

# **USO DE SOFTWARE, GRUPOS, PROYECTOS Y PRESENTACIONES, PARA ENSEÑAR Y FOMENTAR LA ESTADISTICA APLICADA**

## **USING SOFTWARE, GROUPS, PROJECTS AND PRESENTATIONS, IN TEACHING AND FOSTERING STATISTICS APPLICATIONS**

*JORGE LUIS ROMEU*  
*Syracuse University*  
*romeu@cortland.edu*

### **RESUMEN**

*Para fomentar las aplicaciones prácticas de nuestros alumnos, hemos desarrollado un método pedagógico basado en cinco elementos: la comunicación electrónica con y entre los alumnos, el uso de software estadístico y de simulación, para desarrollar y analizar modelos, el estudio en grupos, la instrucción basada en ejemplos prácticos, y la fijación del conocimiento basada en el desarrollo de proyectos contextuales, generados por los mismos alumnos. Este trabajo discute y presenta ejemplos de dicho método pedagógico, sus resultados y su método de evaluación.*

**Palabras clave:** *educación estadística; software estadístico; grupos; proyectos; aplicaciones*

### **ABSTRACT**

*To foster the practical applications of our statistics students, we have developed a methodology based on the use of modern technology, learning groups, contextual projects, group work and presentations, and the use of simulation models, statistical and simulation software, to entice student motivation, analyze data and encourage practical applications. Class topics, course objectives, classroom strategies, testing, and grading schemes, software tools used and results obtained are discussed, and examples are presented.*

**Keywords:** *statistical education; statistical software; groups; projects; practical applications*

## **1. INTRODUCCION**

### **1.1. PLANTEO DEL PROBLEMA**

El uso de la estadística como herramienta de investigación, así como en las aplicaciones prácticas, está fuertemente influenciado por la metodología con la que se enseña esta asignatura. Esta observación está avalada por el mayor grado en que las aplicaciones estadísticas ocurren en EEUU, donde se enseña estadística con un enfoque práctico, con relación a Europa o América Latina, donde se enfatizan la teoría, los teoremas y sus demostraciones teóricas. Esto lo hemos observado durante nuestros cuarenta años enseñando estadísticas en EEUU, y varios países de Iberoamérica.

Enfatizar la teoría sobre la práctica acarrea dos problemas fundamentales. Primero, los alumnos no se preparan para la difícil tarea de identificar oportunidades donde aplicar la estadística con fines prácticos, y en modificar los modelos teóricos para implementarlos con éxito. Y en segundo lugar, y tal

vez más importante, se envía un mensaje al alumnado en el sentido de que las aplicaciones son menos importantes que los desarrollos teóricos.

El objetivo del presente trabajo de educación estadística es el de poner de relieve *la importancia de la metodología, y del enfoque con que enseñamos la estadística*. Porque el énfasis en *una educación teórica contribuye a que las aplicaciones sigan estando a la zaga*, en un continente en desarrollo, que necesita urgentemente de tales aplicaciones para salir de la pobreza y el subdesarrollo económico.

Así, compartimos nuestra experiencia de cuarenta años en el aula, que nos llevan hacia un sistema pedagógico ecléctico, que conjuga la teoría y la práctica. Esta simbiosis está basada en *dos postulados* del eminente educador John Dewey (<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/160445/John-Dewey>). El primero consiste en *aprender, a través de la aplicación del conocimiento a la resolución de un problema práctico*. El segundo es *aprender trabajando en grupo*.

El presente trabajo ilustra dicho sistema pedagógico, que lleva al alumno a tomar en sus propias manos, sin darse cuenta, su propio aprendizaje. Esta es la clave de nuestro método pedagógico.

En el resto del trabajo revisaremos brevemente la literatura. Luego presentaremos en detalle dos cursos de estadística aplicada que hemos enseñado durante muchos años en la escuela graduada de ingeniería de la Universidad de Syracuse, EEUU. Y terminaremos sacando algunas conclusiones.

## **1.2. UN RAPIDO VISTAZO A LA LITERATURA SOBRE EDUCACION ESTADISTICA**

La educación estadística es un área extensa, en la que han trabajado con éxito prolíficos colegas de mucha experiencia, entre los cuales citaremos a Batanero, Behar, Bisgaard, Bickel, Bailar, Blumberg, Chance, Gal, Garfield, Joliffe, Locke, McGillivray, Moore, Ottaviani, Sánchez, Pearle, Wilde y Yáñez. Invitamos al lector a buscar sus trabajos, demasiado numerosos para detallarse aquí, revisando los índices del *Journal of Statistics Education* (<http://www.amstat.org/publications/jse/>), la *Revista SERJ* (<https://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications.php?show=serj>) y el *Journal of Educational and Behavioral Statistics* (<http://jeb.sagepub.com/>), entre otras publicaciones, o incluyendo sus nombres en Google Scholar (<http://scholar.google.com/>), buscando en organizaciones profesionales internacionales como IASE (<http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/>), ASA (<http://amstat.org/education/index.cfm>), RSS (<https://www.rss.org.uk/>), y en CAUSEWeb (<https://www.causeweb.org/resources/links.php>).

Específicamente, en el área de la educación estadística para ingenieros encontramos, entre otros interesantes trabajos, los de Hogg et al. (1985), Kettenring (1995), Spedding (1998), y Romeu (1986, 1996, 2006, 2012) quienes han abogado por un mayor uso de las aplicaciones prácticas, proyectos, grupos de estudio y tecnología, en los cursos de estadística, y por su enseñanza en carreras como economía, psicología, sociología, etc., que han de utilizarla intensamente. Para más información sobre

estadística aplicada ver los sitios: ASA (<http://amstat-online.org/spes/>), ASQ (<http://asq.org/statistics>), ENBIS (<http://www.enbis.org/>), y IASI (<http://www.contraloria.gob.pa/inec/IASI/presentation.html>).

## 2. UN PRIMER EJEMPLO DE CURSO: ECS526

### 2.1. CARACTERISTICAS DEL CURSO

La enseñanza de la estadística a estudiantes de ingeniería tiene rasgos especiales. Muchos no se sienten particularmente atraídos hacia esta materia, y piensan que se encuentra fuera de su área de interés profesional. Sin embargo, muchos ingenieros trabajan con datos reales y, por tanto, la aleatoriedad les es ineludible. Por otra parte, la mayoría de los estudiantes de ingeniería toman solo uno, o a lo sumo dos cursos de estadísticas durante su carrera, a menudo con una orientación teórica y sobrecargados de temas que apenas tienen tiempo de cubrir. Ninguna de estas características ayuda a que éstos, se interesen por la estadística.

