

# EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CAPACIDAD DEL PROYECTO DE DESERCIÓN ACADÉMICA EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA (UTP)

**Julio César Mosquera Mosquera**

Universidad del Quindío, Armenia (Colombia)

**José Daniel Mosquera Artamonov y Pedro Daniel Medina Varela**

Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira (Colombia)

## Resumen

En el presente artículo se plantea una discusión teórica de las implicaciones de los análisis estadísticos, realizados por un especialista que pasa por alto probar la hipótesis sobre la normalidad de los datos recolectados y acepta procesos que realmente no tienen capacidad de cumplir las metas propuestas. La discusión se centra en el análisis de los resultados la investigación realizada a los índices de deserción entre 2000-I y 2009-II de la Universidad Tecnológica de Pereira. El trabajo propone una analogía directa entre procesos industriales y sociales en cuanto a la validación de la capacidad del proceso y explica la manera de solucionar problemas de normalidad estadística a partir de la selección de una transformación o distribución que presente el mejor ajuste a los datos del proceso analizado.

**Palabras clave:** Deserción académica, Índice de capacidad, transformada de Johnson

## Abstract

This paper presents a theoretical discussion about implications of statistical analysis performed by a specialist, who overlooks the hypothesis test about the normality of the collected data and accepted processes that do not really have the ability to meet the proposed goals. The discussion focuses on the analysis of the results of desertion rates research carried out between 2000–I and 2009–II at the Universidad Tecnológica de Pereira. The paper proposes a direct analogy between industrial and social processes in terms of validating the ability of the process and explains how to troubleshoot statistical normality by a selection of a transformation or distribution wish presents the best fit of analyzed process data.

**Keywords:** Academic desertion, capacity index, Johnson transform

## Introducción

El desarrollo y la evolución socioeconómica del ser humano, están ligadas a la validación que el mismo realiza de sus procesos. La cuantificación de estos procesos y la valoración de sus atributos y cualidades le permiten determinar la eficiencia y la eficacia del proceso y dirigir sus esfuerzos a la búsqueda de un mejoramiento continuo definido como el “kaisen”, por los japoneses (Imai, 1986). Industrialmente ésta es una manera de superar barreras intrínsecas y competir en grandes niveles. Sin embargo, no es suficiente con tener modelos de administración vanguardistas. Es necesario contar con indicadores de capacidad que permitan saber si un servicio o producto puede o no cumplir con unos límites de especificación (Valdiviezo, *et al.*, 2009) y que permitan paulatinamente aumentar la capacidad de los procesos evaluados.

### ¿Qué es capacidad en un proceso?

Delgado, *et al.* (2004) proponen que “la capacidad del proceso mide la habilidad de un proceso de generar productos o servicios que se ajustan a las especificaciones”. Es importante asegurarse de que el proceso esté bajo control antes de evaluar la capacidad. El rendimiento de un proceso bajo control es predecible; por lo tanto, se puede evaluar la capacidad del proceso para producir unidades que se encuentren dentro de las especificaciones y así poder predecir el número de piezas o aparatos, fuera de las especificaciones.

La capacidad se determina al comparar la dispersión del proceso con la dispersión de especificación. En otras palabras, el ancho de la variación del proceso se compara con el ancho del intervalo de especificación. Lo que se espera es que la dispersión del proceso sea menor, y esté incluida en la dispersión de especificación.

Los índices de capacidad (ICP) son relaciones de la dispersión del proceso y la dispersión de

especificación y representan valores adimensionales, de manera que se pueden utilizar para comparar la capacidad de procesos diferentes.

