



10 al 12 de Octubre TUCUMÁN - 2018

AFIANZAMIENTO DEL PENSAMIENTO ESTADÍSTICO EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA A TRAVÉS DE LA ANIMACIÓN Y SIMULACIÓN DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Sara E. De Federico ¹

¹ Departamento Ciencias Básicas - Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario
Estanislao Zeballos 1341, Rosario, Santa Fe, Argentina correo-
e: sdefederico@frro.utn.edu.ar.

RESUMEN

En Ingeniería Mecánica, el pensamiento estadístico es fundamental para efectuar el control de los procesos, instrumental y sistemas mecánicos. Éste puede definirse como el conocimiento de los procesos a través de la obtención de datos, observar su variabilidad, y buscar medios para reducirla. La evolución de este concepto en los alumnos es un pilar imprescindible para lograr las incumbencias de la carrera, y se forja a través del aprendizaje de Estadística, sus métodos y herramientas para el análisis de datos y la obtención de la información subyacente que poseen. A veces esta materia se dicta en forma aislada, vagamente relacionada con procesos ingenieriles. Temas complejos como el Control Estadístico de Procesos suele exponerse en talleres sin prácticas asociadas, con paquetes estadísticos que proveen gran cantidad de gráficos. Sin embargo, éstos tienen características limitadas a nivel visual, como la esquematización, puntualización, seccionado en el espacio y en el tiempo, vistas 2D de gráficos en más dimensiones, aisladas, parciales. Por ello pueden ser difíciles de comprender por los alumnos, que deben imaginar el todo, detectar el momento o plano de representación, si es un conjunto de datos o varios. También la visión de los gráficos estáticos parece pobre, limitada y aburrida. La animación y simulación de gráficos de control estadístico de procesos brinda a los alumnos un instrumento de comprensión que va más allá de la intuición, siendo válida, verificada, correcta y formal. Las animaciones se generan simulando ejemplos reales de procesos estocásticos industriales, mostrando una animación 3D de los gráficos más representativos destacando los puntos centrales del tema. Su uso constituye un apoyo significativo en los alumnos, que razonan usando el pensamiento estadístico, y muestran un aprendizaje más profundo de los temas en situaciones reales. Los gráficos están disponibles en la web de la Facultad Regional Rosario, siendo de acceso público.

Palabras Claves: enseñanza, pensamiento estadístico, simulación CEP/SPC.

1. INTRODUCCIÓN ^e

El pensamiento estadístico en su definición involucra un conocimiento minucioso de un sistema, de las variables que existen en él, y a través del estudio de la forma en que se comportan estas variables y los valores que toman lleva a una precepción de ese entorno mucho más profunda y completa. En el análisis de un sistema con pensamiento estadístico, las situaciones problemáticas son elementos



Organizan

FoDAMI



www.caim2018.com.ar

Avda. Independencia 1800.
San Miguel de Tucumán (C.P. 4000) - Tucumán - Argentina
Teléfono: +54 381 4364093 - Fax: +54 381 4364157
Email: dpmec@herrera.unt.edu.ar



de un proceso integral en donde interviene el tiempo y el espacio, la interacción con el ambiente que lo encuadra, y la interacción de éste con el universo exterior que lo circunda, la definición de los eventos que participan en estas interacciones, y las variables que surgen como cuantificación o calificación de cada uno de estos eventos [1]. Estudiando estas calificaciones, variables, eventos, entorno y problema, se posee un conocimiento absoluto del problema. Para el profesional ingeniero mecánico, formar sus incumbencias basadas en el pensamiento estadístico de los sistemas que lo rodean, garantiza un desempeño excelente en el ámbito de trabajo.