Tal fue la situación que enfrentamos al iniciar el curso ECS526, *Estadística Industrial*, del programa de maestría de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Syracuse, Nueva York. ECS526 (<http://web.cortland.edu/romeu/ECS526Summer.pdf>) fue diseñado para proveer a los estudiantes el bagaje estadístico necesario para seguir con éxito otros cursos de ingeniería industrial. Además de proporcionarles herramientas estadísticas, nuestro curso enseñaba otras habilidades de carácter general, muy importantes en la práctica profesional, tales como el trabajo en grupo, la presentación de los resultados, el uso de software, etc.

### 2.2. DESCRIPCION DEL CURSO

ECS526 cubría, en sus 15 semanas de clase, una panorámica de la estadística industrial. Durante las primeras cinco semanas revisamos la probabilidad básica (pre-requisito del curso, que no siempre poseían los alumnos), incluyendo eventos, variables aleatorias continuas y discretas, distribuciones muestrales, y transformaciones). Las siguientes cinco semanas se dedicaban a la estadística inferencial, cubriendo intervalos de confianza, pruebas de hipótesis paramétricas y no paramétricas, y control de calidad. Las últimas cinco semanas de curso daban una introducción a la modelación estadística, cubriendo regresión y análisis de varianza y covarianza. Después de cada una de las dos primeras partes del curso se daba un examen. Y tras la última, se pedía un proyecto de aplicación extenso. Los interesados, pueden encontrar el Schedule de dicho curso, así como las lecturas semanales adicionales, en <http://web.cortland.edu/romeu/ecschedul.html>.

Las clases eran nocturnas, una vez por semana, durante tres horas. Los estudiantes, en su mayoría, eran ingenieros en ejercicio y asistían a clase después del trabajo. Solo una minoría eran estudiantes

graduados de tiempo completo. Y todos tenían aprobado un primer curso de estadística, no siempre adecuado o bien aprendido, que era necesario revisar.

Usábamos los textos *Engineering Statistics* (Walpole, Myers y Myers, 1998) y *Statistical Analysis of Materials Data* (Romeu y Grethlein, 2000). El primero cubría la teoría del curso, y el segundo desarrollaba aplicaciones prácticas de estadística en ingeniería. Además, utilizamos dos docenas de lecturas complementarias, consistentes en tutoriales de estadística industrial y aplicada, que hemos desarrollado durante años de labor como investigadores y consultores del Reliability Information Analysis Center (RIAC, antiguo RAC: <http://theriac.org/>), y que se encuentran disponibles en la red: <http://web.cortland.edu/romeu/urlstatlists.html>.

Las innovaciones del curso respondían a necesidades bien específicas que confrontábamos en el aula, y representaban la solución práctica que dimos a las mismas. En Romeu (1998), o en la red: [http://www.minitab.com/uploadedFiles/Shared\\_Resources/Documents/Articles/pizza.pdf](http://www.minitab.com/uploadedFiles/Shared_Resources/Documents/Articles/pizza.pdf), algunas son discutidas, pues ilustran remedios a aquellos estudiantes que traen un bagaje matemático inadecuado, malos hábitos de estudio, o sufren de *mate-fobia*. Tales soluciones incluyen el uso de materiales especiales, como los tutoriales en la red, que proveen ejemplos numéricos prácticos desarrollados en minucioso detalle, adicionales a los presentados en clase, así como software estadísticos (Minitab, Excel) para ayudar con los tediosos cálculos numéricos, dejando libre al alumno para concentrarse en el proceso del razonamiento estadístico (*statistical thinking*).

El currículo ECS526 era ambicioso y amplio, para quince semanas de clase. Por tal motivo dividimos sus contenidos en lo que llamamos *clases de equivalencia de tópicos*. Cada *tópico* (Ej. intervalos de confianza) forma una *clase* de la que escogemos un *representante* (Ej. el intervalo para la media poblacional de muestras grandes), el cual discutimos a fondo en el aula. Como tarea asignamos el desarrollo de otros miembros de esta *clase* (Ej. los intervalos para muestras pequeñas, para proporciones, para la diferencia de dos medias o de dos proporciones, para la varianza, etc.) a los distintos grupos de estudio. Y éstos, utilizando como guía el desarrollo hecho para el *representante*, resuelven sus tareas. Así, los estudiantes ven ejemplos de varios casos de dicha *clase*.

Para luchar contra la pasividad y falta de interés de algunos alumnos, utilizamos proyectos contextuales, cuyos temas son escogidos o generados por los integrantes de cada grupo de estudio, según sus inclinaciones. Los grupos de estudio aplican las nuevas técnicas estadísticas aprendidas cada semana a tales proyectos, y luego presentan sus resultados en clase.

Con este enfoque buscábamos alcanzar importantes objetivos. Primero, y fundamental, está el aprendizaje de la estadística industrial. Luego, los alumnos aprenden a trabajar en equipos multidisciplinarios, a identificar y redefinir estadísticamente problemas reales, a sintetizarlos y a resolverlos, y finalmente, a aplicar sus soluciones en términos prácticos.

Estos objetivos adicionales pueden resumirse en cinco puntos: (1) comunicar con fluidez sus resultados (oralmente y por escrito), (2) encarar y resolver la ambigüedad, (3) trabajar en equipos multidisciplinarios, (4) trabajar individualmente, y (5) aprender a adquirir conceptos nuevos por sí mismos, elemento básico de la *educación de por vida*. Estas cinco importantes habilidades adicionales habrían de servir a los alumnos para resolver, tanto los problemas de estadística y otras materias universitarias, como los de la vida diaria.

### **2.3. METODOS PEDAGOGICOS**

El curso ECS526 se basa en *cinco pilares* fundamentales: (1) aprendizaje en grupo, (2) el uso de proyectos contextuales, (3) el uso de software estadístico y de simulación, (4) el uso de medios modernos de comunicación (correo electrónico e Internet), y (5) la presentación del material aprendido (a sus colegas de clase).

El aprendizaje en grupo ayuda tanto a los alumnos aventajados como a los que no lo son, pues la mejor manera de aprender es, precisamente, enseñando. Los alumnos aventajados actúan como *monitores* de su grupo. No todos los alumnos se traban en el mismo problema, y generalmente algún miembro del grupo puede ayudar a los demás, explicando aquellos puntos donde existe confusión.

Los proyectos contextuales trabajan sobre temas escogidos por los alumnos de un grupo de estudio, y ofrecen al menos dos ventajas. Primero, por ser de su interés, los alumnos obtienen una mayor motivación. Además, los alumnos ya conocen el problema básico, y solo tienen que concentrarse en resolver la parte estadística utilizando las técnicas aprendidas. Esto refuerza el conocido principio pedagógico consistente en *dar al alumno una sola dificultad a la vez*.

