

¿SON FÁCILES DE ENTENDER LOS EJEMPLOS DE LOS LIBROS EN EL CICLO SUPERIOR DE CARRERAS DE FÍSICA? ANÁLISIS DE UN EJEMPLO SOBRE HAMILTONIANO

ARE UNIVERSITY TEXTBOOKS' EXAMPLES EASY TO UNDERSTAND? THE ANALYSIS OF AN EXAMPLE ON HAMILTONIAN.

E. Hoyos*¹

¹Departamento de Física Facultad de Ciencias Exactas – Universidad Nacional de Salta Av Bolivia 5051 – (4400) Salta – Argentina

Recibido: 28/11/2024 ; Aceptado: 15/07/2025

En este trabajo se presenta un estudio sobre las características de los libros utilizados en el ciclo superior de carreras de física, analizando un ejemplo sobre hamiltoniano en Mecánica Analítica. Este trabajo consta de dos etapas, en la primera se caracterizó el ejemplo; en la segunda parte se llevaron a cabo entrevistas a docentes sobre las características del ejemplo en cuestión. La importancia de este estudio radica en que en el ciclo superior de carreras universitarias los textos son uno de los principales materiales utilizados por estudiantes, de manera que si los textos son de difícil lectura, entonces los estudiantes deben realizar un gran esfuerzo cognitivo para aprender y este esfuerzo no contribuye en un buen desempeño. A partir del análisis realizado se concluye que el ejemplo es de difícil lectura para estudiantes. En las entrevistas se manifiesta que las características del ejemplo dificultan la lectura por lo tanto el aprendizaje de quienes leen.

Palabras clave: Aprendizaje a partir de textos, ciclo superior, hamiltoniano.

This work presents a study on the characteristics of the textbooks used in the upper courses of Physics careers. The study consists of an analysis of the hamiltonian in Analytic Mechanics which is carried out in two stages: in the first one an example was characterized; in the second one, several interviews with professors were performed. The importance of this study lies in the fact that textbooks are one of the main instructional materials used by senior undergraduate students so that if those texts are not easy to understand, students will make an enormous effort to learn from them and this cognitive effort might not contribute to a good performance. On the basis of this analysis, it is concluded that the example does not result in an easy reading for students. Moreover, the interviews show that the characteristics of the example make the reading difficult for those who try to learn from it.

Keywords: learning from texts, upper university courses, hamiltonian.

<https://doi.org/10.31527/analesafa.2025.36.3.52>



ISSN - 1850-1168 (online)

I. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones sobre aprendizaje de ciencias a nivel universitario en nuestro país están enfocadas en las dificultades de quienes aprenden en los primeros años de universidad, son muy escasas las investigaciones centradas en estudiantes que han superado el ciclo básico de carreras universitarias. Una de las ramas de la investigación sobre aprendizaje es aquella que analiza el aprendizaje a partir de textos. La comprensión de conceptos a utilizando material escrito es uno de los procesos más importantes en el que se involucran estudiantes universitarios de ciencias y en particular de Física, convirtiéndose, a medida que avanzan en sus carreras académicas, en una herramienta imprescindible. Las investigaciones acerca del aprendizaje a partir de textos en estudiantes que han superado el ciclo básico de carreras de Física son más limitadas aún. Este trabajo procura contribuir con la investigación sobre aprendizaje a partir de textos en estudiantes avanzados de carreras de Física. Para iniciar este estudio, se trabajó con un ejemplo presentado en el libro de Mecánica [1] para aclarar ideas sobre hamiltoniano.

Este trabajo tiene dos etapas, la primera se centra en el análisis del ejemplo, indagando acerca del grado de explicitación y la traducción simbólico lingüística. En la segunda etapa del trabajo se llevaron a cabo cuestionarios a docentes de física sobre el ejemplo elegido para ver si reconocen el grado de explicitación y la traducción simbólico lingüística que presenta el texto.

