar, las cintas transportadoras llevan los bloques a través de finas láminas metálicas afiladas que provocan un corte recto de forma transversal, y posteriormente el bloque ya cortado es empujado a través de otra serie de filosas láminas que se encargan de realizar un corte longitudinal. Lo que se obtienen son *wafers* de forma rectangular del tamaño requerido, esto dependiendo de la distancia a la cual se coloque cada lámina afilada en cada uno de los pasos detallados.

2.2.2.9 Empacado y Distribución

Por último, el proceso de producción culmina con la colocación del producto dentro del empaque y su preparación final para su venta y distribución. Para lograr esto, el producto ya cortado es llevado a una máquina de empaque la cual consta de pequeñas barras metálicas acopladas a una cadena sin fin, que conectada a diferentes sensores de movimiento se encargan de separar la porción de producto para cada empaque.

El material de empaque se encuentra en bobinas acopladas a la zona superior del equipo, y mediante un sistema hidráulico es desenrollada a medida que se va empacando el producto. El material cubre el producto a medida que es llevado a través de rodillos calientes por la zona inferior, y posteriormente mediante mordazas que se encargan de sellar y cortar los bordes de los empaques. El sellado tiene lugar ya que, al ejercer una cierta presión y el aumento de la temperatura, se funde la lámina metálica de la zona interna del empaque, proporcionando así un sellado completo que no consta de ningún tipo de adhesivo.

Una vez culminado este proceso, los empaques son colocados en cajas listas para su comercialización, también conocidas como “*displays*”, y éstas son almacenadas en cajas más grandes para su distribución, conocidas como “*corrugadas*”.

2.3 Aspectos Relacionados con la Calidad del Producto Terminado

La calidad es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio, que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades expresas o implícitas del cliente. La calidad de un producto no es responsabilidad de un organismo aislado dentro de una corporación; por el contrario, es el resultado de la conjunción de todos los sectores de la empresa para que cada unidad producida posea las características bajo las cuales fue concebida (Ardila y Salvo, 2006).

2.3.1 Wafer

Toda empresa cuyo propósito sea la fabricación de alimentos debe ofrecer productos de óptima calidad, lo que incluye aspectos microbiológicos, físico-químicos y sus efectos en el consumidor, que a su vez involucran aspectos sensoriales.

2.3.1.1 Calidad Microbiológica

La calidad microbiológica es de mucha importancia debido a que afecta de forma directa la inocuidad del producto, una baja calidad en este sector puede provocar graves daños al consumidor. Se realizan diferentes análisis, y en caso de cualquier irregularidad se toman las medidas correctivas necesarias.

Los análisis que se realizan en el proceso de producción cubren una gran cantidad de microorganismos, entre los más importantes se tienen *Staphylococcus aureos*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, coliformes, mohos y levaduras, entre otros (COVENIN1483:2001). Todos estos organismos deben encontrarse en cantidades limitadas de acuerdo a las normas estatales y regulatorias de la empresa, y su presencia en cantidades mayores afecta seriamente la inocuidad del producto, y la salud del consumidor.

2.3.1.2 Calidad Físico-Química

Se realizan diferentes análisis físico-químicos a los productos semi-elaborados y materias primas, con el fin de poder tomar acciones correctivas en caso de presentarse cualquier

irregularidad. Es importante destacar que los aspectos físicos tales como fluidez, tamaño de partícula y humedad, afectan de forma directa la aceptabilidad del producto en los consumidores, al alterar sus características organolépticas, mientras que los aspectos químicos afectan la inocuidad. En la Tabla N° 1 se resumen los análisis físico-químicos que se llevan a cabo durante el proceso de producción de *wafer*.

Tabla N° 1. Análisis Físico-Químicos a Materias Primas y Semi-Elaborados en la Producción de *Wafer*.

Propiedad	Unidades	Principio	Instrumento	Productos a los que Aplica
Fluidez	S	Tiempo que transcurre para que cierta cantidad de masa de un fluido pase a través de un área pre-establecida.	Cono de medición y balanza electrónica.	Pasta de la oblea.
Humedad	%	Determinación de la cantidad de humedad por la diferencia de peso después de someter la muestra a altas temperaturas (COVENIN 1553-80).	Estufa y balanza analítica.	Obleas, bloques, crema y materias primas.
pH	Adim.	Medición de la carga presente en el fluido por su concentración iónica mediante el uso de una celda electrolítica compuesta de dos electrodos (Nielsen, 1998).	pH-metro digital.	Pasta de la oblea.
Tamaño de Partícula	µm	Tamaño de la partícula de mayor tamaño presente en una muestra.	Micrómetro digital.	Cremas, pasta de la oblea.

Además de los análisis mencionados, se verifican los certificados de calidad de todas las materias primas donde se obtienen valores de análisis de proteínas, cenizas, acidez, así como la presencia de pesticidas u otros químicos.

2.3.1.3 Calidad Sensorial

La aceptabilidad del producto o apreciación por parte del consumidor es increíblemente importante en la industria alimentaria. Con el fin de ofrecer un producto que sea agradable al consumidor, además de cumplir con los estándares de calidad mencionados anteriormente, todo producto debe tener condiciones óptimas en todas sus propiedades organolépticas.

Mediante paneles entrenados para la degustación de productos, se analizan y miden todas las propiedades que pueden ser percibidas por los sentidos. Principalmente se analiza el producto por su apariencia, textura, aroma y sabor, con respecto a estándares pre-establecidos, donde cualquier irregularidad en alguno de estos aspectos es medida en cuanto a su impacto sobre el producto. Se pueden considerar tres tipos de degustación: analítica, técnica y hedónica. La primera tiene como objetivo principal la interpretación de un conjunto de sensaciones que se perciben de forma simultánea o sucesiva, la segunda tiende a la objetividad y juzga las propiedades del producto, siendo exclusiva y eliminatória, mientras que la última persigue el placer de comer o beber, aprovechando todo lo que el producto puede ofrecer al catador (Sancho, Bota y Castro, 1999).

Este trabajo se enfoca en la degustación técnica, donde el catador debe rellenar un cuestionario punto por punto y determinar si el producto posee el nivel de cada una de las cualidades que se pretende tenga el producto, identificando así cualquier defecto (Sancho, Bota y Castro, 1999).

2.3.2 Empaque

Todo producto alimenticio procesado debe poseer una envoltura o empaque que permita su distribución y comercialización, a su vez cumple una serie de propósitos como proteger el producto de contaminación, facilitar el transporte y almacenamiento, entre otros (Robertson, 2006). Existen dos tipos de empaques, se tienen los empaques rígidos (latas, botellas, etc) y aquellos que son flexibles (bolsas, papel, etc).

Para el caso de los productos *wafer*, el material de empaque empleado consta de un material flexible, laminado y que posee diferentes capas, a su vez; debe presentar alta resistencia a la permeabilidad del vapor de agua y del oxígeno, así como a la luz, y no debe poseer ningún tipo de olor extraño a solventes o químicos. Es comercializado en bobinas y es colocado de esta forma directamente en las máquinas de empaque. Su calidad es de gran importancia para la conservación del producto durante el tiempo que éste permanezca almacenado y sea distribuido, al mismo tiempo que afecta la apreciación del consumidor sobre el producto.

2.3.2.1 Hermeticidad

La hermeticidad está relacionada con el sellado conseguido durante la etapa de empaqueo, y representa la presencia o no de fugas en el empaque. Un sellado erróneo, roturas en el empaque, daños causados en el material, o cualquier otra irregularidad puede provocar medios por los que entre al interior del empaque aire, lo cual debido a las propiedades higroscópicas de la galleta y la cantidad de grasa presente en la crema, degrada la calidad del producto de forma acelerada y provoca una pérdida rápida de su calidad sensorial.

2.3.2.2 Calidad Visual

La presencia visual del producto es también de gran importancia, ya que es el primer contacto con el consumidor. La impresión debe ser detallada y con los colores correctos, así como presentar un aspecto limpio y de integridad física a lo largo de toda la envoltura.

Todos estos aspectos de la calidad influyen de forma directa a la conservación del producto en la cadena de distribución y almacenamiento, afectando así su vida útil.

2.3.3 Vida Útil

Para la gran mayoría de los productos alimenticios, la calidad disminuye con el tiempo por lo que después de un determinado período éste se vuelve inaceptable. El tiempo que tarda en ocurrir esto es lo que se denomina vida útil, y su estudio para cada producto es de fundamental importancia ya que una vida útil no adecuada afectará su aceptabilidad y ventas, e incluso puede traer enfermedades y problemas de nutrición a sus consumidores. En otras palabras, se puede decir que la vida útil no es más que el tiempo en el cual las características primarias de un alimento se mantienen en condiciones aceptables para su consumo. Existen tres factores que controlan la vida útil de un producto: (Robertson, 2006; Kilcast y Subramaniam, 2000)

- Las características del producto incluyendo su formulación y parámetros de proceso, que serían los factores intrínsecos.
- Las propiedades del empaque.

- El ambiente en el cual se encuentra el producto durante la cadena de distribución y almacenamiento, que serían los factores extrínsecos.

Los factores intrínsecos incluyen todas las propiedades físico-químicas del alimento y sus componentes, mientras que las propiedades extrínsecas se refieren a propiedades como temperatura y humedad del ambiente en el cual se encuentra almacenado el producto, por lo que las propiedades del empaque están a su vez relacionadas con estos factores, y pueden afectar la velocidad de las reacciones de deterioro en el alimento. Todo esto implica que la vida útil de un producto puede ser modificada mediante la variación de la formulación, parámetros de proceso, empaque o el ambiente en el cual es expuesto (Robertson, 2006).

Los parámetros que determinan la pérdida de calidad de un determinado producto son conocidos como índices de deterioro, y su comportamiento en el tiempo a las condiciones de almacenamiento es de vital importancia para el entendimiento, la estimación y el correcto cumplimiento de su vida útil. En el caso particular del *wafers*, se tienen como índices de deterioro de mayor importancia el acartonamiento o pérdida de la crujencia, y la rancidez de la crema.

El acartonamiento de la galleta ocurre una vez el agua contenido en el aire penetra a la estructura de la oblea, llenando las diferentes cámaras de aire. Una vez las cámaras se llenan de agua, se genera una posibilidad de movimiento de este compuesto dentro de la celda, lo cual impide el rompimiento rápido de la misma. Esto se traduce en un mayor esfuerzo para romper la estructura de la oblea, y genera una sensación de flexibilidad a la galleta. De esta forma se pierden las propiedades de crujencia y crocancia, dando paso a sensaciones de acartonamiento y de una galleta blanda.

Para el caso de la rancidez, ésta tiene lugar debido a la oxidación de los lípidos contenidos en el relleno de la galleta, la cual ocurre cuando un átomo cede un electrón a otro átomo distinto mediante el proceso de la reducción. Durante la reacción, se generan compuestos que mantienen y aceleran la reacción y se sintetizan sustancias de bajo peso molecular, que son las que confieren el olor típico a grasa oxidada (rancio) (Badui, 2006).

La temperatura juega un papel fundamental en esta reacción de deterioro, ya que su velocidad se duplica por cada 15 °C de incremento, sin embargo, la reacción también ocurre en frío sobretodo en productos que hayan sido secados, esto elimina el agua y deja canales por donde el oxígeno migra, además del rompimiento de los glóbulos de grasa, lo cual incrementa su área de exposición (Badui, 2006).

Todos los aspectos antes mencionados no podrían tener lugar sin una base estadística que permita el desarrollo y la aplicación de los mismos, ya que provee los principios mediante los cuales un producto es muestreado, examinado y evaluado (Montgomery, 2005).

2.4 Aspectos Estadísticos (Montgomery, 2005)

La estadística es un conjunto de técnicas útiles para tomar decisiones con respecto a un proceso o población, basándose en la información contenida en una muestra de dicha población. Existen dos tipos o enfoques de la estadística: la descriptiva y la inferencial, y ambas son necesarias para la aplicación de un control de calidad correcto para un determinado producto.

- Estadística Descriptiva

Ésta es la rama de la estadística que se refiere a la organización, resumen y presentación de la data, y hace uso de múltiples técnicas y programas de computación de diferente índole, entre los cuales se tiene Microsoft Office Excel. Permite la obtención de valores requeridos para el entendimiento del comportamiento de una determinada data.

- Estadística Inferencial

Este enfoque permite extraer inferencias, llegar a una conclusión o tomar una decisión con respecto a un proceso, haciendo uso de múltiples técnicas, diagramas y gráficos que permiten predecir o inferir el comportamiento de una determinada población.

A continuación se detallan algunas de las técnicas de mayor importancia y necesarias para el cumplimiento de los objetivos propuestos en el presente trabajo.

2.4.1 Muestreo

El término “al azar” es utilizado para cualquier método o selección de muestras que carece de una dirección sistemática. Se define una muestra al azar como toda aquella que es seleccionada de tal manera que las observaciones se encuentren distribuidas de forma idéntica e independientemente, que en otras palabras significa que toda porción tiene la misma probabilidad de ser escogida.

El muestreo al azar es el utilizado para la gran mayoría de las técnicas, debido a que permite que la muestra posea un comportamiento normal, algo que es muy importante. Se debe destacar que existen otras técnicas de muestreo, y el uso de técnicas o modelos estadísticos desarrollados para muestreo al azar puede incurrir en fuertes errores si es aplicado en conjunto con otras técnicas de muestreo.

A partir de las diferentes observaciones de una muestra, se calculan valores importantes denominados “estadísticos”, como lo la media, la varianza y la desviación estándar, que permiten describir la tendencia central y la variabilidad de la muestra.

A continuación se presenta una pequeña definición para cada uno de los estadísticos calculados para proveer un mejor entendimiento con respecto a este tema:

- Media: Es el valor de la tendencia central de mayor interés, o media aritmética. Es la suma de todos los valores dividida entre el número de valores, y se representa por el símbolo \bar{x} (Vargas, 1995).
- Varianza: Se define como el promedio de los cuadrados de las desviaciones a la media, y se denota por s^2 . Cuanto más alejadas estén las observaciones de la media, mayor será la varianza (Vargas, 1995).

- Desviación Estándar: Es una medida de la dispersión que viene dada en las unidades de los datos originales. Se define como la raíz cuadrada positiva de la varianza, y se denota como s . En el presente trabajo se le refiere como “SD” (Vargas, 1995).
- Coeficiente de Variación: Es una medida estadística que indica lo grande que es la desviación estándar en comparación con la media. Se define como la división de SD sobre \bar{x} , y se denota como “CV” (Anderson, Sweeney y Williams, 2005). Según lo expuesto por Madelon (1999), generalmente se toman valores de CV inferiores a 5 % como un comportamiento favorable, mientras que valores mayores a 10% son indeseados y representan problemas de variabilidad. Otro estudio realizado en el área de alimentos (Journal of the Institute of Brewing, Volumen 81) cataloga como favorable el comportamiento de una data cuyo coeficiente de variación se encuentra entre 4-6 %. En base a esto, para el presente trabajo de investigación se toma como favorable el desempeño de una variable si su CV es igual o menor a 5 %.

Todo lo mencionado debe ser aplicado para poder conseguir una calidad óptima en el producto que se desea fabricar.

2.4.2 Análisis de la Varianza (Ardila, 2008)

El análisis de la varianza es simplemente la comparación de diferencias significativas entre promedios, y tiene su base en la variabilidad provocada por las diferencias entre las muestras, que serían los efectos principales, y la debida a las diferencias entre los individuos de cada grupo, que serían los efectos residuales. Las condiciones necesarias para su aplicación son las siguientes:

- Independencia de los errores: Los errores son atribuidos al azar, por lo cual los datos deben distribuirse aleatoriamente.
- Normalidad: Los datos deben seguir una distribución normal.
- Homogeneidad de las varianzas: Las varianzas de cada conjunto de datos deben ser significativamente iguales entre sí.

2.4.3 Estadística para el Control de Procesos

Para que un producto cumpla con las exigencias del consumidor, es recomendable que éste sea producido mediante un proceso capaz de operar con una baja variabilidad alrededor de los valores óptimos para la calidad del producto. La estadística para el control de procesos (ECP) es un conjunto de herramientas útiles para conseguir esta estabilidad, las siete más importantes son:

- Histograma o trazado de “tallo y hoja”.
- Hoja de inspección o control.
- Diagrama de Pareto.
- Diagrama de causa-efecto o Ishikawa.
- Diagrama de concentración de defectos.
- Diagrama de dispersión.
- Gráficas de Control

No importa que tan bien diseñado sea un proceso, siempre tendrá una cierta variabilidad natural existente, también conocida como “ruido”, y no es más que el efecto de muchas pequeñas pero inevitables causas. Un proceso que opera con una variación proveniente únicamente de estas causas fortuitas se dice que se encuentra bajo control estadístico, ya que estas causas son inherentes al proceso.

Existen otras causas de variabilidad que ocurren principalmente por tres razones: equipos mal ajustados o controlados, errores de operación y/o defectos en la materia prima. La variabilidad causada por estas razones es generalmente mucho mayor que la que se obtiene por el ruido, por lo que usualmente representa niveles inaceptables para el desarrollo del proceso. A estas razones se les denomina “causas asignables”, y un proceso con una variabilidad originada por estas causas se considera como fuera de control.

Un proceso puede operar bajo control estadístico por un largo tiempo, sin embargo, no será estable por siempre. Causas asignables siempre tendrán lugar en algún momento, y uno de

los objetivos de la estadística para el control de procesos es identificar estas causas, para así investigarlas y poder tomar las acciones correctivas lo antes posible. El gráfico de control es una técnica para el monitoreo en línea de un proceso ampliamente usada para este propósito, y además permite obtener información útil para su optimización.

2.4.3.1 Gráficos de Control

Una gráfica de control es una muestra visual de una cierta característica de calidad que ha sido medida o calculada en función del número de muestras o del tiempo. Posee una línea central que representa el valor promedio de una cierta característica de calidad y que corresponde al estado “dentro de control”, al mismo tiempo que posee 2 líneas horizontales: una que representa el límite de control superior (LCS), y otra representa el límite de control inferior (LCI).

En la Figura N° 8 se puede apreciar la estructura básica de un grafico de control.

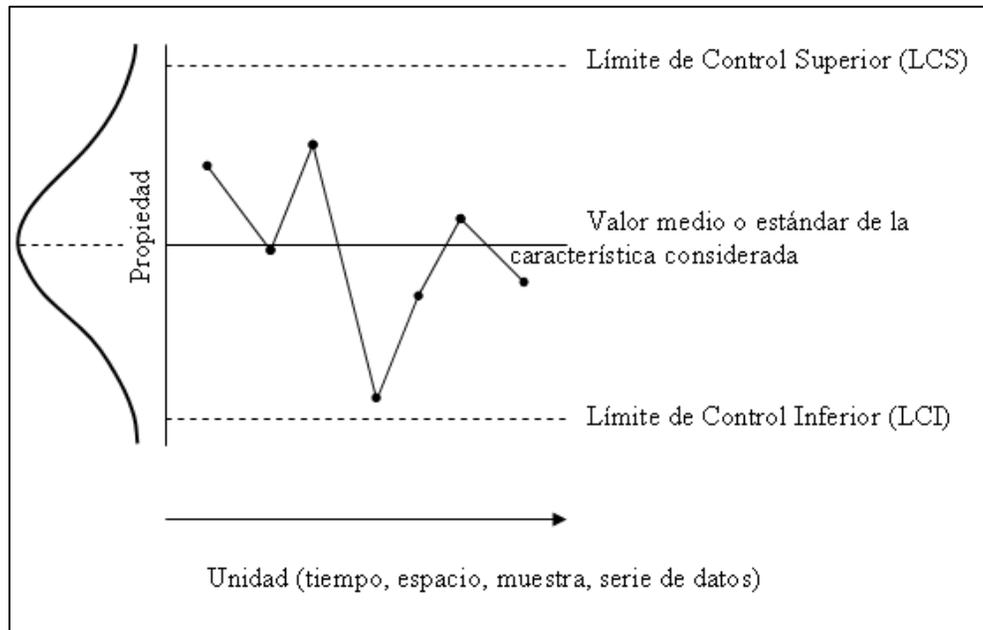


Figura N° 8. Forma básica del gráfico de control estadístico de la calidad (Zinck, 2007).

Además de los límites de control y la línea central que se pueden observar en la Figura N° 8, también se tienen dos límites o rangos que son usualmente añadidos a muchos gráficos de control, los cuales se detallan a continuación:

- Límites o rango de alerta: Denota el rango dentro del cual una variable se encuentra en valores seguros y que no representan riesgo de provocar una condición fuera de control.
- Límites o rango de especificación: Estos límites depende de la existencia de valores pre-establecidos por la empresa para una determinada variable. En caso de existir, representan el rango dentro del cual una variable cumple con las especificaciones establecidas.

Mediante el análisis de estos gráficos se puede extraer mucha información del proceso, ya que se puede concluir principalmente si éste se encuentra dentro o fuera de control. A su vez, también se puede determinar si los equipos se encuentran calibrados de la forma correcta, si existe algún tipo de manipulación por parte de los operarios, o la presencia de cualquiera de las causas asignables ya mencionadas anteriormente. Por esto, los gráficos de control son útiles para prevenir defectos, optimizar productividad, prevenir ajustes innecesarios y diagnosticar procesos, convirtiéndolos en la herramienta más importante en la estadística para el control de procesos.

Existen diversos indicativos que denotan la existencia de una condición fuera de control, los cuales pueden ser detectados al analizar un gráfico de control. A continuación se presentan los 3 estratos más importantes:

- Primero: La existencia de un punto fuera de los límites de control.
- Segundo: La presencia de dos puntos consecutivos fuera de los límites de alerta.
- Tercero: La existencia de ocho puntos consecutivos en uno de los lados de la línea central.

A su vez, dependiendo del comportamiento de una determinada variable y de la presencia de una condición fuera de control, se puede determinar si existe riesgo de incurrir en dos tipos diferentes de errores:

- Error tipo I: Representa el riesgo de castigar a un punto cuando realmente no existe una causa asignable, es decir, catalogar un sistema como fuera de control cuando en realidad se encuentra bajo control estadístico.
- Error tipo II: Representa el riesgo de aprobar un punto cuando realmente existe una causa asignable, es decir, catalogar un sistema como bajo control estadístico cuando realmente se encuentra fuera de control.

Como se puede apreciar, la información suministrada por un gráfico de control es sumamente valiosa, lo cual hace de éstos una herramienta muy poderosa. Sin embargo, siempre es recomendable hacer uso de otras de las técnicas mencionadas anteriormente, a fin de poder hacer un diagnóstico más efectivo.

2.4.3.2 Diagrama de Pareto

Este diagrama representa simplemente la distribución de la frecuencia de la ocurrencia de un cierto evento organizado por categoría, permitiendo un análisis cuantitativo del impacto de estas ocurrencias en el proceso. De esta forma, es posible identificar los defectos o problemas más comunes, para así poder atacarlos e intentar solucionarlos lo antes posible.

Es importante destacar que este diagrama no permite identificar los problemas más importantes, sino más bien aquellos que ocurren con mayor frecuencia. En la Figura N°9 se muestra la forma básica de este diagrama.

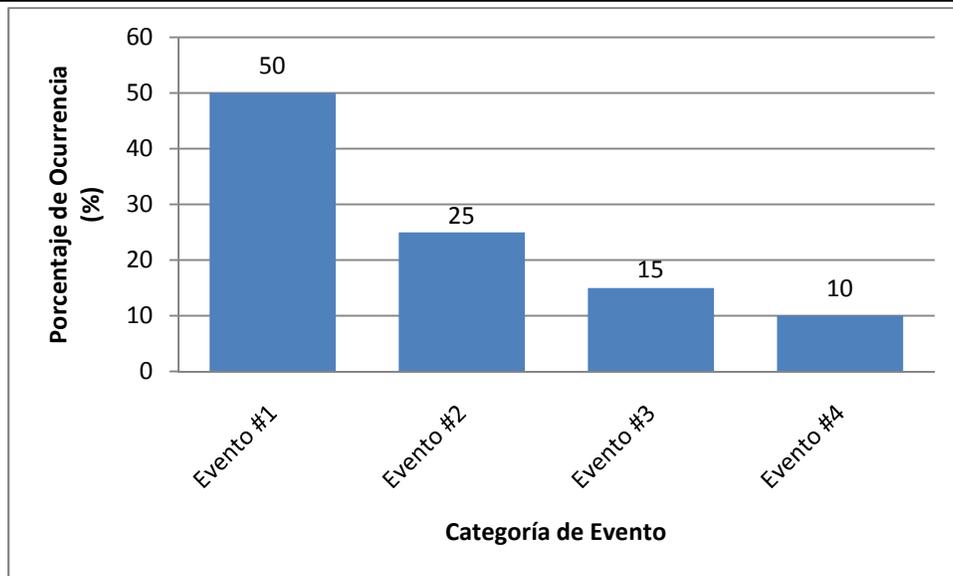


Figura N° 9. Estructura básica de un diagrama de Pareto (Montgomery, 2005).

