



DGTIC UNAM

DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y
DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
Y COMUNICACIÓN

Evaluación realizada en



Laboratorio de
Aprendizaje Digital

<https://educatic.unam.mx/lad-unam/>

2024



DGTIC UNAM
DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y
DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
Y COMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
SECRETARÍA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL

DIRECCIÓN DE INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍAS PARA LA EDUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN DIDÁCTICA EN EL USO DE TIC

Primera evaluación de la herramienta **Laboratorio Virtual de Química** Informe General

Octubre de 2024

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN: ¿PARA QUÉ EVALUAR?.....	4
1. ANTECEDENTES DEL LABORATORIO.....	7
1.1 FUNCIONALIDADES ACTUALES DEL LVQ.....	8
2. APROXIMACIONES TEÓRICAS.....	13
2.1 EL EJE CONSTRUCTIVISTA.....	13
2.2 EL EJE DEL ERROR.....	14
3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	16
3.1 LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA RÁPIDA.....	17
3.2 CATEGORÍAS DE ANÁLISIS Y OBSERVABLES.....	17
3.3 INSTRUMENTOS.....	18
3.4 SELECCIÓN DE LAS PERSONAS PARTICIPANTES.....	19
3.5 TRABAJO DE CAMPO.....	19
3.6 CARACTERIZACIÓN DE LAS PERSONAS QUE PARTICIPARON EN LA EVALUACIÓN.....	20
4. PRINCIPALES HALLAZGOS.....	22
4.1 HALLAZGOS CUANTITATIVOS.....	22
4.1.1 Aspectos de diseño.....	22
4.1.2 Aspectos didácticos.....	27
4.2 HALLAZGOS CUALITATIVOS.....	34
4.2.1 Intervenciones realizadas para ampliar los observables.....	34
4.2.2 Hallazgos.....	37
Categoría 1: Interactividad con la herramienta.....	37
Categoría 2. Participación del docente.....	46
Categoría 3. Otros observables.....	48
4.2.3 Discusión de los hallazgos.....	50
5. RESUMEN EJECUTIVO.....	53
5.1 COSAS QUE HACEN FALTA.....	53
5.2 COSAS QUE HAY QUE MODIFICAR.....	55
5.3 COSAS QUE HAY QUE ELIMINAR.....	58
5.4 CUESTIONES QUE HAY QUE SOMETER AL CRITERIO DE UNA PERSONA EXPERTA EN QUÍMICA..	59

6. REFERENCIAS.....	60
ANEXO 1. CUESTIONARIO APLICADO AL ESTUDIANTADO.....	67
ANEXO 2. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS.....	71

INTRODUCCIÓN: ¿PARA QUÉ EVALUAR?

El uso de la tecnología en la educación se ha incrementado en los últimos años, con mayor énfasis durante el periodo de la pandemia y el cierre de las instituciones educativas, en tanto la única forma de continuar con la enseñanza fue por la mediación de algún tipo de tecnología. La pandemia fue, además, un periodo en el que se puso de relieve que algunas licenciaturas no pudieron partir del uso de la tecnología para enseñar sus contenidos disciplinares porque, al menos hasta ese momento, no se habrían concebido sin la presencialidad. En esta categoría bien podríamos situar al área de la salud –medicina, veterinaria, odontología, *inter alia*– o la de ciencias experimentales, como fue el caso de la química, que requería el uso del laboratorio para realizar algunas de sus actividades académicas.

En la literatura se menciona con frecuencia que la tecnología podría proporcionar oportunidades para el aprendizaje interactivo, para el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior e incluso permitiría mejorar los procesos de comunicación entre el profesorado y el alumnado (Kim et al., 2020; Mat & Mustakim, 2021). De igual forma, el uso inteligente de la tecnología puede plantearse a partir del enfoque constructivista del aprendizaje (Isik, 2018; Mustafa & Fatma, 2013) en tanto las tecnologías podrían promover el aprendizaje activo (Walker, 2020), así como favorecer en la construcción de conocimiento (Kriscautzky, 2019).

Ante el potencial del y el incremento en el uso de las tecnologías digitales en el ámbito educativo, también se ha visto en aumento las investigaciones empíricas que han buscado evaluar *su efectividad* en los procesos educativos. Sobre este aspecto, la literatura reciente nos muestra que se han realizado indagaciones de tipo cualitativo (Alhumaid, 2020; Montrieux et al., 2015), cuantitativo (Basri et al., 2018; Buss et al., 2018) o mixto (Poth, 2018). En esta misma línea, Dayo et al. (2024) sostienen que el campo de la tecnología educativa con frecuencia recibe críticas por no producir literatura basada en evidencias (Bulfin et al., 2014), por producir estudios solamente descriptivos (Fuller et al., 2011) o por la falta de investigaciones con un diseño metodológico sólido (Winn, 2003; Wright, 2019). Finalmente, Sung et al. (2019), en una revisión sistemática de este tipo de estudios, encontraron que un 72 % de ellos carecían de rigor.

Estos datos nos plantean, al menos, dos problemas. El primero corresponde a la falta de evaluaciones acerca de la efectividad de las tecnologías digitales en la educación con fundamentos teórico-metodológicos sólidos que permitan no sólo explicar sino también comprender (Pérez & Rodríguez, 2011) lo que el alumnado y el profesorado hacen con esas tecnologías, y cómo es que las aprovechan dentro del trabajo en el aula. El segundo implicaría que estas evaluaciones se hacen sobre un producto terminado –una aplicación para dispositivos móviles, un objeto de aprendizaje, una página web interactiva, por mencionar algunos– ya sea cuando este se lanza al público en general o cuando un determinado grupo de estudiantes o de profesores lo usan y, a partir de sus experiencias, señalan las fortalezas o debilidades del desarrollo tecnológico.

Ambos problemas, desde nuestra perspectiva, parten de la misma deficiencia: las evaluaciones se enfocan en las cuestiones relacionadas con la experiencia del usuario, por caso, que la herramienta sea funcional, confiable, usable y placentera (Ramírez, 2021), lo cual no es menor, pero deja otras dimensiones sin abordarse, como sería la dimensión didáctica.

Ante este panorama, en el *Departamento de Formación Didáctica en el Uso de TIC* nos propusimos alejarnos de estas tendencias con respecto a la evaluación de herramientas y desarrollos tecnológicos. Por un lado, consideramos que dicha evaluación no debe realizarse hasta que el producto esté terminado. Por el contrario, asumimos que las evaluaciones deben ser iterativas desde que se cuenta con el primer prototipo y hasta su lanzamiento en versión pública. Estas aproximaciones sucesivas, consideramos, facilitan no sólo el trabajo del área de desarrollo de software, sino también el trabajo didáctico que es irreductible en cualquier herramienta digital que se pretenda usar dentro de un proceso de enseñanza y de aprendizaje. Un cambio que nos pareció esencial, y que se refleja en todo este documento, es el de la orientación del enfoque del desarrollo, que va de la persona docente o de la persona programadora hacia el estudiantado, quien, al final de cuentas, será quien usará, de algún modo, la herramienta que les presentemos. Este cambio de enfoque también implica comprender las lógicas de uso que el estudiantado hace visibles al interactuar con la herramienta. Con otras palabras, la *evaluación durante el desarrollo (EDD)* pretende acercarse lo más posible a la perspectiva del estudiantado para que la herramienta final funcione de acuerdo con sus necesidades académicas y no bajo la lógica de quien la diseña, didáctica o tecnológicamente.

Por otro lado, nos pareció que realizar una evaluación unidimensional o superficial no nos aportaría elementos para problematizar la formación didáctica para el uso de las tecnologías digitales. Es por ello por lo que adoptamos un enfoque metodológico riguroso en todas sus etapas, de forma tal que los

resultados y los hallazgos del ejercicio de evaluación no sólo fueran insumos al interior de la DITE, sino que además éstos pudieran presentarse en otros espacios académicos y con ello contribuir a la conversación sobre la evaluación de las herramientas tecnológicas. Si bien las tradiciones en la investigación cualitativa han señalado que una indagación rigurosa y cuyos resultados puedan tener validez no se haría en un periodo corto de tiempo (*cf.* Creswell, 2012; Flick, 2015; Guba & Lincoln, 2000; Taylor & Bogdan, 1992), no es menos cierto que el estudio de ciertos fenómenos o sucesos requiere hacerse en periodos que van de algunas semanas a un par de meses. Tal es el caso de la evaluación que reporta este documento. Sin embargo, ello no nos impidió sustentar nuestro proceso de investigación en metodologías rigurosas, pero cortas. Para ello asumimos el enfoque de las *investigaciones cualitativas rápidas* que se definen como “investigaciones empíricas que se enfocan en documentar aspectos del mundo a través de la mirada de los otros, que integra las subjetividades del investigador como parte del proceso de investigación (p. ej. la reflexividad) y que se relaciona con alguna forma de teoría social” (Vindrola-Padros, 2021, p. 3). De esta manera esperamos que los hallazgos de esta primera evaluación nos permitan plantearnos nuevas problematizaciones y cuestionamientos que contribuyan a que los desarrollos tecnológicos que se producen desde la Dirección de Innovación en Tecnologías para la Educación apunten a *innovar sin perderse en el camino*.

Departamento de Formación Didáctica en el Uso de TIC

Jesús Arturo Rivera León

Mónica Avila Quintana

Adriana Areli Bravo Lozano

Ma Alma García García

Gabriela Patricia González Alarcón

Cinthia Selene Vite García

Nidia Montserrat Salinas Vázquez¹

¹ Persona prestadora de servicio social en la Dirección Dirección de Innovación en Tecnologías para la Educación

1. ANTECEDENTES DEL LABORATORIO

El Laboratorio Virtual de Química (LVQ) es un proyecto que surgió a partir del contexto de la pandemia y del confinamiento, específicamente para resolver el problema de *desarrollar la habilidad de la experimentación para aprender* (Kriscautzky, 2024), problemática que no necesariamente se atendía en el software que la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) adquirió durante este periodo para ayudar a su profesorado a continuar con sus clases que hasta ese momento sólo habían sido presenciales.

Ante este panorama, la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de la Información y Comunicación (DGTIC), a través de la Dirección de Innovación en Tecnologías para la Educación (DITE), comenzó el desarrollo del LVQ con un propósito claro: generar una herramienta “para la experimentación donde el profesorado pueda plantear problemas y el estudiantado busque soluciones sin tener que seguir pasos predeterminados” (Kriscautzky, 2024, p. 6338). La experimentación, en este caso, es un componente indispensable en la didáctica de la disciplina química y en la construcción de nuevos conocimientos en el estudiantado.