II. MARCO TEÓRICO

Desde la década del 70 algunas investigaciones establecieron que el aprendizaje a partir de textos en ciencia es una interacción compleja entre quien aprende a partir de textos, el texto y algunas variables de contexto [2]. Alexander y Jetton [3] proponen una escala para analizar las distintas etapas que atraviesan quienes realizan la lectura que va desde “lectores en aclimatación” hasta “lectores competentes”. Lectores en aclimatación son quienes tratan de entender un dominio no familiar, es decir que, tienen pocos conocimientos acerca de los conceptos sobre los que leen y este conocimiento en general suele estar fragmentado y sin fundamentos. Gran parte del esfuerzo de quienes están en aclimatación está concentrado en construir una base relevante

hoyosele@gmail.com

de conocimiento conceptual. Durante la etapa de aclimatación resulta difícil dar sentido al dominio relacionado con el texto debido a que el conocimiento de base es una variable esencial en “que” y “como” aprenden, es decir que, en esta etapa, quienes leen deben realizar un gran esfuerzo cognitivo en sus intentos iniciales de comprensión del texto. Cada vez que inician el aprendizaje de nuevos tópicos, quienes realizan este proceso a través de la lectura experimentarán el fenómeno de aclimatación. Estudiantes de carreras de Física que inician el estudio de una materia, por ejemplo Mecánica Analítica, y utilizan un texto de este tema, pueden considerar lectores en aclimatación dado que están tratando de entender un dominio sobre el que tienen pocos conocimientos previos. Las investigaciones sobre aprendizaje a partir de lectura, establecen que a medida que quienes aprenden a partir de textos van avanzando en su carrera académica, desarrollan un nivel de conocimiento, capacidad estratégica, e interés, logrando los objetivos necesarios para llegar a ser lectores competentes. Se considera lectores competentes a quienes han desarrollado procesos estratégicos al momento de la lectura y son capaces de transformar tanto cualitativa como cuantitativamente el aprendizaje de los conceptos. Lectores o estudiantes que son idóneos en un dominio tienen la ventaja de trabajar desde un sistema de referencia rico en conocimiento que puede guiar su aprendizaje a partir de textos. Mientras que quienes se enfrentan por primera vez a conceptos de Mecánica Analítica no tienen las características de lectores competentes en estos temas específicos, aun cuando, pueden haber desarrollado procesos estratégicos en la lectura en su desempeño como estudiantes en el ciclo básico. Otra de las componentes que intervienen en el proceso de aprendizaje a partir de textos son los materiales escritos. Alexander y Kulikowich [4] caracterizan a los textos de física como “bilingües” ya que quien realiza la lectura debe moverse mentalmente entre un sistema simbólico (matemático y científico) y un sistema lingüístico. Para estas investigadoras el esfuerzo cognitivo que se realiza durante la lectura para comprender un texto es mayor cuando el texto tiene pocas traducciones lingüísticas. Los textos del ciclo superior de carreras de grado de Física, y en particular los textos de Mecánica Analítica son textos que se asientan en el sistema simbólico, muchas veces dejando a quienes leen la traducción al sistema lingüístico; en esta línea de pensamiento, estos textos van a ser de difícil lectura. Respecto de la comprensión y aprendizaje a partir de textos, se adhiere a la idea de que la comprensión implica la construcción de quien lee de una representación mental coherente que logra el significado buscado del texto, utilizando conocimientos previos esenciales a la representación. Los elementos y las relaciones crean una descripción interpretada de la información en el texto. Para la comprensión, el conocimiento previo de quien realiza la lectura se apoya en el proceso de interpretación y representación del texto. Según Van den Broek [5] el conocimiento previo se convierte en objeto de cambio en el proceso de aprendizaje a partir de la lectura. El esfuerzo cognitivo que realiza quien lee está asociado a la gran cantidad de información implícita en el texto, información que debe ser conocida previamente y puede ser utilizada durante la lectura para entender comple-

tamente el texto. En un texto de Mecánica Analítica quien lee debe conocer previamente conceptos de Mecánica básica y del Análisis Matemático en una y varias variables. En el caso que la lectura se realice sobre conceptos desarrollados en los últimos capítulos de un texto, quien lee también deberá utilizar conceptos desarrollados en la primera parte del mismo, siendo estos también partes del conocimiento previo.

III. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

De la experiencia de clases sabemos que, quienes superaron el ciclo básico de carreras de grado de Física, utilizan el material escrito como una de sus herramientas de aprendizaje más importantes, y en general han desarrollado estrategias en su proceso de lectura, por lo que podríamos suponer que no son lectores en aclimatación. Sin embargo, a lo largo de sus carreras académicas, se encuentran muy a menudo con materias que desarrollan nuevos conceptos o aplican conceptos ya estudiados en nuevos entornos, es decir deben leer y dar significado a textos en dominios no familiares. Esta es una característica de lectores en aclimatación, por lo tanto, quienes están cursando materias de ciclos superiores de carreras de grados de Física pueden caracterizarse como estudiantes en aclimatación que tienen desarrolladas estrategias de lectura. Por otra parte, los textos de materias del ciclo superior de carreras de Física, son textos que utilizan como base el lenguaje simbólico, dicho de manera sencilla, hay igual o más cantidad de ecuaciones que de palabras. Esto quiere decir que quienes leen deben realizar la traducción simbólica lingüística durante su proceso de lectura. En este análisis de situación surgido de la experiencia de clases, en Mecánica Analítica en carreras de grado de Física, debería haber estudiantes en aclimatación quienes han desarrollado estrategias de lectura, y que deben utilizar textos, para su aprendizaje, con poca traducción simbólica lingüística. Para verificar si la situación planteada en el párrafo anterior describe correctamente las características de aprendizaje, se decidió iniciar realizando un análisis del material escrito utilizado en este contexto particular. Tanto estudiantes como docentes afirman que los ejemplos en los textos, ayudan a comprender de mejor manera los conceptos. Es por esto que se comienza el análisis de un texto a partir de la caracterización de un ejemplo. El texto [1] a analizar es uno de Mecánica Analítica, una materia que está en todos los planes de estudio de las Licenciaturas en Física de Argentina. Esta materia está ubicada en tercer año, es decir en el inicio del ciclo superior de las carreras. Los temas que se estudian en el ciclo básico de una licenciatura en Física son: Mecánica Newtoniana, Electromagnetismo Básico, Análisis Matemático en una y en varias variables, Álgebra lineal, y Ecuaciones Diferenciales. El texto elegido es un texto que figura en la bibliografía propuesta por la mayoría de las carreras, podría decirse que es un “clásico”. Este libro es el típico texto de Mecánica, con importante cantidad de texto en forma simbólica, y con pocos ejemplos en comparación con los textos de Física utilizados en el ciclo básico de las carreras. En la primera parte de este artículo se buscará caracterizar un ejemplo del texto elegido. Unos de los temas centrales de la Mecánica Analítica para físicos es la Formulación Hamiltoniana. Para llegar a la pre-