2.4.3.3 Diagrama de Causa-Efecto

Ésta es una herramienta utilizada para identificar las potenciales causas de un defecto ya identificado y encontrado, por lo que debe ser utilizado en conjunto con alguna de las otras técnicas ya mencionadas.

Consiste en la realización de un esquema que conecta cada una de las familias de posibles causas con el defecto identificado, permitiendo extraer las causa principales que producen esta eventualidad. En la Figura N° 10 se puede apreciar la estructura de un diagrama general de Causa-Efecto o también conocido como diagrama de Ishikawa.

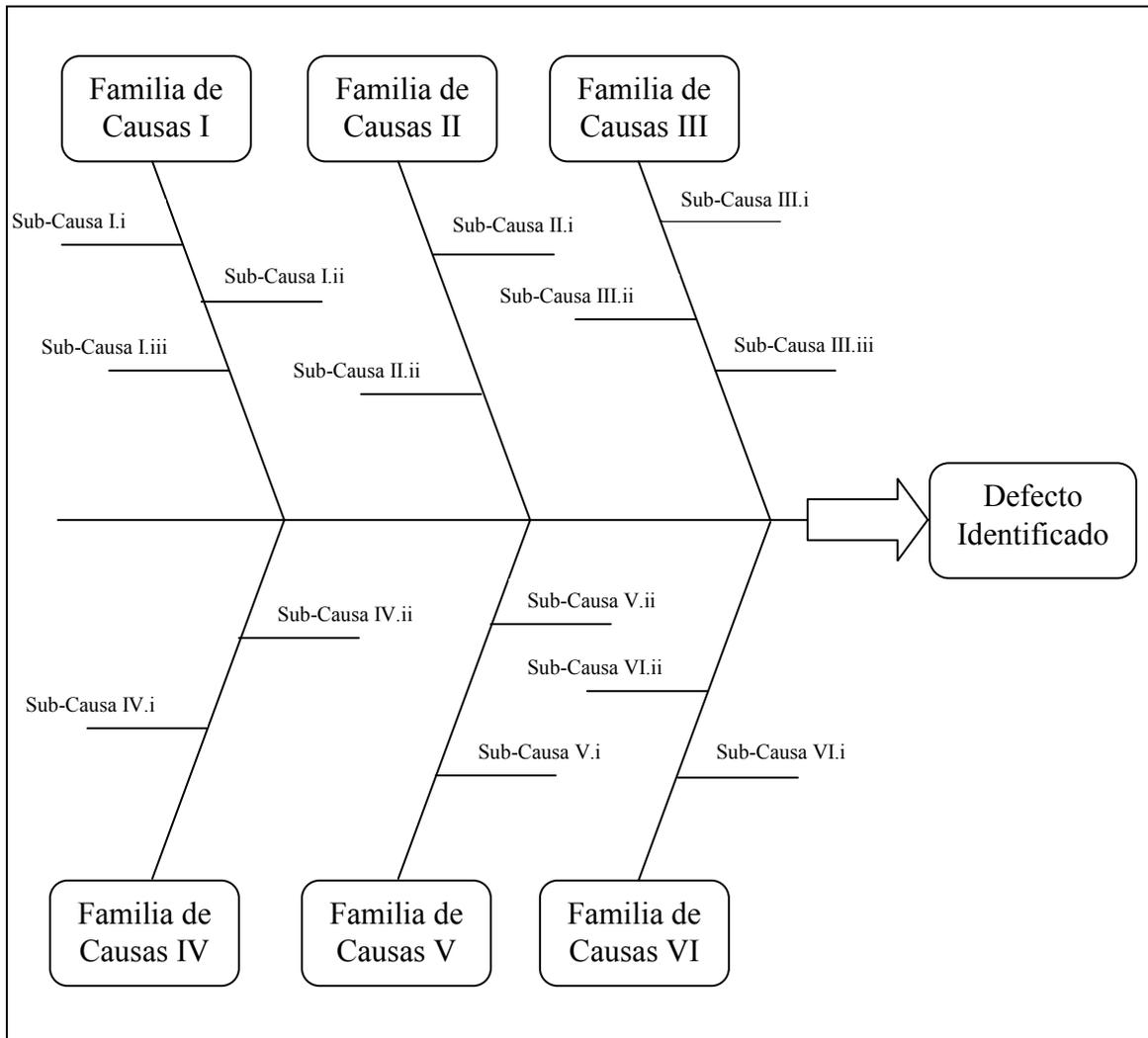


Figura N° 10. Forma básica de un diagrama de Ishikawa (Montgomery, 2005).

Aunque la cantidad de técnicas existentes para el control estadístico es muy grande, como ya fue mencionado, son estas tres (gráficos de control, diagrama de Pareto y diagrama de Ishikawa) las más usadas y útiles para conseguir la estabilidad de un proceso, y así poder obtener una calidad óptima para el producto.

Sin embargo, una parte importante para todos los productos alimenticios es la calidad sensorial, y como todo aspecto en el control de procesos, también es importante entender los aspectos estadísticos relacionados a este tema.

2.4.4 Estadística Sensorial

La Evaluación Sensorial hace uso de la Estadística para determinar si las respuestas generadas por un panel sensorial son lo suficientemente representativas o simplemente son producto del azar. En este sentido, es necesario establecer la confiabilidad del panel y la validez de sus juicios (Stone y Sidel, 2004).

La confiabilidad es una medida de la precisión del panel, pues ésta permite determinar si los juicios emitidos por el grupo son congruentes, cuando se presentan muestras similares en distintos momentos. Por su parte, la validez puede entenderse como el grado en el que los resultados son consistentes con la realidad, lo cual representa una estimación de la exactitud (Stone y Sidel, 2004).

En el caso de pruebas en las que se desea determinar la diferencia entre dos muestras (una muestra problema respecto a una referencia), la distribución apropiada es la t-Student “Media Contra un Valor Fijo”. Este estadístico permite estimar la significancia de la diferencia entre dos resultados, basándose en el cálculo de la relación entre tal diferencia y el error estándar asociado a la misma, según se indica en la ecuación 3 (Chambers y Baker, 1996).

$$t = \frac{(x-k)}{s/\sqrt{n}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

t : t-Student.

x : media de la data.

k : valor constante.

s : desviación estándar de la data.

n : número de valores de la data.

El estadístico de t -Student tiene especial utilidad cuando el número de miembros pertenecientes al panel es menor a 30, sólo dos productos están siendo evaluados y cada juez degusta ambos productos simultáneamente (Chambers y Baker, 1996).

Todos los conceptos y aspectos teóricos explicados en este capítulo, serán de fundamental importancia para el desarrollo de la metodología y el cumplimiento de las metas planteadas.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

A continuación se explica de forma detallada la forma en que se alcanzaron los objetivos y metas pautadas.

3.1 Verificación de las Condiciones de Operación Actuales en el Proceso de Fabricación de Wafer

Se realizaron inspecciones en todas las etapas del proceso, gracias al apoyo de supervisores, operadores y demás empleados, con el propósito de conocer los equipos, sus funciones y la manera en que son operadas.

Para ampliar esta información y comprender el funcionamiento de la maquinaria empleada en el proceso productivo, se revisaron los manuales del usuario de los equipos, así como los manuales de gestión de producción y el sistema de gestión de calidad (SGC) de la empresa. De esta forma, también se pudo conocer el alcance de cada operador y su relación con los diferentes grupos que participan en el proceso de producción.

Por otra parte, se debió realizar una extensa revisión de diversas fuentes bibliográficas, publicaciones periódicas y científicas, artículos de Internet, entrevistas y otros, para conocer y entender a profundidad todos los aspectos relacionados con la producción de productos *wafer*.

Esto permitió obtener información preliminar, lo cual es parte indispensable para una visión general y completa del funcionamiento de la planta, así como la interrelación entre los factores que forman parte de las diferentes etapas del proceso de producción.

Una vez adquirida esta información, se procedió a realizar los diferentes análisis a cada una de las etapas, y así verificar las condiciones de operación actuales bajo las cuales se encuentra el proceso. Los análisis y mediciones que se llevaron a cabo se pueden clasificar

principalmente en tres secciones: análisis a la pasta de las obleas, análisis al *wafers* y análisis del proceso.

3.1.1 Análisis a la Pasta de las Obleas

Se realizaron una serie de análisis a la pasta de las obleas, mediante las cuales se pudo observar si las condiciones de operación son las establecidas por el SGC. Los análisis a realizar son los siguientes:

- Verificación de dosificación de ingredientes: Se observa si las cantidades de materias primas agregadas al tanque de preparación de pasta son las establecidas por la fórmula o receta.
- Medición de la temperatura: Mediante la utilización de un termómetro bimetálico digital, se observa la temperatura tanto del agua empleada como de la pasta justo después de su preparación.
- Medición de la Fluidez: Se verifica la fluidez de la masa mediante la utilización de un equipo compuesto por un cono de medición y una balanza digital, el cual permite la medición del tiempo que tarda en fluir 500g de masa a través del cono. Este método es el establecido como apropiado por el SGC.
- Medición del pH: Se observa la acidez o basicidad de la pasta mediante el uso de un pH-metro digital calibrado.
- Verificación de las materias primas: Toda materia prima que es recibida en conjunto con un certificado de calidad, el cual es revisado con el fin de observar bajo que condiciones se encuentran las materias primas utilizadas para la preparación de la pasta.

La pasta de las obleas es de gran importancia ya que provee las características principales de la galleta, y un cambio en esta etapa puede traer consecuencias aguas abajo en el proceso y en la calidad sensorial del producto final.

3.1.2 Análisis al Wafer

En esta sección se detallan los análisis realizados al producto final, así como a cualquier semi-elaborado (relleno, oblea, bloque, etc), y tienen lugar a lo largo de todo el proceso productivo:

- Determinación del peso: Mediante el uso de una balanza digital, se determina el peso de las obleas a la salida del horno, así como de los bloques después de la etapa de cremado.
- Medición de humedad: Se analiza la humedad de las obleas a la salida del horno, de los bloques antes y después del enfriamiento secundario, así como del producto final. Esto se realiza a través del método establecido por la norma COVENIN 1553-80, y que hace uso de una balanza analítica y una estufa.
- Verificación de dosificación de ingredientes: De manera similar a la mencionada en la sección anterior, se verifica la dosificación de ingredientes en la etapa de preparación del relleno.
- Análisis sensoriales: Se realizaron pruebas sensoriales utilizando paneles entrenados, un nivel de significancia de 0,05 y una escala estructurada de 3 puntos, la cual se describe en la Figura N° 11.

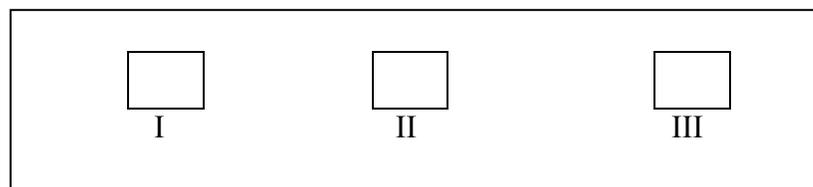


Figura N° 11. Escala Estructurada de 3 Puntos.

Como se observa en la Figura N° 11, la escala sensorial a utilizar está compuesta de tres puntos o niveles de aceptación, los cuales se detallan a continuación:

- Primero: El producto se encuentra en condiciones óptimas, y no posee ninguna irregularidad en sus aspectos sensoriales.
- Segundo: El alimento presenta pequeñas desviaciones a los estándares predeterminados, pero su calidad es suficientemente alta para su comercialización.

- Tercero: El producto se encuentra completamente fuera de especificación y por lo tanto es rechazado.

Se considera que un producto se encuentra en condiciones óptimas siempre que al menos el 80% de los panelistas lo aprueben; por el contrario, una aprobación menor al 80% implica el rechazo del producto, y éste último es entonces catalogado como no apto para su venta y distribución. Para mayor detalle, el formulario a ser utilizado para estos análisis se encuentra en el Anexo 1.

De esta forma se verificaron las condiciones de los semi-elaborados y el producto final, observando cualquier diferencia presente entre éstas y las establecidas por el SGC.

3.1.3 Análisis al Proceso

Además de todos los análisis a los productos o semi-elaborados, se llevaron a cabo mediciones a diferentes etapas del proceso para poder obtener información necesaria de las condiciones de operación de los equipos. Las mediciones realizadas se detallan a continuación:

- Seguimiento de las condiciones del horno: Mediante la revisión constante del panel de operación del equipo, se llevó un seguimiento de la velocidad y temperatura de operación del mismo.
- Seguimiento de las condiciones del cuarto frío: Se verifican las condiciones de operación en la etapa de enfriamiento secundario, a través de la utilización de un termo-higrómetro, que permitió obtener un valor de humedad y temperatura del ambiente por el cual transcurren los bloques, así como también un cronómetro para conocer el tiempo de residencia de los mismos en este cuarto.
- Seguimiento de las condiciones de las máquinas de empaque: Fueron medidas de forma constante la velocidad de las máquinas de empaque y la temperatura de las mordazas de empacado, al mismo tiempo que se verificó el estado de estas últimas.

- Análisis de hermeticidad: Se llevaron a cabo análisis de hermeticidad al producto final, mediante un método que consiste en la sumersión del producto en agua con azul de metileno para detectar fugas presentas en el empaque.

A su vez, este método fue comparado con un método alternativo cuya factibilidad está siendo estudiada, el cual consiste en cortar el empaque en dos partes, a fin de obtener ambos lados del sellado, e introducir dentro de éste una solución de etanol con rodamina. Si existe una fuga a través del área de sellado dentro de los primeros 5 minutos, se considera la fuga como Muy Importante (VI), si la fuga aparece entre 5 minutos y 1 hora, se considera Importante (I), y si aparece después de una hora se considera Microfuga.

Los resultados de todos estos análisis y mediciones fueron comparados con los valores referenciales pautados en el SGC de la empresa.

3.2 Análisis de Causas de las Discrepancias Encontradas

Mediante la aplicación de las herramientas estadísticas mencionadas en el capítulo anterior (ver sección 2.4) se realizó un análisis exhaustivo para determinar las causas de los problemas determinados. En base a esto, se propusieron acciones correctivas que permiten solucionar o, en su defecto, minimizar estos problemas en el menor tiempo posible.

3.3 Determinación del Impacto de los Principales Índices de Deterioro del Producto Terminado Sobre su Calidad Sensorial

Como se dijo anteriormente, para el caso del *wafer* se tiene que los principales índices de deterioro son el acartonamiento de la galleta, y la rancidez del relleno. Mediante la realización de estudios de conservación del producto, lo cual consiste en realizar análisis sensoriales (ver sección 3.1.2) a lo largo del tiempo de almacenamiento, se obtuvo una relación clara sobre el comportamiento de estos índices en la calidad sensorial del alimento.

Una vez se conoció esto, se determinó la vida útil actual del producto, así como las causas de este deterioro, identificando el índice de deterioro de mayor importancia (aquél que ocurre más rápido) y se focalizó el estudio en el incremento de la vida útil del producto.

3.4 Desarrollo de las Propuestas Óptimas para el Incremento de la Vida Útil de las Galletas de Acuerdo al Proceso

En base a la evaluación continua y análisis de todas las etapas del proceso de producción, la determinación del principal índice de deterioro y su efecto en el producto, así como una revisión bibliográfica exhaustiva del tema, se desarrollaron propuestas de diferente índole que permiten un incremento en la vida útil del producto y así alcanzando, de esta forma, todos los objetivos planteados en el presente trabajo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente sección se explican detalladamente los resultados obtenidos a partir del desarrollo de la metodología planteada.

4.1 Monitoreo de las Condiciones Iniciales de las Líneas de Producción

Para realizar el levantamiento del estado inicial de operación del proceso de fabricación de *wafers*, y a fin de determinar posibles causas que pudieran estar afectando la calidad de las galletas, se realizó un monitoreo de todas las etapas del proceso. Los análisis realizados para cada etapa del proceso se basaron en el posible efecto de cada variable en los índices de deterioro del producto (ver sección 2.3.3)

A continuación se presentan los resultados de dicho monitoreo para cada etapa, comenzando por los análisis realizados a la masa de la oblea y el relleno del producto.

4.1.1 Preparación de Masa y Relleno:

Para la etapa de preparación de masa se realizaron mediciones de fluidez de la masa, temperatura de la masa, temperatura del agua añadida y pH de la masa. Debido a que todas las variables afectan directamente a la fluidez, a continuación se presenta la Figura N° 12, donde se muestra el comportamiento de esta variable.

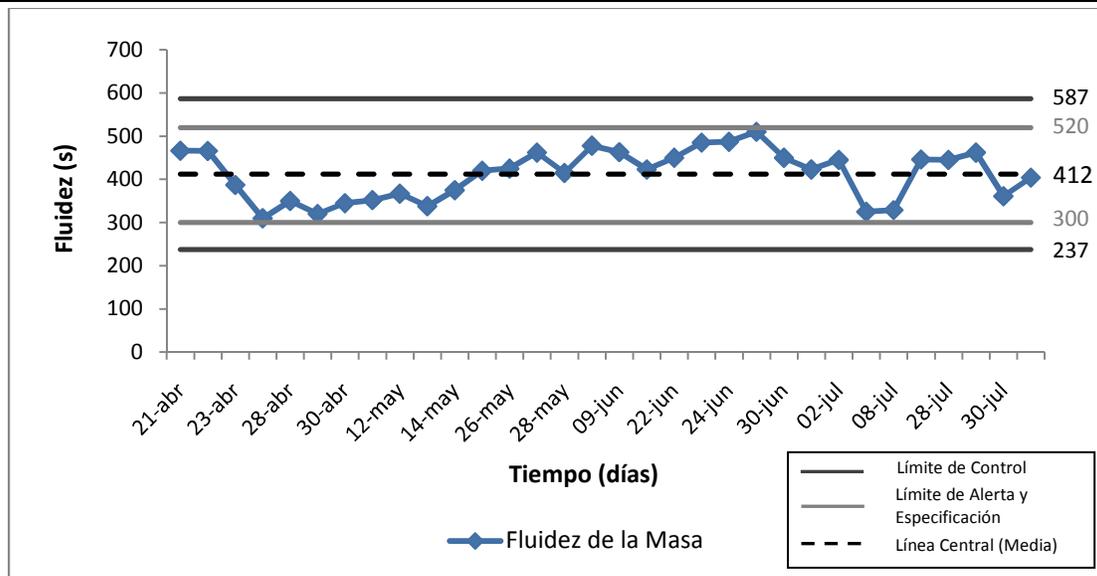


Figura N° 12. Fluidez de la masa en función de los días de monitoreo.

En la Figura N° 12 se pueden apreciar dos rangos: uno estrecho que corresponde a la especificación presente en el SGC de la empresa (300 – 520 s) mientras que el más amplio corresponde a los límites de control calculados (237 – 587 s). Para esta variable en particular, el rango referente a los límites de alerta es igual al establecido por el SGC. Se puede notar que la fluidez permanece dentro del rango de especificación, pero presenta una cierta variación dentro del mismo. Para obtener un mejor entendimiento de su comportamiento, se realizó el cálculo de la desviación estándar (SD) y del coeficiente de variación (CV) de la data recolectada, tal como se muestra en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de la data recolectada para la fluidez de la masa.

Media (\bar{x})	Desviación Estándar (SD)	Coeficiente de Variación (CV)
412 s	57 s	14 %

En base a los resultados presentados en la Tabla N° 2, se puede decir que existe un problema de precisión en el comportamiento de la variable fluidez. Sin embargo, analizando el gráfico de control en base a lo explicado en la sección 2.4.2, se puede observar que aunque no cumple con los estratos 1 y 2, aplica el tercero ya que se tienen más

de 8 puntos consecutivos de un solo lado de la línea central. Por lo tanto, como se expresa en la teoría, se puede afirmar que esta variable se encuentra fuera de control.

Entre las posibles causas asignables que dan origen a esta condición, se tiene como principal la modificación permanente del tamaño del lote, debido a que dependiendo de la cantidad de líneas que se encuentren operativas se desea una cantidad mayor o menor de masa. Es por esto que los operarios deben estar modificando las cantidades añadidas al mezclador continuamente, lo cual trae consigo problemas de variabilidad aún cuando los datos se encuentran dentro de los límites especificados.

Para la etapa de preparación de relleno, se realizaron mediciones de dosificación de grasa vegetal, ya que influye en la cantidad de grasa presente en el producto final. En la Figura N° 13 se puede observar el comportamiento de esta variable.

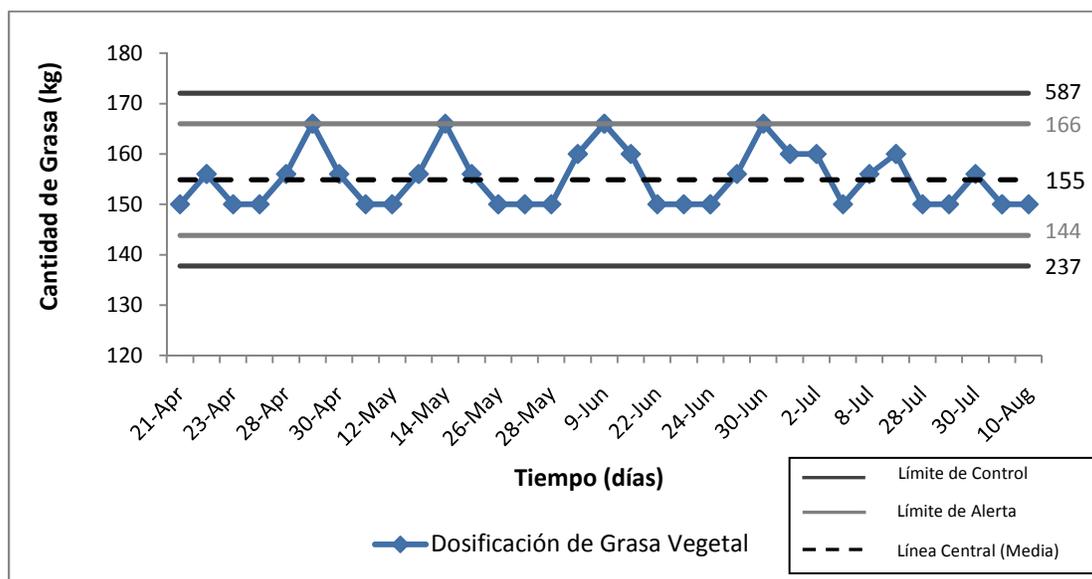


Figura N° 13. Dosificación de grasa vegetal al relleno en función de los días de monitoreo.

En la Figura N° 13, el rango estrecho representa los límites de alerta, y el rango amplio los límites de control. De forma rápida se puede observar un comportamiento estable de la variable, sin embargo a continuación se presenta una tabla con los valores de la media, desviación estándar y coeficiente de variación para poder obtener un mejor entendimiento, como se muestra en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de la data recolectada para la dosificación de grasa vegetal al relleno.

Media (\bar{x})	Desviación Estándar (SD)	Coeficiente de Variación (CV)
155 kg	5,55 kg	3,58 %

Teniendo en cuenta el valor del coeficiente de variación, se tiene que la cantidad dosificada de grasa vegetal en la preparación del relleno no presenta una variabilidad alta, como lo evidencia el coeficiente de variación, el cual se encuentra por debajo de 5%. A su vez, la data representada en la Figura N° 12 no cumple con ninguno de los estratos indicativos de un sistema fuera de control, por lo que esta etapa se encuentra bajo control estadístico.

Es importante destacar que debido a la gran variedad de recetas existentes, no existe un rango específico permanente para la cantidad de grasa, ya que éste viene asociado directamente con la receta utilizada en un cierto momento. Esto puede traer consigo un aumento en el riesgo de incurrir en error de tipo I (ver sección 2.4.2.1), es decir, que hay una alta probabilidad de calificar la cantidad de grasa dosificada en un cierto momento como fuera de control, cuando realmente no lo está. Para ello es recomendable establecer un rango de especificaciones, que tome en cuenta el uso de esta cantidad de recetas.

4.1.2 Horneado

Para esta etapa se realizaron mediciones de temperatura del horno, velocidad del horno y humedad de las obleas a la salida. Debido a que la variable principal a controlar es la humedad de las obleas, se presentan gráficas en las que se puede observar el comportamiento de esta variable en función de los días. El resto de los datos se pueden encontrar en la sección de anexos al final del informe.

A continuación se presenta la Figura N° 14, donde se aprecia el comportamiento de la humedad de la oblea a la salida del horno en función de los días para la línea 6.

