

Identificación de las causas de variación en el proceso de envasado a través del control estadístico de procesos.

Caso de estudio: Lacteos industrializados del Noreste

René Tinoco, Enrique Bermea, Federico Gamboa y Blanca Rubio

Departamento de Ingeniería Industrial

Universidad Autónoma de Tamaulipas

Tampico, Tam.; México

[rtinoco, jbermea, gamsfe, brubio] @docentes.uat.edu.mx

Abstract— A common need in a lot of processes is to assess their variability and central tendency of a quality characteristic of continuous type, with the purpose of making a comparison with the design specifications. The information obtained in the histogram, the average and ranks letter and in the different capacity indexes of processes help to identify the percent of products that don't fulfill the specifications and to reduce the variability of the process.

The goal is to identify the variability in the packing process through statistic control in the "Leche Marsella" product, presented in 1 liter. The hypothesis is that the 95% of milk liters packed in polyethylene bags is following the design specifications established by the "Leche Marsella" company.

Once the process is analyzed, we see that this batch has a packing performance approaching to 77.34% of effectiveness, thus the process would require important modifications to control it and keep it in the wanted specifications. It's considerate an unstable but capable process and if we take the necessary actions for its improvement, it can be a worldwide process.

Keyword— *Quality, Process, Variation, Ability.*

Resumen— Una necesidad frecuente en muchos procesos es evaluar su variabilidad y tendencia central de una característica de calidad de tipo continuo, para compararla contra sus especificaciones de diseño. La información que se obtiene de un histograma, de la carta de promedios y rangos y de los distintos índices de capacidad de los procesos ayuda a identificar el porcentaje de artículos que no cumplen con las especificaciones y a enfatizar en reducir la variabilidad del proceso.

El objetivo es identificar la variación en el proceso de envasado a través del control estadístico en el producto leche Marsella en presentación de un litro. La hipótesis es que el 95% de litros de leche envasados en bolsa de polietileno está cumpliendo con las especificaciones de diseño establecidas por la empresa "leche Marsella".

Una vez analizado el proceso, se observa en este lote un rendimiento en el envasado aproximado al 77.34% de efectividad, por lo tanto el proceso requerirá de modificaciones serias para controlarlo y mantenerlo en las especificaciones deseadas. Es considerado un proceso inestable pero capaz y si se realizan las acciones pertinentes para su mejora puede ser un proceso de clase mundial.

Palabras claves— *Calidad, Proceso, Variación, Capacidad.*

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas productoras en general y envasadoras de alimentos en lo particular, deben de tener un control adecuado de sus procesos ya que estos productos son para el consumo humano, por lo que su calidad tiene que ser adecuada a las expectativas del consumidor. La variabilidad es inherente en los procesos y productos. Hay variación en los procesos debido a causas comunes y también a causas especiales, un proceso que trabaja con solo causas comunes se dice que está en control estadístico o es estable, un proceso en el que están presentes causas especiales de variación se dice que esta fuera de

control estadístico o es inestable. Emplear herramientas estadísticas permitirá observar y analizar gráficamente el comportamiento sobre las causas de la variación del proceso con el propósito de distinguir entre las variaciones si son comunes o se deben a causas especiales.

La problemática de este trabajo de investigación es analizar la calidad del proceso de envasado a través del control estadístico de proceso. Para su realización la variable que se analizara dentro de la investigación es el peso del producto, con el cual determinaremos el comportamiento de la variabilidad y la capacidad del proceso por el envasado.

El objetivo es identificar la causa de variación en el proceso de envasado a través del control estadístico de procesos y en el producto leche Marsella en presentación de un litro. La hipótesis es que el 95% de litros de leche envasados en bolsa de polietileno está cumpliendo con las especificaciones establecidas de la empresa “leche Marsella”.

En caso contrario, se harán recomendaciones pertinentes para mejorar la eficiencia del proceso de envasado y se mantenga bajo control estadístico el mismo.

El presente trabajo de investigación se realizó en la empresa con marca comercial Leche Marsella, y razón social Lácteos Industrializados del Noreste S.A de C.V, ubicado en Jesús Elías Piña 102, colonia 2 de Junio, código postal 89237 en la ciudad de Tampico, Tamaulipas, México, la ubicación dentro de las instalaciones de la empresa será el área de envasado.

