

Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PESO DE TABIQUES DE BARRO MEDIANTE CARTAS DE CONTROL

**STATISTICAL ANALYSIS OF THE WEIGHT OF CLAY
PARTITIONS USING CONTROL CHARTS**

Roberto Carlos Hernández Morales

Tecnológico Nacional de México

Viridiana Sánchez Vázquez

Tecnológico Nacional de México

Maritza Guzmán Hernández

Tecnológico Nacional de México

Elizabeth Hernández Méndez

Tecnológico Nacional de México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15040

Análisis Estadístico del Peso de Tabiques de Barro Mediante Cartas de Control

Roberto Carlos Hernández Morales¹

248n0681@itstb.edu.mx

Tecnológico Nacional de México
ITS de Tierra Blanca
Estudiante de Contador Público
México

Viridiana Sánchez Vázquez

viridiana.sanchez@itstb.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0879-8929>
Tecnológico Nacional de México
ITS de Tierra Blanca
México

Maritza Guzmán Hernández

maritza@itstb.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0000-2025-2174>

Tecnológico Nacional de México
ITS de Tierra Blanca
México

Elizabeth Hernández Méndez

elizabeth.hernandez@itstb.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-0008-1731>

Tecnológico Nacional de México
ITS de Tierra Blanca
México

RESUMEN

El presente artículo muestra un análisis estadístico realizado en la producción de tabiques de barro rojo recocido en una empresa local de Tierra Blanca, Veracruz. Para el estudio se eligió una muestra aleatoria para evaluar el comportamiento normal de la producción, cuyo peso ideal debería centrarse en los 2.25 kilogramos, permitiendo un nivel de tolerancia de ± 0.05 kilogramos, la prueba indicó que la distribución del peso de los ladrillos pareciera ajustarse a la normal, se procedió a muestrear más elementos para desarrollar cartas de control para medias y rangos, se encontró que la variabilidad se debe a causas naturales, pero en el análisis de capacidad se determinó que la dispersión es más grande que las tolerancias permitidas, así aunque el peso de los tabiques es normal y está bajo control estadístico, el proceso no es capaz de cumplir con los límites de especificación. Por último, se presentó un plan de acción con la finalidad de reducir las causas principales del problema observado..

Palabras clave: control estadístico, cartas de control, análisis de capacidad, plan de acción

¹ Autor principal.

Correspondencia: 248n0681@itstb.edu.mx

Statistical Analysis of the Weight of clay Partitions Using Control Charts

ABSTRACT

This article shows a statistical analysis carried out on the production of annealed red clay partitions in a local company in Tierra Blanca, Veracruz. For the study, a random sample was chosen to evaluate the normal behavior of production, whose ideal weight should focus on 2.25 kilograms, allowing a tolerance level of ± 0.05 kilograms, the test indicated that the weight distribution of the bricks seemed to adjust to the normal, we proceeded to sample more elements to develop control charts for means and ranges, it was found that the variability is due to natural causes, but in the capacity analysis it was determined that the dispersion is larger than the allowed tolerances, Thus, although the weight of the partitions is normal and is under statistical control, the process is not capable of meeting the specification limits. Finally, an action plan was presented with the aim of reducing the main causes of the observed problem.

Keywords: statistical control, control letters, capacity analysis, plan of action

Artículo recibido 02 octubre 2024

Aceptado para publicación: 12 noviembre 2024



INTRODUCCIÓN

Hoy en día las organizaciones enfrentan retos derivados de la creciente competitividad y la apertura y globalización de los mercados, obligándolas a buscar un progreso y a mejorar continuamente, empleando para ello técnicas que les permitan lograr el control y la mejora de sus procesos (Ortiz et al, 2010). La idea básica de la calidad es lograr la excelencia en los productos o servicios que se ofrecen al mercado, para cumplir ese objetivo el monitoreo de los procesos debe formar parte del día a día en las actividades. El control estadístico pretende mantener estables las fuentes de variación que puedan tener repercusiones en los procesos y, de esa forma, identificar las variaciones por causas especiales.

