



7

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

“CALIDAD EN LAS ORGANIZACIONES (EMPRESAS  
E INSTITUCIONES DE PRODUCCION Y DE  
SERVICIOS) CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO  
EN UNA EMPRESA ENVASADORA DE LECHE  
ENTERA EN POLVO”.

**TRABAJO DE SEMINARIO**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO EN ALIMENTOS**

PRESENTA

**JOSE DANIEL OSNAYA ESTRADA**

ASESOR: ING. JUAN RAFAEL GARIBAY BERMUDEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
 FACULTAD DE ESTUDIOS  
 SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de  
 Exámenes Profesionales

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Calidad en las Organizaciones (Empresas e Instituciones de  
Producción y de Servicios). Control estadístico de proceso  
en una empresa envasadora de leche entera en polvo .

que presenta el pasante: José Daniel Osnaya Estrada  
 con número de cuenta: 9111120-9 para obtener el título de :  
Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 21 de agosto de 2000

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>I y III</u>	<u>Ing. Juan de la Cruz Hernández Zamudio</u>	<u>[Firma]</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Juan Rafael Garibay Bermúdez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Dr. Armando Aguilar Márquez</u>	<u>[Firma]</u>

## **AGRADECIMIENTOS:**

A DIOS POR SER TAN GENEROSO CONMIGO Y PERMITIRME CONCLUIR MIS ESTUDIOS .

A MIS PADRES JUAN Y PATRICIA YA QUE GRACIAS A SUS ESFUERZOS Y APOYO INCONDICIONAL PUDE LOGRAR UNA DE MIS MAS IMPORTANTES METAS

A MI QUERIDA UNIVERSIDAD POR BRINDARME LOS MEDIOS NECESARIOS PARA TENER UNA VIDA CON CALIDAD.

A NATALIA ALVARADO POR COMPARTIR TANTAS COSAS TAN MARAVILLOSAS CONMIGO Y SU COLABORACION EN EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO.

A MIS HERMANOS ISMAEL, CARLOS Y ADAN POR SU COMPRENSION Y AYUDA EN LAS NOCHES DE ESTUDIO Y DESVELO.

A MIS AMIGOS: ARTURO SANTIAGO, JOSE ALEMAN Y JUAN CARLOS GUEVARA POR SU AMISTAD SINCERA Y SU APOYO INCONDICIONAL.

# INDICE

	página
INTRODUCCION	1
CAPITULO I ANTECEDENTES	
1.1 Elaboración de leche en polvo	3
1.2 Preparación de la leche	3
1.3 Secado en tambores o rodillos.	5
1.4 Secado por aspersión.	6
1.5 Secado por congelación o liofilización	9
1.6 Secado de espuma.	10
1.7. Leche de disolución instantánea.	10
1.8 Calidad del polvo.	11
1.9 Polvo proveniente de tambores rotatorios	11
1.10 Polvo de secado por aspersión.	13
1.11. Empaque.	14
CAPITULO II METODOS ESTADISTICOS	
2.1.-Diagrama de Pareto	15
2.2.-Diagramas de causa y efecto	18
2.3.- Histograma.	23
2.4.- Estratificación	26

2.5.- Hojas de verificación.	27
2.6 - Diagrama de dispersión.	28
2.7.- Gráficas de control.	29

### CAPITULO III      CONTROL DE PROCESO

3.1. Métodos estadísticos.	39
3.2. Control estadístico de proceso	39
3.3. Objetivos	39

### CAPITULO IV      RESULTADOS, ANALISIS DE RESULTADOS, Y RECOMENDACIONES.

RESULTADOS	42
------------	----

ANALISIS DE RESULTADOS	47
------------------------	----

CONCLUSIONES	48
--------------	----

ANEXO 1	50
---------	----

ANEXO 2	51
---------	----

ANEXO 3	55
---------	----

ANEXO 4	56
---------	----

BIBLIOGRAFIA	57
--------------	----

## INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de controlar la calidad, hablamos de una inversión que ha de producir un beneficio adecuado para justificar su existencia, por lo tanto existen tres aspectos importantes de la calidad de un producto, estos son:

- 1- El diseño del producto que está en relación a la severidad de las especificaciones para fabricarlo, obviamente, entre mayores sean las exigencias mayor debe ser la calidad del producto.
- 2- La concordancia, que mide el grado de perfección con la que la calidad se controla, desde la adquisición de la materia prima, hasta la salida y almacenamiento de los artículos terminados.
- 3- El comportamiento o eficiencia en el uso proyectado de un producto, que depende de la conjugación de los aspectos anteriores.

Si establecemos que el Control de Calidad comprende todas las técnicas y actividades encausadas hacia la producción, con un mínimo costo de productos eficientemente utilizables, con seguridad de funcionamiento y duración razonable, que identifica y analiza las causas de variación en la calidad, por lo tanto decimos que ésta puede definirse, medirse y controlarse; y los conceptos que la conciernen en la mayoría de los casos son los mismos para diferentes compañías o fábricas, aunque el objetivo de descubrir las causas de los problemas crónicos de la calidad y la solución permanente sea la que marque la diferencia.

El Control Estadístico de Calidad ha hecho resaltar la aplicación de métodos estadísticos en los problemas de fabricación y se marca su origen en la creación de las Cartas de Control en 1924, auxiliado posteriormente por la contribución del desarrollo de

los Planes de Muestreo, que se basan o apoyan principalmente en la teoría del cálculo de probabilidades y conceptos estadísticos por lo tanto, como podrá observarse, el Control Estadístico de Calidad puede dividirse básicamente en dos partes fundamentales que son:

- 1- Las Cartas o Gráficos de Control, que son métodos gráficos para controlar el proceso de producción, aislando y cuantificando la variación controlable (no inherente) en la característica de calidad por analizar en el producto, para tomar una decisión con el menor riesgo posible, en base a las especificaciones.
- 2.- El muestreo de aceptación que se realiza mediante técnicas que son transformadas y presentadas en forma tabular, seleccionando un esquema de muestreo que proporcione el grado de protección deseado, para aceptar o rechazar un lote (ya sea en la recepción de la materia prima, en fases intermedias del proceso de fabricación y bien en el producto final).

En este trabajo se aplicaron los gráficos de control únicamente.

Como consecuencia del establecimiento del Control Estadístico de Calidad, se pueden obtener:

- \* Una evaluación periódica de las actividades de los departamentos de una empresa, en función a los parámetros relativos de calidad.
- \* Criterios fundamentados para seleccionar proveedores.
- \* Elaborar instrucciones definitivas en los métodos de inspección.

Los puntos referentes a control estadístico antes mencionados se aplicaron en una empresa envasadora de leche entera en polvo. Los resultados obtenidos de esta aplicación se presentan en el capítulo VI.

## CAPITULO I

### 1.1 ELABORACION DE LECHE EN POLVO

El Reglamento para evitar la adulteración de alimentos reconoce tres clases de leche en polvo: "leche entera en polvo", "leche descremada en polvo" y "leche parcialmente descremada en polvo". Las diferencias principales residen en su composición final, en la que influye la clase de leche que se seca.

La leche en polvo se elabora por una concentración suficiente de la leche, de tal manera que los sólidos de la leche vayan acompañados por no más de un 5 % y tal vez cuando mucho de un 2 % de humedad. El polvo de leche entera puede contener menos humedad que el polvo de leche descremada.

### 1.2 PREPARACION DE LA LECHE

La leche se selecciona, mide y analiza como en el caso de leche concentrada. Para hacer el polvo a partir de leche entera o parcialmente descremada, se ajusta la relación G:SNG.

En la *Tabla 1-1* se consignan indicaciones acerca de la amplitud de esta relación en diferentes productos, para que cumplan con lo que establece el Reglamento para evitar la adulteración de alimentos.

*TABLA 1-1 - Composición posible de ciertos leches en polvo, con la relación G: SNG*  
 (100:100)

POLVO	COMPOSICION DEL PRODUCTO			RELACION G: SNG
	G	SNG	1000	
Leche entera	26.0	70.3	3.7	1: 2.7
	mín.			
Leche descremada	28.5	66.5	5.0	1: 2.3
	máx.			
Leche descremada	1.5	93.5	5.0	1: 62.3
	máx.			
Leche con adición de descremada	1.3	94.0	3.8	1: 73.0
	mín.			
Leche con adición de descremada	1.6	94.9	3.5	1: 59.3
	mín.			
	8.5	86.6	5.0	1: 10.2
	máx.			
	16.0	79.8	4.2	1: 5.0
	máx.			
	21.0	71.0	5.0	1: 3.0
	máx.			

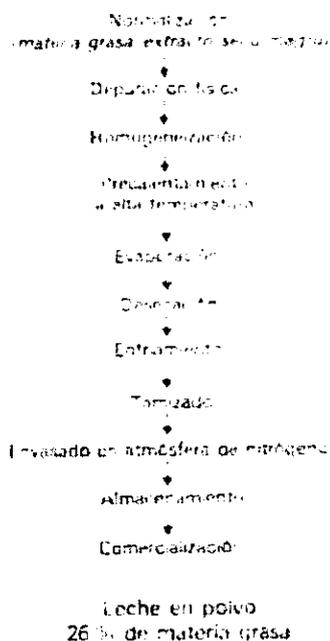
Las cifras están dadas en %. Mínimos y máximos permitidos.<sup>16</sup>

La leche en polvo se obtiene por la eliminación de la mayor parte del agua de la leche. Esto se efectúa en dos etapas. En la primera etapa la leche se concentra al vacío por evaporación a más o menos una tercera parte de su volumen original, como cuando se hacen leches concentradas. En la segunda etapa la leche se seca, por lo común en un secador de tambor o rodillos o en un secador por aspersión.

Si la leche que se va a secar no está descremada, sería aconsejable homogeneizarla, particularmente si se desea más adelante la reconstitución directa del polvo. La homogeneización deberá efectuarse a una temperatura entre 50° y 75° C, a una presión manométrica entre 140 y 210 kg/cm<sup>2</sup>.

A continuación se precalienta la leche a unos 95°C y se condensa al vacío. Conforme se alcanza la concentración deseada, la leche se saca; su temperatura en este momento dependerá de las condiciones de operación del recipiente, pero es probable que oscile entre 52° y 55° C. Esta temperatura deberá incrementarse a unos 70° C antes de que se proceda a secar la leche.