### Especificación del producto versus capacidad del proceso

“La principal razón para cuantificar la capacidad de un proceso es la necesidad de conocer objetivamente la habilidad del proceso para mantenerse dentro de las especificaciones de calidad establecidas” (García *et al* 2007). Para procesos que están bajo control estadístico, una comparación de la variación de  $6\sigma$  con los límites de especificaciones permite un fácil cálculo del porcentaje de defectuosos mediante la tolerancia estadística convencional. Esto plantea la necesidad de abordar primeramente la cuestión sobre la normalidad de los datos analizados antes de realizar análisis comparativos que pretenden validar la capacidad de un proceso. En caso negativo, se debe plantear una metodología diferente de cuantificación de la capacidad de un proceso, lo cual se muestra en este trabajo.

## Metodología

El índice de capacidad del proceso (ICP) es la fórmula utilizada para calcular la habilidad del proceso de cumplir con las especificaciones y se expresa (Guevara *et al* 2006) de la siguiente manera:

$$ICP = C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}} \quad [1]$$

Donde:

- LSE: Límite superior especificado
- LIE: Límite inferior especificado
- $\hat{\sigma}$ : Desviación estándar de los datos

Según los valores obtenidos del ICP, se puede conocer la habilidad de cumplir con las especificaciones del proceso como muestra la tabla 1.

Tabla 1. Análisis del ICP

ICP	Decisión
$ICP > 1.33$	Más que adecuado, incluso puede exigirse más en términos de su capacidad
$1 < ICP < 1.33$	Adecuado para lo que fue diseñado. Requiere control estrecho si se acerca al valor de 1
$0.67 < ICP < 1$	No es adecuado para cumplir con el diseño inicial

Para determinar los diferentes índices de capacidad de un proceso, éste debe cumplir con dos condiciones esenciales:

1. El proceso debe estar bajo control según explicación detallada contenida en el manual de control de proceso.
2. Los datos se ajustan a una distribución normal.

Cuando los datos no se ajustan a una distribución normal, se debe realizar una estimación de la distribución o transformación que presente mejor ajuste a los datos recolectados del proceso evaluado.

En la tabla 2 se muestran algunas referencias sobre cuándo usar cada uno de los índices.

Si los datos tomados del proceso que se está analizando siguen una distribución normal, se puede diseñar los ICP de corto plazo y también los de largo plazo (Control Estadístico de la calidad con MINITAB 2003). La capacidad global o a largo plazo nos dice cómo se está comportando el proceso respecto a las especificaciones prefijadas. La capacidad potencial o a corto plazo nos dice cómo se comportaría el proceso si consiguiésemos eliminar la variabilidad entre los distintos subgrupos.

Por otra parte, es necesario resaltar que para un proceso que no siga una distribución normal, no se puede estimar indicadores de capacidad a corto plazo como Cp, Cpk, CPU, y CPL (Tabla 2) y sólo es posible calcular los índices de capacidad de largo plazo o globales, que son Pp, Ppk, PPU, y PPL.

Tabla 2. Descripción de los ICP

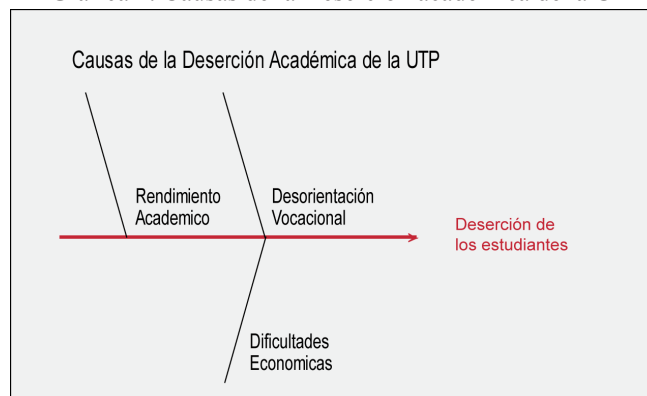
Índice	Uso	Fórmula
Cp o Pp	El proceso está centrado en los límites de especificación	$(LSE-LIE)/6\sigma$
Cpk o Ppk	El proceso no está centrado en los límites de especificación, pero está contenido en ellos	$\text{Min}\{(LSE-\mu)/3\sigma, (\mu-LIE)/3\sigma\}$
CPU o PPU	El proceso sólo tiene un límite de especificación superior	$(LSE-\mu)/3\sigma$
CPL o PPL	El proceso sólo tiene un límite de especificación inferior	$(\mu-LIE)/3\sigma$

