

## Impactos en la aplicación del MultiH.Virtual

Dr. Alcides J. León Méndez e-mail: [aleonm@cih.cujae.edu.cu](mailto:aleonm@cih.cujae.edu.cu)  
Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba.

Dr. Modesto Gómez Crespo e-mail: [modesto@cih.cujae.edu.cu](mailto:modesto@cih.cujae.edu.cu)  
Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba.

Dr. Ramón Collazo Delgado e-mail: [rollazo49@gmail.com](mailto:rollazo49@gmail.com)  
Profesor en retiro. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae),  
La Habana, Cuba.

### RESUMEN

El MultiH.Virtual es un laboratorio virtual con treinta y cuatro diferentes prácticas y se ha empleado por más de doce años en la enseñanza de materias de Mecánica de los Fluidos en la carrera universitaria de Ingeniería Hidráulica en varias universidades cubanas y en estos momentos se aplica también en las carreras de Ingeniería Mecánica y Química. El producto informático se ha empleado en Maestrías dictadas por los autores y otros docentes cubanos en su institución y en instituciones latinoamericanas y ha sido adquirido por otras universidades del área. Se presenta en este trabajo una descripción breve del producto y un resumen de los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a estudiantes.

**Palabras clave:** laboratorio virtual, universidad virtual, virtualización de procesos.

## Impacts in the application of MultiH.Virtual

### ABSTRACT

The MultiH.Virtual is a virtual laboratory with thirty-four different practical tasks and it has been used for more than twelve years in the teaching of matters of Fluid Mechanics in the university career of Hydraulic Engineering in several Cuban universities and at this moment it is also applied in the careers of Mechanical and Chemical Engineering. The computer product has been used in courses of Master degree dictated by the authors and other Cuban lecturers in their institution and in Latin American institutions. It has been purchased by other universities of the area. A brief description of the product is presented in this work and a summary of the results obtained from the surveys carried out to students.

**Keywords:** virtual laboratory, virtual university, processes virtualization.

## INTRODUCCION

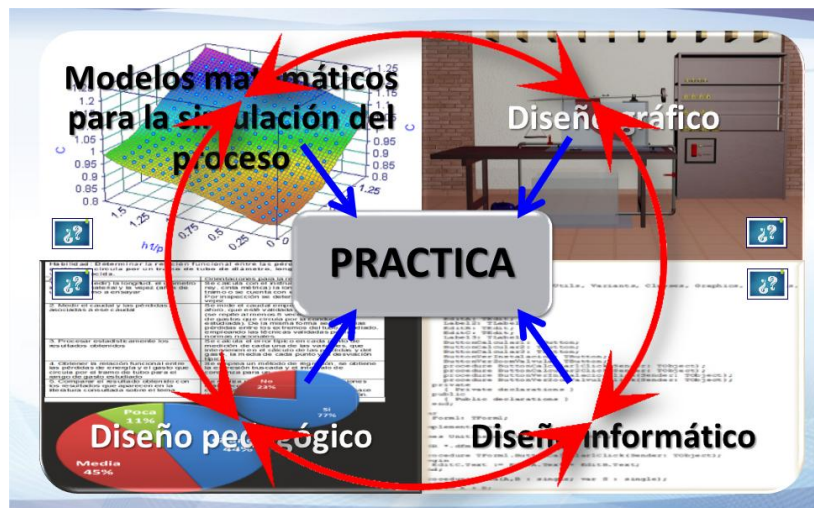
Numerosos son los trabajos y las aplicaciones informáticas que abordan la temática de la virtualización de procesos para la enseñanza y el entrenamiento, tal es el caso de Larive (2004), Torres et al. (2006), Koretsky et al. (2011) y Harvey and Bastian (2012) autores, entre otros, que han abordado la temática y sus aplicaciones.

En la enseñanza de las Ciencias Técnicas en Cuba, a partir de una primera experiencia, que se basó en reproducir en una PC los resultados obtenidos de la ejecución de una práctica de laboratorio con adquisición electrónica de la información, surge, en el año 2001, la primera aplicación virtual para la especialidad de la Mecánica de los Fluidos.

A partir de ese momento se ha ido perfeccionando y ampliando esa primera aplicación que se reconoce dentro y fuera del país como MultiH.Virtual, hoy con 34 diferentes prácticas virtuales para la Mecánica de los Fluidos.

Las componentes de los laboratorios virtuales desarrollados, figura 1, siguen el hilo conductor que crea el modo de actuación del proceso que se modela virtualmente (Gómez y León 2010). Ellas son:

- Los modelos matemáticos que generan las respuestas del proceso.
- El diseño pedagógico que define las acciones necesarias para lograr los objetivos trazados en cada proceso
- El diseño gráfico del proceso, los instrumentos y los accesorios necesarios, figura 2.
- El diseño informático que une armónicamente las tres componentes anteriores logrando que las respuestas del proceso simulen con gran realismo el proceso real.