Pero, ¿cómo surge el pensamiento estadístico en el alumno de ingeniería mecánica? ¿Cómo un alumno, frente a los procesos y problemas que se exponen en las asignaturas de su carrera, deja de observarlos como casos o situaciones que deben resolverse en forma aislada y puntual, y ahora verlos encuadrados en la variabilidad de un entorno? Desde el Laboratorio Informático de Ciencias Básicas en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario se proponen talleres de apoyo que incluyen los temas importantes para la Ingeniería Mecánica. Se seleccionan aquellos en donde se presenten situaciones problemáticas dentro de un sistema, logrando así una adquisición de los conceptos en forma conjunta con la apreciación de las conexiones existentes entre éstos y otros objetos y propiedades del sistema que lo rodea. Pero con respecto a estos temas, además de la complejidad intrínseca de los mismos, se puede observar que en general, refieren a situaciones problemáticas que varían según discurren en distintos instantes de tiempo y condiciones del entorno, e involucran además de las variables y parámetros, constantes y demás definiciones de la materia, variables de contexto y conversión de las constantes en nuevas variables [2]. Un tema muy importante, que debe ser reforzado y extendido es el Control Estadístico de Procesos (CEP/SPC), esencial para garantizar la calidad de los procesos, y al mismo tiempo muy útil para la formación del pensamiento estadístico en los alumnos. Los gráficos utilizados generalmente son los creados por el pionero del CEP, Shewart [3]. La idea central de los talleres es la creación de nuevos gráficos en 3D que incluyan todas las variables involucradas, el estudio de su comportamiento y relación dentro del conjunto. Esta visión integral convierte al CEP en algo más complejo, pero al mismo tiempo esta nueva forma de observar el problema permite comprenderlo con más profundidad.

Esta comprensión gradualmente se convertirá en la esencia del pensamiento estadístico dentro de la mente del alumno. Apegándose a esta línea de razonamiento, se realizaron talleres utilizando animaciones y simulaciones con las que se puede interactuar para una observación virtual de situaciones, el comportamiento del sistema con distintos valores de las constantes y parámetros, el efecto de esta variabilidad en el sistema y en los valores de las variables estadísticas observadas.



En este trabajo se muestran los gráficos confeccionados para el taller de apoyo del tema Control Estadístico de Procesos. El punto 2 explica la metodología utilizada en el taller, incluyendo los instrumentos y criterios de evaluación de los alumnos. En el punto 3 se describen y exhiben los gráficos, animaciones y simulaciones construidas para el taller. El punto 4 muestra un análisis de los resultados obtenidos del dictado del taller. Finalmente, el punto 5 expone algunas conclusiones y propuestas a futuro obtenidas de la ejecución de los talleres.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología utilizada en el taller es el resultado de la combinación de varios conceptos metodológicos ampliamente recomendados para la enseñanza en diferentes etapas, que en conjunto proporcionan un método de enseñanza completo. Las estrategias más importantes utilizadas incluyen la clase interactiva de teoría, la presentación de problemas en contextos reales, el uso de simulaciones para el análisis conceptual y animaciones para la interpretación de comportamientos extendidos en el tiempo y con múltiples variaciones [2]. Además, se crearon conjuntos de preguntas especialmente formuladas para profundizar el desarrollo del pensamiento estadístico.

Por otro lado, se tomaron las premisas del Knowledge Quarter, donde el compromiso del docente es esencial para la transmisión del conocimiento exitoso [7]. El Knowledge Quarter identifica tres categorías de situaciones en las que el conocimiento en matemática de los docentes (en este caso la base matemática de la estadística) es revelado en el aula: transformación, conexión y contingencia. En cuarto lugar se encuentra la base de conocimiento, que comprende el conocimiento del contenido matemático del profesor y el conocimiento teórico de la enseñanza y aprendizaje de la matemática, apoyando a cada una de estas categorías de situaciones [8].

2.1. Estructura del taller

Cada taller incluye varias clases, que están estructuradas en etapas. En cada uno, el estudiante adquiere un nivel de aprendizaje que, como una capa de tejido, forma delicadamente la estructura del pensamiento estadístico en su mente y que forma la base para recibir la siguiente capa.

