



Recepción: 15/ 05 / 2018

Aceptación: 19/ 08 / 2018

Publicación: 05/ 10 / 2018



## Control Estadístico de procesos en la fabricación de vidrios y optimización en la detección de errores para mejorar la productividad

*Statistical control of processes in the manufacture of glasses and optimization in the detection of errors to improve productivity*

*Controle estatístico de processos na fabricação de vidros e otimização na detecção de erros para melhorar a produtividade*

Eder L. Cruz-Siguenza <sup>I</sup>

[eder.cruz@epoch.edu.ec](mailto:eder.cruz@epoch.edu.ec)

Wilson J. Villagrán-Cáceres <sup>II</sup>

[wvillagran@epoch.edu.ec](mailto:wvillagran@epoch.edu.ec)

Lidia R. Castro-Cepeda <sup>III</sup>

[lidia.castro@epoch.edu.ec](mailto:lidia.castro@epoch.edu.ec)

Victor D. Bravo-Morocho <sup>IV</sup>

[victor.bravo@epoch.edu.ec](mailto:victor.bravo@epoch.edu.ec)

Andrés J. Noguera-Cundar <sup>V</sup>

[andres.noguera@epoch.edu.ec](mailto:andres.noguera@epoch.edu.ec)

**Correspondencia:** [eder.cruz@epoch.edu.ec](mailto:eder.cruz@epoch.edu.ec)

<sup>I</sup> Magister en Gestión de la Calidad y Productividad, Ingeniero Industrial Mención Gestión de Procesos, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

<sup>II</sup> Magister en Matemática Básica, Ingeniero en Electrónica y Computación, Tecnólogo en Informática Aplicada, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

<sup>III</sup> Master Universitario en Ingeniería de la Energía, Ingeniera Industrial, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

<sup>IV</sup> Magister en Sistemas Automotrices, Ingeniero Automotriz, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

<sup>V</sup> Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

## Resumen

En el presente trabajo se busca como objetivo el análisis de los datos de producción de la empresa de vidrio que nos proporciona una cantidad de muestras, además de los problemas que se presentan en el subproceso de la elaboración de vidrios ya pueden presentarse los mismos en la etapa de corte, pulido, secado o perforado o a su vez por un mal manejo del producto final. Para lo cual ocuparemos herramientas estadísticas como Pareto que nos permitirá identificar cuál de las fallas es la que más afecta a la producción y a la que se debe prestar mayor importancia. A parte de ocupar graficas de control para ver si el proceso cumple con los estándares o si debe ser mejorado, para lo cual analizaremos los valores de la capacidad cp y ckp además de otros parámetros que serán realizados en dos softwares como son el Excel y Minitab, que nos permitirán comparar los resultados obtenidos para tener un mayor grado de confianza con unos valores al six sigma.

**Palabras clave:** six sigma; herramienta de calidad; capacidad; confianza; mejora.

## Abstract

In the present work, we look for the objective of the analysis of the production data of the glass company that provides us with a number of samples, in addition to the problems that arise in the sub-process of glass making. stage of cutting, polishing, drying or perforation or turn by a bad handling of the final product. Why we will use the tools, click here. Pareto helps us to identify the faults that most affect production and to which we must pay more important. Apart from occupying control charts to see if the process meets the standards or if it should be improved, for whatever is closest to the capacity values and other parameters that have been completed in two softwares such as Excel and Minitab, which allows us to compare the results obtained to have a higher degree of confidence with values at six sigma.

**Keywords:** six sigma; tool of quality; capacity; confidence; improvement.

## Resumo

Neste trabalho procuramos análise objetiva dos dados de produção da empresa de vidro que fornece um número de amostras, além dos problemas que surgem no processamento de fios de

vidro e pode apresentá-los no estágio de corte, polimento, secagem ou perfuração ou, por sua vez,

por manuseio inadequado do produto final. Para que ferramentas estatísticas como negócio Pareto que nos permitirá identificar qual das falhas é a produção que mais afetam e que deverá dar maior importância. Além de tomar cartas de controle para ver se o processo cumpre as normas ou deve ser melhorado, para o qual analisar o cp valores de capacidade e CKP e outros parâmetros que serão feitas em dois softwares como o Excel e Minitab que nos permitirá comparar os resultados para ter um maior grau de confiança com os seis valores sigma.

