



Una formación de calidad
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias
15 al 18 de Septiembre de 2015

EVALUAR PARA MEJORAR EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS MECÁNICOS

Aliex Trujillo García

**Universidad Central
Bogotá, Colombia**

Resumen

El presente reporte de investigación presenta una experiencia de aula donde se introduce unas modificaciones en el sistema de calificación de los estudiantes de primer semestre de ingeniería mecánica. La calificación que es el valor del cumplimiento del registro de un proyecto que se sintetiza en dos reportes parciales y un portafolio final del prototipo definitivo. Las modificaciones buscan dinamizar con un mecanismo de cálculo los resultados calificativos correspondientes a los reportes de un proceso de diseño de una máquina. La nueva estrategia consiste en hacer afectar el valor de la primera calificación por el de la segunda. De la misma manera afectamos el valor de la primera y segunda calificación con el valor de la tercera y última calificación. El nuevo algoritmo califica la efectividad de la formación e impulsa una relación con el saber del ingeniero mecánico. Saber en el que tiene gran importancia los procesos de mejoramiento continuo y retroalimentación positiva de información y energía. Se presenta tres casos representativos de la aplicación del dispositivo de calificación que proponemos. En la investigación apareció un asunto adicional de análisis, la relación entre la decisión administrativa y la decisión académica. Se muestran dos casos donde la investigación en el aula produce argumentos para las decisiones administrativas. El caso de la actualización de los sistemas de captura del valor parcial de las calificaciones. El caso de la precisión de dicho sistema de captura. Se tiene además como resultado la propuesta de extender el algoritmo de calificación a las asignaturas del currículo donde sean importantes los proyectos de diseño en ingeniería.

Palabras clave: estrategias y prácticas de aula; evaluación; formación en ingeniería

Abstract

This research report presents a classroom experience where some modifications were introduced into the grading system of students in first semester mechanical engineering. The qualification is the value of compliance with the registration of a project that is synthesized in two partial reports and a final portfolio of the final prototype. The amendments seek to stimulate a mechanism of calculating the qualifying results corresponding to reports of a process of designing a machine. The new strategy is to affect the value of the first rating of the second. In the same way the value of the first and second qualification with the value of the third and final qualification is affected. The new algorithm describes the effectiveness of training and promoting a relationship with knowledge of the mechanical engineer. Knowing where great importance processes of continuous improvement and positive feedback of information and energy. Three representative cases of applying qualifying device we propose is presented. In the research appeared an additional issue of analysis, the relationship between the administrative decision and academic decision. Two cases where research in the classroom produces arguments for administrative decisions is. For updating systems capture partial value of qualifications. For the accuracy of the capture system. The proposal to extend the algorithm qualification curriculum courses with engineering design projects have also resulted.

Keywords: *strategies and classroom practices; evaluation; engineering education*

1. Introducción

La evaluación ha sido una preocupación de todos los agentes interesados en el mejoramiento de la formación, existe una gran variedad posturas frente a lo que se hace cuando se evalúa, se elige una que moviliza estrategias complementarias de calificación cuando forma parte de la evaluación.

La mayoría de las universidades de nuestro medio acreditan el aprendizaje esperado con un valor numérico en una escala homogénea de cero a cinco. Los cortes verificativos se distribuyen en unos porcentajes que varían generalmente en tres cortes calificativos. La calificación es la reducción a la cifra, muchas veces ponderada, de la evaluación que es función de una teoría, el observador y el instrumento.

Como en otras reuniones de ACOFI, aquí se da cuenta de la asignatura Práctica de Ingeniería Mecánica (Trujillo, 2009). En la asignatura se establece un proyecto de ingeniería mecánica y lo que acontece se va registrando rigurosamente en una bitácora. En tres cortes se generan reportes de la bitácora y al final se sintetiza el proceso en un portafolio donde se realzan las relaciones que fue creando el proyecto de ingeniería mecánica.

La calificación no agota a la evaluación, en la calificación interviene la autoasignación del que evalúa. La evaluación es un sistema (Bustamante, 2010), esto implica entre otras aspectos la evaluación del que califica y de la calificación misma.

