



# Actualización de los objetivos conceptuales y procedimentales en la enseñanza de la Estadística Aplicada en carreras de ingeniería.

Julio Ortigala y Guillermo Cuadrado

Dpto. de Materias Básicas.  
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza  
julioortigala@yahoo.com.ar

## Resumen

*El ingrediente básico en la nueva concepción del control de calidad es la utilización masiva del método científico –y, en concreto, de la estadística-, en la planificación de recogida y análisis de los datos necesarios para la toma de decisiones tendientes a la mejora continua de todos los procesos. Uno de los objetivos de esta iniciativa es, poner en conocimiento de los alumnos de ingeniería, un nuevo paradigma en las ciencias de las mediciones y en el aseguramiento de la calidad de las mismas. Por otro lado, se han profundizado los conocimientos sobre la planilla de cálculo Excel y su utilización para la resolución de situaciones problemáticas. Se han automatizado tareas con el consiguiente ahorro de tiempo que pueden invertir en interpretar resultados. Las salidas de campo han sido una oportunidad para que el estudiante aplique en la práctica, lo que aprendió durante el cursado de la asignatura. Para el año próximo, se piensa implementar la evaluación directamente en la computadora. Los alumnos/as deberán resolver las situaciones problemáticas en Excel y responder las consignas en múltiple opción. Los exámenes resueltos se mandarán por correo electrónico al profesor, para ser corregidos en formato electrónico. Esta situación significará un proceso de evaluación más amigable con el medio ambiente por el consiguiente ahorro de papel y fotocopias.*

**Palabras clave:** *calidad, incertidumbre de medición, paradigma.*

## 1. Introducción

Hoy día, los conceptos de Control Estadístico de la Calidad, confiabilidad de sistemas, diseño de experimentos industriales e incertidumbre de medición pueden considerarse plenamente incorporados a la vida profesional de los ingenieros y al acervo empresarial. Se han convertido en una actividad estratégica de las empresas, con la que pueden ganar nuevos mercados e incentivar su competitividad a nivel mundial. Puede decirse que los conceptos nombrados son consustanciales a la actividad de la empresa y la sociedad. No obstante, durante muchos años se desarrollaron con criterios y aplicaciones dispares y su práctica, en muchos casos, fue ocasional e intuitiva. También su enseñanza en los claustros universitarios tiene falencias que es necesario poner de manifiesto y proponer nuevas líneas de acción, con el objetivo de conseguir la actualización necesaria, conducente a lograr una inserción laboral acorde a los nuevos avances científicos y tecnológicos.

El origen cronológico del Control Estadístico de la Calidad puede situarse en 1924 cuando el Dr. Walter A. Shewhart de Bell Telephone Laboratories desarrolló el concepto de carta de control estadístico. En la misma empresa se desarrollaron algunas de las herramientas más significativas de la



estadística aplicada a la calidad y no por casualidad la Organización Bell se ha mantenido en los primeros lugares en cuanto a prestigio y facturación, en los Estados Unidos, en los últimos 80 años.

Es a partir de la Segunda Guerra Mundial, cuando comienza a darse al Control Estadístico de los Procesos el carácter de función específica y a hacerlo aparecer de norma explícita en los organigramas de las Compañías.

La gran importancia del control de calidad puede vislumbrarse si se considera que ha pasado históricamente por tres etapas distintas. En una primera etapa, el énfasis se centraba en la labor de inspección y en el establecimiento de tolerancias para los productos. Las limitaciones de este enfoque son claras: no evita los defectos de fabricación, sino, únicamente, que se disminuyen unidades defectuosas en el mercado.

La segunda etapa del control de calidad se propone evitar las causas de los problemas de calidad durante la fabricación. Las ventajas de este enfoque radican en su capacidad para mejorar procesos y prevenir la aparición de problemas.

Finalmente, como consecuencia de la intensa competencia internacional, la tercera etapa, desarrollada especialmente en Japón, prosigue la dirección de evitar los problemas antes de que aparezcan, y pone el énfasis en el diseño de productos para que cumplan altas cotas de calidad.

## **2. Marco teórico (Estado Actual)**

El ingrediente básico en la nueva concepción del control de calidad es la utilización masiva del método científico –y, en concreto, de la estadística-, en la planificación de recogida y análisis de los datos necesarios para la toma

de decisiones tendientes a mejorar todos los procesos. Un control de calidad del que no se deriven actuaciones constantes para el perfeccionamiento de los sistemas no es un control de calidad verdadero.