El taller comienza con una explicación del tema, ya describiéndolo dentro de un problema y situándolo en un contexto y haciendo definiciones claras de los conceptos estadísticos con la ayuda de gráficos que se presentan en la pizarra, para resaltar o agregar puntos al mismo momento del dictado de la clase y lograr la interacción con los estudiantes. Cuando los estudiantes han entendido los conceptos fundamentales, se hace una formulación teórica de ellos, siempre refiriéndose al



ejemplo. Continúa con una exposición de ejercicios teóricos, controlando y observando cómo los estudiantes logran entenderlo. Una vez que se ha logrado el aprendizaje formal de la asignatura, se lleva a cabo una práctica. Esta etapa es crucial, los estudiantes deben tener una base bien establecida para avanzar a la siguiente etapa [6]. Continúa una extensión del tema, involucrando el contexto real, definiendo las variables que existen en el sistema circundante. Luego se presentan los gráficos que incluyen, además de los conceptos específicos del tema, todos los elementos que ubican al sujeto dentro de un entorno real. En este momento, utilizan herramientas informáticas para generar simulaciones de datos y gráficos animados en varias dimensiones, utilizando las variables de entorno. El uso de la tecnología informática permite una comunicación rápida a través del acceso a los recursos, lo que significa que las simulaciones están disponibles libremente para su uso y discusión por los estudiantes [2]. El uso de simulaciones permite resaltar la variabilidad previamente explicada de forma teórica y abstracta, y muestra los resultados de forma dinámica [4]. [7].

2.2. Proceso de evaluación

Es importante una observación exhaustiva del avance del curso en cada etapa. Al mismo tiempo, el dictado de un taller en varias clases no puede convertirse en un trabajo agobiante para el profesor. Por ello se establece un criterio de evaluación personalizada continua en cada clase, y no a través de evaluaciones escritas [2]. Debido a esto se recomienda que el cupo de un taller no exceda los 20 alumnos. El profesor debe incentivar al alumnado a la participación activa en las clases, pudiendo así observar la asimilación de los conceptos. También se efectúan preguntas específicas para observar el nacimiento y desarrollo del pensamiento estadístico. En la etapa de ejercitación, el profesor observa como los alumnos encaran y desarrollan el ejercicio [8]. En el transcurso de estas etapas, se puede complementar la evaluación cualitativa con el llenado de una planilla de seguimiento, dependiendo de la cantidad de alumnos que cursan el taller [2][8]. Al final de la etapa de simulación y animación de gráficos, se realiza un coloquio de evaluación individual en donde el alumno expone el tema mostrando los conceptos teóricos, y la vinculación del tema en el contexto real, mientras interactúa con las herramientas informáticas seteadas en un problema particular. El coloquio se guía utilizando la planilla de calificaciones cualitativas, y el profesor formula las preguntas para observar la existencia del pensamiento estadístico en la exposición del alumno. En la Tabla 1 se puede observar el parte de una planilla de seguimiento para la evaluación cualitativa de los alumnos.



3. GRÁFICOS, SIMULACIONES Y ANIMACIONES

En esta sección se describirán algunas de las herramientas informáticas generadas para trabajar en el taller. Se describirán los componentes, los conceptos estadísticos presentes que se destacan, las variables del sistema involucradas, y las opciones para trabajar y analizar, que refuerzan la captación de conocimientos y el desarrollo del pensamiento estadístico. También sin adentrar en demasiados tecnicismos, se explicará la estructura lógica de programación de cada herramienta.

3.1. Primera etapa: presentación del tema

Basándose en bibliografía de renombre y la experiencia profesional de los docentes de la carrera [9] se construye el fundamento teórico estadístico del CEP. Los gráficos se crean para exponerse sobre pizarra blanca de presentación del tema a través de una situación problemática. Los intervalos que se muestran se corresponden con los datos del problema, en ellos están indicados todos los conceptos estadísticos que deben tenerse en cuenta para la comprensión exacta del tema. Tomando los parámetros del enunciado se simulan muestras de datos y se infieren las distribuciones en tiempo real, esto permite al alumno modificar los valores del tamaño de muestra, medidas de dispersión y nivel de significancia y observar el efecto que producen en la gráfica final. Algunos gráficos poseen opciones para cambiar la visualización más concreta de un concepto que se desea reforzar, sobre todo cuando son en 3D, ya que la visión espacial permite una observación de grupos de datos en el tiempo. Para una mejor explicación se describirá uno de los problemas.