El tiempo para la realización de esta investigación es de 8 meses, la herramienta utilizada para obtener la información es la hoja de recolección de datos, con dicha información obtenida se utilizarán las cartas del control X-R y el histograma, así como la representación gráfica en el paquete estadístico Minitab.

II. FUNDAMENTOS

El material utilizado en este tipo de envase es fundamentalmente una lámina de plástico, predominante de polietileno, en capa simple, impresa de forma continua, de aproximadamente 0,8 mm de grosor y coloreada con mayor o menor intensidad, Spreer [1].

La forma geométrica más corriente es la de bolsa tubular, destinándose estos envases fundamentalmente para el consumo doméstico. El contenido en volumen más habitual es de 1 litro. Por su total inestabilidad requieren, cuando no se consume todo el contenido de una vez, recipientes auxiliares, Spreer [1].

Debido a su forma irregular, su volumen de contenido puede variar y por lo tanto, estar vendiendo al consumidor más o menos producto del establecido en las especificaciones del producto. Es por ello que en este trabajo de investigación estará enfocado en el peso de los litros de leche en bolsas de polietileno.

La fabricación de las bolsas tubulares puede hacerse por dos métodos:

De un tubo laminar, que se extrae de un rollo, se van cortando los envases. Se les hace una costura inferior, se llenan por separado con unos dispositivos dosificadores y, por último, se sellan por soldadura.

1. De un rollo se extrae una tira plana, se le da forma tubular, se disponen una costura longitudinal y otra horizontal, se llenan mediante un dispositivo dosificador y se sellan por soldadura.

El método utilizado por parte de la empresa es el segundo mencionado.

El material de envasado se va extrayendo mediante una manivela del rollo que se encuentra situado lateralmente y mediante un rodillo de avance y un anillo de aspiración, un dispositivo marcador imprime continuamente la fecha de envasado y número de lote.

Un anillo formador, que se encuentra situado en la parte superior de la máquina, moldea la cinta laminar dándole forma de tubo. Los solapamientos de los tubos formados se sueldan a una temperatura de aproximadamente 160° C formándose así la costura lateral.

Paralelamente a esta operación, un soldador horizontal sella la costura inferior del tubo y, al hacerlo, sella a la vez la costura superior de la bolsa precedente temperaturas de 185°-190°C.

Las costuras se enfrían por medio de una corriente de aire, encogiéndose la lámina en esos puntos. La instalación de llenado consta de un depósito de alimentación, de un recipiente dosificador y de un tubo de llenado y cerrado por soldadura.

Finalmente, puede ser transportada mediante una cinta de rodillos o manualmente, para posteriormente ser colocadas en una canastilla.

Señala Zandin [2] que el control estadístico de procesos es una herramienta básica para el logro de que un proceso sea estable y que todas las personas que intervienen en el mismo (ya sean operadores, inspectores, ingenieros, personal del departamento de calidad) busquen un mejoramiento continuo del proceso, así mismo reducir la variabilidad de los parámetros establecidos.

III. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo ya que es secuencial y probatorio, debido a que se realizara mediante la recolección de datos y análisis de los mismos que afectan la calidad en el área de envasado.

El alcance de esta investigación es del tipo descriptivo, se seleccionan factores (variables) y estas son medibles para poder describir lo que se está investigando.

Las especificaciones establecidas por la empresa son, especificación inferior con 1015 gramos, mientras que la especificación superior corresponde a 1030 gramos. Si el producto se encuentra fuera de las especificaciones, no se está cumpliendo con una característica de calidad.

En la tabla 1 se presenta el desarrollo de la muestra con una población total de 19 600 litros:

Tabla 1: Tamaño de muestra correspondiente a su población [3]

Población	Muestra
60 – 300	10%
301 – 1000	5%
1001 – 5000	2%
Más de 5000	1%

Datos:

Población: 19,600

Operación

Muestra= 19,600 (0.01)

Muestra= 196

Para efectos del caso de estudio, y debido a que la envasadora cuenta con 2 líneas, la muestra representativa será obtenida entre las dos líneas; por lo tanto, corresponde obtener 98 muestras de la línea A y B respectivamente.

se aplicara la herramienta de hoja de recolección de datos mediante instrumentos de medición, en este caso una pesa. Se tomara una muestra de 14 piezas consecutivas, cada 10 minutos las cuales posteriormente serán anotadas en los resultados de la medición.

