

La polémica sobre la linealidad y su reflejo en la enseñanza.***The polemic on the linearity and their reflection in the teaching.***

Manuel Silva Rodríguez

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría. Cujae. La Habana. Cuba
Correo electrónico: msilva@ind.cujae.edu.cu

Recibido: 25 de mayo de 2013 Aceptado: 17 de junio de 2013

Resumen:

El artículo presenta una posición de acercamiento crítico a la teoría de la complejidad y en particular a las fundamentaciones de los problemas de la linealidad, con la óptica de identificar sus reflejos en los procesos de formación de ingenieros. Se muestran ideas representativas de esta teoría y se presentan los argumentos críticos desde el marxismo al tiempo que se ejemplifican elementos que se vienen manifestando en los procesos de formación, tanto como fundamentos de las prácticas pedagógicas, así como en el abordaje de estos problemas en los contenidos de nuestras asignaturas. Se muestran, además, gráficos y esquemas que permiten ilustrar con ejemplos las aristas analizadas.

Abstract:

The article presents one position of critical approach to the theory of the complexity, and in particular to the foundations of the problems of the linearity, with the optics of to identify their reflections in the processes of engineers' formation. It show representative ideas of this theory and the critical arguments are presented from the Marxism, at the time that they are exemplified elements that one comes manifesting in the formation processes, so much as foundations of the pedagogic practices, as well as in the boarding of these problems in the contents of our subjects. They are shown, also, graphics and outlines, that allow illustrating with examples the analyzed edges.

Palabras Clave:

Complejidad, marxismo, linealidad, no linealidad, enseñanza, ingeniería.

Key Words

Complexity, Marxism, linearity, non-linearity, teaching, engineering.

Introducción.

En los últimos años, la limitación de los modelos matemáticos a la hora de expresar el funcionamiento real de la naturaleza ha sido objeto de un intenso debate. Las ecuaciones diferenciales, por ejemplo, representan la realidad como un continuo en el que los cambios de tiempo y lugar se producen uniforme e ininterrumpidamente. No queda lugar para rupturas bruscas, pero sin embargo, se dan en la naturaleza. Los modelos matemáticos más avanzados son solamente una aproximación a la realidad, válida solamente dentro de ciertos límites.

La mayor parte de las matemáticas clásicas se basan en relaciones lineales abstraídas de la vida real como leyes científicas. Pero dado que el mundo real está gobernado por relaciones no lineales, estas leyes a menudo no son más que aproximaciones que se van afinando constantemente mediante el descubrimiento de nuevas leyes [1].

El objetivo de este artículo es abordar una posición en la problemática de la no linealidad como elemento del denominado enfoque complejo o simplemente complejidad y de su reflejo en la actividad de enseñanza aprendizaje.

Desarrollo Sobre la complejidad.

Los ideólogos de la complejidad, defienden un conjunto de ideas que lo identifican como un cuerpo teórico distinguible de otras posiciones. Ideas que con frecuencia son utilizadas por nuestros docentes para fundamentar prácticas pedagógicas de avanzada y que no siempre esto se hace con conocimiento de causa. A continuación reseñamos algunas de estas ideas:

El pensamiento de la complejidad se presenta como un edificio de varios pisos. El primero, formado a partir de las teorías de la información, la cibernética y los sistemas, trae consigo los instrumentos necesarios para una teoría de la organización; el segundo con las ideas de Von Neumann, Von Foerster, Atlan y Prigogine sobre la autoorganización; y el tercero con los principios morineanos dialógico, de recursión organizativa (bucle recursivo o autoproductivo) y hologramático (holográfico) [2].

La complejidad es ciencia (estudio de la dinámica no lineal en diversos sistemas concretos), método del pensamiento (aprendizaje del pensamiento relacional) y cosmovisión (elaboración de una nueva mirada al mundo y al conocimiento que supere el reduccionismo a partir de las consideraciones holistas emergentes del pensamiento sistémico) [3].