Sin embargo, la didáctica de la disciplina también plantea formas distintas de cómo se experimenta y para qué se experimenta. Si se asume que la experimentación implica obtener *una* respuesta correcta, entonces la práctica de laboratorio se reduce al seguimiento de pasos estructurados (Kriscautzky, 2024). En todo caso, lo que el profesorado esperaba de sus estudiantes es que no cometan *errores* durante la práctica. Para evitarlos, el profesorado podría recurrir a dos estrategias. La primera implicaría que el estudiantado observe lo que hace el docente y lo replique tal y como éste lo ha hecho. La segunda, más directiva, requiere que el docente proporcione instrucciones claras y precisas que eviten el error (Idoyaga et al., 2021). De manera general, la propuesta del Laboratorio Virtual de Química buscó alejarse de estas concepciones de *experimentación* para incorporar una perspectiva constructivista en la cual el error es una oportunidad invaluable para la construcción de nuevos conocimientos (Astolfi, 1999).

Para el desarrollo de la versión beta 0.1², Kriscautzky (2024) señala que se revisaron, al menos, 5 laboratorios en línea, gratuitos o de paga, y se seleccionaron aquellas funcionalidades que se

² Se considera que existen dos beta del Laboratorio. La Beta 0.1 es la que se describe y muestra en Kriscautzky (2024), mientras que la Beta 0.2 fue la que se utilizó para realizar la evaluación que describe este documento.

consideraron más valiosas para el desarrollo del LVQ. A partir de este análisis se construyó el primer prototipo, el cual tuvo las siguientes características:

- 1) Permitir que las reacciones químicas sucedieran ante las mismas condiciones en un laboratorio real. Por ejemplo, si se mezcla agua destilada con algún ácido, la reacción resultante tendría que suceder en el LVQ.
- 2) Tener una interfaz simple, no realista y con suficiente espacio para la experimentación.
- 3) Incluir parte del equipo de seguridad dentro de un laboratorio (lentes, guantes y bata).
- 4) Se programaron un número limitado de errores posibles que una persona estudiante pudiera realizar en un laboratorio real. La aparición de estos errores en el uso del LVQ apuntaban a la construcción conceptual por lo que aquellos errores triviales no se incluyeron en el diseño del LVQ.

1.1 FUNCIONALIDADES ACTUALES DEL LVQ

La Beta 0.2 del prototipo del LVQ es el resultado de las observaciones y las sugerencias de una profesora de química experta en la enseñanza de la disciplina que ha estado involucrada desde el comienzo del proyecto. También se consideraron las opiniones de algunos profesores a quienes se les mostró la Beta 0.1 del prototipo. La versión actual del Laboratorio³ incluye las siguientes funcionalidades:

a) Selección de un avatar

Esta opción le permite a la persona estudiante seleccionar una imagen que se usará más adelante para el trabajo con las medidas de seguridad. El avatar seleccionado se mantiene durante toda la sesión, a menos de que se cargue de nuevo la página y se inicie de nuevo desde la pantalla principal (Figura 1).

³ El prototipo no público de pruebas se encuentra en la dirección electrónica <http://132.247.177.167/laboratorio-virtual-quimica/>

Figura 1

Selección de un avatar de trabajo

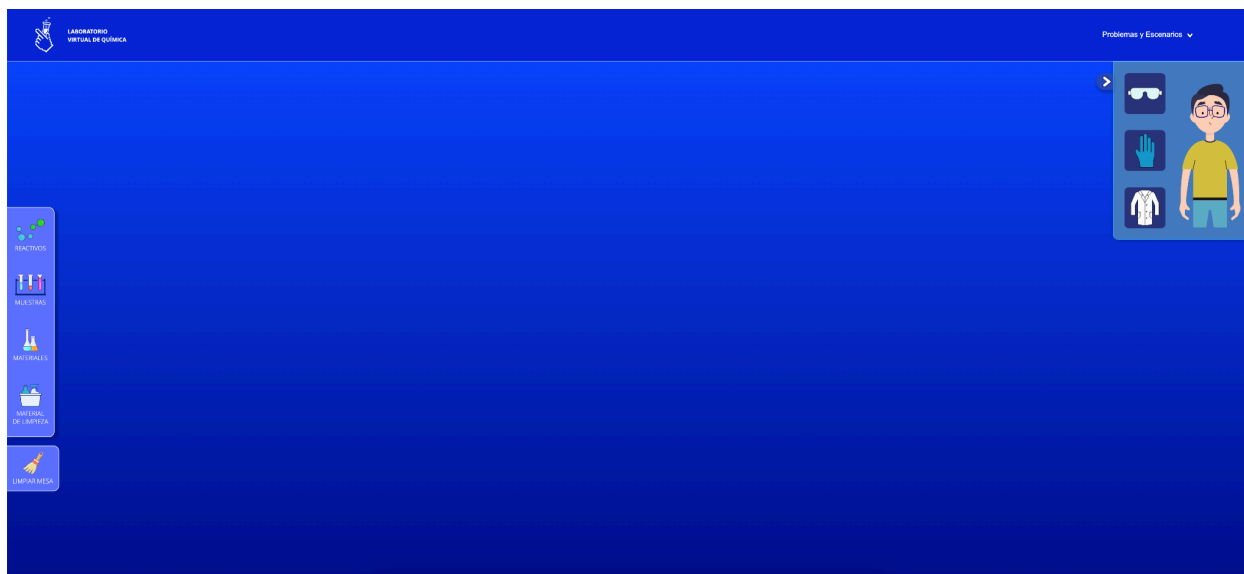


Fuente: sitio del Laboratorio Virtual de Química

b) Área de trabajo

Esta pantalla contiene todos los elementos con los cuales el estudiantado puede realizar las experimentaciones que le asigne su profesor (Figura 2). En la esquina superior derecha se encuentra la sección *Problemas y Escenarios* en donde, actualmente, se incluyen algunos retos diseñados para que el estudiantado experimente y se cuestione los resultados (Figura 3). También del lado derecho se encuentra el avatar que seleccionaron y el equipo de seguridad que tendrían que colocarle al avatar (Figura 4). Finalmente, en el lado izquierdo del área de trabajo se incluyen cuatro secciones: reactivos (agua destilada, ácido clorhídrico, etc.), muestras (agua de lluvia, ácido muriático, etc.), materiales (erlenmeyer, vaso de precipitados, bureta, etc.) (Figura 5).

Figura 2
Área de trabajo



Fuente: sitio del Laboratorio Virtual de Química

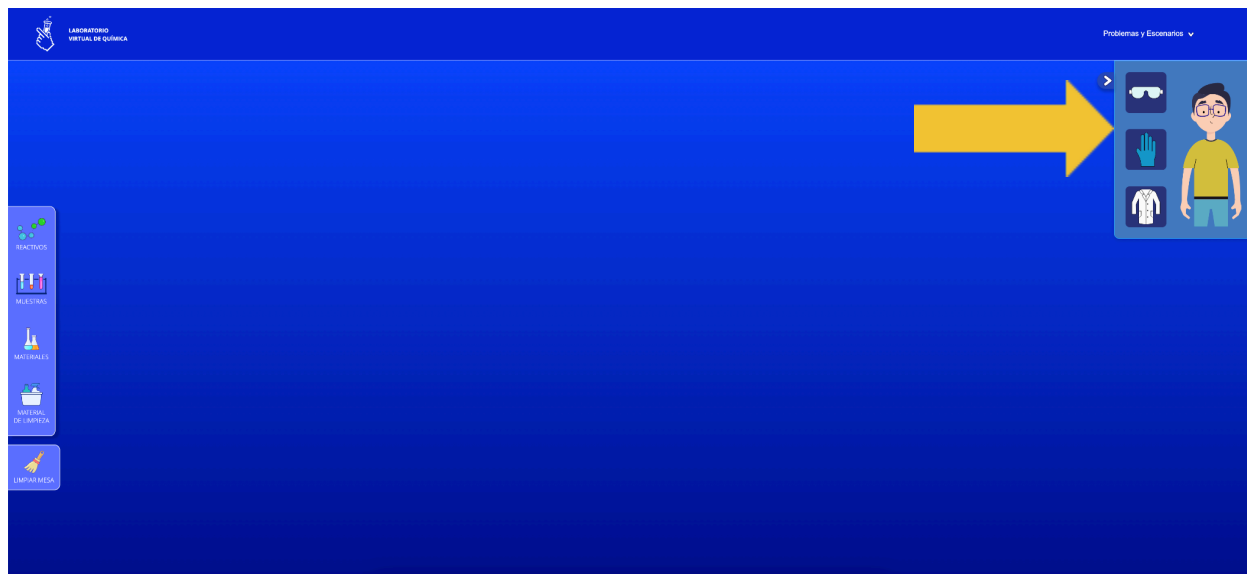
Figura 3
Sección de problemas y escenarios