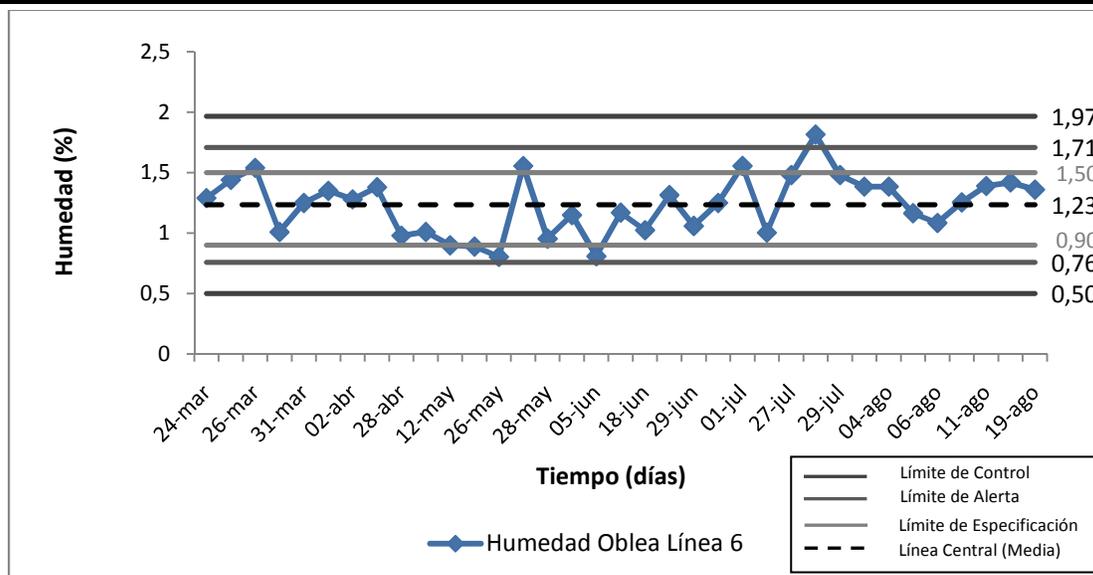


Figura N° 14. Humedad de las obleas de la Línea 6 en función de los días de monitoreo.

En la Figura N° 14 se presentan los 3 rangos de diferente amplitud ya mencionados, el más estrecho se refiere a las especificaciones establecidas por el SGC, un rango de amplitud intermedia referente a los límites de alerta calculados para la data, y un rango más amplio referente a los límites de control. Para verificar la data, se presentan los valores de la media, desviación estándar y coeficiente de variación en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de la data recolectada para la humedad de las obleas de la Línea 6.

Media (\bar{x})	Desviación Estándar (SD)	Coefficiente de Variación (CV)
1,23 %	0,24 %	19 %

En base al coeficiente de variación obtenido, se puede confirmar que existen problemas de variabilidad en la data recopilada. Analizando la gráfica, teniendo en cuenta las bases teóricas expuestas en el Capítulo II, se observa que ésta no cumple con ninguno de los indicativos de una variable fuera de control, por lo que se puede afirmar que se encuentra bajo control estadístico.

Sin embargo, se puede notar la existencia de varios puntos fuera de los límites de especificación presentados en el SGC de la empresa, lo cual es un indicativo de que estos

límites poseen un rango muy estrecho, lo cual trae consigo un alto riesgo de incurrir en error de tipo I, lo cual quiere decir que existe la posibilidad de afirmar que la variable humedad de la oblea se encuentra fuera de control, cuando en realidad no lo está.

Seguidamente se puede apreciar la Figura N° 15, en la que se muestra la humedad de las obleas a la salida del horno 4 en función de los días.

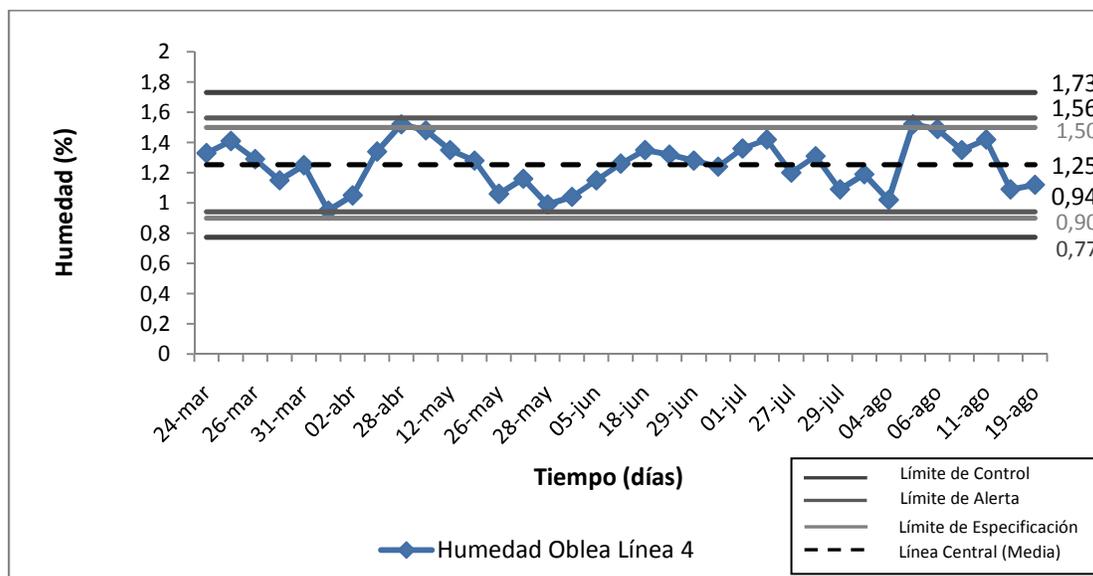


Figura N° 15. Humedad de las obleas de la Línea 4 en función de los días de monitoreo.

De igual forma que para la Figura N° 14, en la Figura N° 15 se pueden observar 3 rangos de diferente amplitud que representan los mismos límites ya mencionados. Mediante el análisis estadístico se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla N° 5. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de la data recolectada para la humedad de las obleas de la Línea 4.

Media (\bar{x})	Desviación Estándar (SD)	Coefficiente de Variación (CV)
1,25 %	0,16 %	12 %

Es importante destacar que el coeficiente de variación para esta etapa es menor que para la línea 6, lo cual indica que los problemas de variabilidad para este horno son menores, pero aún así se encuentran presentes ya que continúa siendo un valor superior al 5 %. Sin

embargo, analizando una vez más, el comportamiento de la data no cumple con ninguno de los estratos indicativos de una condición fuera de control por lo que se puede decir que también se encuentra bajo control estadístico.

A su vez, aún cuando para este horno los valores de especificación encontrados en el SGC son más cercanos a los valores de los límites de alerta, existe un riesgo moderado de incurrir en error de tipo I, ya que existen valores que denotarían una condición de fuera de control aún cuando éste no es el caso, debido a que éste no supera los límites de alerta ni los de control de la zona superior.

Por último, se tiene la Figura N° 16, en la que observa la humedad de las obleas en función de los días para el horno 3.

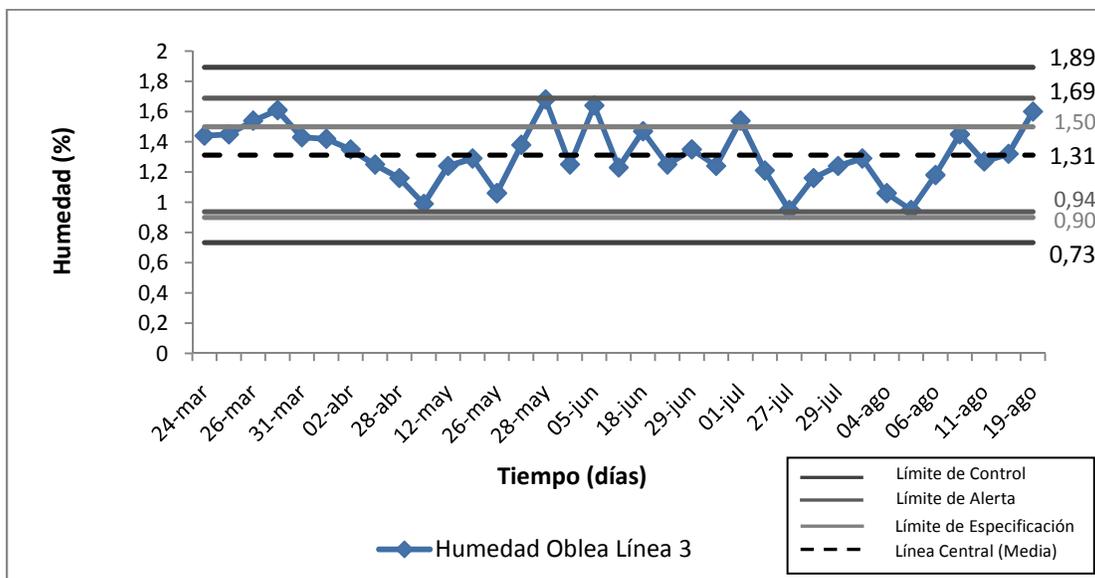


Figura N° 16. Humedad de las obleas de la Línea 3 en función de los días de monitoreo.

En la Figura N° 16, se observan una vez más los 3 límites establecidos, el análisis estadístico arrojó los siguientes resultados, mostrados en la Tabla N° 6.

Tabla N° 6. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de la data recolectada para la humedad de las obleas de la Línea 3.

Media (\bar{x})	Desviación Estándar (SD)	Coeficiente de Variación (CV)
1,31 %	0,19 %	14 %

El coeficiente de variación muestra que existen algunos problemas de variabilidad pero que, al igual que para el horno anterior, son menores a los presentes en línea 6. Aún así, para este caso se cumple con el tercer indicativo expuesto en la sección 2.4.2, ya que existen 8 puntos consecutivos del lado inferior a la línea central, lo que indica que esta variable se encuentra fuera de control. Este hecho tiene como posible causa asignable la continua manipulación de las condiciones de operación del horno por parte de los operarios, debido a los cambios continuos que ocurren en el equipo. La variación de una de las condiciones deberá traer consigo la modificación de todas las demás variables a fin de mantener la humedad de la oblea controlada, y esto no siempre tiene lugar.

En cuanto al rango de especificación presente en el SGC de la empresa, se tiene que, aún cuando el límite inferior propuesto se aproxima bastante al límite de alerta calculado, el límite superior se encuentra alejado de éste en casi 0,2 unidades, por lo que si se toma en cuenta la especificación se estaría incurriendo en error de tipo I, al igual que para los demás hornos. En función de esto, es recomendable reajustar las especificaciones, a fin de tomar en cuenta este riesgo.

4.1.3 Cremado

Para esta etapa se tomó en cuenta el porcentaje de relleno del bloque, debido a que se ve afectada de forma directa a la rancidez en la galleta al ser el relleno el componente que posee la grasa. El valor objetivo de porcentaje de relleno es 65% para todas las líneas.

En la Figura N° 17 se muestra el comportamiento del porcentaje de relleno en función de los días para la línea 6.

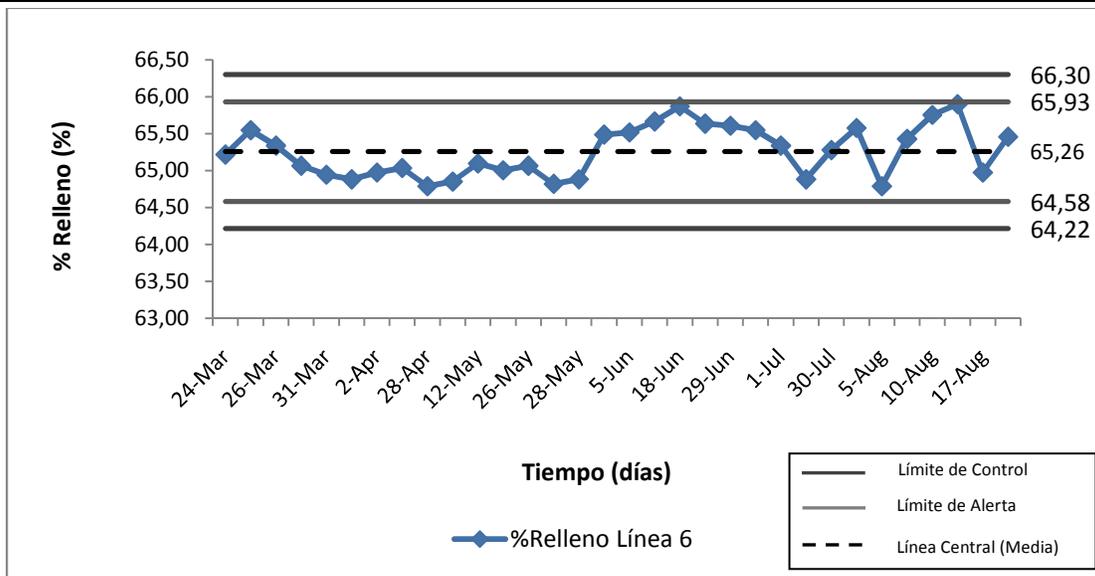


Figura N° 17. Porcentaje de relleno de los bloques de la Línea 6 en función de los días de monitoreo.

Se presentan dos rangos principales, el más estrecho representa los límites de alerta y el más amplio los límites de control. A fin de ver que tan representativa es la variación observada, se realizó el cálculo del coeficiente de variación, el cual se muestra en la Tabla N° 7.

Tabla N° 7. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de la data recolectada para el porcentaje de relleno de las obleas de la Línea 6.

Media (\bar{x})	Desviación Estándar (SD)	Coefficiente de Variación (CV)
65,26 %	0,34 %	0,52 %

Se puede notar que el coeficiente de variación es muy bajo (menor al 5%), por lo tanto se puede afirmar que no existen problemas de variabilidad, y la variación que se observa en la gráfica no es representativa. Sin embargo, al analizar el gráfico, se tiene que éste cumple con el tercer estrato indicativo de una variable fuera de control (8 o más puntos consecutivos de un solo lado de la línea central), por lo que se encuentra fuera de control.

Como posible causa asignable a este hecho, se tienen fallas ocasionales en la calibración del rodillo o cabezal de cremado. A su vez, la falta de un rango de especificación no

permite apreciar de forma correcta a los operarios que tan alejada de la línea objetivo se encuentra la variable estudiada, para un determinado momento, lo cual podría traer consigo la ocurrencia de error tipo II, ya que se tiene la posibilidad de aceptar el comportamiento del porcentaje de relleno para el horno 6 como que se encuentra bajo control estadístico, cuando en realidad se encuentra fuera de control.

A continuación se puede apreciar el comportamiento del porcentaje de relleno en los bloques en función de los días de monitoreo para la línea 4, en la Figura N° 18.

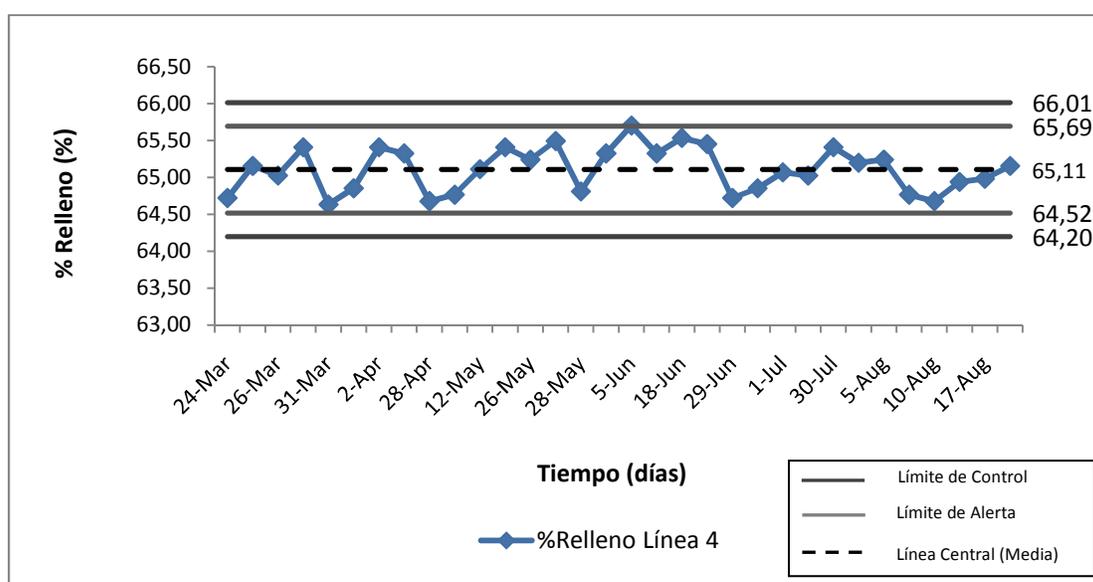


Figura N° 18. Porcentaje de relleno de los bloques de la Línea 4 en función de los días de monitoreo.

Se pueden observar una vez más los dos rangos que representan los mismos límites que para el caso anterior. Analizando la data se obtuvo lo expresado en la Tabla N° 8.

Tabla N° 8. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de la data recolectada para el porcentaje de relleno de las obleas de la Línea 4.

Media (\bar{x})	Desviación Estándar (SD)	Coeficiente de Variación (CV)
65,11 %	0,29 %	0,45 %

Una vez más, la data no presenta problemas de variabilidad tal como lo demuestra el coeficiente de variación. Sin embargo, a diferencia de la línea mostrada anteriormente, este

gráfico no cumple con ninguno de los indicativos para una condición fuera de control, por lo que se puede afirmar que la variable se encuentra bajo control estadístico.

Aún así, la ausencia de un rango de especificación podría traer consigo un alto riesgo de variabilidad, debido a no tener claro un valor máximo o mínimo permitido para la variable, aumentando a su vez la posibilidad de incurrir en error tipo II, por las mismas razones expuestas para la línea 6.

Por último, se presenta la Figura N° 19, la cual muestra el comportamiento de la variable para la línea 3.

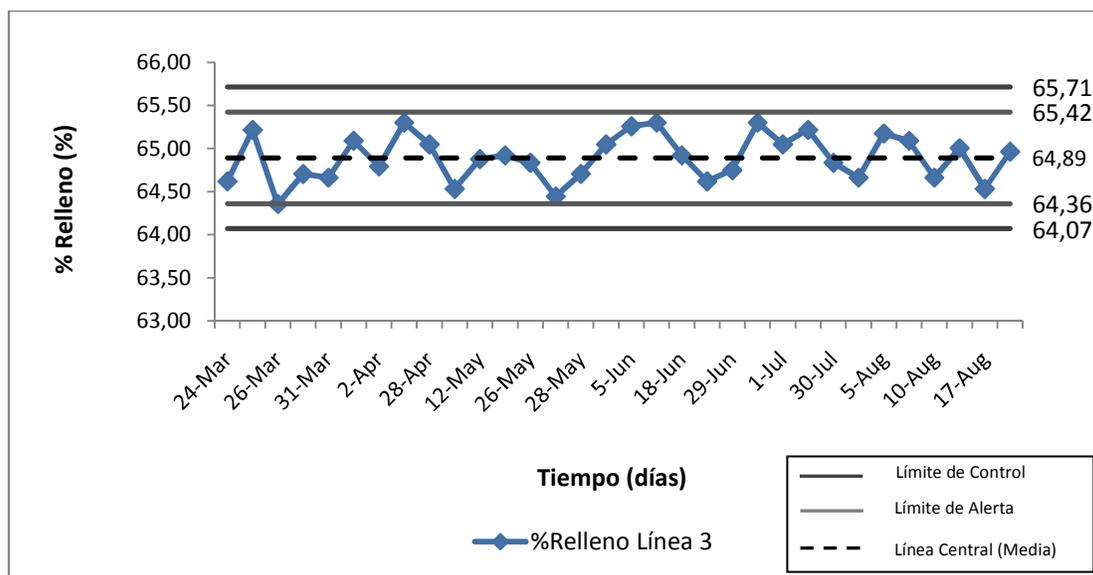


Figura N° 19. Porcentaje de relleno de los bloques de la Línea 3 en función de los días de monitoreo.

De nuevo se presentan los mismos rangos, así como la línea central característica de cualquier gráfico de control. Los resultados estadísticos fueron los presentados en la Tabla N° 9.

Tabla N° 9. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de la data recolectada para el porcentaje de relleno de las obleas de la Línea 3.

Media (\bar{x})	Desviación Estándar (SD)	Coefficiente de Variación (CV)
64,89 %	0,27 %	0,41 %

Una vez más se obtiene un coeficiente de variación bajo, por lo que se dice que la variable no presenta problema de variabilidad. En cuando a algún posible indicativo de una condición fuera de control, se tiene que no existe ninguno, por lo que se confirma que la variable se encuentra bajo control estadístico.

De igual forma que para las líneas analizadas anteriormente, existe un alto riesgo de incurrir en error tipo II debido a la inexistencia de un rango de especificación determinado. El establecimiento de un rango para esta variable que tomara en cuenta este riesgo, podría resultar efectivo a fin de minimizar el mismo.

4.1.4. Enfriamiento Secundario

En esta etapa se ven afectados ambos índices de deterioro mencionados en la sección 2.3.3, acartonamiento de la galleta y rancidez del relleno. Por lo cual, se divide esta etapa en dos secciones, cada una con los análisis de las variables que afectan a cada índice de deterioro.

- Para Acartonamiento:

La principal que variable que afecta al acartonamiento de la galleta es la humedad en el ambiente del cuarto frío, debido a la exposición completa del bloque a este medio por un lapso de 16 minutos. El comportamiento de esta variable en función de los días se puede apreciar en la Figura N° 20.

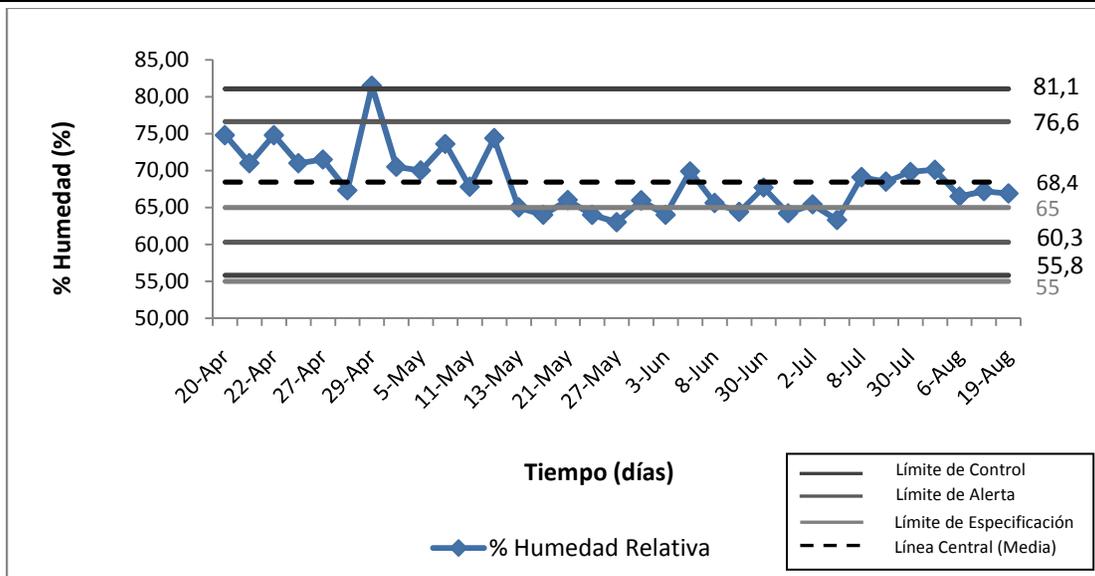


Figura N° 20. Humedad relativa en el ambiente del cuarto de frío en función de los días de monitoreo.

En la Figura N° 20 se pueden encontrar, una vez más, tres rangos: el más amplio y de color negro representa los límites de control, el segundo, un poco más estrecho y de tonalidad menos oscura, representa los límites de alarma, mientras que el más claro y más estrecho de los tres representa los límites especificados en el SGC. Es importante destacar que la línea central (68,45 %) se encuentra por fuera de los límites de especificación (55 – 65 %), indicando un comportamiento completamente desalineado con éstos. A fin de entender mejor el comportamiento de la variable, se presenta la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación en la Tabla N° 10.

Tabla N° 10. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de la data recolectada para el porcentaje de humedad relativa en el cuarto de frío.

Media (\bar{x})	Desviación Estándar (SD)	Coeficiente de Variación (CV)
68,45 %	4,08 %	5,97 %

Se puede observar que el coeficiente de variación es un poco mayor a 5 %, lo cual indica pequeños problemas de variabilidad. Analizando los posibles indicativos que caracterizan un sistema fuera de control, se tiene que se cumple con el primer estrato, ya que un punto se encuentra por fuera del límite de control superior. Como posible causa asignable a este hecho se tiene principalmente la falta de un control estricto de la humedad del ambiente en

este cuarto, ya que con lo único que se cuenta es con la presencia de filtros y la humedad relativa del cuarto será aproximadamente la humedad relativa ambiental.

