

# Tratamiento estadístico a un proceso de envasado para determinar su capacidad, comportamiento y eficiencia.

René Tinoco, Enrique Bermea, Federico Gamboa, Mónica Mongenyip y Rene A. Tinoco-Vega

Departamento de Ingeniería Industrial

Universidad Autónoma de Tamaulipas

Tampico, Tam., México

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

**Abstract**— Statistical treatment applying central tendency measurements will be used to compare and evaluate specifications and their capability of being fulfilled, X-R charts, mid-range, for the purpose of evaluate the aleatory behavior and the potential causes of variation, capacity indexes to determine the type of procedure. Some small and medium companies that package finished products do not have the clarity of the packaging specifications sometimes, nor the practice of doing statistical analysis for the evaluation of the procedure. The statistical methods are effective tools to improve the production procedure and lessen its flaws. Once the data has been gathered, various kinds of statistical methods can be used to analyze it, turning it into an information source. Once the process is analyzed, we see that this batch has a packing performance approaching to 99.98% of effectiveness, thus the process is suitable and will require slight control to be a worldwide class procedure.

**Keyword**— *Statistical Treatment, Capacity, Behavior, Effectiveness.*

**Resumen**— El tratamiento estadístico empleara medidas de tendencial central para comparar con las especificaciones y evaluar la capacidad de cumplir con ellas, cartas X-R, promedio rangos, para evaluar el comportamiento aleatorio y las posibles causas de variación, índices de capacidad para determinar el tipo de proceso. En algunas empresas pequeñas y medianas que envasan producto terminado a veces no se tiene claridad en la definición de las especificaciones de envasado, tampoco la práctica de hacer análisis estadístico para evaluar el proceso. Los métodos estadísticos son herramientas eficaces para mejorar el proceso de producción y reducir sus defectos. Una vez que se han recogido los datos, diferentes clases de métodos estadísticos pueden ser utilizados para analizarlos, de modo que se conviertan en fuente de información. Una vez analizado el proceso, se observa en este lote un rendimiento en el envasado aproximado al 99.98% de efectividad, por lo tanto, el proceso es adecuado y requerirá poco control para ser un proceso de clase mundial.

**Palabras claves**— *Tratamiento estadístico, Capacidad, Comportamiento, Eficiencia*

## I. INTRODUCCIÓN

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 paquetes de tortillas en presentación de 300 gramos. La hipótesis es que el 95% de producto envasado está cumpliendo con las especificaciones establecidas por la empresa.

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 una empresa empaquetadora de tortillas de harina en diferentes presentaciones dentro de las instalaciones de la empresa en 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

En el interior de las empresas parte del personal se cuestiona el efecto que tiene lo que se hace sobre la calidad y eficiencia. El cuestionamiento es por el hecho de venir reaccionando a las situaciones adversas como deterioro en la calidad, rechazo de lotes, reclamos y quejas de los clientes, rotación excesiva, accidentes y fallas con equipos, etc., y la administración por reacción empeora los problemas. La gestión de la calidad debe ser a través de la consideración de un conjunto de herramientas que de forma metódica permitan obtener datos y convertirlos en información pertinente para la toma de decisiones y la revisión constante de la eficiencia de los procesos productivos. Ishikawa [1].

Los métodos estadísticos son herramientas eficaces para mejorar el proceso de producción y reducir sus defectos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las herramientas estadísticas son precisamente herramientas: no servirían si se usan inadecuadamente.

Con frecuencia se intenta reducir los defectos de producción remontándose directamente a la causa del defecto. Ese es un enfoque directo y, a primera vista, parece que es eficiente. Pero, en la mayoría de los casos, las causas encontradas por medio de ese enfoque no son las verdaderas. Si se aplican soluciones a los defectos basándose en el conocimiento de esas causas falsas, el intento puede no tener resultados y el esfuerzo se perderá. El primer paso para encontrar la verdadera causa es una observación cuidadosa del fenómeno del defecto. Luego de esa observación cuidadosa, la verdadera causa será evidente. Las herramientas estadísticas dan objetividad y precisión a las observaciones.