### Planteamiento del problema

En la Universidad Tecnológica de Pereira desde hace varios años se viene trabajando arduamente en el proyecto de la disminución de deserción académica de la población estudiantil, presentando buenos resultados según informe de la gerente del proyecto, mostrados por las mejoras comparativas de los niveles de deserción nacional. (Carvajal 2009).

A partir de investigaciones realizadas para conocer los factores de deserción predominantes en la población universitaria de la Universidad Tecnológica de Pereira, se determinaron 3 factores con alta significancia para que un estudiante no continúe con sus estudios profesionales (Carvajal et al 2006), los cuales son mostrados en el gráfico 1.

Gráfica 1. Causas de la Deserción académica de la UTP



Fuente: Carvajal et al 2006

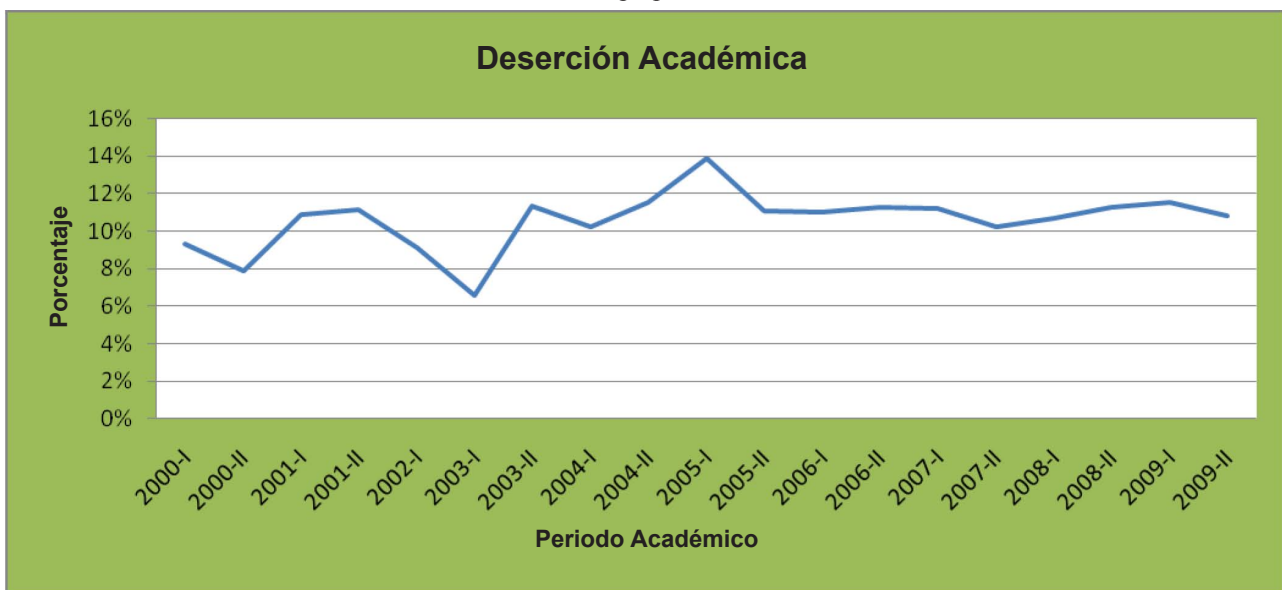
Conociendo algunos de los factores primordiales que genera la deserción, se planteó tener como meta del proyecto, que la UTP tuviera un índice inter-semestral de Deserción del 5%<sup>1</sup> (LIE). En este caso es posible definir como proceso de estudio, “mantener los estudiantes en la universidad hasta terminar su carrera”, o análogamente “mantener el nivel de deserción dentro de ciertas especificaciones definidas en el manual estratégico”