Mosquera (2013) comenta que el control estadístico de procesos se soporta en procedimientos estadísticos de recolección periódica y planeada de datos que soporten el diagnóstico e intervención de los procesos y faciliten la identificación y validación de las estrategias de mejora. Es aquí que se involucra el concepto de proceso estable, que es cuando un proceso trabaja sólo con causas comunes de variación se dice que está en control estadístico o es estable, porque su comportamiento a través del tiempo es predecible. En contraste, se dice que un proceso en el que están presentes causas especiales de variación está fuera de control estadístico (o simplemente que es inestable) es impredecible en un futuro inmediato. (Gutiérrez y De la Vara, 2013)

Es por ello que, para el análisis del proceso de producción de tabiques resultó indispensable detectar el comportamiento estadístico de las mediciones y la detección de posibles causas especiales de variación. De esta forma, se pueden lograr bajos costos de producción, crear estrategias para las diversas áreas de la organización, reducir mermas e incrementar la productividad de la empresa productora de tabiques.

METODOLOGÍA

Para lograr un análisis estadístico de la producción de manera exitosa se llevaron a cabo las siguientes etapas:

- Determinación de la muestra y obtención de datos.
- Análisis descriptivo y prueba de normalidad.
- Obtención de muestras en subgrupos para las cartas de control.
- Elaboración de gráficos de control para medias y rangos.
- Si el proceso está controlado estadísticamente, realización del análisis de capacidad.



- Planear acciones de mejoramiento

La variable que se fijó para el estudio es el peso de los tabiques individuales, cuyo peso ideal deberá ser de 2.25 kilogramos, para cuestiones del estudio y según la experiencia de los administradores de la producción se tiene una tolerancia permisible que va desde 2.20 hasta 2.30 kilogramos. La medición se obtendrá utilizando una báscula digital que proporciona el peso en kilogramos y hasta tres decimales (miligramos).

Determinación de la muestra y obtención de datos

Lo primero que se realizó fue obtener una muestra de ladrillos que tienen en el almacén de productos terminados, para estimar la varianza del peso de la producción. Se pesaron 30 tabiques, mismos que están registrados en la Tabla 1 y reportaron una varianza de 0.00016 kilogramos².

Tabla 1. Muestra de 30 tabiques para estimar la varianza de la población.

2.237	2.236	2.234	2.245	2.232	2.249
2.244	2.246	2.232	2.217	2.260	2.249
2.219	2.229	2.248	2.239	2.245	2.221
2.248	2.241	2.225	2.238	2.248	2.269
2.250	2.262	2.260	2.249	2.245	2.230

Con la información recopilada de la primera muestra aleatoria, se pudo aplicar la fórmula para estimar el tamaño de la muestra para poder realizar la prueba de normalidad. Considerando la siguiente ecuación

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Dónde se tiene un valor $Z = 1.96$ para un nivel de 95% de confianza, $\sigma^2 = 0.00016$, un total de $N = 541$ ladrillos guardados en el almacén de productos terminados y un error muestral máximo permisible de $e = 0.003$ kilogramos para la media. Se encontró que

$$n = \frac{541(0.00016)(1.96)^2}{(541-1)(0.003)^2 + (0.00016)(1.96)^2} = 61.266 \approx 62$$

Se debían muestrear 62 ladrillos para realizar el análisis descriptivo.

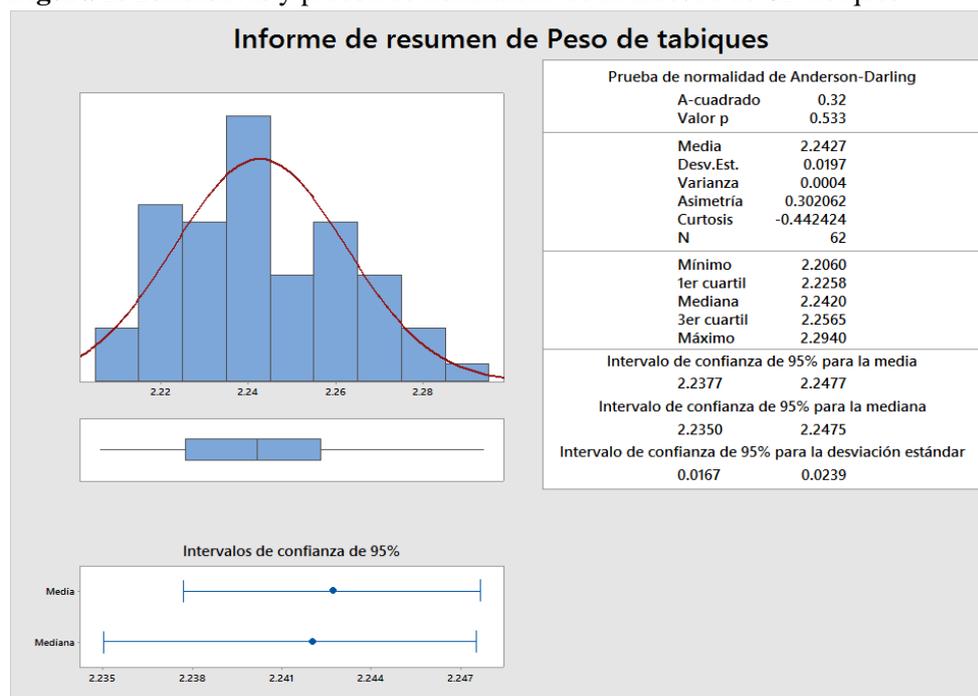
Análisis descriptivo y pruebas de normalidad