Con el fin de verificar el efecto que puede tener la desalineación de la variable con el rango de especificación, se presenta en la Figura N° 21 la humedad del bloque de línea 6 a la salida del cuarto en función de los días.

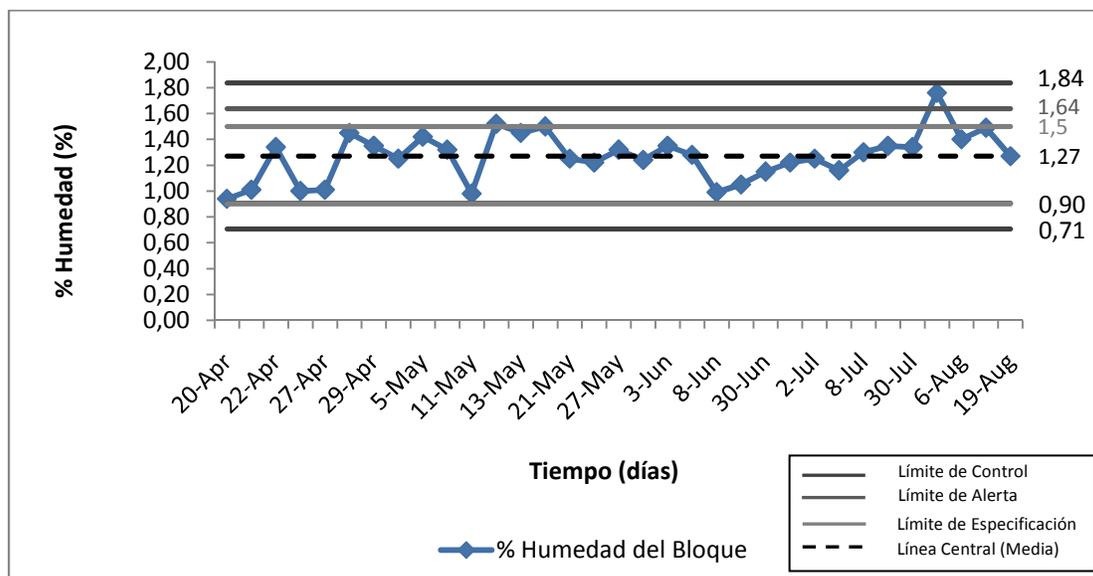


Figura N° 21. Humedad de los bloques de la línea 6 a la salida del cuarto de frío en función de los días de monitoreo.

En la Figura N° 21 se puede observar una vez más los tres rangos, pero en este caso el límite de alerta inferior es igual al límite de especificación inferior (0,90 %). De igual forma, la Tabla N° 11 presenta más datos estadísticos para proveer un mejor entendimiento.

Tabla N° 11. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de la data recolectada para la humedad de los bloques de la línea 6 a la salida del cuarto de frío.

Media (\bar{x})	Desviación Estándar (SD)	Coefficiente de Variación (CV)
1,27 %	0,18 %	14 %

Se puede afirmar la presencia de problemas de variabilidad, debido al alto valor arrojado por el coeficiente de variación. Sin embargo, al verificar los indicativos para la condición

de fuera de control, no se cumple con ninguno de ellos; por lo que se puede decir que la variable se encuentra bajo control estadístico.

Por lo tanto, se puede decir que la presencia de una humedad alta en el ambiente del cuarto frío no afecta de forma significativa a la humedad del bloque. Sin embargo, la fuerte desalineación en el comportamiento de la humedad relativa trae consigo un gran riesgo de incurrir en error tipo I, ya que puede considerarse que la humedad del cuarto frío se encuentra fuera de control cuando realmente no lo está.

De igual forma ocurre con la humedad del bloque, ya que el límite de especificación superior se encuentra bajo comparado con el límite de alerta, existiendo el riesgo de calificar la humedad de bloque como fuera de control, cuando se encuentra bajo control estadístico. Es recomendable reajustar los límites de especificación a fin de tomar en cuenta dichos riesgos.

- Para Rancidez:

La principal variable que puede afectar a la rancidez del relleno en esta etapa es la variación de temperatura, debido a que aumentos de temperatura de 15 grados o más provocan un aumento importante en la velocidad de esta reacción de deterioro.

A fin de comprobar la inexistencia de estos cambios, en la Figura N° 22 se muestra la temperatura del cuarto de frío en función de los días.

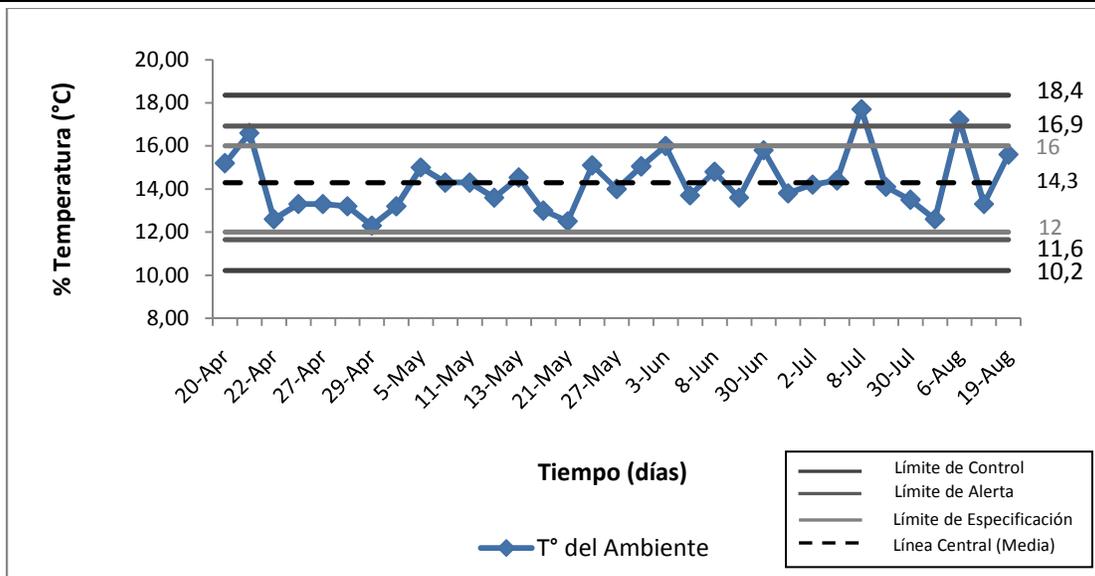


Figura N° 22. Temperatura en el ambiente del cuarto de frío en función de los días de monitoreo.

En la Figura N° 22 se puede observar que no existe una variación grande entre el valor máximo y mínimo (5°C), a su vez se pueden apreciar los 3 rangos representativos de los diferentes límites. Se presentan los valores para la media, desviación estándar y coeficiente de variación en la Tabla N° 12.

Tabla N° 12. Media, desviación estándar y coeficiente de variación de la data recolectada para la temperatura del ambiente en el cuarto de frío.

Media (\bar{x})	Desviación Estándar (SD)	Coficiente de Variación (CV)
14,3 °C	1,32 °C	9,23 %

Se tiene que existen problemas de variabilidad, denotado por el alto valor del coeficiente de variación. A su vez, se descarta la posibilidad de estar en presencia de una condición fuera de control, ya que no se cumple con ninguno de los indicadores.

Aún así, los límites establecidos por el SGC de la empresa presentan un cierto riesgo de incurrir en error de tipo I, ya que existen valores por fuera de estos límites pero sin exceder los límites de alerta, por lo que se podría decir que la temperatura del cuarto frío se encuentra fuera de control, cuando en realidad no lo está. Tomando en cuenta esto, es recomendable reajustar los límites de especificación.

4.1.5 Empacado

En esta etapa se realizó el análisis de hermeticidad mediante dos metodologías diferentes, a fin de verificar la eficiencia del método utilizado actualmente en la fábrica en comparación a otro método cuya factibilidad está siendo estudiada.

La primera metodología, o método 1, consistió de la sumersión de 8 empaques por cada *display* en una solución de agua con azul de metileno, durante 5 minutos. Una vez transcurrido este tiempo, se abrió cada empaque y se verificó la penetración de la solución al interior del producto. En caso de existir solución dentro del empaque, se calificó dicho empaque como “empaque con fugas”, en caso de que el producto se encontrara en perfectas condiciones y sin solución, se calificó entonces como “empaque sin fugas”.

La segunda metodología, o método 2, consistió en cortar el producto en dos partes, con el fin de obtener los dos sellos del empaque. El empaque fue limpiado por dentro con etanol y se dejó secar. Posteriormente, se colocaron ambas partes del empaque en forma vertical sobre una hoja blanca de papel, y se le agregó a cada una aproximadamente 5 mililitros de solución de agua con rodamina. Si se detectó una fuga a través del área de sellado dentro de los primeros 5 minutos, se considera la fuga como “Muy Importante” (VI), si la fuga aparece entre 5 minutos y 1 hora, se considera “Importante” (I), y si aparece después de una hora se considera como “Microfuga”.

A continuación se presenta la Figura N° 23, se puede observar la cantidad de empaques con fugas por ambos métodos en función de los días de monitoreo, para todas las líneas que fueron objeto de análisis en la presente investigación.

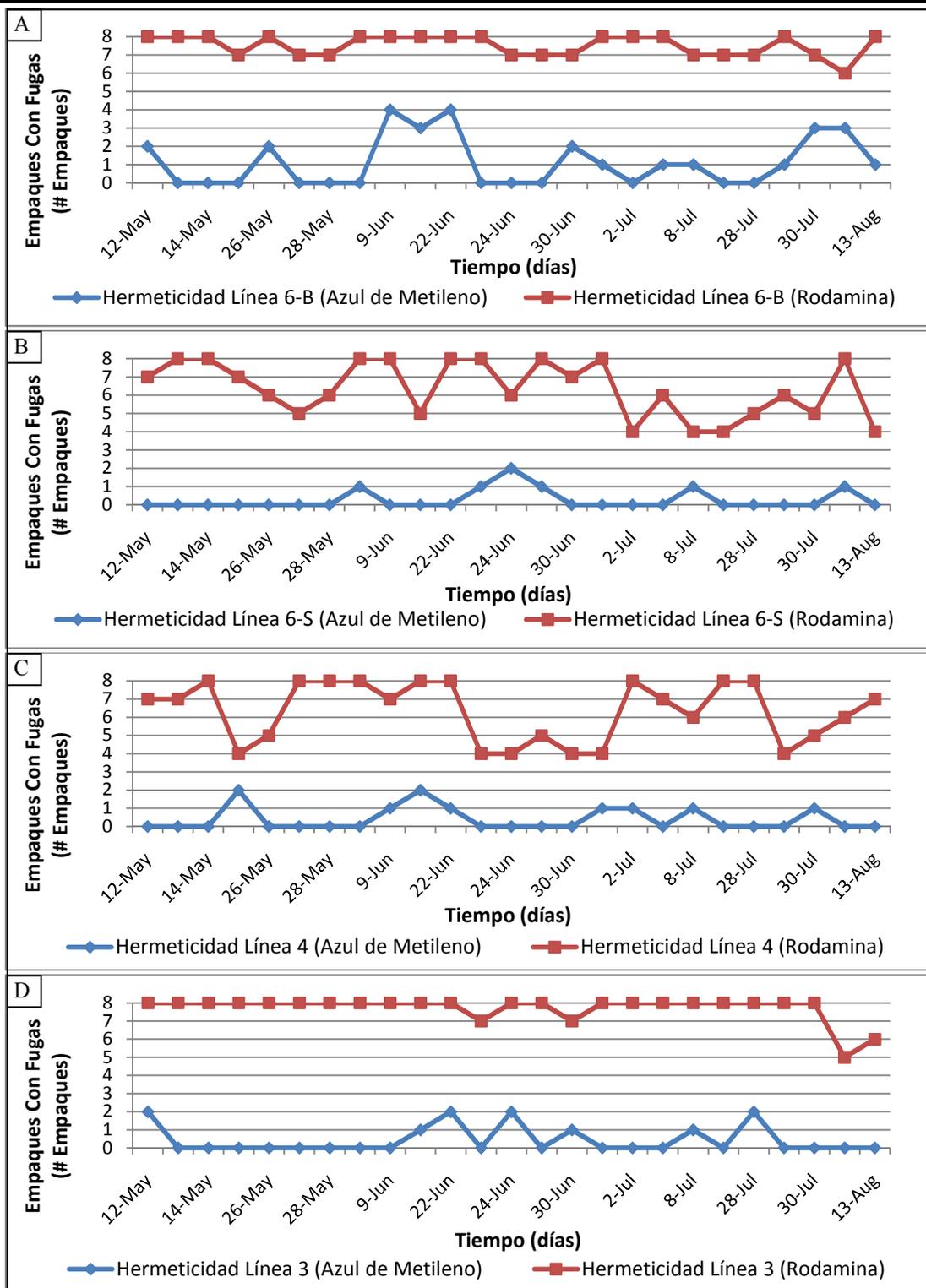


Figura N° 23. Comparación de métodos de análisis de hermeticidad para los empaques de todas las líneas de producción sometidas a estudio.

En la Figura N° 23, se aprecia un mayor número de empaques detectados con fugas cuando se utilizó el método de rodamina con etanol, frente al ensayo con el método actualmente empleado en planta (agua con azul de metileno), para todas las líneas de producción. Esto indica una posible diferencia fundamental entre los dos métodos estudiados, incluso atenta contra la efectividad y credibilidad de uno de ellos, que es además el actualmente utilizado para verificar la hermeticidad del producto.

Debido a la trascendencia de este hallazgo, se corroboraron los resultados mediante la ejecución de un análisis de varianza de dos vías (línea y método), tal como se muestra en la Tabla N° 13, y donde se utilizó un nivel de significancia (α) igual a 0,05.

Tabla N° 13. Resultados del análisis de varianza de dos vías (línea y método) obtenidos mediante la herramienta estadística “Minitab”.

Fuente	Grados de Libertad (G.L.)	Suma de los Cuadrados del Factor y del Error (S.C.)	Cuadrados Medios (M.C.)	Estadístico de Fischer (F)	Probabilidad de Ocurrencia de F
Línea	3	38,46	12,82	11,27	0,000
Método	1	2060,82	2060,82	1812,37	0,000
Interacción	3	13,82	4,61	4,05	0,008
Error	192	218,32	1,14	Nota: Donde la hipótesis nula es $h_0 = h_1$ $h_0 = \text{Método 1 (Agua con Azul de Met.)}$ $h_1 = \text{Método 2 (Rodamina con Etanol)}$	
Total	199	2331,42			

Se puede observar que la probabilidad de ocurrencia del estadístico de Fischer para el factor “método” sobre la variable “respuesta” (frecuencia de detección de fugas) es menor que “ α ”, lo que muestra un claro rechazo de la hipótesis nula, indicando finalmente que ambos métodos son estadísticamente diferentes.

La utilización de uno u otro método resulta de vital importancia para el cumplimiento de la vida útil del producto, ya que la presencia de fugas en los empaques es indicativo primordial de un pronto deterioro del producto, debido al intercambio de humedad y oxígeno entre el interior del empaque y el ambiente.

Gracias a los análisis realizados que se detallan en la siguiente sección, se pudo determinar que el método apropiado para la correcta detección de las fugas es el método 2 (rodamina con etanol), ya que permite detectar la cantidad real de fugas presentes en los empaques. Con el método que hace uso de agua con azul de metileno, se estaría incurriendo en error de tipo II, ya que se estarían aceptando los productos como en buenas condiciones cuando en realidad no se encuentran aptos para su comercialización.

4.2 Determinación del Principal Índice de Deterioro

En esta sección se presentan los diferentes estudios que engloban todo el análisis realizado anteriormente, y que a su vez permiten la determinación del índice de deterioro que mayor impacto tiene sobre el producto final. Se comenzarán por los estudios de conservación, que son los que nos permiten observar cómo se comporta el producto elaborado bajo las condiciones anteriormente analizadas.

4.2.1 Estudios de Conservación

Para poder apreciar el efecto que tienen las diversas condiciones de operación de las diferentes etapas del proceso, se realizaron estudios de conservación para los productos obtenidos por cada línea de operación.

En la Tabla N° 14 se presentan los resultados para el producto final obtenido por la línea 3.

Tabla N° 14. Resultados del estudio de conservación para los productos de la línea 3.

Meses	% Humedad	Nivel	% Aceptación	Comentarios
0	1,02	I	100	-
1	1,28	I	100	-
2	1,37	II	100	-
3	2,12	II	80	Acartonamiento
4	2,09	II	80	Acartonamiento

Se puede observar un aumento progresivo de la humedad a medida que transcurren los meses de almacenamiento, y a su vez se detecta que para el tercer mes comienza una

condición de deterioro de acartonamiento en la galleta. Es importante destacar que, teóricamente, si el producto se encuentra sellado de forma hermética y no existe transferencia de ningún tipo entre el ambiente y el interior del empaque, el valor de la humedad no debería verse modificado por el tiempo de almacenamiento, ya que se consigue un equilibrio físico entre el aire de cabeza, el relleno y la oblea, casi de forma instantánea una vez es sellado el producto.

Con el fin de obtener un mejor entendimiento del comportamiento de esta condición de aceptación, se realizó una gráfica donde se muestra el porcentaje de aceptación, así como el porcentaje de humedad, en función del tiempo de conservación para la línea 3, la cual se puede apreciar en la Figura N° 24.

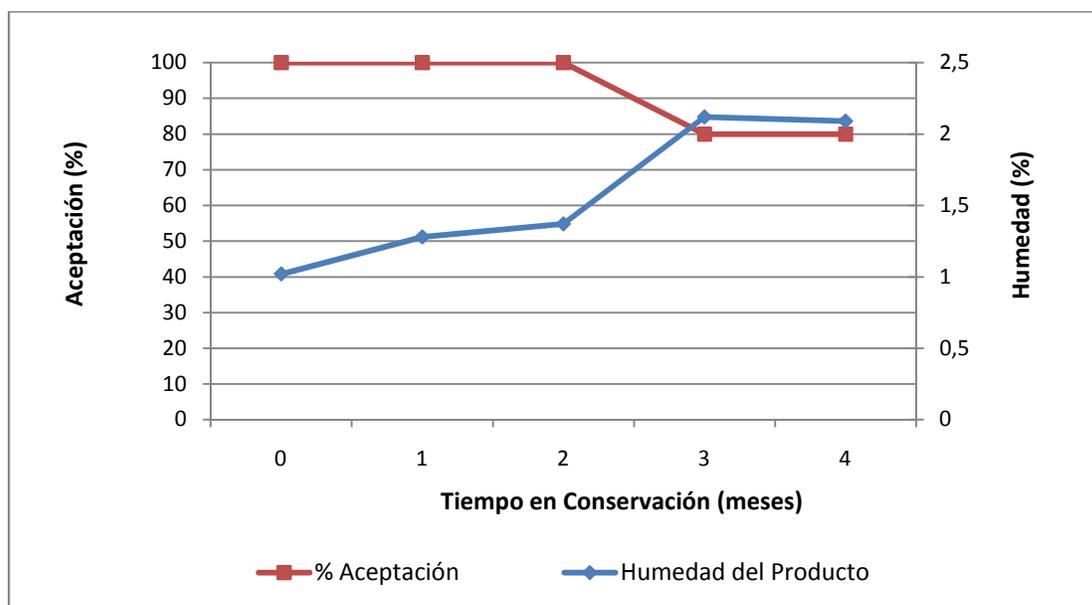


Figura N° 24. Porcentaje de aceptación y porcentaje de humedad en función del tiempo de conservación para la línea 3.

Una vez más, se puede apreciar como la humedad es causa fundamental del deterioro del producto y de la disminución del porcentaje de aceptación. También es notable que una vez la humedad supera el valor de 2%, la aceptación del producto disminuye notablemente. Como posible causa principal de este hecho se tiene las fugas detectadas en los empaques, que permiten el paso de humedad y aire al producto, acelerando los procesos de deterioro ya

que la oblea absorbe grandes cantidades de agua por su higroscopicidad, y provocan la condición de acartonamiento.

Para los productos de la línea 4, los resultados se muestran en la Tabla N° 15.

Tabla N° 15. Resultados del estudio de conservación para los productos de la línea 4.

Meses	%Humedad	Nivel	% Aceptación	Comentarios
0	1,14	I	100	-
1	1,28	I	100	-
2	0,90	I	100	-
3	1,35	II	100	Leve Acartonamiento
4	1,55	II	80	Leve Acartonamiento

De nuevo puede observarse un aumento en la humedad de acuerdo se incrementa el tiempo de deterioro, pero esta vez no es tan pronunciado como para el caso anterior, y aunque se detecta un comienzo leve de acartonamiento en el tercer mes, no es hasta el cuarto mes que se ve afectada la aceptación del producto. La gráfica del comportamiento de esta condición en función del tiempo en conservación se muestra en la Figura N° 25.

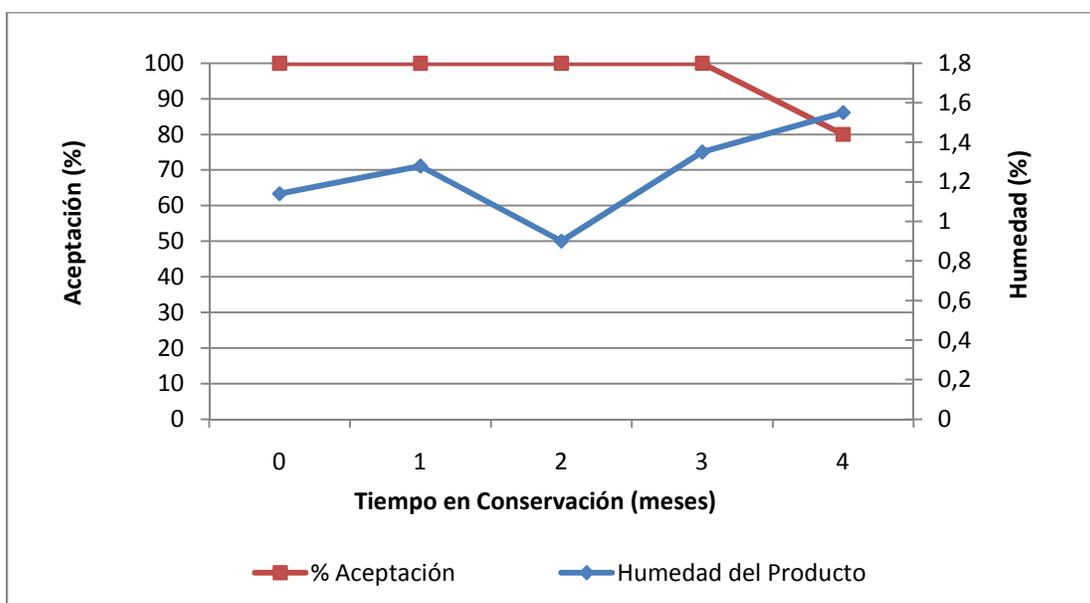


Figura N° 25. Porcentaje de aceptación y porcentaje de humedad en función del tiempo de conservación para la línea 4.

Se puede decir que el comportamiento es parecido al de la línea 3, con la diferencia de que presenta la disminución de la aceptación en el cuarto mes, aún cuando la humedad se encontraba por debajo de 2%. Esto se debe posiblemente a la presencia de menos fugas en los empaques provenientes de esta línea, comprobando una vez más la relación directa entre la cantidad y magnitud de las fugas, y el aumento de la humedad del producto.

Los resultados obtenidos para los productos de la línea 6 se dividen en 2 partes: 6-S y 6-B, debido a la existencia de 2 máquinas de empaque diferentes para la misma línea de producción.

Para la línea 6-S se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla N° 16.

Tabla N° 16. Resultados del estudio de conservación para los productos de la línea 6-S.

Meses	% Humedad	Nivel	% Aceptación	Comentarios
0	1,08	I	100	-
1	1,06	I	100	-
2	0,95	I	100	-
3	1,90	II	100	Leve Acartonamiento
4	2,29	III	60	Acartonamiento

En los primeros dos meses de conservación se observa un comportamiento constante para la humedad en el producto, sin embargo, a partir del tercer mes comienza un pronunciado aumento en la humedad. Es importante destacar que para los empaques analizados en los primeros dos meses se detectaron fugas de baja magnitud, mientras que los empaques de los meses finales presentaron fuertes fugas, lo cual indica una vez más una relación causa-efecto entre este hecho y el aumento en la humedad. Es importante destacar como también se detecta la presencia de una condición de acartonamiento a partir del tercer mes de conservación.

