



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

**Inventario del Concepto de Fuerza:  
algunas evidencias para fortalecer la adopción de metodologías de  
enseñanza basadas en conceptos para mejorar la eficiencia terminal  
de la FCFM**

Tesis presentada para obtener el título de:

**Licenciatura en Física Aplicada**

Presenta

Ana Laura Merino Díaz

asesorada por

Erwin José Armando Martí Panameño

Puebla, Pue.

Mayo 2016

**Título:** Inventario del Concepto de Fuerza: algunas evidencias para fortalecer la adopción de metodologías de enseñanza basadas en conceptos para mejorar la eficiencia terminal de la FCFM

**Estudiante:** Ana Laura Merino Díaz

## JURADO

---

Dr. Ernesto Pino Mota

---

Dra. Fuchs Gómez Olga Leticia

---

Dra. Hortencia Josefina Reyes Cervantes

---

M.C. Cruz Reyes Gregorio Rogelio

---

Dr. Martí Panameño Erwin

José Armando



# Contenido

Resumen .....	5
Introducción. La Eficiencia Terminal .....	6
I.1 La Eficiencia Terminal en México .....	6
I.2 La Eficiencia Terminal en la Física, FCFM .....	8
I.3 Problema de investigación .....	11
I.4 Objetivos .....	12
I.4.1 Objetivos específicos .....	12
Capítulo 1. Rendimiento académico y eficiencia terminal .....	14
1.1 Conceptualización del rendimiento académico .....	14
1.2 Factores del rendimiento académico .....	16
1.2.1 Factores dependientes del alumno o psicológicos .....	16
1.2.2 Factores sociológicos .....	17
1.2.3 Factores pedagógicos o referentes a la institución académica.....	17
1.3 Medición del rendimiento académico.....	18
1.4 Relación del Rendimiento Académico y la Eficiencia Terminal .....	19
Capítulo 2. Inventario del Concepto de Fuerza .....	21
2.1 Inventario de Conceptos.....	21
2.2 Estructura del ICF .....	22
2.3 El ICF y la diferencia de género .....	24
2.4 ICF, rendimiento académico y otros indicadores .....	25
Capítulo 3. Metodología .....	27
3.1 Muestra de estudio .....	27
3.2 Procesamiento de los resultados.....	29
3.2.1 Operación estadística descriptiva .....	29
3.2.2 Factor de correlación .....	30
3.2.3 Análisis de respuestas incorrectas, factor de concentración .....	31
Capítulo 4. Análisis de los resultados .....	33
4.1 Resultados del análisis estadístico descriptivo .....	33
4.1.1 Alumnos de nuevo ingreso, sin créditos aprobados .....	33
4.1.2 Alumnos en proceso de formación del pensamiento newtoniano, créditos aprobados.....	34
4.2 Resultados del análisis de correlación entre las variables .....	38
4.3 Análisis de respuestas incorrectas, factor de concentración.....	42
Capítulo 5. Conclusiones .....	50
Bibliografía.....	55
Apéndice A .....	62
Apéndice B .....	63

## Resumen

En la presente tesis de licenciatura en Física Aplicada, analizamos los resultados obtenidos al aplicar el Inventario del Concepto de Fuerza (ICF), a estudiantes de las carreras de Física y Física Aplicada de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (FCFM-BUAP).

Se evaluó un total del 40% de la población de las licenciaturas mencionadas. Estos estudiantes se eligieron de manera aleatoria, con la única condición de haber aprobado los cursos de Mecánica del área de Física General. Se incluyeron, además, 20 pruebas de alumnos de nuevo ingreso (muestra base).

Nuestra hipótesis de partida consideró al ICF como una herramienta de medición del rendimiento académico (RA) de los discentes. Ésta permite detectar fortalezas y debilidades del proceso enseñanza-aprendizaje que se instrumenta en la FCFM, en particular. Estos factores afectan la eficiencia terminal de los estudiantes físicos; siendo éste un parámetro que demanda mejoras significativas.

Como es sabido, el ICF pondera el nivel de comprensión de los conceptos fundamentales de la mecánica newtoniana. El análisis de los resultados lo realizamos en tres estadios: un análisis estadístico descriptivo que nos muestra el panorama general del RA; un análisis que nos permite correlacionar el RA y las variables *género*, *créditos* y *promedio del alumno*; y el tercero, es el análisis del factor de concentración, que indica los errores comunes, falsas concepciones, fallas en los modelos, etc., de los alumnos al formar el pensamiento newtoniano.

Encontramos que, al concluir el curso de mecánica, en promedio, los educandos responden correctamente el 50% del ICF. Esto representa una mejora del 123% respecto a la muestra base. Considerábamos que los cursos de mecánica teórica aumentarían estos resultados. Sin embargo, el incremento observado es mínimo. Se evidencia, entonces, que el aprendizaje conceptual de la mecánica newtoniana se da durante los cursos de física general.

En nuestros resultados, resalta la dependencia entre la cantidad de respuestas correctas y el promedio de los discentes y su género. Además, observamos que existen concepciones erróneas predominantes relacionadas con la primera Ley de Newton, entre otras.

En la perspectiva de la eficiencia terminal, analizamos estos resultados con el objeto de mostrar que la aplicación de test extracurriculares, como los Inventarios de Conceptos, puede ser una excelente herramienta de diagnóstico y evaluación. A partir de lo cual se pueden implementar metodologías de trabajo que mejoren el RA de los estudiantes y la eficiencia terminal de la institución.

## **Introducción. La Eficiencia Terminal**

Al hablar sobre las funciones sustantivas de una Institución de Educación Superior (IES) en México, es necesario resaltar la función de educación. Ésta debe formar profesionales de calidad a través de la validación de los conocimientos, habilidades y competencias de una persona en un ámbito particular de estudio.

Uno de los parámetros fundamentales que validan el desempeño en educación de una IES, es a través de una medida que valora la proporción de alumnos que logran egresar o titularse, respecto a aquellos que ingresaron (López S., Albíter R., & Ramírez R., 2008). Este indicador se llama Eficiencia Terminal (ET) y establece una de las bases para la realización de esta tesis.

Por su importancia en la educación, la forma en que se define la ET atiende a las necesidades de cada investigador. Nosotros la tomaremos como el número de alumnos que egresaron de una cohorte en un año determinado de acuerdo al número de ingresos de la misma (Vázquez Reina, 2010).

Por lo anterior, se dice que la ET determina la calidad de la institución en la que se desempeñan los estudiantes, pues no sólo se aplica para las IES sino para todos los niveles educativos. A continuación mostraremos algunas estadísticas de este indicador en México.

### **I.1 La Eficiencia Terminal en México**

La ET es un problema que afecta seriamente la educación en México, incluso para aquellos niveles que constitucionalmente son considerados obligatorios<sup>1</sup>.

En el ciclo escolar 2014-2015, el 72.1% de la población estudiantil se ubicaba en la educación básica, que comprende la educación preescolar, primaria y secundaria. De acuerdo a la SEP (Secretaría de Educación Pública, 2015), la ET reportada para primaria es de 96.8% y para secundaria del 87.7%. Si bien, los índices no son bajos, no se garantiza el mandato constitucional a que nos referíamos anteriormente y el descenso en la ET continúa en los siguientes niveles.

De los egresados de secundaria del ciclo anterior, el 80.7% ingresó a educación media superior en el presente ciclo escolar. La matrícula total de este servicio es de 4.8 millones de alumnos, equivalente al 13.3% de todo el sistema educativo escolarizado. La cobertura es del 71.5% respecto a la población total de

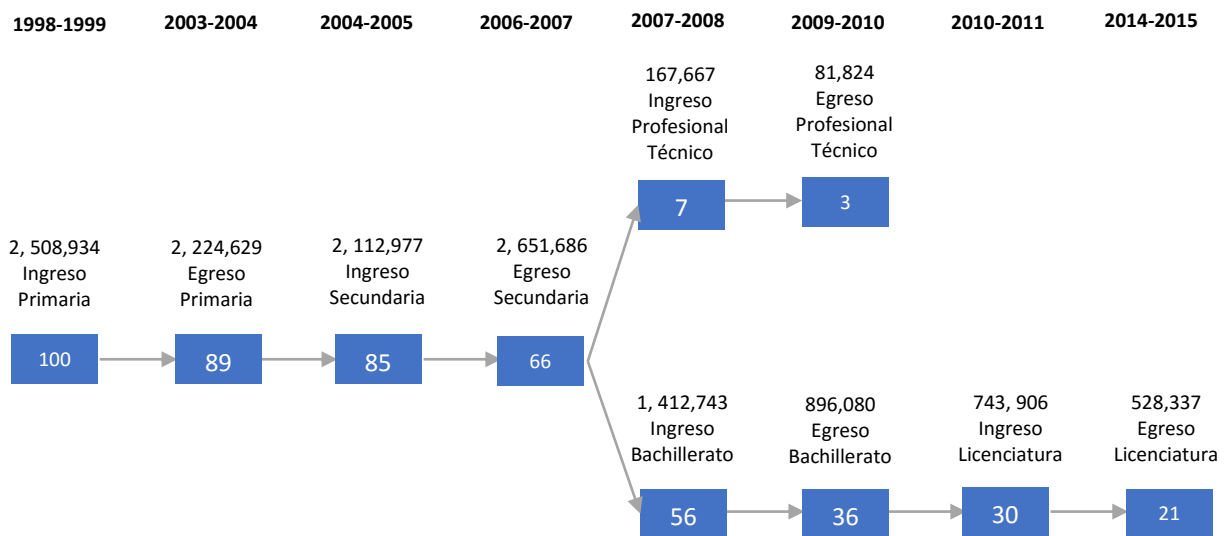
---

<sup>1</sup> El 9 de febrero de 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la declaración del Congreso de la Unión que reforma los artículos 3°, y 31° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos para dar lugar a la obligatoriedad de la educación media superior en México.

15 a 17 años de edad. En este nivel, la ET revela su problemática con un 63.2%, lo que es un fuerte indicativo de los alumnos que lograrán entrar a una IES.

Ahora bien, en el ciclo escolar 2014-2015, ingresó a la educación superior el 76.4% de los egresados del ciclo anterior (24.5% del ingreso a primaria) de la educación media superior. La matrícula escolarizada y mixta (incluye Posgrado) para el mismo ciclo es de 3, 515,404 estudiantes que equivalen al 27.1% de la población de 18 a 23 años. A esta cifra debe agregársele 517,588 estudiantes registrados en la modalidad no escolarizada. Con esta adición, la cobertura en la educación superior se eleva a 34.1% de la población que podría acceder a la misma.

En este nivel, la medición de la ET es compleja. Esto se debe a que la permanencia de los estudiantes en las IES no siempre es la que indican los planes de estudio. A pesar de esto, de acuerdo a la SEP, la ET en la educación superior es 71%, cifra que incluye todo el conjunto de carreras que las IES ofertan en México. Sin embargo, este parámetro no es uniforme en todas las áreas.



**Fig. I. 1** Modelo de tránsito escolar en el Sistema Educativo Escolarizado. De 100 alumnos que ingresan a primaria en 1998, solo 21 logran egresar de estudios de Licenciatura en 2014.

De acuerdo a las estadísticas del 2014 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2016) , de los más de 3 millones de alumnos que se encuentran inscritos en alguna universidad privada o pública, 170,067 lo hace en alguna carrera de ciencias naturales, exactas o de computación. Esto representa el 5.5% del total de estudiantes universitarios. De estos, el 14.7% se encuentra estudiando en alguna institución del estado de Puebla.

Las ciencias naturales, exactas y de computación abarcan las carreras de biología, química, alimentos, física, matemáticas, informática, entre algunas otras

que dependen de cada Universidad. En este trabajo nos centramos en las carreras de Física y Física Aplicada.

## **I.2 La Eficiencia Terminal en la Física, FCFM**

De acuerdo al Catálogo Iberoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física (Sociedad Mexicana de Física A.C., 2009-2010), en México existen 25 Universidades y centros de investigación que ofrecen programas de formación académica para estudiantes físicos. De ellas, 19 incluyen programas de licenciatura, y sólo una de éstas es privada.

Una de ellas es la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Ésta nace hace más de 60 años, como una respuesta de la comunidad intelectual progresista poblana al desarrollo mundial de la ciencia (Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, 2016). Actualmente la FCFM abarca el 8.5% de los estudiantes de ciencias en Puebla, en las carreras de actuaría, matemáticas, matemáticas aplicadas, física y física aplicada.

Como dijimos anteriormente, nos centraremos en Física y Física Aplicada (F y FA). Creadas y aprobadas ante el H. Consejo Universitario en 1950 y 1999 respectivamente, estas licenciaturas cuentan con una población del 42.2% de los 1421 alumnos inscritos en la facultad para 2015.

La matrícula de estos programas de licenciatura es relativamente numerosa comprada con las demás IES (Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, 2015). Sin embargo, la relativa baja demanda de lugares, ha llevado a aceptar a la mayoría de los solicitantes que aprueban el examen de admisión, incluyendo estudiantes de segunda opción. Esto ha ocasionado una alta deserción escolar que impacta negativamente a la ET.

Esta situación se puede observar en las figuras I.2 e I.3. Se muestra el número de alumnos que se inscribieron (rojo), los que terminaron el 100% de créditos (verde) y los que se titularon (azul) bajo las generaciones del 2000 al 2008. Debemos señalar que durante estos años se mantuvo un modelo cuatrimestral en las carreras de F y FA en la FCFM. Obsérvese que existe una notable diferencia entre la cantidad de alumnos que se inscribieron a cada carrera.

Por otro lado, notamos que en FA existen alrededor de 8 alumnos de las generaciones 2007 y 2008 que se seguían inscribiendo para el ciclo escolar 2014-2015 (aguamarina). En consecuencia, estas carreras lograron una ET del 23% y del 20% respectivamente.

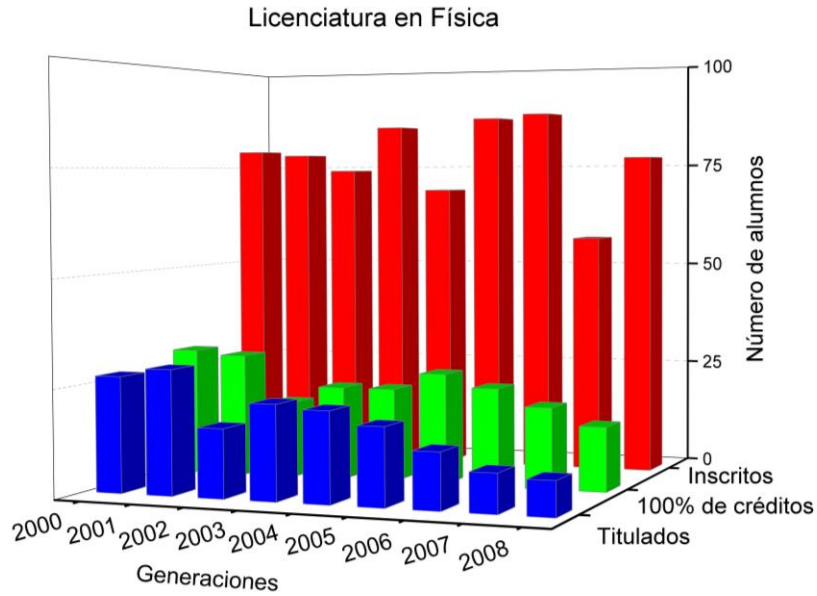


Fig. I. 2 Relación de alumnos de las generaciones del 2000 al 2008 en licenciatura en Física. Número de alumnos que se inscribieron (rojo), los que terminaron el 100% de créditos (verde) y titulados (azul).

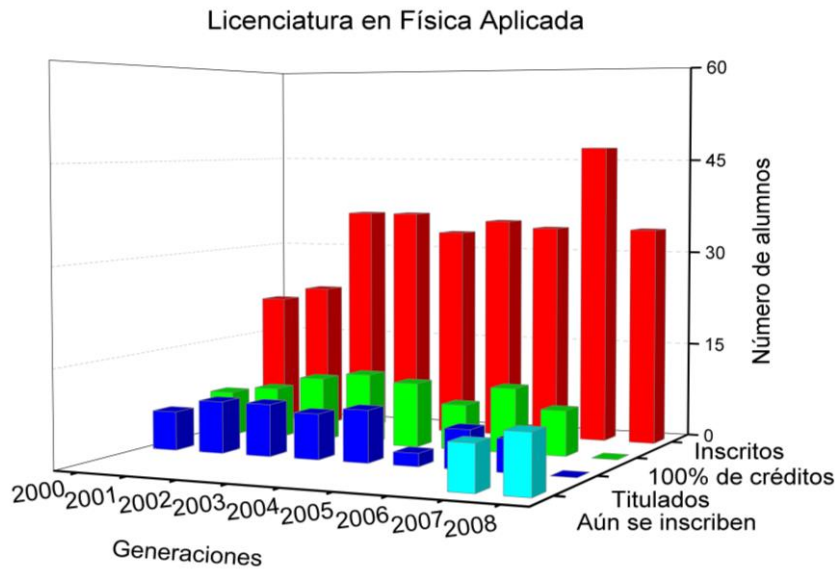


Fig. I. 3 Relación de alumnos de las generaciones del 2000 al 2008 en licenciatura en Física Aplicada. Número de alumnos que se inscribieron (rojo), los que terminaron el 100% de créditos (verde), titulados (azul), continúan inscribiéndose (aguamarina).

A partir del año 2009, se realizaron cambios curriculares en la FCFM que le permitieron adaptarse al Modelo Universitario Minerva, (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2007). Por esta razón, los cursos se dividieron en semestres.

En la fig. 1.4 estudiamos el comportamiento de la matrícula durante diez semestres, para ambas licenciaturas, en el periodo del 2009 al 2013. Se muestran las curvas de los valores de inscripción promedio por semestre con sus intervalos de incertidumbre.

Se observa que durante los primeros dos años de las carreras, se pierde el 40% de la matrícula. En los siguientes años la pérdida de estudiantes se mantiene.

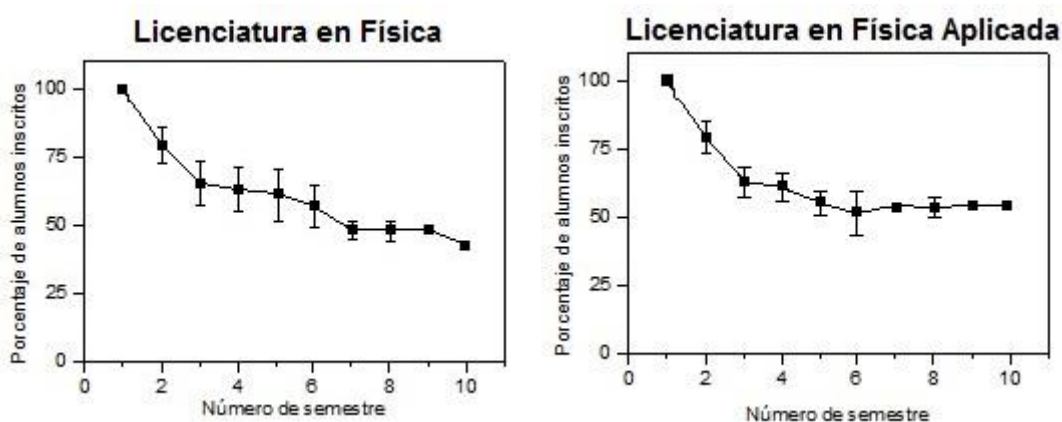


Fig. 1. 4 Comportamiento porcentual de la matrícula por semestres. Generaciones del 2009-2013 de las Licenciaturas en Física y Física Aplicada.