sentación de esta formulación, en general los textos inician con la presentación de la formulación lagrangiana, luego se aplica esta formulación a distintos ejemplos: el problema de fuerzas centrales, pequeñas oscilaciones y cuerpo rígido y finalmente se presenta la formulación hamiltoniana. En esta formulación se define el hamiltoniano, se encuentran las ecuaciones de movimiento de Hamilton, y se analizan los teoremas de conservación a partir de esta formulación. En este contexto se llega a la condición para que el hamiltoniano sea una constante de movimiento. Esta condición dice que si el lagrangiano no depende explícitamente del tiempo entonces el hamiltoniano es una constante de movimiento. Además, si las ecuaciones de transformación que definen las coordenadas generalizadas no dependen explícitamente del tiempo y la energía potencial no depende de las velocidades, entonces el hamiltoniano es la energía total del sistema. Se destaca que la condición para que el hamiltoniano sea una constante de movimiento es totalmente independiente de las condiciones para que el hamiltoniano sea la energía del sistema. Para aclarar esta situación el libro *Mecánica de Goldstein* [1] propone lo que denomina un “simple ejemplo”: este es el ejemplo que se va a analizar en este trabajo. La caracterización del texto, del ejemplo elegido, va a tener en cuenta la traducción simbólica lingüística y la cantidad de información implícita. El análisis, respecto a la traducción simbólico lingüística, va a buscar cuanta información está solo expresada en términos de lenguaje simbólico, es decir en términos de ecuaciones y gráficos, y que no está expresada en forma lingüística. Mientras que para identificar la información implícita resulta importante saber la historia previa de quien lee. En este punto destacamos que para el autor del texto quien lee tiene incorporados los conceptos previos a esta instancia, es decir que utiliza los conceptos aprendidos en *Mecánica Newtoniana*, *Electromagnetismo Básico*, *Análisis Matemático* en una y en varias variables, *Álgebra lineal*, *Ecuaciones Diferenciales*. Y además a medida que realiza la lectura incorpora los conceptos desarrollados en el propio texto y es capaz de aplicarlos a cualquier contexto. Quienes leen por primera vez este texto son lectores reales, es decir que a pesar de que han superado las materias del ciclo básico, pueden no haber incorporado todos los conceptos previamente, o puede no ser capaces de aplicar los conceptos en nuevos entornos. Además en general les resulta muy difícil aplicar conceptos que han trabajado recientemente. En nuestro ejemplo los conceptos recientemente incorporados serían la formulación lagrangiana y hamiltoniano. Si la información implícita es abundante en el texto, sobre todo la incorporada recientemente, comprender y aprender de este texto puede requerir un gran esfuerzo cognitivo. En esta caracterización vamos a centrarnos en encontrar cuanta información implícita existe en el ejemplo elegido. La relevancia del material escrito en el proceso enseñanza-aprendizaje va más allá de su influencia en la comprensión de los conceptos por parte de quienes leen; los textos muchas veces son utilizados por quienes enseñan como una guía en la elección de qué enseñar, cómo secuenciar el aprendizaje, e incluso muchas veces se utilizan los ejemplos presentados en los textos para “aclarar ideas”. De ahí la importancia de conocer la carac-

terización del texto que realizan quienes enseñan, en particular en este artículo trabajamos con un ejemplo específico.

IV. IV METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Como se dijo anteriormente este trabajo consiste de dos etapas, en ambas se realizó un Estudio de Caso. El Estudio de Caso es una táctica de investigación conveniente ya que permite obtener una caracterización profunda del objeto bajo estudio [6]. Los análisis realizados fueron cualitativos, tanto en la caracterización del ejemplo como en la apreciación de quienes integran la muestra de docentes encuestados. En cada etapa se trabajó con una “muestra seleccionada con un propósito” como se define en [7]. En lo que sigue se definen las muestras utilizadas en cada caso.

Caracterización del Ejemplo

En la primera parte del artículo el objeto bajo estudio es el ejemplo seleccionado del libro de texto [1], en la sección anterior se mostraron las razones por las que este ejemplo constituye una muestra representativa de los textos del ciclo superior de carreras de Física. Se diseñó un protocolo para realizar la caracterización del ejemplo, este protocolo fue aplicado por la investigadora y un investigador externo en forma independiente y luego se compararon ambos análisis para corroborar y consensuar la caracterización del ejemplo. El estudio se centró en dos aspectos, el primero fue identificar la información que se presenta solo mediante símbolos y analizar la traducción al sistema lingüístico, y el segundo fue reconocer la información implícita que quien lee debe tener al momento de lectura. Para poder analizar lo que está representado simbólicamente en el texto decidimos identificar, por un lado, la información simbólica que solo está en gráficos, como SG. Y por otra parte, la información simbólica que solo está en ecuaciones, la clasificamos como SE. En el análisis se trató de establecer si la información simbólica, de ambos tipos, es determinante a la hora de entender el texto. La información implícita, que viene de contenidos previos a la materia Mecánica y por lo tanto al libro de texto elegido la identificaremos como I1 y la información implícita desarrollada en el libro de texto analizado, la identificaremos como I2. El sistema analizado en el ejemplo consiste de una masa puntual unida a un resorte de constante elástica conocida, este resorte está fijo a un carrito sin masa que se mueve uniformemente a una dada velocidad medida respecto de un observador parado afuera del carrito. Acompaña la descripción del sistema una gráfica. Se encuentra el hamiltoniano del sistema y se analiza si este es la energía mecánica del sistema y si se conserva. El análisis se realiza utilizando dos coordenadas generalizadas distintas. En una mirada global del ejemplo, se puede ver que aproximadamente el 30 % está escrito en forma simbólica. Parte de la información simbólica se encuentra en el gráfico, a partir de ahora llamaremos SG (Simbólica en Gráficos) y el resto en las ecuaciones, nos referimos como SE (Simbólico en Ecuaciones). Observando el gráfico se puede ver que la información SG muestra las dos coordenadas con las que se va a trabajar en el ejemplo (llamaremos primera coordenada a la utilizada en el primer análisis y coordenada dos a la utilizada en el segundo análisis) y a partir de ellas quien lee debe inferir cual es el sistema de referencia elegi-