Una vez que se han recogido los datos, diferentes clases de métodos estadísticos pueden ser utilizados para analizarlos, de modo que se conviertan en fuente de información. Cuando se recogen datos, es importante organizarlos adecuadamente para facilitar su procesamiento posterior. En primer lugar, el origen de los datos debe registrarse claramente. Los datos cuyo origen no se conoce con claridad se convierten en información inútil. Con frecuencia, se obtiene poca información útil a pesar de haber gastado una semana reuniendo datos sobre alguna característica de calidad, debido a que las personas olvidaron en qué días de la semana se recogieron los datos, qué máquinas hicieron el proceso, quienes fueron los trabajadores, qué lotes de materiales se usaron, y así sucesivamente.

En segundo lugar, los datos deben registrarse de tal manera que puedan utilizarse fácilmente. Por el hecho de que con frecuencia los datos se utilizan posteriormente para cálculos estadísticos, tales como promedios y rangos, es mejor registrarlos de tal manera que estos cálculos se faciliten. Por ejemplo, los datos sobre 100 piezas, obtenidos haciendo mediciones cuatro veces al día (a las 9:00, 11:00, y 4:00) durante 25 días, normalmente se registran en una hoja de datos, como la que se muestra en la tabla 1.1, en la cual la hora se organiza horizontalmente y los días verticalmente. De esta manera, los cálculos

diarios pueden hacerse marcando los números en cada renglón, y los cálculos para las horas pueden hacerse dentro de cada columna. Cuando se necesita registrar datos de manera continua se recomienda preparar formatos para su registro.

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 285 gramos, mientras que la especificación superior corresponde a 315 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 5000 paquetes:

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: 5,000

Operación

Muestra= 5,000 (0.02)

Muestra= 100

Para efectos del caso de estudio, de la empacadora, la muestra representativa será obtenida de un lote de 5000 paquetes; por lo tanto, corresponde obtener 100 muestras.

Se aplicará la herramienta de hoja de recolección de datos mediante instrumentos de medición, en este caso una pesa. Se tomará una muestra de 5 piezas consecutivas, cada 20 minutos las cuales posteriormente serán anotadas en la hoja de recolección de datos.

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													
n													
...													
												$\bar{\bar{X}} =$	$\bar{\bar{R}} =$

Una vez recolectada la información, procederá a ser ordenada y analizada, esto se realizará 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  
 Datos obtenidos de pesar 100 paquetes de tortillas de 300 gr

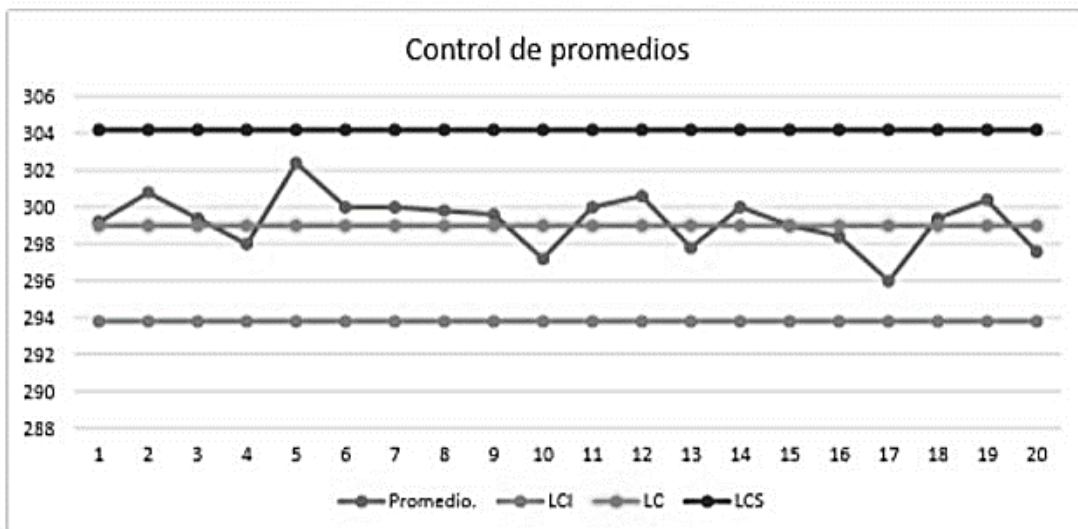
Nº	HORA.	PAQUETES DE TORTILLAS DE 300 gr.					$\bar{X}$	R
1	09:10	297	298	297	299	305	299.2	8
2	09:30	302	304	297	301	300	300.8	7
3	09:50	300	297	298	302	300	299.4	5
4	10:10	299	302	291	300	298	298	11
5	10:30	304	302	299	302	305	302.4	6
6	10:50	295	304	297	304	300	300	9
7	11:10	309	302	296	297	296	300	13
8	11:30	307	296	301	295	300	299.8	12
9	11:50	300	296	303	296	303	299.6	7
10	12:10	292	302	297	300	295	297.2	10
11	12:30	303	301	301	296	299	300	7
12	12:50	298	303	296	305	301	300.6	9
13	13:10	301	295	290	305	298	297.8	15
14	13:30	304	300	304	297	295	300	9
15	13:50	293	305	296	297	304	299	12
16	14:10	294	295	300	300	303	298.4	9
17	14:30	293	293	300	294	300	296	7
18	14:50	303	298	295	301	300	299.4	8
19	15:10	303	298	300	298	303	300.4	5
20	15:30	298	296	300	295	299	297.6	5
							299	9