Ahora bien, de acuerdo al record histórico, la carrera de Física reportó en el año de 1995 un índice de egreso del 30%, en 1996 fue el año en que más elevado se tuvo éste índice, alcanzando un 48%. Sin embargo fue decreciendo hasta alcanzar un 20% para el año 2000.

Por lo general, entre el 20% y 30% de los estudiantes finalizan sus carreras en 14 semestres. En la FCFM, el número promedio de años en terminar los estudios por cohorte generacional es de 7 (Comisión de Diseño, Evaluación y Seguimiento Curricular del Programa Educativo, 2008).

En los últimos años, la ET de estas carreras ha sufrido fluctuaciones entre el 15% y el 35%. Esto se puede ver en la tabla I.1, en donde se observan las cifras de ingreso, egreso y ET durante 4 ciclos escolares (Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, 2015). Debemos señalar que los alumnos de ingreso y egreso de ese mismo año no están relacionados con la ET del mismo. Obsérvese que en el ciclo escolar 2011-2012, hubo una caída

considerable de este índice para la carrera de FA quedando en 4.2%. Además, la ET en mujeres aumenta gradualmente.

*Tabla I. 1 ET para los ciclos escolares del 2011 al 2015 de Física y FA en la FCFM. Se distingue entre hombres (H), mujeres (M) y total (T). Los ingresos y egresos se refieren a ese mismo ciclo escolar, no están relacionados con una misma cohorte.*

INDICADOR CARRERA	INGRESO			EGRESO			EFICIENCIA TERMINAL %		
	H	M	T	H	M	T	H	M	T
				<b>2011-2012</b>					
<b>FÍSICA</b>	70	16	86	7	6	13	10.0	37.5	15.1
<b>FA</b>	34	14	48	2	0	2	5.9	0.0	4.2
				<b>2012-2013</b>					
<b>FÍSICA</b>	53	28	81	13	8	21	24.5	28.6	25.9
<b>FA</b>	42	15	57	4	5	9	9.5	33.3	15.8
				<b>2013-2014</b>					
<b>FÍSICA</b>	54	33	87	15	16	31	27.8	48.5	35.6
<b>FA</b>	36	17	53	11	0	11	30.6	0.0	20.8
				<b>2014-2015</b>					
<b>FÍSICA</b>	64	18	82	13	12	25	20.3	66.7	30.5
<b>FA</b>	35	18	53	6	2	8	17.1	11.1	15.1

Con este tipo de datos, se hace evidente que la baja eficiencia terminal es uno de los problemas principales en la FCFM. Como veremos más adelante, el pobre rendimiento de los alumnos es un factor que afecta las decisiones de los estudiantes sobre su permanencia en la institución. Debido a que estos conceptos se pueden abordar de diversas formas, a continuación definimos el problema bajo estudio.

### **I.3 Problema de investigación**

El bajo rendimiento académico de los estudiantes es uno de los problemas más graves que tiene la FCFM, ya que impacta negativamente la ET. Como analizaremos en capítulos posteriores, existe una importante correlación entre el RA en el primer semestre y la deserción que se produce durante el primer año de estudio.

Reconocer el bajo RA que los estudiantes presentan, nos llevarían a detectar, rápidamente, a los alumnos que necesitan de algún programa de apoyo o tutoría pues se identifican como aquellos con una mayor probabilidad de abandonar los estudios (Oloriz, Lucchini, & Ferrero, 2007).

La importancia de detectar estos casos de bajo RA, es que no sólo aumenta las posibilidades de disminuir la deserción en los dos primeros semestres, sino que proporciona herramientas a la academia y al mismo estudiante del estado de su desempeño. Esto es crucial para el estudiante, pues el rendimiento inicial es un buen predictor de la evolución posterior del RA (González Martín, 1998).

En la FCFM, la metodología de enseñanza de la física involucra procesos teóricos y prácticos. En ellos se entrelazan aprendizajes tanto matemáticos como conceptuales. Es evidente que ambos intervienen en los procesos cognitivos del estudiante, sin embargo el impacto de cada uno es distinto. Por esto, nos centraremos en la comprensión conceptual de los alumnos como parte de su RA. En particular, del concepto de Fuerza.

Así, para su medición hemos hecho uso de una herramienta altamente conocida y utilizada internacionalmente en el campo de la Investigación Educativa en Física: el Inventario del Concepto de Fuerza (ICF) (Hestenes, Wells, & Swackhamer, Force Concept Inventory, 1992). Éste nos permite conocer del desarrollo del pensamiento newtoniano del estudiante, es decir, el nivel de comprensión que el alumno posee sobre el movimiento y sus causas. Además de identificar conceptos erróneos o creencias de sentido común, no-Newtonianas.

## **I.4 Objetivos**

De esta forma, nuestro objetivo es mostrar que la aplicación de herramientas de diagnóstico extracurriculares (como el ICF), son precisos, pues permiten detectar fallos en la comprensión de los conceptos fundamentales de la física, necesarios para la formación académica del estudiante de Física y Física Aplicada.

Esto con el fin de proponer estrategias que generen un aprendizaje significativo, tanto numérico como conceptual –lo que consideramos de mayor relevancia–, durante la formación de los estudiantes. De tal forma que se impacte positivamente en el rendimiento académico de los discentes, aumentando la eficiencia terminal de la institución, entre otros parámetros a considerar.

### **I.4.1 Objetivos específicos**

1. Delimitar el panorama de la Eficiencia Terminal en la FCFM a través de una estadística descriptiva, de lo general a lo particular.
2. Describir el rendimiento académico del estudiante desde la perspectiva de sus factores académicos.
3. Aplicar el Inventario del Concepto de Fuerza a estudiantes Físicos con el fin del obtener resultados sobre su comprensión en dicho concepto.

4. Identificar el nivel de correlación entre las variables obtenidas y los resultados del test.
5. Reconocer la importancia de la comprensión verdadera de los conceptos fundamentales en la vida académica del discente.
6. Comparar el nivel de comprensión, de acuerdo al ICF, entre alumnos con características contrastantes, de acuerdo a las variables recopiladas.
7. Valorar el rendimiento académico de los estudiantes de acuerdo a sus rasgos observables.
8. Establecer un método de medición del rendimiento académico que sienta las bases para proponer metodologías que mejoren el mismo.

Para el logro de nuestros objetivos, la tesis se divide en cinco capítulos. En el primero abordamos la tarea de definir el Rendimiento Académico como marco teórico que permita fundamentar nuestros análisis. Mencionamos algunos de los trabajos dedicados a la delimitación de sus factores, así como a su forma de medición. Finalmente anclamos este concepto a la Eficiencia Terminal como una cadena de procesos ligados en causa y consecuencia.

El segundo capítulo está dedicado a estudiar, de manera breve, algunas de las investigaciones más relevantes, hechas con ayuda del Inventario del Concepto de Fuerza. Además de explicar la relevancia que algunos de esos artículos tienen sobre la presente investigación.

La metodología utilizada se explica en el capítulo 3. Describimos la muestra estudiada y explicamos la relevancia y el papel de las variables recopiladas. Por último, exponemos el método de tratamiento de los resultados obtenidos. Esto lo hacemos mediante tres procesos, un análisis estadístico descriptivo, la búsqueda de la existencia de correlación entre las variables implicadas y el análisis de las respuestas incorrectas mediante el factor de concentración (Bao & Redish, 2001).

En el capítulo 4 presentamos los resultados obtenidos del análisis de las pruebas aplicadas.

Finalmente, en el capítulo 5, presentamos las conclusiones obtenidas de esta tesis. Además, discutimos observaciones del estudio realizado y proponemos algunas posibles medidas remediales que podrían implementarse. Consideramos que estas medidas tendrían una aplicación más general.

# Capítulo 1. Rendimiento académico y eficiencia terminal

Como ya hemos dicho, los diferentes indicadores educativos tienen la función de informar sobre el estado de la calidad escolar en los tres niveles de formación en México. Uno de ellos es el de eficiencia terminal. En este capítulo hablamos de un factor que influye directamente sobre sus cifras: el rendimiento académico (RA). Abordar este constructo implica hablar de su conceptualización, predicción y medición, a pesar de que la mayoría de los investigadores coinciden en la complejidad de esta tarea. Finalmente exponemos la relación existente entre la ET y el RA para nuestro trabajo.

## 1.1 Conceptualización del rendimiento académico

En Educación Superior, la pérdida de interés en la realización y seguimiento de estudios se relaciona con la motivación de logro. Esto es, la baja o ninguna motivación de los estudiantes hacia el cumplimiento de sus metas académicas y profesionales. Esta baja motivación se refleja en el RA de los estudiantes, por medio de indicadores como: deserción, repitencia, represamiento matricular y baja eficiencia terminal (Colmenares & Delgado, 2008).

Así, el rendimiento académico es un concepto complejo. En éste se entrelazan diversas categorías de factores. Lo anterior implica que su definición se dé de acuerdo al tipo de estudio que se realice. Podemos hablar del RA en función de calidad educativa (Morocho Quezada, 2015), en función del éxito o fracaso del alumno, de la motivación de logro, desde una evaluación, como un conjunto de sucesos o una variable multifactorial, etc.

Si hablamos del RA como medida del éxito o fracaso del discente, tenemos que citar a Colmenares y Delgado (2008). Para ellas la imagen del rendimiento está constituida por propiedades medibles, principalmente por las calificaciones. De acuerdo a esto, la valoración de calidad tiene dos lados de impacto en el estudiante: el negativo del fracaso con bajos niveles de conocimiento, y el positivo de éxito con buenas calificaciones y un alto nivel de conocimientos asimilados (CEAPA, 1994).

En este mismo sentido, tanto el éxito como en el fracaso (escolar y personal); afecta la autoestima, motivaciones e intereses del educando (Astin, 1996). Esto se observa en la investigación de Hamdan (1990). Utilizando las calificaciones de los estudiantes en sus asignaturas cursadas y su promedio, observó que los alumnos con una mayor motivación de logro presentan un mejor rendimiento académico.

Otros autores toman el RA desde la perspectiva de las capacidades del estudiante. Éstas se demuestran cuando el alumno es capaz de llevar a la práctica

sus conocimientos (Bloom, citado por Page, 1990), pues son resultado de lo que el estudiante debe aprender y de lo que aprendió (Fuentes & Romero, 2002); tanto en sus mediciones sociales como académicas (Carabaña, 1987).

Son muchos los trabajos que hablan del RA en función de una evaluación. Quezada (1991), asegura que éste es el resultado de la evaluación del aprendizaje. En este, se encuentran los conocimientos adquiridos, que son evaluados como producto inmediato este proceso (García Ramos, 1994) (Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, 2007). Así, al ser evaluados éstos, también se implican la capacidad intelectual, aptitudes y las competencias (Rodríguez Soriano & Torres, 2006). Para que esta evaluación se dé, deberá realizarse el acopio sistemático de datos cuantitativos y cualitativos, para determinar si los objetivos propuestos se alcanzaron o no (García F. , 1979).

Sin embargo, el rendimiento no sólo depende de los conocimientos de los estudiantes, sino también de la voluntad, disposición y motivaciones necesarias para implicarse activamente en el proceso de aprendizaje (Guzmán Brito, 2012). Esta opinión concuerda con Navarro (2003) pues nos dice que la simple medición y/o evaluación de los rendimientos alcanzados por los alumnos, no provee por sí misma todas las pautas necesarias para la acción destinada al mejoramiento de la calidad educativa.

De la Orden (1985), propone la idea de la multidimensionalidad del producto educativo. Esto lo hace enmarcando el RA en un conjunto de relaciones de carácter institucional, pedagógicos, psicosociales y sociodemográficos (Colmenares & Delgado, 2008). Rubio (2010) ve las relaciones entre elementos cognoscitivos, motivacionales, socio-ambientales, y pedagógicos. Así, el rendimiento académico no es el producto de una única capacidad, sino el resultado sintético de una serie de factores que actúan en, y desde, la persona que aprende (Sánchez, Marín, & López, 2011) (Jiménez, Izquierdo, & Blanco, 2000).

Finalmente, la mayoría de los autores coinciden que el RA es inaccesible a la medición directa y se estima mediante la variable latente, cuyos indicadores múltiples son distintos aspectos de la actuación del alumno en sus estudios: calificaciones, promedio, ritmos, dificultades encontradas y rendimiento esperado (González Martín, 1998) (Garnica Olmos, 1997).

Así, en función de nuestro estudio, tomaremos al RA como un constructo multifactorial, medido a través de las calificaciones de los estudiantes y sus ritmos. Esto nos dará una idea del aprendizaje logrado en el salón de clases, como parte de una evaluación de la calidad de los procesos en la FCFM. Ya que, para las instituciones, el significado de calidad se liga a una mayor matrícula y mejores índices de eficiencia terminal.

Ya que hemos definido al RA como un ente multifactorial, debemos estudiar los elementos que afectan positiva y negativamente a este concepto para entender los alcances del mismo.

## **1.2 Factores del rendimiento académico**

Hemos observado que definir el RA es un proceso de alto nivel de complejidad, no por carecer de elementos que lo evidencien, sino por ser un constructo multifactorial y funcional. En diversas investigaciones, se habla de los factores del rendimiento académico desde la perspectiva de su propio objetivo. Si bien es difícil esbozar su definición, lo es más aún la delimitación de sus factores. Entre la literatura analizada encontramos tres grandes categorías: factores inherentes al alumno o psicológicos motivacionales; a la institución académica o pedagógicos, y sociológicos.

### **1.2.1 Factores dependientes del alumno o psicológicos**

Los factores psicológicos, fundamentalmente están referidos a los rasgos diferenciadores que distinguen al estudiante y que influyen en el mismo. En muchas investigaciones se habla y se sostiene un debate entre dos de ellos, la inteligencia y las aptitudes (Castejón & Vera, 1996). Estos dos factores constituyen una serie de capacidades físicas y mentales que se desarrollan a lo largo de experiencias positivas de aprendizaje de toda la vida.

Junto a estos dos grandes factores, cobran importancia algunos otros rasgos importantes de la personalidad, destacando entre otros, la motivación y el propio autoconcepto. Éste último implica tres instancias: el autoconcepto, la imagen social y la imagen ideal. Todas ellas van de la mano con el rendimiento escolar, dejando en claro quién es como estudiante (autoimagen) (Bermudez, 1997), su posición en la escala educativa (imagen social) (Ceballos & Rodrigo, 2003), y sus metas a largo y corto plazo (imagen ideal) (Cano Sánchez-Serrano, 2001).

Siguiendo con esta idea, Delgado (2003) señala que entre las causas principales del bajo rendimiento del alumno universitario destacan la falta de autoexigencia, responsabilidad en la aplicación al estudio, el deficiente o nulo aprovechamiento de las horas de estudio y el insuficiente dominio de las técnicas de estudio. Todo esto influyendo sobre el pobre nivel de los conocimientos alcanzados al momento de acceder a la educación superior, con los consecuentes efectos en las nuevas responsabilidades que se le presentan (Colmenares & Delgado, 2008).

Morocho Quezada (2015) utilizó las variables edad, sexo, becas y hábitat de los estudiantes como factores inherentes al estudiante, concluyendo que a medida que los estudiantes universitarios aumentan su edad es mayor el éxito académico en comparación con los estudiantes más jóvenes. Respecto al sexo, sugiere que el rendimiento de las estudiantes es superior a sus homólogos masculinos. Encontró que la variable beca influye positivamente en los alumnos y que los estudiantes de centros urbanos disminuyen su calificación media en menos puntos que los estudiantes de los centros rurales.

### **1.2.2 Factores sociológicos**

En las investigaciones de factores sociológicos, la mayoría explican el rendimiento del alumno como fenómeno condicionado por los factores ambientales, socioeconómicos y culturales. Esto en contraposición con Morocho Quezada (2015), pues incluye el hábitat y las becas como factores inherentes al alumno. Sin embargo, la influencia de las situaciones de privación cultural, social y económica sobre el rendimiento escolar son determinantes (Cano Sánchez-Serrano, 2001).

La clase social (determinada por el ingreso familiar, la escolaridad de la madre y del padre, el tipo y ubicación de la vivienda) ha sido reportada como una variable relacionada con el hecho de que los alumnos sufran fracasos escolares o repitan cursos. En este sentido Considine y Zappalá (2002), encontró que las familias de mayor estatus socioeconómico y educativo reflejan estudiantes con logros académicos superiores.

En México, la identidad de los estudiantes se ve reflejada por sus niveles sociales. En los bajos estratos, se considera que los estudios universitarios son una pérdida de tiempo, aprovechándolo en ejercer cualquier tipo de trabajo en pro de la familia (Fernández Poncela, 2001). La actitud sobre educación y cultura que los padres, profesores y la escuela transmiten hacia los estudiantes, ejerce gran influencia en su proceso de aprendizaje (Oliva & Palacios, 2003).

### **1.2.3 Factores pedagógicos o referentes a la institución académica**

El ambiente escolar también ha sido señalado como un factor esencial en el desempeño del estudiante. De acuerdo a la investigación de Cano Sánchez (2001), los análisis del rendimiento inciden cada vez más en que la propia organización y en la forma de gestionar los centros escolares, constituyen una parte importante en el éxito académico del estudiante.

La administración de la institución educativa (sus políticas, estrategias, etc.) y el profesorado (capacitación, compromiso, carga de trabajo, etc.), se reflejan directamente en el rendimiento del alumno (Rodríguez Soriano & Torres, 2006).

Entre las razones de un bajo RA, se pueden mencionar la ausencia de programas o unidades formales para la asesoría y orientación de los estudiantes, la deficiente coordinación entre los programas de estudio, la reducida posibilidad de promoción personal que ofrece la Universidad y la escasa coherencia académica de los planes de estudio (Rosales, 2002) (Márquez, 2005).

Es evidente que la institución juega un papel importante en el aprovechamiento de los estudiantes universitarios. Por ello, no se debe dejar de lado la importancia y necesidad de la relación entre ésta, el docente y el alumno. Los acuerdos de trabajo y motivación entre estos tres agentes moverán positivamente el rendimiento del estudiante.

Concretando, existe una serie de variables importantes en diversos ámbitos (psicológico, sociológico y pedagógico) que se asocian al RA: motivación, inteligencia, personalidad, estructura familiar, clase social, contexto sociocultural, organización de la institución, relación discente-docente etc. En consecuencia, el rendimiento escolar nunca debe ser considerado ni como un hecho aislado, ni como el resultado administrativo expresado en calificaciones y recogido en el expediente académico. Tanto su comprensión como su evaluación requieren una visión más plural y de múltiples intervenciones socioeducativas, en las diversas variables y condiciones que lo determinan.

Ya que muchos de los factores del RA son subjetivos, se han propuesto diferentes formas de medirlo. Para este proceso se conjugan elementos que son valorables desde el punto de vista de docente en escalas numéricas y no sólo sujetas al criterio de un observador.