Fuente: sitio del Laboratorio Virtual de Química

Figura 4

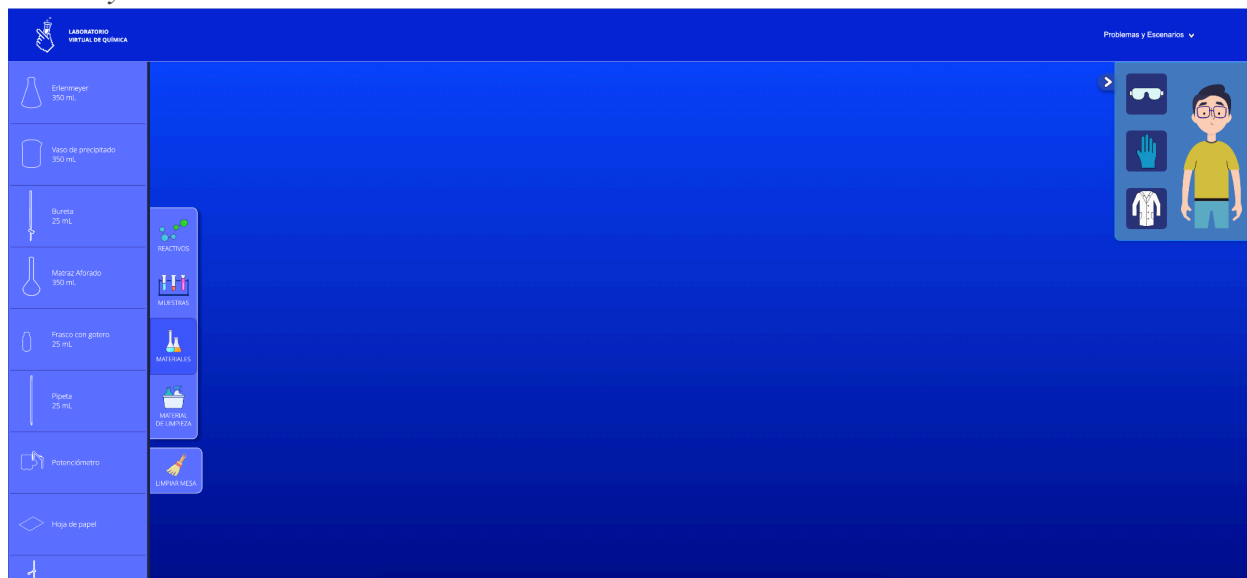
Avatar y equipo de seguridad



Fuente: sitio del Laboratorio Virtual de Química

Figura 5

Recursos y materiales



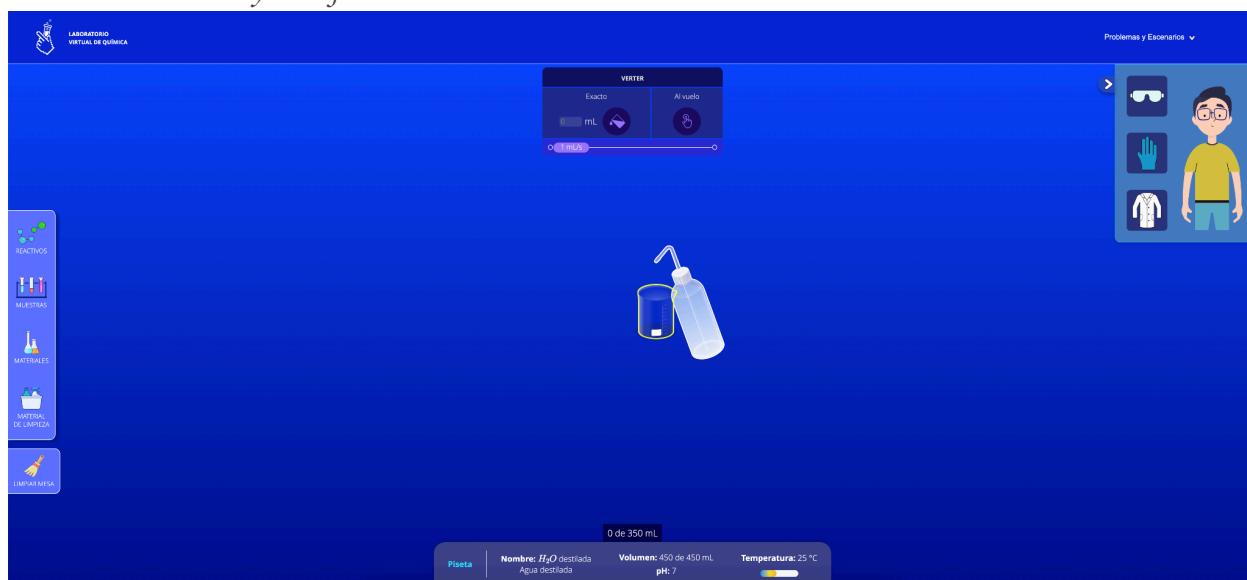
Fuente: sitio del Laboratorio Virtual de Química

c) Cuadros interactivos y de información

Finalmente, cuando la persona usuaria del laboratorio realiza alguna mezcla, le aparecerán dos cajas dentro del área de trabajo. La primera corresponde a una caja interactiva en la cual la persona puede controlar la velocidad con la cual vacía una sustancia en otro recipiente, hacer un vaciado *al vuelo* e ir ajustando la cantidad que se vaciará al hacer la mezcla. La segunda caja, que se muestra en la parte inferior del área de trabajo, proporciona más información como el nombre de la sustancia que se está usando, el volumen que hay en el contenedor, el pH y la temperatura (Figura 6). Ambas cajas proporcionan información y permiten realizar las mezclas de manera controlada o, de igual manera, que el alumnado experimente con diversos parámetros para observar el resultado.

Figura 6

Cuadros interactivos y de información



Fuente: sitio del Laboratorio Virtual de Química

Estas funcionalidades de la Beta 0.2 fueron las que se pusieron a prueba durante la evaluación de la herramienta con las personas usuarias potenciales. La decisión que se tomó fue la de mantenerlo tal y como se encontraba, y recuperar el dato de su funcionalidad a partir de los instrumentos diseñados para la evaluación. En el siguiente apartado se presenta, *grosso modo*, el fundamento teórico que guía el desarrollo de cualquier herramienta tecnológica o recurso educativo desde la DITE y que, en consecuencia, también estuvo presente en la construcción del diseño metodológico.

2. APROXIMACIONES TEÓRICAS

Desarrollar una herramienta tecnológica como lo es el Laboratorio requiere, necesariamente, una fundamentación didáctica que oriente las funcionalidades que tendrá ésta y de qué forma la persona estudiante interactuará con ellas para plantear situaciones problemáticas que la enfrenten a nuevos retos, cuya solución apuntaría a la construcción de conocimientos nuevos y significativos (Kriscautzky, 2024). Bajo esta premisa esencial, los desarrollos que se realizan desde la Dirección de Innovación en Tecnologías para la Educación (DITE) están fundamentados en dos ejes teóricos, los cuales se presentan, de manera sintética, en este apartado.

2.1 EL EJE CONSTRUCTIVISTA

El constructivismo es una epistemología que establece una forma particular de abordar los problemas acerca del conocimiento. En términos generales, se puede afirmar que las tecnologías digitales por sí mismas son incapaces de generar una innovación pedagógica, así como no son la vía por la que automáticamente se resuelven los problemas de la enseñanza. La función instrumental de la tecnología (Chan, 2010), que ha prevalecido como la perspectiva dominante en cómo se usa la tecnología en la educación, supone que lo que interesa es enseñar a usar *una tecnología* como parte de la innovación, en lugar de problematizar cómo es que las tecnologías digitales podrían servir como herramientas y no como los fines en sí mismas.

Si, por el contrario, se las observa desde la concepción constructivista del aprendizaje, los sujetos aprenden a través de la reflexión y la actividad conceptual que realizan sobre los objetos de conocimiento (Kriscautzky, 2019), ello con la ayuda de la tecnología. Desde la perspectiva didáctica constructivista, la transformación que la persona podría hacer sobre los objetos de conocimiento es posible cuando “el alumno se enfrenta a una situación problemática o reto. Es esta situación la que lo obliga a poner en juego los conocimientos previos y a construir conocimientos nuevos para resolver los problemas que enfrenta” (Kriscautzky, 2019, p. 7, énfasis añadido). Esto es, las situaciones didácticas que se propongan deben pensarse para la resolución de problemas con el uso de las herramientas digitales.

Finalmente, es importante tener en cuenta las dos vertientes en el uso de las TIC que apunta Kriscautzky (2019): *enseñar con las TIC* y *enseñar a través de las TIC*. La primera concepción, que es la que interesa resaltar para este informe, implica el diseño de situaciones de enseñanza en las cuales las TIC fortalezcan el aprendizaje y se promueva el aprendizaje conceptual de la disciplina. Al plantearse, por ejemplo, la modelación de situaciones como sucede en el *Laboratorio*, se contribuye no sólo a la mejora en la comprensión de los contenidos, sino que, además, se desarrollan de igual forma habilidades digitales.

En suma, plantear el diseño de una herramienta tecnológica a partir de situaciones didácticas constructivistas podría favorecer que “el alumno reconstruy[a], recre[e] el conocimiento en condiciones didácticas e institucionales que modul[e]n, connot[e]n y orient[e]n su elaboración cognoscitiva” (Perelman, 2007, p. 8).

2.2 EL EJE DEL ERROR

Desde algunas posturas didácticas, la aparición del *error* en el proceso de enseñanza y de aprendizaje constituye un momento de falla, de desviación que debe ser corregido inmediatamente para evitar que pueda aparecer en el futuro. Esta aversión al error continúa, podría decirse, muy presente en las representaciones del profesorado, de los padres y del sentido común. Una posible explicación de este rechazo podría derivarse del hecho de que si un alumno falla, entonces las explicaciones y la *pedagogía* empleada han fallado también (Astolfi, 1999). Bachelard (1985), a propósito de las ciencias como la química que es central en este informe, apunta con claridad una idea que se reflejó, de una u otra manera, en el dato empírico que se recuperó:

“Los profesores, sobre todo los de ciencias, no comprenden que los alumnos no comprenden. Se imaginan que la mente sigue los mismos pasos que una lección; que los alumnos pueden hacerse con una cierta ‘cultura’ si los profesores les imparten la misma clase una y otra vez; o, que pueden llegar a entender una demostración si se les repite paso a paso”

Lejos de plantear una generalización, la idea que subyace en esta cita, y que nos parece fundamental poner de relieve es el hecho de que, para evitar el error, el profesorado habrá de enseñar por imitación, esto es, haciendo primero y pidiendo al estudiantado que actúe de la misma manera que lo ha hecho él, sin desviaciones o, como podría ser también el caso, estableciendo los pasos exactos que han de completarse para alcanzar un resultado deseado (*v. gr.* Kriscautzky, 2024). Pareciera, entonces, que la

didáctica tradicional, sustentada en la clase magistral, se aleja de esta postura en la que el estudiantado puede experimentar, equivocarse y volverlo a intentar en tanto se plantean solamente ejercicios o prácticas en las cuales se guía al alumno paso a paso. Antes bien, esta aproximación se fundamenta en la concepción de que siempre es posible aprender algo, por complejo que esto sea, si se le descompone en etapas elementales, tan reducidas como sea posible, y en donde se proporcione un reforzamiento positivo cuando se ha logrado completar con éxito cada una de éstas (Astolfi, 1999). Sin embargo, este recorrido estrechamente guiado impide que se desarrolle la autonomía intelectual de quien aprende, en tanto el andamiaje proporcionado es efímero ya que se sustenta en evitar que aparezca el error.

Por el contrario, en los modelos constructivistas desde los que nos posicionamos, el error no se elimina y se le da un sentido positivo. Hay que permitir que los errores aparezcan –e incluso provocarlos– para poder tratarlos. Bajo esta perspectiva, señala Astolfi (1999), el error se convierte en indicador de las tareas intelectuales que el estudiantado va resolviendo y de los obstáculos a los que se enfrenta su pensamiento al momento de resolverlos, lo que Sanner (1983) llamaría el *obstáculo epistemológico*.