## Diagrama de bloques.



### 1.3 SECADO EN TAMBORES O RODILLOS

La eficiencia de la operación y la calidad del polvo que produce el secador de tambor dependerá de varios factores. La velocidad de los tambores deberá estar en relación con el tamaño del mismo y otros factores a fin de estar seguros que la capa de producto tenga tiempo de secarse pero lo haga sin un sobrecalentamiento. La temperatura de los tambores o rodillos se regula en parte por la presión del vapor. La temperatura del tambor, la temperatura del concentrado que entra, la temperatura y velocidad del aire que pasa sobre la superficie del tambor afectan la tasa de evaporación del agua a partir de la película de producto. Una baja temperatura de entrada del concentrado incrementa el calor que debe añadirse al tambor. Una elevada temperatura del aire sobre la superficie secadora permitirá que el aire retenga más

humedad conforme se evapora de la película del producto. La frecuencia de remoción y reemplazo del aire también podría ser importante. Conforme el contenido de humedad de este aire se incrementa, la velocidad a la que recibe más humedad disminuirá. A unas temperaturas más elevadas, el aire recibirá y retendrá más humedad. No obstante, la evaporación del agua a partir de la película de producto requiere el que se suministre el calor de conversión. Este procede del vapor dentro del tambor. Puesto que la evaporación sobre la superficie del rodillo enfría la capa de aire adyacente, ese aire se hace menos capaz de retener humedad. La capa de aire húmedo adyacente a la película del producto deberá reemplazarse frecuentemente con aire seco caliente. Una película gruesa de producto requiere más calor antes de secarse, y así se hace necesario una mayor presión de vapor en los rodillos o tambores y/o una velocidad menor en el rodillo.

La película de producto se quita de la superficie del tambor por medio de un raspador o cuchilla especial. Esta cuchilla está afilada y ajustada de tal manera que quede pegada a la superficie de la cara del rodillo a fin de asegurar la completa remoción de la película de producto. El polvo se mueve al extremo del secador por medio de un gusano. Durante el movimiento se enfría ligeramente. A continuación se muele, se cierce y se empaca.

#### 1.4 SECADO POR ASPERSION

Se puede producir leche en polvo de excelente calidad y elevada solubilidad por medio de secado por aspersión. Son importantes las condiciones de la leche al entrar al secador y las condiciones de funcionamiento del mismo. La viscosidad afectará la forma, el tamaño y uniformidad de las partículas del concentrado producido por el atomizador. Las partículas de concentrado producidas por la tobera de atomización del atomizador centrifugo, son en su mayoría gotitas. En algunos casos, no obstante, algunas de ellas pueden ser burbujas o gotitas

que contengan burbujas de aire. El atomizador centrífugo produce burbujas más a menudo que la tobera de atomización. La baja viscosidad de los concentrados provoca esa incorporación de aire. Una gotita produce una partícula de polvo que es básicamente sólida. Una burbuja forma una partícula de polvo que contiene una vacuola; esta partícula es una cáscara delgada esférica que frecuentemente se fragmenta. La última tiene más superficie del polvo expuesta al aire por cada unidad de sólidos. En el polvo que contiene grasa de leche, las partículas tendrán menor vida en anaquel que las sólidas.

Las gotitas o burbujas grandes tardan más tiempo en secarse o requieren más calor que las pequeñas. El secado ocurre casi exclusivamente en la superficie exterior de la partícula del concentrado; esa superficie inicialmente es una superficie de contacto líquido/gas. Conforme aumenta el tamaño de partículas del concentrado, el área superficial por unidad de volumen de la partícula disminuye. A una combinación dada de volumen, temperatura y velocidad de movimiento de aire en el secador, las gotitas o burbujas más grandes se secan más lentamente que las pequeñas. Para obtener mejores resultados el atomizador deberá producir gotitas o burbujas de tamaño uniformemente microscópico.

Durante la atomización, la leche más concentrada tiende a producir gotitas más grandes. Esta tendencia debe refrenarse hasta cierto punto, por ajustes en el procedimiento de atomización. Otros ajustes similares también producen gotitas más pequeñas de leche menos concentrada. Las posibles limitaciones en estos ajustes pudieran indicar el grado de concentración deseable durante la primera etapa de remoción del agua de la leche, antes de que sea secada por aspersión. Las gotitas o burbujas más pequeñas producen partículas de polvo pequeñas.

El atomizador debe ser capaz de suministrar leche de acuerdo con la capacidad del secador. Si este abastecimiento fuera excesivo, el secador puede dejar de eliminar la cantidad

adecuada de agua del producto, dando por resultado una composición que no llena los requisitos legales, que tiene poca vida en anaquel, o ambas cosas.

Una velocidad de abastecimiento que sea demasiado lenta dará por resultado un sobrecalentamiento que menoscabe la solubilidad del polvo y provoque una fusión excesiva de la grasa en el producto. La fusión de la grasa podría ocasionar una corta vida en anaquel y pérdidas de grasa durante la manipulación y empaque del polvo.

Mientras mayor sea la velocidad del aire en el punto en el cual el producto atomizado o rociado se mezcla con este aire, el resultado es mejor.

El volumen y la temperatura del aire que se utilizan en el secador dependen del volumen y la temperatura de la leche que se deja entrar, del tamaño de la gotita o burbuja, y de la composición final que se desea. Se considera que la temperatura del aire que sale constituye una prueba razonablemente buena de la regulación de humedad en un secador por aspersión. La escala habitual de temperatura del aire de salida es de unos 80° a 100° C.

La temperatura del aire que entra pueden ser hasta de 260° C. Una temperatura un tanto menor se utiliza para la leche entera en relación con la leche descremada. La temperatura más práctica para una situación dada deberá seleccionarla el encargado de la instalación, en base a su experiencia con el equipo y a los procesos, así como a su abastecimiento de leche. Esa selección deberá variar estacionalmente con la calidad de la leche.

La separación del polvo y del aire requiere dispositivos especiales. Las características físicas de la cámara de secado, la turbulencia y movimiento en la corriente de aire, así como el tamaño de partícula, determinan cuánto polvo permanece suspendido en el aire en el momento en que deba eliminarse el mismo. Se utilizan filtros y ciclones para recuperar el polvo y evitar pérdidas. Por lo menos en un tipo posible de instalación, el aire de salida se hace pasar directamente a través del líquido concentrado, antes de que éste se atomice y se admita al secador. Con este procedimiento se intenta garantizar la recuperación completa de sólidos de la

leche a partir de la corriente de aire, como para utilizar el calor residual en ese aire con el fin de incrementar el contenido de calor del concentrado. No obstante, esto pone en peligro la calidad de la grasa porque queda expuesta en ese aire.

Tan pronto como sea posible, tras que se ha completado el secado, el producto deberá eliminarse de la cámara de secado y enfriarse. Un retraso prolongado en el enfriamiento puede dañar la calidad del producto, favoreciendo el apelmasamiento y otros defectos en el color y el sabor. Ya se ha mencionado la posible pérdida de grasa por fusión.

## 1.5 SECADO POR CONGELACION O LIOFILIZACION

La eliminación del agua de la leche por sublimación se lleva a cabo por liofilización o secado por congelación. Este método se utiliza para producir cultivos desecados de bacterias lácticas viables que son útiles como iniciadores o pies de cuba en la industria de productos lácteos. El tiempo que permanezcan viables los organismos en un cultivo liofilizado depende de varios factores. La supervivencia de *Streptococcus lactis* puede ser mayor de un 80 % al término de un año a 30° C en glutamato de sodio o en leche descremada fortificada como medio de suspensión. La supervivencia es mayor si la leche descremada en polvo se empaca al vacío. La liofilización de la leche involucra el enfriado rápido de la misma a -30° C o menos en un vacío de 25 mm de Hg. A continuación se aplica una cantidad de calor por radiación, conducción o convección, igual a la suma del calor latente de fusión, del calor sensible y del calor latente de vaporización. La aplicación de calor debe regularse cuidadosamente para evitar dañar el producto. Otro nombre que se le aplica a este procedimiento es secado por congelación.

## 1.6 SECADO DE ESPUMA

En este método, se selecciona la leche y se ajusta la relación G: SNG, se pasteuriza, homogeneiza y concentra por cerca de cuatro veces.

El concentrado vuelve nuevamente a homogeneizarse a 210 más 35 kg/cm<sup>2</sup> en un homogeneizador de dos etapas. A continuación se emplea bióxido de carbono o nitrógeno para producir espuma en el concentrado. Esta espuma se enfría y se seca a un vacío de sólo 18 mm de Hg. Otro método utiliza el aire para formar la espuma con un secado posterior en charolas en una cámara de aire caliente. En este método, el aire entra a la cámara de secado a unos 105° C y sale a unos 76° C.

## 1.7 LECHE DE DISOLUCION INSTANTANEA

Este procedimiento incrementa la velocidad a la que la leche en polvo, especialmente, el polvo de leche descremada, se reconstituye. Es básicamente un método que garantiza que las partículas de polvo se adhieran formando aglomerados y no se unan fuertemente como en el caso de las partículas normales. El tamaño irregular y grande de los aglomerados mantiene a las partículas de polvo distantes unas de otras, de tal modo que cuando se añade agua, ésta encuentra un área superficial mayor más fácilmente accesible. Las partículas se disuelven más rápidamente a medida que el agua entra de inmediato en una mayor proporción de su superficie.

La producción de leche que se disuelva instantáneamente involucra la humectación de la superficie de las partículas y la agitación de éstas en una corriente de aire, de tal modo que choquen y se adhieran una a la otra para formar agregados sueltos, irregulares, de partículas o aglomerados que luego se secan, enfrían y se les clasifica por tamaño. El polvo de buena calidad que se disuelve instantáneamente se reconstituye casi instantáneamente cuando se le añade agua.

## 1.8 CALIDAD DEL POLVO

La solubilidad se refiere a la capacidad del polvo para reconstituirse cuando se le mezcla con agua. Una baja solubilidad indica una mala calidad debida a calentamiento o a otros tipos de desnaturalización de las proteínas de la leche. Existen métodos estándar para determinar tanto el porcentaje de solubilidad como el índice de solubilidad. El Reglamento para evitar la adulteración de alimentos requiere un mínimo de 85.0 % de solubilidad o un máximo de 1.50 ml de índice de solubilidad para la leche en polvo secada en tambores al vacío, un 98.5 % y 2.0 ml respectivamente para la leche en polvo secada por aspersión.

## 1.9 POLVO PROVENIENTE DE TAMBORES ROTATORIOS

El polvo de los tambores rotatorios a menudo presenta más coloración y es menos soluble que el polvo que proviene de secadores por aspersión. Existen tres causas posibles para estas diferencias. En primer lugar, mientras existe humedad en la película del producto cuando se encuentra en contacto con la superficie caliente del tambor rotatorio, esa película funciona primordialmente como líquido, produciendo una superficie de contacto sólido/líquido en la superficie del rodillo o tambor, a lo largo de la cual pasa el calor al producto. La leche líquida utiliza grandes cantidades de calor que recibe conforme la energía de conversión o calor latente transforma su agua en vapor. Mientras esto continúa, el proceso inhibe cualquier aumento apreciable en el calor sensible del producto. Conforme la película de producto se seca, cambian las condiciones en la superficie de contacto en toda la superficie del tambor, de manera más bien súbita, volviéndose sólido/sólido y a través de la cual el calor continúa pasando, pues la leche en esa superficie ya no funciona como un líquido. El calor que el producto recibe ahora, no se usa

ya como energía de conversión. El abastecimiento de calor incrementa el calor sensible de la película de producto, de tal manera que su temperatura sufre un aumento rápido y considerable. Si se eleva demasiado, pueden ocurrir ciertos resultados indeseables.