### **1.3 Medición del rendimiento académico**

Ya se ha definido el RA de forma multidimensional, en donde convergen distintas variables y diversas formas de medición. A pesar de que las notas de calificaciones constituyen en sí mismas el criterio social y legal de medición del RA de un alumno en una institución escolar (Quezada, 1991), cada IES define su sistema de evaluación diferenciado, en donde las certificaciones académicas adquieren un valor distinto de acuerdo con los niveles, las edades, las áreas cognitivas y los profesores.

Generalmente, las calificaciones son utilizadas como el medio de valoración del desempeño cuantitativo y cualitativo del estudiante. En México, la mayoría de

las instituciones de nivel superior utilizan el promedio de las calificaciones como medida del rendimiento académico del alumno. Sin embargo, no es correcto presumir que las calificaciones son la única forma de valorar el RA, puesto que representan sólo una pequeña parte de esta definición (Bueno Álvarez, 1993) de acuerdo a lo analizado en este trabajo.

Para determinar una calificación es necesario basarse en alguna herramienta de valoración que nos dé cuenta de la misma. La forma más sencilla de llegar a esas calificaciones escolares es a través de pruebas objetivas de evaluación (Guzmán Brito, 2012).

Para objeto de esta tesis, también se consideran los créditos aprobados como una buena medida. En palabras de Guzmán Brito, el crédito es “el valor que se otorga a una asignatura, actividad o unidad de aprendizaje en la que el estudiante participa con el fin de obtener las competencias, los conocimientos, habilidades y actitudes requeridos en un plan de estudios de acuerdo a ciertos elementos, como los objetivos educativos que cumple en la formación profesional, su complejidad, el tiempo que requiere para ser realizada, los medios que son necesarios, su carácter en la formación del estudiante, etcétera”.

Esta medida considera la relación entre los objetivos (número de créditos a superar) y los logros (créditos superados). Además, presenta un comportamiento favorable en relación con el rendimiento (créditos matriculados/créditos superados) como un buen indicador o criterio del aprovechamiento de los estudios (Díaz, 2001), y evidencia la relación entre RA y el logro de término de cursos hacia una positiva ET.

#### **1.4 Relación del Rendimiento Académico y la Eficiencia Terminal**

Hemos observado que existe una estrecha relación entre las variables institucionales, sociales y psicológicas. Si estas variables afectan negativamente al estudiante, el impacto sobre el rendimiento académico termina siendo perjudicial para su estancia en la institución.

Los programas de articulación y retención de estudiantes durante los primeros años de estudio universitario deben considerar que el RA impacta fuertemente en la decisión del estudiante de abandonar los estudios. Por ello, es necesario retener a aquellos que muestren, en forma temprana, deficiencias en su rendimiento académico (Oloriz, Lucchini, & Ferrero, 2007).

Al analizar el RA es muy importante considerar el concepto de ET. Es decir, entender los grados de aprobación, reprobación, deserción, retención y transición de los alumnos. En la mayoría de los países en vías de desarrollo, la tasa de

deserción más elevada ocurre a nivel primario, en países desarrollados a nivel secundario y, en nuestro país, a nivel superior (Guzmán Brito, 2012).

En la investigación de Oloriz, Lucchini y Ferrero, se muestra la alta correlación entre el rendimiento académico del estudiante durante el primer cuatrimestre de la carrera y el abandono de los estudios antes que transcurran cuatro cuatrimestres.

El impacto que tiene la deserción universitaria sobre la eficiencia terminal, no sólo afecta al estudiante, sino a la universidad, a su familia y a la sociedad en general. Ya que la repitencia y la deserción constituyen una frustración y una pérdida económica para los estudiantes y su entorno.

De allí, la innegable responsabilidad de las instituciones de educación superior, las cuales ante este problema deben presentar propuestas formales para contrarrestarlo en todos sus componentes y flancos, con una visión integral y compleja y de manera proyectiva en beneficio del estudiante (Colmenares & Delgado, 2008).

Recordemos que uno de los objetivos de este trabajo es mostrar como la utilización de un instrumento que permite ponderar el RA, nos puede ayudar a mejorar la ET. Consideramos que una de estas herramientas pueden ser los Inventarios de Conceptos sobre diferentes áreas en la formación de físicos, en particular. Por ello, a continuación definiremos y estudiaremos estos test y su utilidad.

## Capítulo 2. Inventario del Concepto de Fuerza

Como vimos en el capítulo anterior, para emitir un juicio sobre el RA, es necesario hacer uso de algún criterio de medición que nos permita conocer numéricamente la calificación de los estudiantes universitarios. Por ello, nos centramos en la medición de su entendimiento conceptual en un determinado tiempo de su estancia académica. Así, por ser fundamental para el desarrollo del estudiante físico, nos concretaremos en el concepto de Fuerza.

Con este fin utilizamos una prueba objetiva, extracurricular, estándar y reconocida internacionalmente: un Inventario de Conceptos (IC). Éste se refiere a un test de evaluación diseñado con dos propósitos: diagnosticar errores conceptuales en los estudiantes y evaluar los cambios en el entendimiento que el estudiante haya adquirido a través de una metodología específica. Estos inventarios se han desarrollado en diversas áreas, tales como astronomía (Hufnagel, 2002), física (Thornton & Sokoloff, 1998), química (Mulford & Robinson, 2002), biología (Klymkowsky, Garvin-Doxas, & Zeilik, 2003), entre otras.

En este capítulo analizaremos diversos trabajos realizados en torno a un IC en específico: el Inventario del Concepto de Fuerza (ICF). Desarrollado por David Hestenes, Malcolm Wells, y Gregg Swackhamer (Hestenes, Wells, & Swackhamer, 1992), este test mide la comprensión de la mecánica newtoniana del estudiante. En materia de investigación educativa en física, el ICF cobra renombre a través de diversas investigaciones en las que se involucran variables asociadas al alumno, a la institución educativa y a la sociedad, tal como se hace para el RA.

Esta prueba ha sido usada para diferentes propósitos, pero esencialmente para medir la efectividad de la enseñanza en cursos introductorios de física (Fagan, Crouch, & Mazur, 2002). En general, existe consenso en que un bajo puntaje en el FCI indica una falta de conocimiento en los conceptos newtonianos básicos. Sin embargo, aún existe debate de si un puntaje alto implica un conocimiento unificado de los conceptos de fuerzas (Hestenes & Halloun, 1995).

Un IC no es una prueba objetiva, pues está compuesto por ciertos elementos que lo diferencian de otros test y pruebas similares. En este sentido, es necesario dar una definición del mismo y conocer su estructura.

### 2.1 Inventario de Conceptos

Detengámonos a analizar algunos aspectos relevantes de los IC. En principio, éstos nacen de la necesidad de utilizar nuevas herramientas en el proceso de medición

del aprendizaje de los estudiantes. Ya que desde hace poco más de cuarenta años, el interés por mejorar el proceso aprendizaje-enseñanza cobró importancia. Los modelos desarrollados a partir desde entonces, han ido mejorando algunos aspectos del aprendizaje estudiantil (Villareal, y otros, 2005).

Si debemos dar una definición objetiva de lo que es un IC, tomamos la descrita por Lindell, Peak, y Thomas (2007): “Un inventario de conceptos es un instrumento de opción múltiple diseñado para evaluar si una persona tiene un conocimiento preciso y funcional de un concepto o conceptos”.

Los IC están diseñados con dos propósitos para la educación: diagnosticar áreas de dificultad conceptual en la educación inicial, y evaluar cambios en el entendimiento conceptual de acuerdo a una metodología utilizada. De acuerdo a esto, los diseñadores de IC se centran en el diagnóstico o en herramientas de evaluación continua.

Así, el primer IC conocido en un área de dominio científico es el Inventario de Conceptos de Fuerza. A partir de entonces, se tiene una gama de innovaciones en la física educativa gracias a las investigaciones realizadas con la ayuda de este (Libarkin, 2008).

## 2.2 Estructura del ICF

Para su propósito, el ICF está compuesto por 30 preguntas de opción múltiple. Cada una de ellas con cuatro posibles respuestas. Sólo una de ellas es la correcta, la que elegirían los estudiantes de tener pensamiento newtoniano. Las otras tres son llamadas distractores, y se refieren a las respuestas más comunes de los estudiantes pues revelan su pensamiento cotidiano y sus ideas previas.

El ICF prueba las creencias de los estudiantes sobre la física newtoniana y como estas creencias se comparan con las demás dimensiones del concepto de fuerza (Cinemática, Primera Ley de Newton, Segunda Ley de Newton, Tercera Ley de Newton, Principio de Superposición y Tipos de Fuerzas).

Una contestación falsa casi siempre es un indicador confiable de la deficiencia de entendimiento de los conceptos newtonianos. Mientras que una contestación verdadera (newtoniana) a una sola pregunta es mucho menos informativa (Hestenes, Wells, & Swackhamer, Force Concept Inventory, 1992).

El ICF utilizado en esta tesis, se refiere a una versión en español de Macía Barber y Victoria Hernández (Cuestionario Sobre el Concepto de Fuerza, 1992), por lo que, en comparación con la obra original de Hestenes y otros, dos dimensiones se han omitido (suma vectorial del principio de superposición y fuerza impulsiva de tipos de fuerza).

Tabla 2. 1 Conceptos newtonianos en el ICF traducido<sup>2</sup>, de acuerdo al número de pregunta.

<b>DIMENSIÓN</b>	<b>REACTIVOS</b>
<b>CINEMÁTICA</b>	
Velocidad distinguida desde la posición	19E
Aceleración distinguida desde la velocidad	20D
Aceleración constante implica	
Órbita parabólica	21E, 14D
Velocidad cambiante	22B
Adición vectorial de velocidades	9E
<b>PRIMERA LEY</b>	
Sin fuerza	6B, 7B, 8B, 5B, 18B
Velocidad con dirección constante	23B
Rapidez constante	10A, 24 <sup>a</sup>
Cancelación de fuerzas	17B, 25C, 26E
<b>SEGUNDA LEY</b>	
Fuerza impulsiva	8B, 9E
Fuerza constante implica	
Aceleración constante	21E, 22B
<b>TERCERA LEY</b>	
Para fuerzas impulsivas	4E, 28E
Para fuerzas continuas	15A, 16 <sup>a</sup>
<b>PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN</b>	
Cancelación de fuerzas	11D, 17B, 25C
<b>TIPOS DE FUERZA</b>	
Contacto sólido	
Pasivo	11D, 29(B, D)
Fricción opuesta al movimiento	27C
Contacto fluido	
Resistencia del aire	30C
Presión del aire	29B
Gravitación	13D, 11D, 29(B, D) 3C, 17B, 30C
Aceleración independiente del peso	1C, 2A
Trayectoria parabólica	12B, 24D

<sup>2</sup> Esta tabla se puede encontrar en el artículo de Hestenes, Wells, y Swackhamer (Force Concept Inventory, 1992) para la versión en inglés del ICF.

## 2.3 El ICF y la diferencia de género

Una de las áreas más reportadas en investigación en educativa, es la correspondiente a las diferencias que se presentan en el RA debidas al género del estudiante, es decir, la comparación de las características y el rendimiento de hombres y mujeres.

En el libro “La psicología de las diferencias de sexo”, Maccoby y Jacklin (1974) (citado en Ministerio de Educación de España, 2009) revisaron 1,400 trabajos de investigación sobre las diferencias entre los sexos. Concluyeron que, aunque se siguen manteniendo ciertos modelos, resulta difícil determinar hasta qué punto la percepción y el comportamiento de los individuos, en relación con los hechos y los objetos, están condicionados por estereotipos.

De forma similar, Wiliam (2000) sugiere que las diferencias cognitivas entre los sexos son escasas y que en los últimos años y en algunas materias se han reducido todavía más, incluso en materias como las matemáticas o las ciencias. Son muy pocos los test que arrojan una desviación típica media a favor de chicos o chicas que supere 0.4, lo que significa que menos del 4% de la variación de las puntuaciones individuales en los test están relacionadas con diferencias de sexo.

En el estudio de Zamorano y Meza, utilizando el ICF, el promedio de entrada de las mujeres a cursos introductorios de física en una universidad de Chile es  $15.9 \pm 5.3$  y el de salida es  $20.2 \pm 5.0$ , en cambio, el promedio de entrada de los hombres es  $19.7 \pm 6.0$  y el de salida es  $23.7 \pm 4.9$ . Esta brecha de género encontrada se observa en trabajos similares (Lorenzo, Crouch, & Mazur, 2006).

McCullough (2004), nos habla de su preocupación sobre esta situación en el aprovechamiento de la enseñanza en física. Ella le dio un giro al ICF al reemplazar objetos y situaciones masculinos por algo más femenino, pensando que de ese modo las estudiantes se sentirían más relacionadas al contexto. Sin embargo no obtuvo resultados determinantes.

La misma autora estudió sobre si los conocimientos previos en matemáticas afectan el desempeño en los conceptos de física McCullough (2002). Otras investigaciones se han hecho en la misma dirección con los mismos resultados: no se encuentra una relación directa significativa entre la preparación que los alumnos tienen en matemáticas y los resultados del test (Kahle & Meece, 1994).

A pesar de que no se han encontrado causas reales en la brecha de género, se ha observado la reducción de ésta a través del uso de métodos interactivos en la enseñanza (Dietz, Pearson, Semak, & Will, 2012). Lo mismo sucede en un estudio realizado en Harvard por Lorenzo, Crouch y Mazur (2006) en el que incluso se

presenta una eliminación de esa barrera sólo por utilizar métodos de interacción con el estudiante en el proceso.

Adrian Madsen, y otros, han hecho una comparación entre 26 publicaciones en las que se hablan de 30 factores que pueden impactar sobre la brecha de género. De acuerdo a esto, la diferencia de género promedio, para los diferentes IC en mecánica es de 13% en los pre-test y de 12% en los post-test, dejando una ganancia normalizada del 6%. Los factores que más impactan en la brecha son los métodos de enseñanza y los estereotipos, siendo el contexto y el diseño de la prueba, los factores que menos influyen (Madsen, McKagan, & Eleonor, 2013).

De esta forma, la brecha de género observada sobre los resultados del ICF puede ser efectivamente reducida (Dockett & Heller, 2008), pero no necesariamente desaparecerá (Pollock, Finkelstein, & Kost, 2007). Como veremos más adelante, en los resultados de nuestro trabajo, la brecha de género se hace presente (además de otros indicadores que nos permiten relacionar al ICF con el RA). Ésta se confirma a partir de datos estadísticos y de correlación.

## **2.4 ICF, rendimiento académico y otros indicadores**

Hemos dicho anteriormente que el propósito del diseño del ICF es tanto el diagnóstico de las dificultades de conceptualización, como la evaluación de cambios en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Así, existe una relación entre las dificultades de conceptualización, el proceso de aprendizaje y el RA.

Con la ayuda del ICF, se han realizado varias investigaciones que buscan encontrar la correlación existente entre el RA de los estudiantes en materias de física (principalmente en cursos introductorios) y algunos factores medibles. Estos pueden ser la ganancia normalizada del ICF (Coletta & Phillips, 2005), habilidades de solución de problemas (Malone, 2008), habilidad de razonamiento científico (Rodríguez, Daniel, & Rubio, 2010), preparación matemática (Meltzer, 2002), conocimientos previos (Alarcón Opazo & De la Garz, 2009), etc. En la mayoría de estas investigaciones, se encuentra una correlación significativa positiva.

Algunos investigadores optan por medir el incremento del rendimiento a través de cambios en la metodología utilizada en el proceso de enseñanza. En la investigación de Corona Cruz (2010), realizada a estudiantes de la FCFM–BUAP, se opta por impartir la teoría en clases magistrales por un experto en el área, mientras que cuatro profesores (con el método tradicional), se dedican a resolver problemas en clase con los estudiantes. Sus resultados no difieren mucho entre los estudiantes aprobados y los reprobados, indicando que existe una débil consistencia de la didáctica tradicional, independientemente de las capacidades de los instructores.

Otros autores, como Mora y Herrera utilizan el ICF para hallar el rendimiento como consecuencia de las ideas previas de los educandos. Éstas se refieren a una construcción elaborada por la necesidad de interpretar fenómenos naturales. Encontraron que las más comunes sobre el concepto de fuerza son: “los objetos permanecen en reposo a menos que una fuerza actúe sobre ellos, los objetos inanimados no ejercen fuerza, cuando un objeto cae no requiere de fuerza, una fuerza constante produce una velocidad constante, cuando varias fuerzas están en competencia el movimiento está determinado por la fuerza más grande, la magnitud de una fuerza determina el tiempo en el que se recorre una distancia, una fuerza no puede mantener a un objeto acelerado indefinidamente y una fuerza sólo puede mover un objeto si es mayor a la masa del objeto” (Mora & Herrera, 2009).

Por otro lado, en el trabajo de Maries y Singh (2013), se discute sobre el conocimiento que tienen los instructores (profesores y asistentes de profesores), de las concepciones comunes alternas de sus alumnos. De acuerdo a sus resultados, la habilidad de identificar las dificultades de los estudiantes no está relacionada con la experiencia educativa de los instructores de física, sino que depende el contexto en el que se desenvuelve su clase.

Con base en los estudios realizados, se han desarrollado metodologías basadas en aprendizaje activo (Redish, 2003) que han logrado incrementar el aprendizaje de manera importante en comparación con el alcanzado a través de metodologías convencionales (Hake, 1998). Una de estas metodologías es la de instrucción por modelación (Hestenes, 1987) que presenta evidencia empírica de efectividad en el aprendizaje de la mecánica introductoria a nivel universitario (Halloun & Hestenes, 1987) y preuniversitario (Wells & Hestenes, 1995) en instituciones en Estados Unidos.

En relación a esta tesis, el trabajo de Zamorano y Meza, nos muestra que el ICF puede ser usado como un instrumento para identificar a los alumnos que potencialmente aprobarán el curso, así como también a quienes tienen una alta probabilidad de reprobalo. Sus resultados sugieren que realizar una prueba de entrada a los cursos, puede ser de gran utilidad, si existe la voluntad de apoyar a los alumnos que llegan en desventaja, al permitir identificar a quienes necesitan un reforzamiento adicional que evite su fracaso en el curso introductorio.

Gracias a la amplia referencia de investigaciones que nos otorga el ICF, la utilización de esta herramienta en la presente tesis, nos permitirá evaluar el RA de los estudiantes. Los trabajos mencionados anteriormente nos dan pauta para que, en el siguiente capítulo, nos sea más fácil entender el manejo de nuestras variables y sus posibles resultados.

## Capítulo 3. Metodología

Para llegar a los objetivos planteados en esta tesis, se aplicó el ICF a 196 estudiantes de diferentes semestres de las carreras de Física y Física Aplicada de la FCFM, BUAP. De acuerdo a la metodología propuesta por Macia-Barber y Hernández (Hestenes, Wells, & Swackhamer, Cuestionario Sobre el Concepto de Fuerza, 1992), la aplicación se llevó a cabo en 30 minutos, sin ayuda de material adicional. A la par, se corrió una encuesta socioeconómica, que nos arrojó parámetros para diferenciar la muestra.

El proceso de análisis de datos se llevó a cabo en tres instancias: un análisis estadístico descriptivo; la búsqueda de la existencia de correlación entre las variables implicadas; y, el análisis de las respuestas incorrectas mediante el factor de concentración (Bao & Redish, 2001). Este proceso y otras puntualizaciones pertinentes se discuten en detalle a continuación.