En síntesis, asumimos que una auténtica actividad intelectual es la que hace posible el aprendizaje. El sujeto sólo progresa cuando es capaz de practicar un trabajo de cambio de entorno, de experimentar de forma personal las herramientas que domina en las distintas situaciones en las que se va encontrando (Meirieu & Develay, 1997). Bajo esta premisa es que se busca sustentar el desarrollo de cualquier herramienta que se pretenda utilizar en algún proceso de enseñanza, como ha sido el caso del *Laboratorio*. Con el constructivismo y el enfoque del error, como marco teórico-conceptual, en la siguiente sección se explica el diseño de investigación que se propuso para la evaluación de la herramienta en sus dimensiones didáctica y de experiencia de usuario.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

Uno de los pasos fundamentales que se realizaron al inicio de esta evaluación fue el consultar en la literatura reciente los modelos, las estrategias o los instrumentos que se han utilizado para evaluar una herramienta tecnológica para la educación. En esta misma búsqueda el interés estuvo puesto en saber en qué momento se hacía la evaluación –durante el desarrollo o con el producto terminado– de estas herramientas. Los hallazgos sobre estos temas pusieron de manifiesto dos asuntos interesantes. Por un lado, las evaluaciones que se realizan a las herramientas o los recursos tecnológicos normalmente se efectúan hasta que se ha terminado su desarrollo y con frecuencia el enfoque de la evaluación se centra en cómo los usuarios perciben al producto final en aspectos como navegación, funcionalidades, cuestiones de usabilidad, entre otros (Keengwe, 2015; Ramírez, 2021; Winn, 2003). Por el otro, los instrumentos de evaluación se seleccionan, o se adaptan, sin cuestionar su validez (cf. Lázaro-Cantabrana et al., 2018) o si su alcance, en términos investigativos, se puede ver limitado por las características del instrumento. Más aún, en la literatura se encontraron debates acerca de la falta de rigor metodológico cuando se trata de la investigación acerca de cómo se usa la tecnología en los procesos de enseñanza y de aprendizaje (Bulfin et al., 2014; Montrieux et al., 2015; Sung et al., 2019; Winn, 2003). No obstante, estos estudios privilegian los enfoques cuantitativos y los métodos experimentales para realizar estas evaluaciones. Si bien estos acercamientos a la evaluación de herramientas tecnológicas aportan *rigor* al proceso y a los resultados obtenidos, desde nuestra perspectiva son totalmente incompatibles con nuestra concepción de aprendizaje y, por tanto, su uso sería estéril en el marco de la dimensión didáctica, en primer lugar, y de la dimensión de experiencia de usuario, en segundo, que son las que nos interesó indagar desde un inicio.

Ante este panorama, nuestra propuesta de evaluación de la herramienta *Laboratorio Virtual de Química* partió de un enfoque cualitativo a partir del cual se pudieran recuperar las experiencias del estudiantado que probó la herramienta en condiciones casi reales y comprender las lógicas, en parte basadas en sus teorías de sentido común (Moscovici, 1961), a partir de las cuales este estudiantado interactuó con la herramienta.

3.1 LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA RÁPIDA

Por el periodo de tiempo tan corto en el que debía realizarse la investigación, desde su diseño hasta la interpretación de los resultados, los diseños de investigación cualitativa tradicionales nos parecieron poco apropiados ya que se requería tener resultados que se transformaran en modificaciones, eliminaciones o adiciones a la versión actual del *Laboratorio*, lo cual tendría implicaciones para el equipo de Desarrollo Tecnológico de la DITE.

“La investigación cualitativa ha sido representada tradicionalmente como un enfoque que requiere largos periodos de tiempo para la recolección de la información y para su análisis” (Vindrola-Padros & Johnson, 2020, p. 1596). Sin embargo, en las últimas décadas, principalmente en el área de la salud, se han desarrollado propuestas para realizar investigación cualitativa rigurosa que proporcione resultados sólidos, y en un corto periodo de tiempo, para el diseño de políticas públicas o estrategias de salud, como sucedió durante la pandemia por COVID-19 (Vindrola-Padros, 2021). La *investigación cualitativa rápida* la entendemos en este documento como:

“La investigación empírica que se enfoca en documentar aspectos del mundo a través de la mirada de los otros, que integra la subjetividad del investigador como parte del proceso de investigación (p. ej. la reflexividad) y que se enmarca en algún tipo de teoría social” (Vindrola-Padros, 2021, p. 3)

El foco principal de las evaluaciones rápidas está en aprehender la perspectiva de las personas, lo cual se logra a través del trabajo en equipo intensivo para la recolección y análisis de datos. El uso de la investigación rápida es diverso y estos estudios tienden a ser flexibles y fácilmente adaptables al cambio de las circunstancias. De esta forma, partimos de las recomendaciones para realizar una investigación cualitativa rápida (Vindrola-Padros, 2021) para el diseño de esta investigación bajo las premisas de que se requerían resultados en un periodo corto de tiempo y de que por el hecho de ser rápida no se tendría que descuidar el rigor metodológico.

3.2 CATEGORÍAS DE ANÁLISIS Y OBSERVABLES

El primer paso dentro del diseño consistió en construir los observables para guiar la observación participante, técnica (Jociles, 2018) principal que se seleccionó para esta evaluación ya que nuestro

objetivo principal era conocer cómo interactuaba el estudiantado de bachillerato con el *Laboratorio* y cuáles eran sus comentarios durante este proceso. Se construyeron 2 categorías generales: *Interactividad con la herramienta* y *Participación del docente*, con 12 observables (o códigos) (Ver Anexo 2). Como una estrategia para reducir la injerencia de la subjetividad del equipo de investigadores, en la tabla de los observables se incluyó una columna llamada *Supuestos*, los cuales representaban las ideas preconcebidas o las anticipaciones a lo que se observaría con el estudiantado. Este ejercicio ayudó a identificar algunas ideas que se plantearon desde la mirada de quien conocía la herramienta como académico, pero no desde la visión del alumno que, en última instancia, será quien utilizará el *Laboratorio*.

3.3 INSTRUMENTOS

Para recolectar la información que se consideró necesaria para la evaluación de la herramienta se construyeron tres instrumentos:

- a) **Guía de observación.** A partir de las categorías de análisis y los observables se construyó un instrumento en el cual cada investigadora pudiera escribir sus anotaciones y sus reflexiones, con la finalidad de que se cubrieran todos los aspectos identificados como clave, por un lado, y para que las observaciones de todo el equipo de investigación apuntaran, en principio, hacia los mismos temas. Esta guía de observación buscó explorar la dimensión didáctica de la herramienta.
- b) **Cuestionario autoaplicado.** Si bien la evaluación se diseñó cualitativamente, el equipo de investigación acordó que para conocer las percepciones del estudiantado acerca de las funcionalidades de la herramienta, de su diseño y, en general, de su usabilidad, se construiría un cuestionario autoadministrado (vía Google Forms) (Ver Anexo 1). Los ítems que se incluyeron buscaban contar con datos numéricos que pudieran cruzarse con los datos cualitativos y con ello fortalecer las recomendaciones finales. Es importante resaltar que no se realizó ningún análisis estadístico a estos datos, por lo cual no se podría considerar a esta investigación como una de tipo mixto.
- c) **Guión de entrevista para el profesorado.** La herramienta del *Laboratorio* se ha concebido desde el inicio como una herramienta de enseñanza, es decir, una herramienta para trabajar en situaciones de enseñanza formal donde un docente propone actividades y pide a sus estudiantes

que experimenten en el laboratorio. Por tanto, el equipo de investigación consideró que las percepciones docentes debían integrarse en la evaluación. Es por ello por lo que se diseñó un guión de entrevista con 10 preguntas (Ver Anexo 3) que buscaron conocer su actitud ante el *Laboratorio* y las ideas que tenían sobre su uso en su práctica docente real⁴.

3.4 SELECCIÓN DE LAS PERSONAS PARTICIPANTES

Las personas participantes en la evaluación tenían que ser estudiantes de los dos sistemas de bachillerato de la UNAM: el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) y la Escuela Nacional Preparatoria (ENP). Fue a través de la titular de la Dirección de Innovación en Tecnologías para la Educación que se estableció contacto con algunas profesoras de estos sistemas quienes, a su vez, invitaron a otros profesores a participar en la evaluación. De todos los grupos propuestos, el equipo de investigación seleccionó a aquellos que se consideraron más pertinentes por el horario, la sede o el turno, lo que podría considerarse un *muestreo por conveniencia* (Hernández, 2021).

3.5 TRABAJO DE CAMPO

El levantamiento de la información se realizó el 24 de septiembre de 2024 en el CCH Naucalpan, turno matutino y vespertino; el 25 de septiembre en la ENP 6 “Antonio Caso”, turno matutino; y el 3 de octubre en la ENP 4 “Vidal Castañeda y Nájera”, turnos matutino y vespertino. En total se observaron 10 grupos y se trabajó con 341 estudiantes a quienes se organizó en pequeños equipos de entre tres y cinco participantes para que exploraran en las computadoras el LVQ.

En algunos casos, la persona docente titular del grupo estuvo durante la sesión ya sea como observadora o respondiendo las preguntas que el estudiantado iba planteando sobre los ejercicios de práctica. En un grupo de CCH Naucalpan la persona docente no estuvo presente durante la sesión.

Después de la observación de cada grupo el equipo de investigación comentó sus impresiones sobre los equipos que había observado y se fueron registrando estas apreciaciones informales que después se utilizarían para complementar la interpretación de los resultados.

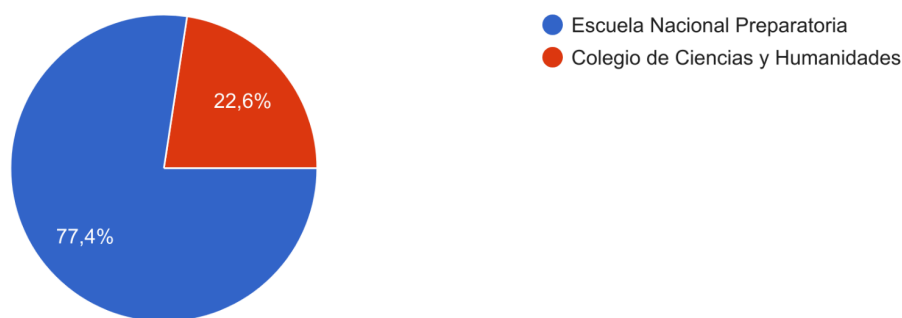
⁴ Las entrevistas se están realizando al momento de escribir este informe por lo cual los hallazgos no se presentarán en esta versión de la evaluación.

3.6 CARACTERIZACIÓN DE LAS PERSONAS QUE PARTICIPARON EN LA EVALUACIÓN

El número total de personas que participaron en la evaluación fue 341 estudiantes y 10 docentes. En el caso del estudiantado 77.4 % provienen de la ENP y el 22.6 % del CCH (Ver Figura 7).

Figura 7

Bachillerato de procedencia del estudiantado



Fuente: elaboración propia

2. Especifica el semestre o año que te encuentras cursando

Los estudiantes se encuentran cursando actualmente el primer, tercer y quinto semestre del nivel medio superior. A continuación se explica la nominación en cada una de las modalidades del bachillerato en la UNAM. El CCH se conforma por semestres lectivos, del primero al sexto, en cambio en la ENP es por años; cuarto, quinto y sexto, debido a que existe el nivel de Iniciación Universitaria que corresponde al primero, segundo y tercero año equivalentes a la educación media básica.