Para poder apreciar de una mejor manera el comportamiento de esta variable, se presenta la Figura N° 26, donde se aprecia el comportamiento de estas variables en función de los meses en conservación.

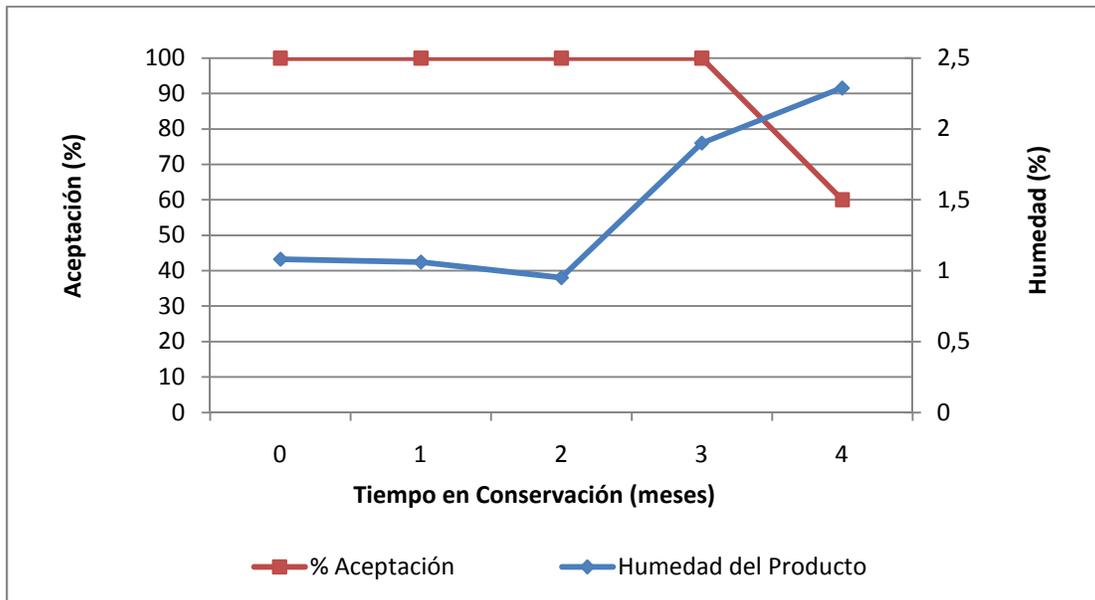


Figura N° 26. Porcentaje de aceptación y porcentaje de humedad en función del tiempo de conservación para la línea 6-S.

En la figura se observa cómo una vez la humedad del producto supera 2%, se produce un notable descenso en la aceptación del mismo. También se aprecia que como el aumento de humedad principal ocurre para el tercer mes, que es cuando los empaques analizados presentaron las fugas de mayor magnitud.

Por último, se presenta la Tabla N° 17, donde pueden observar los estudios de conservación realizados para la línea 6-B.

Tabla N° 17. Resultados del estudio de conservación para los productos de la línea 6-B.

Meses	%Humedad	I-II-III	% Aceptación	Comentarios
0	1,17	I	100	-
1	1,17	I	100	-
2	1,20	I	100	-
3	1,50	II	100	Leve Acartonamiento
4	2,18	III	60	Acartonamiento

Se aprecia un comportamiento muy parecido al caso anterior, con la condición de acartonamiento apareciendo al tercer mes, y presentando una disminución brusca para el cuarto mes. Las fugas de mayor magnitud en los empaques se encontraron en el último mes de conservación, reiterando por última vez la relación entre la presencia y magnitud de fugas, el aumento de humedad y la aparición de la condición de acartonamiento.

A continuación se puede observar la Figura N° 27, para proveer un mejor entendimiento del comportamiento de esta condición para esta línea de empackado.

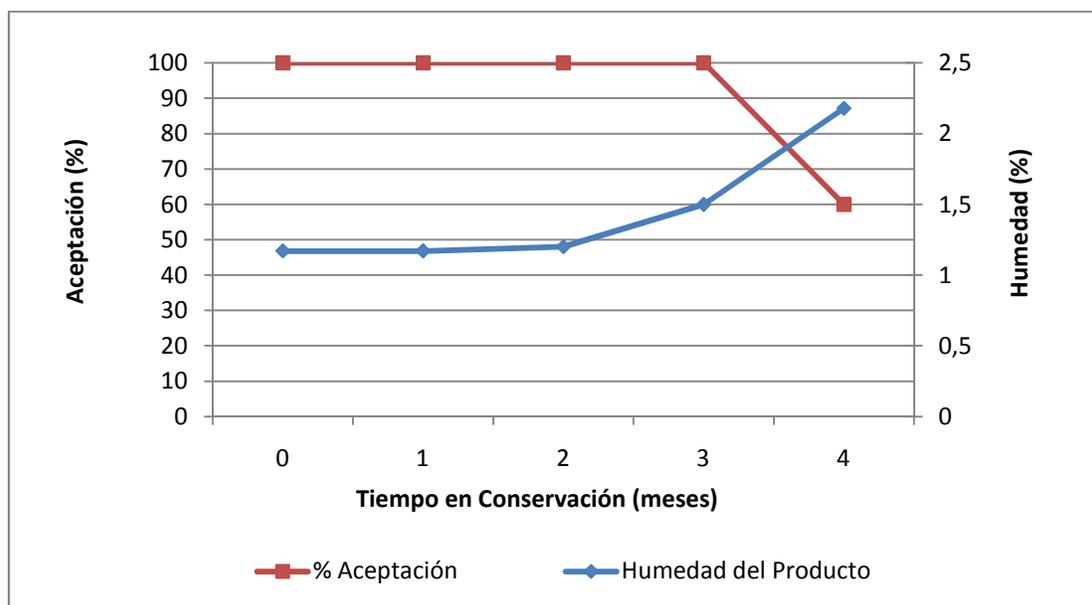


Figura N° 27. Porcentaje de aceptación y porcentaje de humedad en función del tiempo de conservación para la línea 6-B.

Una vez más se aprecia como la aceptación se ve afectada de forma importante una vez la humedad alcanza valores cercanos a 2%, comportamiento que se puede apreciar para la mayoría de las líneas. También es importante destacar que para todas las líneas se puede comprobar que a medida que las fugas son mayores, la humedad del producto aumenta en mayor grado.

De esta manera se puede afirmar que existe una relación directa entre la cantidad de fugas presentes, el aumento de la humedad en el producto y la disminución de la calidad sensorial. A su vez, se puede apreciar que el deterioro que tiene lugar para todos los casos es acartonamiento, y no rancidez. Esto se debe a que la galleta es mucho más vulnerable a absorber humedad por su condición higroscópica, además de que la superficie expuesta de la oblea es mucho mayor a la del relleno, que es el que sufriría de rancidez.

Como se mencionó anteriormente, si los empaques estuvieran herméticamente sellados, y no existiera transferencia de humedad hacia el interior del empaque, no debería existir acartonamiento; debido a que la galleta llega al equilibrio de humedad con el espacio de cabeza prácticamente de forma instantánea una vez que el empaque es sellado. Por lo tanto, únicamente ocurriría de forma constante la rancidez del relleno a través de la oxidación de las grasas por la presencia de oxígeno en el aire de cabeza dentro del empaque.

Con el fin de determinar el valor de humedad en el cual comienza el deterioro por acartonamiento, se realizó un estudio de humedad, el cual es detallado en la siguiente sección.

4.2.2 Humedad Crítica

Tal como se presenta en la sección anterior, se observa un comportamiento repetitivo para casi todas las líneas, ya que cuando el valor de humedad comienza a acercarse a 2%, comienza la presencia de una condición de acartonamiento en la galleta, así como una disminución en la aceptación. A fin de conseguir el valor de humedad en el cual comienza a percibirse el deterioro de la galleta por acartonamiento, al cual se le denomina humedad crítica, se realizó una prueba que consistió en someter la galleta a un ambiente de alta

humedad por diferentes períodos de tiempo. Posteriormente, se realizó un análisis organoléptico en conjunto con un análisis de humedad, a fin de conseguir en que valor de humedad de la galleta se comienza a detectar el índice de deterioro.

En la Figura N° 28 se presentan los resultados de humedad en función del tiempo de permanencia bajo las condiciones de conservación (80% Humedad, 25 °C).

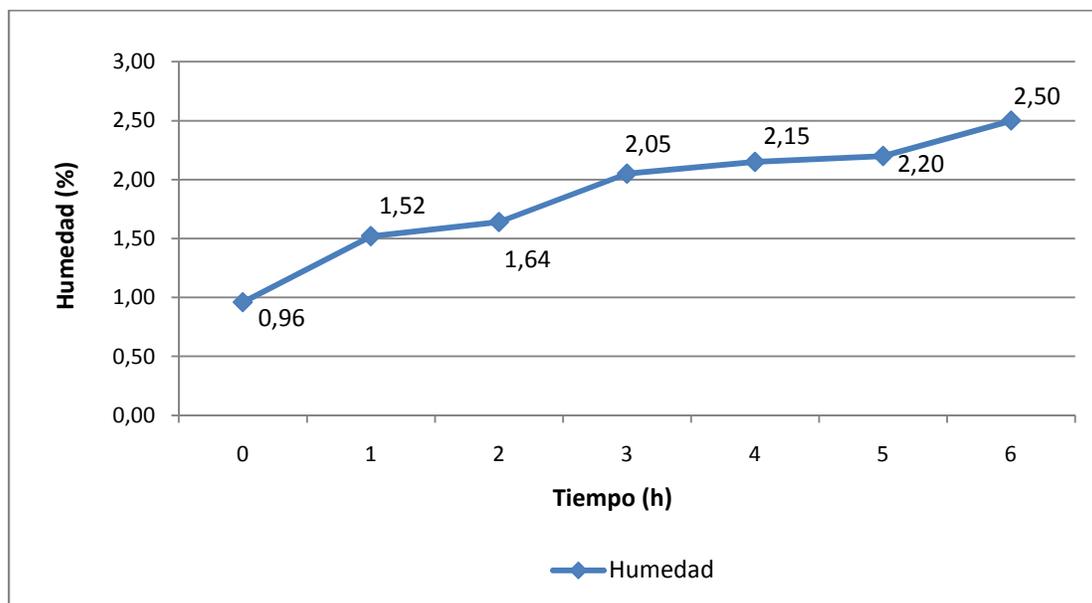


Figura N° 28. Humedad del producto en función del tiempo bajo las condiciones de conservación.

En la Figura N° 28, se puede observar como a medida que aumenta el tiempo de residencia del producto bajo las condiciones de conservación aumenta progresivamente su humedad, obteniendo un total de 7 muestras, cada una con una cantidad diferente de humedad. Seguidamente, se realizó un panel de degustación donde cada integrante debía seleccionar en que muestra comienza la condición de acartonamiento, sin conocer el valor de humedad de las muestras, así como calificar el producto dentro de los estratos establecidos en los estudios de conservación (I, II o III).

A continuación se presenta la Tabla N° 18 con los resultados de este estudio.

Tabla N° 18. Resultados del análisis organoléptico para la determinación de la humedad crítica.

Valor de Humedad (%)	Porcentaje de Degustadores (%)	Comentarios
0,96	-	I
1,52	-	I
1,64	-	I
2,05	-	I
2,15	88%	II Leve Acartonamiento
2,20	22%	II Leve Acartonamiento
2,50	-	III Acartonamiento

Se puede notar que la mayor cantidad de degustadores seleccionaron el valor de 2,15% de humedad como el punto donde comienza el acartonamiento. Este punto se alcanzó después de que el producto estuviera bajo las condiciones de conservación, sin el empaque, por 4 horas. Es importante destacar que por los comentarios recibidos, este es el punto en el que comienza el acartonamiento pero la galleta aún se encuentra bajo condiciones aceptables, no es sino una vez que la humedad continúa aumentando y se alcanza un valor de 2,50% que el deterioro es mucho más pronunciado, y por lo tanto el producto pasa a ser inaceptable. En base a estos resultados, se puede afirmar que el deterioro por acartonamiento comienza una vez el producto alcanza una humedad cercana a 2,15 %.

Con el fin de precisar el efecto de los índices de deterioro en la aceptabilidad del producto, y determinar la causa principal de esta condición, se realizó un estudio para seleccionar cual es el deterioro principal, y estudiar sus causas y consecuencias.

4.2.3 Selección del Índice de Deterioro Principal

En base a todos los estudios realizados hasta el momento, se puede realizar un análisis causa-efecto a fin de detectar las posibles causas que originan la condición de “inaceptable” al producto. En la Figura N° 29 se presenta el diagrama de Ishikawa, o causa-efecto, en el que se detallan las posibles causas de esta condición.

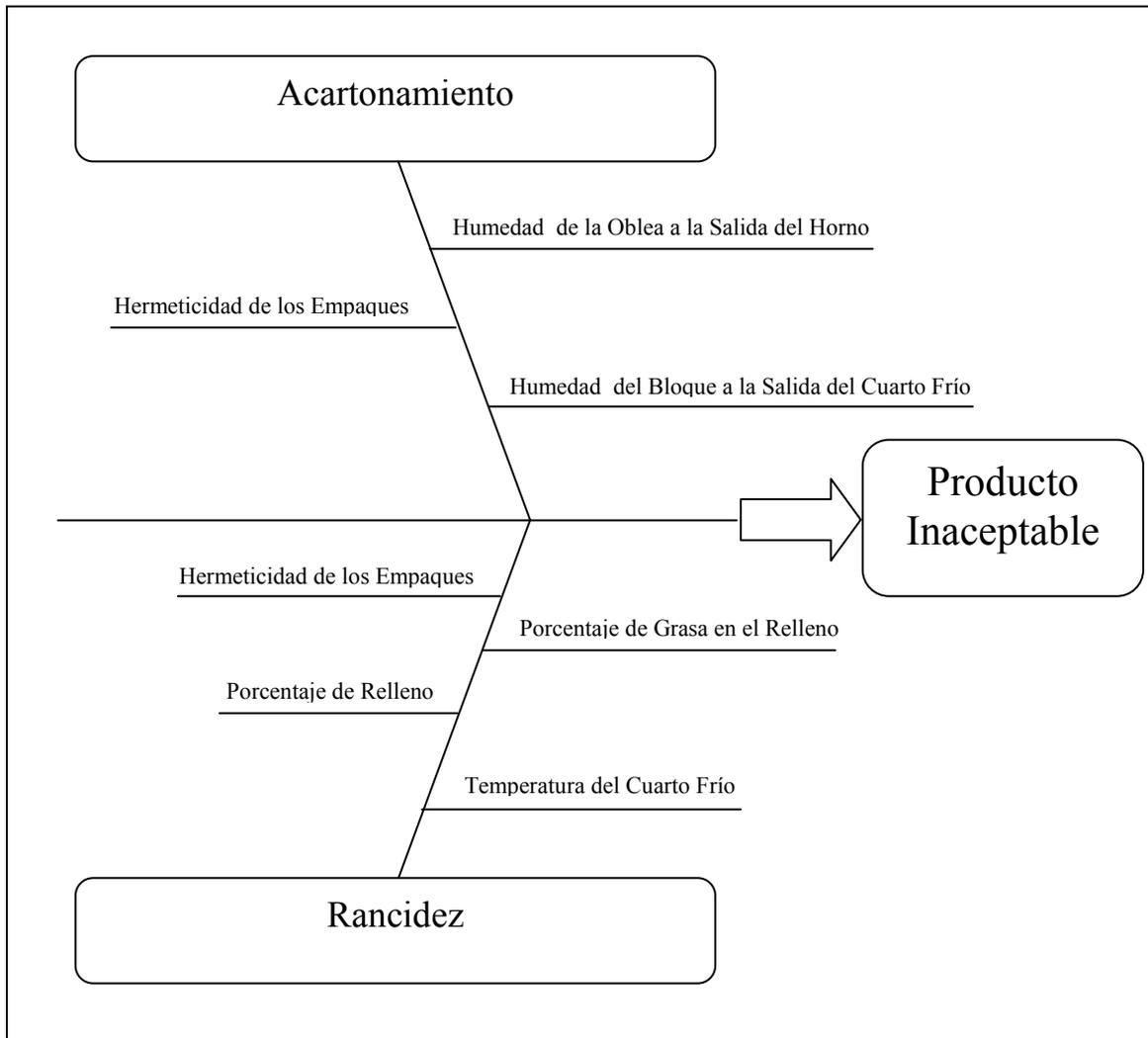


Figura N° 29. Diagrama de Ishikawa para la inacceptabilidad del producto.

Como se muestra en la Figura N° 29, se tiene que las causas principales para que el producto se convierta en inaceptable son: acartonamiento y rancidez. Ambas causas poseen familias de sub-causas que implican diferentes etapas del proceso que ya han sido analizadas y estudiadas, pero una de ellas es la que ocurre en primer lugar, limitando la vida útil del producto y por tanto afectando de forma importante el tiempo por el cual éste puede ser comercializado.

Realizando un diagrama de Pareto, se puede observar la frecuencia mediante la cual cada una de estas causas es la que provoca de la condición de inaceptable para el producto, en

base a lo obtenido por los estudios de conservación, tal como se muestra en la Figura N° 30.

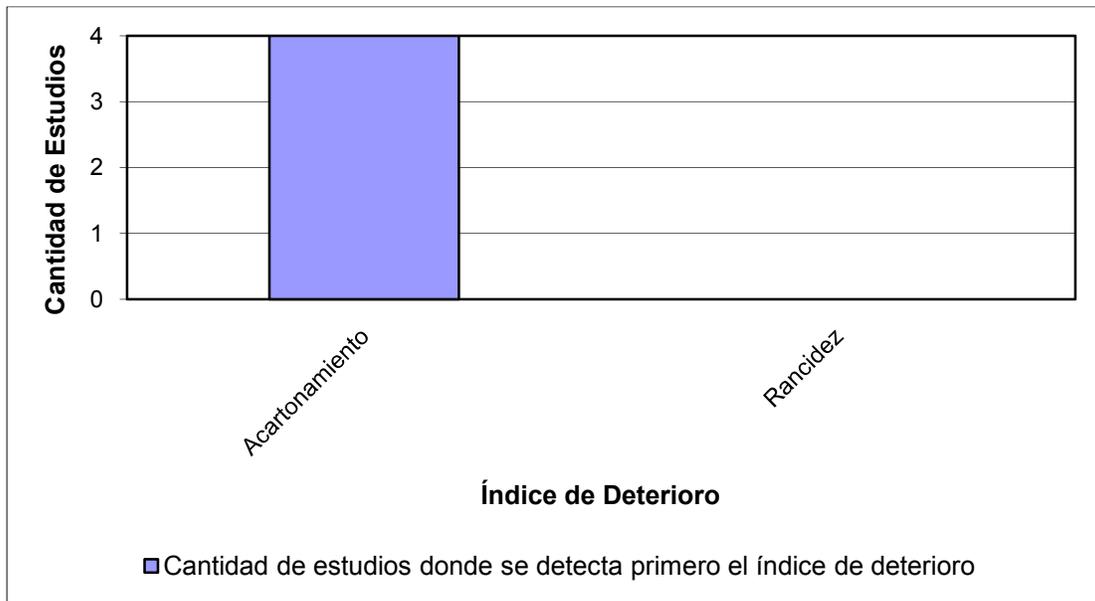


Figura N° 30. Diagrama de Pareto para los índices de deterioro detectados en los estudios de conservación.

Se puede afirmar que el índice de deterioro principal es acartonamiento, ya que en ningún estudio de conservación se detectó rancidez en el producto. A su vez, mediante la aplicación esta misma herramienta pero para el momento de detección de la condición de deterioro, se puede determinar el tiempo de vida útil actual del producto bajo las condiciones en las que éste es empacado, tal como se puede apreciar en la Figura N° 31.

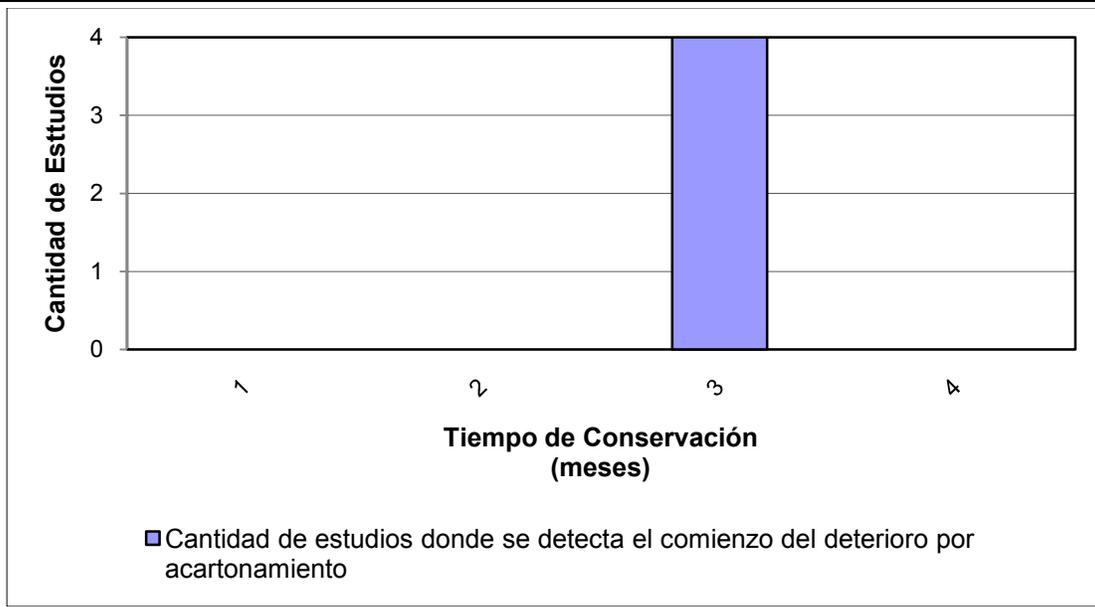


Figura N° 31. Diagrama de Pareto para el momento en que comienza el deterioro por acartonamiento en los estudios de conservación.

En la Figura N° 31 se puede notar claramente como, para todos los estudios de conservación, el deterioro por acartonamiento se detecta a partir del tercer mes de almacenamiento, lo cual ocurre una vez la humedad en el producto se acerca al valor de 2%, muy cercano al valor determinado para la humedad crítica (2,15%). Debido a esto, se puede decir que después de transcurrido 2 meses, no se pueden garantizar las condiciones óptimas sensoriales del producto al consumidor.

A fin de obtener una idea más clara sobre el peso que tienen las diferentes causas de acartonamiento en esto, se realiza otro diagrama de Pareto (ver Figura N° 32), esta vez tomando en cuenta los diferentes problemas y condiciones fuera de control que fueron detectadas en el proceso, para las etapas que afectan a este índice de deterioro.

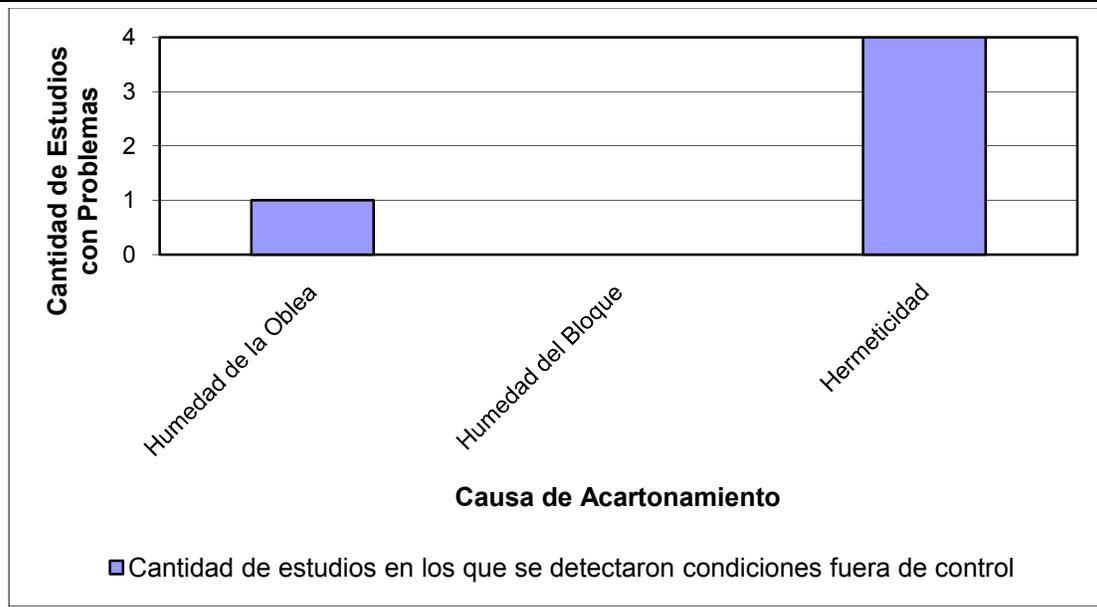


Figura N° 32. Diagrama de Pareto para la causa principal del deterioro por acartonamiento.