Por muy sofisticada que sea la calificación al actuar para que el estudiante comprenda el mejoramiento como posibilidad y tome decisiones estratégicas al respecto, el que califica es el profesor con sus decisiones. Con la intención de que sea evaluada por una comunidad académica esta propuesta de calificación, con la modificación en la forma del algoritmo sencillo que se propone, es que se hace este reporte de investigación.

2. Postura teórica

Un grupo de ingenieros, por vocación o por contingencias de la vida, son profesores, forman a los constructores del futuro y se confía en que lo construyan con una suficiencia en las estrategias exitosas. Con la aplicación de la secuencia de valoración de los resultados parciales de un proyecto se obtienen dos movimientos, uno hacia el referente de mejoramiento y el otro hacia el afianzamiento de estructuras lógicas de operatividad. La idea es en principio intuitiva, lo que hace usualmente la calificación es confiscar la atención del estudiante, que vengan a clases, que mantenga el orden, el respeto, el temor, la disciplina, que se exija por encima de lo común. Por eso es que se diferencia calificación de evaluación, la evaluación es un proceso más complejo porque tiene más incertidumbre. Se evalúa con la calificación, pero muchas veces por el peso simbólico que instaura un examen, el silencio, la obediencia, el orden, el ritual. La calificación expresa un lugar en una escala. Independientemente de la asignatura, la calificación es un valor atribuible a una escala de expectativas. El cuadro de expectativas varía de profesor a profesor, de institución a institución, de país a país. Pero hay una expectativa que cubre a todas, la de adquisición de un legado cultural, de una disciplina, de un lugar en el mundo. El pequeño dispositivo de cálculo que se introduce califica, pero también evalúa, evalúa la apropiación de una estructura lógica, de una planificación de éxitos que es fundamental en una disciplina y/o profesión. Es un dispositivo fácil de entender para que los ingenieros evalúen en la excelencia, tal como la pensaban los griegos, cumplir totalmente los propósitos cada vez más exigentes. Un algoritmo para que los ingenieros involucren también la capacidad estratégica y la comprensión y utilización de estructuras lógicas fundamentales.

Se aplica un sencillo algoritmo recurrente para la calificación del proceso a través de los reportes. Los estudiantes presentan dos reportes, el correspondiente al primer corte calificativo y el del segundo corte calificativo son una síntesis de los registros que ha venido depositando el desarrollo del proyecto. El complejo técnico (Simondon, 2007) de formación de ingenieros mecánicos que se presenta está formado por la bitácora y el reporte como instrumento, el proyecto de aula como aparato y el algoritmo de calificación como dispositivo. En medio del diseño y mantenimiento del complejo técnico está el profesor, tomando decisiones con los resultados que arrojan los instrumentos, el aparato y el dispositivo (Rodríguez y otros, 2014).

El profesor lleva su propia bitácora, con este registro se ayuda para elaborar las preguntas del reporte. A continuación se comparte un ejemplo de reporte porque lleva registro de los contenidos y actividades que se han ido haciendo en la asignatura

y de la que a su vez dejan los estudiantes en la bitácora. Se introduce el ejemplo porque se cree que la evaluación como sistema vincula la bitácora en primera instancia, los reportes a partir de estas, la calificación del profesor y el cálculo de recurrencia con el algoritmo con el que se promueve una mejora continua.

En este caso el proyecto del reporte es una prensa manual para la extracción de jugos de alimentos hidratados, una solicitud de un chef para una terapia en nutrición. En el reporte se busca que se haga algo con el registro, que el registro de la bitácora adquiera importancia en tanto información que se transforma en conocimiento.

Reporte de la bitácora, primer corte. Práctica de Ingeniería Mecánica I	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Escriba paso a paso el protocolo de medición con su calibrador de la pieza que usted escoja. Vuelva a medirla diez veces, anote los resultados en una tabla ¿Es el mismo resultado, a qué se puede deber esto? 2. Escriba paso a paso una de las operaciones de maquinado que realizó, ¿qué resultado obtuvo? ¿qué tuvo que mejorar? 3. ¿Qué es una máquina? ¿qué le ha agregado a las definiciones consultadas? 4. ¿Para qué se utiliza el método de la masa imaginaria? ¿qué tiene que ver este método con las máquinas? 5. Si en una palanca simplemente apoyada F_1 es una tonelada vertical en uno de sus extremos, a son los 0.3 m de distancia entre esta fuerza y el punto de apoyo y b son los 0.7 m de distancia entre el punto de apoyo y la fuerza vertical que pasa por el otro extremo, ¿cuál sería en Newton el valor de F_2? ¿qué solución usaría para invertir el sentido de F_2? 6. Escriba paso a paso ¿cómo se utiliza la prensa para hacer un grabado? 	