El uso de software (en particular, estadístico y de simulación) resuelve dos problemas. Permite al profesor dar un mayor número de ejemplos prácticos, pues no tiene que resolverlos a mano. Y permite al alumno concentrarse en el razonamiento estadístico.

Facilitar la comunicación rápida entre alumnos, así como la de estos con el profesor, es fundamental y particularmente útil en ECS526. Muchos alumnos tienen otras obligaciones (trabajo de tiempo completo, familia, etc.) y solo están en la universidad durante la clase. La página Internet y el correo electrónico resultan de gran utilidad para mantenerlos al tanto.

Las presentaciones estudiantiles también tienen dos finalidades. Primeramente, dan al alumno un incentivo para preparar su material, ya que generalmente estos gustan de lucirse ante sus colegas. Por otra parte, una de las habilidades más importantes del profesional del siglo XXI es la de poder comunicar sus resultados, sintética y efectivamente.

En la sección siguiente ilustraremos estos conceptos vía el curso ECS526, discutiendo varios problemas de implementación, y las soluciones que hemos encontrado.

## 2.4. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

El trabajo en *grupos de estudio* es de suma importancia y comienza el primer día de clases. Por tanto la composición de estos es decisiva. Nuestra experiencia nos lleva a formar grupos de cuatro a seis estudiantes, utilizando el listado de clase. Evitamos crear grupos demasiado grandes (en los que algunos miembros hacen poco, o nada), o demasiado pequeños (con el consiguiente exceso de trabajo). El uso del listado no solo ahorra tiempo y discordia, sino que evita la formación de grupos con los alumnos más populares, o más estudiosos. Buscamos grupos balanceados, y de calidad homogénea, lo que verificamos a través de ANOVAs con las notas de sus integrantes, en el análisis de los datos.

Los estudiantes asignados a cada grupo eligen un líder, que será el contacto con el profesor y coordinara su trabajo. Existen además otras funciones como secretario, investigador de información en la red, especialistas en PowerPoint, etc., que se rotaran entre los miembros del grupo. Estos reciben una tarea y la descomponen en módulos que asignan a sus integrantes, quienes los resuelven individualmente. Luego, entre todos, sintetizan los resultados obtenidos y preparan una presentación oral (PowerPoint), y escrita (informe), presentadas en clase.

Cada clase dura tres horas. Dedicamos la primera media hora, y la media hora después del corto receso a mitad de la clase a la presentación, por parte de los alumnos, de las tareas de sus grupos. Así, una hora de las tres lectivas, se dedica a la discusión y al repaso del material visto en la clase anterior. El resto del tiempo, se dedica a impartir material nuevo, que a su vez será revisado en la clase siguiente a través de las presentaciones de los grupos. Como resultado, los estudiantes ven el material del curso en dos sesiones sucesivas de clase.

Las tareas y ejemplos resueltos, tutoriales estadísticos y Execs (ejecutables en Minitab) son enviados por Email a los estudiantes, quienes las realizan y devuelven al profesor, por la misma vía. Alternativamente, tales materiales son puestos en la página red del curso.

Los *Execs* son pequeños programas en Minitab o Excel, creados por el profesor para ser corridos por los alumnos usando simples comandos. Esta tecnología moderna permite a los alumnos ejecutar el Exec, siguiendo las instrucciones adjuntas que explican cómo usarlos, y así estudiar solos, y entender mejor, los problemas asignados de tarea.

Por ejemplo, utilizamos un Exec para ilustrar las transformaciones de variables aleatorias. Primero generamos con Minitab 1000 datos Exponenciales con media  $\mu$ , y los ponemos en una columna (X). Luego, en otra columna (Y) dividimos el doble de la primera por  $\mu$  ( $Y = 2X/\mu$ ). Sabemos que la transformación Y es una variable Xi Cuadrado, con dos grados de libertad. Entonces, generamos con Minitab, en otra columna (Z), una variable Xi Cuadrado, con dos grados de libertad. Ordenamos ambas columnas (Y, Z) ascendentemente y graficamos Y vs. X, obteniendo una recta de pendiente unidad.

Calculamos, tanto para Z como para Y, las medias, varianzas, medianas, Max, min, etc., verificando como son muy similares. Siguiendo este ejemplo, los alumnos pueden realizar otras transformaciones de variables.

El trabajo en grupos es la experiencia más popular entre los estudiantes, según nos han hecho saber en sus evaluaciones de curso. Los proyectos contextuales son otro elemento popular para desarrollar el interés de los alumnos en el curso. Pues ellos mismos escogen los temas según su perfil educacional y profesional. Un ejemplo del proyecto final del curso ECS526 (mono-filamento) puede verse en la red: <http://web.cortland.edu/romeu/FinProjG1F03.pdf>

Dichos proyectos pueden provenir de tópicos de otros cursos (Ej. biología, química) que necesiten de la estadística para su resolución. Los alumnos interesados escriben una propuesta, explicando el problema básico y su resolución estadística, demostrando como el proyecto cumple los requisitos del ECS526. Entonces, nosotros contactamos al profesor de la otra materia y exploramos su interés en que nuestro común alumno realice tal proyecto. Si el otro profesor acepta, proseguimos con dicho proyecto. Generalmente, el otro profesor accede, y aun da crédito académico a estos alumnos, en su propio curso.

Existen dos fuentes importantes de proyectos contextuales: el área del estudiante (muchos son profesionales en ejercicio y descubren problemas interesantes en su propio trabajo) y la consultoría e investigación del instructor del curso. Los proyectos finales constituyen una suerte de *obra maestra*, que unifica los conocimientos adquiridos en el curso mediante su aplicación a la resolución de un problema completo en las áreas respectivas de interés.

Al comienzo del curso, los estudiantes reciben la lista de condiciones que debe reunir un proyecto final, que incluye el tener suficientes datos para poder implementar pruebas de dos muestras, análisis de varianza y regresiones múltiples. Y requiere que todos los supuestos de cada modelo o prueba utilizados en el proyecto (ej. normalidad, homocedasticidad, e independencia) sean investigados y verificados cuidadosamente, al menos gráficamente.

Cada grupo elige, dentro de las primeras cinco semanas del curso, el tópico de su proyecto final. Si no lo deciden, o el proyecto propuesto no es aceptable, entonces el profesor les provee otro tópico, mutuamente aceptable. Por ejemplo, se les da una variante de algún problema de consultoría o investigación que hayamos tenido, que implementamos a través de un modelo de simulación en GPSS, que será luego corrido por los alumnos del grupo para obtener los datos.