La grasa se puede fraccionar por el calor, parte de los ácidos grasos se pueden volatilizar y escapar. Esto cambia las características de la grasa restante y posiblemente origina sabores, olores y colores indeseables en el producto. Las proteínas también se pueden desnaturar, con una consecuente reducción en la solubilidad del producto. Estos cambios pueden ir acompañados, o seguidos, por caramelización de la lactosa y ennegrecimiento.

Estos son por lo menos dos tipos de ennegrecimiento que frecuentemente acontecen en los productos lácteos. Como el azúcar se carameliza al calentarse, da por resultado un ennegrecimiento acompañado por un sabor característico. El dulce de caramelo ilustra los efectos de color y sabor por una caramelización regulada. Un segundo tipo de ennegrecimiento en los alimentos, llamado ennegrecimiento Maillard, es el resultado de una interacción entre los azúcares y aminoácidos al calentar el producto. Esta interacción es más rápida y más intensa durante el calentamiento dentro de una escala de contenido de humedad del 15 al 20 %.

Si la temperatura se eleva demasiado rápido, la capa de producto sobre el tambor puede carbonizarse y ennegrecerse. Esto perjudica al producto química, física y organolépticamente. Tal daño se puede minimizar por medio de una operación adecuada del secador, por tambores rotatorios. La solubilidad del polvo resultante de los tambores rotatorios se perjudica o menoscaba principalmente por desnaturación de las proteínas durante el sobre calentamiento de las porciones de la capa de producto sobre el tambor rotatorio. Durante un sobrecalentamiento extremo, ocurren coloraciones, carbonizaciones y serios perjuicios al sabor.

Pueden existir variaciones en el grosor de la capa del producto sobre la superficie del tambor. Las áreas relativamente más delgadas pueden carbonizarse antes de que haya terminado el secado en las más gruesas.

## 1.10 POLVO DE SECADO POR ASPERSIÓN

La leche en polvo secada por aspersión sufre comparativamente poco en comparación con los varios defectos que son comunes al polvo producido en los tambores rotatorios. No sólo la gota de leche que produce el atomizador a chorro o centrífugo, varía en diámetro menos que la película de producto sobre la superficie del tambor rotatorio, sino que ninguna gota está expuesta al calor intenso continuo que caracteriza a la exposición de la capa o película de producto sobre la superficie del tambor rotatorio. El intercambio de calor, en el caso de la gota, se hace inicialmente a través de una superficie de contacto gas/líquido, más tarde a través de una superficie de contacto gas/sólido. Con las temperaturas del aire que entra en el secador por aspersión que son hasta de 260° C, el calor se utiliza para transformar el agua en vapor. Esto enfría el aire y ayuda a evitar que la temperatura de la gota exceda la de su punto de ebullición. Para cuando se ha eliminado la humedad de las gotitas o burbujas, la temperatura del aire se ha reducido al punto de ebullición del producto líquido, o es menor que éste. Tales temperaturas dañan de manera mínima a los sólidos de la leche.

La eliminación de agua de la leche inevitablemente expone a algunas porciones de la grasa de leche directamente al aire. Los glóbulos de grasa también se pueden fundir durante el secado, y así se incrementa su superficie expuesta. Si se deja al polvo en la cámara de secado por aspersión o en la superficie del tambor rotatorio demasiado tiempo esto incrementa la posibilidad de que la grasa se funda. La grasa caliente reacciona más rápidamente que la grasa fría con el oxígeno del aire. Por lo que es importante, por esto, que el polvo se enfríe tan rápidamente como sea posible.

El secado por aspersión se utiliza en la preparación de caseinatos de calcio y de sodio. El polvo para helados es un producto lácteo secado por aspersión. Varios alimentos infantiles se secan por aspersión e incluyen sólidos de leche no grasos.

## 1.11 EMPAQUE

El Reglamento para evitar la adulteración de alimentos exige que la leche en polvo y la leche parcialmente descremada en polvo se empaquen, cuando su cantidad excede los 510 g, en recipientes herméticamente sellados. Los recipientes por lo común, son latas y sobres. Esto asegura que, una vez que el mismo esté sellado, el producto no sufrirá exposición adicional al aire sino hasta que se abra para ser usado. Esto suministra una cierta protección a la grasa que de otra manera no tendría.

Una mejora introducida a este método de empaque consiste en sacar el aire del recipiente lleno y luego sellarlo. Esto se hace en una cámara de vacío en el caso de las latas y en inyección de nitrógeno en el caso de sobres. Así se tiene la seguridad de que la grasa presente en el producto no quedará expuesta al aire que de otra manera quedaría encerrado en el interior del recipiente. El aire se encuentra distribuido a través de toda la leche en polvo, a excepción de la que está empacada al vacío. El aire contiene oxígeno con el que la grasa reacciona provocando deterioros que alteran el sabor del producto.

Tales recipientes a los cuales se les extrae el aire comúnmente se cargan con nitrógeno gaseoso o una mezcla de nitrógeno y hasta un 20 % de dióxido de carbono, como un medio más para proteger a la grasa de modificaciones oxidantes.

## CAPITULO II

### 2.1. DIAGRAMA DE PARETO

Alfredo Pareto (1848-1923) llevó a cabo muy completos estudios sobre la distribución de la riqueza en Europa. Descubrió que unos cuantos concentraban la mayor parte de la riqueza, en tanto que era muy grande el número de pobres que poseían muy poco. Esta desigual distribución de la riqueza se convirtió en parte fundamental de la teoría económica. El doctor Joseph Juran se dio cuenta de que este concepto era universal, por lo que se podía aplicar en diversos campos. Fue él quien acuñó las frases *minoría vital* y *mayoría útil*.

Un diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha, como puede observarse en la figura 1-1. En este caso, las clasificaciones de datos corresponden a tipos de fallas producidas en campo. Ejemplos de otros tipos de clasificaciones de datos serían los problemas relacionados con productos rechazados, las causas de ello y diversos tipos de rechazos. La minoría vital aparece a la izquierda de la gráfica y la mayoría útil, a la derecha. Hay veces que es necesario combinar elementos de la mayoría útil en una sola clasificación denominada *otros*, y que en la figura se indican como 0. Siempre que se utilice la categoría *otros*, ésta deberá colocarse en el extremo derecho. La escala vertical es para el costo en unidad monetaria, frecuencia o porcentaje. La diferencia entre un diagrama de Pareto y de un histograma (del que se hablará más adelante) radica en que la escala horizontal de un diagrama de Pareto se refiere a categorías, en tanto que en el histograma la escala es numérica.



FIGURA 11 Diagrama de Pareto

Hay ocasiones en las que en el diagrama de Pareto aparece una línea acumulativa, tal como se muestra en la figura 2-2. Esta línea representa la suma de los datos, conforme éstos, se van aglutinando al avanzar de izquierda a derecha. Se emplean dos escalas, la que está a la izquierda representa frecuencia o costo expresado en unidad monetaria y la de la derecha representa porcentajes.

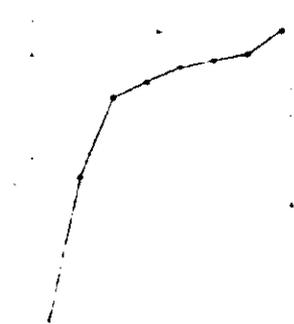


FIGURA 12 Diagrama de Pareto

Mediante los diagramas de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia. Por lo general, el 80% de los resultados totales se origina en el 20% de los

elementos. Lo anterior se puede observar en la figura 1-2, en donde los tipos F y C de fallas producidas en el campo son las causantes de casi el 80% del total. De hecho, los elementos más importantes se ubican listando todos los elementos por orden descendente. La gráfica es muy útil al permitir identificar visualmente en una sola revisión tales minorías de características vitales a las que es importante prestar atención. Así, se utilizan todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción correctiva. Ejemplos de tales minorías vitales de características serían:

La minoría de clientes que representan la mayoría de las ventas

La minoría de productos, procesos, o características de la calidad causantes del grueso de desperdicio o de los costos de reelaboración.

La minoría de rechazos que representa la mayoría de quejas de la clientela.

La minoría de vendedores que está vinculada a la mayoría de partes rechazadas

La minoría de problemas causante del grueso del retraso de un proceso

La minoría de productos que representan la mayoría de las ganancias obtenidas

La minoría de elementos que representan al grueso del costo de un inventario.

Para construir un diagrama de Pareto, se realizan seis pasos:

- 1 Definir qué método se empleará para clasificar los datos: por problema, por causa, por tipo de rechazo, etcétera.
- 2 Definir si para clasificar la gradación de las características se va a emplear el costo expresado en unidad monetaria (preferible) o la frecuencia.
- 3 Reunir los datos correspondientes a determinado periodo
- 4 Resumir los datos y disponer las categorías, de mayor a menor
- 5 En caso de que se desee emplearlo, calcular el porcentaje acumulativo.

## 6 Construir el diagrama y determinar la minoría vital.

En caso de emplearla, la escala de porcentaje acumulativo deberá coincidir con la escala de costo o de frecuencia, de manera que el punto correspondiente al 100% esté a la misma altura que el total de costo o frecuencia. Observe la flecha de la figura 1-2.

Conviene aclarar que una mejora en la calidad de la minoría vital, digamos del 50%, producirá mucho mayor rendimiento que una mejora del 50% de la mayoría útil. Asimismo, la experiencia ha mostrado que es más fácil lograr una mejora del 50% en la minoría vital.

El diagrama de Pareto se utiliza constantemente. Por ejemplo, supóngase que F es el objetivo de los esfuerzos correctivos del programa de elevación de la calidad. Se comisiona a un equipo de proyecto para que investigue y efectúe las mejoras necesarias. La siguiente vez que se realice un análisis de Pareto, otro tipo de falla de campo, digamos C, sería el objetivo de la corrección, y de esta forma el proceso de mejora continúa, hasta lograr que las fallas de campo se conviertan en un problema insignificante en el contexto general de la preocupación por lograr la calidad.

El diagrama de Pareto es una poderosa herramienta para la elevación de la calidad. Sirve para detectar problemas y para evaluar las mejoras logradas en un proceso.

## 2.2. DIAGRAMAS DE CAUSA Y EFECTO

Los diagramas de causa y efecto (CE) son dibujos que constan de líneas y símbolos que representan determinada relación entre un efecto y sus causas. Su creador fue el doctor Kaoru Ishikawa en 1943 y también se le conoce como diagrama de Ishikawa.

Los diagramas de CE sirven para determinar qué efecto es "negativo" y así emprender las acciones necesarias para corregir las causas, o bien, para detectar un efecto "positivo" y saber cuáles son sus causas. Casi siempre, por cada efecto hay muchas causas que contribuyen a producirlo. En la figura 1-3 se observa una diagrama de CE, en el cual el efecto está a la derecha y sus causas, a la izquierda. El efecto es la característica de la calidad que es necesario mejorar. Las causas principales, en general son:

Métodos de trabajo, materiales, mediciones, personal y entorno. A veces la administración y el mantenimiento forman parte también de las causas principales. A su vez, cada causa principal se subdivide en muchas otras causas menores. Por ejemplo, bajo el rubro de métodos de trabajo podrían incorporarse la capacitación, el conocimiento, la habilidad, las características físicas, etcétera. Los diagramas de CE (también conocidos como diagramas de "esqueleto de pescado", debido a su forma) son medios en donde se pueden representar todas las causas principales y menores.