Como se puede observar en la Figura N° 32, la mayor cantidad de problemas se encuentra en la hermeticidad de los empaques, ya que se consiguieron fuertes fugas en todas las líneas de producción que no eran detectadas por el método de calidad implementado en la empresa. A su vez, aunque se puede observar la detección de una condición fuera de control en la humedad de la oblea a la salida del horno, la humedad del bloque a la salida del cuarto frío no se ve afectada, por lo tanto se puede decir que esto no afecta la humedad del producto final.

En base a este análisis, se confirma que la causa principal del acartonamiento de la galleta es la cantidad de fugas presentes en los empaques, las cuales permiten el intercambio de aire entre el medio ambiente y el interior del empaque, acelerando de forma importante las reacciones de deterioro del alimento, disminuyendo así su vida útil y causando prontamente la condición de inaceptabilidad para el producto.

Después de realizado todo el análisis detallado anteriormente, y detectados los principales problemas causantes de la condición indeseada, se procedió a evaluar las diferentes posibilidades con el fin de incrementar la vida útil del producto.

4.3 Desarrollo de Propuestas para el Incremento de Vida Útil del Producto

Se evaluaron diferentes alternativas para cumplir con dicho objetivo, en primer lugar se presentan aquellas relacionadas con las condiciones bajo las cuales operan las máquinas de empaque de cada línea de producción estudiada.

4.3.1 Pruebas de Condiciones de las Mordazas

Como ya se mencionó, debido al problema presentado con la hermeticidad de los empaques del producto, se realizaron pruebas para conseguir las condiciones de operación óptimas para las máquinas de empaque y así poder incrementar, y asegurar, la vida útil del producto.

Es importante destacar que, además de las variables involucradas en el proceso de sellado y que serán detalladas más adelante, éste también se verá afectado por el estado en el que se encuentran las mordazas, así como la calidad del material del empaque que se está utilizando.

A continuación, en la Tabla N° 19, se presentan las variables que tienen lugar en el proceso de sellado y su influencia, y así poder otorgar un mejor entendimiento de su influencia en esta etapa del proceso.

Tabla N° 19. Variables presentes en el proceso de sellado y su influencia.

Variable	Influencia
Velocidad de la Máquina de Empaque	Tiene su efecto en el tiempo que pasa el material de empaque en contacto con las mordazas para conseguir el sellado. Viene dada directamente por la velocidad nominal a la cual se encuentra trabajando el horno y es medida en paquetes por minuto (ppm).
Temperatura de las Mordazas	Permite la unión del material de empaque en los bordes. Se fija en el panel de control del equipo, y es la variable a ser evaluada. Es medida en °C.
Temperatura de los Rodillos	La unión del material de empaque en el parte inferior. Debido a que no existen problemas en esta sección, esta variable se mantendrá constante. Es medida en °C.
Presión de las Mordazas	Representa la presión que ejerce la mordaza al momento de sellar y ponerse en contacto con el material de empaque. No se tiene una medición precisa de esta variable por lo que se dejará constante. Es medida mediante la toma de una muestra de la huella de la mordaza.

La prueba consiste en variar la temperatura de las mordazas, manteniendo las demás condiciones constantes, a fin de observar su efecto en la hermeticidad del empaque. Se recoge un *display* para cada prueba, y se realiza la prueba de hermeticidad con rodamina a 8 empaques por cada *display* (ver sección 3.1.3). Se tomará como “inaceptable” la presencia de fugas I y/o VI, por lo cual la hermeticidad se evalúa en base a la cantidad de empaques que presentan fugas de este tipo.

Por último, es importante resaltar que algunos empaques se obtienen con problemas de hermeticidad debido a paradas automáticas de la línea, que hacen que por momentos la velocidad de la máquina disminuya bruscamente, estas paradas ocurren automáticamente, activadas por el sistema de control del equipo, cuando existe cualquier problema menor (falta de producto, atasco de material de empaque o producto, etc), y muchas veces el empaque que estaba siendo sellado en ese momento se perfora, quema o simplemente no es sellado correctamente.

A continuación se presentan los resultados para las pruebas realizadas en la línea de empaque 3, donde se resaltan las condiciones óptimas y las condiciones de operación, como puede observarse en la Tabla N° 20.

Tabla N° 20. Resultados de la prueba de temperatura para la línea de empaque 3.

Velocidad (paquetes/minuto)	Temperatura (°C)	Hermeticidad Rodamina
190	195	8/8 Empaques Con Fugas
	205	7/8 Empaques Con Fugas
	210	6/8 Empaques Con Fugas
	215	7/8 <i>Empaques Con Fugas</i> (Estándar)
	220	7/8 Empaques Con Fugas
	225	8/8 Empaques Con Fugas

Se puede apreciar la existencia de una gran cantidad de fugas para todas las temperaturas utilizadas, y ninguna presenta una mejora substancial en el sellado del producto. A fin de complementar esta información, se presenta el estado actual de las mordazas (ver Figura N° 33), obtenido mediante la aplicación de papel simple en conjunto con papel carbón una vez la línea se encuentra parada, con el fin de obtener una “huella” que representa el sellado que realiza la mordaza al empaque.

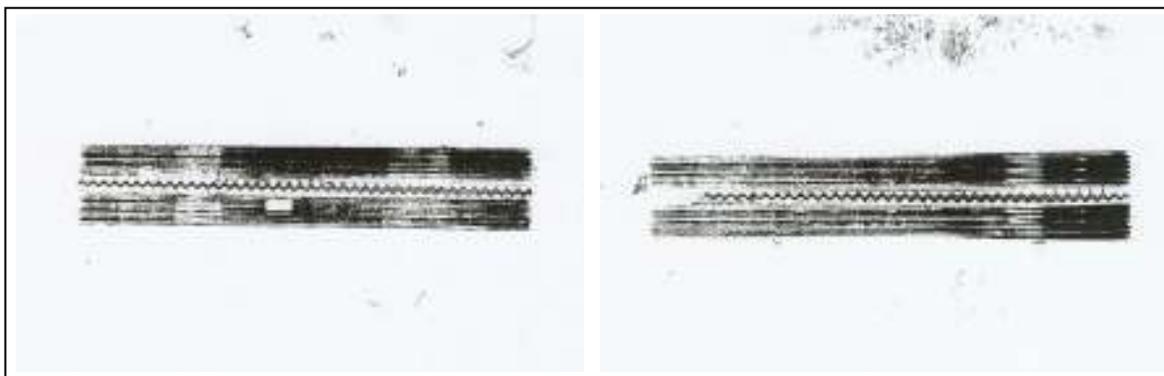


Figura N° 33. Huella de la mordaza superior e inferior para la línea de empaque 3.

Se observa claramente como existen fuertes fallas en las mordazas debido a desgastes. En algunas zonas, incluso se puede apreciar como no existe ningún tipo de presión (denotado por un recuadro blanco sin ninguna marca), lo cual es probable sea producto de un fuerte golpe que recibió la mordaza en algún momento.

Para el caso de esta línea de empaçado, se puede decir que el estado de estas mordazas es crítico, por lo que causa la gran cantidad de fugas presentes en los empaques, ya que el equipo no es capaz de lograr un buen sellado sin quemar o romper el empaque, generando así aún más fugas.

En la Tabla N° 21 se presentan los resultados del estudio realizado para la línea de empaçado 4.

Tabla N° 21. Resultados de la prueba de temperatura para la línea de empaçado 4.

Velocidad (paquetes/minuto)	Temperatura (°C)	Hermeticidad Rodamina
184	195	2/8 Empaques Con Fugas (Óptimo)
	200	3/8 Empaques Con Fugas (Óptimo)
	205	<i>5/8 Empaques Con Fugas (Estándar)</i>
	210	7/8 Empaques Con Fugas
	215	7/8 Empaques Con Fugas
	220	7/8 Empaques Con Fugas

Se puede notar que el rango óptimo de temperatura es menor al utilizado actualmente en la máquina de empaque, entre 5°C y 10°C por debajo del estándar, en valores cercanos a 195°C. De esta forma se podrían obtener pocos empaques con fugas importantes, minimizando el riesgo de que se presente el deterioro por acartonamiento de forma rápida e incrementando así la vida útil del producto.

De igual forma se analizaron las huellas de las mordazas, las cuales se pueden apreciar en la Figura N° 34.

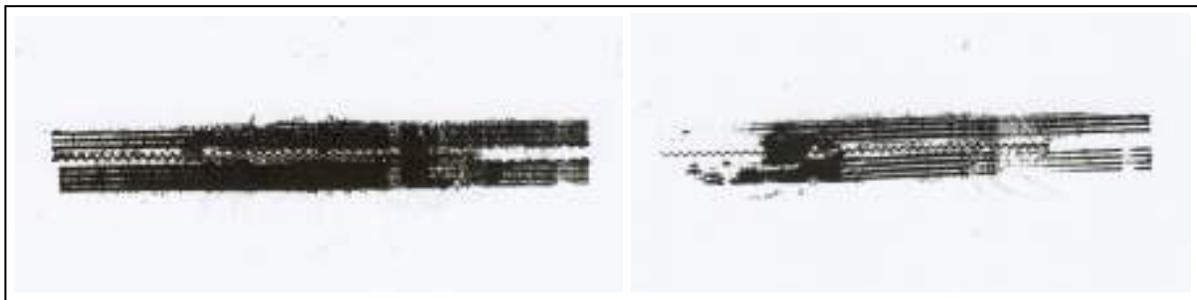


Figura N° 34. Huella de la mordaza superior e inferior para la línea de empaque 4.

Son notables algunas fallas en las mordazas, sin embargo, debido a que el empaque es sellado únicamente por la zona central de la mordaza, varias de estas fallas no afectan fuertemente el sellado por lo que la hermeticidad no se ve gravemente afectada, pero su estado se puede calificar como crítico y su reemplazo es recomendable. Aún así, algunos ajustes repetitivos de presión son recomendables a fin de no permitir que ocurran rupturas en el empaque al momento del sellado. A continuación se presentan los resultados obtenidos para la prueba realizada en la línea de empaque 6-B, presentados en la Tabla N° 22.

Tabla N° 22. Resultados de la prueba de temperatura para la línea de empaçado 6-B.

Velocidad (paquetes/minuto)	Temperatura Mordazas (°C)	Hermeticidad Rodamina
130	158	8/8 Empaques Con Fugas (Abiertos)
	168	8/8 Empaques Con Fugas
	178	8/8 Empaques Con Fugas (Estándar)
	184	6/8 Empaques Con Fugas
	188	5/8 Empaques Con Fugas (Óptimo)
	198	8/8 Empaques Con Fugas (Rotos)

Para esta línea de empaqueo se puede notar que se está trabajando a una temperatura inferior a la óptima, ya que aproximadamente 10 grados por encima de la condición de operación (188 °C) se consiguen menos cantidad de fugas. Sin embargo, para esta condición se presentan aún más de la mitad de los empaques analizados con fugas, lo cual es un indicativo de algún problema existente. Una vez más, se analizan las huellas de las mordazas (ver Figura N° 35).

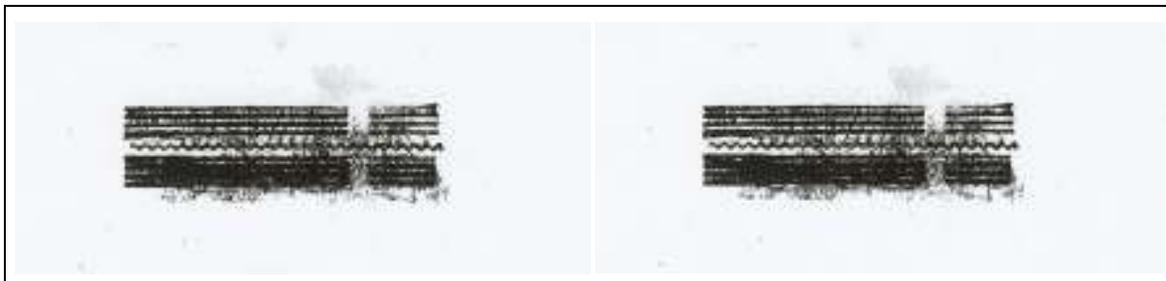


Figura N° 35. Huella de la mordaza superior e inferior para la línea de empaque 6-B.

La existencia de una zona continua que atraviesa toda la mordaza de forma transversal donde no existe ningún tipo de presión, representa la existencia de una fuga de gran magnitud en todo empaque que sea sellado por esta zona, que es usualmente el borde del sello (casualmente lugar donde se presentan la mayor cantidad de fugas en los empaques provenientes de esta línea). La presencia de esta falla permite calificar el estado de esta mordaza como muy desgastada. En la Tabla N° 23 se presentan los resultados obtenidos para la prueba realizada en la línea de empaque 6-S.

Tabla N° 23. Resultados de la prueba de temperatura para la línea de empaqueo 6-S.

Velocidad (paquetes/minuto)	Temperatura (°C)	Hermeticidad (Rodamina)
140	130	8/8 Empaques Con Fugas (Abiertos)
	140	5/8 Empaques Con Fugas
	150	2/8 <i>Empaques Con Fugas</i> (Estándar)
	160	1/8 Empaques Con Fugas (Óptimo)
	165	4/8 Empaques Con Fugas
	170	3/8 Empaques Con Fugas

Se puede notar que la condición de temperatura óptima para las mordazas se encuentra aproximadamente 10 °C por encima de la utilizada actualmente, sin embargo, la actual no presenta grandes cantidades de fugas. De igual forma que para los casos anteriores, se presentan las huellas de las mordazas para proveer un mejor análisis del funcionamiento de este equipo (ver Figura N° 36).

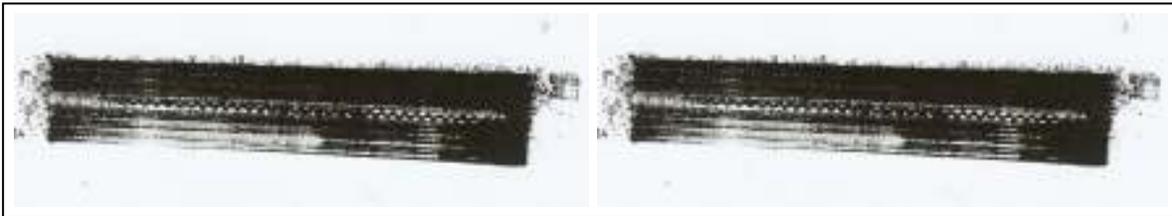


Figura N° 36. Huella de la mordaza superior e inferior para la línea de empaque 6-S.

No se observan grandes fallas en las mordazas, además de pequeños desgastes en la zona inferior, que provocan una falta de presión al momento de sellado en uno de los lados del empaque. Aún así, se obtienen excelentes resultados para con la obtención de pocas fugas, por lo que se considera que estas mordazas se encuentran en buenas condiciones para su uso en las máquinas de empaque.

Teniendo en cuenta el análisis a estas líneas de empacado, se propone reemplazar las mordazas de empacado que se encuentran fuertemente desgastadas, como lo son las de la líneas 3 y 6-B, y aunque para la línea 4 se consiguen buenos resultados, la huellas de dichas mordazas presentan grandes desgastes, por lo que también propone su substitución.

Se llevó a cabo la propuesta para la línea 3, y se volvió a realizar el estudio una vez fueron substituidas las mordazas, cuyos resultados se muestran en la Tabla N° 24.

Tabla N° 24. Resultados de la prueba de temperatura para la línea de empacado 3 después de reemplazadas las mordazas.

Velocidad (paquetes/minuto)	Temperatura (°C)	Hermeticidad Rodamina
190	175	8/8 Empaques Con Fugas
	185	7/8 Empaques Con Fugas
	195	4/8 Empaques Con Fugas (Óptimo)
	205	6/8 Empaques Con Fugas
	215	8/8 Empaques Con Fugas (Estándar)

Se puede observar una disminución considerable en las fugas obtenidas una vez cambiadas las mordazas para algunas de las temperaturas de las pruebas de empaque. Con el fin de mostrar de forma más clara el comportamiento de las nuevas mordazas, se presenta un gráfico comparativo del estudio para antes y después del cambio de mordazas (ver Figura N° 37).

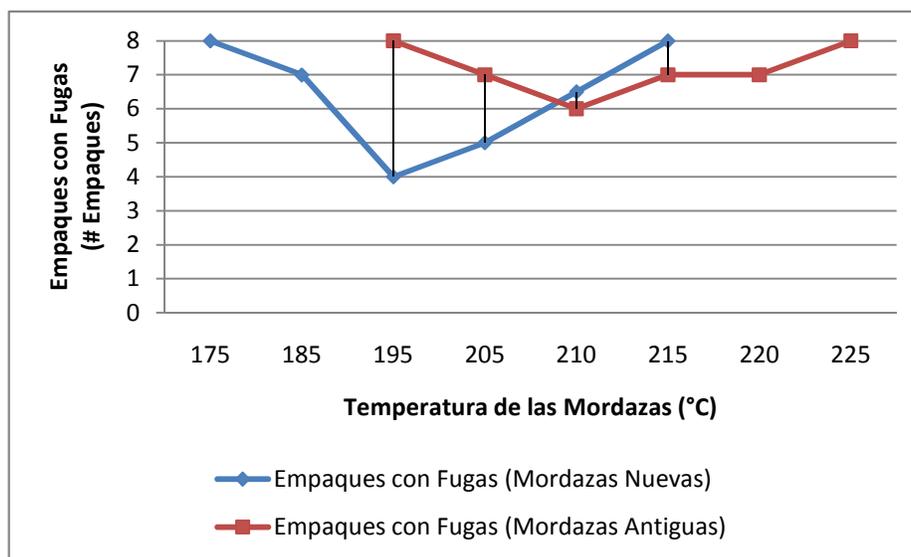


Figura N° 37. Gráfico comparativo entre el uso de las mordazas nuevas y las antiguas para la línea de empacado 3.

Se puede observar el mejor desempeño para las mordazas nuevas, teniendo en cuenta que la temperatura óptima de operación es aproximadamente 20 °C inferior a la utilizada actualmente, aunque aún así se obtienen fugas de importancia en la mitad de los empaques analizados. Se procede a analizar entonces las huellas de las nuevas mordazas, las cuales se muestran en la Figura N° 38.

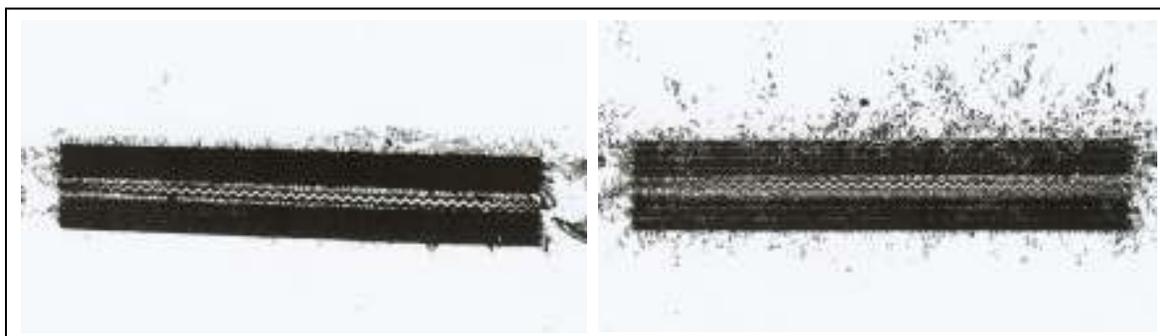


Figura N° 38. Huella de la nueva mordaza superior e inferior para la línea de empaqueo 3.

Se aprecia que las nuevas mordazas actualmente instaladas en la máquina, presentan una huella casi perfecta en la que no se nota ningún tipo de falla importante en ninguna de sus secciones, por lo que la presión requerida para lograr un sellado óptimo no debe ser alta, al igual que las condiciones de temperatura, como se puede observar claramente en los resultados obtenidos. Sin embargo, es importante enfatizar en el hecho de que si se llevan a cabo algunos ajustes en la presión, podrían disminuirse aún más las fugas presentes en los empaques con estas nuevas mordazas. A su vez, se debe destacar que es recomendable realizar este estudio a las demás líneas no estudiadas, así como realizar el cambio de las mordazas que presentan grandes desgastes.

4.3.2 Pruebas de Material de Empaque

Además de los análisis realizados a las mordazas y máquinas de empaque para cada línea de producción, se realizaron una serie de pruebas con diferentes tipos de empaque, a fin de observar el comportamiento tanto del sellado del empaque como del deterioro del producto.

Se realizaron un total de 3 pruebas: sellado sin fuelle, sellado a 140 paquetes por minuto y sellado por “*cold sealing*” (laca fría). El “fuelle” no es más que el doblez que se puede

observar en el sellado del empaque, y el sellado por laca fría se refiere al uso de un adhesivo, en lugar de calor y presión, para sellar el empaque. Todas las pruebas se llevaron a cabo por la línea 3 antes de realizar el cambio de las mordazas.

A continuación se muestra la Tabla N° 25, donde se pueden observar las fugas presentes en los empaques de las pruebas realizadas, con la excepción de la prueba con laca fría, debido a que la metodología de rodamina con etanol no es efectiva para este tipo de sellado porque el adhesivo se diluye en el etanol y no se obtienen resultados confiables.

Tabla N° 25. Cantidad de empaques que presentaron fugas para las pruebas realizadas con diferentes empaques.

Sección	Grado	Sin Fuelle (L3)	140 ppm (L3)
Top	VI	1	2
	I	3	2
	M	1	-
Bottom	VI	4	3
	I	3	2
	M	1	-
Total (VI - I)		Todos	Todos

Se puede observar que aún así se presentan fugas en empaques de todas las pruebas realizadas, para visualizar mejor la magnitud de las fugas predominantes se presenta la Figura N° 39.

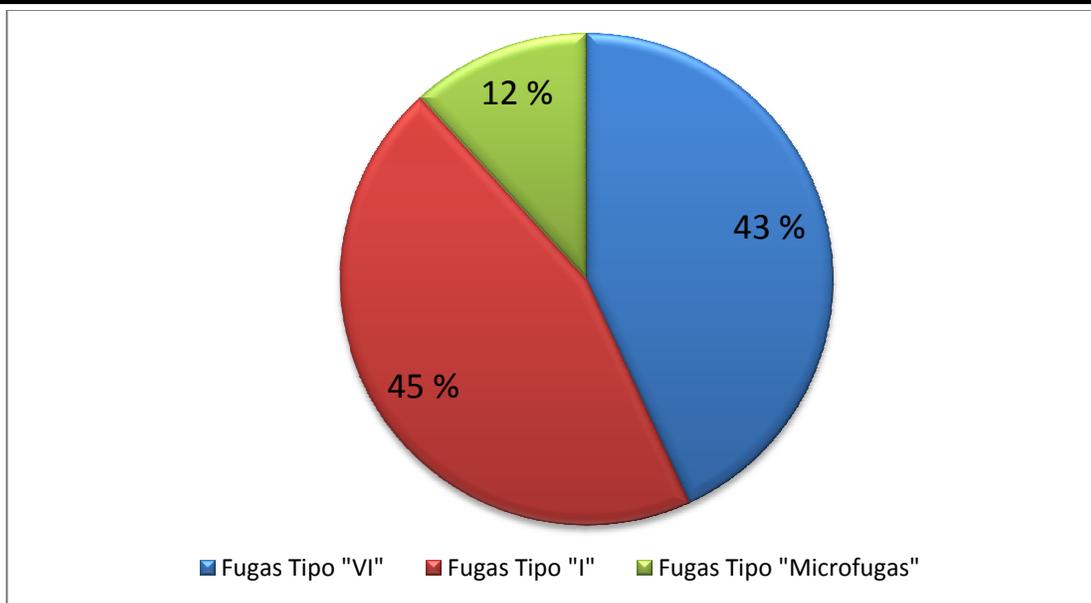


Figura N° 39. Cantidad de fugas por su magnitud presentes en los empaques de las pruebas realizadas.

Es notable que la mayor cantidad de fugas son de carácter importante (I) o muy importante (VI), lo cual indica que las pruebas no arrojaron resultados favorables en cuanto a la presencia y magnitud de fugas se refiere, ya que al igual que el empaque estándar presentan una gran cantidad de fugas significativas.

Sin embargo, aún así se realizaron pruebas de conservación para cada prueba a fin de observar el comportamiento del producto bajo estas condiciones de sellado, los resultados se presentan en la Tabla N° 26.

Tabla N° 26. Resultados de los estudios de conservación para las pruebas de material del empaque.