Los proyectos finales se entregan a fin de curso y constituyen el 20% de la evaluación. Cada grupo hace una presentación en PowerPoint, y entrega un reporte escrito, en un disco CD discutiendo el problema, su resolución, y los detalles de las mismas.

El software estadístico (Minitab) facilita a los alumnos realizar los cálculos, y el de simulación (GPSS), les permite obtener los datos para los análisis. Ambos software (Minitab y GPSS) fueron

escogidos por estar (1) asequibles en la institución, (2) ser fáciles de aprender y usar, (3) incluir todos los métodos del curso, y (4) ser programables. Los estudiantes también usan Excel y SAS, lo que les permite comparar ventajas y desventajas respectivas.

Enfatizamos que una de las más importantes características de cualquier software, para ser utilizable en la docencia, es su capacidad de programación. Tanto Minitab como Excel (que hemos usado en instituciones carentes de Minitab) permiten programar tutoriales y ejercicios ilustrativos que luego se envían a los alumnos. Estos entonces los ejecutan por su cuenta, aumentando así su experiencia práctica.

Por ejemplo, enviamos un Exec de regresión lineal en Minitab, en el que los alumnos eligen los valores de la pendiente, el intercepto, y la desviación típica del error del modelo, así como el número de pares de puntos de la muestra. El Exec entonces genera una muestra aleatoria de pares de puntos, y calcula los estimadores de la regresión lineal, hace las pruebas estadísticas, los gráficos etc. Los alumnos entonces cambian algunos parámetros (aumentan o disminuyen la desviación típica, o el número de puntos, o sea la incertidumbre o cantidad de información), y comparan los resultados de tales cambios en el análisis estadístico.

Similarmente ocurre con el uso de GPSS. Los estudiantes solo tienen que aprender a correr los programas que el profesor crea y les asigna, no a programarlos. Ejemplos de su uso en clase incluyen la simulación de un sistema de transporte, de un sistema escolar, de una línea de producción, etc. Se les dan dos alternativas en GPSS (Ej. la simulación del taller con un solo torno rápido, o con dos tornos lentos). Y se pide que obtengan, simulando varias muestras independientes de cada configuración, los parámetros del sistema (Ej. flujo total de trabajos, tiempos en cola o en el sistema, utilización) y luego que los comparen mediante modelos de ANOVA, regresión, de pruebas de hipótesis, etc. Y escojan el más *eficiente* de las dos alternativas GPSS propuestas.

Cada grupo recibe un problema distinto, obtenido al variar: la configuración del sistema (en serie, o paralelo), el valor de las tasas del proceso, de llegada, el número de elementos, etc. Además, se da a cada grupo de estudio una *semilla* distinta para el simulador GPSS. Así, los grupos pueden cooperar abiertamente, aprendiendo más, sin que ocurran plagios.

El uso del Internet y del correo electrónico es fundamental para la comunicación, entre profesor y alumnos, así como entre alumnos y entre grupos. Toda la información del curso (tutoriales, ejercicios, programas, tareas, soluciones, guías de estudio, etc.) se manda y se recibe (periódicamente) vía Email, o se pone en la página red del curso. Tener una cuenta de correo electrónico con acceso al Internet es un pre-requisito para participar en el curso.

El instructor mantiene una base de datos con los mensajes que se mandan durante el curso, y estos se van refinando y actualizando cada nuevo semestre. Las preguntas de los estudiantes se reciben y



contestan por Email. Si surge la misma pregunta varias veces, entonces se circula la respuesta, o se pone anónimamente en un *fichero de preguntas y respuestas frecuentes* en la red. La mayoría de nuestros estudiantes solo viene a la universidad una vez por semana, pero tiene acceso al Internet desde sus casas, o desde sus trabajos, este esquema resulta muy conveniente. En países del Tercer Mundo, este procedimiento puede resultar más difícil, ya que hay problemas con la electricidad, con el acceso al Email, con su costo, etc. como hemos verificado en nuestras visitas a la región.

Recientemente han surgido nuevos software de estadísticas, de libre acceso en la red, y que proveen una útil herramienta de trabajo. Un buen ejemplo es 'R' (<http://www.r-project.org/>). La información para su operación, así como ejemplos y tutoriales, está en la mencionada página Internet. Nosotros lo hemos utilizado con éxito en algunos cursos, cuando no existe Minitab.

Todos nuestros tutoriales están libremente asequibles en la red. Además, existe una versión impresa, que los alumnos pueden adquirir en la librería de la universidad, a un costo nominal. Los tutoriales incluyen distribuciones, bondades de ajuste, pruebas de hipótesis, intervalos de confianza, métodos de control de calidad, análisis secuencial, bayesianos, y de confiabilidad, etc. Cada tutorial comienza poniendo en contexto el problema y su aplicación. Luego, se da la teoría básica, seguida de un ejemplo numérico, descrito paso a paso, que incluye gráficas y formulas, con el que se ilustra la teoría. A menudo, también se incluye un contra-ejemplo. Por último, se incluye una lista de referencias, para los interesados en profundizar el tema.

Las presentaciones semanales en clase, de los grupos de estudio, son fundamentales. Proyectos cortos y problemas prácticos sencillos (<http://web.cortland.edu/romeu/ecshw.html>) son resueltos por los grupos. Los alumnos presentan (1) el problema, (2) el método de resolución, (3) los resultados, y (4) sus conclusiones. Aprender a resumir y separar lo básico de lo superfluo, es parte de los objetivos del curso. La evaluación de todas las presentaciones de cada grupo, constituye otro 20% de la evaluación final de cada alumno.

La nota final del curso consta de tres factores: dos exámenes parciales (cada uno vale 30% de la nota final), presentaciones y tareas semanales (20%), y el proyecto final (20%). Los exámenes tienen dos partes: una individual, resuelta en clase, de dos horas de duración. Y otra colectiva, resuelta en casa (take-home), basada en un proyecto resuelto por computación y con ejercicios más largos, para entregar la semana siguiente. Estas dos partes contribuyen un 70% y 30%, respectivamente, a la nota total del examen. La participación de cada estudiante en el trabajo de su grupo, es lo que le da el derecho a tomar los dos exámenes parciales.