### 3.1 Muestra de estudio

Mencionamos que la muestra se compone por 196 alumnos pertenecientes a las carreras de Física y Física Aplicada, distribuidos en distintos semestres. Las variables a estudiar son el *género*, el *número de créditos* y el *promedio*.

En la FCFM, como en otras carreras e instituciones, los alumnos no terminan en tiempo sus estudios. Llegándose a prolongar hasta 5 semestres más. Por ello, en este trabajo tomamos el número de créditos como un indicador y no el número de semestres. Para fines de estudio hacemos algunas consideraciones de esta variable.

En esta facultad, el nivel básico de la Licenciatura en Física (Comisión de Diseño, Evaluación y Seguimiento Curricular del Programa Educativo, 2008) corresponde a los primeros 5 semestres de la carrera (de 9), en donde, si el alumno va de acuerdo al mapa curricular (Apéndice A), logra entre el 54% y el 60% de los créditos totales que debe alcanzar para titularse (271-287). El curso formativo comienza a partir del sexto semestre en donde el alumno debe superar el 60% de los créditos solicitados. Es en este nivel de créditos en donde la materia de Mecánica Teórica es estudiada.

Para la Licenciatura en Física Aplicada (Comisión de Diseño, Evaluación y Seguimiento Curricular del Programa Educativo, 2010), el número de semestres aumenta a 10 (Apéndice B). Con créditos mínimos y máximos de titulación 297–313, respectivamente. El nivel básico consta de 6 semestres en donde el alumno debe tener entre el 52% y el 58% de créditos. Desde el séptimo semestre, el alumno

comienza su etapa formativa, donde debe alcanzar al menos el 60% de los créditos solicitados para terminar la carrera.

Tomando esto es cuenta, tenemos la hipótesis de que la materia de Mecánica Teórica ayuda a los estudiantes a completar y reforzar su entendimiento de la mecánica newtoniana. Por ello, ya que esta materia se encuentra en la marca del 60% de créditos para ambas carreras, se hace la partición de este parámetro llamado *nivel de créditos*: alumnos con menos del 60% de créditos (<60%) y alumnos con más de 60% de créditos (>60%). Esperando, desde luego, observar mejores resultados en estos últimos.

Tabla 3. 1 Número de alumnos de acuerdo a su sexo, número de créditos y carrera.

	HOMBRES		MUJERES		TOTAL
	<60 % cred.	>60 % cred.	<60 % cred.	>60 % cred.	
<b>FÍSICA</b>	47	21	23	18	109
<b>FÍSICA APLICADA</b>	34	8	14	11	67
<b>TOTAL</b>	110		66		176

En la tabla 3.1 sólo se han considerado 176 alumnos. Los 20 alumnos faltantes corresponden a estudiantes de nuevo ingreso, sin créditos aprobados al momento de la prueba. Esto con el fin de tomar un control sobre el estado de los alumnos al momento de ingresar a la facultad. El análisis de los 20 estudiantes (9 hombres y 11 mujeres) se realizó de forma separada a los 176, con el propósito de no afectar los puntajes de la muestra mayor. Es necesario señalar que estos alumnos ingresaron a la facultad a las carreras de F y FA como primeras opciones. Es decir, no son alumnos con aspiraciones a estudiar otra carrera diferente de F y FA.

Los 176 alumnos se dividen de tal forma que el peso de las muestras respecto a la población total en las carreras de F y FA de la FCFM es equivalente en ambos casos. Esto de acuerdo a las figuras 3.1 y 3.2.



Fig. 3. 1 Porcentajes de la composición de la muestra de acuerdo a su género y sus créditos.

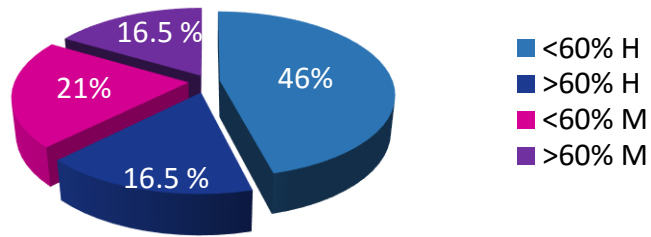


Fig. 3. 2 Distribución de la muestra de acuerdo a sexo y créditos.

### 3.2 Procesamiento de los resultados

A continuación se explica el procedimiento utilizado en cada una de las tres partes del proceso de análisis de resultados. Esto nos permitirá examinar a detalle lo obtenido en la aplicación del ICF en la FCFM.

#### 3.2.1 Operación estadística descriptiva

La muestra total bajo estudio es posible subdividirla de acuerdo a distintos factores comunes, los cuales no siempre son excluyentes. Esto dará riqueza al análisis de resultados. En la Fig. 3.3 presentamos esquemáticamente las distintas subdivisiones que pueden ser descritas estadísticamente.

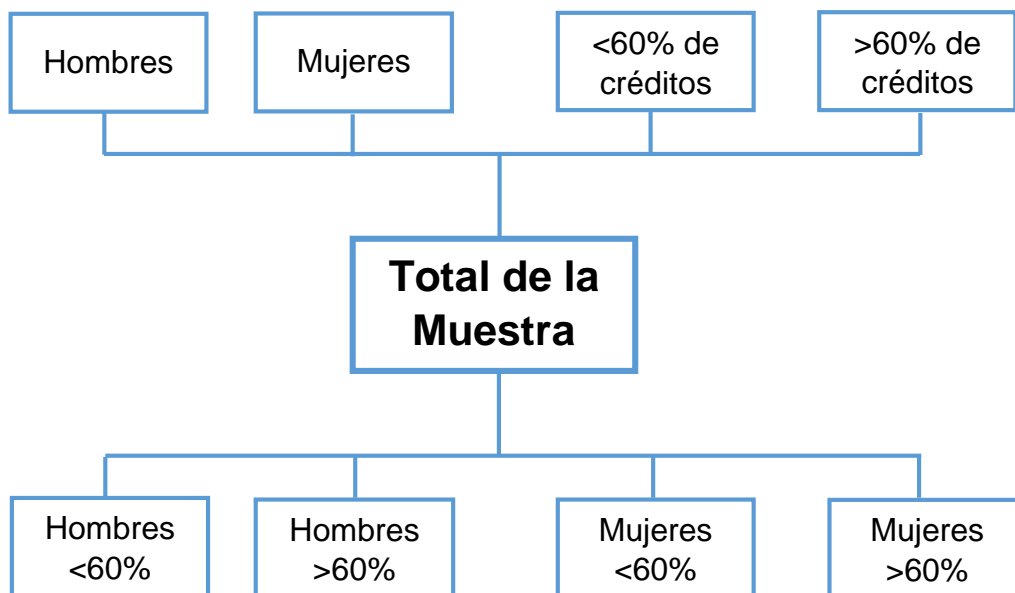


Fig. 3. 3 Se presentan las ocho categorías en las que analizamos nuestra muestra.

Distinguimos entre 8 subdivisiones (además del total) formadas considerando el género de los estudiantes y sus créditos. Para su descripción utilizamos medidas de tendencia central y de dispersión, tales como la media, moda, desviación estándar ( $\sigma$ ), máximos y mínimos. Debemos señalar que hicimos uso de las expresiones estadísticas necesarias para datos no agrupados.

Con fines de análisis y comparación de los resultados de las distintas categorías, éstos son presentados gráficamente y correlacionados al número de aciertos que se obtuvieron en cada una. Esto nos ayuda a confrontar y analizar la distribución de las respuestas en general.

### 3.2.2 Factor de correlación

De las variables presentes en nuestro estudio, hemos utilizado dos tipos de análisis de correlación: el T-test para una variable cualitativa y una cuantitativa, y el coeficiente de correlación de Pearson para dos variables cuantitativas.

Analizamos el coeficiente de correlación de Pearson para las variables “promedio”, “créditos” y “número de aciertos” por ser variables cuantitativas. Suponemos una hipótesis nula de que nuestras variables sean independientes y una hipótesis alternativa de que no lo sean. De acuerdo al análisis, si obtenemos un  $P$ -valor  $< 0.05$ , tendremos suficientes pruebas para rechazar la hipótesis nula. De esta forma podremos afirmar que existe una dependencia entre nuestras variables.

Por otro lado, utilizamos el T-test para encontrar una relación entre las variables género, clasificación por número de créditos y número de aciertos. La segunda variable se refiere al *nivel de créditos*,  $<60\%$  de créditos y  $>60\%$  de créditos (en el test toman los valores 1 y 2). Debemos señalar que esta variable es diferente a la variable *créditos*. Podemos hacer esto ya que nuestra muestra es aleatoria e independiente. En los resultados se comprobará una distribución gaussiana para la variable cuantitativa, requerimiento esencial para el uso de este tipo de test.

En el T-test se comparan las medias de la variable cuantitativa en cada una de las categorías de la variable cualitativa. Nuestra hipótesis nula será la denotada por la igualdad de medias para las categorías de la variable cualitativa. Si ese es el caso, diremos que no existe una relación entre ambas variables.

En ambos test esperamos observar que existen relaciones entre el número de aciertos obtenidos en el ICF y las variables denotadas por los alumnos. En el mejor de los casos, todas las variables tendrán algún grado de correlación con el ICF.

### 3.2.3 Análisis de respuestas incorrectas, factor de concentración

Con el propósito de obtener más información de nuestros resultados del ICF, analizamos no sólo el comportamiento de las respuestas correctas de los alumnos, sino también de las incorrectas. En el capítulo 2 de esta tesis señalamos que las respuestas incorrectas de los estudiantes nos indican los errores conceptuales en los que incurren los alumnos y nos dan una mejor visión de lo que sucede en su aprendizaje.

En principio, seleccionamos las preguntas con respuestas incorrectas dominantes. Una respuesta incorrecta se considera dominante cuando supera el 50% del total de las respuestas incorrectas. Localizadas éstas, se traducen en una tabla que nos permite conocer el error conceptual en el que incurren los estudiantes al elegir dicha respuesta. Con el fin de comparar sólo las respuestas incorrectas, se realiza su normalización respecto al total de respuestas incorrectas, es decir, descartando la correcta.

Posteriormente nos apoyamos en el factor de concentración. Introducido en el trabajo de Bao y Redish (2001), los autores presentan una medida cuantitativa para evaluar el estado de aprendizaje del alumno en el ICF.

Siguiendo su método, para cada pregunta se calcula un factor de concentración ( $C$ ), que adquiere valores entre 0 y 1, obteniendo el mayor valor si las respuestas se centran en alguna de las opciones. Este factor de concentración depende de la puntuación obtenida en el cuestionario ( $S$ ), por lo que no es una medida muy clara sobre el dominio de las respuestas incorrectas.

Por ello, se calcula un factor de concentración de respuestas incorrectas, denotado por gamma ( $\Gamma$ ). Ésta omite la puntuación correcta del factor de concentración, por lo que es independiente de  $S$ . De nuevo, este factor adquiere valores entre 0 y 1. Si  $\Gamma > 0.5$  significa que las respuestas incorrectas están concentradas en una sola opción. Los detalles del este cálculo pueden ser estudiados en (Bao & Redish, 2001).

Es necesario señalar que en las expresiones matemáticas desarrolladas en el trabajo citado, se solicita una variable  $m$  que indica el número de respuestas entre las que puede elegir el estudiante. Ellos consideran 5 ( $a, b, c, d, e$ ), nosotros consideraremos 6 ya que (como se verá en los resultados), tienen la opción de dejar sin respuesta las preguntas.

Así, se distinguen tres niveles de  $C$  y  $S$ . Puede haber una puntuación y concentración baja (**B**), media (**M**) o alta (**A**). Cuando hacemos una combinación de estos dos parámetros podemos decir si existen uno o más patrones de pensamiento (correctos e incorrectos) comunes en la muestra.

Tabla 3. 2 Niveles de relación entre C y S.

PUNTUACIÓN (S)	NIVEL	CONCENTRACIÓN (C)	NIVEL
0-0.4	<b>B</b>	0-0.2	<b>B</b>
0.4-0.7	<b>M</b>	0.2-0.5	<b>M</b>
0.7-1.0	<b>A</b>	0.5-1.0	<b>A</b>

Tabla 3. 3 La combinación de la puntuación y el factor de concentración nos dan una idea de las implicaciones en los modelos mentales del estudiantado.

COMBINACIONES S-C	MODELOS MENTALES	IMPLICACIONES
<b>A A</b> <b>B A</b>	Un modelo mental	Un modelo correcto Un modelo dominante incorrecto
<b>B M</b> <b>M M</b>	Dos modelos mentales	Dos posibles modelos incorrectos Dos modelos populares
<b>B B</b>	Sin modelos mentales	Situación de adivinanza o aleatoria

Al igual que en los procesos anteriores, distinguimos entre las categorías de la fig. 3.3 para el análisis adecuado de la evolución de los estudiantes en el proceso de formación de su pensamiento newtoniano. Esto permite estudiar los errores comunes que cometen los estudiantes durante el proceso mencionado.

En este capítulo detallamos la forma en que utilizaremos nuestras variables y los procesos necesarios para desarrollar un correcto manejo de las mismas. En la siguiente sección presentamos los resultados obtenidos, aplicando el análisis mencionado para lograr su correcta interpretación.

## Capítulo 4. Análisis de los resultados

Del procesamiento de los datos obtenidos en la aplicación del Inventario del Concepto de Fuerza, se muestra el análisis de los resultados en forma de tablas y gráficas.

### 4.1 Resultados del análisis estadístico descriptivo

#### 4.1.1 Alumnos de nuevo ingreso, sin créditos aprobados

En la Tabla 4.1 presentamos los datos estadísticos descriptivos pertenecientes a los 20 alumnos de nuevo ingreso (NI). En la fig. 4.1 se muestra la gráfica que contrasta el número de alumnos que obtuvieron cierto número de respuestas correctas.

Tabla 4. 1 Descriptivos de los reactivos de los alumnos de nuevo ingreso.

Categorías		Estadísticos descriptivos de los aciertos obtenidos				
	ELEMENTOS	MAX	MIN	MEDIA	$\sigma$	MODA
NI	20	17	3	6.85	3.76	4
HOMBRES	9	4.15	17	9.22	17.2	7
MUJERES	11	1.97	10	4.91	3.89	4

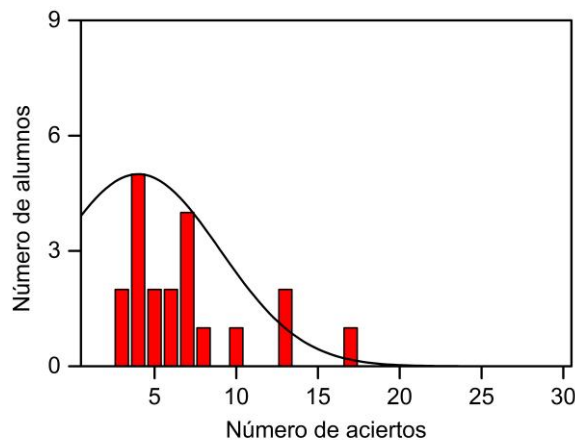


Fig. 4. 1 Cantidad de aciertos obtenidos por los alumnos de nuevo ingreso.

Observamos una distribución de datos hacia una media de 7 aciertos. Ya que estos alumnos ingresaron a las licenciaturas de F y FA como carreras de primera opción, se esperaban mejores resultados.

#### 4.1.2 Alumnos en proceso de formación del pensamiento newtoniano, créditos aprobados

Sin los estudiantes de NI, esta muestra está conformada por 176 alumnos. Hacemos el análisis de las ocho categorías presentadas en la fig. 3.3, esto nos permitirá realizar comparaciones entre géneros y créditos. Las categorías se muestran en la primera columna de la tabla 4.2, en donde también se presentan los datos estadísticos relacionados con el número de respuestas correctas.

Tabla 4. 2 Descriptivos de las muestra a analizar de acuerdo a su categoría.

Categorías		Estadísticos descriptivos de los aciertos obtenidos por cada categoría				
	ELEMENTOS	MÁX	MÍN	MEDIA	$\sigma$	MODA
<b>TOTAL</b>	176	30	4	15.3	6.51	13
<b>HOMBRES</b>	110	30	4	17.0	6.98	14
<b>MUJERES</b>	66	28	4	12.5	4.50	11
<b>&lt;60</b>	122	30	4	15.1	6.29	14
<b>&gt;60</b>	54	30	4	15.8	7.08	13
<b>&lt;60 H</b>	83	30	5	16.9	6.40	14
<b>&gt;60 H</b>	27	30	4	17.4	8.52	13
<b>&lt;60 M</b>	39	28	4	11.7	4.40	11
<b>&gt;60 M</b>	27	28	7	13.6	4.45	12

Obsérvese que la media del total de la muestra se encuentra en 15.3 aciertos, lo que representa alrededor del 50% del ICF. Éste valor es mayor para las muestras que incluyen hombres y menor para las categorías con sólo mujeres. A pesar de esto, son las categorías de mujeres en donde existe una mayor estabilidad de sus resultados pues tienen la menor desviación estándar.

Los alumnos que se encuentran en los cursos de Física General (<60%) contestan en promedio el 50% del ICF correctamente, esto de acuerdo a su media. Para los alumnos que han cursado Mecánica Teórica (>60%), este porcentaje se eleva a 52%, un resultado poco satisfactorio.

Creemos que este resultado se debe a una mejora en la comprensión y madurez de los conceptos intrínsecos del estudiante y no al paso de los cursos de Física General a Mecánica Teórica. Esto nos lleva a pensar que la formación conceptual de la mecánica newtoniana se da en los cursos de física general.

El análisis de la muestra de aplicación del ICF nos indica el panorama general del rendimiento que los alumnos tienen sobre el concepto de Fuerza. En la Fig. 4.2 presentamos el porcentaje de respuestas correctas que obtuvo la muestra, de

acuerdo al número de pregunta. Las barras en rojo nos indican el porcentaje de alumnos que no contestaron dicha pregunta.

Se observa que las preguntas 7 y 12 (primera ley y gravitación como un tipo de fuerza) son las mejor contestadas. A partir del reactivo 15 se observa un incremento en el porcentaje de ítems no respondidos.

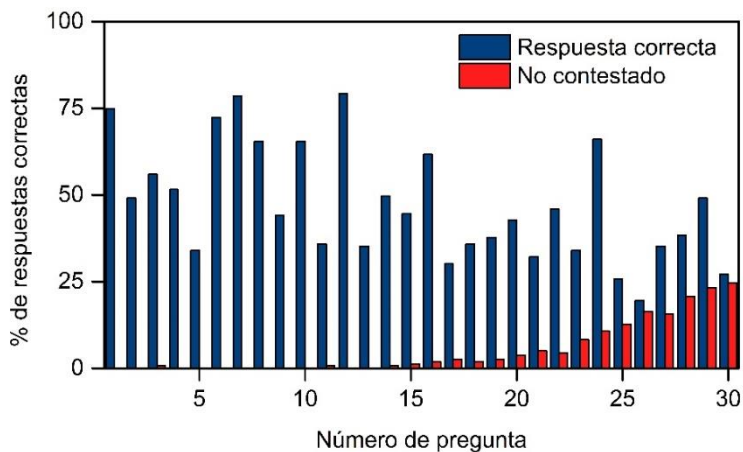


Fig. 4. 2 Se muestra el porcentaje de aciertos que se obtuvieron en cada reactivo.