La no linealidad. La complejidad no proviene de las partes, sino de las interacciones no lineales entre ellas [4]. El primer principio del pensamiento complejo es el del bucle recursivo o autoproductivo, el cual "nos ayuda a romper con la tradicional manera de explicar según una relación lineal que va de causas a efectos, sin concebir las retroacciones y recursividades que se establecen entre productor y producto, lo causado y lo causante, de manera de encontrar en todos los procesos el bucle autoproductivo que le da existencia y consistencia" [5].

La incertidumbre. "La imposible certidumbre: Nunca será posible decidir con pleno conocimiento de causa. Es preciso integrar el principio de incertidumbre" [6].

La impredecibilidad. "Para prever con un año de anticipación el tiempo que hará en un determinado lugar, tendríamos que disponer de una red de informaciones que abarcara todo el planeta" [7].

"La predicción es posible, pero dentro de los marcos de indeterminación que el propio sistema porte al ser entidad no hecha, devenir" [8].

Lo caótico. "Los fenómenos caóticos (no lineales) son aquellos cuya evolución muestra una sensibilidad extrema con respecto al estado inicial: El más mínimo cambio en el estado inicial se transforma en una diferencia colosal en los estados futuros que se derivan de él. La sensibilidad extrema de los fenómenos caóticos a su estado inicial significa, también, que por lo general serán igualmente sensibles a la forma de la ecuación elaborada para describirlos. Si la ecuación que utilizamos contiene la más mínima imprecisión u omisión, muy pronto el comportamiento predicho por ella se desviará dramáticamente del que tendrá lugar en el mundo real. Dicho de otra manera: La teoría del caos puso de manifiesto que existen numerosos fenómenos de la realidad en los que sus respuestas a un estímulo inicial minúsculo, varían en forma colosal" (Autor desconocido, teoría del caos, 1. 05. 2000, Internet).

La dialógica no es la dialéctica, especialmente con el sentido que este término ha tomado en la tradición hegeliano-marxista. "En esta tradición del choque entre instancias contrarias surgirá una tercera mejor, en la que las contradicciones se superan. Por el contrario, en la dialógica moriniana se mantiene viva la diferencia entre instancias que pueden ser tanto antagónicas, concurrentes, como complementarias, y no se plantea una síntesis superadora que disuelva las tensiones" [9].

"La dialéctica de la interrelación predomina sobre la dialéctica de la contradicción. Se devela una dialéctica distinta donde la comprensión de la solución de las contradicciones se aparta de los grandes modelos explicativos elaborados en la historia del pensamiento filosófico, desde la filosofía clásica alemana a nuestros días" [10].

Nueva relación sujeto-objeto. "El reto de las nuevas teorías tiene en su centro la elaboración de un ideal de racionalidad nuevo, no clásico, que cuestiona la separación absoluta entre sujeto y objeto, y se propone la reinclusión del sujeto real en el proceso de producción del saber. Esto significa inclusión de sus valores y su moralidad" [11].

En breves palabras, los "complexólogos", con su teoría de la complejidad, intentan establecer una nueva visión del mundo que ellos consideran diferente y superior a todas las anteriores.

Es innegable que estas ideas se expresan con un lenguaje moderno y atrayente y versan sobre interesantes aristas de la relación social que también se manifiesta en las relaciones que establecen los sujetos alumnos y profesores con la parte de la cultura que se preserva, transmite, reproduce, produce y crea en las Universidades.

Consideramos importante conocer todo el acumulado cultural de la humanidad, pero defendemos la necesidad de articular cuerpos teóricos coherentes y funcionales a las necesidades sociales que pretendemos satisfacer en el proceso de formación de los ingenieros que necesita nuestro país. No puede haber contradicciones antagónicas entre los fundamentos filosóficos, sociológicos, psicológicos y de todo tipo, que asumimos o aceptamos como "filtros" en la estructuración curricular y el tratamiento didáctico de los contenidos.