do. La información incluida solo en el gráfico SG muestra las características del movimiento del carrito (dirección y sentido). En cuanto a la información SE, se puede ver que la primera ecuación presentada es la lagrangeana utilizando la primera variable,

$$L(x, \dot{x}, t) = T - V = \frac{m\dot{x}^2}{2} - \frac{k}{2}(x - v_0 t)^2 \quad (1)$$

En esta ecuación se muestran las condiciones físicas del sistema: masa del resorte despreciable, longitud natural del resorte despreciable, y movimiento en una sola dimensión, esta ecuación también contiene la información de la coordenada generalizada utilizada, primera coordenada, y la elongación del resorte; toda esta información no está expresada en forma lingüística. La ecuación de movimiento de la partícula se presenta dejando a quien lee el proceso de cómo llegar a esta ecuación. Luego, propone un cambio de variable, coordenada dos, que está explicitado tanto en forma simbólica como lingüísticamente y analiza el tipo de movimiento a partir de la ecuación en la coordenada dos. A continuación, escribe el hamiltoniano,

$$H(x, p, t) = T - V = \frac{p^2}{2m} + \frac{k}{2}(x - v_0 t)^2 \quad (2)$$

utilizando la coordenada uno, como la energía del sistema, esta información se expresa en forma simbólica y lingüística. De la expresión del hamiltoniano concluye que la energía no se conserva, esta conclusión se presenta solo en forma lingüística dejando a quien lee el análisis en forma simbólica. A continuación escribe el lagrangiano en la coordenada dos,

$$L(x', \dot{x}') = \frac{m\dot{x}'^2}{2} + m\dot{x}'v_0 + \frac{mv_0^2}{2} - \frac{kx'^2}{2} \quad (3)$$

, esta expresión contiene el cambio de variables, que ya fue presentado en forma simbólica y lingüística, y las condiciones físicas iguales a las iniciales. Escribe el hamiltoniano,

$$H'(x', p') = \frac{(p' - mv_0)^2}{2m} + \frac{kx'^2}{2} - \frac{v_0^2}{2} \quad (4)$$

no explicita la forma en que fue encontrado, ni simbólica ni lingüísticamente. En este caso debe utilizar la transformación de Legendre del Lagrangiano, esta información no está presentada ni en forma simbólica ni en forma lingüística, pero está contenida en forma simbólica en el hamiltoniano. En forma lingüística establece que el hamiltoniano no es la energía del sistema pero que sí se conserva. Finalmente compara en forma lingüística los dos hamiltonianos encontrados. Habiendo identificado la información en forma simbólica y lingüística del ejemplo para completar el análisis del mismo, resulta necesario identificar la información implícita que debe poseer quien lee para entenderlo. Como se estableció previamente el esfuerzo cognitivo que realiza quien aprende a través de la lectura está relacionado a la información implícita necesaria para entender el texto utilizado, esta información debe ser conocida previamente para ser utilizada durante la lectura permitiendo dar significado al texto. A continuación se identifica la información