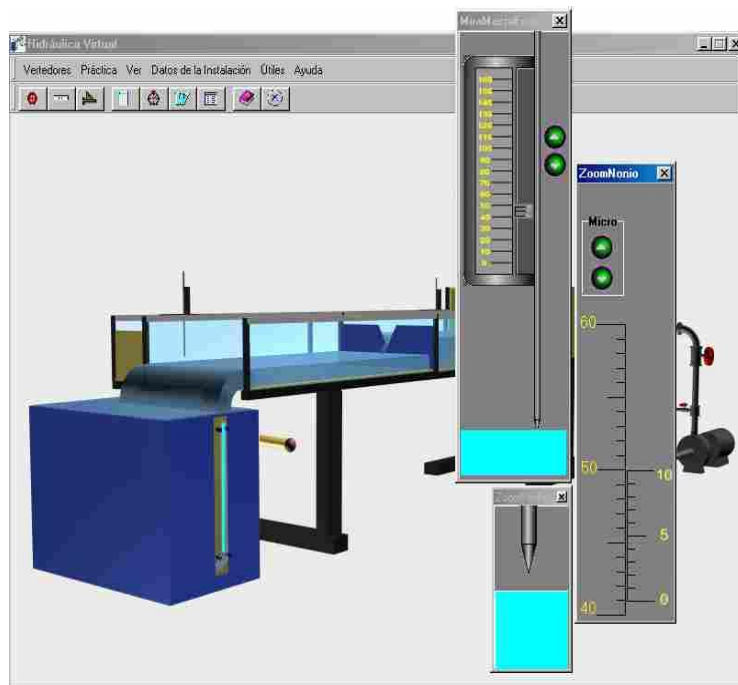


**Figura 1. Componentes del MultiH.Virtual**

Su aplicación puede abarcar las cuatro modalidades de interacción espacio-tiempo posibles en los procesos de enseñanza aprendizaje: en la enseñanza presencial (coincidencia espacio-tiempo), en la transmisión de información a través de videoconferencia (coincidencia temporal) y para generar reflexiones y debates por esta vía, en un Centro Virtual de Recursos (coincidencia espacial en la Red) y en los modelos de educación a distancia (asincronismo temporal y espacial) que fortalece este tipo de enseñanza en asignaturas que necesitan la práctica en laboratorios.

El empleo de los laboratorios virtuales, en aquellas universidades donde existan instalaciones reales, figura 2, debe ser prioritario. Según León y Gómez (2010) sus fortalezas radican en:

1. Familiarización con el experimento: trabajo previo del estudiante.
2. Optimización del uso de los recursos: menor tiempo para realizar la práctica, mejor uso del laboratorio real.
3. Disminución del uso incorrecto del equipamiento: dispositivos sensibles que pueden ponerse a trabajar fuera de sus condiciones de trabajo.
4. Comparación del comportamiento de modelos matemáticos frente a dispositivos reales.
5. Formación en metodologías de trabajo: los estudiantes en su futura vida laboral construirán primero los modelos matemáticos de los sistemas que simularán.
6. Manejo de herramientas informáticas actuales: aporte al estudiante de habilidades transversales.
7. Repetitividad de los experimentos: repetición de manera fidedigna de las condiciones de realización de los experimentos.
8. Multiplicidad de experimentos simultáneos: cada estudiante puede realizar simultáneamente sus experimentos sin interferir con sus compañeros, mientras que en el laboratorio real, según el caso, se establece una secuencia para el trabajo de los estudiantes.



**Figura 2. Algunos instrumentos y sus vistas**

Estas fortalezas permiten que el estudiante tenga un entrenamiento tal que los hábitos y habilidades adquiridos repercutan favorablemente en el desarrollo de la práctica real. Más aún, posibilita que el estudiante se enfrente a la instalación real con un conocimiento suficientemente profundo del proceso a desarrollar que le posibilite profundizar en la esencia de los contenidos teóricos y su relación con el experimento.

## **CARACTERÍSTICAS PEDAGÓGICAS Y TECNOLÓGICAS DEL MULTIH.VIRTUAL**

Al enfrentar la aplicación del MultiH.Virtual se partió de la experiencia pedagógica en la impartición de laboratorios reales y a las prácticas concebidas se agregó una práctica introductoria de familiarización. Para el desarrollo de la práctica se entrega la tarea técnica donde se describe: el objetivo de la práctica, la instalación a emplear, la base de datos que tendrá como base para su ensayo, la fecha de entrega de los resultados y los requisitos de presentación y calidad.

Según Calvo et al. (2009) en la actividad de laboratorio se refuerza la acción de Saber Hacer. En ella se adquieren hábitos y habilidades que le permitirán al estudiante enfrentar nuevas y más complejas tareas. El diseño de cada práctica debe estar enfocado a que el practicante adquiera la mayoría de los hábitos y habilidades que se adquieren en una instalación real. Dicho de otra forma, que cada práctica sea a la vez instrumento pedagógico para la consolidación del estudio teórico y entrenador virtual del proceso.

Debe declararse que el diseño integral de cada práctica tiene que estar concebido para que pueda emplearse tanto en la enseñanza de las materias de ingeniería como en la educación posgraduada. El experimento debe ser suficientemente amplio para cubrir lo particular y lograr generalizar, al menos parcialmente, las leyes que se estudian.

A esto puede agregarse que es factible y más aún importante para el desarrollo de nuevas capacidades en el estudiante, que la tarea técnica en ambos niveles de enseñanza incluya el diseño de un programa u hoja de cálculo para el procesamiento de los datos experimentales (León y Gómez 2006).

Un pilar en la estrategia pedagógica lo ha constituido la práctica de familiarización del laboratorio. Sus objetivos son:

1. Familiarizar al estudiante con el ambiente virtual de la práctica.
2. Identificar al estudiante con las acciones básicas para realizar cualquiera de las prácticas en la instalación virtual a partir del trabajo con los instrumentos de medición.

En esta práctica:

- Se refuerzan los conocimientos precedentes que debe tener el estudiante al comenzar su ciclo de prácticas virtuales.
- Se familiariza al estudiante con las características de los instrumentos virtuales, su correcta manipulación y los errores sistemáticos y aleatorios que se cometen al emplearlos, el uso de las ayudas y la confección del informe.