El control de este proceso parte de la definición de los indicadores de capacidad. Los indicadores de

capacidad fueron diseñados para ser utilizados en la industria pero no se encuentra ninguna oposición del empleo de las mismas para evaluar procesos sociales. Por esta razón, se plantea asemejar los estudiantes desertores a productos defectuosos y de esta manera, realizar una analogía con la industria en donde se pretende controlar el número de defectuosos generados, en tanto que las universidades tratan de controlar el número de desertores por periodo académico.

En la gráfica 2, se muestra el comportamiento de la deserción en el periodo 2000-I hasta 2009-II

Grafica 2. Serie de tiempo para deserción académica



Fuente: Oficina de Deserción I-440 UTP

A través del proyecto de deserción han estado controlando los índices de deserción los últimos 5 años. Inicialmente bajándolos paulatinamente para luego mantenerlos en un intervalo entre 10,4% y 11,4%, como muestra la gráfica 2.

El análisis de la capacidad de este proceso se realizó teniendo en cuenta que el objetivo del proyecto de

control de deserción es tener un índice de 10% de la población estudiantil.

Inicialmente es necesario conocer si el proceso sigue una distribución normal para lo cual se aplica la prueba de Shapiro-Wilk y cuyo resultado se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Prueba de la hipótesis de normalidad

Prueba de Shapiro-Wilk		Prueba de Anderson-Darling	
W (valor observado)	0,872	A <sup>2</sup> de Anderson-Darling	1,191
p-value unilateral	0,015		0,003
Alpha	0,05		

<sup>1</sup> Información suministrada por la gerente del proyecto

Al someter los datos a las pruebas de normalidad siendo estas la de Shapiro-wilk y la de Anderson-Darling con un lumbral de significancia  $\alpha=0,05$  se rechaza la hipótesis nula, aceptando la no normalidad de los datos.

Dado que los datos no están distribuidos normalmente, es necesario encontrar una distribución o transformación que ajuste los datos obtenidos de la Deserción en la UTP. Para tal suceso se utilizó la prueba de bondad del ajuste que brinda MINITAB,

Tabla 4. Prueba de bondad del ajuste

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P
Normal	1,191	<0,005
Transformación Box-Cox	1,027	0,008
Lognormal	1,481	<0,005
Lognormal de 3 parámetros	1,184	*
Exponencial	6,693	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	4,275	<0,010
Weibull	1,077	<0,010
Weibull de 3 parámetros	1,079	<0,005
Valor extremo más pequeño	1,195	<0,010
Valor extremo más grande	1,786	<0,010
Gamma	1,369	<0,005
Gamma de 3 parámetros	1,304	*
Logística	0,942	0,008
Loglogística	1,119	<0,005
Loglogística de 3 parámetros	0,942	*
Transformación de Johnson	0,158	0,941

Pero ¿qué sucede con los ICP si el analista encargado no tiene en cuenta la prueba de normalidad de los datos?