A partir de lo antes mencionado, el primer acercamiento a la asignatura de Química en el bachillerato de la UNAM, se imparte en el primer y segundo semestre de CCH y durante el quinto año en la ENP, por lo que sus conocimientos previos en la asignatura pudieron influir en la resolución de los micro escenarios presentados y en las respuestas al formulario.

Como se mencionó en el apartado metodológico, el Grupo 1 son los estudiantes del primer semestre del CCH junto con los del quinto año de la ENP. El Grupo 2 lo conforman los alumnos del quinto semestre del CCH junto con los del sexto año de la ENP.

Es importante aclarar que la cantidad de estudiantes de los primeros semestres es mayor al de los últimos. Para este reporte se muestra la información de acuerdo con el número y no con porcentajes, a excepción de las gráficas que nos muestran sobre el total de los que respondieron el cuestionario. La distribución se puede observar a detalle en la *Tabla 1*.

Tabla 1

Distribución de estudiantes del CCH y de la ENP que respondieron el cuestionario

	CCH	ENP	Total
Grupo 1 Primer acercamiento	42	184	226
Grupo 2 Último año de bachillerato	35	80	115
Total	77	264	341

Fuente: elaboración propia.

4. PRINCIPALES HALLAZGOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos por medio del cuestionario y de la observación participante. Se les ha llamado *cuantitativos* y *cualitativos*, respectivamente, para una identificación más sencilla.

4.1 HALLAZGOS CUANTITATIVOS

Los resultados que se obtuvieron a través del cuestionario se agruparon en categorías generales que permitieran identificar las principales áreas en las cuales el estudiantado expresó su percepción acerca de la herramienta. A continuación se indica la categoría y la pregunta que se incluyó en el cuestionario, junto con los datos para el análisis.

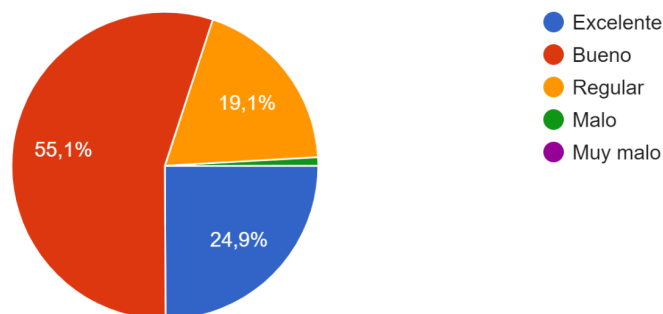
4.1.1 Aspectos de diseño

3. ¿Cómo consideras el diseño del Laboratorio?

Como tercer reactivo en el cuestionario se le preguntó al estudiantado sobre el diseño del laboratorio, a lo que el 55.1 % considera que el diseño es bueno, el 24.9 % considera que es excelente, el 19.1 % considera que es regular y el 0.9 % considera que es malo (Ver Figura 7).

Figura 7

Valoración del diseño del Laboratorio Virtual de Química.



Fuente: elaboración propia.

Cabe señalar que de los estudiantes que calificaron el diseño como “Bueno” o “Excelente” ven el laboratorio como una herramienta educativa eficaz porque consideran que es más sencillo realizar los ejercicios prácticos, porque permite experimentar previo a la clase presencial en el laboratorio físico, como se puede apreciar en los siguientes comentarios⁵ retomados del cuestionario aplicado:

“Es más sencillo llevar a cabo una práctica y si te equivocas lo reintentas”.

“Puedes experimentar con ácidos y bases antes de experimentar de forma presencial”.

La mayoría del estudiantado considera que el diseño del laboratorio es adecuado haciendo menciones positivas sobre la facilidad de uso, aunque algunos de ellos profundizaron en áreas de oportunidad para la correcta manipulación de los elementos **debido a que esperaban contar con indicaciones específicas para realizar los experimentos**, como se puede observar en los siguientes comentarios que se seleccionaron:

⁵ Los comentarios del estudiantado que se presentan en el documento fueron modificados en la redacción para efectos de la presentación formal del informe en la DITE, pero no cambia el sentido del mensaje.

“Me pareció que estaba bien aunque un poco difícil de entender qué tienes que hacer”.

“Al principio es un poco difícil de entender para qué sirve cada área pero luego de entenderlo ya es fácil hacer el resto”.

“Es buena pero les falta agregar descripciones donde se diga qué se debería de hacer y cómo funciona”.

Con relación al nivel de estudios en el que se encuentra el estudiantado, un total de 191 corresponde al primer semestre y quinto año, ellos consideraron excelente o bueno el LVQ con respecto a los 35 que valoraron que era regular o malo.

Los alumnos de quinto semestre y sexto año que observaron excelente o bueno el LVQ fueron 82 contra los 33 a los que les pareció regular o malo. La distribución por semestre y año se puede observar a detalle en la *Tabla 2*.

Tabla 2

Número de respuestas sobre la valoración del diseño del laboratorio

	Excelente-Bueno	Regular-Malo	Total
Grupo 1 1er semestre del CCH y 5to año de la ENP	191	35	226
Grupo 2 5to semestre del CCH y 6to año de la ENP	82	33	115
Total	273	68	341

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se les presentó en el cuestionario una serie de frases en las que debían responder con cuáles se encontraban de acuerdo, teniendo la posibilidad de señalar más de una. Las opciones eran las siguientes:

1. El color de fondo del área de trabajo no me parece cómodo para trabajar.
2. El tamaño de la letra me facilitó la lectura de la información.
3. La navegación para ver los problemas y escenarios me resultó compleja.
4. El espacio para hacer los experimentos me fue insuficiente para realizar los retos.
5. El avatar me permitió identificar las medidas de protección en el laboratorio.
6. No me gustaron los avatares porque no me identifiqué con ninguno.
7. La manipulación de los elementos (reactivos, muestras, materiales, material de limpieza) es sencilla.

4. Selecciona todas las frases con las que estás de acuerdo

A continuación se presentan los porcentajes de las frases más representativas con las que estuvieron de acuerdo sobre el diseño de la herramienta:

1. El avatar me permitió identificar las medidas de protección del laboratorio (77.1 %).
2. El color de fondo del área de trabajo no me parece cómodo para trabajar (61.6 %).
3. El tamaño de la letra me facilitó la lectura de la información (58.4 %).

El estudiantado también estuvo de acuerdo con las siguientes frases sobre la funcionalidad de la herramienta y se muestra el porcentaje de ello:

1. La manipulación de los elementos (reactivos, muestras, materiales, material de limpieza) es sencilla (68.6 %).
2. La navegación para ver los problemas y escenarios me resultó compleja (32.3 %).
3. El espacio para hacer los experimentos me fue insuficiente para realizar los retos (24.6 %).

Un punto importante a considerar es que, como se puede observar, el 61.6 % del estudiantado manifestó **que el color de fondo del área de trabajo no les parece cómodo para trabajar**. Al solicitar sus comentarios generales sobre la herramienta, algunos refirieron que el color de fondo les dificulta ver los colores de las mezclas.

“Tiene potencial si cambian aspectos como el color de fondo, el aspecto de las reacciones o el manejo de las herramientas”.

“El color dificulta un poco ver los colores de las mezclas un color más claro lo facilitaría”.

5. ¿Cuál crees que sea la función del avatar dentro del laboratorio?

Durante la observación que se llevó a cabo con los grupos de Química del CCH Naucalpan se pudo reflexionar sobre la importancia de incluir una pregunta relacionada con el avatar que aparece al dar clic en el botón de inicio en el LVQ. Debido a que los estudiantes al tener el primer contacto con la herramienta colocaban los elementos (guantes, lentes y bata) sin una reflexión sobre la importancia de colocar los elementos de seguridad en un laboratorio, así, resultó de relevancia incluir la siguiente pregunta al cuestionario para que fuera respondida por los estudiantes de la ENP 4 y 6.

Entre los aspectos que se tuvieron en cuenta en la evaluación a partir de la observación en los primeros grupos, como se mencionó anteriormente, fue preguntar al estudiantado sobre la función del avatar en el laboratorio. La mayor parte de los estudiantes de los planteles de la ENP 4 y 6 comentaron que el avatar responde por una parte a dar identidad de manera gráfica, es decir sentirse identificados; por otra parte, para reconocer las medidas de seguridad al colocar los lentes, la bata y los guantes al avatar.

Los estudiantes de CCH Naucalpan no respondieron esta pregunta directamente porque se integró a partir de la visita a la ENP. La integración responde a la observación directa del equipo de la DITE sobre el uso del avatar. En el momento que el estudiantado de CCH iniciaba la exploración en el LVQ elegían una de las 12 opciones de avatar, el siguiente paso era decidir el uso o no de los tres elementos de seguridad antes mencionados. Este paso lo realizaban de manera automática; sin reflexionar el por qué se tiene que utilizar. Sin embargo, las respuestas del cuestionario indican que el avatar les permitía identificar las medidas de seguridad, que contradice lo observado.

4.1.2 Aspectos didácticos

Para evaluar percepción de los estudiantes con respecto al potencial del laboratorio para aprender Química, se preguntó lo siguiente:

6. *¿Crees que puedes aprender química con una herramienta como el Laboratorio Virtual de Química?*

El 87.7 % de los estudiantes respondió que sí se puede aprender con una herramienta como la evaluada y se argumenta con base en la recuperación de las siguientes respuestas del cuestionario:

“Te permite realizar diferentes cosas para que tu aprendas mediante errores”

“El Laboratorio Virtual de Química puede ser una herramienta útil para aprender química, ya que simula experimentos y proporciona una experiencia práctica sin necesidad de un laboratorio físico”.

“Me puede ayudar a mezclar reacciones que no siempre tengo acceso y saber cuál es el resultado”.

Por su parte, el 12.3 % que respondió que no se puede aprender con una herramienta como el LVQ:

“Por qué no hay una teoría solo es para experimentar”.

“Porque teniendo un experto al lado, es más fácil tener explicaciones”.

“Siempre es mejor en persona, que en un laboratorio virtual”.

En palabras de Franco Sepúlveda & Álvarez Gómez (2007) se espera que las instituciones educativas asuman una formación en la que el estudiantado desarrolle habilidades de trabajo experimental, orientado a actividades a través de laboratorios didácticos que demanden de una participación más activa y autónoma del estudiante con el objetivo de formar a personas independientes, capaces de identificar, comprender y proponer soluciones.