Con la intención de aportar nuestra perspectiva en esta polémica presentamos, en apretada síntesis Nuestras posiciones al respecto (crítica a la teoría de la complejidad):

Los complexólogos consideran a la teoría de la complejidad como: a) una nueva visión de la ciencia, b) un método del conocimiento, y c) una concepción del mundo. Pero es que el marxismo-leninismo (M-L) también es ciencia, método del conocimiento, y concepción del mundo. ¿Qué ha pasado entonces?: ¿Ignoran al M-L, conociéndolo? ¿No lo conocen? El análisis de la literatura nos muestra que una mayoría importante de los complexólogos no se han leído las obras de los "clásicos" y repiten ideas que están claramente contenidas en dichas obras; muchos de sus ideólogos parecen no estar al corriente de la única auténtica revolución en la lógica en dos mil años: la lógica dialéctica.

Otro punto oscuro de la teoría emergente que nos ocupa es la sustitución de la dialéctica marxista por la dialógica. Las contradicciones, para los complexólogos, no tienen necesariamente que resolverse, pueden coexistir indefinidamente como fuente de desarrollo en oposición a la concepción M-L, que sí preconiza una solución a favor de uno de los contrarios. Preguntamos: ¿No se resolverá nunca la contradicción explotadores-explotados? ¿Estamos condenados los pobres a ser miserables toda la vida?

Es cierto que el paradigma mecanicista (simplificante) ya estaba agotado, pero aun así había que negarlo dialécticamente y no de forma metafísica como hicieron los complexólogos. Por otra parte, existe la concepción M-L que por su carácter dialéctico lleva implícito el cambio constante y ha dado soluciones fundamentadas a muchas de las inquietudes planteadas por la complejidad. Se trata, por lo tanto, de defender y actualizar el M-L y no de sustituirlo por un paradigma que en la generalidad de las ocasiones repite los mismos principios de éste. Nosotros partimos de la concepción de Fidel Castro de que "cada vez me siento más atraído por las ideas de Marx, de Lenin y de Engels, porque nos enseñaron mucho, nos abrieron el camino al pensamiento. No vamos a decir que eso pasó. Nosotros somos los que estamos ante el desafío de que esas ideas avancen por encima de obstáculos enormes, tal vez no imaginados por los propios creadores de la doctrina del marxismo y el leninismo" [12].

Hay que estudiar de nuevo el marxismo y el leninismo. Pensamos que a partir de estas cinco obras: "El manifiesto comunista", "Antidüring", "Ludwig Feuerbach y el fin de la filosofía clásica alemana", "Dialéctica de la naturaleza" y "Materialismo y empiriocriticismo".

Sobre la teoría del caos (la no linealidad).

Otro elemento importante de estas posiciones teóricas, que en estos tiempos de "sociedad de la información" de "diversificación de los canales de influencias educativas", de "monopolio de los medios de comunicación en la selección y divulgación de los contenidos culturales", de "reconocimiento del otro y de su papel", de "dudas", de "cambios" y de otras tantas transformaciones sociales que impactan en nuestro proceso de formación de ingenieros: es la no linealidad que constituye la esencia de lo que muchos investigadores denominan teoría del caos.

Con el fin de comprender qué es y qué abarca dicha teoría, decidimos incluir una explicación elaborada al respecto en el Instituto de Astrofísica de Canarias que de forma resumida y clara aborda este polémico tema [13].

Primer paso: El fantasma de la no linealidad.

A finales del siglo XIX, el matemático y físico Henri Poincaré (1854-1912) cuestionó la perfección newtoniana en relación con las órbitas planetarias, lo que se conoce como el problema de los tres cuerpos. Planteaba una atracción gravitatoria múltiple, que hasta entonces se resolvía con las leyes de Newton y la suma de un pequeño valor que compensara la atracción del tercer elemento. Poincaré descubrió que, en situaciones críticas, ese tirón gravitatorio mínimo podía realimentarse hasta producir un efecto de resonancia que modificara la órbita o incluso lanzara el planeta fuera del sistema solar. Este devastador fenómeno se asemeja al acople del sonido cuando un micrófono y su altavoz se encuentran próximos: el sonido que emite el amplificador vuelve al micrófono y se oye un pitido desagradable.