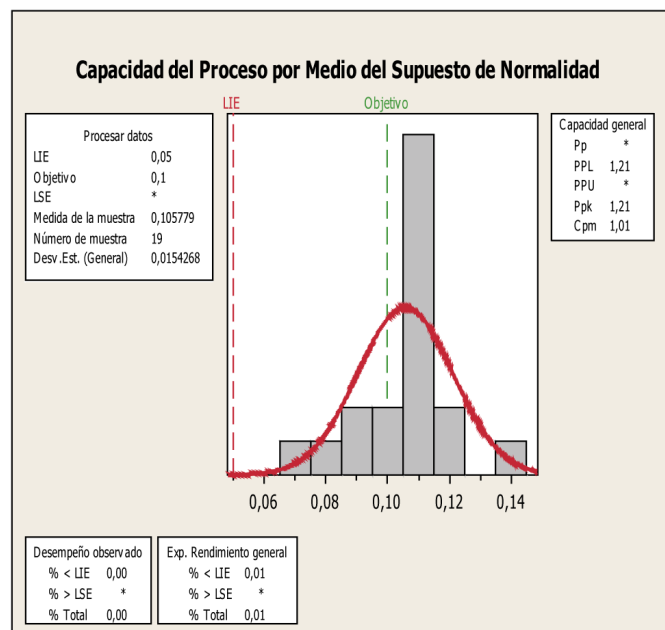
Al no tener en cuenta la prueba de bondad del ajuste para la distribución normal, se puede afirmar que el proceso de la deserción académica de la UTP es capaz de cumplir la meta de tener una deserción inter- semestral de 10% de la población matriculada dado que  $C_{pm} = 1,01$  y  $P_{pk} = 1,21$  los dos mayores a uno (gráfica 3).

En la gráfica 4 se muestran los índices de capacidad diseñados bajo la utilización de la transformación de Johnson, la cual presenta mejor ajuste al proceso analizado (Largos, *et al* 2003).

analizando 16 diferentes ajustes posibles. (Control Estadístico de la calidad con MINITAB 2003)

Para conocer la distribución o transformación que mejor ajusta los datos se selecciona la aproximación que tenga el p-value  $>0.05$  (tabla 4) y en caso que exista empate se utiliza el valor de AD (Tabla 4) más cercano a cero. La tabla 4 muestra que la transformación de Johnson tiene el mejor ajuste para los datos con el p-value 0,941 y el  $AD = 0,158$ .

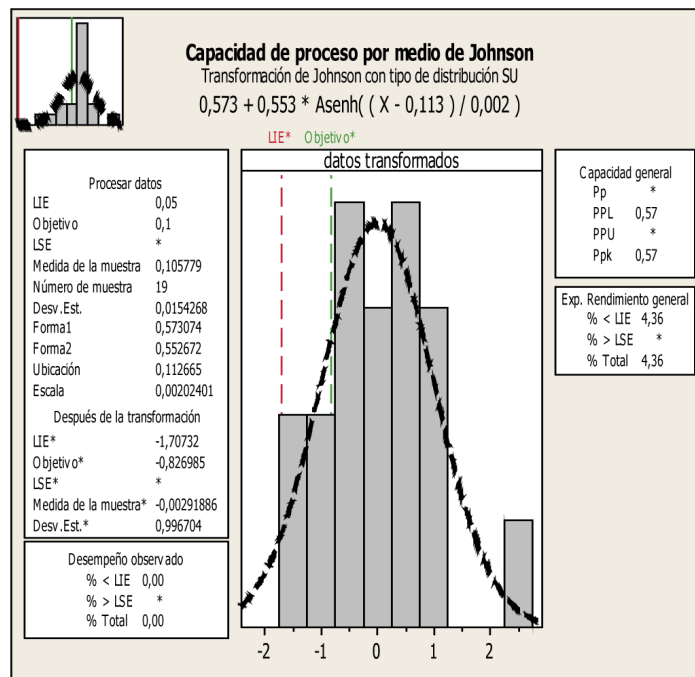
Gráfica 3. Capacidad del proceso por medio del supuesto de normalidad



Este análisis muestra que a largo plazo el proceso modelado por esta distribución no es capaz de cumplir con la meta propuesta de tener una deserción del 10% dado que tanto el  $P_{pk}$  como el  $PPL$  son iguales a 0,57 y por tanto menores a uno.

De esta manera, es posible afirmar que si no se comprueba la normalidad de los datos se puede cometer el error de aceptar un proceso que no es capaz de cumplir con las especificaciones. Las consecuencias de un análisis basado en supuestos de normalidad inexistentes son reveladas luego de que el proceso ha demostrado su incapacidad en la práctica con las repercusiones económicas propias de procesos y productos no conformes. En particular el tener el proceso de la deserción académica de

Grafica 4. Capacidad del proceso por Johnson



la Universidad Tecnológica de Pereira con índices de capacidad ajustados a las metas institucionales, permite disminuir el costo por semestre de los estudiantes desertores, como lo muestra la tabla 5.