3.1.1 Descripción del problema:

“En una pieza se realizan perforaciones para alojamiento de materiales, una característica crítica de la calidad es el diámetro de la perforación. El proceso puede estar bajo control con un diámetro medio de 5 mm, y se sabe que la desviación estándar es 0.1 mm”

En las Figuras 1 y 2 se observan simulaciones y animaciones de apoyo para la explicación del concepto de estimación de una muestra de datos del proceso, la distribución relacionada, y el test de hipótesis de la estimación del parámetro μ a partir de la \bar{x} . La posibilidad de interacción con las animaciones promueve el desarrollo del pensamiento estadístico, por lo cual en esta etapa se realizan preguntas para incentivar y reforzar el pensamiento estadístico. Se debe tener en cuenta que los interrogatorios ejercen presión sobre los alumnos, por lo que hay que controlar y medir el peso y cantidad de preguntas a realizar.

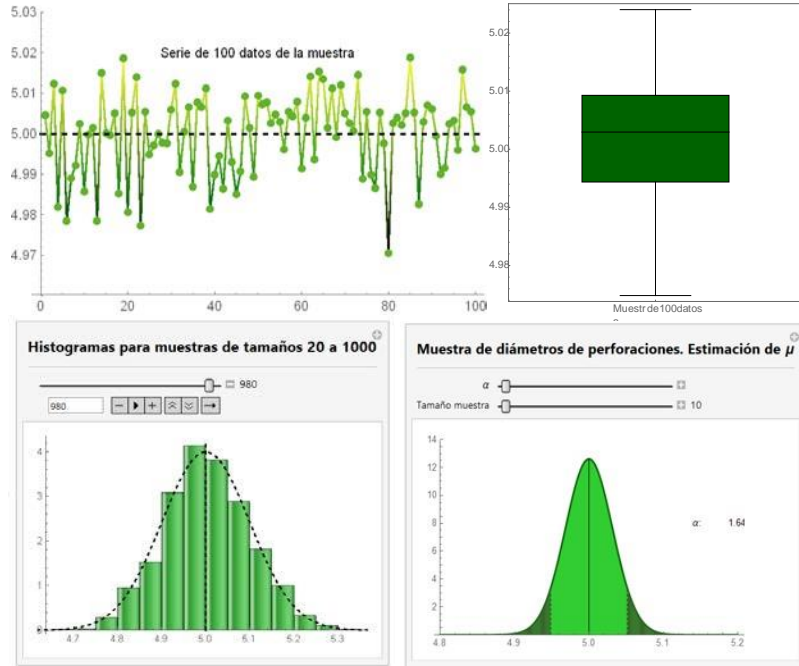


Figura 1: Gráficos y animaciones de la estadística descriptiva y estimación de μ

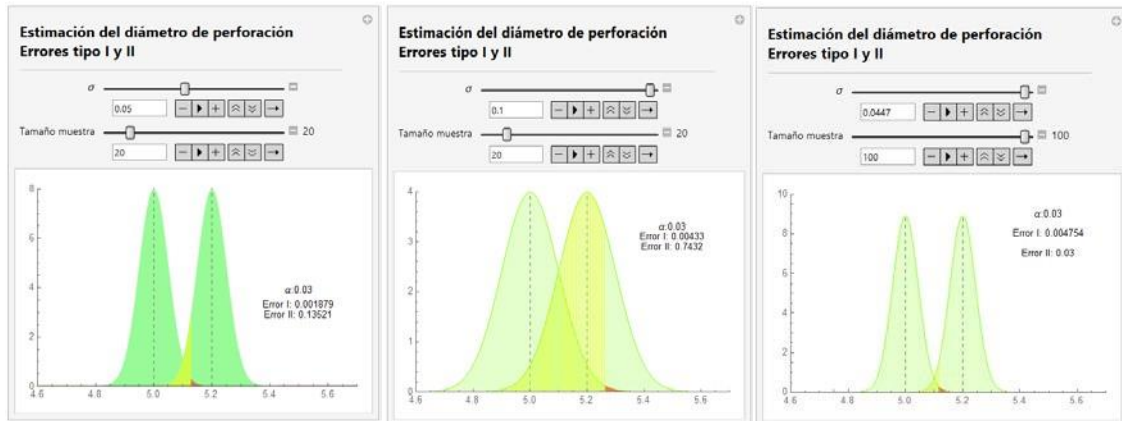


Figura 2: Valores de los errores de tipo I y tipo II: muestra de tamaño = 20, $\sigma = 0.1$ y $\sigma = 0.0447$. Muestra con $\sigma = 0.1$, tamaño = 100.