La extensión de los conceptos de calidad a todos los procesos de la empresa comporta una revolución en los métodos de gestión. La calidad es responsabilidad de todas las personas de la empresa y no sólo del departamento de Control de Calidad. Para que este concepto no se quede en una mera exhortación, es necesario suministrar herramientas a todo el personal para que pueda integrarse en las tareas del control integral de la calidad. Ello requiere incrementar los esfuerzos en capacitación de todo el personal y, sobre todo, la educación a partir del propio trabajo cotidiano.

Esta capacitación, debe comenzar con los técnicos de la empresa y, con los cambios operados en nuestra asignatura, Control Estadístico de los Procesos, pretendemos que comience este proceso básico en la formación de cualquier Ingeniero.

Para lograr un control estadístico de los procesos eficiente, es necesario garantizar la calidad de las mediciones. Estas juegan un importante papel en la vida diaria de las personas. Se encuentran en cualquiera de las actividades, desde la estimación a simple vista de una distancia, hasta un proceso de control o la investigación básica.

En los últimos años se ha asistido a la aparición de importantes publicaciones, realizadas por organismos de alto prestigio profesional, en las que se propone un nuevo enfoque a la ciencia de las mediciones, con conceptos renovados que permiten hablar de un nuevo paradigma en la metrología científica. Tanto el Vocabulario Internacional de Metrología, como la Guía ISO para el Cálculo de la Incertidumbre y la norma ISO



5725, presentan nuevas vías conceptuales y procedimentales para la interpretación de la variabilidad de las mediciones en cualquier proceso, como así también enfoques actuales que permiten un control más exhaustivo de estos diseños, garantizando la calidad de las mediciones.

### 3. Objetivos y metodologías

El objetivo fundamental de esta iniciativa es poner en conocimiento de los alumnos de ingeniería, un nuevo paradigma, el cual se genera en la teoría y en la práctica del aseguramiento de la calidad de las mediciones y que está influenciado indirectamente por el fenómeno de globalización de los mercados. Hasta este momento, no se observa que este cambio sea mostrado por los libros de los autores más caracterizados. Sin embargo, están las publicaciones antes nombradas, donde se percibe un cambio de conceptos y estrategias para garantizar una mejor comprensión de la vieja teoría de los errores y en definitiva una mejor educación como consumidores, que nos permitan alcanzar un mejor nivel de vida. Para la implementación y desarrollo de estos conceptos renovados se ha realizado una planificación de cátedra que tiende a que los alumnos puedan incorporarlos en forma significativa y logren desarrollar una matriz de conocimientos que les permitan interpretar y conceptualizar nuevos adelantos en la ciencia de las mediciones.

Se intenta educar para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre, para localizar, reconocer, procesar y utilizar información y para resolver situaciones problemáticas. Educar para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre significa analizar en forma crítica y permanente la realidad de cada día y por lo tanto, no dirigir ni inculcar respuestas. No se trata de una pedagogía de la respuesta sino de una pedagogía de la pregunta, como dice Freire. El estado de incertidumbre actual es

de grandes dimensiones y por lo tanto nadie, y menos nosotros como educadores, tenemos las respuestas. No debemos movernos con respuestas del pasado, tal como lo muestran muchos libros actuales, que no han incorporado al día de hoy, los adelantos que si aparecen en publicaciones científicas.

*En el desarrollo pedagógico del espacio curricular se han incorporado las definiciones y test estadísticos considerados más significativos:*

#### Trazabilidad

En el Vocabulario de Metrología Internacional, VIM, la trazabilidad se define como la “propiedad del resultado de una medición mediante la cual el resultado se puede relacionar a una referencia a través de una cadena ininterrumpida documentada de calibraciones, donde cada una contribuye a la incertidumbre de medición”.

#### Valor verdadero, error y correcciones

Para el Vocabulario Internacional de Metrología, el valor verdadero de una magnitud, es el valor compatible con la definición de una magnitud particular dada. Es un valor que se obtendría mediante una medición perfecta. Todo valor verdadero es por naturaleza, indeterminado.

En general, una medición tiene imperfecciones que se convierten en fuentes de incertidumbre en el resultado de una medición, por lo que, el error es un concepto idealizado y los errores no pueden conocerse exactamente.