Los procesos de realimentación se corresponden en física con las ecuaciones iterativas, donde el resultado del proceso es utilizado nuevamente como punto de partida para el mismo proceso. De esta forma se constituyen los sistemas no lineales, que abarcan el 90% de los objetos existentes. El ideal clásico sólo contemplaba sistemas lineales, en los que efecto y causa se identifican plenamente; se sumaban las partes y se obtenía la totalidad. Poincaré introdujo el fantasma de la no linealidad, donde origen y resultado divergen y las fórmulas no sirven para resolver el sistema. Se había dado el primer paso hacia la teoría del caos.

Segundo paso: El efecto mariposa.

"Espero que Dios no sea tan cruel para hacer que el mundo esté dirigido por fórmulas no lineales", comentaban algunos científicos en la década de los 50. Resultó que, en efecto, la naturaleza se regía por ellas. En consecuencia, como indica Ignacio García de la Rosa, astrofísico del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), "el término 'no lineal' es un poco injusto; sería como llamar a los animales elefantes y no elefantes, pero como en aquellos tiempos no se podían estudiar estos sistemas, se redujo la terminología". En este caso, la panacea se manifestó en forma de ordenador que, aunque no podía resolver la naturaleza no lineal mediante fórmulas, permitía realizar simulaciones.

En 1960, el meteorólogo Edward Lorenz dio, sin proponérselo, el segundo paso hacia la teoría del caos. Entusiasta del tiempo, se dedicaba a estudiar las leyes atmosféricas y realizar simulaciones a partir de sus parámetros más elementales.

Un día, para estudiar con más detenimiento una sucesión de datos, copió los números de la impresión anterior y los introdujo en la máquina. El resultado le conmocionó. Su tiempo, a escasa distancia del punto de partida, divergía algo del obtenido con anterioridad, pero al cabo de pocos meses -ficticios- las pautas perdían la semejanza por completo.

Lorenz examinó sus números y descubrió que el problema se hallaba en los decimales; el ordenador guardaba seis, pero para ahorrar espacio él sólo introdujo tres, convencido de que el resultado apenas se resentiría. Esta inocente actuación fijó el final de los pronósticos a largo plazo y puso de manifiesto la extremada sensibilidad de los sistemas no lineales: el llamado "efecto mariposa" o "dependencia sensible de las condiciones iniciales".

Se trata de la influencia que la más mínima perturbación en el estado inicial del sistema puede tener sobre el resultado final o, como recoge el escritor James Gleick, "si agita hoy, con su aleteo, el aire de Pekín, una mariposa puede modificar los sistemas climáticos de Nueva York el mes que viene". Cualquier variación, ya sea en una milésima o una millonésima, constituye una pequeña muesca que modificará el sistema hasta el punto de hacerlo imprevisible. La iteración ofrece resultados estables hasta cierto punto, pero cuando éste se supera el sistema se derrumba en el caos. Los científicos J. Briggs y F. D. Peat aplican esta idea al ciclo vital humano: "Nuestro envejecimiento se puede abordar como un proceso donde la iteración constante de nuestras células al fin introduce un plegamiento y una divergencia que altera nuestras condiciones iniciales y lentamente nos desintegra".

Tercer paso: Digiriendo la complejidad.

El carácter no lineal e iterativo de los sistemas de la naturaleza permite que instrucciones muy sencillas originen estructuras extremadamente complejas. La física de la complejidad busca reglas simples que expliquen estos organismos complejos. El astrofísico Ignacio García de la Rosa parte de la pirámide de la evolución (que incluye quarks, núcleos atómicos, átomos, moléculas simples, biomoléculas, células, organismos y sociedades) para tratar la complejidad: "La mayor parte de la materia -señala- se encuentra en los estadios inferiores y no forma elementos más desarrollados, de modo que la pirámide va cerrándose; nosotros somos una minoría en comparación con todo el material que hay en el Universo. La pirámide va de la abundancia de lo sencillo a la complejidad de lo escaso".