La práctica del dictado de clases con alto nivel de interacción va dando al profesor indicadores cualitativos del nivel de esfuerzo que pueden elaborar los alumnos. Todas las gráficas y animaciones fueron construidas con software de cálculo simbólico [10] que permite la edición en tiempo de ejecución, y al mismo tiempo exige un conocimiento muy profundo del tema que se desea modelizar, por lo que es un refuerzo de enseñanza extra a la hora de su uso.



3.2. Segunda etapa: animaciones y simulaciones de la gráfica de control.

Se toma cada hora una muestra aleatoria midiendo n perforaciones, se calcula la media del proceso, y se grafica ésta en la carta de control \bar{x} . El cálculo de los límites de control dado por la fórmula 1, depende del tamaño de la muestra, ya que se utiliza la desviación de la media.

Escogiéndose como valor arbitrario a $z_{\alpha/2}$ en 3, se dice que es una carta de control 3σ (refiriéndose a la desviación de la media). La Figura 3 muestra la simulación de una gráfica de control 3σ estándar del problema y la animación con la que los alumnos pueden trabajar, variando el tamaño de las muestras tomadas, y k , que es la distancia desde la media a los límites, expresada en unidades de σ ; varía de 1 a 6, mostrando como al aumentar k σ , se extienden considerablemente los valores de los límites, por lo que el proceso muestra proporcionalmente una menor variación.

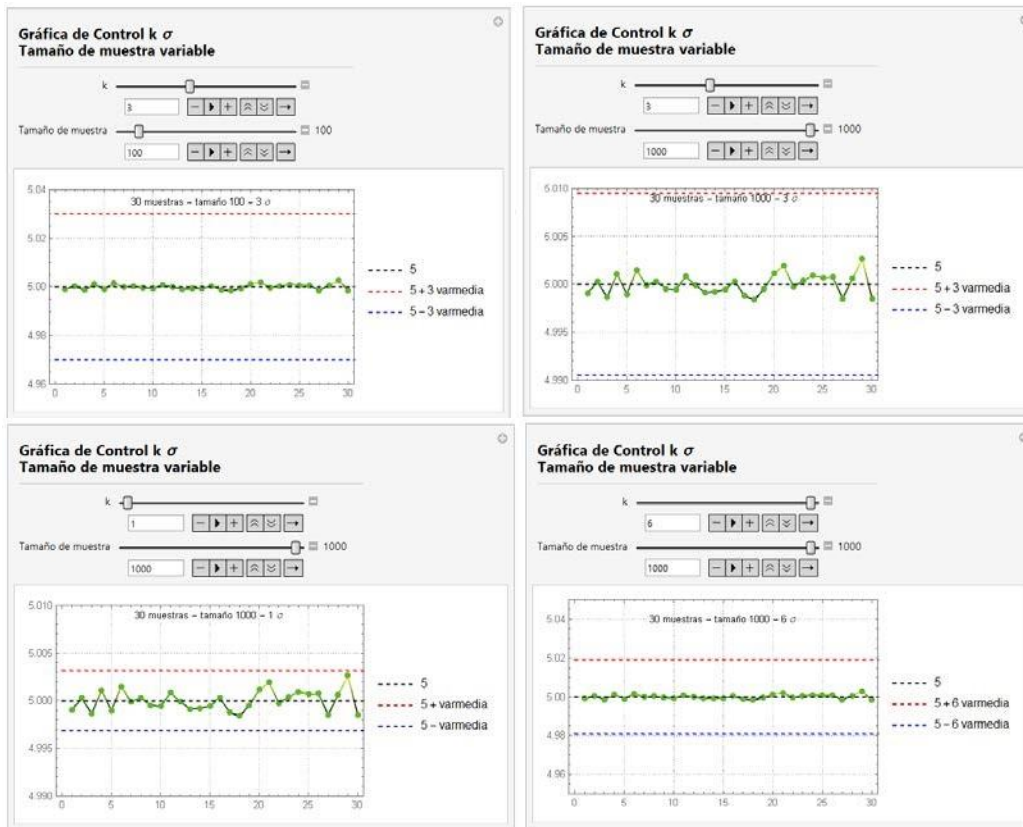


Figura 3: Simulación de la Gráfica de control \bar{x} con k σ , variación de k y del tamaño de muestra.