Los 62 datos reunidos se presentan en la Tabla 2, con ellos se obtuvieron las estadísticas descriptivas que aparecen en la Figura 1.

Tabla 2. Muestra de tabiques para el análisis descriptivo y prueba de normalidad.

2.252	2.237	2.271	2.238	2.278	2.226	2.235	2.265
2.262	2.224	2.22	2.243	2.261	2.242	2.222	2.269
2.267	2.222	2.221	2.242	2.256	2.259	2.224	2.267
2.294	2.262	2.243	2.225	2.238	2.207	2.25	2.244
2.206	2.233	2.278	2.247	2.255	2.256	2.235	2.219
2.232	2.238	2.22	2.271	2.254	2.215	2.237	2.255
2.227	2.244	2.244	2.245	2.277	2.216	2.232	2.237
2.233	2.23	2.258	2.211	2.25	2.225		

Figura 1. Estadísticas y prueba de normalidad de la muestra de 62 tabiques.



Recolección de datos para cartas de control

Como en el paso anterior de la metodología se determinó que existe evidencia estadística para asumir que la distribución del peso de los ladrillos se ajusta a la distribución normal, se procedió a registrar durante diez días, cinco muestras aleatorias por lote.

El lote se consideró por cada cocción diferente y fueron diez días debido a limitantes de tiempo para realizar el estudio. Se tuvieron dos cocciones en cada día, por lo tanto hay un total de 20 subgrupos de cinco datos cada uno. En la Tabla 3 aparecen todas las observaciones recopiladas durante los diez días.

Tabla 3. Colección de datos para la evaluación del control estadístico del proceso.

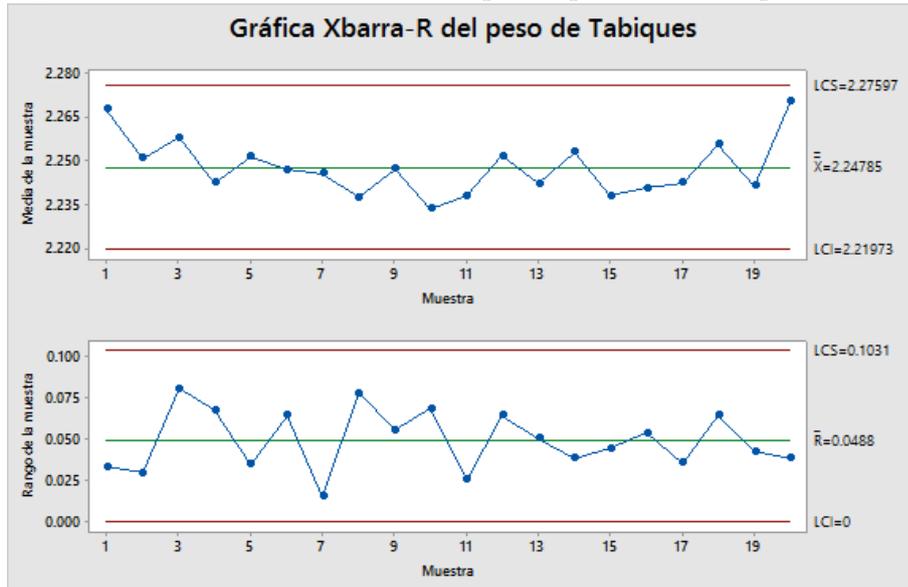
Subgrupo	Peso de los tabiques, en kg.					Media	Rango	
1	2.258	2.285	2.261	2.252	2.283	2.268	0.033	
2	2.267	2.246	2.238	2.247	2.257	2.251	0.029	
3	2.227	2.267	2.255	2.307	2.234	2.258	0.080	
4	2.238	2.263	2.266	2.199	2.247	2.243	0.067	
5	2.270	2.236	2.263	2.242	2.247	2.252	0.034	
6	2.240	2.256	2.271	2.207	2.261	2.247	0.064	
7	2.241	2.247	2.255	2.240	2.246	2.246	0.015	
8	2.205	2.258	2.244	2.202	2.279	2.238	0.077	
9	2.220	2.243	2.275	2.261	2.237	2.247	0.055	
10	2.189	2.257	2.245	2.233	2.244	2.234	0.068	
11	2.237	2.242	2.228	2.253	2.231	2.238	0.025	
12	2.242	2.282	2.264	2.218	2.253	2.252	0.064	
13	2.247	2.270	2.220	2.252	2.223	2.242	0.050	
14	2.260	2.265	2.261	2.253	2.227	2.253	0.038	
15	2.256	2.257	2.247	2.213	2.218	2.238	0.044	
16	2.255	2.211	2.236	2.237	2.264	2.241	0.053	
17	2.251	2.219	2.254	2.248	2.241	2.243	0.035	
18	2.265	2.276	2.279	2.215	2.243	2.256	0.064	
19	2.216	2.232	2.245	2.257	2.258	2.242	0.042	
20	2.265	2.290	2.287	2.252	2.259	2.271	0.038	
						Medias	2.248	0.049