Este concepto guarda relación con el de lenguaje, que parte de las letras y pasa por las palabras, frases, párrafos, capítulos, libros, etc., con la peculiaridad de que las letras no tienen nada que ver con las palabras y así sucesivamente. Del mismo modo que la "z" no está emparentada con el concepto de "azul", las moléculas que dan origen a una ceiba no determinan su constitución. Las estructuras complejas tienen propiedades ajenas a los ingredientes anteriores, lo que plantea un problema para la ciencia, que pierde su capacidad de predicción. En la física clásica se presupone que los objetos son independientes de la escala que se emplee para medirlos y que existe la posibilidad de relacionarlos con su medida exacta. No así en la geometría fractal y la lógica borrosa, instrumentos empleados por los científicos del caos. Bart Kosko, autor de la llamada lógica borrosa, afirma de modo tajante que "cuanto más de cerca se mira un problema en el mundo real, tanto más borrosa se vuelve su solución".

Pero si la precisión difumina aún más el objeto de estudio, ¿qué estrategia debe emplearse para estudiar los sistemas complejos? Aquí interviene la teoría de la totalidad, que concibe el mundo como un todo orgánico, fluido e interconectado. Si algo falla no debe buscarse la "parte dañada", como en el caso de un televisor o una lavadora, sino que hay que revisar el sistema completo, se trata de una unidad indisoluble.

El gran error histórico de la ciencia consiste en observar la naturaleza de modo fragmentado y explicarlo todo mediante la suma de partes, ignorando dos cuestiones primordiales: la imposibilidad de "meter la totalidad en el bolsillo", porque el bolsillo también forma parte de ella, y la dependencia que existe entre el observador, lo observado y el proceso de observación; el hombre integra la realidad, de modo que su mera presencia altera el objeto de estudio.

La obsesión por interpretar el caos desde el punto de vista del orden debe dejar paso a una interpretación global, que salva las fronteras de las diferentes disciplinas y acepta la paradoja que convierte lo simple y lo complejo, el orden y el caos, en elementos inseparables.

De hecho, lo más complejo que ha concebido el hombre, el fractal de Mandelbrot, se creó a partir de una ecuación iterativa muy simple; el caos es una inagotable fuente de creatividad, de la que puede también surgir el orden (y viceversa). Las civilizaciones antiguas creían en la armonía entre el caos y el orden, y definían el caos como una "suerte de orden implícito". Quizá sea el momento de hacerles caso.

Hasta aquí la explicación de los científicos del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), que nos aporta de manera organizada una valiosa información científica sobre conceptos que muchas veces son transpolados a las ciencias sociales como explicaciones válidas cubiertas con un manto de modernidad y que no debemos rechazar sino interpretar con seriedad, re-significarlas y hacerlas coherentes con los cuerpos teóricos que conforman nuestra cosmovisión.

Deseamos subrayar, de nuevo que el carácter complejo y sistémico del mundo lo estudiaron y desarrollaron Marx y Engels en el siglo XIX, antes que los científicos a los que se hace referencia, cuestión ésta que no se reconoce en la explicación del IAC. Lo útil de dicha explicación está en que nos presenta de forma sencilla el fenómeno de la no linealidad y nos aporta una referencia para adentrarnos en ese espinoso mundo de la matemática aplicada, incluso cuando se emplea en las ciencias sociales.

Un acercamiento cada vez "más complejo" al proceso de formación que dirigimos, teniendo en cuenta estas explicaciones debe hacernos reflexionar sobre las indeterminaciones (e interdependencias múltiples) en las que se desarrolla el proceso, sobre las relaciones interdisciplinarias que se condicionan en el currículo y muchas veces "están ausentes" en nuestros procesos, en la dialéctica de nuestros acercamientos continuos al objeto de estudio y en muchas otras aristas que se identifican con tendencias de desarrollo de nuestros perfeccionamientos del proceso de formación de profesionales.

Un ejemplo de la no linealidad.

Veamos primero qué entender por linealidad. Una relación lineal se puede describir matemáticamente de forma sencilla, expresándose de una u otra manera, como una línea recta en una gráfica. Las matemáticas pueden ser complejas, pero las soluciones se pueden predecir y calcular [14].