A partir del análisis de las respuestas, se realizó la división de opiniones de acuerdo con el nivel escolar y dos aspectos importantes a considerar: los estudiantes que opinaron sobre la necesidad de la

intervención de un docente o de la forma tradicional en la que se enseña a partir de indicaciones y por otro lado, los que consideran que requieren vivir la experiencia en un laboratorio real y no virtual.

Las Tablas 2 y 3 (página siguiente) muestran algunos de los comentarios de los 42 alumnos que respondieron que no se puede aprender química con el laboratorio virtual por la percepción de requerir la intervención docente o de aprender a partir de indicaciones y que además prefieren la experimentación en un laboratorio real sobre uno virtual.

Tabla 3

Opinión de los estudiantes que consideran que no se puede aprender con el laboratorio virtual de química

Grupo 1 27 estudiantes	Grupo 2 15 estudiantes
Percepción de requerir la intervención docente	
<p><i>“Porque, aunque es útil, tienes que tener una base teórica primero”</i></p> <p><i>“Por el momento no, porque son herramientas muy complejas de manejar y falta una persona como el profesor para explicar”</i></p> <p><i>“Está muy complejo saber qué hacer :(“</i></p> <p><i>“Lo que me dificultó fue que no tuviera procedimiento, ni las medidas ya que no sé qué hacer “.</i></p>	<p><i>“porque solo sería experimentar y no habría teoría o un porqué explicado”</i></p> <p><i>“para alguien que no está especializado en química le resulta confuso y la mayoría del tiempo no sabe cómo ni porqué suceden las cosas”</i></p> <p><i>“sería mucho más didáctico si se nos diera una explicación del porqué pasan las cosas”</i></p> <p><i>“no es tan bueno por el hecho de no decirte qué es lo que sucede, y al momento de intentar cosas y no lograrlas no hay manera en la que te expliquen porque no se puede lograr, y no hay recomendaciones de lo que te puede ayudar,”</i></p>

Tabla 4

Opinión de los estudiantes que consideran que no se puede aprender con el laboratorio virtual de química que prefieren el laboratorio real

Grupo 1 27 estudiantes	Grupo 2 15 estudiantes
Preferencia de experimentar en un laboratorio real sobre el virtual	
<i>“Porque a pesar de ser una herramienta buena yo pienso que debes de experimentar estas situaciones en la vida real para aprender.”</i>	<i>“Creo que es una herramienta útil en algunos casos, pero, al menos por ahora no es un sustituto del laboratorio físico.”</i>
<i>“No me identifico de forma virtual, estar en un laboratorio es algo que me da mucha emoción y no lo cambiaría por uno virtual. “</i>	<i>“Soy una persona más de estar en un laboratorio real, pero esta es una estrategia de aprendizaje super interesante “</i>
<i>“Creo que es más sencillo hacerlo en un laboratorio presencial “</i>	<i>“Tiene una gama amplia al poder realizar las prácticas, pero es muy diferente poderlas hacer físicamente y ver las sustancias para inferir un mejor conocimiento y entendimiento de las reacciones, sin embargo, por una parte se puede aprender sobre los materiales y medidas de seguridad.”</i>
<i>“Siento que no es el mismo aprendizaje hacerlo en línea que en físico”</i>	

En las Tablas 4 y 5, se presentan algunos comentarios de los alumnos que consideraron que sí se puede aprender desde un laboratorio virtual. En total fueron 299. De la misma manera que en lo anterior, se divide en Grupo 1 (199 alumnos) y Grupo 2 (100 alumnos). Se mostrarán por separado los que requieren la intervención docente de los que prefieren un laboratorio virtual sobre el real.

Tabla 5

Opinión de los estudiantes que consideran que sí se puede aprender con el laboratorio virtual de química

Grupo 1 199 estudiantes	Grupo 2 100 estudiantes
Percepción del estudiantado sobre requerir la intervención docente	
<p><i>“Por que es útil cuando te enseñan a utilizarlo”</i></p> <p><i>“Porque teniendo un experto al lado, es más fácil tener explicaciones“</i></p> <p><i>“porque me parece que con la asesoría correcta sería muy fácil“</i></p>	<p><i>“Es fácil pero falta que te digan que sale de la reacción”</i></p> <p><i>“Es una herramienta muy bonita y sencilla, pero informativa”</i></p> <p><i>“Tal vez no de una forma tan extensa pero sí se podría aprender algo“</i></p>

Tabla 6

Opinión de los estudiantes que consideran que sí se puede aprender con el laboratorio virtual de química

Grupo 1 199 estudiantes	Grupo 2 100 estudiantes
Preferencia de experimentar en un laboratorio virtual sobre el real	
<i>“Si no tienes la capacidad de ir a un laboratorio por el momento o estás curioso por un caso en especial y quisieras hacerlo en el momento, es posible con el laboratorio virtual“</i>	<i>“Porque las reacciones son más reales, quizás no es igual a un laboratorio real pero por lo menos te advierte, te muestra las cantidades.”</i> <i>“Porque ayuda a aprender, a manejar y conocer los laboratorios antes de hacer una práctica real”</i> <i>“Facilita la observación de las reacciones, aunque pienso que no se igual a hacerlo en un laboratorio presenciales”</i>

A partir de las respuestas analizadas se puede inferir que el estudiantado, al interactuar con el laboratorio virtual, enfrenta dificultades técnicas o conceptuales que no logran resolver de manera autónoma. Esto nos permite concluir que se cumple el objetivo de desarrollo del laboratorio como herramienta para la enseñanza, no como sustituto del laboratorio físico sino como un espacio de experimentación que los docentes pueden proponer en el contexto de las actividades diseñadas para alcanzar el aprendizaje planeado.

Finalmente se les solicitó en el cuestionario que compartieran una opinión sobre su experiencia en el uso de LVQ.

7. *Comparte una opinión general sobre la herramienta:*

A la mayoría del estudiantado le gustó el Laboratorio Virtual de Química ya que pudieron hacer cosas que no podrían hacer en un entorno real. A pesar de ello, hubo comentarios acerca del mejoramiento tanto del diseño como de funcionalidad. Los que más se repitieron fueron los siguientes:

“El Fondo se debería cambiar a otro color, los reactivos deberían de tener colores distintos o una manera de diferenciarlos más fácil...”

“Me gustó mucho, aún le faltan varios reactivos y sustancias para poder crear más reacciones y mezclas... También me gustaría que pudiéramos rotular los recipientes ya que es un poco complicado identificar cada mezcla.”

“Estuvo interesante pero se me hizo un poco aburrido tener que esperar tanto para vaciar las sustancias. No noto la diferencia entre vaciar al tanteo o con medida. Siento que la sección de problemas y ejercicios está muy oculta y sería bueno añadir ... así como instrucciones o pistas para cuándo estemos perdidos y no sepamos qué hacer. A veces desaparecían los materiales al alejarlos de la zona de trabajo.”

Entre los principales hallazgos encontramos que el Laboratorio Virtual de Química es percibido por los estudiantes como una herramienta útil particularmente en lo relacionado con la manipulación de reactivos, la posibilidad de realizar experimentos teniendo acceso a ellos de manera segura, sin tener que acudir a un laboratorio real, el estudiantado considera que el LVQ fomenta un entorno virtual propicio para el aprendizaje interactivo.

4.2 HALLAZGOS CUALITATIVOS

En este apartado se presentan las interpretaciones fundamentadas teóricamente que se obtuvieron a partir de las observaciones participantes del equipo de investigación.

4.2.1 Intervenciones realizadas para ampliar los observables

En la estrategia de evaluación cualitativa basada en la observación fue necesaria la intervención de las evaluadoras para lograr que el estudiantado repensara los micro escenarios, así como para brindar apoyos que les permitieran continuar con el análisis de lo solicitado.

Estas intervenciones se caracterizaron por ser no directivas, es decir, estuvieron basadas en las problemáticas que enfrentaron los estudiantes al momento de realizar los micro escenarios propuestos. Las intervenciones tuvieron el objetivo de propiciar nuevas interacciones, análisis y deducciones en el estudiantado, no resolviendo el problema presentado sino devolviéndoselos. Esta forma de intervención está bastante estudiada y documentada en las didácticas de la lengua, las matemáticas (Guy Brousseau, 1994) y las ciencias (Astolfi, 2003). Esta perspectiva teórica destaca la importancia de las situaciones didácticas, el rol de los estudiantes como constructores de conocimiento y el de los docentes; respecto de este último se considera que “Es necesario profundizar en el estudio de las intervenciones del maestro que resultan más productivas, hay que precisar mejor cómo conviene distribuir la incertidumbre entre el maestro y los alumnos [...] en qué momento brindar información y en qué momento no brindarla y devolver el problema a los chicos incitándolos a buscar ellos mismos las respuestas a las preguntas que se están haciendo” (Lerner, 2001, p. 109).

A continuación se describen algunas de las intervenciones no directivas que se dieron, así como los momentos de la exploración en los que surgieron:

Tabla 7*Tipos de intervenciones durante la observación participante*

Situación	Intervención	Justificación
Sobre el avatar después de alguna explosión	<ul style="list-style-type: none">● ¿Por qué creen que no le pasó nada al avatar con la explosión?● ¿Qué creen que hubiera pasado si no hubiera tenido los lentes, la bata y los guantes?	Focalizar la atención en un elemento poco analizado al inicio de la exploración: el uso de las medidas de seguridad en el laboratorio.
Sobre la mezcla	<ul style="list-style-type: none">● ¿Cuánto le van a ‘echar’?● ¿Cómo pueden ver si está cayendo?● ¿Qué está cambiando?● ¿Dónde pueden ver si algo está pasando con la mezcla?● ¿Qué creen que significa “al vuelo”?● ¿Cómo pueden saber si ya se vertió la sustancia?● ¿Para qué creen que sea la barra deslizable?● ¿Esa barra deslizable servirá realmente para indicar la cantidad?	Centrar la atención en algún elemento en el laboratorio que no han notado y analizar el significado de la información presente en pantalla.

Situación	Intervención	Justificación
Sobre la explosión	<ul style="list-style-type: none"> ● ¡Ups! ¿Por qué creen que explotaron? ● ¿Qué procedimiento siguieron? ● ¿Qué cosas podrían hacer de manera diferente? ● ¿Qué pasaría si mezclan primero el ácido y luego el agua? ● ¿Por qué salió “<i>splash</i>”? ¿Cuál creen que sea la diferencia con “<i>boom</i>”? 	Orientar el análisis en la recuperación de las variables presentes al hacer una mezcla para obtener resultados distintos.
Sobre el material de limpieza	<ul style="list-style-type: none"> ● Y ahora ¿Qué podemos hacer para limpiar el laboratorio? ● ¡Ups! y ahora ¿Por qué explotó el bote de basura/el material para lavar? ● ¿Cómo podríamos deshacernos de la mezcla que hicimos? ● ¿Qué pasaría si no tuviéramos la opción “limpiar mesa”? ¿Cómo nos deshacemos de todo? 	Generar reflexión en torno a los procedimientos de limpieza y las razones de los protocolos que se usan en un laboratorio físico.