**Palavras chave:** seis sigma; ferramenta de qualidade; capacidade; confiança; melhoria.

## Introducción

Para poder realizar un análisis exhaustivo se ha tomado en consideración a la empresa Tecnoglass S.A.S empresa latinoamericana que esta acentada en la zona centro del Ecuador la cual muy preocupada por ofrecer un mejor producto o servicio las obliga al uso de un gran número de normas de cumplimiento y herramientas de tipo estadístico para mejorar y alcanzar una calidad óptima, satisfaciendo necesidades y cumpliendo en gran medida las expectativas de sus clientes y/o usuarios (ISO 9000, 2015).

Motivo por el cual la misma decidió realizar una mejora en el subproceso de corte donde se presentan la mayor cantidad de problemas a la hora de su ejecución ya sean los mismos causados por problemas en las maquinas que se utilizan para el proceso o por parte de los operarios que no realizan el procesos siguiendo los estándares y normas indicadas para la elaboración, o a su vez en la parte del manejo de los productos terminados que no son las mejoras y producen fallas en los mismos que llevan a que queden desechados y representen una carga económica para la empresa.

A continuación, podemos apreciar algunos defectos en la fabricación de los vidrios en la empresa específicamente en el corte de las cuales las más frecuentes son las siguientes:

<i>Causas</i>	<i>Frecuencia</i>
<i>Escarcha</i>	<i>21</i>
<i>Bordes No Uniforme</i>	<i>6</i>
<i>Dimensiones Erróneas</i>	<i>2</i>
<i>Ralladura</i>	<i>0</i>
<i>Quiebre</i>	<i>0</i>

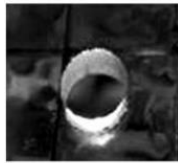


Figura 4. Escarcha.



Figura 5. Quiebre.

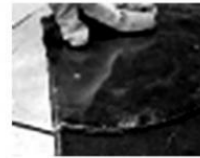


Figura 6. Corte Inadecuado.

**Tabla 1.** Defectos producidos en el proceso de corte

**Fuente:** Tecnoglass S.A.S (2015)

Esto lleva a la empresa a realizar una recolección de muestras de los lotes producidos en un periodo determinado por la empresa junto con los defectos encontrados en cada lote que su valor es constante de 10 muestras revisadas.

<i>Muestra</i>	<i>Defectos por Unidad</i>	<i>Muestra</i>	<i>Defectos por Unidad</i>
1	3	21	4
2	1	22	5
3	1	23	5
4	5	24	3
5	3	25	0
6	0	26	1
7	5	27	3
8	0	28	2
9	5	29	0
10	3	30	5
11	1	31	4
12	2	32	4
13	0	33	0
14	3	34	3
15	0	35	3
16	1	36	2
17	1	37	0
18	0	38	4
19	1	39	2
20	0	40	2

**Tabla 2.** Numero de defectos por muestra

**Fuente:** Tecnoglass S.A.S (2015)

## Metodología

Para el ejercicio nos basaremos en la utilización de la carta de control estadístico de proceso C, ya que la misma nos muestra los defectos presentes por unidad en cada lote.

El diagrama C está basado en el número total de defectos (o no conformidades) en la producción. Los principios estadísticos que sirven de base al diagrama de control C se basan en la distribución de Poisson:

Para construir el diagrama de control C empezamos por tomar  $k$  muestras  $X_1, X_2, \dots, X_k$ , de  $n_i$  unidades cada una, i.e.:  $X_i = (X_{i1}, \dots, X_{in_i})$ . Sea  $u$  el número esperado de unidades defectuosas en cada una de las muestras.

$$\begin{array}{l} LSC = u + 3\sqrt{\frac{u}{n_i}} \\ \text{Linea central} = u \\ LIC = u - 3\sqrt{\frac{u}{n_i}} \end{array}$$

Como se mencionó el análisis de los datos se realizó con el uso de la carta C la cual además de tener un tamaño de lote igual a 10 unidades con los cuales nos serviría para poder definir LÍMITES DE CONTROL establecidos para poder mejorar los procesos y así disminuir desperdicios y defectos en corte.