En la linealidad:

- Siempre hay una solución.
- La solución es única.
- Efecto y causa se identifican plenamente. Existe una relación causa-efecto.
- Es posible identificar tres formas geométricas de representación:

-*La línea recta*: Una variable dependiente (efecto) y una variable independiente (causa).

-*El plano*: Una variable dependiente (efecto) y dos variables independientes (causas).

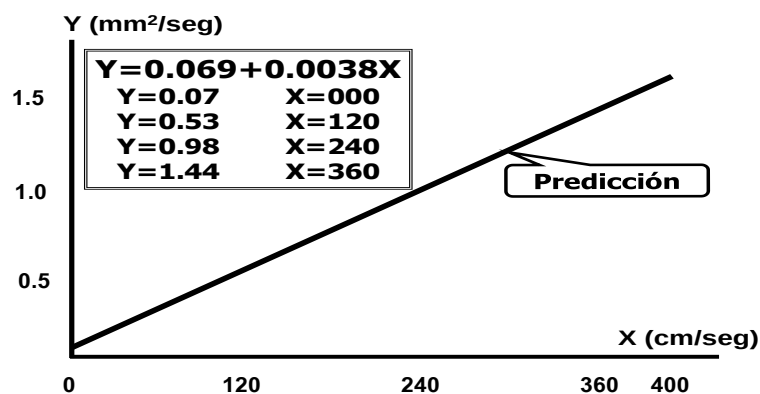
-*El hiperplano*: Una variable dependiente (efecto) y tres o más variables independientes (causas). No puede representarse en la geometría euclidiana.

Examinemos la representación lineal gráfica de la relación entre las variables "coeficiente de evaporación" **Y** y "velocidad del aire" **X**, presentes en el fenómeno del paso del aire a través de una turbina de aviación. Véase el esquema 1.

La ecuación **$Y=0.069+0.0038X$** que relaciona las dos variables objeto de análisis nos informa que un incremento de la velocidad del aire, provocará siempre un aumento del coeficiente de evaporación y que para cualquier valor de **X** existirá también un valor de **Y**. Nos informa, además, que la causa del incremento del coeficiente de evaporación es el aumento de la velocidad del aire que atraviesa la turbina. La ecuación que nos ocupa permite predecir, sin necesidad de realizar mediciones reales, qué valor alcanzará **Y** para un determinado valor de **X**.

La no linealidad, en cambio, se caracteriza porque el resultado de un proceso es utilizado nuevamente como punto de partida para el mismo proceso. Recordemos que "los fenómenos caóticos (no lineales) son aquellos cuya evolución muestra una sensibilidad extrema con respecto al estado inicial: El

ESQ 1: COEFICIENTE DE EVAPORACIÓN (Y) Y VELOCIDAD DEL AIRE (X)



más mínimo cambio en el estado inicial se transforma en una diferencia colosal en los estados futuros que se derivan de él. La sensibilidad extrema de los fenómenos caóticos a su estado inicial significa, también, que por lo general serán igualmente sensibles a la forma de la ecuación elaborada para describirlos. Si la ecuación que utilizamos contiene la más mínima imprecisión u omisión, muy pronto el comportamiento predicho por ella se desviará dramáticamente del que tendrá lugar en el mundo real. Dicho de otra manera: La teoría del caos puso de manifiesto que existen numerosos fenómenos de la realidad en los que sus respuestas a un estímulo inicial minúsculo, varían en forma colosal (Autor desconocido, teoría del caos, 1. 05. 2000, Internet).

En nuestras ingenierías, el reconocimiento de la no linealidad de algunas causales y relaciones, es un contenido importante a apropiarse por parte de los alumnos y puede ser útil ilustrar su manifestación concreta en el objeto de la profesión de una de nuestras carreras.

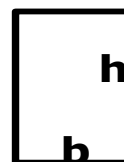
En las páginas siguientes y los esquemas del 2 al 4, representamos de manera resumida el caso ocurrido con unas vigas de madera durante la construcción de la "parrillada" de un hotel en la ciudad de La Habana. Este caso ilustra de manera sencilla lo que hemos venido planteando acerca de la no linealidad.