La parte resuelta en clase de los exámenes parciales contiene problemas en forma de descripción verbal, en los cuales los alumnos deben identificar la prueba estadística a utilizar, extraer los datos para su aplicación, etc. La parte de resolución colectiva en casa (take-home), incluye problemas más

complejos. Por ejemplo, deben hacer transformaciones, calcular los tamaños de muestra y la potencia de las pruebas de hipótesis, comparar dos alternativas, etc. Además, deben desarrollar un mini-proyecto que requiere realizar experimentos corriendo programas GPSS, y luego aplicar procedimientos estadísticos a los datos así obtenidos, usando el Minitab. Por último, redactan un informe resumiendo sus trabajos.

El primer examen cubre probabilidades, y se imparte al final de la quinta semana. El segundo cubre pruebas de hipótesis y se imparte al final de la décima. La tercera parte del curso se evalúa a través del proyecto de fin de curso y cubre, fundamentalmente, modelación estadística: regresión múltiple, y análisis de varianzas y de covarianzas.

Con respecto a cada pregunta, las descomponemos en partes sencillas, de forma que su valor total sea igual al doble del número de partes o componentes. Si la respuesta de un componente es correcta, obtiene dos puntos; si la respuesta es parcialmente correcta, obtiene un punto; y si la respuesta es incorrecta, o se deja la pregunta en blanco, no obtiene puntos. Esto minimiza la subjetividad y simplifica la calificación de los exámenes.

Al final, hacemos una curva con las notas de todos los exámenes. Como las clases son grandes, las curvas resultan unimodales y cuasi-simétricas. La nota de B (aprovechado en la escuela graduada) corresponde a la media o mediana. Entonces, usamos los cuartiles o la desviación estándar para establecer las notas de A y de C (sobresaliente y aprobado). Las notas inferiores a dos desviaciones estándares corresponden a los reprobados. Este sistema nos permite ser exigentes en los exámenes, y calificar a los alumnos de acuerdo a como responde la clase completa al examen presentado (por si acaso se nos va la mano).

Este sistema de exámenes y de trabajos de clase está diseñado para recompensar al alumno que trabaja consistentemente en todos los componentes del curso, y aprende los requisitos del mismo. El alumno que descuella, obtiene sobresaliente; y los que trabajan poco, reprueban.

Los cursos graduados solo tienen tres calificaciones (A, B y C) mas, la de reprobado (F). El discriminador del curso ECS526 reside en las pruebas semanales y en las partes resueltas en clase, de los dos exámenes parciales, cuyo trabajo es individual.

## **2.5. EVALUACION DEL METODO UTILIZADO**

Para evaluar nuestros métodos pedagógicos ofrecemos dos tipos de medidas de rendimiento. Primero, presentamos datos numéricos que reflejan las notas alcanzadas por nuestros alumnos. Luego, presentamos algunos comentarios sobre ECS526, expresados por nuestros alumnos en sus evaluaciones de curso, así como por otros profesores de la universidad con los que hemos colaborado.

Los alumnos son calificados sobre una curva, centrada en una nota B+ (unos 87 puntos sobre 100). Con tal sistema de evaluación, no es fácil comparar las medias de cursos sucesivos. Mas, como la variación no es afectada, analizamos la varianza entre los cursos, utilizando el *coeficiente de variación* (CV) de varias medidas de rendimiento estudiantil (Ej. los promedios de pruebas semanales, de tareas, y de los exámenes intra-semesterales). Esto nos ayuda a evaluar cuán homogéneos (cuanto varían alrededor de dichas medias) son los resultados.

*Tabla 1: Coeficiente de Variación de los resultados estudiantiles.*

<b>Año</b>	<b>Prueba1</b>	<b>Prueba2</b>	<b>Tareas</b>	<b>ProyFin</b>	<b>NotaFinal</b>
<b>2007</b>	20.74%	16.17%	*	*	16.72%
<b>2004</b>	26.18%	25.31%	5.21%	6.05%	12.95%
<b>2003</b>	33.00%	48.61%	9.92%	17.56%	18.71%
<b>2002</b>	21.10%	25.67%	5.21%	5.92%	12.02%
<b>1999</b>	22.19%	44.15%	20.90%	13.23%	16.94%

Observemos en general una mejora en los CV, a partir de la primera vez que enseñamos ECS526 utilizando las nuevas técnicas (1999), con relación a las evaluaciones de cursos más recientes, en los que estas técnicas se habían perfeccionado, y se implementaban en toda su plenitud. Esto sugiere que los estudiantes obtienen un conocimiento más homogéneo, y aprenden mejor. Postulamos que este resultado es producto del trabajo en grupos de estudios, y de la utilización de proyectos contextuales.

Otra medida de rendimiento para evaluar los resultados de este sistema de enseñanza es subjetiva aunque no menos valida. Está basado en las evaluaciones de curso, y en emails de nuestros alumnos, que nos dicen cómo están aplicando los materiales aprendidos, y en los comentarios de profesores con quienes hemos interactuado, que nos dan su opinión con respecto a la cantidad y calidad del trabajo que nuestros alumnos realizaron en los proyectos conjuntos de nuestros dos cursos.

Comentarios frecuentes en nuestras evaluaciones de curso incluyen: (1) les gusta *presentar en clase los resultados* de sus proyectos; (2) *aprenden, unos de otros*, de estas presentaciones; y (3) han *trabajado más, en este curso*, que en la mayoría de los otros que han tomado en la universidad, pero (4) lo han hecho con gusto *movidos por el interés en ver los resultados de sus investigaciones*.

Los profesores con los que hemos interactuado por haber, nuestros comunes alumnos, desarrollado un proyecto nuestro sobre un tema de ellos, han quedado bien impresionados con el trabajo realizado, y han considerado aplicar algunas de estas técnicas (Ej. proyectos contextuales) en sus propios cursos.

Finalmente, algunos alumnos, profesionales en empresas locales, nos mantienen informados de cómo aplican los conocimientos aprendidos, y nos consultan sobre proyectos que están realizando.

### 3. UN SEGUNDO EJEMPLO: MFE634

#### 3.1. DESCRIPCION DEL CURSO

A partir del año 2007, en sustitución del curso ECS526 comenzamos a enseñar MFE634, *Ingeniería de la Calidad* (<http://web.cortland.edu/romeu/MFE634SylS14.pdf>) que es también de nivel post-graduado. En MFE634 utilizamos la misma metodología educacional explicada anteriormente: grupos, proyectos contextuales, software de apoyo, presentaciones, etc. La mayor diferencia entre ambos cursos radica en que, ahora, tenemos acceso y utilizamos mucho, el software de administración *Blackboard* y *Angel*.

Al igual que en ECS526, la evaluación de los alumnos MFE634 incluye dos exámenes, un proyecto final, pruebas y tareas semanales, presentaciones en clase, y trabajo en grupos estudiantiles, lo cual esta explicado en gran detalle (en inglés) en el Syllabus, descrito en el párrafo anterior.