El VIM define el error de medida como la diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia. Este concepto puede emplearse cuando exista un valor único de referencia, como en el caso de realizar una calibración mediante un patrón cuyo valor medido tenga una incertidumbre



de medida despreciable o cuando se toma un valor convencional, en cuyo caso el error es conocido.

### **Exactitud y precisión**

Según el VIM, exactitud es la proximidad de concordancia entre valores medidos de una magnitud que son atribuidos al mensurando. El concepto de exactitud de medida no es un valor numérico dado, sino que se dice que una medida es más exacta cuando ofrece una incertidumbre de medida más pequeña. En base a esta definición, para hablar de exactitud se debe involucrar también el concepto de efectos aleatorios.

Para definir la exactitud se deben considerar dos conceptos, la veracidad y la precisión. Veracidad según el VIM es la proximidad de concordancia entre el promedio de un número infinito de valores medidos replicados y un valor de referencia. La veracidad de una medida no puede ser expresada numéricamente y está relacionada inversamente con el efecto sistemático de la medida.

La precisión, según el VIM es la proximidad de concordancia entre valores medidos obtenidos por mediciones repetidas de un mismo objeto bajo condiciones especificadas. La precisión evalúa los efectos aleatorios de una medición. Se expresa en forma numérica por medidas tales como la desviación estándar, la varianza o el coeficiente de variación.

A partir de esta definición, se dice que un resultado es exacto si cumple con dos eventos al mismo tiempo: es veraz, que es lo mismo que decir que se sabe cual es el sesgo y que no es estadísticamente significativo, y además es preciso, con lo que se afirma que los efectos aleatorios están dentro de las tolerancias del método.

Para la ponderación de la precisión pueden usarse diversos test estadísticos, que en definitiva medirán la varianza o la dispersión de los resultados y realizarán una comparación con otros datos de variabilidad provenientes de ciertas referencias o valores bibliográficos de alta confiabilidad.

### **Incertidumbre de una medición**

La calidad del resultado de una medición debe estar medida cuantitativamente de alguna manera segura y confiable. Es decir que al informar el valor de una medición, éste debe ser capaz de garantizarle al usuario que responde a sus necesidades. Sin esta condición los resultados de las mediciones no pueden compararse, ya sea entre ellos o respecto a valores de referencia dados por una especificación o un patrón.

La incertidumbre es un parámetro no negativo asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando (Vocabulario Internacional de Metrología). La incertidumbre de medida incluye componentes provenientes de efectos sistemáticos, tales como componentes asociados a correcciones y a los valores asignados de patrones de medida, así como a la incertidumbre intrínseca (incertidumbre de medida mínima que resulta del nivel de detalle inherentemente limitado de la definición del mensurando).

#### **Uso de las Tics**

La incorporación de las Tics al cursado de la asignatura, se ha dado en distintas situaciones. Los conceptos teóricos se presentan en correspondientes Power Point. Esta metodología ha permitido el ahorro de tiempo para presentar los principales desarrollos, sin menoscabar la calidad educativa. Por otro lado, la cátedra ha desarrollado una serie de apuntes, que reúnen



en si mismo lo mejor de la bibliografía más actualizada. También la incorporación de artículos de revistas especializadas como Technometrics, permiten un aprendizaje en tiempo real. Es bien sabido, que las revistas científicas traen los temas y las líneas investigativas más significativas que luego aparecerán en los libros varios años más tarde. Por este motivo, su lectura y seguimiento permiten conocer en tiempo real el desarrollo de la ciencia, en este caso el Control Estadístico de Proceso, Control de calidad, Cartas de Control, Diseño de Experimentos, Metrología y Calidad en las Mediciones.

#### **Resolución de situaciones problemáticas**

La resolución de los trabajos prácticos planteados por la cátedra se realizan en pizarrón y en hoja de cálculo (Excel), lo que produce que el alumno tenga un contacto directo con una herramienta de importancia fundamental en su trayectoria profesional.

La hoja de cálculo de Excel, ha cumplido perfectamente con estas condiciones y por formar parte del paquete integrado Microsoft Office (en cualquiera de sus versiones) se encuentra prácticamente a la mano de cualquier estudiante, lo que le ha permitido permanecer por su sencillez, disponibilidad y relación calidad/precio como una herramienta idónea tanto para estudiantes, usuarios principiantes como para profesores y usuarios avanzados, que deseen realizar una análisis estadístico.