Cuadro 1. Ejemplo de reporte que los estudiantes de ingeniería mecánica entregan en los cortes calificativos como requisito de síntesis de la bitácora.

Por la experiencia que se ha adquirido, en más de ocho años de investigación de estrategias y prácticas de aula (Duque, Celi & Camacho, 2011), se ha detectado que si los estudiantes salen con buenas calificaciones en los primeros cortes calificativos del proyecto, bajan su desempeño. En cambio, si salen con un mal resultado en los primeros cortes en muchos casos se desaniman.

El algoritmo que se propone implica que la calificación sucesiva afecte a las anteriores en mejora o detrimento, en una aritmética recursiva. Para el cálculo se usa unas fórmulas de prueba lógica en una hoja de Excel:

$$f_{x1} = \text{SI}(N_2 > N_1; N_1 + (N_2 * 0,16); N_1 - (N_2 * 0,16))$$

$$f_{x2} = \text{SI}(N_3 > N_2; N_2 + (N_3 * 0,16); N_2 - (N_3 * 0,16))$$

$$f_{x3} = \text{SI}(N_3 > N_1; N_1 + (N_3 * 0,16); N_1 - (N_3 * 0,16))$$

f_{x1} : actualización de la calificación del primer corte por la calificación del segundo corte.

f_{x2} : actualización de la calificación del segundo corte por la calificación del tercer corte.

f_{x3} : actualización de la actualización, ya realizada, de la calificación del primer corte por la calificación del tercer corte.

N_1 : Calificación en el primer corte

N_2 : Calificación en el segundo corte

N_3 : Calificación en el tercer corte

¿Qué dicen las fórmulas? Como se aprecia fácilmente, si la calificación del segundo corte evaluativo es mayor que la calificación del primer corte, entonces se suma a la calificación del primero corte un dieciséis por ciento de la calificación del segundo corte. Si la calificación del segundo corte es menor que la calificación del primer corte, entonces la calificación del primer corte se ve disminuida en un dieciséis por ciento de la calificación del segundo corte. Algo similar ocurre con la calificación del último corte. Si la calificación del último corte es superior a la de los cortes anteriores, entonces aumenta el resultado final del semestre. Si la calificación del último corte es menor, el resultado final del semestre disminuye.

Con este algoritmo se pretende favorecer el mejoramiento académico continuo con un acogimiento disciplinar de los estudiantes de primer semestre. El acogimiento opera en una oportunidad de mejorar el pasado con los resultados del presente, de convertir la posible parálisis de un mal resultado en un incremento del trabajo y del sacrificio.

Un balance colegiado en el semestre 2014-2 fue alentador en el sentido de un mejor terminado del prototipo del proyecto y un mayor enriquecimiento de su correspondiente portafolio. Los estudiantes presentaron un portafolio del proyecto donde se evidencia una evolución del trabajo, los detalles, las pruebas, el esfuerzo. Se entiende que la posibilidad de valorar cuantitativamente la formación del estudiante como proceso con este algoritmo favorece la calidad y el reconocimiento de la diversidad de aprendizaje. La calificación iterativa les enseña a los estudiantes a ir siendo dueños de sus recursos intelectuales (Trujillo, 2015).

3. Práctica de calificación

En este último curso 2015-1 se aplicó el algoritmo calificativo en la asignatura Práctica de Ingeniería Mecánica I. Se presentan tres casos de estudiantes con resultados interesantes por sus aspectos distintos. El primer caso es el de un estudiante que obtuvo una calificación de 2.0 puntos en el primer corte evaluativo y 3.5 en el segundo. Por la aritmética del algoritmo la calificación del primer corte le asciende de 2.0 a 2.6. En el tercer corte el estudiante obtuvo una calificación de 3.8, esto hizo que se le actualizara la calificación del primer corte ascendiendo de 2.6 a 3.2 y el segundo corte asciende a 4.1. La calificación final de este estudiante fue de 3.3. Como se ve ascendió de una primera calificación de 2.0 a 3.3 al final. En este caso el estudiante aprovechó las posibilidades que le ofrece el algoritmo para mejorar un mal resultado inicial. Este es el tipo de caso exitoso, en el último curso el 78% de los estudiantes estuvo en este caso, la medida de un inicio que fue superada.