En la tabla 2 se presenta la hoja de recolección de datos en la cual se obtendrá la información requerida para la elaboración de este trabajo de investigación.

Tabla 2. Hoja de recolección para carta de control X-R [3]

Obs.	Hora	Muestras														\bar{X}	R	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
n																		
...																		
																$\bar{\bar{X}} =$	$\bar{R} =$	

Una vez recolectada la información, procederá a ser ordenada y analizada, esto se realizara con la ayuda del paquete estadístico.

El diseño de investigación es del tipo no experimental, dice Sampieri [4] que la investigación no experimental son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.

Tabla 3. Recolección de datos

Obs.	Hora	Muestras														\bar{X}	R
		Línea A							Línea B								
1	8:40	37	14	21	16	21	13	15	22	16	14	22	16	26	40	1021	27
2	8:50	19	14	22	23	19	16	20	14	21	32	27	27	27	13	1021	14
3	9:00	984	18	01	18	17	18	22	16	18	23	16	07	21	09	1013	39
4	9:10	39	20	09	17	18	14	10	22	30	20	28	22	22	15	1020	30
5	9:20	18	31	13	17	34	27	13	18	12	22	12	28	25	10	1020	24
6	9:30	16	30	31	20	20	30	15	13	26	16	12	23	14	20	1020	19
7	9:40	19	24	18	15	20	15	12	26	12	42	30	29	27	20	1022	30
8	9:50	06	09	04	19	22	01	10	20	22	35	33	24	20	17	1017	34
9	10:00	10	21	32	35	24	09	15	25	14	41	24	24	22	12	1022	32
10	10:10	30	20	25	22	25	13	42	31	28	42	34	21	27	40	1028	29
11	10:20	12	21	42	17	27	29	20	14	18	29	08	19	12	15	1020	34
12	10:30	12	17	07	27	16	08	15	22	20	14	09	13	17	10	1015	20
13	10:40	44	27	23	17	18	27	20	25	38	14	35	10	40	12	1025	34
14	10:50	30	27	13	01	13	14	22	10	42	15	30	30	23	17	1020	34

$\bar{X} =$	$s =$
1020	29

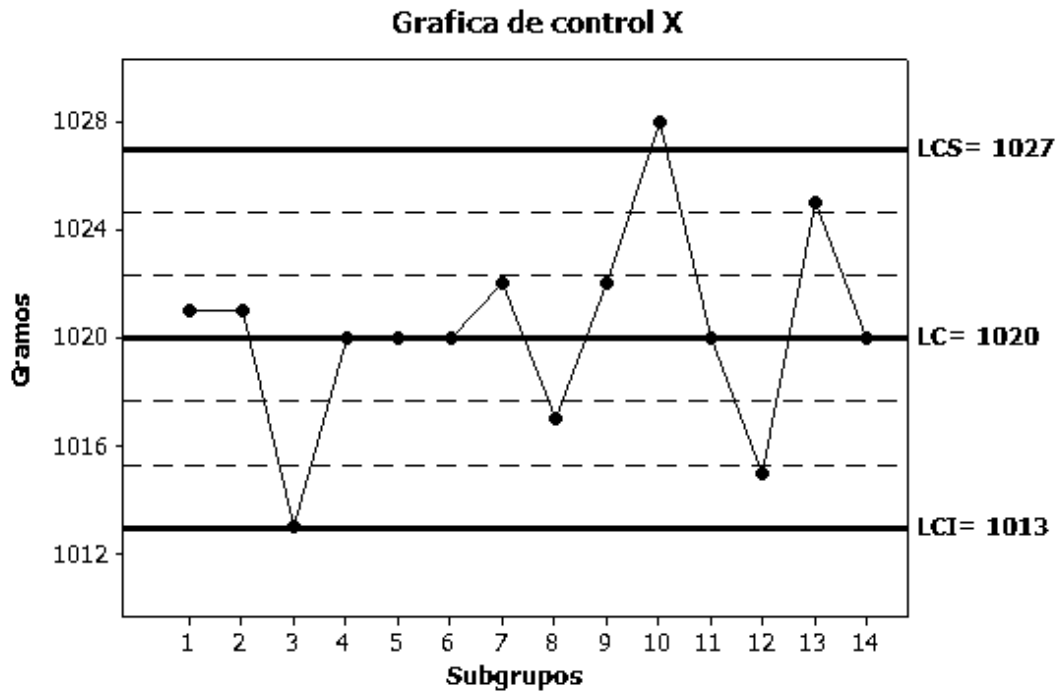
Producto: Leche Marsella en Bolsa de Polietileno Lote: 30715
 Fecha: 3 Noviembre de 2016 Área: Envasado
 Factor: Peso Número total inspeccionado: 196 litros
 Observaciones: Límite inferior:1015 – Límite superior 1030