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

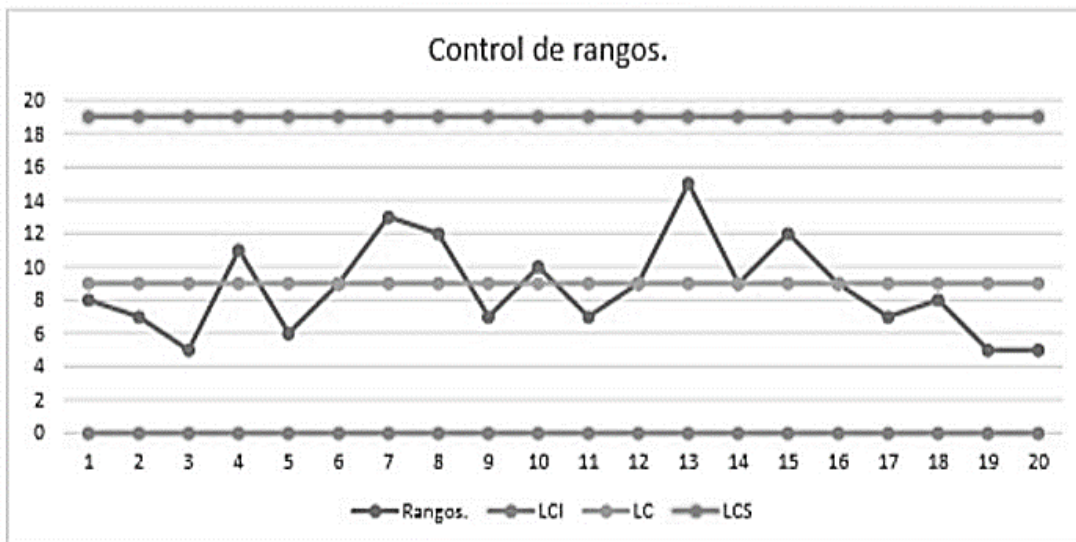
En la tabla 3, se presentan los resultados de los pesos que fueron obtenidos de las muestras recopiladas el día 04 de marzo de 2020, de la línea de empaquetado en los pesos por arriba de 300 gr en cada muestra se ha considerado solo un dígito para facilitar la captura de los datos.

El promedio general de las medias de los catorce subgrupos que fueron estadísticamente utilizados es 299 gramos, contando con un rango de 9 gramos.

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



Grafica 1. Gráfico de control X



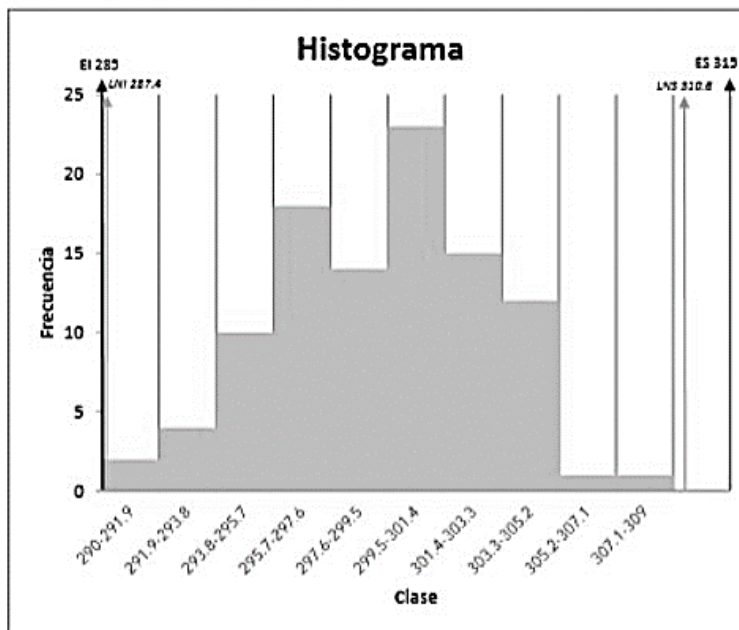
Grafica 2. Gráfico de control R

Analizando la gráfica de control X se observan 6 puntos consecutivos descendentes, lo cual se considera que tiene una causa especial de variabilidad.