El diseño tecnológico del producto tiene como precedente el proyecto estético de cada instalación basado en los equipos e instrumentos reales.

El diseño tecnológico se establece sobre el cimiento que crea el modelo matemático del proceso. Este modelo debe reproducir, con ecuaciones, todas y cada una de las consecuencias que se obtengan de la buena o mala manipulación del proceso que se desarrolla en la práctica.

En la construcción de este modelo, o modelos, hay que tomar en cuenta todos los posibles errores que puede cometer el operador del proceso (el estudiante o el profesor) y responder como lo haría el proceso real. Esta etapa genera un gran reto para el grupo de profesores y especialistas que construyen el laboratorio virtual y en muchos casos necesita de la interactividad con el proceso real para buscar nuevas bases de datos, o completar las existentes para poder modelar matemáticamente todos los resultados que se requieren.

En posgrado la fortaleza del laboratorio posibilita que el profesor indique tareas técnicas más complejas haciendo que el estudiante tenga que analizar un grupo de variantes y generalizar sus resultados.

### **EXPERIENCIAS ACUMULADAS EN LA APLICACIÓN DEL MULTIH.VIRTUAL**

Durante el tiempo transcurrido desde su creación el laboratorio se ha empleado tanto en carreras universitarias de Ingeniería Civil, Hidráulica, Química y Mecánica, como en asignaturas de la Maestría en Ingeniería Hidráulica: Mecánica de los Fluidos, Hidrometría y Estaciones de Bombeo.

En ambos casos, tanto en pregrado como en posgrado, los resultados coinciden en que:

- Se admite por los estudiantes que se refuerzan los conocimientos de una forma más amigable y en los momentos en que justamente se requiere.
- Se admite por los docentes que la herramienta es útil dentro y fuera del salón de conferencias ya que independiente del uso que le dan los estudiantes, es un auxiliar poderoso para reforzar el desarrollo de los contenidos.
- Se reconoce que la herramienta virtual se debe aplicar aún en los casos en que existan laboratorios reales para el desarrollo práctico de los contenidos.
- Es aceptado unánimemente que el laboratorio virtual es la herramienta ideal para potenciar la enseñanza no presencial.

### **Encuesta 2008-2012 en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría en Cuba**

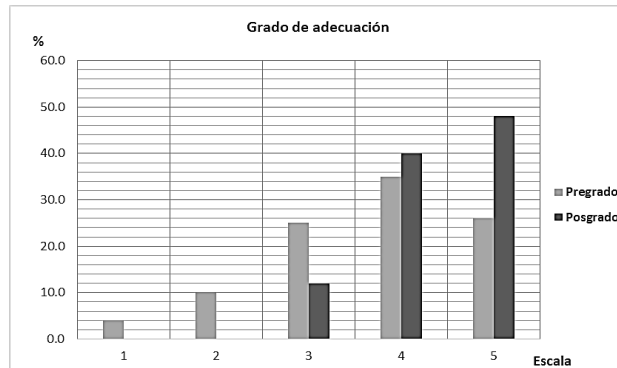
Las mediciones para comprobar algunos parámetros de interés se han realizado a subgrupos de estudiantes escogidos aleatoriamente en las asignaturas Mecánica de los Fluidos y Estaciones de Bombeo en los cursos universitarios que van desde el curso 2008-2009 hasta el curso 2011-2012. El interés ha estado en conocer la respuesta del estudiante al enfrentamiento con la herramienta virtual. Para esta encuesta se establecieron los siguientes indicadores:

- Grado de adecuación: se refiere a la medida en que la respuesta del estudiante se corresponde con el patrón deseado.
- Grado de automatización: se refiere al nivel de repetición de una o de determinadas acciones con la calidad requerida en un tiempo que no supere el tiempo estimado por el profesor.
- Grado de independencia: se refiere a la posibilidad del estudiante de realizar las acciones de forma correcta a partir de sus conocimientos con mayor o menor ayuda del profesor o de sus compañeros.

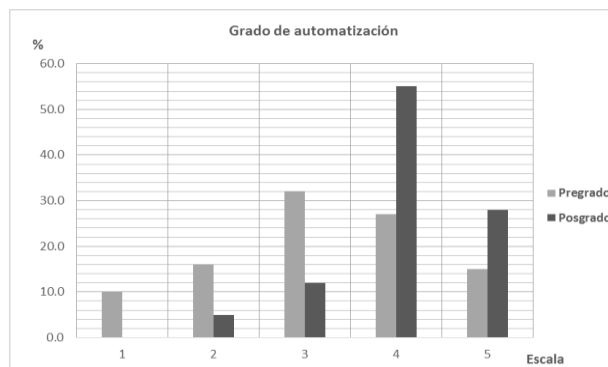
Los resultados obtenidos en la encuesta realizada durante cuatro cursos en la carrera de Ingeniería Hidráulica impartida en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, en La Habana y en dos cursos de la Maestría de Ingeniería Hidráulica impartidas en la Cujae, aparecen en las figuras 3, 4 y 5.

La cantidad de alumnos encuestados fue de 143 estudiantes de 168 en total en pregrado que representó una muestra de 85,1%, y 40 estudiantes de 46 en total en posgrado, que representó el 87% del total de estudiantes que cursaron las asignaturas correspondientes y que en pregrado fueron Mecánica de los Fluidos y Equipos de Bombeo y en posgrado Mecánica de los Fluidos, Equipos de Bombeo e Hidrometría.