Es evidente que no todos los estudiantes de la muestra dejaron preguntas sin responder. De acuerdo a la Tabla 4.3, el 75% contestó los 30 reactivos. El 25% restante se reparte hasta llegar a 2 alumnos que sólo contestaron 14 preguntas del ICF.

Tabla 4. 3 Cantidad de preguntas contestadas por los alumnos.

PREGUNTAS CONTESTADAS	30	29	28	27	26	25	24	23	22	20	19	17	16	14
ALUMNOS	132	3	4	5	3	4	8	3	5	3	2	1	1	2

Consideramos que los resultados relacionados con la ausencia de respuestas, se deben a demoras en la reflexión de cada posible respuesta causadas por la falta de habilidades de análisis.

Al contrastar el número de alumnos contra el número de respuestas correctas, observamos una gráfica con dos modas. La primera nos dice que poco más de 18 alumnos obtuvieron entre 13 y 14 reactivos correctos. La segunda se sitúa en la marca de 28 respuestas correctas con 8 alumnos. Sólo dos personas lograron acumular 30 reactivos correctos. El 81% de los alumnos se encuentra bajo la primera curva, dejando al 19% bajo la segunda moda. Esto se asemeja a la

eficiencia terminal mostrada en la Introducción, por lo que puede existir una relación entre el desempeño en el ICF y la ET.

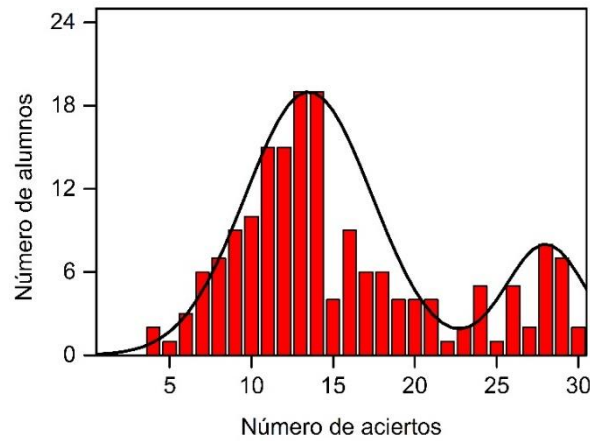


Fig. 4. 3 Una distribución bimodal se dibuja en el número de alumnos contra el número de aciertos.

Cuando hacemos la distinción entre la muestra de hombres y mujeres, nos damos cuenta que las respuestas correctas de los hombres se distribuyen de tal forma que logran más de 20 aciertos. En las mujeres existe una concentración alrededor de 11 respuestas correctas. Se observa que la tendencia bimodal marcada en el total de alumnos (Fig. 4.3), está guiada por la muestra de alumnos hombres y no por las mujeres.

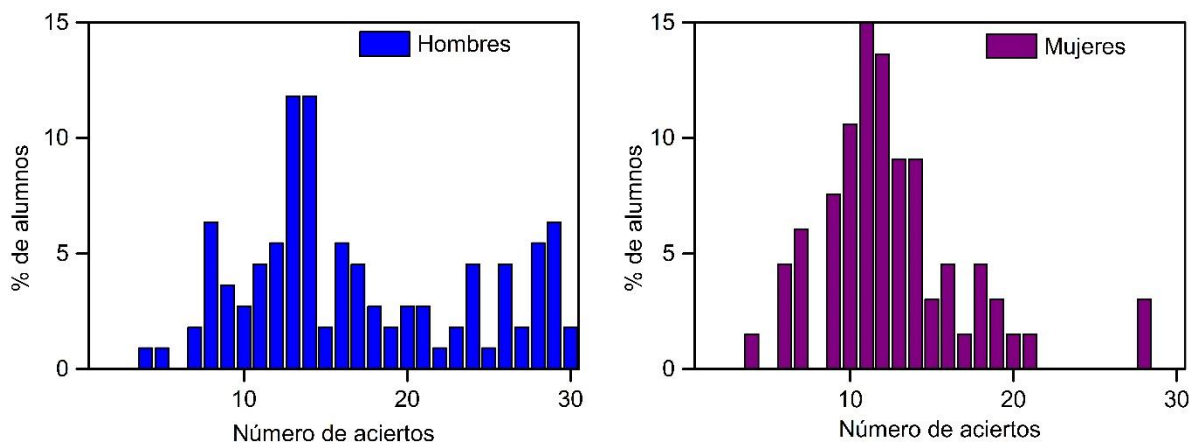


Fig. 4. 4 Número de aciertos de acuerdo al porcentaje de alumnos hombres y mujeres que los obtuvieron.

Al separar la muestra en alumnos con más y menos del 60% de los créditos (Fig. 4.5), no se nota una gran distinción entre las distribuciones. Sin embargo, se hace evidente el mayor grado de dispersión marcado por la desviación estándar sobre los alumnos con más del 60% de créditos (7.08).

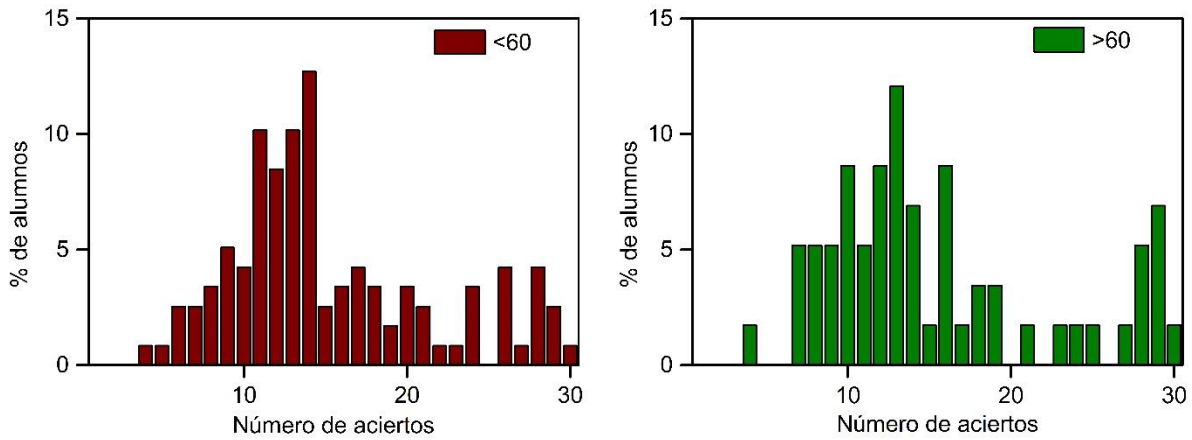


Fig. 4. 5 Número de aciertos de acuerdo al porcentaje de alumnos con más y menos del 60% de créditos.

La distribución de los alumnos hombres con más del 60% de créditos se ve cortada en repetidas ocasiones (Fig. 4.6). Sin embargo se nota que esta categoría obtuvo las mejores puntuaciones. Para los estudiantes hombres con más del 60% de créditos, la dispersión es de 8.52 ya que, como se observa, algunos alumnos logran despegarse de la media hacia una mejor puntuación.

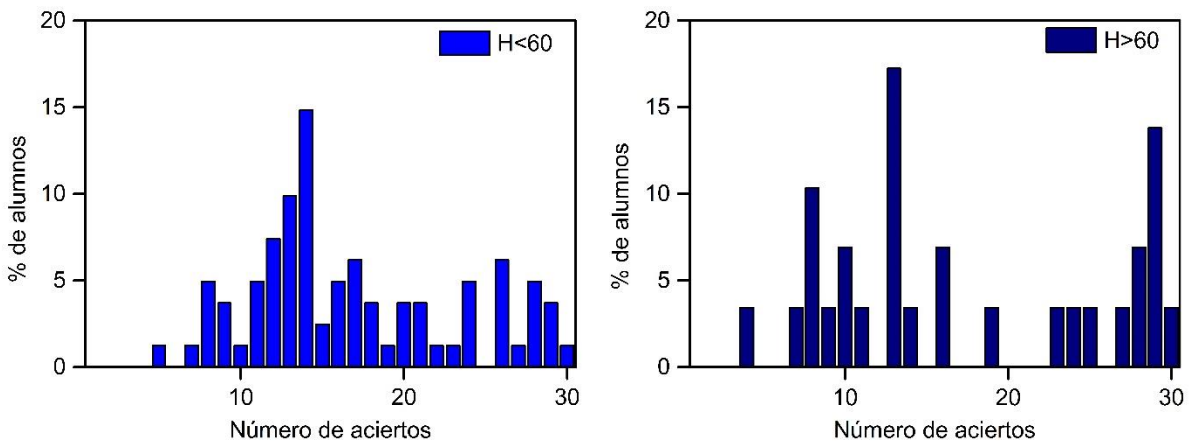


Fig. 4. 6 Número de aciertos de acuerdo al porcentaje de alumnos hombres con más y menos del 60% de créditos.

Las Fig. 4.7 muestra a las mujeres. Se dibuja una distribución leptocúrtica para menos de 60% de créditos pues se concentran alrededor del valor de 11 aciertos. De acuerdo a la Tabla 4.2, las desviaciones estándar de estas muestras son estadísticamente iguales. Esto nos señala que las alumnas mantienen su nivel de comprensión durante la carrera.

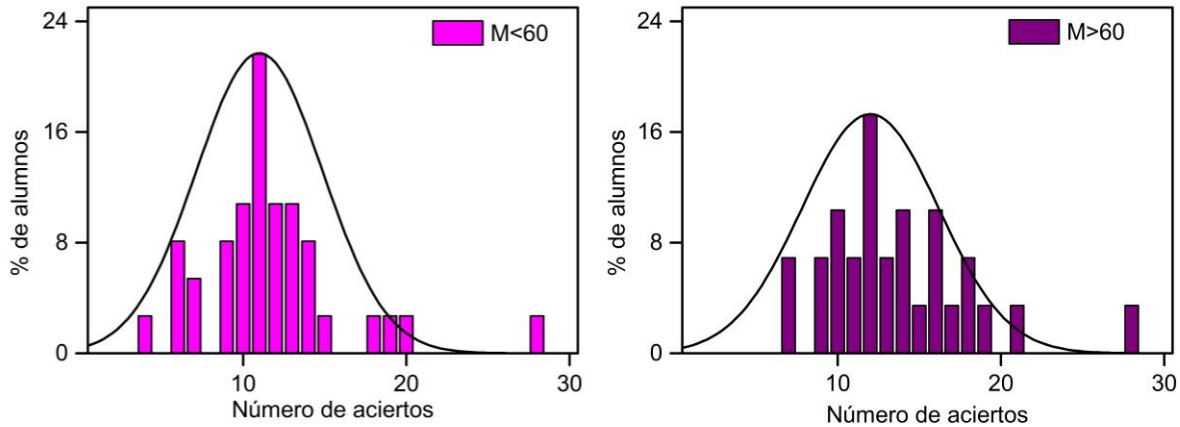


Fig. 4. 7 Distribución del número de aciertos de acuerdo al porcentaje de alumnas mujeres con más y menos del 60% de créditos.

#### 4.2 Resultados del análisis de correlación entre las variables

A continuación mostramos los resultados obtenidos del análisis de correlación entre las variables *género*, *promedio*, *créditos*, *nivel de créditos* y *número de aciertos* en el ICF. De acuerdo al tipo de tratamiento (sección 3.5.2) se obtiene lo siguiente.

En principio, observamos la gráfica que contrasta las variables *promedio* y *número de aciertos* de la muestra total. La línea roja representa el ajuste lineal.

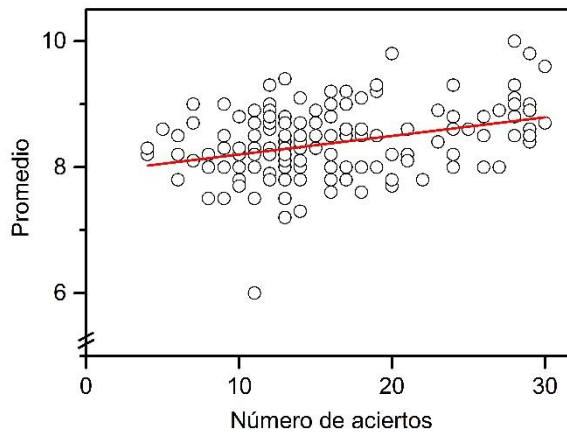


Fig. 4. 8 Dispersión de los 176 alumnos de acuerdo a su promedio y su número de aciertos.

El coeficiente de Pearson para estas dos variables es de 0.3655 con  $\mathcal{P}$ -valor = 6.091e-07. Estos parámetros permiten validar la hipótesis alternativa y afirmar que las variables *promedio* y *número de aciertos* están correlacionadas. Efectivamente, analizando el *promedio vs el número de aciertos*, mediante un ajuste

de mínimos cuadrados lineal, la pendiente de la curva roja es igual a 0.02975, interceptando al eje y en 7.89.

Analicemos el desempeño de la muestra a partir de la posible correlación de las variables *género* y *número de créditos*. Estos resultados se presentan en la Fig. 4.9. De acuerdo al análisis de correlación, las cuatro categorías tienen un valor de aceptación ( $\mathcal{P}$ -valor) menor a 0.05. De acuerdo a la teoría, el análisis es procedente, por lo que se puede afirmar la existencia de una correlación entre el *promedio* y el *número de aciertos* para las cuatro categorías. Obsérvese que, por el coeficiente de Pearson, en las muestras de Hombres y en alumnos con más del 60% de créditos esta correlación es más fuerte.

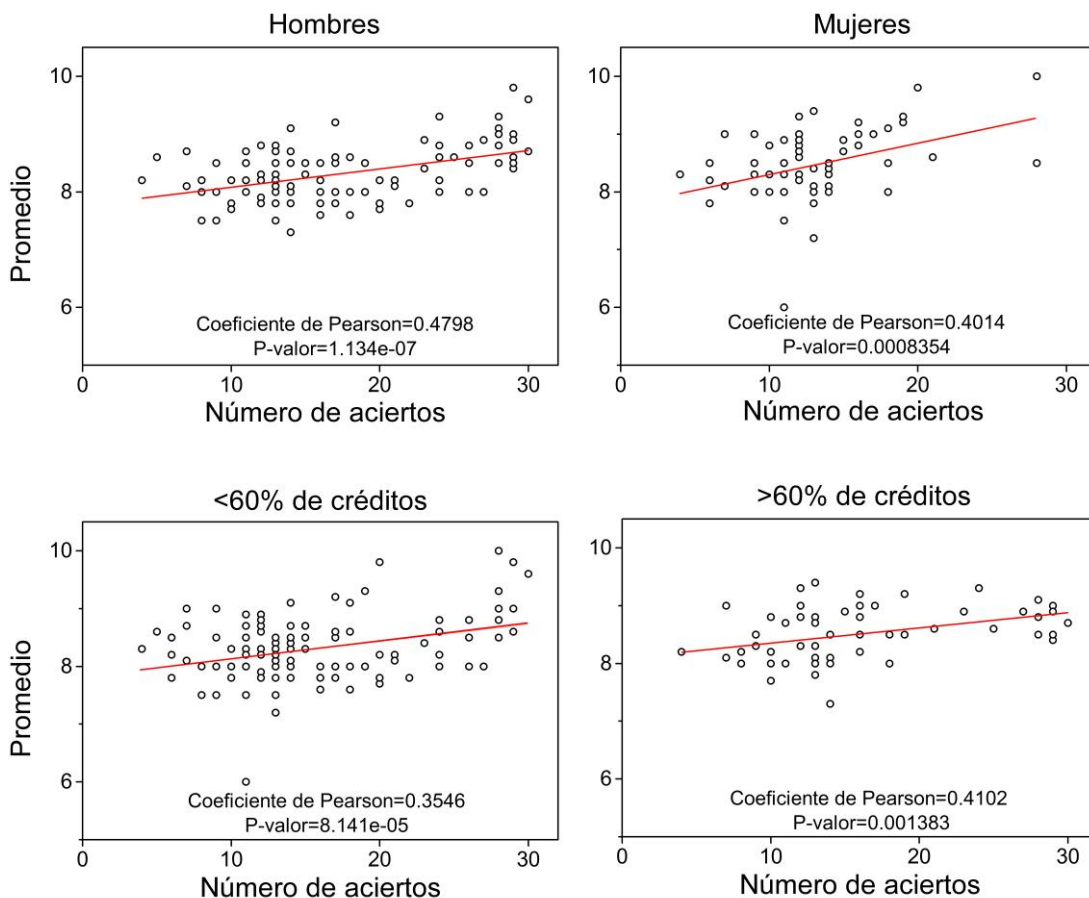


Fig. 4. 9 Distribución del número de aciertos contra el promedio de las categorías mujeres, hombres, <60% y >60% de créditos de la muestra total.

Es interesante conocer cómo se da la correlación entre las variables *créditos* y *número de aciertos*. Analizando la posible correlación entre estos parámetros, se obtuvo un coeficiente de Pearson igual a 0.039, y el  $P$ -valor = 0.6022. De acuerdo a la teoría (ver secc. 3.2.2) no podemos establecer una relación lineal evidente entre

las variables *créditos* y *aciertos*. Esto permite concluir que estas variables no están correlacionadas, tal como se observa en la fig 4.10.

Recordemos que la variable *nivel de créditos* se deriva de la variable *créditos*. Ya que la primera es cualitativa, es interesante conocer si existe una correlación entre ésta y el número de aciertos. Realizando el t-test para la variable *nivel de créditos* como cualitativa y *número de aciertos* como variable cuantitativa, obtenemos  $t = -0.24$ , y  $\mathcal{P}\text{-valor} = 0.8092$ . En virtud que  $\mathcal{P}\text{-valor} > 0.05$ , podemos reafirmar que el número de aciertos del ICF no depende del nivel en que se encuentren los alumnos (<60% o >60%) de acuerdo a su número de créditos.

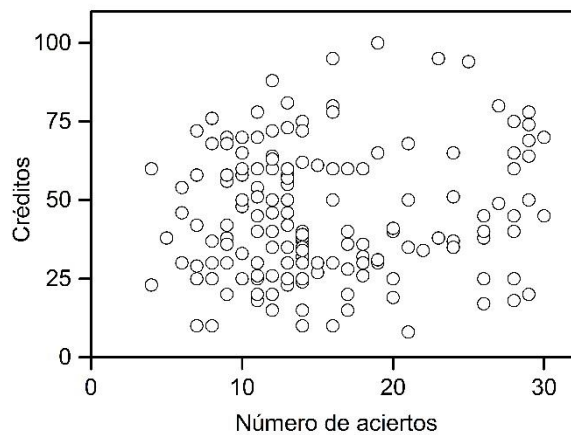


Fig. 4. 10 Distribución del número de aciertos contra el número de créditos de cada uno de los 176 alumnos.

Lo anterior puede explicarse si aceptamos que el avance del estudiante en el plan de estudios no implica que el alumno logre un aprendizaje significativo. En consecuencia, la consolidación del pensamiento newtoniano no se da mediante la aprobación de cursos, por lo que el educando porta errores conceptuales durante sus cursos posteriores.