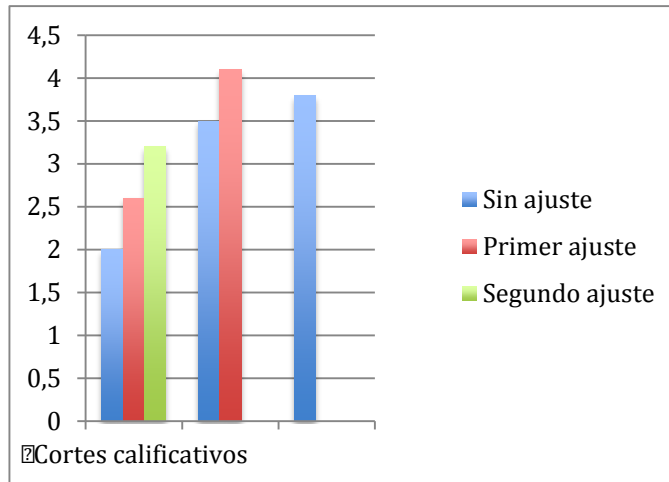


Gráfico 1. Actualización de la calificación en el primer caso.

El segundo caso es el de un estudiante que obtuvo una calificación de 4.8 puntos en el primer corte evaluativo y 3.3 en el segundo. Por la aritmética del algoritmo la calificación del primer corte le desciende de 4.8 a 4.3. En el tercer corte el estudiante obtuvo una calificación de 3.8, esto hizo que se le actualizara la calificación del primer corte descendiendo de 4.0 a 3.7 y el segundo corte ascendiendo de 3.3 a 3.9. La calificación final de este estudiante fue de 3.4. Como se ve descendió de una calificación de primer corte de 4.8 a 3.7 al final del curso. Este caso representa al 10% de los estudiantes del último curso, un inicio prometedor que se va devaluando, a veces porque el estudiante se demoran en comprender el mecanismo o porque se descuidan a pesar de la perspectiva de mermar su rendimiento académico.

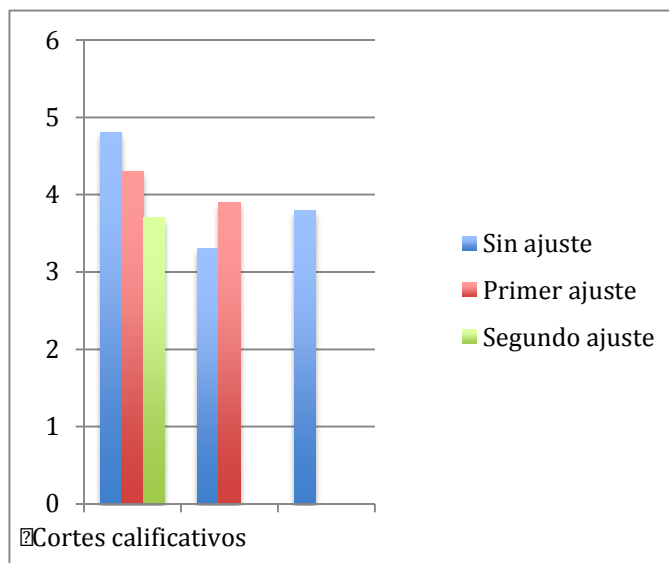


Gráfico 2. Actualización de la calificación en el segundo caso.