En la siguiente tabla podemos observar el detalle de los defectos por unidad de cada uno de los lotes que posteriormente nos servirá para el análisis estadístico correspondiente

Muestra	LOTES	Defectos por unidad	UCL	LCL	c-bar
1	10	3	6,60	0	2,175
2	10	1	6,60	0	2,175
3	10	1	6,60	0	2,175
4	10	5	6,60	0	2,175
5	10	3	6,60	0	2,175
6	10	0	6,60	0	2,175
7	10	5	6,60	0	2,175
8	10	0	6,60	0	2,175
9	10	5	6,60	0	2,175
10	10	3	6,60	0	2,175
11	10	1	6,60	0	2,175
12	10	2	6,60	0	2,175
13	10	0	6,60	0	2,175
14	10	3	6,60	0	2,175
15	10	0	6,60	0	2,175
16	10	1	6,60	0	2,175
17	10	1	6,60	0	2,175
18	10	0	6,60	0	2,175
19	10	1	6,60	0	2,175
20	10	0	6,60	0	2,175
21	10	4	6,60	0	2,175
22	10	5	6,60	0	2,175
23	10	5	6,60	0	2,175
24	10	3	6,60	0	2,175
25	10	0	6,60	0	2,175
26	10	1	6,60	0	2,175
27	10	3	6,60	0	2,175
28	10	2	6,60	0	2,175
29	10	0	6,60	0	2,175
30	10	5	6,60	0	2,175
31	10	4	6,60	0	2,175
32	10	4	6,60	0	2,175
33	10	0	6,60	0	2,175
34	10	3	6,60	0	2,175
35	10	3	6,60	0	2,175
36	10	2	6,60	0	2,175
37	10	0	6,60	0	2,175
38	10	4	6,60	0	2,175
39	10	2	6,60	0	2,175
40	10	2	6,60	0	2,175

**Grafica 1.** Muestra en Excel de los datos utilizando la carta C

**Fuente:** Autor

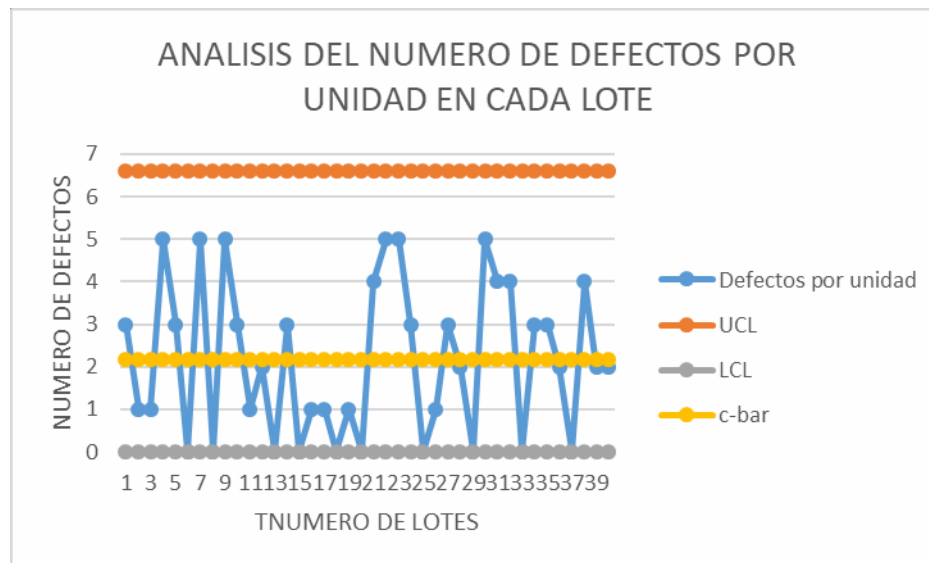
Luego del procedimiento requerido para el cálculo de los límites de Control inferior, Central y superior, el resumen de los resultados son presentados en las Ecuaciones (1), (2) y (3), respectivamente.

$$LIC = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = -2.24 \quad (1)$$

$$LC = \bar{c} = 2.17 \quad (2)$$

$$LSC = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 6.59 \quad (3)$$

También se evidencia que el máximo de defectos por unidad de producto es de 6 con una media de 2.17