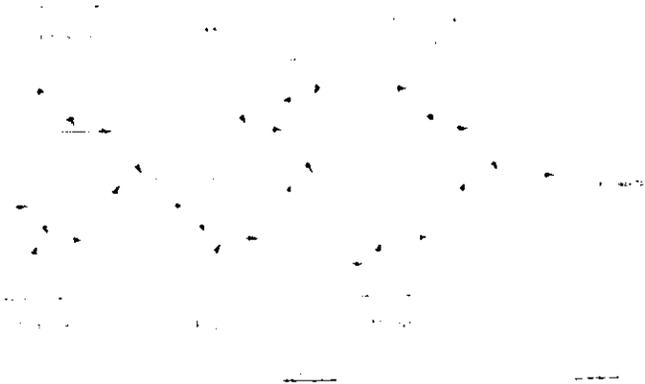


FIGURA 1.3 Diagrama de causa y efecto

El primer paso para construir un diagrama de CE consiste en la identificación por parte del grupo a cargo de un proyecto del efecto o problema de calidad que interese. El líder del equipo lo escribe en la parte derecha de un pliego grande de papel. Luego se procede a determinar cuáles son las causas principales y también se incluyen en el diagrama.

Para la determinación de las causas menores, el equipo que está a cargo del proyecto debe aplicar la técnica "lluvia de ideas". Esta técnica para generar ideas se adapta especialmente bien para trabajar con los diagramas de CE. En ella se aprovecha la capacidad creativa de todo el equipo.

Conviene prestar atención a las siguientes recomendaciones a fin de lograr resultados más útiles y precisos:

1. Para garantizar que cada uno de los miembros del equipo participe, es conveniente darles la palabra de uno en uno, sucesivamente, hasta completar una ronda. Si cuando le corresponda participar, al miembro no se le ocurre nada, se le salta en esa ronda. Posiblemente en una ronda posterior tenga una idea que ofrecer. Este procedimiento impide que la sesión dedicada a la lluvia de ideas esté dominada por una o dos personas.
2. Importa más la cantidad de ideas, que su calidad. La idea aportada por alguien podría inspirar una idea en otra persona y se produce así una reacción en cadena. Es muy común ver que una idea trivial o "tonta" dé lugar a la mejor solución.
3. No se aceptan las críticas a las ideas aportadas. El intercambio de información deberá producirse en un entorno de espontaneidad, en donde se dé libre curso a la imaginación. Todas las ideas se ponen en el diagrama. La evaluación de las ideas se efectúa más adelante.

4 El que todos puedan ver claramente el diagrama es un factor esencial para garantizar su participación. Para poder contar con espacio suficiente para las causas menores, se recomienda usar un pliego de papel de 60 cm por 90 cm. Para mejor visibilidad, fíjese a la pared con cinta adhesiva.

5 Se debe crear una atmósfera que favorezca el planteamiento de soluciones, no se trata de crear sesiones de tortura. Hay que enfocar todos los esfuerzos a resolver el problema en vez de ocuparse de cómo se produjo éste. El líder del equipo formulará preguntas empleando las técnicas del cómo, qué, dónde, cuándo, quién y cómo.

6. Dar tiempo para la maduración de las ideas (por lo menos esperar de un día para otro) y luego llevar a cabo otra sesión de lluvia de ideas. Al término de una sesión, se proporciona a cada uno de los miembros del equipo una copia de las ideas obtenidas. Cuando ya no se generen más ideas, se dan por concluidas las sesiones de lluvia de ideas.

Una vez finalizado el diagrama de CE, hay que proceder a su evaluación y así definir cuáles son las posibles causas. Esta actividad se lleva a cabo en una sesión especial. El procedimiento consiste en someter a votación cada una de las causas menores. Los miembros del equipo pueden poner su voto en una o en varias causas. Aquellas causas que obtengan la mayoría de los votos se encierran dentro de un círculo y así se habrá logrado determinar cuatro o cinco de las causas más probables.

Se proponen soluciones para corregir tales causas y mejorar el proceso. Los criterios empleados para evaluar las posibles soluciones incluyen el costo, la factibilidad, la resistencia al cambio, las consecuencias, la capacitación, etcétera. Una vez que el equipo esté de acuerdo en las soluciones por adoptar, se procede a las fases de prueba e implantación.

Los diagramas se colocan en lugares clave, para que sirvan de referencia constante cuando surjan problemas semejantes o nuevos. Conforme se vayan encontrando nuevas soluciones y se vayan haciendo mejoras, los diagramas se irán modificando de conformidad.

Las aplicaciones del diagrama de causa y efecto son prácticamente infinitas en las áreas de investigación, fabricación, mercadotecnia, trabajo de oficina, etcétera. Una de sus mayores ventajas es la global participación y contribución de todos los que intervienen en el proceso de la lluvia de ideas. El diagrama es útil para:

1. *Analizar*- las condiciones imperantes para mejorar la calidad de un producto o de un servicio, para un mejor aprovechamiento de recursos y para disminuir costos.
2. *Eliminar*- las condiciones que causan el rechazo de un producto y las quejas de un cliente.
3. *Estandarización* - de las operaciones en curso y de las que se propongan.
4. *Educación y capacitación* del personal en las áreas de toma de decisiones y de acciones correctivas.

En las líneas anteriores se explicó el diagrama de causa y efecto del tipo conocido como *enumeración de causas*, que es el más común. Existen otros dos tipos de diagramas de CE semejantes al anterior: análisis de dispersión y análisis de proceso. La única diferencia entre los tres reside en la forma cómo se organizan y presentan.

Una vez que los dos están terminados, tanto el diagrama de *análisis de dispersión* como el de enumeración de causas son iguales. La diferencia está en la forma cómo se constituye cada uno. En el de análisis de dispersión, cada una de las ramas principales se termina completamente antes de proceder a trabajar en otra rama. Por otra parte, el objetivo es analizar las causas de la dispersión o de la variabilidad.

El tercer tipo de diagrama de CE es el de *análisis de proceso*, y su apariencia es distinta de los dos anteriores. Para construir este diagrama hay que describir cada una de las etapas que implica el proceso de producción. Pasos del proceso de producción que podrían ser el montar, cortar, taladrar, grabar, biselar y desmontar, serían las *causas principales*, tal como se muestra en la figura 1-4. Las causas menores se van relacionando con las principales. Este diagrama de CE sirve cuando todos los elementos forman parte de la misma operación. Otras posibles aplicaciones son las operaciones que se realizan en un mismo proceso, un proceso de ensamblaje, un proceso químico continuo, etcétera. La ventaja que ofrece este tipo de diagrama de CE es su sencillez y lo fácil que es constituirlo ya que consiste en reproducir la secuencia de la producción.

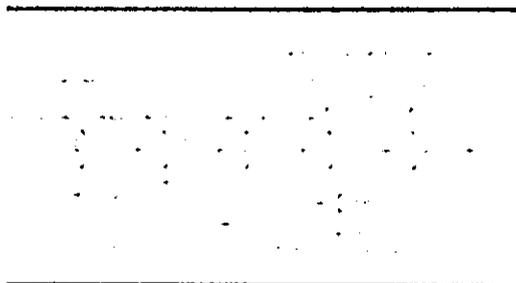


FIGURA 1.4 Diagrama de Causa-Efecto de un proceso de producción

### 2.3. HISTOGRAMA.

El histograma ordena las muestras tomadas de un conjunto, en tal forma que se vea de inmediato con qué frecuencia ocurren determinadas características que son objeto de observación. En el control estadístico de la calidad, el histograma se utiliza para visualizar el comportamiento del proceso con respecto a determinados límites.

En cualquier estudio estadístico es muy frecuente sacar muestras de un determinado conjunto, con el propósito de identificar las características de los elementos del conjunto. A éste se le designa con el nombre de población.

Para que a través de muestras podamos evaluar las características de una población total, es necesario emplear los métodos estadísticos. El método estadístico más común consiste en sacar muestras en tal forma que todos los elementos de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionados. Este método se denomina muestreo al azar y la muestra tomada a través del muestreo al azar se llama muestra aleatoria.

Las muestras aleatorias se toman con el propósito de ver hasta qué grado la población cumple con determinada característica. Con este fin se ordenan las muestras y se agrupan teniendo como criterio el que encajen dentro de determinados límites llamados intervalos. Las muestras que están dentro de estos intervalos integran subconjuntos denominados clases. Los límites de los intervalos se designan fronteras de clase. A la cantidad de muestras de una clase se le designa frecuencia de clase.

El histograma se construye tomando como base un sistema de coordenadas. El eje horizontal se divide de acuerdo con las fronteras de clase. El eje vertical se gradúa para medir la frecuencia de las diferentes clases. Estas se presentan en forma de barra que se levantan sobre el eje horizontal.

A esta presentación de la frecuencia de las muestras se le designa histograma.

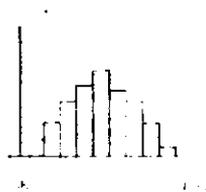
Es muy usual que el ordenamiento de las barras en un histograma tome la figura de una campana, esto es, que a partir de una barra de mayor altura ubicada en el centro, las barras de ambos lados disminuyan gradualmente de altura. Esto se debe a que la frecuencia con que ocurre la característica, objeto de observación, tiene casi siempre una tendencia central.

El comportamiento del proceso se puede también transcribir a un histograma, si a intervalos determinados se toman muestras de dicho proceso.

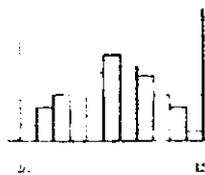
Cuando en el histograma se señalan los límites de especificación la gráfica entonces proporciona una visión del comportamiento con respecto a dichos límites.

Formas que puede tomar el histograma de un proceso en relación con las especificaciones

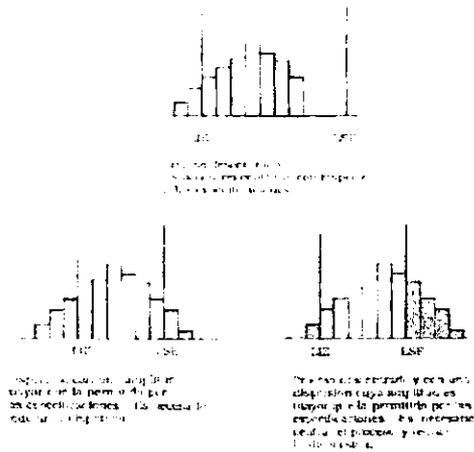
Fig. 1. Distribución normal para las variables  
 \*L: Límite superior de especificación



(a) El proceso cumple con los requisitos de especificación.