El tercer caso es el de un estudiante que obtuvo una calificación también de 4.8 puntos en el primer corte evaluativo y 5.0 en el segundo. Por la aritmética del algoritmo

la calificación del primer corte le asciende de 4.8 a 5.6. En el tercer corte el estudiante obtuvo una calificación de 4.2, esto hizo que se le actualizara la calificación del primer corte ascendiendo de 4.8 a 4.9 y el segundo corte desciende a 4.3. La calificación final de este estudiante fue de 4.0. Como se ve descendió de una calificación de primer corte de 4.8 a 4.0 al final del curso. En este último caso no se dejó que la calificación descendiera, ya había una decisión cuando se inventó el dispositivo recursivo pero el mismo no se sirve por sí sólo. Para ajustar estos casos está el profesor, el dispositivo por pequeño que sea, no decide. La calificación del tercer estudiante quedó en 5.0, calificación máxima posible en una asignatura. Este es el caso típico del restante 12% de los estudiantes del último curso, a pesar de desbordarse las cuentas, el profesor le asigna merecidamente el máximo de la calificación por los reportes y productos solicitados de un proyecto de ingeniería como requisito de valoración.

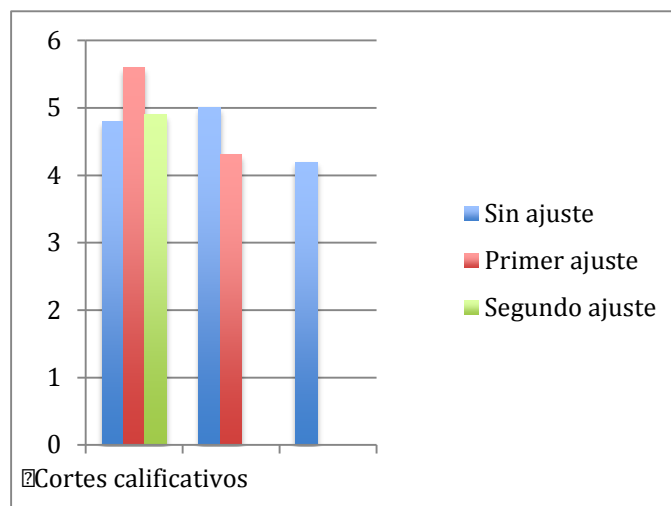


Gráfico 3. Actualización de la calificación en el tercer caso.

4. Resultados

Hubo tres grupos que reúnen los resultados globales de la calificación, el grupo de los abonados, el de los declinados y el de los óptimos, tal como se obtuvo en el curso 2015-1. Faltaría un comportamiento calificativo no registrado en esta oportunidad, el roto. El comportamiento calificativo roto es aquel en que el estudiante mantiene sus insuficientes resultados, a pesar de la estrategia.

La asignatura Práctica de Ingeniería Mecánica I se rige por la estructura del sistema de información de la universidad. Para aplicar este algoritmo de calificación se autorizó ingresar una sola calificación al final del semestre. Los resultados, no siempre alentadores, han dado pistas sobre la posibilidad de formalizar los cortes debido al peso simbólico que se detecta de una calificación formalizada en un sistema de información. Aunque se ha sido cuidadoso de comunicar oportunamente los resultados parciales de la evaluación y se recuerda puntualmente las características del algoritmo, los padres de familia y los mismos estudiantes quedan más tranquilos cuando

la calificación se hace pública. Se propone que el sistema de información de la universidad se modifique para que pueda soportar los cambios en el valor que ganan los reportes de calificación generados para modificar los resultados de la evolución que vaya teniendo el proyecto. Se puede apreciar como una decisión formativa puede modificar una disposición administrativa, en este caso el ordenamiento de la calificación, con los argumentos de implementar un sencillo sistema recurrente en la calificación. Lo que se acaba de decir pudiera verse como una innovación formativa, un caso de decisión administrativa fundada en investigación. Es necesario que en el sistema de información se incluya la posibilidad de una modificación de la calificación manteniendo la valoración parcial visible, una decisión administrativa fundada en la investigación.