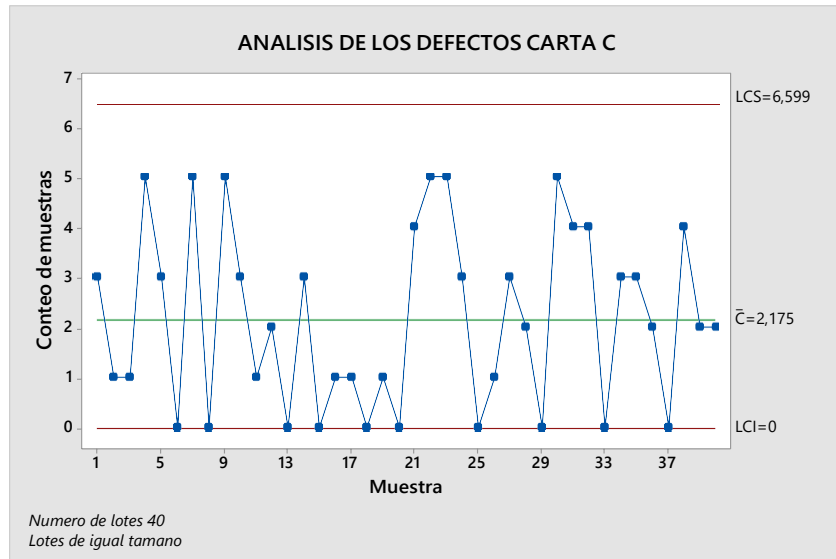


**Gráfica 2.** Grafica de tendencia de numero de fallas por lotes(EXCEL)

**Fuente:** Autor

En la gráfica podemos observar que la tendencia de los datos es hacia la parte inferior lo cual demostraría que el mayor número de errores están por debajo de los dos, todo ello corroborado con los datos obtenidos por el programa para control estadístico de procesos MINITAB.

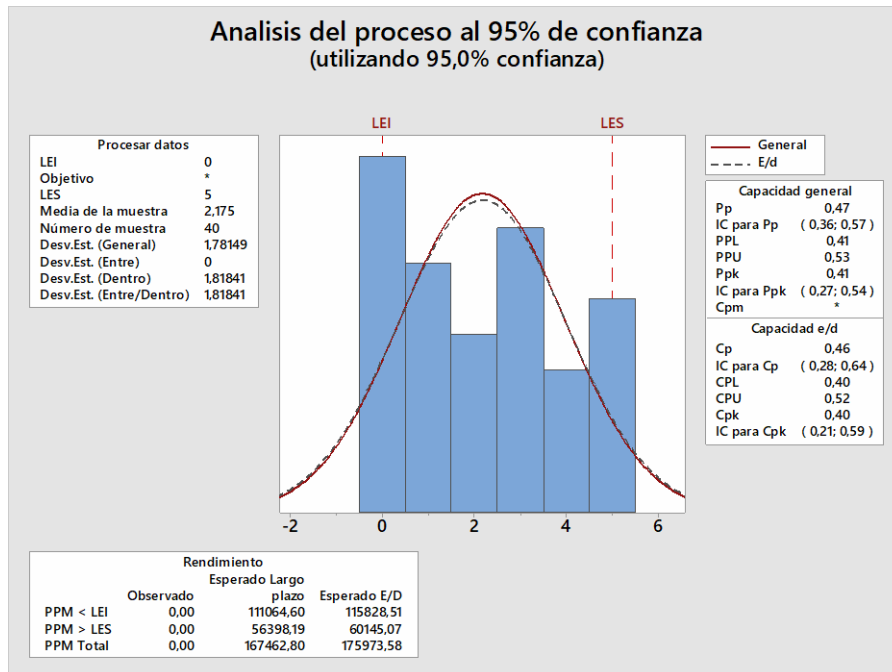




**Grafica 3.** Grafica de tendencia de numero de fallas por lotes (Minitab)

**Fuente:** Autor

Pues bien, estos datos nos dan una visión más exacta de la realidad de cómo se encuentra la producción de vidrios en Ecuador, por lo cual debemos analizar una capacidad Potencial y Real que tiene estas empresas para ello con la misma herramienta MINITAB realizamos el correspondiente análisis obteniendo lo siguiente.