#### **Salidas de campo**

Los alumnos de la cátedra deben realizar dos salidas de campo durante el cursado de la asignatura. En una de ellas deben llevar adelante una entrevista a un responsable de calidad de alguna empresa de nuestro medio. En ella indagan sobre el estado de calidad de los procesos de la organización, sobre la certificación y/o acreditación de alguna

norma de calidad y sobre el uso de herramientas estadísticas en todo el proceso. En la segunda salida deben tomar medidas en algún proceso y elaborar herramientas estadísticas de control, vistas durante el cursado de la asignatura, ya sea cartas de control, gráficos para la mejora continua o diseño de experimentos.

### **4. Resultados obtenidos**

Se ha logrado poner en conocimiento de los alumnos/as, un nuevo paradigma que se está gestando en la metrología técnica, motorizado por la globalización de los mercados. Los conceptos de precisión, veracidad, trazabilidad, calibración e incertidumbre de medición, incorporados en el desarrollo curricular han puesto en conocimiento de los alumnos/as los últimos adelantos investigativos en la ciencia de las mediciones.

Los alumnos/as han profundizado sus conocimientos de la planilla de cálculo Excel tanto para realizar simulaciones como gráficos. Han automatizado tareas con el consiguiente ahorro de tiempo que pueden invertir en interpretar resultados.

Los nuevos test estadísticos aplicados, les han permitido alcanzar estadio de conocimientos más importantes para resolver problemas estocásticos.

La utilización de las cartas de control como una prueba de hipótesis gráfica ha logrado que los alumnos interpreten mas acabadamente conceptos como el error tipo I y II y el valor P.

Las salidas de campo han sido una oportunidad para que el estudiante aplique en la práctica, lo que aprendió durante el cursado de la asignatura. Los alumnos han realizado más de 60 trabajos en los sitios de operación de las distintas organizaciones visitadas, con resultados altamente satisfactorios.



## 5. Conclusiones

En este trabajo se han presentado los conceptos renovados y las metodologías procedimentales que se han incorporado en los últimos años en la enseñanza de la Estadística Aplicada en Ingeniería (Control Estadístico de los Procesos), con el objetivo de mantener actualizado al futuro ingeniero en tiempo real, con la consiguiente ventaja para desarrollarse en el mundo laboral y aumentar sus ventajas competitivas. Los nuevos conceptos metodológicos permiten pronosticar el nacimiento de un nuevo paradigma que reemplaza a la clásica teoría de los errores. Para llevar adelante los objetivos propuestos se ha realizado un cambio en la planificación curricular con la finalidad de incorporar los contenidos conceptuales considerados más significativos: trazabilidad, calibración, exactitud, precisión veracidad, estimación de la incertidumbre y diseño de experimentos. Por otro lado y para realizar una optimización de tiempos y métodos, se hace uso más exhaustivo de la planilla de cálculo Excel. Con ésta se resuelven las situaciones problemáticas indicadas en los trabajos prácticos, donde los alumnos obtienen las distintas cartas de control, realizan test estadísticos y desarrollan el diseño de los experimentos. Las salidas de campo les han permitido a los alumnos/as instrumentar en los lugares de trabajo, algunas de las herramientas vistas durante el cursado de la asignatura. Los trabajos realizados en los más variados puestos de trabajo de las distintas organizaciones visitadas, se manifiestan con resultados altamente satisfactorios

Para el año próximo, se piensa implementar la evaluación directamente en la computadora. Los alumnos/as deberán resolver las situaciones problemáticas en Excel y responder las consignas en múltiple opción. Los exámenes resueltos se mandarán por correo electrónico al profesor, para ser

corregidos en formato electrónico. Esta situación traerá aparejado un proceso de evaluación más amigable con el medio ambiente, por el consiguiente ahorro de papel y fotocopias.



## Referencias

Banks, Jerry. Control de Calidad Limusa. (1998)

Guía ISO para la evaluación de la incertidumbre de la medición.

IRAM 301. ISO/IEC 17025 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Cuarta Edición (2005)

Montgomery, Douglas C. Design and Analysis of Experiments John Wiley (1997)

Ortigala, Julio. Tesis de Maestría. (2010)

Prieto Castillo, Daniel (1998) Especialización en Docencia Universitaria. La Pedagogía Universitaria. EDIUNC

Vocabulario Internacional de Metrología. (2006)