(b) El proceso no cumple con los requisitos de especificación. Se debe evaluar la dispersión.



## 2.4. ESTRATIFICACIÓN.

La estratificación es la herramienta estadística que clasifica los datos en grupos con características semejantes. A cada grupo se le denomina estrato. La clasificación se hace con el fin de identificar el grado de influencia de determinados factores o variables en el resultado de un proceso.

La situación que en concreto va a ser analizada determina los estratos a utilizar. Por ejemplo si se desea analizar el comportamiento de los operarios, éstos pueden estratificarse por edad, sexo, experiencia en el trabajo, capacitación recibida, turno de trabajo, etc.

La forma más común de presentar la estratificación es el histograma



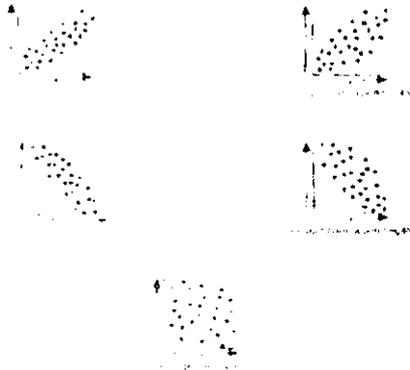
## 2.6. DIAGRAMA DE DISPERSION.

Se ha visto que el diagrama de causa y efecto ayuda a identificar las posibles causas de una característica de calidad, y que el diagrama de Pareto, al ordenar las causas, facilita ver cuáles de éstas deben eliminarse en forma prioritaria, a fin reducir en gran medida el número de productos defectuosos

Pues bien, con el propósito de controlar mejor el proceso y por consiguiente, de mejorarlo resulta a veces indispensable conocer la forma como se comportan entre si algunas variables; esto es, si el comportamiento de unas influye en el comportamiento de otras, o no y en que grado. Los diagramas de dispersión muestran la existencia, o no, de esta relación

La correlación puede ser positiva, si las variables se comportan en forma similar (crece una o crece la otra); o negativa, si las variables se comportan en forma opuesta (aumenta una, o disminuye la otra).

Figuras que pueden presentar los diagramas de dispersión.



## 2.7.- GRÁFICAS DE CONTROL.

### Gráficos de control para variables

Uno de los axiomas o verdades evidentes de la fabricación es que nunca se producen dos objetos que sean exactamente iguales. En realidad esta idea de la variación es una ley inherente a la naturaleza, en donde no hay dos seres que pertenezcan a la misma categoría que sean exactamente iguales. La variación puede ser grande y evidente, como es el caso de la diferente altura de los seres humanos, o insignificante, como el peso de los marcadores con punta de fieltro, o la forma de los copos de nieve. Si las variaciones son muy pequeñas, los objetos darán la impresión de que son idénticos, sin embargo, mediante instrumentos de precisión se hará patente la diferencia. Si dos objetos dan la impresión de medir lo mismo, se debe a las limitaciones de los instrumentos de medición empleados. Conforme se han ido mejorando éstos, las diferencias han persistido, aunque el aumento en la variación ha cambiado. Antes de controlarla, hay que estar en condiciones para medir la variación.

Existen tres clases de variaciones en la producción de las partes por pieza:

1. *Variación en la pieza misma.* Ejemplo de este tipo de variación es el diferente grado de aspereza de la superficie de una pieza, en la que una área puede ser más áspera que otra, el ancho de uno de los extremos del ojo de una cerradura es distinto del otro extremo.

2. *Variación de una pieza a la otra.* Este tipo de variación se produce en piezas que se fabrican al mismo tiempo. Por ejemplo, la intensidad luminosa que producen cuatro focos fabricados por una máquina, uno después del otro, es distinta.

3. *Variación de una hora a otra.* Ejemplo de esta variación son las diferencias que hay en los productos fabricados a distinta hora del día. Lo que se fabrica en la mañana podrá ser diferente de lo que se hace más tarde, o conforme se desgastan las herramientas de corte, así también se modifican las características de corte.

Las categorías de la variación de otros tipos de procesos, como los procesos químicos continuos, no son exactamente como las anteriores, sin embargo, el concepto será el mismo.

La variación es algo inherente a todo proceso, debido al efecto conjunto de equipo, materiales, entorno y operario. La primera causa de la variación es el *equipo*. En ésta figuran el desgaste de la herramienta, las vibraciones de la máquina, el equipo de sujeción de trabajo y del posicionamiento de dispositivos así como las fluctuaciones hidráulicas y eléctricas. Cuando se conjuntan todas estas variaciones, el equipo operará dentro de cierta capacidad o precisión. Incluso se afirma que máquinas idénticas tienen capacidades diferentes, algo muy importante que se debe tomar en cuenta cuando se programe la fabricación de piezas importantes.

La segunda causa de la variación es debido al *material*. Puesto que se producen variaciones en el producto terminado, también deben estar presentes en la materia prima (a su vez, otro producto terminado). Características relacionadas con la calidad como la resistencia a la tensión, ductilidad, grosor, porosidad y contenido de humedad, es de esperar que contribuyan a la variación total del producto final.

Una tercera causa de variación es el *entorno*. La temperatura, la luz, la radiación, el tamaño de las partículas, la presión y la humedad contribuyen todas a las variaciones en el producto. Para tener bajo control estos factores, a veces se fabrican los productos en

habitaciones blancas. Hay experimentos que se realizan en el espacio exterior a fin de obtener mayor información sobre el efecto del entorno en las variaciones del producto

Una cuarta causa de variación es el *operario*. En esta causa figura también el método que emplea el operario para realizar determinada operación. El bienestar emocional y físico del operario también contribuye en la variación. Un dedo cortado, un tobillo torcido, un problema personal, o un dolor de cabeza pueden ser motivo de la alteración en la eficiencia de un operario. La falta de comprensión de un operario sobre las variaciones del equipo y del material debido a una falta de capacitación hará necesario efectuar continuos ajustes de máquina, con lo que la variabilidad se hace más compleja. Conforme nuestro equipo es más y más automatizado, el efecto del operario en variación ha disminuido.

Las cuatro causas anteriores son las responsables de la auténtica variación. Se habla también de una variación vinculada a las tareas de *inspección*. Un mal equipo de inspección, o la inadecuada aplicación de una norma de calidad, o una excesiva presión ejercida en un micrómetro, todas pueden ser causas de un informe erróneo sobre variación. En general, las variaciones que causa una inspección no deberán ser de más del diez por ciento de las otras cuatro causas de la variación. Conviene tener presente que tres de estas causas también figuran en las tareas de inspección: un inspector, equipo de inspección y el entorno.

Siempre que estas fuentes de variación fluctúan de manera natural o prevista, se producirá un patrón estable de diversas *causas fortuitas* (causas aleatorias) de la variación. No es posible eliminar las causas fortuitas de la variación. Debido a que son muchas, y cada una de ellas por separado reviste poca importancia, es difícil detectarlas o descubrirlas. Aquellas causas de la variación cuya magnitud es grande, gracias a lo cual se les puede identificar fácilmente, se les clasifica como *causas atribuibles*. Cuando en un

proceso sólo están presentes causas fortuitas, se considera que el proceso se encuentra en estado de control estadístico. Es estable y predecible. Sin embargo, si también existen causas atribuibles de variación, ésta resultará excesiva y al proceso se le clasifica como fuera de control, o que está más allá de la variación natural esperada.

Los objetivos principales de los gráficos de control son: mejorar la calidad, aumentar la uniformidad, reducir o evitar la producción de desechos y proporcionar información acerca de la actuación de las máquinas y los operarios.

Existen dos tipos de gráficos de control que pueden ser utilizados:

- a) gráficos de control para variables
- b) gráficos de control para atributos

En este trabajo se utiliza el tipo de gráfico indicado en el inciso a.

Algunos objetivos de los gráficos de control son:

- Obtener información para establecer o cambiar especificaciones.
- Obtener información para ser utilizada en el establecimiento o cambio de los procesos de producción
- Obtener información para establecer o modificar los procedimientos de inspección.
- Proporcionar un criterio para la toma de decisiones reales durante la producción acerca de cuándo investigar causas de variación y tomar acción para corregirlas o cuándo dejar solo el proceso.
- Proporcionar un criterio para la toma de decisiones rutinarias sobre la aceptación o rechazo de un producto manufacturado o comprobado
- Familiarizar al personal con el uso de las gráficas de control.

Para poder adoptar este tipo de inspección es necesario medir las características de calidad, es decir, los valores de la variable aleatoria continua, que generalmente tienen un comportamiento similar al de una distribución Normal.

La determinación de los límites de control, permiten detectar las causas explicables de la variación y, decidir en la forma más eficiente, según la causa de error, definir si el proceso está fuera de control y se requiere una acción correctiva.

Aunque el proceso este bajo control, el gráfico puede presentar:

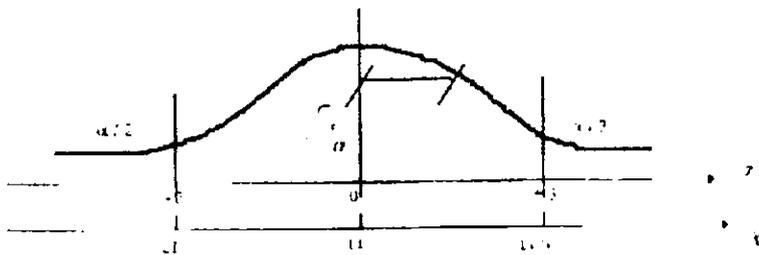
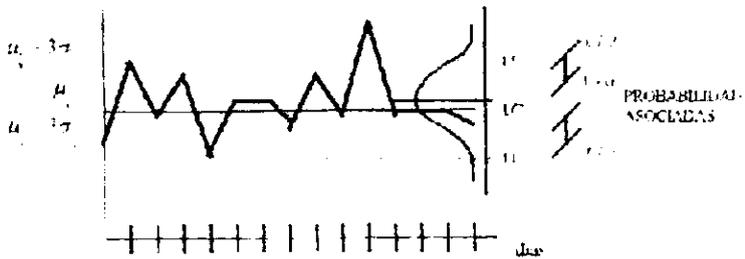
- ciclos repetidos
- tendencias
- cambios bruscos en el nivel del proceso
- puntos cerca de los límites

### Gráficos $\bar{x}$

Se utiliza cuando un proceso es automático.