También, al aumentar el tamaño de la muestra, disminuye σ , por lo que los límites se acercan a la media, restringiendo la zona de variabilidad del proceso.
En la Figura 4 se pueden observar capturas de pantalla de una animación en 3D que muestra los intervalos de confianza de estimación de μ para un conjunto de muestras tomadas en el tiempo. En esta animación se puede observar la variabilidad temporal de la muestra, constituyendo una estructura en tres dimensiones, que representa el experimento completo de estudio estadístico de un proceso.

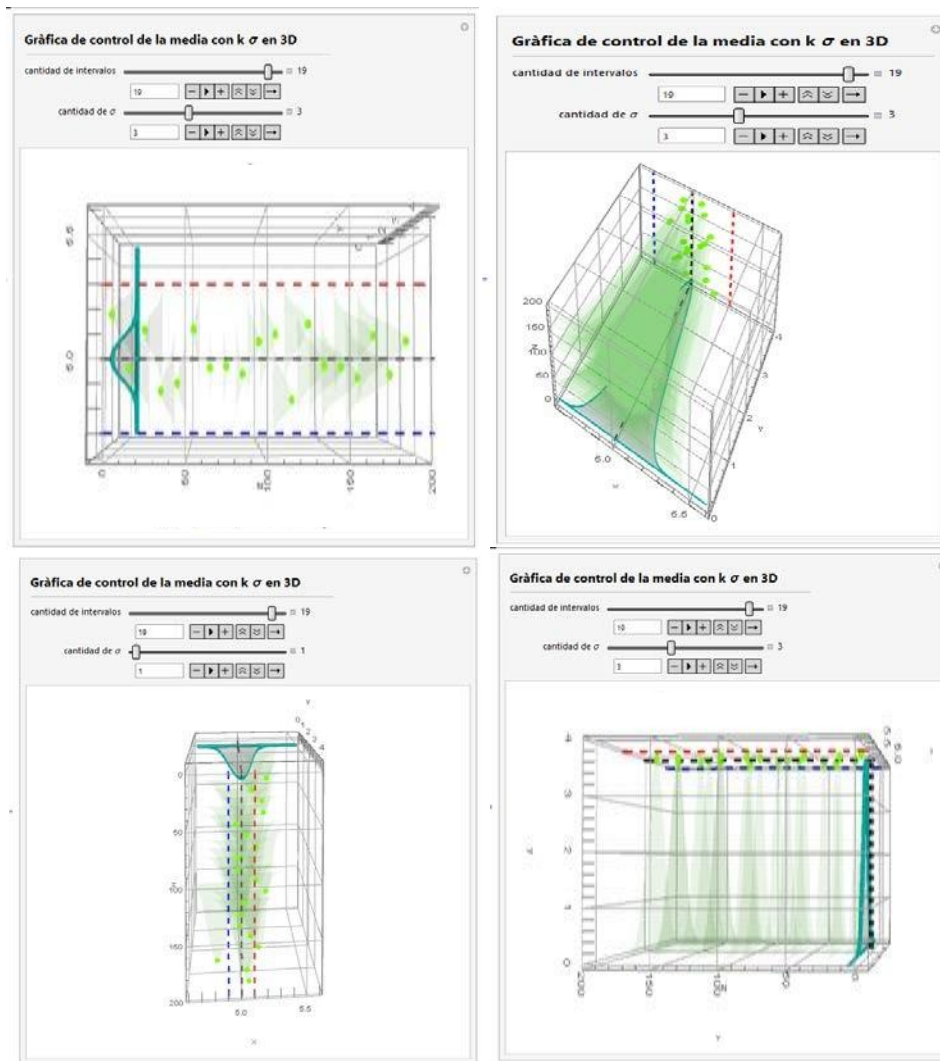


Figura 4: Animación de intervalos de confianza de la estimación de μ de N muestras de tamaño M