Fuente: elaboración propia

4.2.2 Hallazgos

A continuación se muestran los resultados del análisis de la información obtenida a partir de la observación participante realizada en diez grupos (cuatro de CCH y seis de la ENP). El análisis de los resultados se organizó conforme a las categorías y observables que guiaron la actividad en las aulas, los cuales se explicaron en el apartado 3.7. Se presenta el análisis de los observables definidos en tres categorías: *interactividad con la herramienta, participación del docente y otros observables* que derivan del análisis hecho sobre aspectos no definidos en un inicio.

Categoría 1: Interactividad con la herramienta

Esta categoría se compone de 12 observables, los cuales se describen en el Anexo 2. En el análisis de los observables se concentra el resultado de los cuatro grupos de CCH así como los seis grupos de la ENP.

Observable 1.1 ¿Qué es lo primero que hacen las personas estudiantes cuando están frente a la herramienta del LVQ?

En los equipos de estudiantes del CCH se observó que la mayoría espera recibir alguna indicación ya sea para entrar al laboratorio, o bien, después de leer los micro escenarios. Una vez que dan clic en el botón iniciar, lo primero que hacen es seleccionar el avatar, el cuál causó interés y se analiza en el observable 1.3.

Se dio la consigna de revisar los micro escenarios disponibles en la parte superior derecha de la pantalla, seleccionar alguno de los cinco disponibles y empezar a desarrollarlo con las herramientas presentes en el laboratorio. Todos los equipos ingresaron primero a los micro escenarios sin mayor problema. Una vez abiertos fue evidente que algunos equipos esperaban que hubiera un botón para continuar, o bien que al dar clic sobre algún elemento iniciara algo.

En el caso de los estudiantes de la ENP la consigna fue distinta, bajo nuestra percepción de que la sección “problemas y escenarios” no es tan visible, se pidió revisar los problemas y escenarios propuestos sin indicar en dónde se encontraban, seleccionar alguno y desarrollarlo con apoyo de las herramientas disponibles. A partir de esta consigna se observó que los estudiantes iban directamente al

menú del lado izquierdo para ver qué había y dónde podían estar los escenarios, esperaban que se encontraran en ese menú. Tras algunas intervenciones de las evaluadoras del tipo ¿Ya encontraron los problemas y escenarios? Los estudiantes focalizaron su atención en la pantalla completa, encontraron el enlace a los microescenarios y lograron seleccionar el escenario deseado.

De este observable se puede concluir que:

- En general lo primero que esperan los estudiantes al hacer uso del LVQ es **alguna indicación que les dé pauta para saber qué es lo que tienen que hacer**, esto se notó más en el CCH, ya que en la ENP, aunque los estudiantes pedían indicaciones se animaron más a la exploración autónoma.
- Lo primero que visualizan los estudiantes es el avatar, en general les causa mucho interés y tratan de encontrar aquel que se parezca más a ellos. Sin embargo, el uso de la bata, los lentes y los guantes no genera mayor reflexión. [Se analiza en el observable 1.4].
- **La sección “problemas y escenarios” no es visible del todo**, en el caso del CCH se les dijo previamente dónde se ubicaban los escenarios, sin embargo, en la ENP se dejó como consigna libre que los identificaran por lo que en muchos casos esto llevó a que iniciaran explorando el menú del lado izquierdo para ver qué cosas podían hacer.
- Una vez que identifican los retos, los leen y dan clic sobre ellos esperando que pase algo, al notar que no sucede así, cierran la pestaña y van al menú del lado izquierdo.

Observable 1.2 Identifican directamente dónde están los materiales y sustancias que necesitan para realizar el reto

En el CCH se observó que el estudiantado identifica fácilmente el menú del lado izquierdo y encuentra los elementos para desarrollar el escenario seleccionado. Sin embargo, no hay una barra de desplazamiento en la sección “materiales”, lo cual dificulta ver que existen otros. Los estudiantes enfrentaron dificultades para poder ver los materiales que se encontraban más abajo; para atender estas dificultades algunos utilizaron las flechas en el teclado, dieron doble clic, clic sostenido, entre otros. En algunos casos se observó que no exploraron los demás materiales porque no identificaron que había más disponibles.

Sobre la exploración del menú, casi todos los equipos seleccionaron directamente la opción del menú donde consideraron se encontraba lo solicitado en el reto. En el caso de las sustancias a veces las buscaban en reactivos, al no encontrarlas la buscaban en muestras y viceversa. Esto da cuenta de que, en general, los nombres de las opciones: “materiales” y “material de limpieza” son claros; en tanto que las opciones “reactivos” y “muestras” causan confusión. [El análisis en específico sobre el uso de “material de limpieza” así como “limpiar mesa” se presentan en el observable 1.5]

En los grupos de la ENP se observaron cosas similares, el menú lo identifican claramente y la gran mayoría va directo a los apartados en específico. En un segundo momento, cuando terminan algunos escenarios, deciden ver qué otras cosas hay y qué más se puede hacer, únicamente en este caso van bloque por bloque explorando el menú.

Algunos aspectos interesantes presentes tanto en CCH como en la ENP fueron la búsqueda de “un trapito para limpiar”, así como “un agitador” para realizar la mezcla y lograr que “algo pase”. Otro aspecto fue el intentar regresar un elemento que eligieron por error al menú, ésto lo hacían ‘arrastrando el elemento’. Aunque ésto no funciona así, se observó que el elemento queda detrás del menú por lo que da la ilusión de que sí se regresó.

De este observable se puede concluir que:

- El menú del lado izquierdo es intuitivo, los títulos puestos son claros para dar cuenta de los elementos que se encuentran dentro.
- No hay una barra de desplazamiento en la sección “materiales” que permita saber que hay más materiales.
- Hay que valorar con el equipo de especialistas las implicaciones didácticas de integrar “un agitador” y “un trapito” así como definir la funcionalidad que tendrían en el LVQ.
- Revisar didáctica y técnicamente la viabilidad de que los elementos puedan “regresarse” al menú en caso de equivocación. O bien, bloquear la posibilidad de que los materiales y sustancias puedan llevarse de regreso, en este momento quedan detrás del menú.

Observable 1.3 ¿Cómo usan el avatar?

En los grupos de CCH se observó que el avatar resulta atractivo, los equipos muestran interés en seleccionar “el que se parezca más a ti” “el más chistoso” o “el más exótico”, en general no hacen algún comentario sobre el uso de la bata, los guantes y los lentes. [Este aspecto se analiza con mayor profundidad en el observable 1.5]. En el caso de los grupos de la ENP se apreció prácticamente lo mismo, de forma adicional algunos equipos de la ENP notaron que al haber una explosión al avatar le ocurre algo cuando no se pone la bata, los guantes y los lentes; al respecto comentaron cosas como “la explosión hasta le cambió el sexo” “Era niña y con la explosión se hizo niño”.

De este observable se puede concluir que:

- La función del avatar está vinculada principalmente con el reconocimiento de las medidas de seguridad, sin embargo, este objetivo no se cumple del todo [ver observable 1.5].
- Al presentarse el avatar como lo primero en el LVQ genera una atracción en los estudiantes similar a “elegir un personaje”.
- El número de avatares disponibles es adecuado, sin embargo, hacen falta las animaciones de todos los avatares después de una explosión.

Observable 1.4 ¿Qué comentarios hacen sobre el uso de los guantes, bata y lentes?

En el trabajo observado en CCH Naucalpan se identificó que prácticamente todos los equipos colocaron protección (guantes, bata y lentes) al avatar antes de comenzar a trabajar, sin cuestionárselo. En esta sede sólo se detectó un equipo en el que omitieron colocar la protección y lo hicieron hasta que lo escucharon de los demás equipos.

A partir de la intervención de las observadoras, sobre el uso de la bata, lentes y guantes, algunos equipos quisieron experimentar qué pasaría si le quitaban la protección al avatar y provocaban intencionalmente una explosión.

Uno de los equipos comentó que también se debía incluir, entre los elementos de protección, un cubrebocas para cuando se trabaje con ácidos.

En los planteles de la Escuela Nacional Preparatoria, se observó que la mayoría de los equipos colocaron la protección pero algunos no lo hicieron. Al igual que en el CCH, varios equipos experimentaron lo que le sucedería al avatar si le quitaban la protección, esto después de las intervenciones de las observadoras quienes hicieron preguntas como ¿qué creen que hubiera pasado si no tuvieran la protección?

A partir de la observación y comentarios realizados se concluye que:

- **La mayor parte del estudiantado coloca la protección al avatar de manera automática sin alguna reflexión sobre la importancia del uso de la misma dentro del laboratorio.**
- Las intervenciones de las observadoras fueron necesarias para generar una reflexión sobre el uso de la protección dentro del laboratorio.

1.5 ¿Qué hacen para limpiar el área de trabajo?

Después de realizar varios intentos para resolver los micro escenarios el área de trabajo del LVQ se satura de reactivos, muestras y materiales, lo que dificulta seguir realizando los experimentos. Para liberar el espacio de trabajo, tanto en CCH como en Preparatoria, la mayor parte de los estudiantes utilizó el botón “Limpiar mesa” sin ninguna dificultad.

La segunda acción realizada con mayor frecuencia, en ambos sistemas, fue llevar todo al bote de basura o al recipiente “material para lavar”, pero en estos se provocaba una explosión y en este momento las observadoras intervinieron preguntando “¿Por qué creen que haya pasado?” Algunos equipos sí lograron identificar que se debió a que los reactivos y muestras se combinan en el bote de basura o recipiente lo que provoca la explosión.

Otras acciones que se identificaron, pero con menor frecuencia, fueron:

- El uso de los botones del teclado “*Supr*” o “*Del*” para eliminar cada elemento, incluida el agua derramada, los vidrios rotos y cualquier sobrante de los reactivos.
- Llevar los elementos (muestras, reactivos y materiales) a una parte del área de trabajo donde no “estorbaran” para seguir trabajando.

-
- Regresar a su lugar materiales que ya no iban a utilizar, acción que no funciona ya que los materiales quedan ocultos detrás del menú de herramientas, pero aparenta que sí se pudieron regresar.

En el proceso descubrieron que **los recipientes de “Residuos de base” y “Residuos de ácido” sirven para desechar las sustancias, pero en la herramienta no funcionan.**

Por lo anterior se concluye que:

- La opción de “Limpiar mesa” sí les hace sentido al trabajar en el Laboratorio, sin embargo, dificulta que reflexionen sobre las formas correctas de desechar los residuos .
- Para analizar los efectos de desechar los residuos y materiales en el bote de basura o en el material para lavar es necesaria una intervención que los haga reflexionar sobre las consecuencias.