Es la posición de la medida de tendencia central con base a distribución normal con

parámetros:  $\mu_x = \mu$        $\sigma_x = \frac{\sigma}{n}$



### Formas de cálculo

- Conociendo  $\mu$  y  $\sigma$ .

$$LC = \mu_k = \mu$$

$$L = \mu_k \pm 3\sigma_k = \mu \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \mu \pm A\sigma$$

Estimando  $\mu = \bar{x}$

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{k} = \bar{x} \text{ donde } \bar{x}, \text{ es la media de la muestra de tamaño "n" de "k" muestras.}$$

y estimando con  $\hat{\sigma}$

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^k s_i}{k c_2} \quad \text{donde } c_2 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

$c_2$  = factor de sesgo de la desviación, tabulado en función al tamaño de la muestra.

k debe ser por lo menos de 25 muestras

$$LC = \bar{x}$$

$$L = \bar{x} + \frac{3s}{\sqrt{nc_2}} = \bar{x} + A_1 s$$

c) estimando  $\mu$  igual que anterior, ahora con  $\sigma = \frac{\left(\sum k^R\right)}{d_2} = \frac{R}{d_2}$  donde R rango y  $d_2$  es

factor de sesgo de rango, que está tabulado en función de n

$$LC = \bar{x}$$

$$L = \bar{x} + \frac{3R}{\sqrt{n(d_2)}} = \bar{x} + A_2 R$$

La elaboración de una gráfica de control  $\bar{x} - R$  es sencilla, si se desarrollan los siguientes pasos:

1º. Decisión de la construcción de la gráfica

Este paso incluye los objetivos a conseguir, la elección de la variable, elección del criterio de formación de datos representativos, elección del tamaño y frecuencia de la obtención de dichos datos, métodos de registro de los datos y determinación del método de medición.

La elección de variables se basa en el propósito de reducir o impedir los rechazos, los costos, el desperdicio, el reproceso, etc. Debe de tratarse de algo que pueda ser medido o expresado en número.

Dado que el inspeccionar la calidad de cada una de las piezas de un lote de producción (inspección al 100%), medir o contar cierta característica de calidad de un producto no es económico, y a veces resulta imposible (sobre todo si la prueba destruye un artículo), es mucho mejor realizar las pruebas durante el proceso bajo las siguientes condiciones:

- Intervalos regulares de tiempo
- Seleccionar cada vez una muestra aleatoria con tamaño  $3 \leq n \leq 10$ , se recomienda generalmente  $n = 5$  y que debe ser constante durante todo el proceso

Existen 3 formas recomendadas y diferentes para seleccionar las muestras:

- a) tomando  $n$  elementos consecutivos cada determinado tiempo en la línea de producción

- b) tomando n elementos al azar cada determinado tiempo de la producción almacenada o acumulada
- c) separando las muestras, según las máquinas, los operadores o los moldes

## 2º. Construir la gráfica

Incluye obtener las mediciones y datos , calcular la media de cada serie de datos

representados  $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$  , calcular el rango de cada serie de datos

$R = V_{\text{mayor}} - V_{\text{menor}}$ , obtener el promedio de rangos  $\bar{R} = \frac{\sum R}{k}$  , calcular los límites de

control  $LS = \bar{x} + A_2 \bar{R}$  y  $LS = \bar{x} - A_2 \bar{R}$  y trazar la gráfica  $\bar{x}$ .

## 3º. Interpretar la estabilidad del proceso

La obtención de conclusiones preliminares deducidas de los gráficos incluye la indicación de control o falta de él, relación entre la trayectoria que sigue el proceso y la que se supone que debe seguir.

Por lo tanto debe examinarse el proceso, para tratar de eliminar la causa de un comportamiento ya sea anormal o un proceso fuera de control, por lo tanto se recomienda.

- manejar dos tipos de gráficos en forma conjunta
- establecer especificaciones o ampliarlas
- k debe ser por lo menos de 25

En siguiente cuadro se presenta un resumen de los tipos de gráficos utilizados, el tipo de distribución teórica de probabilidad en la que se basan, donde se recomienda utilizar y las formas de cálculo

GRAFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

TIPO DE CONTROL	TIPO DE DISTRIBUCION	TIPO DE ESTADISTICO	FORMAS DE CALCULO
para media	normal límites de control simétricos	promedio	a) constante $\bar{x}$ b) estándar para $\sigma$ conocido $\sigma/\sqrt{n}$ c) estándar $s/\sqrt{n}$ para $\sigma$ desconocido $K/\sqrt{n}$
para desviación estándar	límites no simétricos generalmente (10)	medida de dispersión (norma 15)	a) constante $\sigma$ o $B_1/\sqrt{n}$ b) estimado $\sigma$ o $B_2/\sqrt{n}$
para rango	límites no simétricos generalmente (10)	medida de dispersión (norma 14) cuando la dispersión en forma aproximada	a) constante $\sigma$ o $D_1/\sqrt{n}$ b) estimado $K/\sqrt{n}$ o $D_2/\sqrt{n}$

En la siguiente tabla se muestran las fórmulas utilizadas para calcular los límites superior, central e inferior de los gráficos de control para variables

CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL

GRAFICO	TIPO DE DISTRIBUCION	ESTADISTICO	LIMITE SUPERIOR	LIMITE CENTRAL	LIMITE INFERIOR
PROMEDIO	NORMAL	$\bar{x}$	$\bar{x} + A\sigma$	$\bar{x}$	$\bar{x} - A\sigma$
			$\bar{x} + A_1 \frac{s}{\sqrt{n}}$	$\bar{x}$	$\bar{x} - A_2 \frac{s}{\sqrt{n}}$
DESVIACION	NORMAL	$\sigma$	$B_1$	$\sigma$	$B_2$
			$B_2/\sqrt{n}$	$\sigma$	$B_3/\sqrt{n}$
RANGO	NORMAL	$R$	$D_1/\sqrt{n}$	$\sigma$	$D_2/\sqrt{n}$
			$K/\sqrt{n}$	$\sigma$	$D_3/\sqrt{n}$

Los valores de A, A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> (para gráficos de medias), c<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> y B<sub>4</sub> (para gráficos de desviación) y los valores d<sub>2</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> y D<sub>4</sub> (para gráficos de rango) se encuentran en tablas (Anexo 4)

## CAPITULO III

### 3.1. METODOS ESTADISTICOS

La calidad medida de las propiedades del proceso y del producto terminado están sujetas a un cierto grado de variación debido al azar. La variación de este patrón fijo es inevitable. Las razones por las cuales esa variación rebasa los límites de dicho patrón deben descubrirse y corregirse.

La fuerza de las técnicas estadísticas desarrolladas en este capítulo reside en su capacidad para distinguir las causas atribuibles a la variación de la calidad. Esto hace posible el diagnóstico y la corrección de muchos problemas de producción y a menudo produce mejoras substanciales en la calidad del producto así como en la reducción de la cantidad de productos rechazados.

### 3.2 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO

#### Objetivo General

Desarrollar el control de pesos (en sobres de leche entera en presentación de 500 g) en la operación de envasado, mediante el análisis estadístico de las diferentes variables que influyen en ella, con la finalidad de implementar ajustes en la misma

#### Objetivo particular No. 1.

Identificar las variables que influyen en el contenido neto del producto mediante la elaboración del diagrama de Ishikawa.

## Actividades

- 1.1 Realizar una entrevista con los supervisores, operadores y el responsable de mantenimiento, acerca de los principales problemas que presentan las máquinas de envasado y sus posibles causas.
- 1.2 Elaborar el diagrama de Ishikawa.

### Objetivo particular No. 2.

Llevar un registro de control de pesos donde se incluyen los problemas anteriormente mencionados, que denominaremos motivos del paro.

#### Actividades:

- 2.1 Desarrollar una simbología con la finalidad de representar de manera práctica los motivos del paro.
- 2.2 Modificar el formato de registro de control de pesos de manera tal que contenga la información necesaria que nos ayude a identificar como y cuanto nos afectan las diferentes variables.
- 2.3 Dar a conocer a los supervisores la forma correcta de llenar los nuevos registros de control de pesos, con la finalidad de recabar la información completa.

### Objetivo particular No. 3

Elaborar una base de datos adecuada de tal forma que únicamente se descarguen los datos de los registros y de manera automática el programa presente los resultados estadísticos y los gráficos correspondientes.

Actividades:

- 3.1 Seleccionar el programa adecuado para el fácil y confiable registro de los datos
- 3.2 Elaboración del formato para el vaciado de los datos.

Objetivo particular No. 4

Elaboración del diagrama de Pareto con los datos obtenidos de un muestreo para determinar la magnitud y el efecto en el proceso de cada una de estas causas.

Actividades:

- 4.1 Obtener el tiempo perdido por paro y el número de piezas perdidas por encontrarse fuera de especificación.
- 4.2 Determinar el porcentaje de pérdida representado por cada una de las causas mencionadas.
- 4.3 Elaboración del diagrama de Pareto.

Objetivo particular No. 5

Proponer en función de los resultados obtenidos, modificaciones al proceso así como comentarios y sugerencias al departamento de producción

- 5.1 Agrupar los diversos tipos de paro en categorías específicas
- 5.2 Determinar el efecto de dichos paros

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### OBJETIVO 1

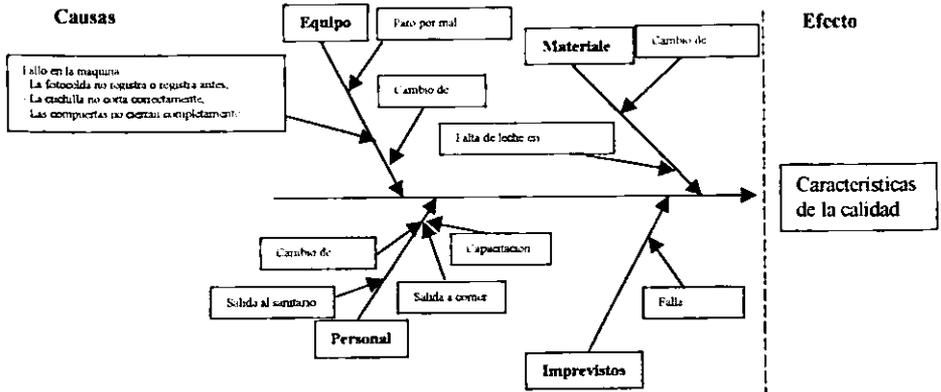
1.1 De la reunión realizada con el personal involucrado en el proceso, se obtuvieron las posibles causas de los problemas que presentan las máquinas de envasado

- 1.- Paro por mal sellado.
- 2 - Cambio de bobina.
- 3 - Cambio de lote
- 4 - Fallo en la máquina.

La fotocelda no registra o registra antes, la cuchilla no corta correctamente, las compuertas no cierran completamente. Etc.