4. RESULTADOS

Para determinar el éxito de esta propuesta, no solamente se debe observar un incremento del conocimiento del tema seleccionado, sino que es mucho más importante detectar la gestación o un aumento del desarrollo del pensamiento estadístico en la mente de los alumnos. Teniendo en cuenta la definición de éste, se detectaron variables para medir su nivel de desarrollo. Unas semanas después de finalizado el taller, se envió vía mail una encuesta con el listado de preguntas que se observa en la Figura 5. Con este conjunto de preguntas se puede hacer una apreciación cualitativa de la presencia y desarrollo del pensamiento estadístico. Los resultados de las respuestas de 37 alumnos muestran que: la mayoría de los alumnos encuestados recibe con agrado una herramienta informática para el aprendizaje del tema; a tendencia central de todas las variables se sitúa entre los valores “Bueno” y “Muy bueno” en todas las variables; los alumnos se sienten capaces de explicar el tema y detectan los factores de variabilidad de una situación problemática. Ante la pregunta: ¿serías capaz de realizar un control estadístico detectando un factor de variabilidad en un proceso? la gran mayoría pudo responder con solvencia y definir la estructura del estudio a realizar.

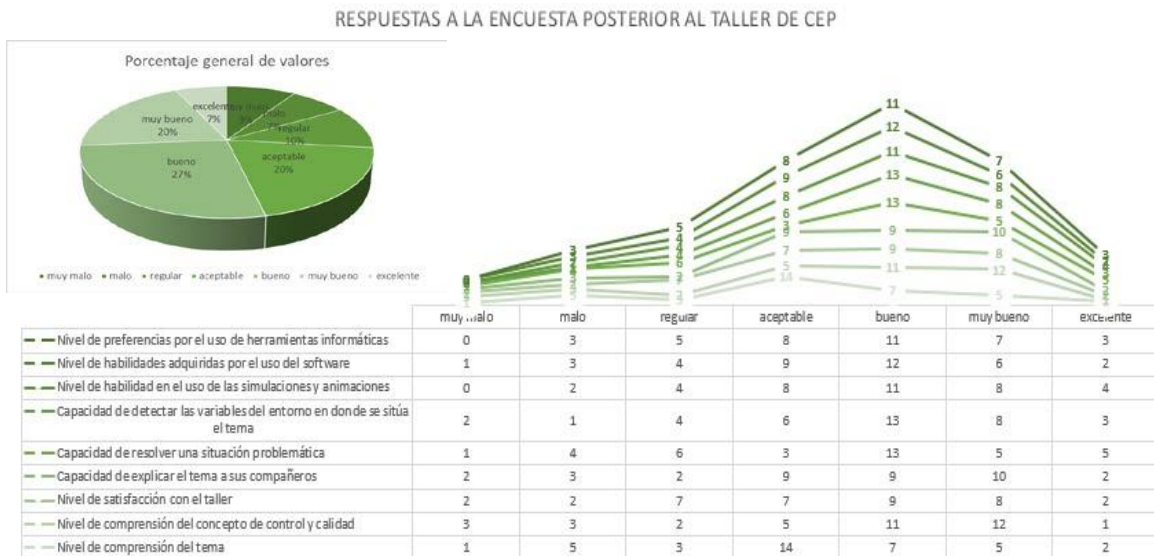


Figura 5: Valores estadísticos de la encuesta post Taller de CEP

5. CONCLUSIONES

Aunque el análisis somero presentado en la sección anterior no es prueba para hacer una afirmación, se puede decir que los resultados indican que los talleres son una herramienta válida para la formación del estudiante en estadística y ayudan a la creación y desarrollo del pensamiento estadístico en los estudiantes. Después de las experiencias, y dependiendo de las respuestas de



los estudiantes, es evidente que el trabajo usando este tipo de talleres para enseñar ejercicios integrados con el uso de herramientas informáticas, es posible incorporar no solo conocimientos teóricos sino también una forma de pensar y razonar el mundo que nos rodea con el pensamiento estadístico [11].