Prueba	Tiempo En Conservación (Meses)		Tiempo En El Que Comienza Acartonamiento (Meses)	
	Normal	Acelerada	Normal	Acelerada
Laca Fría	3	3	1,5	1
Sin Fuelle	3	3	1	1
140 ppm	3	3	2	1

Es notable que para todas las pruebas, el deterioro por acartonamiento comienza entre el primer y segundo mes de conservación, lo cual indica que ninguna de las pruebas resulta eficiente. En este sentido, es de mayor importancia encontrar las condiciones óptimas de operación para cada línea, ya que son éstas las que permitirán un sellado óptimo para el producto.

Por lo tanto, se puede decir que resulta innecesario realizar un cambio de empaque si las mordazas no se encuentran en buen estado, y no se utilizan las condiciones correctas de presión y temperatura para el empaque a sellar.

Por último, se realizó un estudio de investigación para estudiar la posibilidad de un cambio en la formulación de la oblea para incrementar la vida útil del producto.

4.3.3 Análisis de Alternativas a la Formulación de la Oblea

Se analizaron diferentes materias primas a ser utilizadas en la preparación de la masa, a fin de obtener un incremento de vida útil en cuanto al acartonamiento se refiere.

Se tomaron en cuenta materias primas pertenecientes al grupo de carbohidratos complejos, como por ejemplo dextrosas y fibras, ambas poseen características similares y cumplen un papel muy parecido en el producto, que es el aumentar la capacidad de retención de agua debido a que disminuyen el tamaño de las celdas de aire dispersadas en la estructura de la oblea. Una vez que el agua es absorbida en la galleta, las cámaras de aire se llenan de agua, perdiendo así su característica de crujencia al existir una movilidad del agua dentro de la celda.

La disminución del tamaño de estas celdas disminuye, a su vez, la movilidad del agua dentro de éstas, generando una sensación de crujencia aún cuando la galleta ha absorbido cierta cantidad de agua. En otras palabras, al utilizar una de estas materias primas, la galleta requerirá absorber una mayor cantidad de agua para presentar el deterioro por acartonamiento.

En la Tabla N° 27 se presenta un cuadro comparativo con las características de cada una de las posibles materias primas.

Tabla N° 27. Cuadro comparativo entre las materias primas analizadas: dextrosa y fibra.

	Dextrosa	Fibra
Humedad	4% (MAX)	6% (MAX)
Solubilidad	98% (En Agua)	N/A
Fibra	90%	100% (98% Dietética)
Proteína	No Contiene.	0,40%
Aporte Calórico	Contiene 1 caloría por gramo.	N/A
Usos	Usado como espesante y humectante.	Usado como espesante y humectante.
Sabor	Ligeramente dulce.	Neutro.
Consecuencias en el Producto	Espesante para la masa.	Homogeniza la masa.
	Aporta fibra a la oblea.	Aporta más fibra.
	Aumenta capacidad de retención de agua.	Aumenta capacidad de retención de agua.

De la información mostrada en la Tabla N° 27, es importante destacar que la dextrosa posee una alta cantidad de fibra y un muy bajo aporte calórico, a la vez que posee una baja cantidad de humedad y es soluble en agua, mientras que la fibra es insoluble en agua (aunque también existen fibras solubles), contiene un poco de proteína y no provee ningún tipo de sabor a la masa.

En base a la información recopilada, se puede decir que ambas materias primas son favorables. Sin embargo, es recomendable realizar pruebas de producción con ambas alternativas, y así poder observar el comportamiento del producto en el tiempo realizando estudios de conservación. Es importante destacar que si las fugas de los empaques permanecen, el incremento de la vida útil probablemente no será significativo.

CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas en el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado, una vez realizados y discutidos cada uno de los análisis y estudios realizados para cumplimiento de los objetivos propuestos.

- Las etapas de Preparación de Relleno, Horneado para las líneas 4 y 6, Cremado para las líneas 3 y 4, Enfriamiento Secundario en cuanto a humedad del bloque a la salida del cuarto frío y temperatura del ambiente en el cuarto frío se refiere, se encuentran bajo control estadístico.
- Las etapas de Preparación de la Masa, Horneado para la línea 3, Cremado para la línea 6, Enfriamiento Secundario con respecto a la humedad en el ambiente del cuarto frío, se encuentra fuera de control.
- En base al análisis de varianza realizado para las metodologías de verificación de hermeticidad en la etapa de Empacado, se tiene que ambos métodos son estadísticamente diferentes.
- En base a los estudios de conservación realizados, se confirmó que el método de verificación de hermeticidad de los empaques que hace uso de etanol con rodamina, es más efectivo para detectar las fugas existentes que el método que utiliza agua con azul de metileno.
- Se determinó que la humedad crítica (humedad en la cual comienza el deterioro por acartonamiento) es igual a 2,15 %.
- Se comprobó que el índice de deterioro principal es acartonamiento o pérdida de la crujencia, mediante el análisis estadístico de los estudios de conservación.

- Teniendo en cuenta el análisis estadístico realizado a los estudios de conservación, se estableció que las características sensoriales óptimas del producto se pueden garantizar por un período de 2 meses después de ser empacado.
- La causa principal del acartonamiento del producto es la presencia de fugas en los empaques, ya que afecta su hermeticidad, permitiendo el intercambio de aire entre el interior del empaque y el ambiente.
- Las mordazas de las líneas 4 y 6-B se encuentran muy desgastadas, lo que aumenta la cantidad de fugas existentes en los empaques provenientes de dichas líneas.
- La sustitución de las mordazas para la línea 3 constituyó una solución adecuada para la disminución de las fugas presentes en los empaques provenientes de esta línea de producción.
- La utilización de sellados alternativos (empaque sin fuelle, empaque “cold sealing” y empaques sellados a 140 paquetes por minuto) no presentó mejoras en la vida útil del producto.
- En base a la investigación realizada, el uso de un carbohidrato complejo en la preparación de la pasta de la oblea, podría generar un retraso en el comienzo del deterioro por acartonamiento, incrementando así la vida útil del producto.

RECOMENDACIONES

En esta sección se muestran las recomendaciones que pueden ser consideradas en los próximos trabajos de investigación en el campo de la vida útil del *wafer*.

- Establecer o reajustar los rangos de especificación para la dosificación de grasa vegetal en la etapa de “Preparación de Relleno”, para la humedad de las obleas a la salida del horno en la etapa de “Horneado”, para humedad de los bloques a la salida del cuarto frío y la temperatura en el ambiente del cuarto frío en la etapa de “Enfriamiento Secundario”, con el fin de tomar en cuenta el alto riesgo de incurrir en error de tipo I; y para el porcentaje de relleno en la etapa de “Cremado” por el riesgo existente de incurrir en error de tipo II. Estos nuevos rangos pueden ser iguales a los establecidos como “límites de alerta”, ya que representan el rango dentro del cual se tiene la menor probabilidad de existir una condición fuera de control.
- Reemplazar el método de agua con azul de metileno como metodología de verificación de hermeticidad en los empaques, por uno más efectivo como lo es el método de etanol con rodamina.
- Sustituir las mordazas de las líneas 4 y 6-B, ya que se encuentran muy desgastadas y provocan la existencia de fugas de gran magnitud.
- Realizar ajustes continuos de presión a las mordazas, basándose en la toma de las huellas de las mordazas, con el fin de mantener en un mínimo las fugas existentes en los empaques.
- Llevar a cabo pruebas de producción añadiendo polidextrosa y fibra de trigo en la pasta de la oblea y estudiar el efecto en la vida útil del producto.

REFERENCIAS

- Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T. (2005). “Estadística para Administración y Economía”. México. International Thomson Editores. 1006 p.
- Ardila, D. (2008). “Desarrollo del Perfil Sensorial de la Naranjada por la Técnica de Análisis Cuantitativo-Descriptivo”. Trabajo Especial de Grado. USB.
- Ardila, D., Salvo, A. (2006). “Elaboración de Instructivos de Operación para Reducir las Pérdidas en una Fábrica de Helados”. Trabajo Especial de Grado. UCV.
- Arm & Hammer Baking Soda (2009). “Basics – The Magic Of Arm & Hammer Baking Soda”. [Página Web en Línea]. Disponible: <http://www.armhammer.com/basics/magic/#9> [Consulta: 2009, octubre 27].
- Badui, S. (2006). “Química de los Alimentos”. 4ta ed. México. Pearson Educación. 716 p.
- Bilgicli, N., Kara, M., Elgün, A., Ertas, N., Demir, K. (2006). “Determination of Technologic and Sensory Properties of Cookies Prepared with Corn Flour”. [Artículo en Línea]. WFL Publishers, Finlandia. Disponible: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=17773851> [Consulta: 2009, octubre 06].
- Chambers, E., Baker, M. (1996). “Sensory Testing Methods”. 2da ed. Philadelphia. ASTM. 115 p.
- Eliasson, A. (2006). “Carbohydrates in Food”. 2da ed. New York. CRC Press. 521 p.
- Franz Haas Waffle. (2009). “Líneas para Obleas Planas y Huecas”. [Página Web en Línea]. Disponible: <http://www.haas.com/es/produkte/haas/lineas-para-obleas/obleas-planas-y-huecas.html> [Consulta: 2009, noviembre 04].
- Galletas. COVENIN 1483, 2001.

García, A., Pacheco, E. (2007). “Evaluación de Galletas Dulces Tipo *Wafer* a Base de Harina de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B.)” Universidad Central de Venezuela. [Artículo en Línea] Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín. Disponible: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-28472007000200020&script=sci_arttext [Consulta: 2009, octubre 08]

Gordon, R. (1990). “Snack Food”. New York. AVI. 401 p.

Hines, W., Montgomery, D., Borror, C., Goldsman, D. (2003). “Probability and Statistics in Engineering”. 4ta ed. India. Wiley. 655 p.

Idárraga, F. (2004). “Wafer – Technology Workshop”. Ecuador. Nestlé Región Bolivariana.

Johnson, K., Penfield, M. (2002). “Sensory Perception of a Standardized Wire-Cut Cookie Formulated with Three Protein Levels, Three Fat Replacers and Two Sugar Replacers”. [Artículo en Línea]. Universidad de Tennessee. Disponible: http://ift.confex.com/ift/2002/techprogram/paper_13891.htm [Consulta: 2009, octubre 06].

Institute of Brewing. (1975). “Journal of the Institute of Brewing: Volume 81”. Londres.

Kilcast, D., Subramaniam, P. (2000). “Stability and Shelf-Life of Food”. Florida. CRC Press. 340 p.

Lorenz, K., Kulp, K. (1991). “Handbook of Cereal Science and Technology”. New York. Marcel Dekker, Inc. 790 p.

Madelon, F. (1999). “Z-4: Mean, Standard Deviation, and Coefficient of Variation”. [Artículo en Línea]. Kentucky. University of Louisville. Disponible: <http://www.westgard.com/lesson34.htm> [Consulta: 2009, diciembre 28].

Matz, S. (1968). “Cookie and Cracker Technology”. Connecticut. The AVI Publishing Company, Inc. 320 p.

Montgomery, D. (2005). "Introduction to Statistical Quality Control". 5ta ed. USA. John Wiley & Sons, Inc. 759 p.

Nielsen, S. (1998). "Food Analysis". 2da ed. Maryland. Aspen Publishers, Inc. 628 p.

Peterson, M., Johnson, A. (1978). "Encyclopedia of Food Science". Connecticut. The AVI Publishing Company, Inc. 1005 p.

Peterson, M., Johnson, A. (1974). "Encyclopedia of Food Technology". Connecticut. The AVI Publishing Company, Inc. 993 p.

Productos de Cereales y Leguminosas: Determinación de Humedad. COVENIN 1553-80.

Robertson, G. (2006). "Food Packaging: Principles and Practice". 2da ed. Florida. CRC Press. 550 p.

Sancho, J., Bota, E., de Castro, J. (1999). "Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos". Barcelona. Edicions de la Universitat de Barcelona. 336 p.

Stone, H., Sidel, J. (2004). "Sensory Evaluation Practices". 3ra ed. California. Elsevier. 377 p.

Valentas, K., Rotstein, E., Singh R. (1997). "Handbook of Food Engineering Practice". New York. CRC Press. 718 p.

Vargas, A. (1995). "Estadística Descriptiva e Inferencial". Murcia. Universidad de Castilla-La Mancha. 576 p.

VeggieMeat (2009). "¿Qué es el Glúten de Trigo?". [Página Web en Línea]. Disponible: http://www.veggie meat.com.mx/atencion_consumidor/dudas/ver/3 [Consulta: 2009, octubre 22].

Referencias

Zinck, J. (2007). “La Sustentabilidad Agrícola: Un Análisis Jerárquico”. Instituto Nacional de Ecología de México. [Página Web en Línea]. Disponible: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetas/465/sustentabilidad.html> [Consulta: 2009, noviembre 06].

NORMA VENEZOLANA

COVENIN
1483:2001

GALLETAS

(1^{ra} Revisión)



FONDONORMA

COVENIN
1483:2001

NORMA
VENEZOLANA

PRÓLOGO

La presente norma sustituye totalmente a la Norma Venezolana **COVENIN 1483:1983**, fue revisada de acuerdo a las directrices del Comité Técnico de Normalización **CT10 Productos Alimenticios**, por el Subcomité Técnico **SC10 Cereales, leguminosas y derivados** y aprobada por **FONDONORMA** en la reunión del Consejo Superior **N° 2001-11** de fecha **28/11/2001**.

En la revisión de esta Norma participaron las siguientes entidades: Ministerio de Salud y -Desarrollo Social; Instituto Nacional de Higiene; Instituto Nacional de Nutrición; CAVIDEA; PARMALAT; Nestlé de Venezuela; Galletas Puig; INDECU; Bimbo de Venezuela; Kraft-Foods.

GALLETAS
(1ª Revisión)



1 OBJETO

Esta norma venezolana contempla los requisitos mínimos que deben cumplir las galletas para consumo humano.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Venezolana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente.

COVENIN 52:1999	Chocolate
COVENIN 69:2000	Grasas vegetales comestibles. Mantecas.
COVENIN 120:1994	Mantequilla.
COVENIN 179:1995	Sal comestible.
COVENIN 217:1994	Harina de trigo.
COVENIN 234:1995	Azúcar refinado.
COVENIN 409:1998	Alimentos. Principios generales para el establecimiento de criterios microbiológicos.
COVENIN 902-87	Alimentos. Método para recuento de colonias de bacterias aerobias en placa de Petri.
COVENIN 910:2000	Norma general para aditivo alimentarios.
COVENIN 1104-96 y <i>Escherichia coli</i> .	Alimentos. Determinación del Número Más Probable de coliformes, coliformes fecales
COVENIN 1195:80	alimentos. Determinación de nitrógeno. Método de Kjeldahl.
COVENIN 1226-89	Alimentos. Identificación y preparación de muestras para el análisis microbiológico
COVENIN 1291-88	Alimentos. Aislamiento e identificación de <i>Salmonella</i> .
COVENIN 1292-89	Alimentos. Determinación y recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> .
COVENIN 1315:79	Alimentos. Determinación de pH (acidez).
COVENIN 1337-90	Alimentos. Método para recuento de mohos y levaduras.
COVENIN 1479:1990	Cacao en polvo.
COVENIN 1481:2000	Leche en polvo.
COVENIN 1539:1983	Especias, condimentos y afines. Requisitos
COVENIN 1553:80	Productos cereales y leguminosas. Determinación de humedad.
COVENIN 2952:2001	Norma general para el rotulado de los alimentos envasados.

COVENIN 2952/1:1997 Directrices para la declaración de propiedades nutricionales y de salud en el rotulado de los alimentos envasados

COVENIN 3133/1:1997 (ISO 2859/1:1997). Procedimiento de muestreo para inspección por atributo. Parte I – Planes de muestreo por nivel de calidad aceptable (NCA) para inspección lote por lote.

COVENIN 3276:1997 Alimentos. Recuento de Coliformes y de *Escherichia coli*. Método en placas con películas secas rehidratables (Petrifilm^R)

COVENIN 3338:1997 Alimentos. Recuento de aerobios mesófilos en placas con películas secas rehidratables (Petrifilm^R)

COVENIN 3495:1999 Suero dulce en polvo

COVENIN 3585:2000 Análogos de chocolate

3 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma Venezolana COVENIN se aplican las siguientes definiciones:

3.1 Galleta

Es el producto obtenido de la mezcla de harinas de trigo y/o de otros cereales, con los otros ingredientes y aditivos contemplados en esta norma, relleno o no, cubierto o no y sometido a proceso de horneado y empaquetado.

3.2 Relleno

Es el producto elaborado a base de los ingredientes y aditivos mencionados en esta norma y cualquier otro aprobado por la autoridad sanitaria competente y que se coloca en el interior del producto.

3.3 Cubierta

Es el producto elaborado a base de los ingredientes y aditivos mencionados en esta norma y cualquier otro aprobado por la autoridad sanitaria competente, que cubre externamente la galleta.

4 MATERIALES Y ELABORACIÓN

Los ingredientes y aditivos utilizados en la elaboración del producto deben cumplir con los requisitos establecidos en las Normas Venezolanas COVENIN y en las disposiciones sanitarias correspondientes.

4.1 Ingredientes

4.1.1 Harina de trigo y de otros cereales.

4.1.2 Leche y/o sus derivados

4.1.3 Grasa vegetal o animal.

4.1.4 Azúcar refinada, azúcar invertido o glucosa (jarabe de maíz).

4.1.5 Mantequilla

4.1.6 Huevos

4.1.7 Cacao, chocolate y sus derivados.

4.1.8 Féculas y/o derivados de cereales o tubérculos

4.1.9 Cereales enteros, trozos o en hijuelas

4.1.10 Sal comestible

4.1.11 Especies y condimentos, tales como: canela, clavo, jengibre, ajo, cebolla, entre otros.

4.1.12 Levadura.

4.1.13 Frutas deshidratadas , tales como: pasas, duraznos, fresa, coco

4.1.14 Frutos secos, semillas y nueces

4.1.15 Mermeladas y jaleas

4.1.16 El producto puede ser enriquecido con vitaminas y sales minerales aprobados por la autoridad sanitaria competente.

4.1.17 Cualquier otro ingrediente aprobado por la autoridad sanitaria competente.

4.2 Aditivos

En la galleta se permite utilizar los aditivos alimenticios indicados en la tabla 6 y cualquier otro aditivo aprobado por la autoridad sanitaria competente.

5 CLASIFICACIÓN

Las galletas se clasifican en:

5.1 **Galleta dulce.** Es el producto definido en el punto 3.1, con sabor predominante dulce puede ser relleno o no, cubierto o no.

5.2 **Galletas salada:** Es el producto definido en el punto 3.1, cuyo sabor tiene una connotación salada, pueden ser relleno o no, cubierto o no.

5.3 **Wafer:** Es el producto definido en el punto 3.1, obtenido a partir del horneado de una masa líquida, el cuál puede ser relleno o no, cubierto o no.

6 REQUISITOS

Las galletas deben cumplir con la normativa legal vigente de las Buenas Prácticas de Fabricación y los siguientes requisitos:

6.1 Mantener sus características a la temperatura ambiente, durante la vida útil establecida.

6.2 Debe presentar características sensoriales propias de producto (color, sabor, olor).

6.3 Requisitos fisicoquímicos (véase tabla 1)

6.4 Criterios microbiológicos (véase tablas 2, 3, 4 y 5)

7 INSPECCIÓN Y RECEPCIÓN

Este capítulo está redactado con el criterio de ofrecer una guía al consumidor para determinar la calidad de lotes aislados a ser comercializados.

7.1 Criterios de aceptación y rechazo

7.1.1 Defectos críticos: Corresponden al no cumplimiento de los criterios microbiológicos para *Staphylococcus aureus*, Salmonella (véase tabla 3, 4 y 5)

7.1.2 Defectos mayores: Corresponde al no cumplimiento de los criterios microbiológicos con carácter de recomendación (véase tabla 2, 3, 4 y 5), requisitos fisicoquímicos (véase tabla 1), requisitos sensoriales establecidos en el capítulo 6 y la tabla de aditivos (véase tabla 6)

En caso de litigio se aplican la Norma Venezolana COVENIN 3133-1 y el plan de muestreo establecido para los criterios microbiológicos (véase tabla 2, 3, 4 y 5).

8 ENVASES, MARCACIÓN Y ROTULACIÓN

8.1 Envases

Los envases deben mantener las características del producto, ser de un material inerte a la acción del mismo, de forma tal que no altere su composición fisicoquímica ni sus características organolépticas y deben estar aprobados por la autoridad sanitaria competente.

8.2 Marcación y Rotulación

8.2.1 Nombre descriptivo del producto es Galletas.

8.2.2 Debe cumplir con lo establecido en la Norma Venezolana COVENIN 2952

8.2.3 En aquellos productos en los cuales se hagan declaraciones de propiedades nutricionales y de salud, debe cumplir la Norma Venezolana COVENIN 2952/1

BIBLIOGRAFÍA

Gaceta Oficial de la República de Venezuela. N° 36.081. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Buenas Prácticas de Fabricación, almacenamiento y transporte de alimentos para consumo humano. Caracas; 07-11-1996

ICMSF. Microorganisms in Foods 2. Sampling for Microbiological Analysis. Principles and Specific Applications. 2nd Edition. 1986. University of Toronto Press.

ICMSF. Microorganisms in Foods 6. Microbial Ecology of Foods Commodities. Blackie Academic & Profesional. 1998.

Participaron en la elaboración de la norma: Anderson, Gladys; Algarbe, Antonieta; Cegarra, José; Cols, Manuel; Coronado, Mirian; Corona, Eduardo; Chavez, José Felix; Díaz, José; Galindo, Rosalía; Heredia, Luis; Key, Elsa; Lagonell, Reinaldo; Monfort, Arantza; Mora Liané; Rosales, Horacio; Ruiz, Alberto; Pasini, Lucía; Pernía, Viciar; Polanco, Milagros; Rolb, Meter; Tovar, Carmen; Ute, Morris; Vidaurreta, José.

Participaron en la revisión de este documento: Alvarez, Pedro; Chavez, José Felix; García, Cira; Esaa, Ingrid; Leonard, Ruth; Morillo, Laura; Morales, Arturo; Novoa, María Luisa; Ruiz, Alberto.