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3, se presentan los resultados de los pesos que fueron obtenidos de las muestras recopiladas el día 03 de Noviembre 2016, de las dos líneas que tiene la maquina envasadora, en los pesos por arriba de 1000 ml en cada muestra se han omitido los primeros dos digitos para facilitar la captura de los datos.

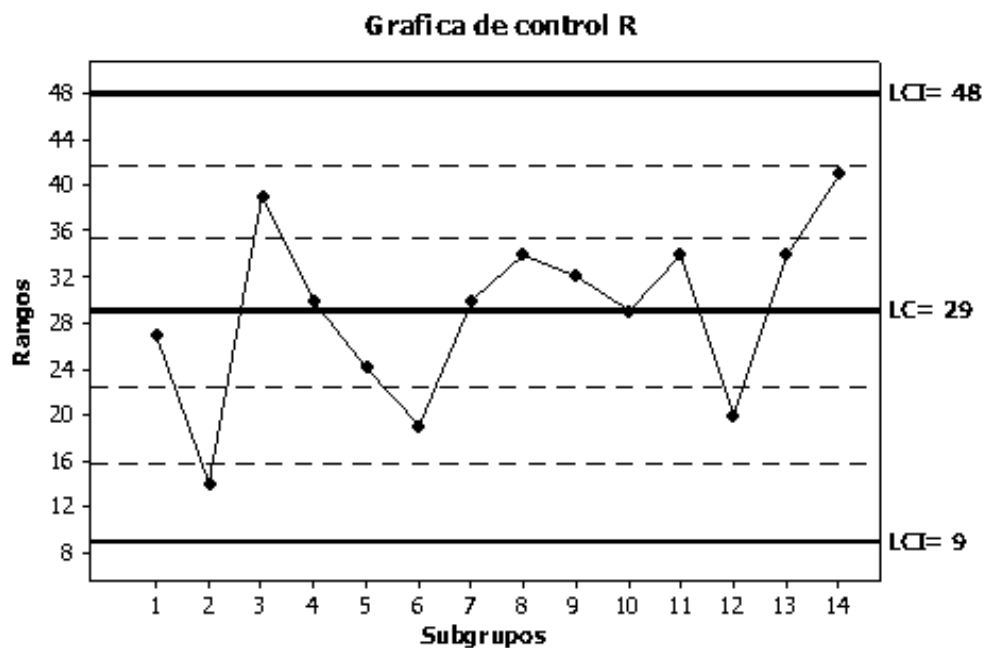
El promedio general de las medias de los catorce subgrupos que fueron estadísticamente utilizados es 1020 gramos, contando con un rango de 29 gramos.

Una vez establecidos los límites de control se procedió a graficar la carta de control para promedios X, con el software estadístico Minitab, en la gráfica 1, se representa la carta de control X.



Grafica 1. Gráfico de control X

Analizando la gráfica de control X se concluye que la misma se encuentra fuera de control, es decir, se cuenta con la presencia de un punto atípico sobre el límite de control superior, lo cual se considera que es una causa especial de variabilidad.