Es de destacar que los docentes que impartieron estas asignaturas estaban familiarizados desde cursos anteriores con la herramienta virtual lo cual se reflejó en el resultado de las encuestas.

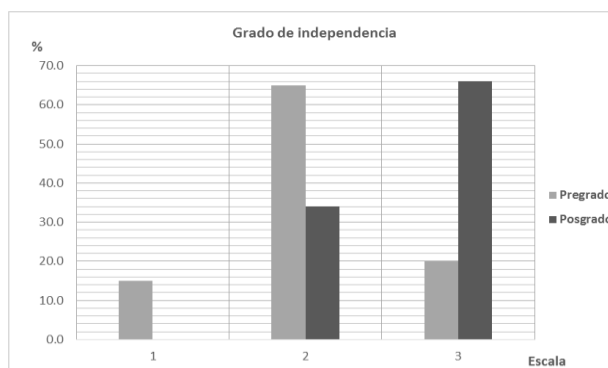


**Figura 3. Resultados del grado de adecuación**



**Figura 4. Resultados del grado de automatización**

Para las figuras 3 y 4 la denominación de cada punto de la escala es como sigue: Totalmente adecuado (5), Bastante adecuado (4), Medianamente adecuado (3), Poco adecuado (2) e Inadecuado (1).



**Figura 5. Resultados del grado de independencia**

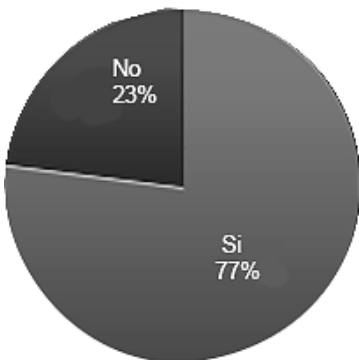
La escala para el resultado de la figura 5 se estableció de la siguiente forma: Totalmente independiente (3), Medianamente independiente (2) y Poco independiente (1).



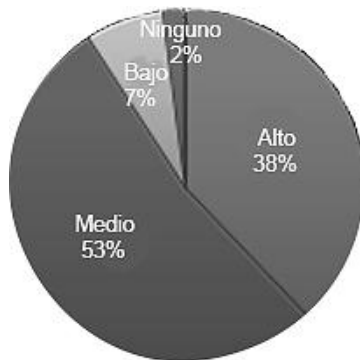
### Encuesta en el curso 2011-2012 en la Universidad Experimental Juan Misael Saracho en el Estado Falcón, Venezuela

Para las encuestas realizadas en la impartición de prácticas de laboratorio virtuales para la asignatura Mecánica de los Fluidos de la carrera de Ingeniería Civil se comenzó, en una primera etapa, por la preparación del personal docente que hasta ese momento no había trabajado con la herramienta virtual.

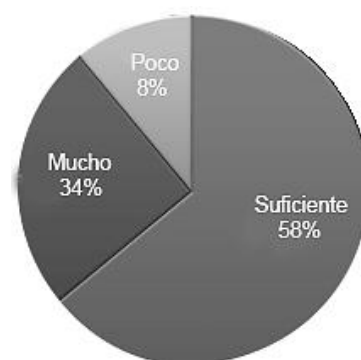
A partir de esa primera etapa el grupo de trabajo del MultiH participó impartiendo prácticas como observadores-evaluadores y una vez concluido el ciclo de prácticas se realizó una encuesta a los estudiantes. La muestra encuestada representó el 84,1% de los 182 estudiantes que cursaron la asignatura. Los resultados aparecen en gráficos circulares en las figuras 6, 7, 8, 9 y 10.



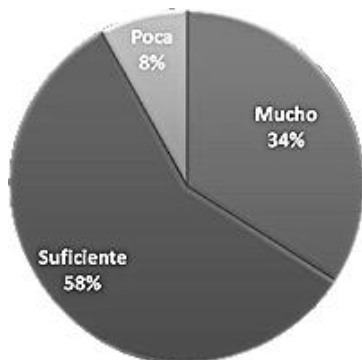
**Figura 6. Extensión de las prácticas a otras asignaturas**



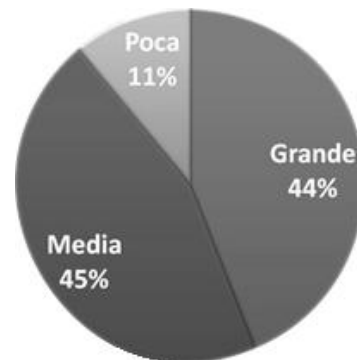
**Figura 7. Nivel de agrado y satisfacción**



**Figura 8. Adquisición de habilidades en las NTI**



**Figura 9. Comprensión de la realización virtual-real**



**Figura 10. Utilidad de las prácticas**

### Encuesta en el curso 2013-2014 en la carrera de Ingeniería Hidráulica en la CUJAE

A partir de las experiencias en el trabajo pedagógico dirigido a la medición del impacto de la aplicación de los Laboratorios Virtuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje en carreras de ingeniería en el curso 2013-2014 se diseñó una nueva estrategia y nuevos instrumentos que permitieran determinar los impactos en la enseñanza. Para su aplicación se seleccionó la asignatura de Estaciones de Bombeo y se evaluaron las prácticas virtuales correspondientes a la obtención de las curvas características de: una bomba simple, dos bombas en serie y dos bombas en paralelo. Esta asignatura forma parte del currículo lectivo del séptimo semestre del Plan de Estudio D, de la carrera universitaria de Ingeniería Hidráulica impartida en la CUJAE.

La tabla 1 muestra los objetivos que se propusieron alcanzar con este estudio.