Es interesante investigar el desempeño del alumno en dependencia del *género*. Las gráficas preliminares muestran dinámicas diferentes para hombres y mujeres (ver Fig. 4.6 y 4.7). Realicemos el análisis de correlación para estos casos.

Ejecutando el t-test con la variable cuantitativa *número de aciertos* y la variable cualitativa *género*, obtuvimos un valor de  $t = 5.19$  y  $\mathcal{P}\text{-valor} = 0.568$ . Es decir, tenemos la suficiente evidencia para afirmar que el número de aciertos en el ICF depende del género de los estudiantes.

Es importante conocer cómo los alumnos de distintos géneros transitan los niveles básico y formativo de la carrera. Para ello realizamos la prueba de

correlación para las cuatro últimas categorías de la Tabla 4.1; esto es, hombres con más y menos del 60% de créditos y mujeres con más y menos del 60% de los mismos.

Con el fin de conocer si existen similitudes entre las muestras de hombres y mujeres con el mismo *nivel de créditos*, realizamos el t-test. En la Tabla 4.4 se muestran los valores obtenidos. Para alumnos con menos del 60% de créditos, se observa un  $\mathcal{P}$ -valor mucho menor a 0.05. Por lo que afirmamos la existencia de correlación entre el *género* y el número de aciertos en el ICF. En alumnos con más del 60% de créditos, esta correlación sigue siendo verdadera aunque, de acuerdo al valor de  $t$ , es menor que para alumnos con >60% de créditos.

Tabla 4. 4 Valores de la prueba T de Student para analizar la correlación entre el número de aciertos con el género.

PARÁMETROS	MUESTRAS DE ETUDIO			
	<60%		>60%	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
T	5.143		2.1231	
$\mathcal{P}$ -VALOR	1.388e-06		0.03964	
MEDIA	16.92	11.70	17.44	13.65

Siguiendo con el análisis, realizamos el t-test para alumnos con más y menos del 60% de créditos. Esto en las muestras de hombres y mujeres por separado. De acuerdo a la Tabla 4.5, en la muestra de hombres, la media de los alumnos con más del 60% d créditos es muy cercana a la media de alumnos con menos del 60% de créditos. Lo mismo se observa para la muestra de mujeres. Esto quiere decir que la variable *nivel de créditos* no está correlacionada con la variable *género*. Lo que se reafirma con los valores de  $\mathcal{P}$ -valor < 0.05 para ambas muestras.

Tabla 4. 5 Valores de la prueba T de Student para analizar la correlación entre el número de aciertos con el nivel de créditos.

PARÁMETROS	MUESTRAS DE ETUDIO			
	Hombres		Mujeres	
	<60%	>60%	<60%	>60%
T	-0.30095		-1.7744	
$\mathcal{P}$ -VALOR	0.765		0.081	
MEDIA	16.92	17.44	11.70	13.65

De esta forma, en base a estos valores demostramos que existe una correlación entre el *género* y el puntaje obtenido en el ICF sin importar el nivel formativo en que se encuentre el discente.

Así entonces, de nuestras pruebas de correlación podemos afirmar que existe una relación lineal entre el *promedio* de los alumnos y el *número de aciertos* obtenidos en el ICF. Esto quiere decir que podemos relacionar las calificaciones que obtienen los alumnos al final del semestre con su comprensión de los conceptos fundamentales de la física newtoniana.

Otro resultado interesante es que se encontraron evidencias contundentes de que el número de aciertos del ICF dependen del género del estudiante sin importar su avance en la carrera. Es decir, no existe una relación entre el número de créditos, con el número de aciertos.

Podemos decir entonces que el avance de los alumnos en la carrera, no está relacionado con su entendimiento en los conceptos newtonianos. Es decir, la enseñanza que están recibiendo en el nivel formativo de sus carreras no se ve reflejada en los resultados del ICF.

### **4.3 Análisis de respuestas incorrectas, factor de concentración**

Como se ha observado en los análisis anteriores, existen preguntas en que los alumnos presentan un mejor rendimiento que en otros (ver Fig 4.2). Es importante, para los fines de este estudio, conocer como los estudiantes responden mal a las preguntas del ICF, a partir de lo cual será posible detectar errores conceptuales, creencias de sentido común, etc.

Una categoría de preguntas incorrectas a señalar son las *incorrectas dominantes*, éstas son aquellas que corresponden a más del 50% del total de las respuestas incorrectas para un ítem en particular.

En la tabla 4.6 se muestra una relación de las respuestas incorrectas dominantes que los estudiantes dieron en el ICF de manera puntual. En ésta se observa el porcentaje de respuestas correctas que obtuvo cada pregunta; el porcentaje de respuesta incorrecta dominante y la normalización de ésta respecto al total de respuestas incorrectas para dicha pregunta. Además, incluimos el error conceptual en el que incurren los alumnos al elegir la respuesta incorrecta dominante.

Tabla 4. 6 Resultados de las respuestas dominantes del ICF para la muestra total.

PREGUNTA	CORRECTAS %	INCORRECTAS DOMINANTES %	INCORRECTAS DOMINANTES NORMALIZADAS %	ERRORES CONCEPTUALES
1	79.0	(D) 11.4	54.1	Objetos pesados caen más rápido
2	51.7	(D) 25.6	52.9	Objetos pesados caen más rápido
4	55.1	(A) 42.6	94.9	Masa mayor implica mayor fuerza
6	78.4	(A) 17.6	81.6	Existencia de ímpetu circular
9	45.5	(C) 31.3	57.3	No consideran la composición vectorial de la velocidad
11	36.9	(C) 34.7	55.0	Ímpetu concebido como fuerza
12	83.5	(C) 13.1	79.3	No considerar temporalidad del ímpetu
13	36.9	(C) 41.5	65.8	No considerar temporalidad del ímpetu
14	54.5	(A) 30.1	66.3	La masa de las cosas hace que detengan
15	46.6	(C) 38.1	71.3	El agente más activo produce la mayor fuerza
16	61.9	(C) 23.3	61.2	El agente más activo produce la mayor fuerza
17	27.8	(A) 65.3	90.6	Las mayor fuerza determina el movimiento
19	40.3	(D) 30.1	50.5	Relación posición-velocidad es discriminada
27	43.8	(D) 27.3	48.5	Ímpetu concebido como fuerza activa
30	29.5	(E) 35.8	50.8	Ímpetu concebido como fuerza activa

Como un comentario adicional a esta tabla, hacemos notar que la pregunta número 28 (relacionada con la tercera Ley de Newton) fue la que tuvo frecuencia más alta de no respuestas, es decir, la que dejaron más alumnos sin contestar.

La mayoría de las preguntas con respuestas incorrectas dominantes corresponden al concepto de momentum y su conservación. Clasificamos dos tipos fundamentales de errores.

En primer lugar, algunos estudiantes entienden el momentum como una fuerza intrínseca en los objetos, como un poder que los “hecha” a andar y que mantiene las cosas en movimiento. Otro grupo considera que el momentum circular es una “fuerza” que mantiene los objetos moviéndose en trayectoria circular. Ya que todo esto contradice la primera ley de Newton, es evidente la presencia de errores conceptuales en los modelos mentales que el alumno maneja. Esto se evidencia en el poco razonamiento del estudiante al afrontar situaciones que manifiesten esta ley.

El segundo error que los estudiantes cometen en mayor medida, es considerar un “principio de dominación” en el que el elemento más grande, más activo o más masivo, es el que actúa con mayor fuerza en el sistema. Esto, evidentemente, contradice el principio de acción y reacción. De nuevo, los alumnos carecen de una correcta interpretación de la tercera Ley.

Lo obtenido en este análisis se basa en la observación de la frecuencia de las respuestas erróneas obtenidas por los alumnos. El análisis matemático del factor de concentración de las respuestas obtenidas, nos dará la distribución de las respuestas erróneas, centrándonos en las dominantes. Esto a partir de parámetros establecidos (ver sección 3.2.3) podremos saber si los alumnos poseen un modelo mental correcto o uno o varios modelos mentales incorrectos.

En la tabla 4.7 mostramos los valores de puntuación o aciertos  $S$  y los valores de concentración  $C$  obtenidos por los 176 alumnos. Además, se hace la combinación de niveles entre estos dos parámetros.

Tabla 4. 7 Valores de  $S$  y  $C$  obtenidos por los 176 alumnos para los 30 reactivos del ICF.

PREGUNTA	$S$	$C$	NIVEL	PREGUNTA	$S$	$C$	NIVEL
1	0.79	0.66	<b>AA</b>	16	0.62	0.44	<b>MM</b>
2	0.52	0.32	<b>MM</b>	17	0.28	0.51	<b>BA</b>
3	0.61	0.43	<b>MM</b>	18	0.37	0.19	<b>BB</b>
4	0.55	0.49	<b>MM</b>	19	0.40	0.21	<b>BM</b>
5	0.30	0.14	<b>BB</b>	20	0.44	0.21	<b>MM</b>
6	0.78	0.67	<b>AA</b>	21	0.32	0.10	<b>BB</b>
7	0.84	0.73	<b>AA</b>	22	0.49	0.27	<b>MM</b>
8	0.65	0.46	<b>MM</b>	23	0.37	0.15	<b>BB</b>
9	0.45	0.29	<b>MM</b>	24	0.69	0.50	<b>MM</b>
10	0.70	0.53	<b>MA</b>	25	0.30	0.12	<b>BB</b>
11	0.37	0.22	<b>MM</b>	26	0.22	0.09	<b>BB</b>
12	0.84	0.74	<b>AA</b>	27	0.44	0.23	<b>MM</b>
13	0.37	0.29	<b>BM</b>	28	0.41	0.20	<b>MB</b>
14	0.55	0.38	<b>MM</b>	29	0.53	0.31	<b>MM</b>
15	0.47	0.35	<b>MM</b>	30	0.30	0.19	<b>BB</b>

Hemos clasificado estos datos de acuerdo a su nivel. Así, en la tabla 4.8, observamos que, para esta muestra, existen siete niveles de combinación para la puntuación y el factor de concentración.

Tabla 4.8 Se muestra el tipo de pregunta de acuerdo a la combinación de S y C.

TPO	NÚMERO DE PREGUNTA
<b>BB</b>	5, 18, 21, 23, 25, 26, 30
<b>BM</b>	13, 19
<b>BA</b>	17
<b>MB</b>	28
<b>MM</b>	2, 3, 4, 8, 9, 11, 14, 15, 16, 20, 21, 24, 27, 29
<b>MA</b>	10
<b>AA</b>	1, 6, 7, 12

Las preguntas con baja puntuación y baja concentración se refieren, en su mayoría, a la Primera Ley de Newton (5, 18, 23, 25, 26). Podemos decir, entonces, que los estudiantes lidian con modelos mentales que no les permiten dar una respuesta acertada, o que lo hacen de forma aleatoria.

Las preguntas que tienen una combinación alta en puntuación y concentración, se refieren a Tipos de fuerza (1, 12) y Primera Ley (6 y 7). Recordemos que esto no nos indica que los estudiantes presentan un pensamiento newtoniano en estos temas, pues de acuerdo a lo estudiado en el capítulo 3 de esta tesis, el ICF no revela si el alumno posee un correcto pensamiento newtoniano.

Como se observa, existen preguntas de la primera Ley de Newton que se encuentran entre las de mejor y peor nivel. Esto se puede explicar a partir del contexto en el que se desarrolla la situación pues para cada pregunta es distinto. Además, el 50% de las preguntas pertenecientes a este tema, se encuentran en un nivel bajo de puntuación y concentración, lo que permite manejar la primera Ley como un concepto de poco entendimiento.

Graficando los  $S$  y  $C$ , se muestra una distribución lineal positiva. Si bien, no hay puntuaciones ni factores de concentración que lleguen a 1, tampoco existen aquellos que son cero. Cuatro puntos se separan hacia valores grandes de  $S$  y  $C$ , estos representan a las preguntas con **AA**. El valor aislado sitúa a la pregunta 17, un reactivo que habla tanto de la primera Ley de Newton como del principio de superposición.

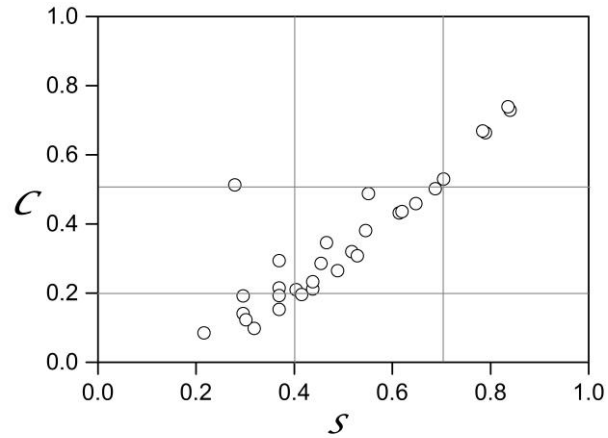


Fig. 4. 11 Distribución  $S$  vs  $C$  para la muestra de 176 alumnos.

Estudiaremos ahora la distribución del actor de concentración en los seis temas del ICF: cinemática, primera, segunda y tercera Ley de Newton, principio de superposición y tipos de fuerza. Para efectos de un mejor análisis, en la fig. 4.11 hemos separado la muestra en hombres y mujeres para conocer si los errores cometidos en cada tema se relacionan con el género del estudiante.

En cada gráfica se encuentran anotados los números de las preguntas que corresponden a dicho tema. Así, se observan resultados interesantes.

Observamos que los promedios del factor de concentración y puntuación, son mayores para los alumnos hombres en la mayoría de los temas. Sólo en el principio de superposición es donde el factor de concentración se mantiene, aumentando la puntuación al mínimo.

Con estos resultados se reafirma lo obtenido en el análisis de correlación de las variables. Ya que las alumnas demostraron comprender en menor medida los conceptos newtonianos.

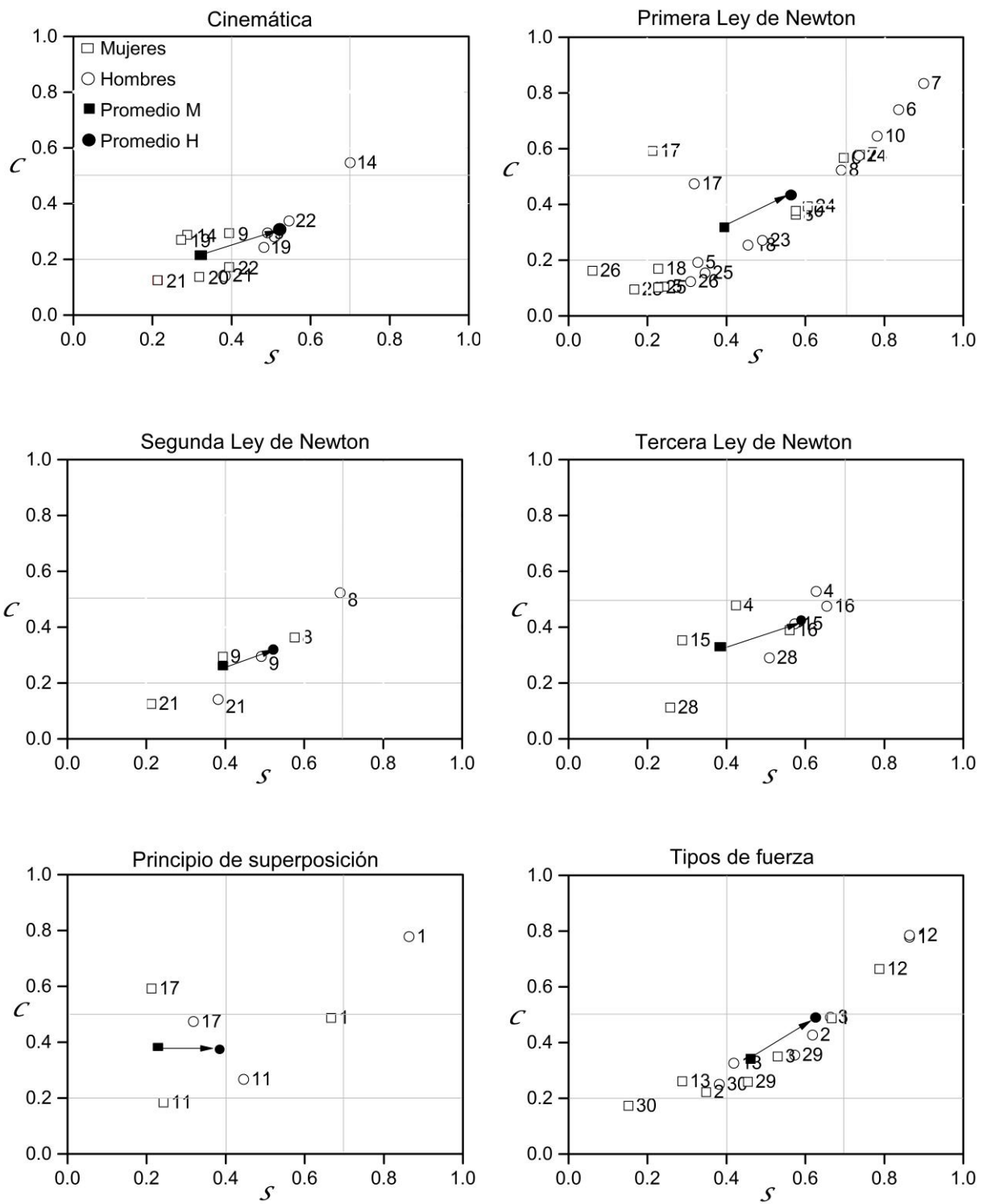


Fig. 4.12 Resultados del factor de concentración para la muestra de hombres y mujeres. Las preguntas se han separado de acuerdo a su tema en el ICF. Los puntos negros indican el promedio de los resultados.

Ya hemos estudiado el comportamiento de los alumnos alrededor de las respuestas correctas. Ahora, utilizaremos  $\Gamma$  para estudiar la concentración de las respuestas incorrectas. Los puntos con concentraciones de  $\Gamma$  altas ( $>0.3$ ) nos indican que existen modelos mentales incorrectos fuertemente arraigados o simplemente una elección al azar de las respuestas por parte de los alumnos.

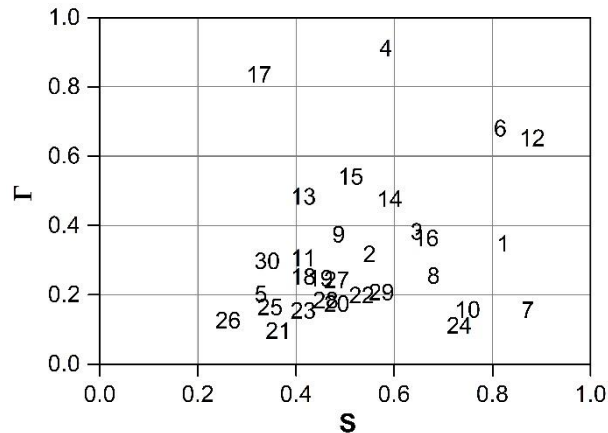


Fig. 4. 13 Se muestran los factores Gamma y Puntuación para las treinta preguntas del ICF.

De la Fig. 4.13 hemos tomado las preguntas con respuesta incorrecta predominante que muestran un factor  $\Gamma > 0.3$ . Ya que nos indican los temas en que los estudiantes eligen mayormente respuestas erróneas. En la tabla 4.9 se puede observar la distribución de las mismas y la explicación del posible pensamiento newtoniano (incorrecto) del alumno.