No tener el proceso bajo control indica que las estrategias adoptadas no son adecuadas y

posiblemente, que las variables que se han identificado como significativas para realizar el control no son apropiadas para este proceso. La consecuencia, desde el punto de vista administrativo es económica al subir los costos anuales por estudiante de cada programa.

Tabla 5. Costo deserción 2009-II

Costo Deserción 2009-II		
Desertores Ingenierías	\$ 1.064.854.538	38%
Total Desertores	\$ 2.771.376.284	100%

Fuente: Oficina de Deserción académica UTP

### Conclusiones y recomendaciones

Los análisis presentados permiten concluir que los índices de capacidad de proceso – ICP utilizados en la industria para el control de procesos y la valoración de su capacidad pueden ser utilizados en el análisis de procesos sociales. La aplicación de estos índices de capacidad está enmarcada en las pruebas de bondad del ajuste que permiten realizar conclusiones sin cometer errores en la apreciación del proceso.

Usualmente al analizar procesos sociales, a causa de las dificultades en la elaboración de modelos que describan dicho proceso, se toma por sentado la normalidad de los datos analizados. Sin embargo, este trabajo demuestra que la no comprobación de la normalidad de la distribución de los datos, aumenta la posibilidad de concluir erróneamente sobre el proceso analizado, afirmando que el proceso es capaz de

cumplir con las metas propuestas, cuando realmente no está en capacidad de cumplirlas.

Para el ejemplo analizado de los datos de deserción académica de la UTP, tiene mejor ajuste la transformación de Johnson, con lo cual se puede afirmar que el proyecto que pretende controlar los índices de deserción, no está en capacidad a largo plazo de disminuir la deserción hasta un 10%. Al parecer, la no comprobación de la normalidad de este proceso ha conducido a una errónea estimación de la capacidad del mismo y a la sobreestimación de las estrategias propuestas para mantener el proceso en control.

A partir de este análisis estadístico se recomendaría para futuras investigaciones del proceso de deserción, determinar la correlación entre las causas principales de deserción, determinando cuánta población estudiantil presenta varias causas de abandono académico y realizar un análisis multivariado

que permita mejorar la selección de las variables determinantes y por lo tanto, aquellas que deben ser controladas a fin de obtener el objetivo propuesto. Esto conlleva a la generación de un modelo que ajuste mejor los datos obtenidos y puedan ser usados los ICP para la valoración de la capacidad de dicho proceso social.

Se puede concluir que, efectivamente como en los procesos industriales, los ICP son una potente herramienta estadística para la valoración de procesos sociales. Sin embargo no es posible trasladar los ICP diseñados para la industria directamente al caso de un proceso social. Para hacer esto es necesario realizar primeramente un estudio de la normalidad de los datos. De ser negativo el resultado de normalidad de los datos se deben realizar pruebas de bondad del ajuste a fin de seleccionar el mejor ajuste y cuidadosamente diseñar los ICP acordes al proceso analizado.