Cada grupo escoge uno de los *ocho temas de proyecto final pre-establecidos en el Syllabus*. Pero su *implementación* es de libre elección por cada grupo (Ej. si el tema es una fábrica de maquinaria, su implementación implicaría escoger la fábrica NPG, de cajas de velocidad de vehículos, o la de equipo pesado IH). Análogamente al ECS526, los grupos tienen que implementar todos los procedimientos estudiados en el curso, sobre el tópico de proyecto final escogido. Un ejemplo de Proyecto Final (cervecería) se encuentra en la red: <http://web.cortland.edu/romeu/PortfolioG3S08.pdf>.

También en MFE634 tenemos dos presentaciones estudiantiles por clase, de media hora cada una, donde se revisan los tópicos de la clase anterior. Las presentaciones de los distintos grupos de estudio son colgadas en *Blackboard*, para uso de todos los estudiantes. Y utilizamos el resto del tiempo para cubrir material nuevo y dar una corta prueba, que obliga a los alumnos a mantenerse al día en los temas y materiales de estudio. Un ejemplo de presentación en Power-Point de un proyecto de fin de curso (de un Sistema Escolar), puede verse en: <http://web.cortland.edu/romeu/SchoolProjS09.pdf>.

Los tópicos estadísticos incluyen: diseño de experimentos (para su aplicación en Six Sigma); Gage R&R (una variante del análisis de varianza, de efectos aleatorios, aplicable a evaluar los sistemas de mediciones); funciones características de operación (para obtener planes de muestreo de aceptación); métodos de control de calidad; análisis de la capacidad del proceso, y análisis de confiabilidad.

Los software de apoyo incluyen el *Minitab*, para los cálculos y análisis estadísticos, y el *Quality Companion*, un software especializado de la Ingeniería de la Calidad, desarrollado por Minitab, que incluye muchos procedimientos específicos para estas aplicaciones especializadas.

Hacemos un examen intra-semestral, también de dos partes. La de clase, es tradicional y vale un 70% de la nota total. La colectiva, por grupos estudiantiles, requiere resolver varios problemas en la computadora, analizar sus resultados y concluir dando sus recomendaciones, vale el 30% restante.

La nota final del curso incluye el examen intra-semestral, el proyecto final, y el promedio de las pruebas semanales (30% cada uno); las presentaciones y tareas semanales proveen el 10% restante. La distribución de las notas del curso (A, B y C, mas reprobados) es similar a la explicada para ECS526.

### 3.2. EVALUACION DEL CURSO

La evaluación del curso MFE634 tiene las mismas características que la del MCS526. Como las notas están centradas, utilizamos los coeficientes de variación (CV) para medir la dispersión de los resultados estudiantiles. Además, usamos el valor P de los ANOVAs, implementados entre las medias de los grupos de estudio, para cada parámetro de interés, como medidas de rendimiento del curso.

El CV indica el grado de dispersión (o concentración) de las notas, que sugiere cómo aprenden los alumnos. El valor P indica si los grupos de estudio, organizados al azar y compuestos de cinco o seis alumnos, obtienen resultados similares –o sea, que no hay grupos integrados por estudiantes *buenos*, y otros por estudiantes *malos*, lo cual sería problemático para el aprendizaje. Los parámetros de interés, al igual que en MCS526, son las pruebas, las tareas y la nota final del curso.

*Tabla 2: Coeficiente de Variación y Valores P para ANOVAs entre Grupos de Estudio.*

<b>Año</b>	<b>Tareas</b>	<b>ValorP</b>	<b>Prueba1</b>	<b>ValorP</b>	<b>Prueba2</b>	<b>ValorP</b>	<b>NotaFinal</b>	<b>ValorP</b>
<b>2013</b>	12.89%	0.21	7.16%	0.00(*)	8.64%	0.72	5.73%	0.07
<b>2012</b>	7.29%	0.16	7.32%	0.54	15.87%	0.79	7.19%	0.51
<b>2011</b>	9.91%	0.24	9.20%	0.96	13.86%	0.21	6.76%	0.34
<b>2010</b>	11.22%	0.55	10.23%	0.69	13.92%	0.53	4.73%	0.83

En su mayoría, los promedios de las medidas de rendimiento entre grupos de estudio y entre cursos son similares. Si el Valor P de los ANOVAs entre grupos es no-significativo, entonces no existen diferencias entre las medias de los grupos de estudio. Análogamente, si las dispersiones de las notas de los distintos parámetros de interés, indicadas por los CV, son pequeñas y permanecen similares, entonces dichos CV sugieren un aprendizaje homogéneo entre los estudiantes del curso.

Solo en el caso de la Prueba #1 del año 2013 (indicada con \* en la Tabla 2), el ANOVA detecta una diferencia significativa entre grupos de estudio. En dicho curso, los únicos dos estudiantes reprobados pertenecieron al mismo grupo.

Al igual que con el curso ECS526, proponemos que estos resultados se deben a la metodología de grupos, proyectos contextuales y presentaciones en clase.

#### 4. DISCUSION

El presente trabajo sobre métodos de educación en estadística aplicada, tiene su origen en nuestra experiencia de hace cuatro años, organizando una propuesta de PASI (Pan-American Advanced Studies Institute) al National Science Foundation (NSF), para modelar estadísticamente problemas ecológicos y medioambientales, utilizando los contactos en EEUU y América Latina del Proyecto Juárez Lincoln Martí, de Educación Internacional (<http://web.cortland.edu/matresearch>).

Analizando varias publicaciones, llegamos a la conclusión de que nuestra región no había demostrado todavía, a través de suficientes investigaciones y publicaciones, la experiencia necesaria para obtener el apoyo del NSF en dicho campo. Existían muchas publicaciones en las áreas de estadísticas de gobierno y educación estadística, así como en desarrollos teóricos. Pero pocos artículos en áreas de estadística aplicada, y en particular en las de estadística industrial, agroeconómica y ambiental. Había pues, que ayudar fomentar un mayor número de publicaciones y trabajos aplicados.

La *Revista Colombiana de Estadística (RCE)*, de la Universidad Nacional de Bogotá, Colombia, nos ofreció ser *Editor Invitado* de un número especial (en español) sobre aplicaciones en la industria ([http://www.emis.de/journals/RCE/RevistaColombianadeEstadistica\\_v34n2.pdf](http://www.emis.de/journals/RCE/RevistaColombianadeEstadistica_v34n2.pdf)). Poblar un número de RCE con tales aplicaciones, aun haciendo un llamado para someter artículos en toda América Latina y España, no resultó fácil. Porque todavía no eran muchos los trabajos en esta importante área.