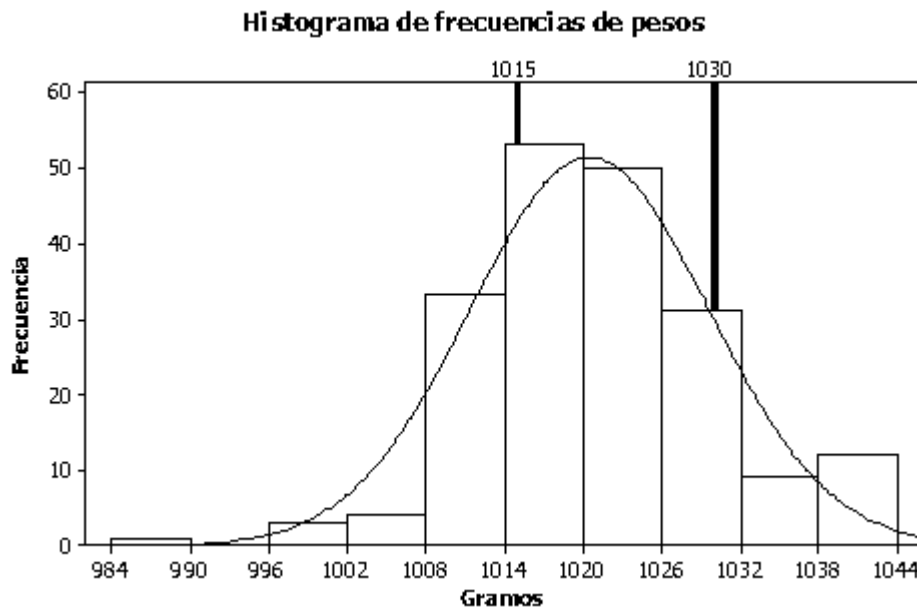


Grafica 2. Gráfico de control R

Un punto fuera de los límites como muestra la gráfica 1 puede indicar cambio de nivel en el proceso de producción por causas como cambios de materia prima o proveedor, cambios de operarios, cambios de turnos o a la introducción de máquinas nuevas, métodos o formas distintas de inspección o tener una causa especial que genere ese comportamiento, la cual debe investigarse para atenderse.

La gráfica 2 de rangos, fluctúa estable y se encuentra bajo control estadístico, aunque la variación supera las especificaciones lo que significa no tener un control funcional sobre el peso del producto terminado, en este lote se producen litros de leche en bolsa con un porcentaje alto de productos fuera de especificación.

En el siguiente histograma de frecuencias se puede apreciar la gran cantidad de productos que se encuentran por debajo de la especificación inferior, lo cual es un motivo por el cual la empresa puede tomar acciones remediadoras ya que se le está ofreciendo al mercado un producto que no cumple con su especificación.



Grafica 3. Histograma de frecuencias

En la gráfica 3, encontramos un histograma no centrado y presenta variabilidad, ya que las colas de la campana no caen holgadas en las especificaciones, dichas especificaciones quedan en el centro del gráfico.

Se tiene un gráfico descentrado y lejos del valor nominal o ideal que corresponde a 1000 ml y con productos pesando menos de la especificación inferior, litros de leche que llegan a manos del consumidor con menos producto que el de su expectativa y también producto que rebasa la especificación superior causando pérdidas económicas a la organización.

Para conocer la capacidad de este proceso se debe calcular el índice de capacidad, para conocer si el proceso es capaz o funciona inadecuadamente.

Índice de Cp, Índice de Capacidad

$$Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma} \tag{1}$$

a partir de: Para la cual el valor de sigma, se obtiene

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{D_2} \tag{2}$$

El promedio de los rangos se obtiene en la tabla 3 y el valor correspondiente a D₂ en el anexo de este trabajo de investigación, el corresponde a 3.407.

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{D_2} = 8.5118$$

$$6\sigma = 51.0708$$

$$Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma} = 0.29$$

Tabla 4. Valores de Cp y su interpretación [3]

Valor del Cp	Proceso	Decisión
C _p ≥ 2	Clase mundial	Se tiene calidad seis sigma
C _p > 1.33	1	Más que adecuado
1 < C _p < 1.33	2	Adecuado pero requiere control
0.67 < C _p < 1	3	No adecuado, pero se puede corregir
C _p < 0.67	4	No adecuado, requiere modificaciones serias

Para que un producto elaborado por un proceso se pueda considerar de calidad, las mediciones de cierta característica o parte de la misma deben ser iguales a cierto valor nominal o ideal, o al menos tienen que estar dentro de cierta especificación inferior y superior, entonces una medida de la capacidad potencial del proceso para cumplir con tales especificaciones la da el índice de capacidad del proceso.