**Tabla 1. Objetivos a alcanzar en la evaluación de los estudiantes**

Denominación	Objetivo	Aplicado por
Encuesta a los estudiantes	a. Obtener información sobre la opinión de los estudiantes con referencia al impacto del Laboratorio Virtual en su proceso de aprendizaje. b. Identificar áreas del conocimiento en que les dejó una huella que logran recordar. c. Obtener información sobre el grado de satisfacción de los estudiantes al realizar el LV. d. Obtener información sobre la opinión de los estudiantes respecto al diseño gráfico. e. Obtener información de los estudiantes respecto a la aplicación informática y su viabilidad. f. Obtener información sobre la opinión de los estudiantes respecto a la ayuda.	Profesor del grupo

Para alcanzar estos objetivos se estableció un sistema de encuestas. En la tabla 2, aparece la primera encuesta realizada y sus resultados. El criterio adoptado para el llenado de la tabla fue que el estudiante solo podía realizar una selección por cada indicador. Mientras que para el procesamiento se realizó un conteo simple de frecuencia de selección del indicador según el criterio de medida.

Es de destacar que de las 410 preguntas realizadas (41 estudiantes y 10 preguntas) 344 respondieron con calificaciones de 5 y 4.

**Tabla 2. Primera encuesta realizada y resultados obtenidos**

No.	En qué medida consideras que las prácticas virtuales:	5	4	3	2	1
1	han resultado útiles para tu aprendizaje de la asignatura	22	10	6	3	0
2	contribuyeron a la adquisición de habilidades para realizar mediciones con instrumentos y técnicas propias de la profesión	11	19	9	2	0
3	contribuyeron a una mejor comprensión de los aspectos teóricos que en ella se presentan	19	14	7	1	0
4	contribuyeron a una mejor comprensión del fenómeno estudiado	23	14	3	1	0
5	motivaron el interés por estudiar el tema de la misma	15	19	6	1	0
6	presentan un diseño gráfico que consideras te ayudó a su realización	19	16	5	1	0
7	tienen orientaciones necesarias sobre los equipos e instrumentos de trabajo	23	12	6	0	0
8	contienen orientaciones en la ayuda para realizar el procedimiento experimental	18	18	4	1	0
9	presentan orientaciones en la ayuda para registrar los valores de las mediciones	20	18	2	1	0
10	presentan orientaciones en la ayuda para realizar el informe final de la práctica virtual	19	15	5	1	1



Un segundo grupo de preguntas formó la segunda encuesta realizada que se encaminó a verificar algunos aspectos claves para el desarrollo de la práctica y la obtención de los resultados. En este caso el estudiante podía seleccionar más de un indicador. Para el procesamiento de la encuesta se realizó un conteo simple de frecuencia de selección del indicador y se calculó la frecuencia relativa expresada en % (frecuencia/posibilidades de selección). En la tabla 3 aparece la encuesta y sus resultados. Debe señalarse que el ítem 2 no tiene nada que ver con las tres prácticas virtuales realizadas, ni con la asignatura que se cursa, lo cual da una clara idea de que hay un porcentaje pequeño de estudiantes que no tuvieron claros los objetivos de la práctica, ni la metodología de su ejecución y las fórmulas a emplear.

**Tabla 3. Aspectos que se relacionaron con las prácticas virtuales realizadas por el estudiante en la asignatura**

ítem	Propuesta	Frec. Selec.	%	No selec.	% No selec.
1	Utilicé la ecuación de Bernoulli para determinar la carga dinámica total (CDT)	24	58,5 %	17	41,5 %
2	Calculé los valores de velocidad por la ecuación de Manning	9	22,0 %	xx	xx
3	Obtuve por medición directa el valor de la carga a presión	21	51,2 %	20	48,8 %
4	Comprobé que mientras mayor sea el área del tanque el tiempo de llenado supera los 30 segundos	20	48,8 %	21	51,2 %

Una tercera encuesta estuvo dirigida a comprobar el grado de satisfacción de cada estudiante al trabajar con instrumentos, sonidos y ambientes virtuales, tabla 4. En la misma se orientó al estudiante que solo podía seleccionar un criterio por cada ítem. El procesamiento se basó en el conteo simple de frecuencia de selección del ítem según criterio y se calculó la frecuencia relativa expresada en % (frecuencia de selección/ posibilidades de selección).

**Tabla 4. Grado de satisfacción del estudiante**

ítem	Propuesta	Sí	%	No	%
1	¿Desearías que las prácticas virtuales se extendieran a otros temas de la asignatura?	31	75,6	10	24,4
2	¿Desearías que las prácticas virtuales se extendieran a otras asignaturas?	33	80,5	8	19,5
3	Resulta mejor realizar la práctica virtual en el aula con la supervisión del profesor	34	82,9	7	17,1
4	Resulta mejor realizar la práctica virtual en la computadora personal en la casa u otro lugar fuera del aula	21	51,2	20	48,8
5	Te resultó grato realizar las prácticas virtuales	38	92,7	3	7,3

Los resultados de los ítems 3 y 4 resultan algo contradictorios ya que evidentemente hay estudiantes que contestaron afirmativamente en dos ítems que son excluyentes. Se reafirma por el porcentaje de estudiantes que contestaron sí, que hay un alto grado de satisfacción con la herramienta virtual.

Los aspectos que resultaron positivos de la experiencia fueron recogidos en la tabla 5 donde a cada estudiante se le permitió escribir hasta tres aspectos. El procesamiento fue semejante al de las tablas anteriores recolectándose 63 anotaciones en total realizadas por 36 de los 41 estudiantes para un 87,8%.