Tabla 4. 9 Modelos mentales incorrectos de acuerdo a las preguntas con mayor concentración del factor gamma.

PREGUNTA	RESP.INC.PRED.	% DE ALUMNOS	MODELO
1	D	11.3	Objetos pesados caen más rápido
2	D	25	Objetos pesados caen más rápido
3	A	18	Fuerza acelera hasta una velocidad constante
4	A	42.6	Masa mayor implica mayor fuerza
6	A	17.6	Existencia de ímpetu circular
9	C	31.2	No consideran la composición vectorial de la velocidad
12	C	14	No considerar temporalidad del ímpetu
13	C	41.4	No considerar temporalidad del ímpetu
14	A	30.1	La masa de las cosas hace que detengan
15	C	38	El agente más activo produce la mayor fuerza
16	C	23.2	El agente más activo produce la mayor fuerza
17	A	65.3	Las mayor fuerza determina el movimiento

De esta tabla, existen tres errores que afectan la comprensión de la primera y tercera Ley de Newton, además de distorsionar su entendimiento respecto a la forma en que actúa la gravedad sobre los objetos.

Al comparar los resultados presentados en las tablas 4.9 y 4.6, se observa que no todas las preguntas con respuestas incorrectas dominantes tienen un factor gamma superior a 0.3. La explicación a esto se da en la presencia de otra respuesta incorrecta con frecuencia cercana a la dominante. Ya que el factor de correlación sólo es alto cuando una de las respuestas incorrectas tiene mayor número de elecciones con respecto a las demás respuestas incorrectas.

Si bien no todas las preguntas de la Tabla 4.6 aparecen en la Tabla 4.9, si se pueden apreciar los mismos errores conceptuales. Por lo tanto, podemos afirmar que el tema que tiene un menor rendimiento es la primera Ley de Newton, seguida por la tercera Ley. Además, se reitera que los estudiantes hombres tienen mejor desempeño en los temas del ICF, exceptuando el principio de superposición ya que su puntuación es similar al de las mujeres (fig. 4.12).

Con este análisis hemos identificado las áreas en las que los estudiantes tienen un rendimiento bajo. Localizando estas áreas podemos implementar modelos educativos que permitan la comprensión del estudiante de temas particulares durante las clases, centrandolo el tema en la comprensión de los conceptos que son de menor asimilación.

## Capítulo 5. Conclusiones

En esta tesis de investigación educativa, mostramos que la aplicación de herramientas de diagnóstico extracurriculares, permite detectar fallos en la comprensión de los conceptos necesarios para consolidar la formación académica del estudiante, cumplir los plazos estipulados en el plan de estudio y garantizar la continuidad de la formación del educando.

Utilizamos el Inventario de Conceptos de Fuerza como la herramienta de diagnóstico. Conocido por su función de evaluar y diagnosticar dificultades en los conceptos adquiridos en cursos de física newtoniana. El ICF generalmente se aplica al inicio y al final del curso de mecánica con el objeto de ponderar el desempeño del curso en la formación del estudiante. Ha sido utilizado y estudiado internacionalmente en la física educativa por ser un Inventario de Conceptos altamente informativo.

Los resultados que obtuvimos en la aplicación del ICF se analizaron en tres estadios: un estudio estadístico descriptivo (sección 3.5.1), la búsqueda de correlación entre las variables implicadas en el estudio (sección 3.5.2), y el análisis de modelos comunes incorrectos a través del factor de concentración (sección 3.5.3).

En el análisis de la estadística descriptiva, encontramos que los alumnos de nuevo ingreso no presentan un pensamiento newtoniano. Los alumnos que aprobaron los cursos de mecánica general responden correctamente el 50% del ICF. Este porcentaje se incrementa marginalmente en un 2% después de tomar cursos de mecánica teórica. Esto nos dice que las ideas previas de los estudiantes que ingresan a las carreras de Física y Física Aplicada, están fuertemente arraigadas y la metodología utilizada en la FCFM no logra corregirlas en su mayoría. Consideramos que un 50% de respuestas positivas de estudiantes físicos, próximos a graduarse, es un resultado que demanda mejoras.

En el segundo momento del análisis, realizamos la búsqueda de correlación significativa entre los reactivos obtenidos y las variables: promedio, número de créditos y género. De nuestras pruebas de correlación (coeficiente de Pearson y  $t$  de Student), podemos afirmar que existe una relación lineal entre el promedio de los alumnos y el número de aciertos obtenidos en el ICF. Por otro lado, se demostró con ambas pruebas, que no existe una relación entre el número de créditos y el número de aciertos. También observamos que los resultados del ICF dependen del género del estudiante.

A partir del último proceso de análisis, obtenemos datos cuantitativos que nos permiten conocer los errores comunes y las falsas concepciones de los alumnos al tratar los conceptos involucrados con el de fuerza. Para ello utilizamos el método de Bao y Redish (2001) en el que se estudia el factor de concentración. Éste nos indica el modelo mental que predomina en cada pregunta. Similarmente, un factor gamma nos indica los errores conceptuales que prevalecen en los alumnos cuando eligen alguno de los distractores del ICF. Se observó que las preguntas con el menor factor de concentración ( $<0.2$ ) y baja puntuación ( $<0.4$ ) se referían, en su mayoría, a la primera Ley de Newton.

De las tres leyes, la primera es inminentemente conceptual y no necesita un manejo operacional. Esto refuerza la necesidad de mejorar la comprensión de los conceptos elementales en los alumnos. Además, en los tres procesos de análisis hemos encontrado una diferencia entre los resultados obtenidos por hombres y mujeres. Si bien, en algunas preguntas se notaron mejores resultados por mujeres, los hombres son quienes obtienen las puntuaciones más altas.

Así entonces, del análisis de los resultados arrojados por el ICF como herramienta de diagnóstico, podemos concluir que los estudiantes físicos de la FCFM tienen problemas para lograr un aprendizaje significativo del concepto de fuerza, incluyendo las leyes de Newton, cinemática, principio de superposición y tipos de fuerza, todos necesarios para su formación.

Paralelamente, las siguientes conclusiones dan cuenta de lo anterior:

- Algunos cursos no están cumpliendo con su objetivo, lograr un aprendizaje significativo del estudiante.
- Los factores que afectan el rendimiento académico del discente pueden ser económicos, sociales, familiares, entre otros (Guzmán Brito, 2012) (Navarro, 2003). Sin embargo, de acuerdo a Colmenares y Delgado (2008), la trayectoria académica tiene un gran peso negativo si es de fracaso, es decir, si ha reprobado materias con anterioridad.
- Es claro que las implicaciones en la enseñanza son graves. Si los estudiantes no dominan los conceptos newtonianos fundamentales, no podrán comprender gran parte del material de los cursos subsecuentes.
- La comprensión errónea de conceptos fundamentales del tronco de la licenciatura, es una amenaza para el RA de los discentes ya que puede afectar su permanencia en la institución y la conclusión de la carrera.
- La falta de vinculación de las clases teóricas con las prácticas de laboratorio, afecta negativamente el aprovechamiento del alumno. Se ha demostrado que su correcta vinculación mejora los aprendizajes conceptuales (Bernardino, López, 2002).

Sabemos que la física es una ciencia práctica y teórica. Por ello, durante el proceso enseñanza-aprendizaje no se debe olvidar que el manejo conceptual está a la par, y no rezagada, a la operatividad matemática implícita en el abordaje de fenómenos físicos.

En este punto podemos preguntarnos, ¿por qué la educación basada en conceptos es la deseable? En el plan de estudios de la carrera de física de la FCFM, se afirma que se han escrito los programas y las metodologías de trabajo para lograr un aprendizaje constructivista.

Esta metodología de aprendizaje se basa en que el alumno construya sus propios conocimientos desde sus experiencias previas. En un debate sostenido por diversos académicos (Gil Pérez, y otros, 1999), se resalta la importancia que tiene la orientación constructivista para el aprendizaje de conceptos: “el aprendizaje de las ciencias es concebido así, no como un simple cambio conceptual, sino como un cambio a la vez conceptual, metodológico y actitudinal”.

No obstante, la mayoría de los cursos en la FCFM, son impartidos mediante un modelo tradicional. En donde el profesor dirige la clase desde el pizarrón, dejando a los estudiantes como sujetos pasivos de su educación.

Es evidente que si los estudiantes no forman parte de su propio aprendizaje, los conocimientos que adquieren durante sus cursos, son efímeros. Si a esto le incluimos la falta de compromiso por parte de muchos de ellos hacia su propia educación, además de sus múltiples responsabilidades como estudiante, su aprendizaje no revelará su pensamiento concreto sino sólo una capa exterior de lo que olvidarán pronto.

Esto se revela durante las evaluaciones. En una educación tradicional la evaluación de los aprendizajes se hace a través de pruebas objetivas. En la FCFM, estas pruebas se basan en la resolución de problemas.

Como resultado de una educación constructivista, el alumno debe ser capaz de aplicar los conocimientos fundamentales para resolver problemas numéricos, teóricos y prácticos. Es evidente que si el alumno está preparado con bases sólidas en sus conocimientos, podrá abordar exitosamente estas tareas.

El docente está familiarizado con la instrucción tradicional y es difícil romper los esquemas. Además, el estudiante está acostumbrado a esta metodología y le es difícil deshacerse de la conducta pasiva.

La desventaja de este tipo de instrucción, es que desarrolla malos hábitos de estudio además de un aprendizaje a corto plazo. Para ser evaluados, los alumnos se centran en el repaso de los apuntes de clase poco antes del examen. Estos malos hábitos ocasionan que el discente no logre un aprendizaje real, y que lo que

aprendió quede sólo en su memoria primaria afectando su retención (Martínez Covarrubias, 1994).

Todo esto logra, en consecuencia, que no se generen bases sólidas en su educación ya que no se está dando un cambio conceptual, metodológico ni actitudinal. Los conceptos fundamentales de la física deben ser dominados por los discentes para tener éxito, no sólo en su vida académica futura, sino en su vida cotidiana.

Ahora bien, cuando hablamos del constructivismo como modelo educativo, pugnamos por que el alumno construya y comprenda sus propias definiciones y conceptos de los fenómenos físicos que durante la carrera se le presentan.

La manera tradicional de enseñar reduce la educación a una transferencia de información. Sin embargo, la educación es mucho más que esto. La información nueva necesita conectarse con el conocimiento preexistente en la mente del estudiante. Los alumnos necesitan desarrollar modelos para ver cómo funciona la ciencia.

Varios han sido los estudios que demuestran que una educación orientada en conceptos triplica las ganancias respecto al aprendizaje del alumno (Díaz Barriga & Hernández Rojas, 1999). En este tipo de modelos educativos, los estudiantes no solamente mejoran sus resultados en una variedad de evaluaciones conceptuales, también mejora su habilidad para resolver problemas tradicionales. Asimismo, los datos muestran que la implicación interactiva ayuda a reducir la diferencia entre géneros que existe en las clases de física (Mazur, 1997).

En ese mismo trabajo, Mazur manifestó que hay que cambiar el enfoque de “enseñar” por el de “ayudar a aprender”, y describió cómo el docente debe ser un acompañante de estos procesos en el aula y no una figura de autoridad poseedora de información. Esto en vista de que los estudiantes suelen memorizar lo que el profesor indica, pero no culminan con éxito el proceso de pensamiento para llegar a la respuesta.

Siguiendo los razonamientos de Mazur, afirmamos que la palabra “comprensión” es clave en el ejercicio educativo. Este concepto debe llevar a la participación en el aula, creando ambientes educativos con espacios plurales donde las preguntas motiven y prioricen la generación de conocimiento.

Con este enfoque, la responsabilidad de los alumnos es leer, investigar, resolver ejercicios, hacer experimentos, buscar diversas opiniones del tema estudiado y sacar sus propias conclusiones. Es su obligación preguntar, debatir, defender sus opiniones y criticar de forma constructiva el trabajo de sus compañeros y del docente. Debe autoevaluarse y superarse a sí mismo (Katissa Montilla, 2007). De

acuerdo a nuestro trabajo, estas actividades deben estar orientadas a la formación del pensamiento físico.

Adoptar un modelo educativo basado en la comprensión conceptual de los fenómenos físicos, promueve la participación activa y significativa de los estudiantes en su propio proceso de aprendizaje, aumenta sus posibilidades de éxito a futuro sobre su carrera y forma ciudadanos críticos que pueden hacer mucho más que memorizar y repetir información que se transmite en masas (Schell, 2012).

Es necesario, que los resultados de esta investigación no queden solamente en descripciones del problema, sino que se planteen propuestas de solución. Entre otras, podemos mencionar la creación de programas de asesorías y orientación estudiantil, talleres o cursos externos a las materias que permitan la solución de problemas conceptuales, la observación interactiva de fenómenos relacionados y la participación de los alumnos como tutores (Rodríguez Soriano & Torres, 2006).

Cabe recordar que el concepto de Fuerza no es el único, por lo que las academias de profesores deberán plantear como un objetivo estratégico la elaboración y aplicación de Inventarios de Conceptos en otras áreas. Podríamos mencionar algunos ya existentes como los referentes a energía y movimiento (Rosengran & Singh, 2003), de conceptos de física térmica (Yeo & Zadni, 2001), de electricidad y magnetismo (Maloney, O'Kuma, Hieggelke , & Van, 2001) (Marx & Wilson, 1998), así como de ondas (Roedel, El-Ghazaly, Rhoads, & El-Sharaw, 1999), solo por mencionar algunos.

La utilización de IC, aboga por la adopción de una metodología basada en la comprensión de conceptos físicos. Nosotros hemos mostrado la pertinencia de su aplicación en la FCFM. Esto ya que la detección de fallos en los modelos mentales del estudiante evitará errores a futuro en su formación como profesionistas.

El mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje los estudiantes es una tarea del trinomio docente, estudiante e institución. El trabajo conjunto impactará positivamente en los procesos académicos, especialmente en el rendimiento académico y la eficiencia terminal. Todo esto con el único fin de formar profesionistas que puedan asimilar y transmitir conocimiento para crear e innovar, con el propósito de resolver los problemas de su entorno y crecer hacia una mejor sociedad.

## Bibliografía

- Alarcón Opazo, H. R., & De la Garz, J. E. (2009). *Influencia del razonamiento científico en el aprendizaje de conceptos en física universitaria: comparación entre instrucción tradicional e instrucción por modelación*. México, D.F.: Consejo Mexicano de Investigación Educativa.
- Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. (2007). *Retención y deserción en un grupo de Instituciones Mexicanas de Educación Superior*. México, D.F.: Dirección de Servicios Editoriales.
- Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. (2015). *Población escolar en la educación superior 2014-2015*. México: ANUIES. Obtenido de <http://www.anuies.mx/iinformacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>
- Astin, A. (1996). How "good" is your institution's retention rate? *Research in Higher Education*, 38(6), 647-658.
- Bao, L., & Redish, E. F. (Julio de 2001). Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. *American Journal of Physics*, 69, S45-S53.
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. (2007). *Modelo Universitario Minerva*. Puebla: BUAP.
- Bermudez, M. P. (1997). La autoestima como estrategia de prevención. *Psicología preventiva*, 105-116.
- Bernardino, López, J. (2002). Desarrollar conceptos de física a través del trabajo experimental: evaluación de auxiliares didácticos. *Enseñanza de las ciencias*, 20(1), 115-132.
- Bueno Álvarez, J. (1993). *La motivación en los alumnos de bajo rendimiento académico: desarrollo y programas de intervención*. Madrid: Editorial de la Universidad Complutense de Madrid.
- Cano Sánchez-Serrano, J. S. (2001). El rendimiento escolar y sus contextos. *Rvista Complutense de Educación*, 12(1), 15-80.
- Carabaña, J. (1987). Origen social, inteligencia y rendimiento académico al final de la E. G. B. *En Educación y sociología en España*, 262-290. (C. Lerena, Ed.) Madrid: AKAL.
- Castejón, J. M., & Vera, M. I. (1996). A causal model about the individual and contextual determinants of academic achievement. *The Highschool Journal*, 80(1), 20-29.
- CEAPA. (1994). *El rendimiento escolar. Los alumnos y alumnas ante su éxito o fracaso*. Madrid: Editorial Popular.
- Ceballos, E., & Rodrigo, M. (2003). Las metas y estrategias de socialización entre padres e hijos. *Familia y desarrollo humano*, 225-243.
- Coletta, V. P., & Phillips, J. A. (2005). Interpreting FCI scores: Normalized gain, preinstruction scores, and scientific reasoning ability. *American Journal of Physics*, 73, 1172.

- Colmenares, M., & Delgado, F. (2008). La correlación entre rendimiento académico y motivación de logro: elementos para la discusión y reflexión. *Revista electrónica de humanidades, educación y comunicación social*(5), 179-191.
- Comisión de Diseño, Evaluación y Seguimiento Curricular del Programa Educativo. (2008). *Programa Educativo de la Licenciatura en Física*. Facultad de Ciencias Físico Matemáticas. Puebla: BUAP. Obtenido de <http://www.fcfm.buap.mx/assets/docs/docencia/licFisica/2009/planEstudios.pdf>
- Comisión de Diseño, Evaluación y Seguimiento Curricular del Programa Educativo. (2010). *Actualización del Programa Educativo de la Licenciatura en Física Aplicada en el Marco del Modelo Universitario Minerva*. Facultad de Ciencias Físico Matemáticas. Puebla: BUAP. Obtenido de <http://www.fcfm.buap.mx/assets/docs/docencia/licFisAp/2009/planEstudios.pdf>
- Considine, G., & Zappalá, G. (2002). The influence of social and economic disadvantage in the academic performance of school students in Australia. *Journal of sociology*, 38(2), 129-148.
- Corona Cruz, A. (2010). Opciones Newtonianas de estudiantes no-Newtonianos, análisis de alumnos Universitarios: FCI. *Latin American Journal of Physics Education*, 4(2), 422-428.
- De la Orden Hoz, A. (1985). Hacia una conceptualización del producto. *Revista de Investigación Educativa*, 3(6), 271-283.
- Delgado, F. (2003). *Hacia una Praxis Educativa Humanista en la Educación Superior venezolana*. LUZ, Maracaibo: Consejo de Publicaciones ULA.
- Díaz Barriga, F., & Hernández Rojas, G. (1999). Constructivismo y Aprendizaje significativo. En *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación constructivista*. (págs. 13-33). México: Mc Graw Hill.
- Díaz, M. (2001). *Evaluación del Rendimiento en la Enseñanza Superior*. Madrid: Secretaría General de Educación y Formación Profesional.
- Dietz, R. D., Pearson, R. H., Semak, M. R., & Will, C. W. (2012). Gender Bias In The Force Concept Inventory? En N. S. Rebello, P. V. Engelhardt, & C. Singh (Edits.), *Physics Education Research Conference* (págs. 171-174). Melville, NY: American Institute of Physics.
- Docktor, J., & Heller, K. (2008). Gender Differences in Both Force Concept Inventory and Introductory Physics Performance. En C. Henderson, M. Sabella, & L. Hsu (Edits.), *Physics Education Research Conference* (págs. 15-18). Melville, NY: American Institute of Physics.
- Facultad de Ciencias Físico Matemáticas. (2016). *Identidad*. Obtenido de FCFM: <http://www.fcfm.buap.mx/nosotros/>
- Fagan, A. P., Crouch, C. H., & Mazur, E. (2002). Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms. *The Physics Teacher*(40), 206-209.
- Fernández Poncela, A. (2001). Reseña de "Ser hombre de verdad en la Ciudad de México. Ni macho ni mandilón." de Matthew Gutmann. *Desacatos*(6), 189-193.