- 5.- Salida a comer o cambio de turno
- 6.- Falta de materias primas en producción,
- 7.- Sellado de cajas,
- 8 - Falla eléctrica

## 1.2 Diagrama de Ishikawa



## OBJETIVO 2

### 2.1 Simbología propuesta.

MOTIVO DEL PARO	SIMBOLOGIA
PARO POR MAL SELLADO	A
CAMBIO DE LOTE	B
CAMBIO DE BOBINA	C
FALTA DE LECHE EN PRODUCCION	D
FALLO EN LA MAQUINA	E
SELLADO DE CAJAS	F
FALLA ELECTRICA	G
SALIDA A COMER / CAMBIO DE TURNO	H

2.2 El nuevo formato se presenta en el anexo # 1

2.3 Se llevó a cabo una reunión con los supervisores y se les informó cómo llenar el nuevo formato.

### OBJETIVO 3

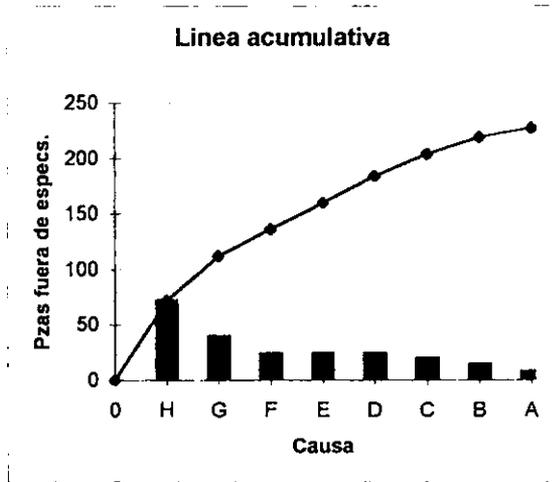
3.1 El programa para la elaboración de dicha base de datos se realizó en Microsoft Excel ya que es de fácil acceso para la mayoría del personal.

3.2 El formato se presenta en el anexo # 2

### OBJETIVO 4

4.1 y 4.2.

CAUSA	SIMBOLOGIA	TIEMPO	PZAS. PERDIDAS	%
PARO POR MAL SELLADO	A	3	8	3.5
CAMBIO DE LOTE	B	5	15	6.6
CAMBIO DE BOBINA	C	10	20	8.8
FALTA DE LECHE EN PRODUCCION	D	15	24	10.6
FALLO EN LA MAQUINA	E	15	24	10.6
SELLADO DE CAJAS	F	15	24	10.6
FALLA ELECTRICA	G	20	40	17.6
SALIDA A COMER / CAMBIO DE TURNO	H	30	72	31.7
TOTAL		113	227	100.0



## OBJETIVO 5

5.1 Analizando los resultados proporcionados por el diagrama de Pareto se decidió agrupar los tipos de paro en tres categorías las cuales se mencionan a continuación

◆ DEBIDAS AL EQUIPO

paro por mal sellado

cambio de lote

fallo en la maquina cambio de bobina

falla eléctrica

salida a comer / cambio de turno

◆ MALA ORGANIZACION

falta de leche en producción

sellado de cajas

◆ FALTA CAPACITACION

No hacer ajustes en el contador.

A lo largo de la investigación de las causas originarias del bajo peso se detecto que estas se podian disminuir al ajustar el contador de la máquina

5.2 Los resultados se presentan en el anexo 3

## ANALISIS DE RESULTADOS.

Analizando los resultados del anexo 2 se observa que las principales causas de desviación en el proceso son: fallos en la máquina y paros por mal sellado, sabemos que estas causas no se podrán erradicar, pero se puede reducir el grado de afectación proporcionando una adecuada capacitación.

Cuando se identificó que el problema de pesos se encontraba al inicio de cada arranque de la máquina por efecto de los motivos de paros mencionados anteriormente, las acciones tomadas por los departamentos de control de calidad y producción fueron:

- 1.- Indicar a los supervisores, operadores y ayudantes, retirar de la línea de empaque el 100% de los productos hasta lograr estabilizar y mantener el peso IDEAL (Contenido neto + el peso del empaque).
- 2.- Al encontrar que se perdía una cantidad considerable de producto, el departamento de C.C. en coordinación con el de producción, se dieron a la tarea de disminuir estas pérdidas.

En base a los análisis de resultados del anexo # 3 se deduce que con una supervisión y capacitación adecuadas se pueden disminuir considerablemente estas mermas.

Se puede observar que las demás causas de desviación no afectan considerablemente el proceso, además, eliminando las causas que se presentan por la mala planeación de la producción, en total se reducirán hasta en un 65% del total de las pérdidas.

## CONCLUSIONES

Como resultado del análisis del proceso se recomienda tomar 5 piezas cada 15 minutos durante las 5 5 hr. que dura un turno

A continuación se presenta dicho análisis:

1.- Se tomaron muestras de 8 unidades cada cinco minutos, para conocer el comportamiento del proceso, posteriormente se reducirá esta cantidad.

El cálculo del tamaño de muestra se realizó de la siguiente manera, utilizando la tabla que se presenta a continuación.

Tamaño de las muestras (tomado de MIL-STD-414-Z1.9, Inspección normal, nivel II).

TAMAÑO DE L LOTE	TAMAÑO DE LA MUESTRA
91 - 150	10
151 - 280	15
281 - 400	20
401 - 500	25
501 - 1 200	35
1 201 - 3 200	50
3 201 - 10 000	65
10 001 - 35 000	80
35 001 - 150 000	95

Considerando que el envasado promedio por turno es de 7,500 kg. de leche en sobres de 500 g. Se tiene como resultado un total de 15,000 sobres

Se necesitan de acuerdo a la tabla, 100 muestras

La duración de un turno es de 8 hrs, en éste se pierden:

30 minutos en preparar el arranque

2 hr. en los paros planeados y no planeados

Resultando un total de 5:30 hr. de trabajo neto

$330 \text{ min} / 100 \text{ pzas hr} = 3.3 \text{ pzas por minuto}$

Tomando 5 piezas cada 15 minutos durante estas 5.5 hr se obtendrían 110 piezas

Con una supervisión adecuada y una verdadera organización entre operador y ayudantes se pueden estabilizar y controlar rápidamente los pesos. Garantizando con esto que nuestros productos cumplen con la calidad requerida de acuerdo con las especificaciones establecidas para dicho producto reduciendo así la merma.

Es necesario una capacitación adecuada de las personas involucradas: ayudantes, operadores y supervisores acerca de la importancia que tiene su trabajo para la obtención de productos que satisfagan las características de calidad que la empresa y el cliente requieren.

Como se puede observar en este trabajo las herramientas estadísticas son de gran utilidad en la industria, para resolver y controlar problemas referentes tanto a la calidad como a la productividad.

# HOJA DE VERIFICACION



PRODUCTO:	
FECHA:	
LOTE:	
PRESENTACION:	
TURNO:	
MAQUINA:	
OPERADOR:	
SUPERVISOR:	

ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE	
------------------------------	--

L. SUPERIOR	
IDEAL	
L. INFERIOR	

SEÑAL	HORA	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15	03:30	03:45
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
MOTIVO DEL PARO (símbolo)																	
MEDIA																	
RANGOS																	

**SIMBOLOGIA:**

- PARO POR MAL SELLADO
- CAMBIO DE LOTE
- CAMBIO DE BOBINA
- FALTA DE LECHE EN PRODUCCION
- FALLO EN LA MAQUINA
- SELLADO DE CAJAS
- FALLA ELECTRICA
- SALIDA A COMER / CAMBIO DE TURNO

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- H

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

# HOLLA DE VERIFICACION



PRODUCTO	Alpura Entera		
FECHA	8-mayo-2000		
LOTE	BA-8-4		
PRESENTACION	500 g		
TURNO	I		
MAQUINA	A		
OPERADOR	Pedro		
SUPERVISOR	Isaias		

## ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE

L. SUPERIOR	521
IDEAL	511
L. INFERIOR	501

SECCION	HORA	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15	03:30	03:45
1		503	514	515	519	513	517	507	506	512	507	507	495	500	498	517	519
2		505	510	501	518	525	516	500	506	517	508	503	494	505	505	522	518
3		500	515	510	506	519	511	514	510	514	518	516	503	506	505	520	515
4		510	515	504	532	520	520	514	498	517	517	501	498	502	509	511	515
5		512	505	515	513	524	516	505	503	515	521	508	502	506	511	509	509
6		507	514	510	518	514	499	495	495	503	508	504	486	508	504	511	508
7		505	503	511	510	531	514	512	500	514	510	526	503	505	513	515	516
8		495	506	521	525	506	501	507	492	507	514	505	503	502	500	520	518
MOTIVO DEL PARO	Simbolo	H		F	E				A				E				
MEDIA		504.6	510.3	510.9	517.6	519.0	511.8	506.8	501.3	512.4	512.9	508.8	498.0	504.3	505.6	515.6	514.8
RANGOS		17	12	20	26	25	21	19	18	14	14	25	17	8	15	13	11

### SIMBOLOGIA:

- PARO POR MAL SELLADO
- CAMBIO DE LOTE
- CAMBIO DE BOBINA
- FALTA DE LECHE EN PRODUCCION
- FALLO EN LA MAQUINA
- SELLADO DE CAJAS
- FALLA ELECTRICA
- SALIDA A COMER / CAMBIO DE TURNO

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- H

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

## SIMBOLOGIA:

PARO POR MAL SELLADO	A
CAMBIO DE LOTE	B
CAMBIO DE BOBINA	C
FALTA DE LECHE EN PRODUCCION	D
FALLO EN LA MAQUINA	E
SELLADO DE CAJAS	F
FALLA ELECTRICA	G
SALIDA A COMER / CAMBIO DE TURNO	H

SERIE \ HORA	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15
1	510	518	521	522	512	519
2	516	511	519	521	510	509
3	519	514	515	526	511	517
4	524	510	521	516	503	512
5	517	515	521	517	504	522
6	521	517	516	506	521	509
7	519	509	519	511	520	515
8	508	509	507	516	519	526
MEDIA						
MEDIA	516.8	512.9	517.4	516.9	512.5	516.1
RANGOS	16	9	14	20	18	17

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

## CONTROL ESTADISTICO

PRODUCTO:	Alpura Entera
FECHA:	8-mayo-2000
LOTE:	BA-8-4
PRESENTACION	500 g
TURNO:	1*
MAQUINA	A
OPERADOR	Pedro
SUPERVISOR.	Isaias

## ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE

L. SUPERIOR	510
<b>IDEAL</b>	500
L. INFERIOR	490

PESO DE LA BOLSA:	11
-------------------	----

HORA	MEDIAS	C NETO	RANGOS
00:00	504.63	493.63	17
00:15	510.25	499.25	12
00:30	510.88	499.88	20
00:45	517.63	506.63	26
01:00	519.00	508.00	25
01:15	511.75	500.75	21
01:30	506.75	495.75	19
01:45	501.25	490.25	18
02:00	512.38	501.38	14
02:15	512.88	501.88	14
02:30	508.75	497.75	25
02:45	498.00	487.00	17
03:00	504.25	493.25	8
03:15	505.63	494.63	15
03:30	515.63	504.63	13
03:45	514.75	503.75	11
04:00	516.75	505.75	16
04:15	512.88	501.88	9
04:30	517.38	506.38	14
04:45	516.88	505.88	20
05:00	512.50	501.50	18
05:15	516.13	505.13	17
Total	11246.88	11004.88	369.00