**Grafica 4.** Análisis de Capacidad al 95% en Minitab

**Fuente:** Autor

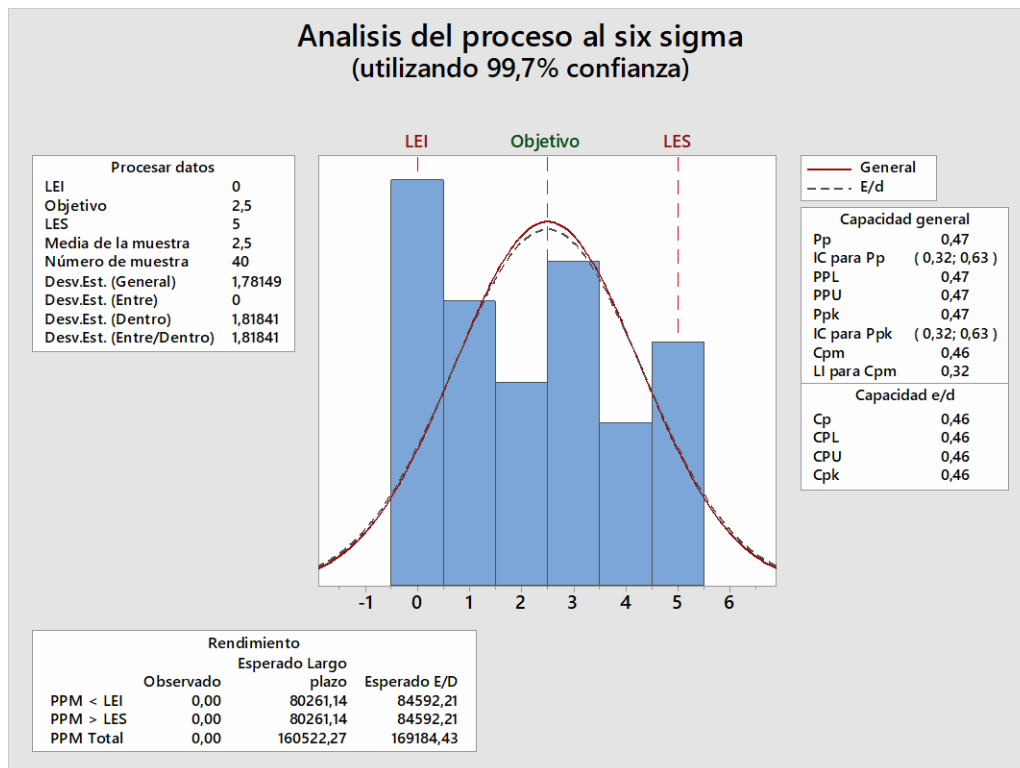
El análisis de la capacidad real del proceso tomando en cuenta el número de fallas presentes por unidad en cada lote nos muestra que:

El valor del cp se encuentra en un valor de 0,46 que nos indica lo siguiente.

Valor de Cp	Clase de Proceso	Observaciones
$Cp \leq 0,67$	Clase 4	Muy incapaz, se requiere modificaciones mayores

Mientras que el valor de cpk alcanza un valor de 0,40 lo que muestra, el proceso es incapaz de cumplir con las especificaciones

Con lo anteriormente mencionado se puede decir que el proceso no cumple con las especificaciones dadas y por lo tanto no es eficaz por lo que requeriría varias mejoras en su proceso u otros factores que afectan directamente en los problemas presentes dentro del mismo.



**Grafica 5.** Análisis de Capacidad al 99,7% o six sigma en Minitab

**Fuente:** Autor

Al hacer un reajuste dentro del proceso para llevar al máximo de su capacidad observamos que reajustando con metodologías como el six sigma, aumentamos el CPK hasta llevarle al CP, pero se mantiene el mismo escenario por cual indicaría que el proceso necesita una mejora más profunda para poder aumentar su capacidad potencial una de ellas sería una Reingeniería de Procesos para subsanar errores de fondo y así lograr una mejor capacidad.

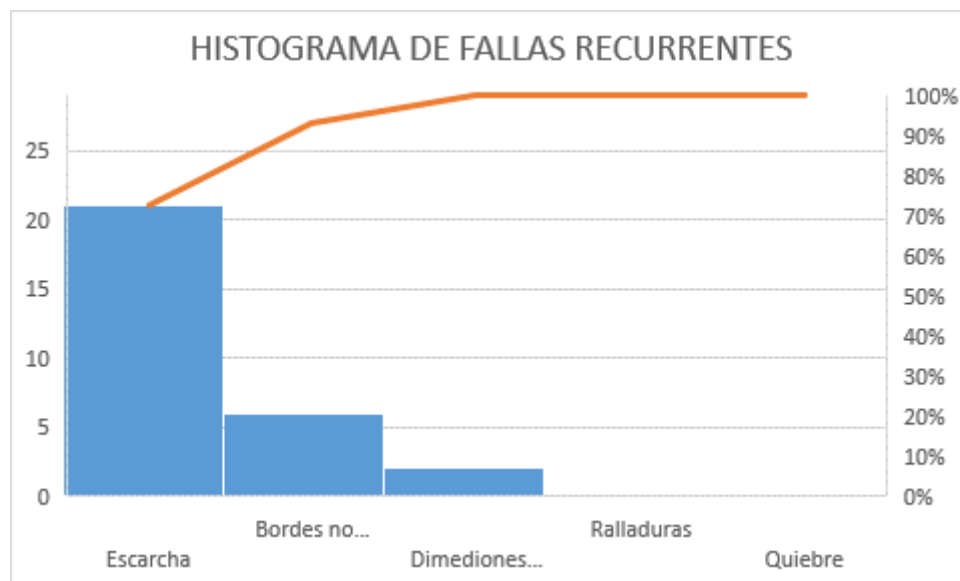
### Análisis De Resultados

Para ver que problemas son los más frecuentes en el subproceso de corte realizaremos un diagrama de Pareto que nos mostrara el valor del 80/20