De acuerdo con la tabla 4, de los valores críticos de los índices de capacidad que se encuentra en ella, el proceso no es el adecuado y requiere de serias modificaciones, ya que el valor del Cp es inferior a 0.67

Mientras que en la tabla 5, se traduce el valor del índice en porcentaje de artículos que no cumplieron con especificación y la cantidad de partes defectuosas por millón producido.

Tabla 5. Índices C_p en cantidad de piezas malas [3]

Valor del índice	% Fuera de especificación	Partes por millón fuera de especificación
0.2	22.66	226628
0.5	6.68	66807
0.6	3.59	35931
0.7	1.79	17865
0.8	0.82	8198
0.9	0.35	3467
1	0.135	1350
1.1	0.048	484
1.2	0.016	159
1.3	0.005	48
1.4	0.0014	14
1.5	0.0004	4

Índice C_{pk} , Índice de Capacidad Real

$$C_{pk} = \text{Minimo} \left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right] \quad (3)$$

$$C_{pk} = \text{Minimo} \left[\frac{5}{3\sigma}, \frac{10}{3\sigma} \right]$$

Se selecciona el valor mínimo, el cual para este caso es 5 y se prosigue despejando la formula.

$$3\sigma = 25.5354$$

$$C_{pk} = \frac{5}{25.5354}$$

$$C_{pk} = 0.19$$

Con esta investigación se obtuvo un C_{pk} de 0.19 por lo tanto y partiendo del valor del índice de 0.25 que se observa en la tabla 4, los envasados en bolsa de un litro salen en un 22.6% con producto fuera de especificación, lo que se traduce en 26628 productos defectuosos por millón.

Con el último indicador de capacidad real que fue analizado el proceso, la empresa deberá tener un rendimiento en el envasado aproximado al 77.34% de efectividad, por lo tanto el proceso requerirá de modificaciones serias para controlarlo y mantenerlo en las especificaciones deseadas.

Es considerado un proceso inestable pero capaz y si se realizan las acciones pertinentes para su mejora puede ser un proceso de clase mundial.

REFERENCIAS

- [1] Spreer Edgar (1991) *Lactologia industrial*. 2^{da} edición. España. ACRIBIA, S.A.
- [2] Zandin Kjell B. (2010) *Maynard: Manual del ingeniero industrial*. 5^{ta} edición. Tomo II. México. Mc Graw Hill.
- [3] Gutiérrez Pulido H. (2010) *Calidad Total y Productividad*. 3^a edición. México. Mc Graw Hill.
- [4] Sampieri Roberto, Collado Carlos, Baptista pilar (2010) *Metodología de la investigación*. 5^{ta} edición. México. Mc Hill.

ANEXO

Tabla 6. Factores para la construcción de las cartas de control [3]

Tamaño de la muestra	Carta X	Carta R		Estimación de
n	A_2	D_3	D_4	σD_2
2	1.880	0	3.267	1.128
3	1.023	0	2.575	1.693
4	0.729	0	2.282	2.059
5	0.577	0	2.115	2.326
6	0.483	0	2.004	2.534
7	0.419	0.076	1.924	2.704
8	0.373	0.136	1.864	2.847
9	0.337	0.184	1.816	2.970
10	0.308	0.223	1.777	3.078
11	0.285	0.256	1.744	3.173
12	0.266	0.283	1.717	3.258
13	0.249	0.307	1.693	3.336
14	0.235	0.328	1.672	3.407
15	0.223	0.347	1.653	3.472
16	0.212	0.363	1.637	3.532
17	.203	0.378	1.622	3.588
18	0.194	0.391	1.609	3.640
19	0.187	0.403	1.597	3.689
20	0.180	0.415	1.585	3.735
25	0.153	0.459	1.541	3.931