La publicación de trabajos de aplicación estadística en español tiene una relevante importancia. Primeramente, se reconoce el mérito de estos trabajos, a veces soslayados por el énfasis que hacemos en la teoría. Luego, proporciona, a profesores y alumnos de la región, una colección de trabajos para utilizar en clase, y para referencias. Por último, tales publicaciones dan válida salida a nuevas tesis de maestría y doctorado, escritas en español, por valiosos colegas y estudiantes formados en sus propios países, y que por tanto no hablan ni escriben correctamente el inglés, y que por ese motivo encuentran dificultades para ser publicadas en revistas en tal idioma.

En posteriores contactos con colegas de otras revistas estadísticas de la región (Ej. las de IASI y de SOCHE) intercambiamos útiles ideas y conceptos con respecto a esta difícil situación. Y ahora las publicaciones aplicadas en español son más frecuentes.

La mencionada experiencia reforzó nuestra convicción, que es también compartida por varios otros autores (E.g. Naya, Ros y Zapata, 2012) de que en Ibero-América la educación estadística es demasiado formal y teórica, que esto fomenta poco sus aplicaciones, y que es necesario modificar la enseñanza de esta asignatura. A este nuevo empeño dedicamos el presente trabajo.

Por otra parte, reconocemos que cambiar no es fácil. En un trabajo anterior sobre infusión de tecnología, titulado *Administración del Curso*, o en inglés, *Classroom Administration* (Romeu, 2002, o

en la red: <http://web.cortland.edu/romeu/courseart.html>) discutimos en detalle algunas efectivas maneras de implementar nuevas técnicas y métodos de enseñanza, y sobrevivir tal experiencia.

También presentamos un análisis sobre el uso de software de administración, considerando costos y beneficios. Primero, utilizando solo programas que vienen con Microsoft Office (Ej. Excel, Word, Power-Point, Email, Internet), y por tanto no requieren de un costo adicional. Este fue el procedimiento que usamos en ECS526. Y segundo, utilizando programas especiales de administración de cursos como Blackboard y Ángel, que utilizamos con éxito en el curso MFE634, así como en el curso MGS411 (<http://web.cortland.edu/romeu/MGS411.pdf>) de investigación de operaciones, y que enseñamos en SUNY utilizando las metodologías educacionales arriba explicadas. Esto es especialmente importante para muchas instituciones, cuyos menguados presupuestos a menudo restringen la adquisición de tales tecnologías de administración, y que deben ser compradas separadamente a un costo bien elevado.

Tras estudiar métodos pedagógicos nuevos e interesantes, surge inmediatamente la pregunta: qué hacer con el material que tan laboriosamente hemos creado durante muchos años de docencia, y que no dejan de ser también excelentes? Por la naturaleza finita de tiempo y espacio, solo es posible añadir un máximo de material al curso, lo que nos lleva a seleccionar cuáles materiales *viejos* vamos a sacar, cuáles materiales *nuevos* vamos a incluir, y cuáles ellos, vamos a *combinar, modificar y adaptar*.

Dos criterios para llevar a cabo esta difícil selección, son los siguientes: (1) siempre la tecnología y la metodología al servicio de la enseñanza y al mejor aprendizaje del alumno, y nunca al revés, y (2) es más eficiente adaptar que copiar. Cada educador encuentra en su trabajo, condiciones singulares. Resulta más efectivo, pues, ser *un buen original, que una mala, segunda copia*.

Algunos de los materiales de clase pueden pasarse a formato digital (*escanearse*) y ponerse en la red, como hacemos actualmente en nuestros cursos, obviando así la distribución de hojas en clase, y facilitando su lectura por los alumnos, en su propio tiempo. Otros materiales pueden pasarse a *ficheros Word y pdf*. Una ventaja de dichos ficheros es su fácil actualización y reutilización. Los exámenes pueden combinarse, actualizarse, o cambiarse más fácilmente haciendo posible su archivo y manipulación, y la creación de *una útil base de datos*.

Un requisito para lograr todo esto es el dominio del teclado y la *mecanografía*. El uso del Internet o Email, y la construcción de ficheros en Word, requieren un buen mecanógrafo. Quien no lo sea, tarde o temprano se dará por vencido. Pues le resultara demasiado lento el escribir instrucciones en el teclado o manejar la computadora que los ejecute. Esta habilidad, y un *conocimiento básico del idioma inglés*, para tener acceso al abundante material libremente accesible en Internet, son hoy imprescindibles.

Esta situación ha mejorado algo con el nuevo software de *click and plug* (marcar con el ratón en la pantalla). Mas, el manejo del Internet y el correo electrónico, y la confección de materiales de clase,

siguen siendo el dominio de quien pueda mecanografiar rápido y bien, y quien al menos lea y entienda, aunque sea básicamente, el idioma de Shakespeare.

Por último, y también con el fin de fomentar y apoyar las aplicaciones prácticas de la estadística, el *Proyecto Juárez Lincoln Martí de Educación Internacional* ha inaugurado recientemente *el Instituto de Estadística Aplicada y Mejora Continua* (<http://web.cortland.edu/matresearch/QR&CIInstPg.htm>), una página de libre acceso, bilingüe (en español e inglés), y que contiene tutoriales y ejemplos de problemas resueltos, trabajos técnicos, reportes, y publicaciones referidas en revistas profesionales, de reconocidos autores que han sido durante muchos años investigadores y profesores, y las han puesto en la red para ser compartidas por otros profesionales. Además, se incluyen trabajos, acompañados de sus respectivos Power-Points, presentados en conferencias profesionales, que asemejan los *Webinars*.

## CONCLUSIONES

El presente trabajo busca contribuir a fomentar un cambio en los sistemas de enseñanza actuales de la estadística, demasiado teóricos, por otros más prácticos, y que promuevan sus aplicaciones.

*Nuestro objetivo*, al utilizar las herramientas pedagógicas y tecnológicas descritas en este trabajo, es *incentivar a los alumnos a aprender más estadística*, superando las dificultades del aprendizaje (Garfield, J., & Ahlgren, A., 1988), para luego *retener este conocimiento el mayor tiempo posible y aplicarlos durante su vida profesional*.

Además, aprovechamos este aprendizaje para *inculcarles algunas habilidades adicionales* que han de servirles en su carrera, *tales como el trabajo en grupos multidisciplinarios, el uso del Internet, la computadora y variados software, y la presentación, oral y por escrito, de sus resultados*.