Elaboración de gráficos de control para medias y rangos

Para el análisis se elige la elaboración de la gráfica Xbarra para analizar la tendencia central del proceso y la de rangos, R, para evaluar la dispersión existente. Se eligieron ambas gráficas porque el tamaño de subgrupo es pequeño $n = 5$. En la Figura 2 aparecen las cartas de control elaboradas por el software.



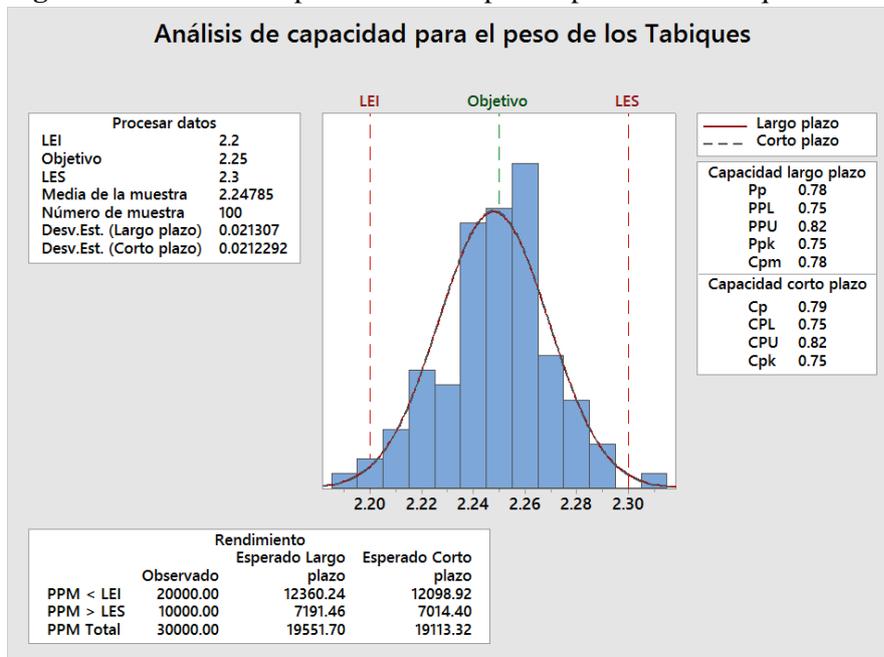
Figura 2. Gráficos de control Xbarra-R para el peso de los tabiques



Análisis de capacidad

Después de haber realizado el análisis anterior, no se encontraron evidencias de la presencia de causas especiales de variación, por lo tanto los resultados que se obtuvieron en un análisis de capacidad podrían ser confiables para la toma de decisiones. En la Figura 3 se muestra el gráfico obtenido del análisis en el software estadístico.

Figura 3. Análisis de capacidad normal para el peso de los tabiques



Se indagaron las posibles causas para el exceso de variación en el peso de los tabiques, en otras palabras, a los operadores se les preguntó por qué consideraban que había ladrillos más pequeños o más grandes

de lo normal. Mismas opiniones que fueron clasificadas y representadas en un gráfico de causa–efecto como el de la Figura 4, se aprecia que la mayor cantidad de causas posibles para el efecto son en las mediciones y los métodos.