implícita necesaria para entender este ejemplo, esta caracterización muestra que la información I1, información que quien lee debe conocer previamente al inicio de la lectura del texto, es menor que la información I2. La información I1 está referida al cálculo de energía cinética y potencial, de la Mecánica Básica y a conceptos de Matemática Básica. El análisis detallado se muestra en las Tablas 1 y 2, mostrando cada elemento considerado (texto o ecuaciones), la información implícita necesaria para entender este elemento y dónde debería haber aprendido esta información quien realiza la lectura. La información I2, referida a los conceptos que fueron presentados en el libro donde está incluido el ejemplo, es más abundante. La mitad de la información I2 proviene de la Formulación Lagrangeana y la otra parte de la Formulación Hamiltoniana. La información requerida de la Formulación Lagrangeana centra su atención en la transformación entre la coordenada cartesiana y la coordenada generalizada, en la construcción de las lagrangeanas y en encontrar las ecuaciones de Lagrange. La información que viene de la Formulación Hamiltoniana está vinculada con la condición para que el hamiltoniano sea la energía, la construcción del hamiltoniano y la condición para que el hamiltoniano se conserve.

Encuesta a Docentes

En la segunda parte del análisis la muestra bajo estudio es un grupo de cuatro docentes de la carrera de Licenciatura en Física de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Salta, que participaron en el dictado de la materia Mecánica de dicha carrera en los últimos cinco años, realizando esta actividad al menos una vez. Esta actividad es la que permite clasificarlos como “lectores competentes” en temas de Mecánica Analítica, dado que para ser docentes seguramente han desarrollado un buen nivel de conocimiento de la materia, como así también capacidades estratégicas en la lectura de textos relacionados a este tema en particular. Además, partiendo del conocimiento del tema que han alcanzado, el interés en la lectura de este ejemplo está vinculado con la docencia. La muestra es pequeña pero incluye a la totalidad de docentes que dictaron esta materia. Se elaboró un cuestionario considerando el análisis previo realizado al texto, teniendo en cuenta tanto las traducciones simbólicas lingüísticas como la información implícita encontrada en el texto. El cuestionario fue: 1) ¿Cuál es el objetivo del ejemplo? ¿Fue fácil identificarlo? 2) ¿Considera que el texto es de fácil lectura? 3) ¿Considera que el texto explicita todas las suposiciones que utiliza en el problema? (Ejemplo: ¿Cuál es la consideración que realiza respecto de la longitud natural del resorte? ¿Cuál es el sistema de referencia que utiliza? ¿Durante el ejemplo cambia el sistema de referencia?, etc), 4) ¿Considera que el gráfico ayuda a la comprensión del texto? (¿muestra “cosas” que el texto no dice?), 5) ¿Fue necesario realizar consultas a distintas fuentes (el mismo libro en otras secciones, otros libros, apuntes, red) para poder seguir el texto? ¿Considera que estas consultas fueron porque no recordaba el tema o porque así lo requería el texto? Las contestaciones de los cuatro docentes están en consonancia. Identifican el mismo objetivo, pero dicen que para identificarlo se debe leer con “cautela”. Consideran que el texto no es de fácil lectura, y que no explicita

todas las suposiciones que están involucradas en el modelo que subyace en las ecuaciones presentadas. Consideran que el gráfico no contribuye significativamente a la comprensión del texto. Dicen que pudieron realizar la lectura sin hacer consultas extras pero aceptan que fue necesario consultar en el mismo libro para recordar las hipótesis utilizadas.