Siempre hemos pensado, siguiendo a Dewey, que (1) se aprende más, haciendo que oyendo, (2) se retiene más tiempo, si lo que se aprende tiene aplicación directa en los quehaceres e intereses del estudiante, y que (3) los dos anteriores resultados se alcanzan más fácilmente, si alumnos y maestros disfrutan de lo que hacen. Por tal motivo, basamos nuestra pedagogía en trabajos de grupos de estudios sobre proyectos contextuales, cuyos temas son escogidos por los alumnos, de acuerdo a sus intereses y proyecciones, y luego son presentados a sus compañeros de clase.

Las habilidades adicionales que inculcamos en el curso, enriquecerán tanto a los alumnos como a la sociedad en la que se insertan. Los cursos teóricos tienden a crear profesionales sólidamente formados, a menudo carentes de una visión concreta de cómo aplicar tales conocimientos a resolver problemas prácticos de la sociedad que los forma.

Los profesionales teóricos suelen trabajar en el gobierno o la academia, en vez de como consultores o investigadores aplicados, tal vez inducidos por el sistema de enseñanza bajo el cual han estudiado su



carrera. El entrenamiento en proyectos, grupos multidisciplinarios, y la presentación de trabajos, es una experiencia que contribuye a prepararlos para trabajar en estos nuevos campos.

Como resultado, estos profesionales se convierten en lo que llamamos nosotros *agentes de cambio*: fuerzas dinámicas que impulsan el progreso y el mejoramiento social.

Por último, y no por eso menos importante, el propuesto modelo de enseñanza, ayuda al profesor a disfrutar más de su trabajo, realizando así una mejor labor docente.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Prof. Audy Salcedo, antiguo colega y amigo, la oportunidad de contribuir a esta obra de educación estadística, y al referee, por sus útiles sugerencias a la presentación de este artículo.

### REFERENCIAS

- Garfield, J., & Ahlgren, A. (1988). Difficulties in learning basic concepts in probability and statistics: implications for research. *Journal for Research in Mathematics Education* 19, 44-63.
- Gryna, F, Chua, R, and J. DeFeo. (2007). *Juran's Quality Planning & Analysis for Enterprise Quality* (5th Ed.). McGraw-Hill, NY.
- Hogg R., et al. (1985). Statistics Education for Engineers: an initial Task Force report. *The American Statistician*, 39, 168-175.
- Kettenring, J. (1995). What Industry Needs. *The American Statistician*. Vol. 49, pp. 2-4.
- Moore, D. (1990). Uncertainty. In L. Steen (Ed.), *On the shoulders of giants: New approaches to numeracy* (pp. 95-137). Washington, D.C., USA: National Academy Press.
- Moore, D. (1997). New pedagogy and new content: the case of statistics. *International Statistical Review*, 65, 123-165.
- Naya, S, Rios, M. y L. Zapata. (2012). La Estadística en la Enseñanza Preuniversitaria. *La Gaceta de la RSME*, 15, 2, 355-368.
- Romeu, J. L. (1986). Teaching Engineering Statistics with Simulation. *Journal of the Institute of Statistician (RSS Series D)*. Vol. 35, No. 4.
- Romeu, J. L. (1999). Experiencias Iberoamericanas en Educación Internacional. *Actas del CIBEM-III*, UCV, Caracas, Venezuela. 1998.
- Romeu, J. L. (1999). Minitab and Pizza: a workshop experiment. *Journal of Educational Technology Systems*. Vol. 27(2), 163-168.
- Romeu, J. L. (1996). On Simulation and Statistical Education. *American Journal of Mathematics and Management Sciences*; Vol. 3 & 4.
- Romeu, J. L. (2000) *A Practical Guide to Statistical Analysis of Materials Property Data*. AMPTIAC State of the Art Review Series. Rome, NY.
- Romeu, J. L. (2003). Classroom Administration: the Often Neglected Component of Technology Infusion. *Journal of Ed. Tech. Systems*. V. 31(1), 35-43.
- Romeu, J. L. (2006). Teaching Engineering Statistics to Practicing Engineers. *Proceedings of ICOTS-7 International Conference*. Salvador, Bahia. Brasil.
- Romeu, J. L. (2012). On the Statistics Education of American Engineers. *Journal of the RIAC (Reliability Information Analysis Center) Rome, NY*. Summer of 2012.
- Romeu, J. L. and M. Land (2004). Group Learning, Contextual Projects, Simulation Models and Student Presentations in Enticing Engineering Statistics Students. In *Proceedings of the Education Section. American Statistical Association Annual Meeting*. Toronto, CA. 2004.
- Spedding, T. (1998). Teaching Statistics to Engineers: towards developing a multi-media teaching environment. In *Proceedings of ED MEDIA and ED TELECOM-98*, pp. 1333-1338. More information in <http://www.uow.edu.au/commerce/mgmt/pdffiles/trevor.pdf>

Von Mises, R. (1939). *Probability, statistics and truth* (J. Neyman, D. Sholl, & E. Rabinowitsch, Trans.). New York: Macmillan (Original work published in 1928).  
Walpole, R.E, Myers, R. H. and S. L. Myers. (1998). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. Sixth Edition. Prentice Hall, New Jersey.

JORGE LUIS ROMEU

Romeu es un educador, investigador y consultor estadístico. Esta retirado como profesor de la Universidad Estatal (SUNY) de NY, EEUU. Actualmente es Profesor Investigador de la Universidad de Syracuse, así como Consultor del Centro de Confiabilidad de Sistemas RIAC (<http://theriac.org>). Romeu tiene un Doctorado en Ingeniería Industrial e Investigación de Operaciones por la Universidad de Syracuse, y otro de Licenciado en Matemáticas y Estadísticas, por la Universidad de La Habana. Ha publicado más de veinticinco artículos sobre investigación y educación estadística, y más de veinticinco tutoriales de estadística industrial, de libre acceso en la red: <http://web.cortland.edu/romeu/urlstats.html>. Romeu es autor del libro [A Practical Guide to Statistical Analysis of Material Property Data](#) de estadísticas para ingenieros, y mantiene la página en la red del Instituto de Estadística Aplicada y Mejora Continua (<http://web.cortland.edu/matresearch/OR&CIInstPg.htm>). Romeu dirige el Proyecto Juárez Lincoln Martí, de Educación Internacional (<http://web.cortland.edu/matresearch>), y ha sido Fulbright cinco veces, enseñando cursos y talleres cortos en España, Mexico, Venezuela, Ecuador, Republica Dominicana y Cuba. Romeu es C.Stat. Fellow de la Royal Statistical Society, Senior Member de American Society for Quality, y miembro de la American Statistical Association, y del Inter American Statistical Institute.