CAUSAS	FRECUENCIA	%Frec Acumu	Frec. Acum
Escarcha	21	72%	21
Bordes no Uniforme	6	93%	27
Dimediones Erroneas	2	100%	29
Ralladuras	0	100%	29
Quiebre	0	100%	29
	29		

**Grafica 6.** Causas de las fallas más frecuentes en el proceso e corte

**Fuente:** Autor



**Grafica 7.** Pareto de causas más frecuentes en el proceso de corte.

**Fuente:** Autor

Como nos muestra la gráfica más del 70 % de las causas de fallas sin debido a una escarcha miento en los vidrios a la hora de realizar el proceso de corte de los mismos.

Lo que indica que se debe realizar un análisis de cómo solucionar el problema.

## Conclusiones

Las gráficas 2 y 3 nos muestran que el mayor número de fallas o errores por unidad son 6 con una media de 2 errores por cada unidad, además podemos observar una tendencia de que la mayoría de lotes está por debajo de las 2 fallas por unidad analizada

Mientras que cuando analizamos la gráfica 4 podemos observar que la capacidad del proceso es muy baja siendo la del  $cp < 0,46$  y la  $ckp < 0,40$  mostrando esto que el proceso aparte de ser muy ineficaz necesita muchas mejoras para poder llevar al límite de su capacidad. La grafica 5 nos muestra que al realizar el mejoramiento con six sigma podemos lograr mejorar la capacidad, pero muy por debajo de lo esperado.

El Pareto nos muestra que la mayor causa de dallas es debido a la generación de escarcha en los vidrios que produce más del 72% de fallas en los mismos. Por lo que sería el principal caso para analizar si se quiere mejorar la calidad de los mismos.

Finalmente diremos que como la capacidad potencial  $CP = < 0,46$ , inferior del ideal que el valor es  $CP = 1$ , se recomendaría que se realice una reingeniería de procesos.

## Referencias Bibliografías

Pulido-Rojano, A. D., & Bocanegra-Bustamante, C. A. (2015). Mitigación de defectos en productos manufacturados. *Ingeniería y competitividad*, 17(1), 161-172.

GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto; DE LA VARA SALAZAR, Román. Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. México DF: Mc Graw Hill Education, 2013.

EVANS, James R., et al. Administración y control de la calidad. 2000.

ARVELO, A. Gráficas de control. Caracas. Universidad Católica “Andrés Bello, 2006.

GRANT, Eugene L., et al. Control estadístico de calidad. Compañía Editorial Continental SA, México, 1999.

GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto; DE LA VARA SALAZAR, Román. Control estadístico de la calidad y Seis Sigma. México DF: Mc Graw Hill Education, 2013.

ROJAS LÓPEZ, Miguel David; CORREA ESPINAL, Alexander; GUTIÉRREZ ROA, FABIANA. Sistemas de control de gestión. Editorial Ediciones de la U, Bogot {á}--Colombia, 2012, p. 51-53.

GUTIÉRREZ, Mario. Administrar para la calidad: conceptos administrativos del control total de calidad. Editorial Limusa, 1989.

MANTILLA, Samuel. Auditoría del control interno (3a. Ecoe Ediciones, 2013.

BAKER, Pauline; HEARN, Donald. Gráficas por computadora. Prentice Hall, 1995.

BAHAMÓN LOZANO, José Hernando. Construcción de indicadores de gestión bajo el enfoque de sistemas. 2006.

NISE, Norman S.; ROMO, Jorge Humberto. Sistemas de control para ingeniería. Compañía Editorial Continental, 2002.

GONZALEZ, German García. Control interno. 1972. Tesis Doctoral. Ujtl.

GIRALDO, Didier; TABARES, Iván. Teoría de control. Universidad Tecnológica de Pereira, 1997.

NIEVES HURTADO, Antonio; DOMÍNGUEZ SÁNCHEZ, Federico C. Probabilidad y estadística para ingeniería un enfoque moderno. México: McGraw Hill, 2009.