## Referencias

- Carvajal O.P., Trejos A.A., Caro C.A. (2006). Estudio de causas de deserción de los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Pereira entre enero/2000– diciembre/2004 utilizando la técnica de análisis de correspondencias simples. *Scientia et Technica*, Mayo, pp. 261-266. <http://www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/101731261-266.pdf>
- Carvajal (2009) consultado el 19 de abril de 2010 <http://www.utp.edu.co/comunicaciones/htm/detalleHTML.php?idNota=11874>
- Control Estadístico de la Calidad con MINITAB. Universidad Oberta de Catalunya. (2003). Consultado el 15 de abril de 2010 en [http://www.uoc.edu/in3/e-math/docs/SPC\\_6.pdf](http://www.uoc.edu/in3/e-math/docs/SPC_6.pdf)
- García T., Vásquez M., Ramírez G., García J. (2007). “Extensión multivariante del índice de capacidad real de procesos”, *Revista Ingeniería*, Universidad de Carabobo, diciembre, pp. 86-91. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=70711260011>
- Guevara R.D., Vargas J.A. (2006) “Intervalos de confianza los índices de capacidad Cpm y Cpmk en procesos Gaussianos” *Revista Colombiana de Estadística*, Universidad Nacional de Colombia, Diciembre, pp. 153 -162. [http://www.emis.de/journals/RCE/V29/V29\\_2\\_153GuevaraVargas.pdf](http://www.emis.de/journals/RCE/V29/V29_2_153GuevaraVargas.pdf)
- Imai, M. (1986), *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*, New York, Random House Business Division
- Lagos. I.J, Vargas. J.A. (2003). “Sistema de familias de distribuciones de Johnson, una alternativa para el manejo de datos no normales en cartas de control” *Revista Colombiana de Estadística*, Universidad Nacional de Colombia, Junio, pp. 25 – 40. [.http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=89926102](http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=89926102)
- Manual de control estadístico de procesos. Capítulo 6. Manual de control estadístico de procesos. Consultado el 19 de abril de 2010. <http://www.matematicasyposia.com.es/estadist/manualcpe06p3.htm>
- Valdiviezo M.M, Fermin (2009). J. Evaluación del proceso de laminación del endospermo de maíz mediante índices de capacidad de procesos” *Producción y Gestión*, N°12, Junio, UNMSM, ISSN (electrónico) 1810-9993, pp. 47-54. <http://revistas.concytec.gob.pe/>

## Sobre los autores

---

### **Julio César Mosquera Mosquera**

Miembro del Instituto Interdisciplinario de la Universidad del Quindío, director de producción por 10 años de la empresa ASC electrónica. Auditor interno de calidad serie ISO – 9000. Docente universitario por 10 años, titulado en física (1991) de la universidad Lomonosov de Moscú (Rusia), con posgrado en docencia universitaria (1999) de la universidad Antaño Nariño, Maestría (1991) y Doctorado (2008) en física con énfasis en sistemas Acusto- ópticos de la universidad de Lomonosov. En los últimos años ha incursionado en el análisis Multivariados sobre la deserción de los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Pereira. Actualmente Profesor Asistente de la Universidad del Quindío. [jmosquera@uniquindio.edu.co](mailto:jmosquera@uniquindio.edu.co)

### **José Daniel Mosquera Artamonov**

Participante en el grupo de investigación: Herramientas estadísticas modernas para la solución de problemas del entorno-Multivariado- de la facultad de ingeniería industrial. Estudiante investigador de la facultad de Ingeniería Industrial, candidato a

Ingeniero industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira. [xoce15@ingenieros.com](mailto:xoce15@ingenieros.com).

### **Pedro Daniel Medina Varela**

Ingeniero Mecánico, Universidad del Valle (1996), M. Sc en Ingeniería Industrial con énfasis en sistemas de producción, Universidad de los Andes (1999), Profesor de planta Asistente de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira, miembro del grupo de investigación en manufactura flexible de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira (categoría B). Ingeniero de producción en el Ingenio Manuelita por tres años.

Docente universitario por 10 años. En los últimos años ha trabajado en investigación en campos de manufactura y técnicas de mejoramiento de procesos, especialmente en el uso industrial del diseño de experimentos. Trabajo en el desarrollo del laboratorio de logística empresarial de la Facultad de Ingeniería Industrial de la UTP, y actualmente se encuentra trabajando proyectos de investigación en las áreas mencionadas. [pemedin@utp.edu.co](mailto:pemedin@utp.edu.co)

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.