V. ANALISIS COMBINADO

La caracterización completa del ejemplo implica combinar toda la información analizada: simbólica en el gráfico, simbólica en las ecuaciones, y las traducciones de un sistema a otro, también la información implícita tanto la previa al libro de texto como la que es parte del libro pero es previa al ejemplo. Para completar este análisis se consideran las respuestas del grupo de docentes encuestados, es decir se consideran las opiniones de lectores competentes. La información simbólica SG en el texto es poca pero esencial para entenderlo, dado que el ejemplo se basa en la elección de dos coordenadas generalizadas, esta información no tiene traducción lingüística, quienes leen por primera vez el texto deben realizar la traducción, aumentando el esfuerzo cognitivo utilizado para entenderlo. Mientras que la opinión que surge de la encuesta a docentes, marca que el gráfico no contribuye a la comprensión del texto, combinando el análisis con los resultados de la encuesta se puede decir que la falta de traducción lingüística de la información contenida en el gráfico puede ser la causa de que el gráfico no contribuya al entendimiento del texto. Considerando la información simbólica SE, se puede ver que en las lagrangeanas está contenida la información física del sistema y la coordenada generalizada utilizada en cada caso. Las transformaciones de coordenada generalizada a coordenada cartesiana en un caso no se explicita ni simbólica ni lingüísticamente y en el otro caso se explicita en ambas formas pero en el contexto de la resolución de la ecuación de movimiento. Para construir las lagrangeanas quien lee debe recurrir a una información implícita del tipo I2, en este caso esta información está contenida en capítulos al inicio del texto. La consecuencia de la forma de las transformaciones de coordenadas es una información muy importante para el análisis posterior, es una información I2 y constituye una de las “hipótesis” que quienes fueron encuestados necesitaron recordar para dar significado al ejemplo. Siguiendo con la información simbólica SE, uno de los hamiltonianos es la energía del sistema, esto queda expresado tanto en forma simbólica como lingüística, mientras que las condiciones para que esto se cumpla no están presentadas de ninguna forma. Esta información es I2, y es parte del capítulo donde está contenido el ejemplo, es otra de las “hipótesis” que debieron recordar quienes fueron encuestados. La condición para que el hamiltoniano se conserve no está expresada en forma simbólica, solo en forma lingüística; a pesar que siempre se requiere traducción del lenguaje simbólico al lingüístico; en este caso se necesita la traducción del lenguaje lingüístico al simbólico. En tanto que la forma en que se construye el segundo hamiltoniano no se explicita ni simbólica ni lingüísticamente, es decir que se requiere de información implícita I2 que es parte del capítulo donde está el ejemplo. Se dice en forma lingüística que este segundo hamiltoniano no es la energía y se conserva. Para fundamentar esto es necesario

recurrir a información I2 y nuevamente encontramos el uso de hipótesis mencionadas en las encuestas.

VI. CONCLUSIONES

Del análisis del ejemplo se puede concluir que quien lee debe realizar una traducción constante del sistema simbólico al lingüístico, y en menor medida también debe realizar la traducción del lingüístico al simbólico, caracterizando a este texto en bilingüe como lo definen Alexander y Jetton, y estableciendo a quien lee como el traductor. De esta forma las traducciones las realizan lectores en aclimatación. Simultáneamente quien lee debe utilizar información implícita que es necesaria tener presente para dar significado al texto. Esta información se combina con aquella que es necesario traducir convirtiendo al texto en uno de difícil lectura. Partiendo del hecho que un ejemplo es normalmente utilizado para aclarar desarrollos teóricos previos, este ejemplo no estaría cumpliendo su cometido. Este análisis fundamentado en un marco teórico coincide con la percepción de quienes enseñaron estos temas, profundizando y encontrando aquellas características que pueden modificarse para transformar este ejemplo en uno de más fácil lectura. Como aplicación de este análisis se plantea modificar el ejemplo introduciendo las traducciones necesarias y explicitando aquel conocimiento implícito que se desee reforzar. Como se mencionó al inicio de este trabajo, el aprendizaje a partir de textos en Física es una interacción compleja entre quien aprende a partir de textos y el texto. Habiendo caracterizado este ejemplo el trabajo a futuro deberá centrarse en analizar el tipo de lectores que utilizan este ejemplo.