Figura 4. Diagrama Causa–Efecto para el peso disconforme de los tabiques



Propuestas de soluciones para la mejora del tabique

Entre las ideas para mejorar la característica de calidad del tabique, que el caso de este estudio es el peso se llegó a las siguientes propuestas:

- Implementar un dispositivo o molde que se ajuste al peso del tabique, esto quiere decir que una vez haciendo el tabique acomodarlo al molde para que todos tengan la misma cantidad y no varíe el resultado.
- Utilizar las mismas cantidades que se utilizan en la creación del tabique, esto es pesándolas o midiéndolas, para que contengan la misma cantidad de material.
- Se debería de pesar a todos los materiales para la elaboración de ladrillos y después dividirlos en el peso específico del ladrillo para así saber cuántos moldes utilizar y que quede con un peso más exacto.

Las ideas planteadas y otros elementos clave son los que se estructuran en la Tabla 4, donde mediante un esquema de 5W+1H se plantean las propuestas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis descriptivo del muestreo realizado a 62 de los tabiques que se encontraban en el almacén de productos terminados indicó que la tendencia central de la variable es de 2.243 kilogramos, con una desviación estándar de 0.0197 kg. La prueba de normalidad de Anderson–Darling realizada por el software resultó significativa para un nivel del 95% de confianza, obsérvese que el valor P es mayor que el nivel de significancia α ($0.533 > 0.05$); a pesar que los datos se ajustan a la normalidad y que el peso promedio es cercano al valor ideal, no se espera que la mayoría de las veces esa media contenga a los 2.250 kg, ya que el intervalo de confianza indica que el 95% de las veces que se realicen muestreos se espera que el peso promedio se encuentre entre 2.238 y 2.248 kg.

Tabla 4. Propuestas para reducir la variación en el peso de los tabiques

Causa-Raíz	¿Qué?	¿Quién?	¿Cómo?	¿Por qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?
Cantidades para la producción. No se miden adecuadamente los materiales	Determinar cantidades adecuadas de M.P. para los lotes de producción	El experto en la producción	Elaborar procedimientos para cantidades exactas de producción	No se tiene determinada la cantidad de cada material para las mezclas	Área de producción de la empresa.	Determinar valores durante las próximas semanas y estandarizar
Falta de parámetros. No se tienen definidos parámetros dentro de la producción para asegurar la calidad del producto final.	Experimentar con las condiciones del proceso para elegir la que favorezca más a la característica de calidad.	Supervisor o dueño del negocio, experto en la producción	Documentando en SOP's, incluir listado de ingredientes, proporciones, pasos, tiempos de elaboración, etc.	Se logrará recuperar la calidad de producción, impactando benéficamente la calidad del producto final.	En el área de producción y calidad de la empresa.	Diario monitorear condiciones de entrada de cada una de las variables y todas las características de calidad del producto, no solo el peso.

Falta de supervisión, mala organización.	Documentar el proceso para preparar las mezclas. No documentan las cantidades de materias primas para elaborar un lote de producción.	Supervisor o dueño del negocio	Documentar los procedimientos e instalando supervisiones de calidad dentro del proceso productivo	Porque así se logrará producir, casi en todo momento, mezclas iguales, para lograr productos iguales.	En el área de producción de la empresa.	Durante las próximas semanas, documentar los procesos y después verificar el cumplimiento y validación de los mismos.
Mala preparación de materiales.	Estandarizar el proceso de preparación de mezclas. No tienen un orden predeterminado sobre las actividades a realizar para elaborar un lote de producción.	Encargado o dueño del negocio, experto en la producción	Verificando, durante la producción, el cumplimiento de los procesos escritos, se pueden auxiliar de hojas de verificación.	Porque actualmente el trabajo no tiene un modo fijo de operación.	En el área de producción de la empresa.	Continuamente, a partir de que existan los procedimientos escritos.

Los diagramas de control ayudan a indicar una condición fuera de la normalidad y en la carta Xbarra-R elaborada con los 20 subgrupos de cinco muestras cada uno, se puede interpretar que el proceso se encuentra controlado estadísticamente, porque no hay ningún punto fuera de los límites de control, no se observan patrones especiales de comportamiento (habría puntos rojos en los gráficos). El proceso es estable con respecto al peso medio de los tabiques y no existe variabilidad excesiva en ningún subgrupo de la muestra.