Tabla 1 Requisitos Fisicoquímicos

Características	Límite		Método de ensayo
	Galleta Sin relleno	Galleta con relleno	
pH al 10 % en solución (min) (p/v)	5,5	3,5	COVENIN 1315
Humedad (%) (max.) (p/p)	5,0	10,0	COVENIN 1553
Proteína (%) (min.) (p/p) N x 6,25 (SMS)		3,0	COVENIN 1195
(SMS) Sobre materia seca			

Tabla 2 Criterios microbiológicos (Galletas sin relleno y sin cobertura o con fruta secas, semillas y nueces)

Requisito	n	c	Límite		Método de ensayo
			M	M	
Mohos (ufc/g) (*)	5	2	50,0	5 x 10 ²	COVENIN 1337

Donde:

n = número de muestras del lote

c = número de muestras defectuosas

m = Límite mínimo o único

M = Límite máximo

*: Requisito microbiológico recomendado (véase COVENIN 409)

Tabla 3 Criterios microbiológicos Galletas rellenas (con crema no lácteas, frutas deshidratadas, jaleas y mermeladas de frutas)

Requisito	n	c	Límite		Método de ensayo
			m	M	
<i>Escherichia coli</i> (ufc/g) (*) (1)	5	2	10,0	1 x 10 ²	COVENIN 3276
Salmonella en 25 g ** (2)	5	0	0	-	COVENIN 1291
Mohos (ufc/g) *	5	2	1x10 ²	1x10 ³	COVENIN 1337
Levaduras (ufc/g) *	5	2	1 x 10 ²	1x10 ³	COVENIN 1337

Donde: n = número de muestras del lote

c = número de muestras defectuosas

m = Límite mínimo o único

M = Límite máximo

*: Requisito microbiológico recomendado (véase COVENIN 409)

** : Requisito microbiológico obligatorio (Véase COVENIN 409)

(1) Galletas que contengan frutas deshidratadas

(2) Galletas que contengan coco o mantequilla de maní

Tabla 4 Criterios microbiológicos

Galletas rellenas o cubiertas y rellenas con crema lácteas y/o chocolate

Requisito	n	c	Límite		Método de ensayo
			m	M	
Aerobios mesófilos (ufc/g) *	5	2	5×10^3	1×10^4	COVENIN 902 / 3338
Coliformes Totales (NMP/g) *	5	2	9,0	93,0	COVENIN 1104
Coliformes Totales (ufc/g) *	5	2	10,0	1×10^2	COVENIN 3276
<i>Staphylococcus aureus</i> (ufc/g) (**)(1)	5	2	1×10^2	1×10^3	COVENIN 3276
Salmonella en 25 g **	5	0	0	-	COVENIN 1291
Mohos (ufc/g) *	5	2	1×10^2	1×10^3	COVENIN 1337
Levaduras (ufc/g) *	5	2	1×10^2	1×10^3	COVENIN 1337

Donde:

n = número de muestras del lote

c = número de muestras defectuosas

m = Límite mínimo o único

M = Límite máximo

*: Requisito microbiológico recomendado (véase COVENIN 409)

** : Requisito microbiológico obligatorio (véase COVENIN 409)

(1) Galleta que contengan queso

Tabla 5 Criterios microbiológicos
Galletas rellenas o cubiertas con especias

Requisito	n	c	Límite		Método de ensayo
			m	M	
Aerobios mesófilos (ufc/g) *	5	2	1x10 ⁴	1x10 ⁵	COVENIN 902 / 3338
<i>Escherichia coli</i> (NMP/g) *	5	2	9,0	93,0	COVENIN 1104
<i>Escherichia coli</i> (ufc/g) *	5	2	10,0	1 x 10 ²	COVENIN 3276
Salmonella en 25 g **	5	0	0	-	COVENIN 1291
Mohos (ufc/g) *	5	2	1x10 ²	1x10 ³	COVENIN 1337

Donde:

n = número de muestras del lote

c = número de muestras defectuosas

m = Límite mínimo o único

M = Límite máximo

*: Requisito microbiológico recomendado (véase COVENIN 409)

**: Requisito microbiológico obligatorio (véase COVENIN 409)

Tabla N° 6 Aditivos Alimentarios

CLASIFICACIÓN	ADITIVO	DOSIS RECOMENDADA
ACENTUADORES	Ácido guanílico Ácido glutámico Etilmalto Inosinato de sodio, de potasio, de calcio Maltol	BPF
ANTIOXIDANTES	Ácido L-ascórbico y su sal sódica Ácido eritroascórbico y su sal sódica L-Cisteína Palmitato de ascorbilo Tocoferoles (extractos naturales ricos en tocoferoles) TBHQ, BHA, BHT	BPF
COLORANTES (Artificiales) NOTA 1	Allura Red (Rojo N° 40) Azul Brillante (azul N° 1) Indigo carmín (Azul N° 2) Tartrazina (Amarillo N° 5) Amarillo ocazo (Amarillo N° 6) Ponceau 4R (Cochinilla)	BPF
COLORANTES (naturales)	Carotenos alfa, beta y gamma Apocarotenos Cúrcuma Onoto Remolacha (betaina) Uva (Enocianina) Cantaxantina Carmin Clorofila Color caramelo Carbón vegetal	BPF
CONSERVANTES NOTA 2	Ácido benzoico y sus sales Ácido propiónico y sus sales Ácido sórbico y sus sales	BPF
EDULCORANTES nutritivos	Aspartame Jarabe de glucosa hidrogenado	BPF
EDULCORANTES no nutritivos	Acesulfame de potasio Ciclamarato de potasio y de sodio Sacarina sódica Sacarina cálcica Sucralosa	BPF
EMULSIFICANTE	Lecitina Gliceril monoestearato Estéres derivado de la glicerina	BPF
HUMECTANTES	Glicerol Jarabe de glucosa hidrogenado Lactitol Manitol Polidextrosa Xilitol Sorbitol Isomaltitol	BPF
LEUDANTE	Bicarbonato de sodio Carbonato Bicarbonato de amonio Fosfato de calcio, sodio, potasio o en mezclas de ellos	BPF
SABORIZANTES Y AROMATIZANTES	Sabor natural Sabor Idéntico al natural Sabor artificial	BPF

BPF = Buenas Prácticas de Fabricación
 NOTA 1: Solo aplica en el caso de los rellenos y coberturas
 NOTA 2 Solo aplica en rellenos

**COVENIN
1483:2001**

**CATEGORÍA
C**

FONDONORMA
Av. Andrés Bello Edif. Torre Fondo Común Pisos 11 y 12
Telf. 575.41.11 Fax: 574.13.12
CARACAS

publicación de:



FONDONORMA

I.C.S: 67.060

ISBN: 980-06-2854-1

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS
Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

Descriptores: Cereal, galleta.

Norma Venezolana COVENIN



1553-80

**Productos de cereales y leguminosas
Determinación de humedad**

C.D.U 664.2:543.81

ENTIDAD

REPRESENTANTE

MINISTERIO DE FOMENTO

Morelba Toro.

MINISTERIO DE SANIDAD Y
ASISTENCIA SOCIAL

Ofelia Herrera.
Jesús Querales.

MOLINOS CARACAS MARACAIBO -
PASTAS MILANI

Liañé Mora.

MOLINOS NACIONALES C.A. (MONACA)

Gerónimo Isturiz.

NABISCO LA FAVORITA

Morella de Vecchionacce

PASTELERIA LA VIENESA.

Elena Mori.

PRODUCTOS ALIMENTICIOS VENEZOLANOS (PALVEN)

María Julia Alvarez.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMIA.

Pedro Theis.

UNIVERSIDAD SIMON BOLIVAR

Marisa Guerra.

DISCUSION PUBLICA:

Fecha de envío: 13-06-79

Duración: 45 días

FECHA DE APROBACION POR EL COMITE: 13-02-80

FECHA DE APROBACION POR LA COVENIN: 15-04-80

TRAMITE

COMITE: CT10 ALIMENTOS
PRESIDENTE: Dr. Rafael Albornoz.
SECRETARIO: Ing^o. Milagros Díaz.

SUBCOMITE: CT10/SC10 PRODUCTOS DE CEREALES Y LEGUMINOSAS
COORDINADORA: Lic. Norma Arias Cruz.

PARTICIPANTES

ENTIDAD

REPRESENTANTE

ASOCIACION DE INDUSTRIALES
DE LA CARNE (AICAR)

Eduardo Bianco.

ASOCIACION VENEZOLANA DE LAS INDUSTRIAS
DE SALSAS, CONDIMENTOS Y SIMILARES (ASISACO)

María Isabel Brito.

ASOCIACION VENEZOLANA DE PASTAS (AVEPASTAS)

Simón Nobile.
Irma Herrera.

C.A. VENEZOLANA DE ALIMENTOS

José Félix Chávez.

CAMARA VENEZOLANA DE LA INDUSTRIA
DE ALIMENTOS (CAVIDEA)

Manuel Cols Páez.
Ingrid Esaa.

ESPECIALIDADES ALIMENTICIAS S.A.

Hema Ilija.
Peter Robl.

GRANDES MOLINOS DE VENEZUELA (GRAMOVEN)

Argenis González.
Aldemaro Archer.

INDUSTRIA LACTEA VENEZOLANA (INDULAC)

Gladys Méndez.

NORMA VENEZOLANA

PRODUCTOS DE CEREALES Y LEGUMINOSAS
DETERMINACION DE HUMEDAD

COVENIN
1553-80

1 ALCANCE

Esta norma contempla el método de ensayo para determinar el contenido de humedad en productos de cereales y leguminosas, tales como: harinas, almidones, sémola y pastas alimenticias.

2 NORMAS COVENIN A CONSULTAR.

Esta norma es completa.

3 DEFINICIONES

3.1 CONTENIDO DE HUMEDAD. Es la pérdida de peso que experimenta el producto al ser secado mediante calentamiento en estufa a temperatura constante y a presión atmosférica normal, bajo condiciones tales que eviten cualquier cambio químico que pueda ocurrir en la muestra.

4 EQUIPO DE ENSAYO

4.1 APARATOS

4.1.1 Balanza Analítica, con precisión de 0,001 g

4.1.2 Cápsulas de Aluminio, provistas de tapa

4.1.3 Estufa, regulada a la temperatura de $130 \pm 3^{\circ}$ C, preferiblemente con circulación de aire.

4.1.4 Desecador, con rejilla de porcelana, conteniendo en el fondo algún material deshidratante, tales como cloruro de calcio anhidro, sulfato de calcio anhidro etc.

5 MATERIAL A ENSAYAR

El material a ensayar consiste en una muestra de 5 g, molida o preparada según se indique para cada producto, en la norma COVENIN correspondiente.

6 PROCEDIMIENTO

6.1 Las cápsulas y sus tapas se colocan en la estufa a 130° C durante una hora, se enfrían en el desecador y se pesan.

6.2 En cada cápsula se pesa 5 g de la muestra, y se colocan destapadas dentro de la estufa, regulada a 130° C, contando una hora a partir del momento en que la estufa alcance nuevamente la temperatura de 130° C

6.3 Se sacan las cápsulas de la estufa, se tapan rápidamente, se colocan en el desecador y se pesan tan pronto hayan alcanzado la temperatura ambiente.

6.4 Se colocan de nuevo las cápsulas destapadas en la estufa, durante 30 minutos, luego se tapan se dejan enfriar en el desecador y se pesan. Se continúa con este procedimiento hasta obtener peso constante.

7 EXPRESION DE LOS RESULTADOS

7.1 El contenido de humedad se expresa en porcentaje y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad \%} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

donde:

A = peso de la muestra original, en gramos

B = peso de la muestra seca en gramos.

8 PRECISION

La diferencia entre los resultados obtenidos para las dos determinaciones del mismo ensayo no debe ser mayor del 0,2 %.

9 RELACION CON OTRAS NORMAS

9.1 A.A.C.C. American Association of Cereal Chemists 44- 15A
Approach Methods. 1a. aprobación 4-6-1967.

[ANEXO 4]

Datos Recolectados para la Etapa de “Preparación de la Pasta”

Tabla N° 27. Data recolectada para la temperatura de la masa, pH de la masa y fluidez de la masa, en la etapa de “Preparación de la Pasta”

Día	T° Masa (°C)	pH Masa	Fluidez (s)
21-abr	20	6,29	466
22-abr	20	6,32	466
23-abr	20	6,33	387
27-abr	20	6,3	310
28-abr	20	6,3	350
29-abr	21	6,2	320
30-abr	20	6,2	345
11-may	20	6,4	352
12-may	19	6,2	367
13-may	18	6,2	338
14-may	19	6,3	375
25-may	20	6,3	420
26-may	20	6,2	425
27-may	19	6,2	462
28-may	20	6,3	415
08-jun	21	6,3	478
09-jun	22	6,2	463
11-jun	22	6,2	423
22-jun	21	6,5	450
23-jun	20	6,4	485
24-jun	20	6,2	487
25-jun	20	6,3	510
30-jun	22	6,6	450
01-jul	19	6,3	423
02-jul	20	6,3	445
07-jul	22	6,8	325
08-jul	20	6,5	329
27-jul	20	6,4	446
28-jul	21	6,5	445
29-jul	20	6,3	462
30-jul	20	6,3	361
05-ago	20	6,4	404

[ANEXO 5]

Datos Recolectados para la Etapa de “Horneado”

Tabla N° 28. Data recolectada para la velocidad del horno, temperatura del horno y humedad de las obleas a la salida del horno para la etapa de “Horneado”.

Horno N°	Horno N° 3			Horno N° 4			Horno N° 6		
	Velocidad (obleas/min)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad (obleas/min)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad (obleas/min)	Temperatura (°C)	Humedad (%)
24-mar	50	170	1,44	50	126	1,33	43	143	1,29
25-mar	47	166	1,45	50	123	1,41	44	142	1,44
26-mar	50	160	1,54	50	111	1,29	43	145	1,54
30-mar	50	160	1,61	50	123	1,15	44	143	1,01
31-mar	50	165	1,43	50	115	1,25	44	144	1,25
01-abr	48	160	1,42	50	125	0,95	44	143	1,35
02-abr	50	164	1,35	50	130	1,05	44	142	1,28
03-abr	50	160	1,25	50	128	1,34	44	145	1,38
28-abr	49	165	1,16	50	126	1,52	44	142	0,98
11-may	50	165	0,99	50	125	1,48	44	141	1,01
12-may	50	147	1,24	50	120	1,35	44	140	0,90
13-may	50	160	1,29	50	119	1,28	44	142	0,89
26-may	50	162	1,06	50	120	1,06	44	145	0,81
27-may	47	161	1,38	50	124	1,16	43	143	1,56
28-may	50	158	1,68	50	126	0,99	44	141	0,96
04-jun	50	155	1,25	50	135	1,04	44	143	1,15
05-jun	50	159	1,64	50	130	1,15	44	141	0,81
10-jun	48	155	1,23	48	120	1,26	44	144	1,17
18-jun	50	160	1,47	50	128	1,35	44	145	1,03
24-jun	50	149	1,25	50	126	1,32	44	141	1,32
29-jun	50	158	1,35	50	124	1,28	44	140	1,06
30-jun	50	155	1,24	50	126	1,24	43	143	1,25
01-jul	49	145	1,54	50	124	1,36	44	141	1,56
02-jul	50	150	1,21	49	125	1,42	43	142	1,01
27-jul	50	147	0,95	50	124	1,20	44	145	1,48
28-jul	50	142	1,16	50	118	1,31	44	142	1,82
29-jul	50	134	1,24	50	133	1,09	44	141	1,48
30-jul	50	145	1,29	50	110	1,19	44	143	1,39
04-ago	50	142	1,06	50	122	1,02	44	140	1,39
05-ago	46	151	0,95	50	118	1,52	44	137	1,17
06-ago	50	142	1,18	50	120	1,49	44	142	1,09
10-ago	50	146	1,45	50	126	1,35	44	140	1,26
11-ago	50	152	1,27	46	131	1,42	44	143	1,39
17-ago	50	142	1,32	50	112	1,09	44	142	1,42
19-ago	50	152	1,6	50	126	1,12	44	143	1,36

[ANEXO 6]

Datos Recolectados para la Etapa de “Cremado”

Tabla N° 30. Data recolectada para el peso de los bloques cremados y el porcentaje de relleno en cada bloque, en la etapa de “Cremado”.

Línea N°	Línea N° 3		Línea N° 4		Línea N° 6	
	Peso Bloque (kg)	% Relleno (%)	Peso Bloque (kg)	% Relleno (%)	Peso Bloque (kg)	% Relleno (%)
24-Mar	0,814	64,62	0,805	64,72	1,150	65,22
25-Mar	0,828	65,22	0,815	65,15	1,161	65,55
26-Mar	0,808	64,36	0,812	65,02	1,154	65,34
30-Mar	0,816	64,71	0,821	65,41	1,145	65,07
31-Mar	0,815	64,66	0,803	64,63	1,141	64,94
1-Apr	0,825	65,09	0,808	64,85	1,139	64,88
2-Apr	0,818	64,79	0,821	65,41	1,142	64,97
3-Apr	0,830	65,30	0,819	65,32	1,144	65,03
28-Apr	0,824	65,05	0,804	64,68	1,136	64,79
11-May	0,812	64,53	0,806	64,76	1,138	64,85
12-May	0,820	64,88	0,814	65,11	1,146	65,10
13-May	0,821	64,92	0,821	65,41	1,143	65,00
26-May	0,819	64,84	0,817	65,24	1,145	65,07
27-May	0,810	64,44	0,823	65,49	1,137	64,82
28-May	0,816	64,71	0,807	64,81	1,139	64,88
4-Jun	0,824	65,05	0,819	65,32	1,159	65,49
5-Jun	0,829	65,26	0,828	65,70	1,160	65,52
10-Jun	0,830	65,30	0,819	65,32	1,165	65,67
18-Jun	0,821	64,92	0,824	65,53	1,172	65,87
24-Jun	0,814	64,62	0,822	65,45	1,164	65,64
29-Jun	0,817	64,75	0,805	64,72	1,163	65,61
30-Jun	0,830	65,30	0,808	64,85	1,161	65,55
1-Jul	0,824	65,05	0,813	65,07	1,154	65,34
2-Jul	0,828	65,22	0,812	65,02	1,139	64,88
30-Jul	0,819	64,84	0,821	65,41	1,152	65,28
4-Aug	0,815	64,66	0,816	65,20	1,162	65,58
5-Aug	0,827	65,18	0,817	65,24	1,136	64,79
6-Aug	0,825	65,09	0,806	64,76	1,157	65,43
10-Aug	0,815	64,66	0,804	64,68	1,168	65,75
11-Aug	0,823	65,01	0,810	64,94	1,173	65,90
17-Aug	0,812	64,53	0,811	64,98	1,142	64,97
19-Aug	0,822	64,96	0,815	65,15	1,158	65,46

[ANEXO 7]

Datos Recolectados para la Etapa de “Enfriamiento Secundario”

Tabla N° 31. Data recolectada para la humedad relativa y temperatura en el cuarto de frío, la humedad a la salida y el tiempo de residencia de los bloques en el cuarto de frío, en la etapa de “Enfriamiento Secundario”.

Día	Humedad Relativa (%)	Humedad del Bloque (%)	Temperatura (°C)	Tiempo Residencia (min)
20-Apr	75	0,94	15	16
21-Apr	71	1,01	17	18
22-Apr	75	1,34	13	17
23-Apr	71	1,00	13	16
27-Apr	72	1,01	13	17
28-Apr	67	1,45	13	18
29-Apr	82	1,35	12	16
30-Apr	71	1,25	13	17
5-May	70	1,42	15	16
6-May	74	1,32	14	15
11-May	68	0,98	14	16
12-May	74	1,52	14	16
13-May	65	1,45	15	17
14-May	64	1,5	13	16
21-May	66	1,25	13	17
26-May	64	1,22	15	18
27-May	63	1,32	14	17
28-May	66	1,24	15	16
3-Jun	64	1,35	16	16
4-Jun	70	1,28	14	16
8-Jun	66	0,99	15	16
9-Jun	64	1,05	14	15
30-Jun	68	1,15	16	16
1-Jul	64	1,22	14	17
2-Jul	65	1,25	14	16
7-Jul	63	1,16	14	16
8-Jul	69,1	1,3	18	16
27-Jul	68,5	1,35	14	17
30-Jul	69,8	1,34	14	16
5-Aug	70,1	1,76	13	17
6-Aug	66,5	1,4	17	16
10-Aug	67,2	1,49	13	18
19-Aug	66,9	1,27	16	16

[ANEXO 8]

Datos Recolectados para las Pruebas de Hermeticidad

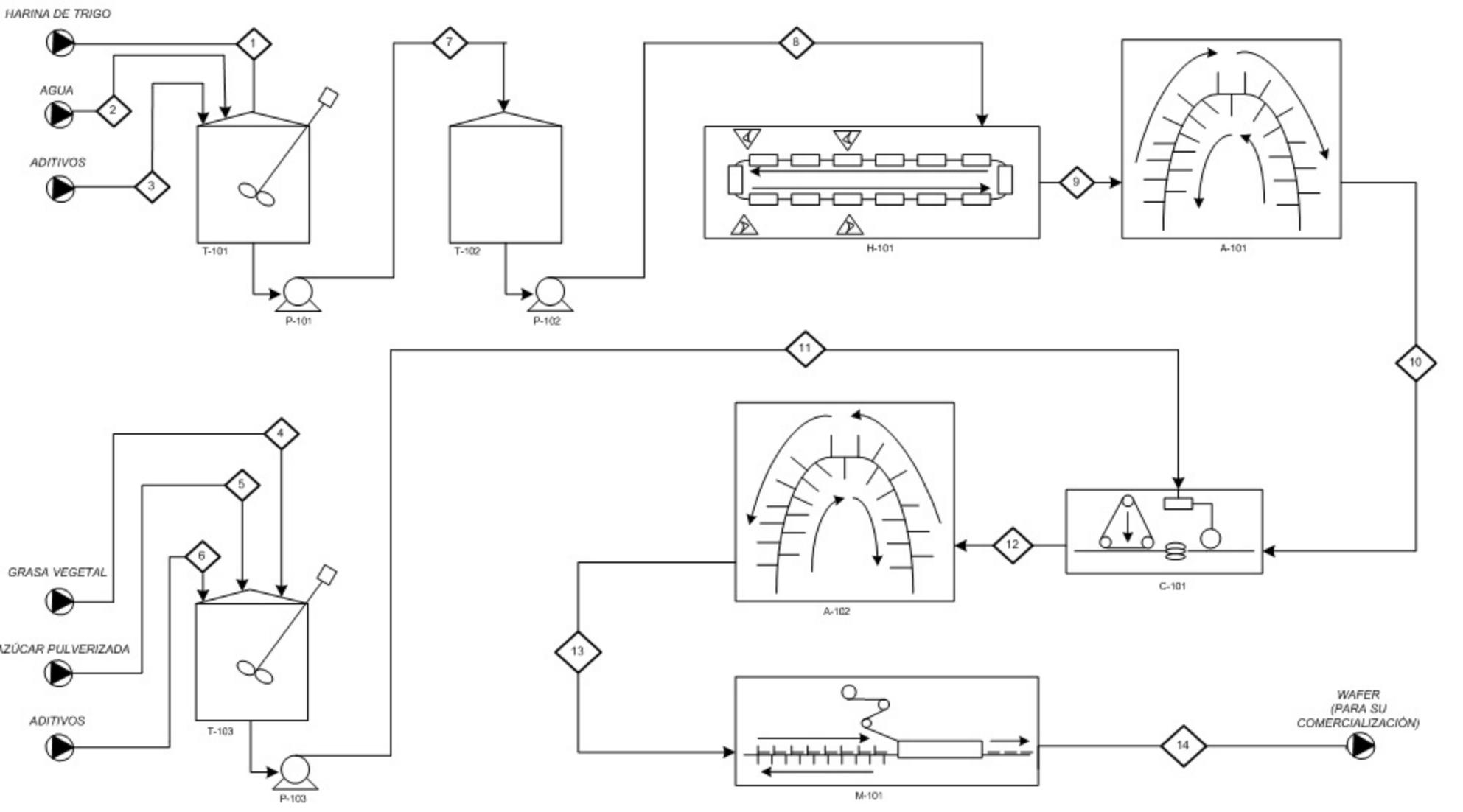
Tabla N° 32. Data recolectada para las pruebas de hermeticidad de los empaques de las líneas de producción estudiadas.

Día	Hermeticidad Línea N° 3 (paquetes con fugas)		Hermeticidad Línea N° 4 (paquetes con fugas)		Hermeticidad Línea N° 6-S (paquetes con fugas)		Hermeticidad Línea N° 6-B (paquetes con fugas)	
	Método I (*)	Método II (**)	Método I (*)	Método II (**)	Método I (*)	Método II (**)	Método I (*)	Método II (**)
12-May	2	8	0	7	0	7	2	8
13-May	0	8	0	7	0	8	0	8
14-May	0	8	0	8	0	8	0	8
21-May	0	8	2	4	0	7	0	7
26-May	0	8	0	5	0	6	2	8
27-May	0	8	0	8	0	5	0	7
28-May	0	8	0	8	0	6	0	7
8-Jun	0	8	0	8	1	8	0	8
9-Jun	0	8	1	7	0	8	4	8
11-Jun	1	8	2	8	0	5	3	8
22-Jun	2	8	1	8	0	8	4	8
23-Jun	0	7	0	4	1	8	0	8
24-Jun	2	8	0	4	2	6	0	7
25-Jun	0	8	0	5	1	8	0	7
30-Jun	1	7	0	4	0	7	2	7
1-Jul	0	8	1	4	0	8	1	8
2-Jul	0	8	1	8	0	4	0	8
7-Jul	0	8	0	7	0	6	1	8
8-Jul	1	8	1	6	1	4	1	7
27-Jul	0	8	0	8	0	4	0	7
28-Jul	2	8	0	8	0	5	0	7
29-Jul	0	8	0	4	0	6	1	8
30-Jul	0	8	1	5	0	5	3	7
5-Aug	0	5	0	6	1	8	3	6
13-Aug	0	6	0	7	0	4	1	8

(*) Método I: Metodología de Agua con Azul de Metileno.

(**) Método II: Metodología de Rodamina con Etanol.

T-101 Mezclador de Preparación de Pasta
T-102 Tanque Almacenador de Pasta
T-103 Mezclador de Preparación de Relleno
P-101 Bomba de Alimentación a T-102
P-102 Bomba de Alimentación a H-101
P-103 Bomba de Alimentación a C-101
H-101 Horno de Placas con 4 Mecheros
A-101 Arco de Enfriamiento Primario
A-102 Arco de Enfriamiento Secundario
C-101 Cremadora de Rodillo
M-101 Máquina de Empaque



NOTAS:	DISEÑO:	FECHA:	DIBUJADO:	FECHA:	TÍTULO:			PROYECTO: PROCESO DE PRODUCCIÓN WAFER (T.E.G.)	
				DIC 09	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS				
	CÁLCULO:	FECHA:	REVISADO:	FECHA:	ESCALA:	PROYECTO No:	ARCHIVO No:		
			APROBADO:	FECHA:	S/E	DOCUMENTO No:	REVSADO:	UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	
					1/1				