Es de destacar que el 46 % de las anotaciones realizadas destacan la importancia del laboratorio virtual para comprender la asignatura.

**Tabla 5. Aspectos positivos destacados por los estudiantes**

Aspecto	Frec (f)	f %
Buena representación gráfica	9	14,3 %
Contribuyen a la motivación e interés	5	7,9 %
Permiten comprender la asignatura	29	46,0 %
Ayudan a relacionar la teoría con la práctica y la vida	7	11,1 %
Permiten aprender a utilizar instrumentos de medición	8	12,7 %
Favorecen el uso de la tecnología	3	4,8 %
Resulta un programa sencillo desde lo informático	2	3,2 %
total	63	--

Para conocer los aspectos negativos de la experiencia se realizó otra encuesta cuyos resultados aparecen en la tabla 6. El proceso de recolección y procesamiento es idéntico al de la tabla 5. En esta encuesta el 73,2% de los estudiantes vertieron uno o dos criterios negativos. Es de destacar que mientras 21 estudiantes expusieron un criterio solo 9 expusieron 2. En total 36 estudiantes expusieron criterios positivos y 30 criterios negativos.

**Tabla 6. Aspectos negativos destacados por los estudiantes**

Aspecto	Frec. (f)	f %
Insuficientes computadoras	9	23,7 %
Calidad no adecuada de la tecnología	18	47,4 %
Condiciones no adecuadas del local	5	10,2 %
Necesidad de mejorar la ayuda	2	5,3 %
Insuficiencia gráfica	1	2,6 %
No es motivador	3	7,9 %
total	38	--

Trece de los 41 estudiantes encuestados realizaron otras anotaciones respecto a las prácticas virtuales. Estas anotaciones se resumen en la tabla 7. A esta tabla se le adicionó una columna indicando con qué aspecto estaba relacionada la anotación.

Un análisis de los resultados obtenidos en las tablas 2 al 7 que dan respuesta a los seis objetivos que aparecen en la tabla 1 se exponen a continuación.

Para el análisis del primer objetivo, a de la tabla 1, se agruparon los resultados de los indicadores de 5 y 4 como expresión de una aceptación alta y de 2 y 1 como expresión de una aceptación muy baja, dejando sin agrupar el valor 3 ya que no define una inclinación preferente.

En los aspectos relativos al aprendizaje (ítem del 1 al 5), entre el 73% y el 90 % de los estudiantes consideran que los laboratorios virtuales realizados impactaron de forma apreciable su aprendizaje de la asignatura. En estos aspectos entre un 2% y un 7% de los estudiantes no consideran que los laboratorios virtuales hayan impactado su aprendizaje.

Es significativo el resultado de los ítems 3, 4 y 5 en los valores de aceptación alta, pues se refieren a la mejor comprensión de la teoría (80,5% de los estudiantes); mejor comprensión del fenómeno estudiado (90,2% de los estudiantes) y la motivación e interés por el tema objeto de estudio (83,0% de los estudiantes).

**Tabla 7. Anotaciones adicionales realizadas por los estudiantes**

<b>Estud.</b>	<b>Aspecto planteado</b>	<b>Se relaciona con</b>
1	Las prácticas son muy buenas pero las computadoras están muy malas	Calidad de la tecnología Satisfacción al utilizar los LV
2	Son un buen método para aprender y acercarnos a la realidad	Aprendizaje Satisfacción al utilizar los LV
3	Son instructivas	Aprendizaje
4	Considero que los laboratorios virtuales son mejores, además se cuenta con los materiales y tecnologías para su realización	Aprendizaje Tecnología Satisfacción al utilizar los LV
5	Están muy buenas las prácticas virtuales pero quisiera hacer también prácticas reales, con estas prácticas se aprende mucho	Aprendizaje Satisfacción al utilizar los LV
6	Nos da una idea más general acerca de la asignatura de bombas	Aprendizaje Refiere y/o identifica prácticas virtuales realizadas
7	Las practicas virtuales pudieran abordar otros temas	Aprendizaje Satisfacción al utilizar los LV
8	Muy buenas, aprendí objetivos que me ayudaron a aprobar pruebas de la asignatura estaciones de bombeo	Aprendizaje Satisfacción al utilizar los LV
9	Deben relacionarlas más con otras asignaturas de la carrera, como hidrología que se puedan observar los procesos de precipitación y sequía de una cuenca	Aprendizaje
10	Los laboratorios virtuales son buenos, pero los reales fijan más el conocimiento y la motivación del estudiante	Aprendizaje
11	Que le hagan una versión más moderna del programa	Calidad de la tecnología
12	Los laboratorios de computación no están en buen estado, las computadoras, o están muy lentas que no te permiten trabajar, o no están en funcionamiento y las que funcionan tienen una alta demanda y aunque se preste toda la atención te es casi imposible aprender óptimamente.	Aprendizaje Calidad de la tecnología Suficiencia de la tecnología
13	Considero que las prácticas contribuyen a la integridad y formación que ha de tener un ingeniero, pero la calidad de los laboratorios no se encuentra a la altura de la calidad de las clases.	Aprendizaje Reconoce importancia del LV Calidad de la tecnología Calidad del LV

Si se cruzan estos resultados con otras preguntas se encuentra que entre el 49% y 58% (21 a 24 estudiantes) identificaron aspectos teóricos esenciales vinculados con las prácticas realizadas, tabla 3. Es de interés que en la tabla 5 donde los estudiantes plantean hasta tres aspectos positivos de los Laboratorios Virtuales, el 46% plantean que los mismos permiten comprender la asignatura, cifra que es significativa en tanto que es una pregunta de elaboración libre.