Se trataba de varias vigas que sustentaban el techo de la mencionada parrillada. Como parte del proceso normal de diseño se calcularon las deformaciones δ de las vigas simplemente apoyadas, de longitudes l , sometidas cada una de ellas a cargas uniformemente distribuidas q y secciones $b \times h$. La deformación de cada viga se determinó mediante la expresión:

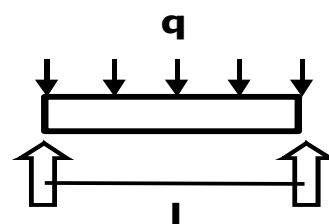
$$\delta = 5ql^4 / 384EI$$

ESQ 2: EL CASO DE LA NO LINEALIDAD EN UNA VIGA DE MADERA

MOMENTO DE INERCIA (I)
Relación no lineal entre el ancho (b) y la altura (h) de una viga de madera de sección rectangular.
 $I = bh^3 / 12$



DEFORMACIÓN (δ)
de una viga de madera simplemente apoyada, de longitud " l ", sometida a una carga uniformemente distribuida " q " y sección " b " x " h ".
 $\delta = 5ql^4 / 384EI$
5/384...Coeficiente que depende de las condiciones de apoyo.
 $E = 11\,900 \text{ Kg/cm}^2$ para la "pinotea".



donde **5/384** es un coeficiente que depende de las condiciones de apoyo, **$E = 11\,900 \text{ Kg/cm}^2$** para la "pinotea" e **I** denota el momento de inercia determinable con la expresión:

$$I = bh^3 / 12$$

que no es otra cosa que la relación no lineal entre el momento de inercia **I** y la sección (ancho **b** y altura **h**) de cada una de las vigas de madera que nos ocupan. Ya se había calculado que **$b = 5 \text{ cm}$ y $h = 10 \text{ cm}$** con lo cual el valor del momento de inercia de diseño **$I (V_d)$** alcanzaba el valor de 417 cm^4 . Sin embargo, al "hilar" (cortar, aserrar) las vigas cometieron el error de cortarlas con una altura **h** de 9 cm en lugar de los 10 cm requeridos por el diseño. Se introdujo un error de un cm, suficiente para que el momento de inercia **I** se redujera de 417 cm^4 a 304 cm^4 . Véase el esquema 3.

**ESQ 3: EL CASO DE LA NO LINEALIDAD
EN UNA VIGA DE MADERA**
(variación en las condiciones iniciales de la viga)

MOMENTO DE INERCIA (I)

$$I = bh^3/12$$
Viga diseñada (V_d)..... $b=5$ cm y $h=10$ cm.

$$I(V_d) = (5 \times 1000)/12 \dots 417 \text{ cm}^4$$
Viga realmente hilada (V_h)..... $b=5$ cm y $h=9$ cm.

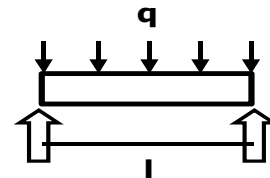
$$I(V_h) = (5 \times 729)/12 \dots 304 \text{ cm}^4$$



En consecuencia, este mínimo cambio en el estado inicial de las vigas (1 cm menos de altura) se transformó en una notable diferencia en el estado final de las mismas, cuyas deformaciones se incrementaron en un **37%**, con el consiguiente arqueamiento de las vigas sustentadoras del techo y la "preocupación" de los usuarios del lugar por la posible caída de aquél. Véase el esquema 4.