Estamos en un momento donde los datos y la información son la riqueza más preciada de compañías e instituciones. Este momento es definitivo para comenzar a fomentar el desarrollo del pensamiento estadístico en estudiantes universitarios. Son muchos los temas que se pueden tomar para establecer talleres, cada uno de ellos es un medio para crear nuevas herramientas para la formación de pensamiento estadístico en la mente del estudiante de ingeniería [12].

La incorporación de los talleres puede ser compleja debido a horarios restringidos y escasez de personal. El número de estudiantes que toman el curso también es crítico. Por lo tanto, estamos pensando en la repetición de estos talleres como actividades extracurriculares durante todo el año. La modalidad virtual no parece ser la más propicia para estos talleres, ya que la interacción del profesor con los alumnos y estos entre sí es fundamental para la formación del pensamiento estadístico. Más tarde, a medida que se repitan los talleres, se pueden hacer más estudios en profundidad sobre el tema para llegar a conclusiones más definitivas.

6. REFERENCIAS

- [1] Meder, B., Gigerenzer G. *Statistical Thinking: No One Left Behind* in Book Probabilistic Thinking E.J. Chernoff, B. Sriraman (eds.), pp 127-148, Advances in Mathematics Education, DOI 10.1007/978-94-007-7155-0_8, Springer Science+Business Media Dordrecht 2014.
- [2] Dávila Quintana C., Tejera Gil M., Rodríguez Feijó S., Rodríguez Caro A.. *La Estadística, los Métodos de Enseñanza-Aprendizaje y la Adquisición de Competencias Informáticas en el Grado en Administración y Dirección de Empresas*, II Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el ámbito de las TIC, Las Palmas de Gran Canaria, pp 65-70, 12-13 de noviembre de 2015 ISBN: 978-84-608-3145-7
- [3] Rushby N.. *The Future of Learning Technology: Some Tentative Predictions*, British Journal of Educational Technology and Society, April. Vol 16 No 2 pp 56-58. UK, 2013.
- [4] Shewhart W. A., Edwards Deming W. *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control* (Dover Books on Mathematics) 2011
- [5] Das K. *Statistical Thinking: From "Small data" to "Big data"*, Journal of Business & Financial Affairs, Department of Statistics, Temple University, USA, DOI: 10.4172/21670234.1000e119, 2012.
- [6] Snee R. D., DeVaux R. D., Hoerl R. W. *Follow the Fundamentals: Four data analysis basics will help you do big data projects the right way*, Quality Progress · pp25-28, January 2014
- [7] Rowland T.. *The knowledge quartet: the genesis and application of a framework for analysing mathematics teaching and deepening teachers' mathematics knowledge* SISYPHUS journal



of education University of East Anglia & University of Cambridge, United Kingdom volume 1, issue 3, pp. 15-43, 2013

- [8] Weston T. L., Kleve B., Rowland T.. *Developing an online coding manual for The Knowledge Quartet: An international project*. Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics C. Smith (Ed.) 32 (3) November 2012
- [9] Montgomery D. C. *Control Estadístico de la Calidad* 3ª Edición Ed. Limusa 2004
- [10] Wolfram Mathematica <http://www.wolfram.com/mathematica/?source=nav>
- [11] Groth R., *Working at the Boundaries of Mathematics Education and Statistics Education Communities of Practice*. Journal for Research in Mathematics Education, 46(1), pp. 4-16. 2015
- [12] Mercè G., Francesc E.. *Digital Learners: la competencia digital de los estudiantes universitarios*. La Cuestión Universitaria, 7. pp. 48-59, 2011.

Agradecimientos

Deseo agradecer con gran énfasis a los alumnos de la Carrera Ingeniería Mecánica que colaboraron y participaron en el taller en horarios extracurriculares. Su predisposición y voluntad solo es comparable con sus deseos de superación y ayuda desinteresada en todo lo concerniente a la obtención nuevas formas de aprender y nuevas herramientas para la enseñanza.