Agradezco al Dr. Martin Morales por su aporte como investigador externo en la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] H. Goldstein. *Mecánica Analítica* 429-430 (Editorial Reverte, 2002).
- [2] J. J. Jenkins. en *Levels of Processing in Human Memory* (eds. Cermak, L. S. y Craik, F. I. M.) 429-446 (Lawrence Erlbaum Associates, N. J., USA, 1979). <http://dx.doi.org/10.4324/9781315796192>.
- [3] P. A. Alexander y T. L. Jetton. en *Handbook of Reading Research* (eds. Kamil, M. L., Mosenthal, P. B., Pearson, P. D. y Barr, R.) 285-310 (Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, USA, 2000). <https://psycnet.apa.org/record/2000-07600-005>.
- [4] P. A. Alexander y J. M. Kulikowich. Learning from physics text: A synthesis of recent research. *Journal of Research in Science Teaching* **31**, 895-911 (nov. de 1994). ISSN: 1098-2736. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660310906>.
- [5] P. van den Broek. Using Texts in Science Education: Cognitive Processes and Knowledge Representation. *Science* **328**, 453-456 (abr. de 2010). ISSN: 1095-9203. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1182594>.
- [6] A. Marradi, N. Archenti y J. I. Piovani. *Metodología de las ciencias sociales* (Cengage Learning, Buenos Aires, 2012).
- [7] M. Q. Patton. *Qualitative Evaluation and Research Methods* 2.^a ed. <https://archive.org/details/qualitativevalu00mich> (Sage, Londres, 1990).

Elemento	Información implícita que no está en el libro	Donde estudiaron esta información
$L(x, \dot{x}, t) = T - V = \frac{m\dot{x}^2}{2} - \frac{k}{2}(x - v_0 t)^2$	Calculo de la energía cinética	Mecánica básica
	Calculo de la energía potencial	Mecánica básica
"un observador montado en el carrito ve que la partícula presenta un movimiento armónico simple"	Resolución de Ecuaciones Diferenciales.	Matemática Básica
$m\ddot{x}' = -kx'$	Reemplazo de variable	Matemática Básica.
$H' = \frac{(p' - mv_0)^2}{2m} + \frac{kx'^2}{2} - \frac{v_0^2}{2}$	Reemplazo de variable	Matemática Básica.

TABLA 1: INFORMACIÓN IMPLÍCITA NO CONTENIDA EN EL LIBRO

Elemento	Información implícita que está en el libro	Donde estudiaron esta información
"un sistema unidimensional"	una coordenada generalizada	Formalismo Lagrangeano.
"la coordenada generalizada es la coordenada de posición de la partícula"	Transformaciones de coordenadas	Formalismo Lagrangeano.
$L(x, \dot{x}, t) = T - V = \frac{m\dot{x}^2}{2} - \frac{k}{2}(x - v_0 t)^2$	Construcción del lagrangeano	Formalismo Lagrangeano.
$m\ddot{x} = -k(x - v_0 t)$	Ecuaciones de Lagrange	Formalismo Lagrangeano.
"como x es la coordenada cartesiana de la partícula"	Transformación	Formalismo Hamiltoniano
"el potencial no depende de la velocidad"	calculo de la energía potencial	Formalismo Hamiltoniano
"Hamiltoniano es la energía del sistema"	Condiciones para que el	Formalismo Hamiltoniano
hamiltoniano sea la energía		
"como H es la función explícita de t, no se conserva"	Condiciones para que el hamiltoniano se conserve	Formalismo Hamiltoniano
$L((x', \dot{x}') = \frac{m\dot{x}'^2}{2} + m\dot{x}'v_0 + \frac{mv_0^2}{2} - \frac{kx'^2}{2}$	Construcción de la lagrangeana	Formalismo Lagrangeano
$H'(x', p') = \frac{(p' - mv_0)^2}{2m} + \frac{kx'^2}{2} - \frac{v_0^2}{2}$	Construcción del Hamiltoniano como la transformada de Legendre del Lagrangeano	Formalismo Hamiltoniano
"H' no es la energía total del sistema, pero si se conserva"	Condiciones para que el hamiltoniano sea la energía y para que se conserve	Formalismo Hamiltoniano
"Pero el lector puede comprobar fácilmente que ambas llevan a un mismo movimiento de partículas"	Ecuaciones de Hamilton	Formalismo Hamiltoniano

TABLA 2: INFORMACIÓN IMPLÍCITA CONTENIDA EN EL LIBRO