Es decir, que no se trata de rechazar por modernista o extranjerizante una concepción tan acabada y divulgada como la teoría de la complejidad y mucho menos negar los valores de sus explicaciones como fundamentos de nuestras

**ESQ 4: EL CASO DE LA NO LINEALIDAD EN
UNA VIGA DE MADERA**
(variación en el estado final de la viga)



DEFORMACIÓN (δ)
 de una viga de madera simplemente apoyada, de longitud " l ", sometida a una carga uniformemente distribuida " q " y sección " b " x " h ".

$$\delta = 5ql^4/384EI$$

$$\delta_{\text{diseño}} = 2.623951 \times 10^{-9} ql^4 \text{ cm.}$$

$$\delta_{\text{real}} = 3.599302 \times 10^{-9} ql^4 \text{ cm.}$$

$$\delta_{\text{real}} \text{ es un 37\% mayor que lo admisible.}$$

prácticas educativas o como pautas de análisis de los contenidos con las que trabajamos durante el proceso de formación de ingenieros, sino de intentar asumir posiciones sólidamente articuladas con nuestras concepciones del mundo, con nuestro propio cuerpo teórico y con los fundamentos sobre los que se han creado nuestras carreras y sus currículos.

De esta manera, seguramente, nuestras prácticas y nuestras propuestas aceleraran aún más el perfeccionamiento constante de nuestras maneras de hacer.

Conclusiones

Quisiéramos terminar este artículo con la idea de Alan Woods acerca de que “a lo largo de la historia nunca ha sido suficiente para la clase dominante derrocar una revolución. Es menester erradicar la memoria de la revolución, borrar todas sus ideas y todos sus ideales, para que las futuras generaciones no puedan tener acceso a las mismas. La revolución debe ser condenada al olvido. Esta ha sido la actitud de la burguesía, no sólo hacia la revolución proletaria, sino también hacia su propia revolución” [15].

Los complexólogos no descubrieron la no linealidad, “aunque la teoría del caos se encuentra todavía en su infancia, nadie puede dudar que sus descubrimientos se aproximan bastante al método dialéctico descubierto por Hegel y elaborado desde un punto de vista materialista por Marx y Engels” [16].

El desarrollo de las ciencias (técnicas, sociales y humanistas) ya han ido incorporando de alguna manera, en sus versiones más modernas, el fenómeno de la no linealidad que desde posiciones marxistas-leninistas hemos intentado presentar aquí. Hagámoslo cotidianamente desde un posicionamiento crítico y constructivo con cada una de las teorías que surgen o que nos llegan por las más diversas vías en este mundo “cada vez más complejo”.

Referencias Bibliográficas

1. Tomado, con pequeñas modificaciones, de Woods, A. y Grant, T. (2005): Razón y revolución. Filosofía marxista y ciencia moderna, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, pág. 395 y 396).
2. Morin, E. (1996): Por una reforma del pensamiento. Revista El Correo de la UNESCO, febrero, París, pág. 13-14.
3. Maldonado, C. (1999): Citado por Carlos Delgado en "La filosofía del marxismo ante la revolución del saber contemporáneo", pág. 5, ponencia inédita presentada en la Universidad de La Habana.
4. Sotolongo, P. (2003): Juventud Rebelde, Suplemento En Red, 21 de diciembre.
5. Quintela, S. (2004): Enfoque de la complejidad y educación liberadora. Revista Educación, No. 111, enero-abril, La Habana, pág. 34.
6. Ekeland, I. (1996): La imposible certidumbre. Revista El Correo de la UNESCO, febrero, París, pág. 20-22.
7. Ibídem, pág. 21.
8. Delgado, C. (2001): La filosofía del marxismo ante la revolución del saber contemporáneo, pág. 7, ponencia inédita presentada en la Universidad de La Habana.
9. Quintela, S. (2004): Obra citada, pág. 34.
10. Delgado, C. (2001): Obra citada, pág. 7.
11. Ibídem, pág. 3.
12. Castro, F. (2005): Granma, 25 de marzo.
13. Silbia López de Lacalle. Instituto de Astrofísica de Canarias. Teoría del caos: hacia el conocimiento de la realidad. Internet. Consulta 29/10/2010
14. Woods, A. y Grant, T. (2005): Razón y revolución. Filosofía marxista y ciencia moderna, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, pág. 395.
15. Ibídem, pág. 14.
16. Ibídem, pág. 18.

Autor:

Manuel Silva Rodríguez

Doctor en Ciencias, Profesor e investigador Titular, Profesor Adjunto, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría. Cujae. La Habana. Cuba