## LIMITES DE CONTROL PARA MEDIAS

$$LCX = \frac{1}{22} \times 11004.88 = \underline{\underline{500.22}}$$

$$R = \frac{1}{22} \times 369.00 = \underline{\underline{16.77}}$$

$$n = 8$$

$$A_2 = 0.3726$$

$$LS = X + (A_2 \times R)$$

$$LS = \underline{\underline{506.471}}$$

$$LI = X - (A_2 \times R)$$

$$LI = \underline{\underline{493.972}}$$

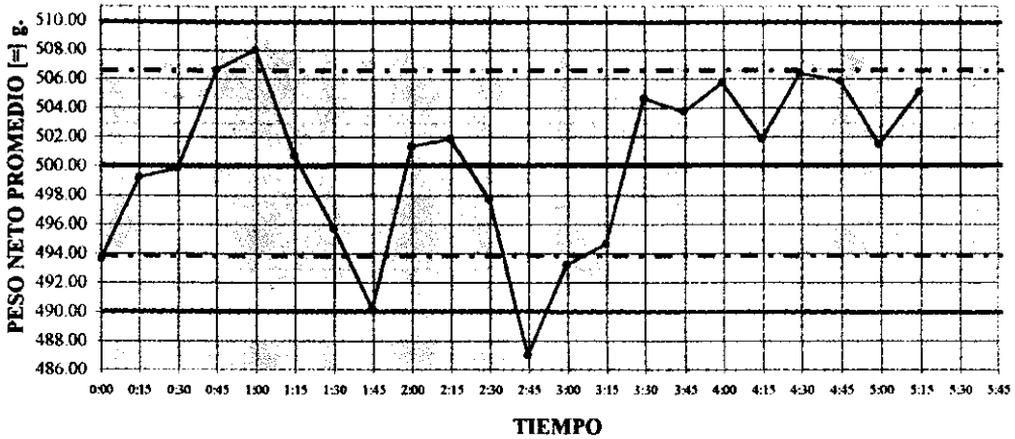
ANEXO 2

# GRAFICOS DE CONTROL

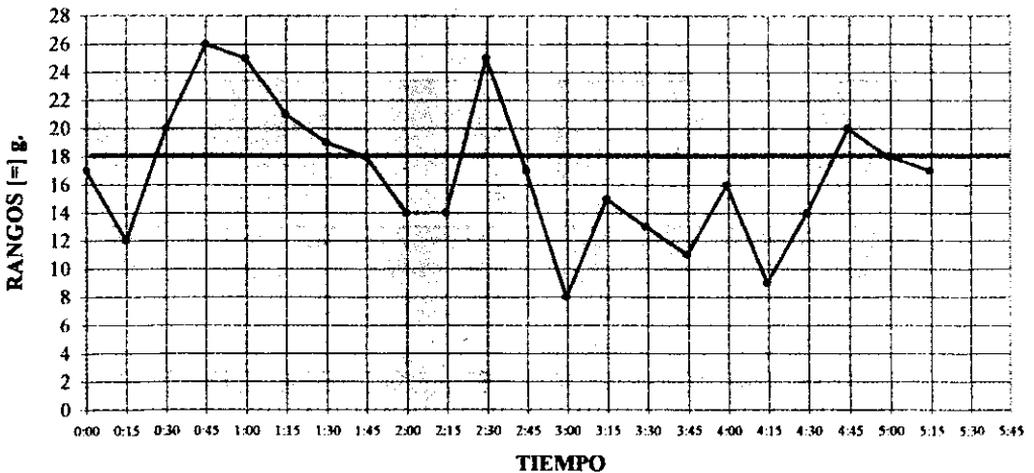
PRODUCTO:		Alpura Entera
FECHA:		8-mayo-2000
LOTE:	BA-8-4	
PRESENTACION:		500 g
TURNO:		1º
MAQUINA:		A
OPERADOR:		Pedro
SUPERVISOR:		Isaias

ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE		LIMITES DE CONTROL	
L SUPERIOR	—	510	- - 506.5
<b>IDEAL</b>	—	500	— 500.2
L INFERIOR	—	490	- - 494.0

**GRAFICO TIEMPO Vs MEDIAS**



**GRAFICO TIEMPO Vs RANGOS**



ANEXO 3

SIN AJUSTE DEL CONTADOR

CAUSA	SIMBOLO	TIEMPO MINUTOS	PIEZAS PERDIDAS	PIEZAS ACUMULADAS	%	% Ac.
* PARO POR MAL SELLADO	A	3	8	8	3.5	3.5
* CAMBIO DE LOTE	B	5	15	23	6.6	10.1
* CAMBIO DE BOBINA	C	10	20	43	8.8	18.9
FALTA DE LECHE EN PRODUCCION	D	15	24	67	10.6	29.5
* FALLO EN LA MAQUINA	E	15	24	91	10.6	40.1
SELLADO DE CAJAS	F	15	24	115	10.6	50.7
* FALLA ELECTRICA	G	20	40	155	17.6	68.3
* SALIDA A COMER / CAMBIO DE TURNO	H	30	72	227	31.7	100.0
	SUMA	113	227		100.0	

AJUSTANDO EL CONTADOR

CAUSA	SIMBOLO	TIEMPO MINUTOS	PIEZAS PERDIDAS	PIEZAS ACUMULADAS	%	% Ac.
* PARO POR MAL SELLADO	A	3	4	4	3.7	3.7
* CAMBIO DE LOTE	B	5	8	12	7.4	11.1
* CAMBIO DE BOBINA	C	10	10	22	9.3	20.4
FALTA DE LECHE EN PRODUCCION	D	15	14	36	13.0	33.3
* FALLO EN LA MAQUINA	E	15	14	50	13.0	46.3
SELLADO DE CAJAS	F	15	14	64	13.0	59.3
* FALLA ELECTRICA	G	20	20	84	18.5	77.8
* SALIDA A COMER / CAMBIO DE TURNO	H	30	24	108	22.2	100.0
	SUMA	113	108	-	100.0	-

	SIMBOLO	pzas	%
PZAS PERDIDAS POR FALTA CAPACITACION	X	119	52.4
* PZAS PERDIDAS POR EL EQUIPO	Z	80	35.2
PZAS PERDIDAS POR MALA ORGANIZACION	Y	28	12.3
		227	100.0

\* ESTAS PÉRDIDAS NO SE PUEDEN ELIMINAR AL 100 %

## ANEXO 4

### TABLA PARA CALCULO DE LIMITES DE CONTROL PARA VARIABLES

n	X			S				R					
	$\bar{x}$	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	B	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>
2	1.211	1.7199	1.8816	0.5642	0	1.6479	0	3.7664	1.128	0	3.607	0	1.8586
3	1.231	1.7397	1.9211	0.7236	0	1.5583	0	2.5682	1.605	0	4.357	0	2.5736
4	1.250	1.7599	0.7285	0.7979	0	1.8079	0	2.2659	2.059	0	4.659	0	3.2872
5	1.266	1.7799	0.5768	0.8407	0	1.7567	0	2.0895	2.306	0	4.918	0	3.1144
6	1.282	1.4100	0.4833	0.8686	0.0261	1.7111	0.3369	1.9700	2.544	0	5.078	0	2.0039
7	1.1319	1.2766	0.4193	0.8882	0.1045	1.6719	0.1176	1.8824	2.074	0.201	5.433	0.0758	1.9242
8	1.1607	1.1750	0.3728	0.9027	0.1670	1.6494	0.1850	1.8150	2.847	0.387	5.307	0.1559	1.8641
9	1.0000	1.0942	0.3167	0.9139	0.2189	1.6089	0.2395	1.7605	2.970	0.546	5.354	0.1938	1.8162
10	0.9487	1.0332	0.3082	0.9227	0.2611	1.5847	0.2830	1.7170	3.076	0.687	5.429	0.2552	1.7746
11	0.8945	0.9726	0.2851	0.9300	0.2994	1.5606	0.3219	1.6781	3.173	0.812	5.511	0.3359	1.7441
12	0.8660	0.9251	0.2636	0.9359	0.3302	1.5416	0.3529	1.6471	3.258	0.924	5.592	0.3876	1.7161
13	0.8331	0.8842	0.2424	0.9411	0.3593	1.5227	0.3818	1.6162	3.336	1.01	5.646	0.4076	1.6924
14	0.8004	0.8457	0.2253	0.9453	0.3842	1.5046	0.4064	1.5856	3.407	1.081	5.693	0.4281	1.6711
15	0.7746	0.8162	0.2123	0.9490	0.4062	1.4910	0.4291	1.5719	3.472	1.127	5.737	0.4476	1.6524
16	0.7500	0.7876	0.2121	0.9523	0.4275	1.4773	0.4497	1.5513	3.531	1.161	5.779	0.4638	1.6362
17	0.7276	0.7618	0.2028	0.9551	0.4446	1.4636	0.4655	1.5345	3.588	1.189	5.817	0.4768	1.6212
18	0.7071	0.7381	0.1943	0.9576	0.4606	1.4516	0.4810	1.5193	3.640	1.426	5.854	0.4910	1.6082
19	0.6882	0.7170	0.1866	0.9592	0.4765	1.4433	0.4964	1.5036	3.689	1.470	5.888	0.4939	1.5961
20	0.6708	0.6974	0.1796	0.9619	0.4901	1.4388	0.5094	1.4906	3.735	1.546	5.921	0.4945	1.5855
21	0.6547	0.6792	0.1731	0.9638	0.5042	1.4334	0.5211	1.4769	3.778	1.605	5.950	0.4951	1.5749
22	0.6396	0.6625	0.1675	0.9655	0.5171	1.4140	0.5351	1.4646	3.819	1.657	5.979	0.4954	1.5656
23	0.6255	0.6469	0.1621	0.9670	0.5279	1.4062	0.5458	1.4547	3.858	1.710	6.006	0.4943	1.5568
24	0.6124	0.6324	0.1577	0.9684	0.5365	1.3983	0.5561	1.4462	3.895	1.759	6.031	0.4927	1.5484
25	0.6000	0.6188	0.1529	0.9696	0.5467	1.3925	0.5638	1.4362	3.931	1.804	6.058	0.4909	1.5411

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1). Alais Charles, Ciencia de la leche (procesos de técnica lechera), Ed. Continental, México 1970.
  
- 2). Besterfield Dale, Control de calidad, Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, Mexico, 1995.
  
- 3). González González Carlos, Control de calidad, Ed. McGRAW – HILL, México, 1991.
  
- 4). Harvey Clunic, y Hill Harry, Ed. Academia, España, 1969.
  
- 5). Johnson Robert, Estadística elemental, Ed. Trillas, México, 1976.
  
- 6). Judking Henry F., La leche, Ed. Continental, México, 1962.

- 7). Meléndez Pérez Rosalía y Rosas Mendoza Marta Elvia, Manual de control estadístico de procesos en la industria alimentaria, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán U.N.A.M. México, 1998.
  
- 8). Montgomery Douglas C., Control estadístico de la calidad, Ed. Iberoamericana, México, 1985.
  
- 9). Stevenson J. William, Estadística para administración y economía (Conceptos y aplicaciones), Ed. Harla, Estados Unidos, 1978.
  
- 10). Veisseyre Roger, Lactología técnica, Ed. Acribia, España, 1980.
  
- 11). Warner, Principios de la tecnología de lácteos, Ediciones Olimpia, México.