En la tabla 5 a las preguntas respondieron realizando anotaciones 36 de los 41 estudiantes de la muestra (87,8%), los que efectuaron 63 anotaciones.

Si agrupamos los ítems relacionados con el aprendizaje se obtienen 49 de 63 anotaciones que apuntan a este aspecto para un 77,8 % lo que representa un valor que coincide con lo analizado en los resultados de la tabla 2.

En los aspectos deficientes, tabla 6, un 7,8% (3 de un total de 38) de los planteamientos se refiere al carácter no motivador de las prácticas virtuales, lo que no representa un valor significativo, pero no obstante debe ser atendido.

Como promedio 35 de los 41 estudiantes de la muestra recuerdan las prácticas virtuales realizadas, lo que muestra la huella que las mismas dejaron durante el proceso de aprendizaje con ellas.

Ante la solicitud de anotar cualquier otra opinión que quiera expresar sobre las prácticas virtuales tabla 7, realizan anotaciones 13 de los 41 estudiantes de la muestra (31,7%). De ellos 11 de los 13 (84,6%) expresa opiniones favorables sobre el impacto de los laboratorios virtuales en el aprendizaje.

Estos resultados desde la visión del estudiante valoran positivamente la contribución de los Laboratorios Virtuales al proceso de aprendizaje.

El segundo objetivo, b de la tabla 1, la tabla 3 muestra resultados muy bajos que oscilan entre un 48,8% y un 58,5% al identificar áreas del conocimiento vinculadas a las prácticas virtuales realizadas.

Si se toma en cuenta que hay tres propuestas correctas y que un estudiante puede realizar todas las selecciones que desee (esto equivale a 123 selecciones correctas) el 41,4% no realizó selección, lo que se puede interpretar como que no se recuerda de estos temas.

Para el tercer objetivo (c de la tabla 1) los resultados de la tabla 4 sintetiza el grado de satisfacción de los estudiantes al realizar la práctica virtual. En ella los ítems 1, 2 y 5 están dirigidos a obtener información al respecto.

Los resultados van de 75,6 % (ítem 1) a 92,7 % (ítem 5), los estudiantes muestran satisfacción al realizar las prácticas, sin embargo, muestran un resultado menos favorable sobre la generalización a otros temas de la asignatura y otras asignaturas respecto a su nivel de satisfacción.

En general prefieren el aula con el profesor para realizar la práctica virtual (82,9%) que realizarla en su casa u otro lugar fuera del aula (51,2%)

Lo anterior puede ser un indicador de varios factores, entre otros, la no disponibilidad de computadoras personales, que no están desarrolladas las habilidades necesarias para el trabajo independiente (sin la presencia del docente), que no están preparados para trabajar con el laboratorio virtual, que no están familiarizados con la metodología de trabajo que presenta el laboratorio virtual, que la práctica virtual en su diseño no ofrece los elementos metodológicos y/o recurso de comunicación suficientes para realizarla sin la presencia del profesor. En estos aspectos se deberá profundizar en próximos trabajos.

El objetivo d de la tabla 1, está dirigido a obtener información sobre la opinión de los estudiantes respecto al diseño gráfico.

Los resultados (85,4%) del ítem 6 en la tabla 2, muestran buena aceptación de diseño gráfico. En la tabla 5, nueve estudiantes de 36 (25%) consideraron buena representación gráfica, al expresar libremente su opinión.

Al evaluar el objetivo e de la tabla 1, dirigido a obtener información de los estudiantes respecto a la aplicación informática y su viabilidad, los resultados de la tabla 5 en los aspectos positivos es significativo que solo el 3,2% reconoce que resulta un programa sencillo desde lo informático, lo cual puede ser un indicador de un insuficiente proceso de familiarización con la aplicación.

Y que un 4,8% plantea que favorecen el uso de la tecnología. En los aspectos negativos, tabla 6, se destaca la calidad no adecuada de la tecnología (47,4%), la insuficiencia de computadoras (23,7%).

El último objetivo, f de la tabla 1, encaminado a obtener información sobre la opinión de los estudiantes respecto a la ayuda, arroja que los ítems 7, 8, 9 y 10 de la tabla 2 se orientan a obtener información sobre la ayuda, los que muestran, ítem 7 (85,4 %), ítem 8 (87,8 %), ítem 9 (92,7 %) e ítem 10 (83 %), como se puede apreciar, que se requiere mejorar la ayuda para realizar el informe final de la práctica y las orientaciones sobre los equipos e instrumentos de trabajo. El 5,3% en los aspectos negativos de la tabla 6 plantea la necesidad de mejorar la ayuda.

## CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en las encuestas realizadas arrojan que el Laboratorio Virtual tuvo un impacto apreciable en el proceso de aprendizaje de las asignaturas evaluadas.
- Los resultados de las encuestas en posgrado dan mejores valoraciones por parte de los encuestados que en la de estudiantes de pregrado, lo cual era de esperar ya que la madurez y el mayor empleo de otras herramientas informáticas influyen en que la asimilación de la tecnología sea mejor en operadores con experiencia profesional, como es el caso de estudiantes de posgrado. No obstante, debe precisarse que las encuestas que se realizaron en

posgrado fueron muy simples en comparación con la encuesta realizada en pregrado en la asignatura Estaciones de Bombeo y recogida en las tablas 1 al 7.