Lo anterior es suficiente para determinar que el proceso de producción de tabiques se encuentra bajo control estadístico durante el periodo de tiempo analizado, por lo tanto se procedió a realizar el análisis de capacidad, del mismo que se pueden tener las siguientes interpretaciones:

- El proceso parecerá ser estable a largo plazo, las desviaciones estándar de largo y corto plazo son casi iguales.
- Los índices de capacidad son menores que 1, por lo tanto, se puede asumir que la forma en que se están fabricando los tabiques no es la más adecuada para cumplir con los límites de especificación para el peso del producto.
- La inferencia que realiza el software determinó que en el corto plazo se esperan 12099 tabiques, por millón, con un peso menor que 2.2 kg y
- Alrededor de 7015 tabiques, por millón, con un peso mayor a los máximos 2.3 kg permitidos.

CONCLUSIONES

Después de haber realizado la presente investigación en la empresa fabricante de tabiques de barro rojo recocido se concluye que aplicar herramientas estadísticas de calidad permiten conocer el comportamiento de los productos que se están elaborando, con las técnicas utilizadas se pudo conocer el comportamiento normal de la característica de calidad elegida, se encontró que la tendencia central del proceso es buena y que la variación no es excesiva.

Se tiene un proceso controlado estadísticamente pero incapaz de cumplir con la tolerancia permitida para el peso de los ladrillos. Se deberán fijar acciones, en conjunto con los administradores de la producción, para llegar a la causa raíz acerca del incumplimiento de los niveles de especificación, para lograr un proceso de alta calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Carrillo, M.; Vargas, L.; Severiche, C.; Peralta, J. & Ortega, V. (2022). Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmecánico . Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 3148-3163.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.2081
- Garza, R.; González, C.; Rodríguez, E. & Hernández, C. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. 19-35
- Gómez, M.; Cerón, S. & Moreno, I. (2023). Evolución del proceso estadístico en Colombia a partir de referentes internacionales: revisión bibliográfica. Signos, Investigación en Sistemas de Gestión, 15(2). <https://doi.org/10.15332/24631140.8661>



- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2013). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. México: McGraw Hill.
- Hernández, C. & Da Silva, F. (2016). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *Revista Tecnología Química*. 130-145.
- Hidalgo, M., Riverón, Y., & Cedeño, Y. (2023). Procedimiento para el control estadístico de la calidad en el proceso de producción de cigarrillos. *Revista Transdisciplinaria de Estudios Sociales y Tecnológicos*, 3(2), 22-30. <https://doi.org/10.58594/rtest.v3i2.72>
- Mosquera, J (2013). El rol de la estadística en el control de la calidad. Colombia: Universidad del Valle.
- Ortiz, F; Tobón, L; Alvarado, A; Torres, R & Báez, O (2008). Disminución de pérdidas de sacarosa en la elaboración de meladura en un ingenio azucarero. *Academia Journals*. 47-69.
- Ortiz, F; Tobón, L; Mejía, L; Gómez, E & Alvarado, A (2010). Análisis del flujo de vapor en el área de calderas de un Ingenio Azucarero mediante cartas de control. *Academia Journals*. 1-21.
- Ortiz, Y. & González, I. (2018). Control estadístico de procesos en organizaciones del sector servicios. *Respuestas Journal Engineering Sciences*. 42-49. <https://doi.org/10.22463/0122820X.1500>
- Pérez, L.; Pérez, J.; García, L. & Gómez, P. (2020). Aplicación de metodología DMAIC en la resolución de problemas de calidad. *Mundo Fesc*. 55-66.
- Portuondo, Y.; Lafargue, F.; Pino, J. & González, A. (2023). Implementación del análisis de capacidad de procesos en la fabricación de calibres. *Revista Ingeniería Mecánica*.
- Tobón, L.; Fuentes, L.; Flores, M.; Gómez, J.; Ramírez, S. & Martínez, E. (2022). Control Estadístico de la Calidad para procesos industriales. Editorial de la Cuenca: México.
- Vázquez, E.; Maturano, B; Jiménez, N. & López, N. (2022). Control de procesos en el área de impresión de una empresa cerillera, para establecer criterios de inspección. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2577-2596. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3702
- Vilches, F. (2023). Aplicación del Control Estadístico de procesos. *Revista Argentina de Ingeniería*. 84-91.