Una tendencia como muestra la gráfica 1 puede indicar un deterioro gradual del equipo con el que se produce, calentamiento de las máquinas, desgaste de las herramientas de corte, cambio paulatino en las condiciones del medio ambiente, acumulación gradual de algún subproducto o desperdicio, acumulación gradual de la fatiga en los operarios 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 y la variación se mantiene dentro de las especificaciones lo que significa no tener un proceso capaz de cumplir con las especificaciones.

En el siguiente histograma de frecuencias se puede apreciar que los límites naturales se encuentran dentro de las especificaciones y por tanto se confirma que el proceso cumple con el empaquetado previsto.



Grafica 3. Histograma de frecuencias

En la gráfica 3, encontramos un histograma no centrado y con dos picos que muestran dos posibles promedios ocurriendo, las colas de la campana caen holgadas en las especificaciones, dichas especificaciones se ven cumplidas en sus máximos y mínimos esperados.

Se tiene un gráfico descentrado y cercano del valor nominal o ideal que corresponde a 300 gr y con productos cumpliendo con la especificación inferior, y también producto que cumplen con la especificación superior causando confianza en el cumplimiento de las especificaciones.

Para conocer la capacidad de este proceso se debe calcular el índice de capacidad, para conocer el tipo de proceso y su eficiencia.

*Índice de Cp, Índice de Capacidad*

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

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

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

El promedio de los rangos se obtiene en la tabla 3 y el valor correspondiente a D<sub>2</sub> en el anexo de este trabajo de investigación, el corresponde a 3.407.

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{D_2} = 3.8693$$

$$6\sigma = 23.2158$$

$$Cp = \frac{ES - EI}{6\sigma} = 1.292$$

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

Valor del Cp	Proceso	Decisión
$Cp \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad seis sigma
$Cp > 1.33$	1	Más que adecuado
$1 < Cp < 1.33$	2	Adecuado pero requiere control
$0.67 < Cp < 1$	3	No adecuado, pero se puede corregir
$Cp < 0.67$	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 esta 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 1.29.

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 Cp 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

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

$$C_{pk} = \text{Minimo} \left[ \frac{15.72}{3\sigma}, \frac{14.28}{3\sigma} \right]$$

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

$$3\sigma = 11.60$$

$$C_{pk} = \frac{14.28}{11.60}$$

$$C_{pk} = 1.23$$

Con esta investigación se obtuvo un Cpk de 1.23 por lo tanto y partiendo del valor del índice de 1.2 que se observa en la tabla 4, los paquetes de tortillas de 300 gr tienen un porcentaje fuera de especificación de 0.016 es decir 1.6% con producto fuera de especificación, lo que se traduce en 159 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 99.98% de efectividad, por lo tanto, la eficiencia es superior al 95% planteado y el proceso requerirá de modificaciones menores para ajustarlo y mantenerlo en las especificaciones deseadas.

Es considerado un proceso capaz de cumplir con las especificaciones, con un comportamiento estable, exceptuando la tendencia que se debe investigar y eficiente, si se realizan las acciones pertinentes puede ser un proceso de clase mundial.



REFERENCIAS

- [1] Ishikawa Kaoru (1994) *Introducción al control de calidad*. 1da edición. España. Diaz de Santos.
- [2] Zandin Kjell B. (2010) *Maynard: Manual del ingeniero industrial*. 5<sup>ta</sup> edición. Tomo II. México. Mc Graw Hill.
- [3] Gutiérrez Pulido H. (2010) *Calidad Total y Productividad*. 3<sup>a</sup> edición. México. Mc Graw Hill.
- [4] Sampieri Roberto, Collado Carlos, Baptista pilar (2010) *Metodología de la investigación*. 5<sup>ta</sup> 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
$n$	$A_2$	$D_3$	$D_4$	$\sigma D_2$
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