- Fuentes, S., & Romero, G. (2002). *Rendimiento académico a nivel universitario*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- García Ramos, J. (1994). *Bases pedagógicas de la evaluación. Guía práctica para educadores*. Madrid: Síntesis.
- García, F. (1979). *Paquete de auto-enseñanza de evaluación del aprovechamiento escolar*. México: CISE-UNAM.
- García, O., & Palacios, R. (1991). *Factores condicionantes del aprendizaje en lógica matemática*. Tesis de Maestría, Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.
- Garnica Olmos, E. (1997). El rendimiento estudiantil: una metodología para su medición. *Economía*, XXII(13), 7-25.
- Gil Pérez, D., Furió Más, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregrosa, J., Guisasola, G., . . . Pessoa de Carvalho, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las ciencias*, 17(2), 311-320.
- González Martín, P. (28 de Junio de 1998). Aplicación del LISREL al análisis del rendimiento académico. *Primer Intercambio de Experiencias sobre Rendimiento Académico: Problemas y Perspectivas*. Mérida: Asociación Venezolana de Investigación Educativa.
- Guzmán Brito, M. P. (2012). *Modelos predictivos y explicativos del rendimiento académico universitario: caso de una institución privada en México*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación, Madrid.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousandstudent survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1987). Modeling instruction in mechanics. *American Journal of Physics*, 55(5), 455-462.
- Hamdan, N. (1990). *Métodos Estadísticos en Educación*. Caracas: Publicaciones Bourgeón.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55(5), 440-454.
- Hestenes, D., & Halloun, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory. *The physics Teacher*(33), 502-506.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (Marzo de 1992). Cuestionario Sobre el Concepto de Fuerza. *The Physics Teacher*. (E. Macia-Barber, & M. V. Hernandez, Trads.)
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30, 141-158.

- Hufnagel, B. (2002). Astronomy Diagnostic Test (ADT). *Astro*, 1(1), 47-51. Obtenido de <http://aer.noao.edu>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (18 de Marzo de 2016). *Alumnos de educación superior, campo de formación académica según sexo 2014*. Obtenido de INEGI: <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/educacion/>
- Jiménez, M. V., Izquierdo, J. M., & Blanco, A. J. (2000). La predicción del rendimiento académico: regresión lineal versus regresión logística. *Psicothema*, 12 (Suplemento), 248-252.
- Kahle, J. B., & Meece, J. (1994). Research on gender issues in the classroom. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, 542-557.
- Katissa Montilla, E. (9 de Diciembre de 2007). *Una nueva visión del constructivismo para la enseñanza de la física en la época actual*. Obtenido de Comunidad distrital: <http://comunidad.udistrital.edu.co/geaf/files/2012/09/2007Vol2No1-006.pdf>
- Klymkowsky, M. W., Garvin-Doxas, K., & Zeilik, M. (2003). Bioliteracy and teaching efficacy: what biologists can learn from physicists. *Cell Biology Education*, 155-161.
- Libarkin, J. (2008). *Concept Inventories in Higher Education Science*. Manuscrito preparado para National Research Council Promising Practices in Undergraduate STEM Education, Washington, D.C.
- Lindell, R., Peak, E., & Thomas, M. (2007). Are They All Created Equal? A Comparison of Different Concept Inventory Development Methodologies. *AIP Conference Proceedings*, 14-17.
- López S., A., Albíter R., Á., & Ramírez R., L. (Abril-Junio de 2008). Eficiencia terminal en la Educación Superior, la necesidad de un nuevo paradigma. *Revista de Educación Superior*, XXXVII (2)(146), 135-151.
- Lorenzo, M., Crouch, C. H., & Mazur, E. (2006). Reducing the gender gap in the physics classroom. *American Journal of Physics*(74), 118-122.
- Madsen, A., McKagan, S. B., & Eleonor, C. (2013). Gender gap on concept inventories in physics: What is consistent, what is inconsistent, and what factors influence the gap? *Physical Review Special Topics- Physics Education Research*, 9(2), 020121,1-020121,15.
- Malone, K. L. (2008). Correlations among knowledge structures, force concept inventory, and problem solving behaviors. *Physics Review - Physics Education Research*, 4(2). doi:10.1103/PhysRevSTPER.4.020107
- Maloney, D., O'Kuma, T., Hieggelke, C., & Van, A. (2001). Conceptual Survey in Electricity and Magnetism (CSEM). *American Journal of Physics*, 69, S12-S23.
- Maries, A., & Singh, C. (26 de Julio de 2013). Exploring Pedagogical Content Knowledge of Physics Instructors and Teaching Assistants Using the Force Concept Inventory. *Physics Review- Physics Education Research*. doi:10.1103/PhysRevSTPER.1.010102.
- Márquez, R. (2005). *Hacia un diagnóstico integral del rendimiento académico en el primer año universitario*. Valera, Trujillo: UNESR.

- Martínez Covarrubias, S. (Enero-Junio de 1994). La memoria y su relación con el aprendizaje. *Sinéctica*(4). Obtenido de <http://sinectica.iteso.mx/?seccion=inicio&lang=es>
- Marx, J., & Wilson, J. (1998). *Creation of a Diagnostic Exam for Introductory, Undergraduate Electricity and Magnetism*. Obtenido de Per Central: <http://www.compadre.org/PER/items/detail.cfm?ID=3786>
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual*. Upper Saddle river, New Jersey : Prentice Hall, Inc.
- McCullough, L. (2002). Gender, Math and FCI. *Physics Education Research Conference*.
- McCullough, L. (2004). Gender, Context, and Physics Assessment. *Journal of International Women's Studies*, 20(5).
- Meltzer, D. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning. *American Journal of Physics*, 70(12).
- Ministerio de Educación. (2011). *Diferencias de género en los resultados educativos: medidas adoptadas y situación actual en Europa*. (S. G. Técnica, Ed.) España: Eurydice.
- Miñano Pérez, P., Cantero Vicente, M., & Castejón Costa, J. (2008). Predicción del rendimiento escolar de los alumnos a partir de las aptitudes, el autoconcepto académico y las atribuciones causales. *Horizontes educacionales*, 13(2), 11-23.
- Mora, C., & Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto. *Latin American Journal of Physics Education*, 3(1), 72-86.
- Morocho Quezada, M. (2015). *Modelación Multinivel del Rendimiento Académico*. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla, Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Sevilla, España.
- Mulford, D., & Robinson, W. (2002). An Inventory for Misconceptions in First-Semester General Chemistry. *Journal of Chemistry*, 79(6), 739-744.
- Navarro, R. (2003). El rendimiento académico: concepto, investigación y desarrollo. *Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 1(2). Obtenido de <http://www.ice.deusto.es/rinace/reice/vol1n2/Edel.pdf>
- Navarro, R. E. (Septiembre de 2003). Factores asociados al rendimiento académico. *Revista Iberoamericana de Educación*. Obtenido de <http://rieoei.org/investigacion1.htm>
- Oliva, A., & Palacios, J. (2003). Familia y escuela: padres y profesores. En M. J. Rodrigo. *Familia y desarrollo humano*, 333-350.
- Oloriz, M., Lucchini, M. L., & Ferrero, E. (2007). Relación entre el rendimiento académico de los ingresantes en carreras de ingeniería y el abandono de los estudios universitarios. *VII Coloquio Internacional sobre Gestión Universitaria en América del Sur*. Mar de Plata, Argentina.

- Page, Á. (1990). *Hacia un modelo causal del rendimiento académico*. Madrid, España: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.
- Pollock, S. J., Finkelstein, N. D., & Kost, L. E. (2007). Reducing the gender gap in the physics classroom: how sufficient is interactive engagement. *Physics Review- Physics Education Research*, 3.
- Presidencia de la República. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo (2013-2018)*. México: Gobierno Federal.
- Quezada, R. (1991). *Guía para evaluar el aprendizaje teórico y práctico*. México: Limusa.
- Redish, E. F. (2003). *Teaching physics with the physics suite*. Somerset, NJ: John WileySons, Inc.
- Rodríguez Soriano, N., & Torres, L. E. (Julio-Diciembre de 2006). Rendimiento académico y contexto familiar en estudiantes universitarios. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 11(002), 255-270.
- Rodríguez, M., Daniel, A., & Rubio, C. (2010). Razonamiento científico y conocimientos conceptuales de mecánica: un diagnóstico de alumnos de primer ingreso a licenciaturas en Ingeniería. *Formación Universitaria*, 3(5), 37-46.
- Roedel, R., El-Ghazaly, S., Rhoads, T., & El-Sharaw, E. (1999). Wave Concept Inventory (WCI). *ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*. San Juan, Puerto Rico.
- Rosales, M. (2002). *Alcances de un programa de estrategias instruccionales para incrementar el rendimiento escolar en el preuniversitario*. Valencia: Textos Universitarios.
- Rosengran, D., & Singh, C. (2003). Energy and Motion Conceptual. *American Journal of Physics*, 71, 607-617.
- Rubio, M. (2010). *Nuevas orientaciones y metodología para la educación a distancia*. Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Sánchez, D. G., Marín, R., & López, Y. E. (2011). Factores que influyen en el rendimiento académico del estudiante universitario. *Tecnociencia*, 5(2), 90-97.
- Schell, J. (2012). Student-Centered University Learning, Turning Traditional Education Models Upside Down. *Harvard Review of Latin America*, 20-23.
- Secretaría de Educación Pública. (2015). *Sistema Educativo de los Estados Unidos Mexicanos, Principales cifras 2014-2015*. México, D.F.: Dirección General de Planeación y Estadística Educativa.
- Sociedad Mexicana de Física A.C. (2009-2010). *Catálogo Iberoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física*. México, D.F.: Sociedad Mexicana de Física.
- Thornton, R., & Sokoloff, D. (1998). Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE). *American Journal of Physics*(66), 338-356.

- Vázquez Reina, M. (21 de Marzo de 2010). ¿Por qué abandonan los estudios los universitarios? *Eroski Consumer*. Obtenido de Eroski Consumer: <http://www.consumer.es/web/es/educacion/universidad/2010/03/21/191878.php>
- Villareal, M., Lobo, H., Gutiérrez, G., Briseño, J., Rosario, J., & Díaz, J. C. (2005). La enseñanza de la física frente al nuevo milenio. *Academia*, Venezuela. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16941/2/articulo1.pdf>
- Wells, M., & Hestenes, D. (1995). A modeling method for high school physics instruction. *American Journal of Physics*, 606-619.
- Wiliam, D. (2000). Assessment: social justice and social consequences: review essay. *British Educational Research Journal*, 25(6), 661-663.
- Yeo , S., & Zadni, M. (2001). Introductory Thermal Concept Evaluation: Assessing Students' Understanding. *The Physics Teacher*, 39, 496-504.
- Zamorano, N., & Meza, A. (Octubre de 2007). *Usando el cuestionario sobre conceptos de fuerza (ICF) como instrumento de diagnóstico y evaluación de aprendizajes*. Trabajo presentado en el XXI Congreso Chileno de Educación en Ingeniería, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Física y Matemáticas. Obtenido de <http://www.ici.ubiobio.cl/ccei2007/papers/43.pdf>

# Apéndice A

Eje Central		Formación Integral y Pertinente del Estudiante									
		Básico					Formativo				
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	
Niveles											
Años											
Semestres Escolares		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	
Mapa Curricular de la Licenciatura en Física	Ejes Transversales	Área de Matemáticas	GEOMETRÍA ANALÍTICA VECTORIAL (H72/C4)	TEORÍA DE ECUACIONES (H90/C6)	ÁLGEBRA LINEAL I (H90/C6)	PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA (H90/C6)	MÉTODOS MATEMÁTICOS DE LA FÍSICA I (H90/C6)		MÉTODOS MATEMÁTICOS DE LA FÍSICA II (H90/C6)	MÉTODOS MATEMÁTICOS DE LA FÍSICA III (H90/C6)	
							ECUACIONES DIFERENCIALES I (H90/C6)				
			MATEMÁTICAS BÁSICAS (H180/C11)	CÁLCULO DIFERENCIAL (H90/C6)	CÁLCULO INTEGRAL (H90/C6)	CÁLCULO DIFERENCIAL EN VARIAS VARIABLES (H90/C6)	CÁLCULO INTEGRAL EN VARIAS VARIABLES (H90/C6)				
	Área de Física Teórica	MECÁNICA I (H144/C9)	MECÁNICA II (H90/C6)		OSCILACIONES Y ONDAS (H90/C6)		MECÁNICA TEÓRICA I (H90/C6)	MECÁNICA TEÓRICA II (H72/C4)			
							FÍSICA CONTEMPORÁNEA CON LABORATORIO (H90/C6)	MECÁNICA CUÁNTICA I (H90/C6)	MECÁNICA CUÁNTICA II (H72/C4)		
				FÍSICA MOLECULAR (H90/C6)	ELECTROMAGNETISMO (H90/C6)	ÓPTICA (H90/C6)	TERMODINÁMICA (H90/C6)	ELECTRODINÁMICA I (H90/C6)	ELECTRODINÁMICA II (H72/C4)	MECÁNICA ESTADÍSTICA (H90/C6)	
			FÍSICA EXPERIMENTAL I (H90/C6)	FÍSICA COMPUTACIONAL I (H72/C4)	FÍSICA EXPERIMENTAL II (H90/C6)	FÍSICA EXPERIMENTAL III (H90/C6)	FÍSICA EXPERIMENTAL IV (H90/C6)				
	Área de Física Experimental			REGISTRO ACADÉMICO Y CIENTÍFICO DEL ESPAOL (H36/C2)							
		Área de Integración Disciplinaria	Práctica Profesional Crítica					PRÁCTICA PROFESIONAL (H90/C2)	PRÁCTICA PROFESIONAL (H150/C3)	SERVICIO SOCIAL (240/C5)	SERVICIO SOCIAL (240/C5)
	Asignaturas Integradoras							FÍSICA COMPUTACIONAL II (H112/C6)			ENSEÑANZA DE LA FÍSICA (H130/C8)
Área de Formación General Universitaria (FGU)		DESARROLLO DE HABILIDADES DEL PENSAMIENTO COMPLEJO (H64/C4)	FORMACIÓN HUMANA Y SOCIAL (H64/C4)	DESARROLLO DE HABILIDADES EN EL USO DE LAS TICs (H64/C4)							
		LENQUA EXTRANJERA I (H64/C4)	LENQUA EXTRAJERA II (H64/C4)	LENQUA EXTRANJERA III (H64/C4)	LENQUA EXTRANJERA IV (H64/C4)						
Optativas	Disciplinarias						OPTATIVA I (H90/C6)		OPTATIVA II (H90/C6)	OPTATIVA III (H90/C6)	
	Complementarias							OPTATIVA I (H90/S)	OPTATIVA II (H90/S)	INNOVACIÓN Y TALENTO EMPRENDEDOR (H64)	
Total de Créditos: 273/289		28	32	32	34	34	38	25/31	25/31	25/29	
Total de Horas: 4740/4984		460	488	506	514	514	652	492/582	564/654	550/614	

# Apéndice B

Ejes Transversales		FORMACION INTEGRAL Y PERTINENTE DEL ESTUDIANTE										
		Eje Central	Niveles									
		Niveles	BÁSICO					FORMATIVO				
		Años	1°		2°		3°		4°		5°	
Semestres Escolares		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	
Matemáticas	GEOMETRÍA ANALÍTICA VECTORIAL (H72/C4)	CÁLCULO DIFERENCIAL (H90/C6)	TEORÍA DE ECUACIONES (H90/C6)	ALGEBRA LINEAL I (H90/C6)	PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA (H90/C6)	MÉTODOS MATEMÁTICOS DE LA FÍSICA I (H90/C6)	MÉTODOS MATEMÁTICOS DE LA FÍSICA II (H90/C6)	MÉTODOS MATEMÁTICOS DE LA FÍSICA III (H90/C6)				
	MATEMÁTICAS BÁSICAS (H180/C11)		CÁLCULO INTEGRAL (H90/C6)	CÁLCULO DIFERENCIAL EN VARIAS VARIABLES (H90/C6)	CÁLCULO INTEGRAL EN VARIAS VARIABLES (H90/C6)	ECUACIONES DIFERENCIALES I (H90/C6)						
Física Teórica	MECÁNICA I (H144/C8)	MECÁNICA II (H90/C6)	OSCILACIONES Y ONDAS (H90/C6)	ELECTROMAGNETISMO (H90/C6)	ÓPTICA (H90/C6)		MECÁNICA TEÓRICA I (H90/C6)	ELECTRODINÁMICA I (H90/C6)	MECÁNICA CUÁNTICA I (H90/C6)	MECÁNICA ESTADÍSTICA (H90/C6)		
			FÍSICA MOLECULAR (H90/C6)				FÍSICA TÉRMICA (H90/C6)	FÍSICO QUÍMICA (H90/C6)	MECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS (H90/C6)			
Física Experimental		FÍSICA EXPERIMENTAL (H90/C6)	FÍSICA COMPUTACIONAL I (H72/C4)	FÍSICA EXPERIMENTAL II (H90/C6)	FÍSICA EXPERIMENTAL III (H90/C6)	FÍSICA CONTEMPORÁNEA CON LABORATORIO (H90/C6)	LABORATORIO DE FÍSICA TÉRMICA (H90/C6)			ELECTRÓNICA CON LABORATORIO I (H90/C6)	ELECTRÓNICA CON LABORATORIO II (H90/C6)	
				REGISTRO ACADÉMICO Y CIENTÍFICO DEL ESPAÑOL (H36/C2)								
Integración Disciplinaria	Prácticas Profesionales Críticas							PRÁCTICA PROFESIONAL (H90/C2)	PRÁCTICA PROFESIONAL (H150/C3)	SERVICIO SOCIAL (240/C5)	SERVICIO SOCIAL (240/C5)	
	Asignaturas Integradoras						FÍSICA COMPUTACIONAL II (112/C6)				DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE EXPERIMENTOS (139/C8)	
Formación General Universitaria	DHPC (H64/C4)	FHS (H64/C4)	DHTIC (H64/C4)									
		LENGUA EXTRANJERA I (H64/C4)	LENGUA EXTRANJERA II (H64/C4)	LENGUA EXTRANJERA III (H64/C4)	LENGUA EXTRANJERA IV (H64/C4)							
Opcional	Disciplinarias						OPTATIVA I (H90/C6)	OPTATIVA II (H90/C6)	OPTATIVA III (H90/C6)	OPTATIVA IV (H90/C6)	OPTATIVA V (H90/C6)	
	Complementarias						OPTATIVA I (H90/C6)	INNOVACIÓN Y TALENTO EMPRENDEDOR (H64/C4)	OPTATIVA II (H90/C6)			
Total de Créditos: 297/313		28	26	36	30	28	30/36	32/36	27/33	29	31	
Total de Horas: 6084/6308		460	398	560	460	424	472/562	540/604	510/600	600	640	