El algoritmo es propio de la ingeniería y es importante que se exponga al estudiante a las lógicas encadenadas y con retroalimentación que caracterizan el operar en ingeniería. El algoritmo, aunque sencillo, es difícil de entender y producen inicialmente poca reacción en los estudiantes, los cuales acatan muchas veces el algoritmo sin entenderlo. Al final del semestre cuando el algoritmo arroja sus resultados finales se hace para todos vital e ingresan a tratar de entenderlo y mejorar la comprensión del mismo. Esto plantea una interesante posibilidad, insistir en los procesos de retroalimentación como contenido mismo de lo vital formativo. El estudiante viene de ser educado en la calificación que deja avanzar, es vital porque corresponde a una inmensa parte de su vida. Se quiere aprovechar, para que en la clasificación que tanto le importa, aparezca una de las estructuras más recurrentes de la ingeniería, el control de lazo cerrado, la iteración, la retroalimentación, la recurrencia. Se cree que el pequeño dispositivo lógico que se introduce produce efectos amplificados de formación en ingeniería. Esto será contenido de desarrollo en próximos reportes de investigación. La hipótesis es que la inmersión de los estudiantes en estructuras de la disciplina y la profesión de la ingeniería, puede aumentar el impacto curricular en unas de las lógicas más queridas por los ingenieros, las lógicas recursivas. Las lógicas recursivas pasan de ser unos contenidos estructurales en muchas asignaturas, a ser la estructura del currículo de formación en ingeniería. Esto le otorga coherencia a la estructura curricular, que además de ser contenido de asignaturas, sea estructura de calificación, actividad vital del estudiante. Se expresa esto como resultado porque fundamenta unas posteriores etapas donde se aumente la cobertura de las mediciones en la investigación.

Aquí ya hay una valoración, se está de acuerdo en que se quiere un mejor mundo, pero queda el suspenso de qué es un mejor mundo, un mundo donde haya suficiente para todos, un mundo más equitativo, más justo, etcétera. Para ir contribuyendo ese mundo el estudiante, en conjunto con el profesor, se entrena en la planeación de una progresión de valoración ascendente de los resultados.

La precisión de la cifra que califica el desempeño del estudiante es una decisión académica. Una precisión de una décima implicaría cincuenta aspectos a mirar o su peso relativo entre el 0.0 y el 5.0, 0.1, 0.2, 0.3,...,5.0, cincuenta. Si el imperativo administrativo ajusta una precisión de cinco décimas se le puede asignar cantidad a cinco veces menos aspectos de la precisión anterior, la de una décima, o su peso

relativo (ejemplo, cinco preguntas con dos unidades de precisión cada una, cada una de cinco décimas). Este un ejemplo de cómo la decisión de la precisión de la escala evaluativa tiene que ser académica, lo que pasa con la elección entre asignarle 3.5 porque la precisión es de 0.5 o asignarle 3.3 porque, como se dice, se tuvo cincuenta aspectos en cuenta y no diez. La decisión de la cantidad de aspectos a valorar en una calificación es una decisión investigativa y se toma con argumentos pedagógicos más que administrativos.

En función de lo que el profesor pretenda podrá balancear las magnitudes de actualización de las calificaciones. Si el profesor decide afectar en el algoritmo menos el detrimento de la calificación que su incremento es porque confía en que el otorgamiento de la diferencia le dará más posibilidades al estudiante, más intentos.

7. Referencia

- Bustamante, G. (2010). La escuela: paraíso de los lugares comunes, Instituto Politécnico Nacional, México DF, México.
- Rodríguez C., Bustamante G., Díaz C. J., Carvajal G., Moreno S., Flórez R. & Domínguez J. D., (2014), El concepto de campo (a propósito de las tesis de unos estudiantes), Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional (sin publicar).
- Simondon, G., (2007), El modo de existencia de los objetos técnicos, Buenos Aires, Argentina: Prometeo libros.
- Trujillo, A., (2009), El juego como innovación de las redes de pensamiento en el currículo de ingeniería mecánica, en la Reunión Nacional ACOFI 2009, Ciencia, tecnología e innovación en ingeniería como aporte a la competitividad del país.
- Trujillo, A., (2015), La bicicleta, máquina e insistencia, Revista Nómadas No. 42.
- ACOFI. (2011, Diciembre). Revista Educación en ingeniería. Consultado el 23 de junio de 2015 en <http://www.educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/122/109>.

Sobre el autor

- **Aliex Trujillo García** Ingeniero Mecánico con maestría en Educación y Desarrollo Humano CINDE-UPN, candidato a Doctor en Educación de la UPN. Profesor instructor de la Universidad Central, atrujillo@ucentral.edu.co

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

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)