- Un aspecto importante que se puede inferir de los resultados, muestra la necesidad de profundizar en el vínculo del laboratorio virtual y el resto de las actividades docentes (conferencia, clase práctica, seminario, sistema de evaluación) de modo que estos contribuyan a la solidez del sistema de conocimientos y habilidades de la asignatura.
- En general el diseño gráfico e informático son reconocidos por los estudiantes que expresan su satisfacción sobre los mismos.
- La ayuda, aunque presenta una situación favorable, requiere ser construida con mayor dinamismo e interacción con Internet, incorporando elementos de la realidad ampliada, un diseño didáctico que exija al estudiante si es necesario acudir a ella en primera instancia y un grado de personalización en función de las necesidades individuales.
- La introducción del laboratorio virtual representa un conjunto de ventajas en relación con el real, asociadas con el nivel de familiarización del estudiante con el proceso a investigar, optimización del uso de los recursos materiales, formación de habilidades transversales en el uso de las TIC y repetitividad y multiplicidad de experimentos, entre las más significativas identificadas con la aplicación del MultiH.Virtual.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con la colaboración de un número importantes de especialistas y estudiantes. Primeramente, nuestro respecto y agradecimiento a la Dra. Elsa Herrero Tunis, Profesora Titular en retiro, por todo lo aportado, material e intelectualmente, a este trabajo. A los Doctores en Ciencias Técnicas Abraham López, Miguel Ángel Perozo y Luis Sánchez de la Universidad Experimental Francisco de Miranda en Venezuela, a los profesores del Centro de Investigaciones Hidráulicas Dr. Yaset Martínez, Ing. Iosvany Recio, Dr. Félix Dilla y muy especialmente a los estudiantes de la UNEFM y de la CUJAE que participaron activamente en las encuestas.

## REFERENCIAS

- Calvo I., Zulueta E., Gangoiti U. y López J. M.** (2008). “Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas”. Ikastorratza, e-Revista de Didáctica, Euskal Herriko Unibertsitatea / Universidad del País Vasco, Número 3, pp 1-21, ISSN-e 1988-5911. Extraído de: <https://dialnet.unirioja.es/revista/12746/A/2008> en marzo del 2016.
- Gómez M. y León A.** (2010). “Un modelo e instalación virtual para prácticas de laboratorio. Evaluación virtual de una bomba como caso de estudio”. Memorias del 7mo. Congreso Universidad 2010, Ministerio de Educación Superior, ISBN 978-959-16-1558-9. La Habana, Cuba. Extraído de: <http://biblioteca.uniss.edu.cu/sites/default/files/CD/universidad%202016%20web/pdf/Memorias.pdf> en mayo 2017.



- Harvey R. and Bastian J.** (2012). “Out of the classroom and into the laboratory: Teaching digital curation virtually and experientially”. *IFLA Journal*, vol. 38, pp. 25-34. ISSN: 0340 0352. University of Montana, United States of America. Extraído de: [https://www.ifla.org/files/assets/hq/publications/ifla-journal/ifla-journal-38-1\\_2012.pdf](https://www.ifla.org/files/assets/hq/publications/ifla-journal/ifla-journal-38-1_2012.pdf) en junio del 2017.
- Koretsky M., Kelly C. and Gummer E.** (2011). “Student Perceptions of Learning in the Laboratory: Comparison of Industrially Situated Virtual Laboratories to Capstone Physical Laboratories”. *International Journal of Engineering Education*, 100: pp. 540–573. Dublin Institute of Technology Tempus Publications, Ireland. ISSN 0949149X. Extraído de: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00026.x/abstract> en junio del 2017.
- Larive C.** (2004). “Digital resources to enhance instruction”. *Analytical & Bioanalytical Chemistry*, vol. 379, pp. 321-322. ISSN: 1618-2642 (Print) ISSN: 1618-2650 (Online). Springer International Publishing AG. Part of Springer Nature. U.S.A. Extraído de: [www.springer.com/chemistry/analytical+chemistry/journal/216](http://www.springer.com/chemistry/analytical+chemistry/journal/216) en mayo del 2017.
- León A. y Gómez M.** (2006). “Estrategia para la formación de profesores universitarios en la construcción de procesos virtuales para la enseñanza universitaria”. 3er Simposio Iberoamericano de Educación, Cibernética e Informática: SIECI 2006 en el contexto de la 5ta Conferencia Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática: CИСCI 2006, Orlando, Florida, U.S.A. © Derecho de Autor 2006, International Institute of Informatics and Systemics. Extraído de: [https://scholar.google.com/cu/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&as\\_vis=1&q=SIECI+2006+&btnG=](https://scholar.google.com/cu/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_vis=1&q=SIECI+2006+&btnG=) en mayo 2017.
- León A. y Gómez M.** (2010). “Una solución para la enseñanza de los procesos de la hidráulica mediante una herramienta virtual”. *Memorias del 7mo Congreso Universidad 2010*, Ministerio de Educación Superior, ISBN 978-959-16-1558-9. La Habana, Cuba. Extraído de: <http://biblioteca.uniss.edu.cu/sites/default/files/CD/universidad%202016%20web/pdf/Memorias.pdf> en mayo 2017.
- Torres F., Candelas F., Puente S., Pomares G., Gil P. and Ortiz F.** (2006). “Experiences with virtual environment and remote laboratory for teaching and learning robotics at the University of Alicante”. *International Journal of Engineering Education*. Vol. 22, No. 4, pp. 766-776. ISSN 0949-149X, Tempus Publications, Dublin Institute of Technology, Ireland. Extraído de: <http://hdl.Handle.net/10045/6231> en noviembre del 2017.