1.6 ¿Qué dificultades encuentran para realizar las mezclas?

Al tratar de resolver lo solicitado en los microescenarios, el estudiantado, tanto de CCH como de Preparatoria, se enfrentó a varias dificultades, entre las que se encuentran:

- Cómo realizar las mezclas, la barra “Verter” no les resultó intuitiva por lo que tuvieron que hacer varias pruebas hasta lograrlo.
- Confusión entre las opciones “exacto” y “al vuelo” de la barra “Verter”, a menudo las utilizaron indistintamente.
- El uso de la barra de velocidad, no les fue claro para qué funciona. En varios casos pensaron que con ella podían definir la cantidad de líquido a verter.
- Confusión sobre si las sustancias se agregaban a los recipientes, que expresaron en comentarios como “No sé si ya cayó”, “¿Ya le echaste?” y “¿Ya cayó?”

De lo anterior podemos concluir que la acción de mezclar y las funciones del menú “Verter” no son intuitivas para el estudiantado, requieren de apoyos o guías para saber cómo realizarlas. Al final todos lograron realizar las acciones mencionadas, sin embargo, se logró a base de prueba y error, no se

identificó un grupo que lograra realizarlo en el primer intento. Comentarios como "*Verter es confuso*", "*No puedo ponerlo*", "*No se echa*" y "*No se puede*" se repitieron en todos los grupos.

1.7 ¿Qué acción es más frecuente para utilizar los elementos? (Hacen clic, arrastran y sueltan, intentan utilizar el teclado)

A partir de las observaciones con los grupos de CCH fue notorio que gran parte de los estudiantes manejó los elementos en pantalla arrastrándolos en el área de trabajo con el *mouse path* de la computadora (lo que implica hacer clic, arrastrar y soltar); muchos de ellos, a partir de arrastrar la sustancia y pasar por "encima" del recipiente que ya habían puesto sobre la mesa, notaron que se puede proceder a verter la sustancia, ya que visualmente ocurre una inclinación del recipiente sobrepuesto. Otra acción muy frecuente fue dar doble clic sobre algún elemento esperando que pasara algo; por ejemplo, lo hacían sobre la mezcla si no habían notado ningún cambio, lo que nos dejó ver que no se habían percatado de la *barra fija de información*.

Muchos estudiantes utilizaron también el teclado, por ejemplo, vimos que algunos que no tenían el mando sobre el dispositivo, trataron de participar con el teclado, dando clic y Enter sobre algún elemento, esperando que pasara algo.

Cabe señalar que para este ejercicio de evaluación se utilizaron solamente laptops -sin el dispositivo externo de ratón- asimismo, como ya se mencionó previamente, se organizaron equipos de entre 3 y 5 estudiantes, de manera que no necesariamente todos interactuaron directamente con el LVQ.

Con los grupos de la ENP las observaciones fueron similares, fue notorio que muchos estudiantes se sienten cómodos con el *mouse path*, sin embargo, un buen número de ellos echaron mano del teclado en distintos momentos, por ejemplo: presionar la tecla Enter esperando que pasara algo; usar las flechas del teclado para mover los elementos en pantalla, o usar la tecla Suprimir para eliminar algún elemento en pantalla.

A partir de este observable se puede concluir lo siguiente:

- Algunos estudiantes se sienten cómodos manipulando los elementos en pantalla a través del ratón o *mouse path* de la computadora y otros, buscan opciones de interacción con el teclado; de esto concluimos que es adecuado que el LQV mantenga ambas posibilidades de interacción.

1.8 ¿Para qué utilizan la *Barra fija de información* en la parte de abajo de la pantalla?

Las observaciones en los grupos del CCH fueron similares a las obtenidas en las pruebas con los grupos de la ENP. En la mayoría de los casos, observamos, como una constante, que los alumnos al inicio no notaron la *Barra fija de información* o no la tomaron en cuenta. Sin embargo, también fue una constante que, conforme avanzaron en las prácticas, todos la usaron para identificar la cantidad de sustancia vertida en el recipiente o para ver la temperatura de la mezcla, o ambas.

Se infiere de las observaciones que los estudiantes requieren un tiempo para notar la existencia o la utilidad de la *Barra fija de información*. En algunos casos, lo fueron notando al intentar verter una sustancia, pues precisaban saber si se estaba vertiendo o no. Esto fue claro porque los estudiantes hicieron comentarios como “*todavía no se vacía*”, o “*¡ya te pasaste! ¡quítale!*”, cuando les preguntamos cómo lo sabían, respondieron que lo veían en la barra. En algunos casos notaron esta herramienta a partir de la intervención de alguna de nosotras, por ejemplo “*¿Cómo pueden saber si ya se vertió la sustancia?*”.

A partir de comentarios como: “*¡Ay, está subiendo mucho la temperatura, ya párale!*” al verter lentamente una sustancia, o bien, “*¡Ahora ya bajó!*”, en cuanto se terminaba de verter y pasaban unos segundos, fue patente que la barra estaba siendo aprovechada también para ver que subía o bajaba la temperatura al hacer mezclas. Esto nos permitió notar que la información que aporta la barra es usada para intentar controlar el experimento, en general buscando que la mezcla no explotara, pero en otros, para provocar la explosión [ver más información sobre este punto en el observable 1.4] La conclusión que extraemos de este observable es la siguiente:

- El estudiantado no suele notar la barra fija de información, o no identifica su utilidad desde el principio, sin embargo, se trata de un elemento necesario y muy útil dentro del LVQ que todos los estudiantes acaban aprovechando, principalmente para identificar la cantidad de sustancia vertida, o la temperatura de las mezclas. A partir de ello, toman decisiones buscando controlar el experimento.

1.9 ¿Se dan cuenta de la información de la *barra emergente* sobre cada elemento?

Tanto en CCH como en ENP, al iniciar las actividades con el LVQ los estudiantes no parecían notar la utilidad de las barras emergentes asociadas a los elementos que se encuentran en el área de trabajo (Ver *Figura 2. Área de trabajo*, página 10). Las empezaron a observar al realizar los micro escenarios, pero, en la mayoría de los casos, no entendían para qué estaban ahí y les resultó confuso porque no lograban identificar a qué elemento hace referencia cada barra, sobre todo cuando tenían muchos materiales y sustancias sobre la mesa de trabajo. Fue en el transcurso de la experimentación y del ensayo y error, que algunos lograron identificar la utilidad de la *barra emergente*.

Fue notorio que la realización de las pruebas en equipo facilitó que la barra emergente de cada elemento fuera descubierta y utilizada. Se escucharon comentarios de los estudiantes que se cuestionaban sobre esa barra, o que ya habían descubierto cambios en la información dentro de ella.

La mayor parte de los estudiantes no descubrió la utilidad de la barra emergente y por lo tanto, no la tomó en cuenta; en algunos casos la analizaron hasta que alguna de nosotras les hizo fijarse en ella a través de preguntas como: “¿Para qué será esta barra que aparece?” “¿De qué manera creen que esa información les puede ser útil?”

De este observable se concluye lo siguiente:

- La mayoría de los estudiantes no nota la utilidad de la barra emergente y de entrada les resulta confusa. Con la experimentación algunos descubren su utilidad. Sería conveniente cuestionar la forma en que se presenta esa información para que sea más fácil para los estudiantes identificar su valor.

11A. “¿Qué hacen cuando no pueden ver las instrucciones y al mismo tiempo resolver los micro escenarios?”

En los grupos de CCH los estudiantes diseñaron algunas estrategias para poder tener a la mano las indicaciones al momento de resolver los micro escenarios. Empezando por la menos común, una estrategia fue organizarse para que cada integrante se acordara de una parte del escenario propuesto “*tú te acuerdas del ácido clorhídrico y tú del hidróxido de sodio*”. Otra estrategia utilizada fue simplemente abrir y cerrar el micro escenario cada vez que realizaban una acción, por ejemplo “*saca lo que*

necesitamos y luego lo abrimos para ver qué hacer”. Por último la estrategia más utilizada en el CCH fue tomar una foto con su celular de las indicaciones para poder verlas a la par del desarrollo del escenario seleccionado.

En el caso de la ENP el estudiantado implementó estrategias similares, particularmente en estos grupos surgió como alternativa copiar el enlace del LVQ para abrirlo en otro dispositivo (varios estudiantes llevaban tabletas) y así tener disponibles las indicaciones.

A partir de este observable se puede concluir que:

- **No es funcional que las instrucciones de los micro escenarios queden ocultas cuando ya estén trabajando en el laboratorio**, éstas tendrían que mantenerse en algún espacio de la pantalla, con la opción de que si al estudiante le estorban las pueda ocultar en un segundo momento.
- Las estrategias más utilizadas para solventar el punto anterior son tomar una fotografía a las indicaciones con el celular y abrir el LVQ en otro dispositivo.

12A. Notan el cambio de color en los elementos y entienden su significado.

En general, en la mayoría de grupos, tanto de CCH como de Preparatoria, no se observó que identificaran los cambios de color de los elementos (reactivos, muestras y materiales), ya que no comentaron nada al respecto. Sin embargo, en el CCH algunos equipos notaron el cambio a partir de encimar dos recipientes y lo señalaron en voz alta. En otros casos lo identificaron hasta que se les hizo notar a partir de las intervenciones de las observadoras.

En un sólo grupo de CCH el integrante de un equipo indicó que determinado elemento se ponía en blanco porque era el que se estaba seleccionando, pero no hubo mayor reflexión, una vez que identificaron esto, relacionaron la información de la *barra fija de información*.

A partir de estas observaciones se concluye que para el estudiantado no es relevante que el contorno de los elementos cambie de color al seleccionarlos, sin embargo, consideramos necesario cuestionar la utilidad que cumple el cambio de color de los elementos con los que se está trabajando.

Categoría 2. Participación del docente

21. ¿Cuál fue el rol del docente?

En las pruebas que se realizaron con los cuatro grupos del CCH, una de las docentes no estuvo presente, dos estuvieron presentes como observadores y una intervino para apoyar a los estudiantes. En la ENP se atendieron 6 grupos, en todos, los docentes estuvieron presentes y visitaron a los distintos equipos para ver lo que hacían los estudiantes.

En relación con los docentes que sí participaron, a partir de las observaciones realizadas pudimos identificar distintos tipos de intervenciones: un tipo de intervención consistió en responder directamente las dudas planteadas por los estudiantes. Por ejemplo, en un equipo de la ENP los estudiantes querían saber por qué ocurría la explosión y el docente les explicó que la razón era que estaban vertiendo la sustancia muy rápido. Con este tipo de intervención, los estudiantes ya no necesitaron seguir analizando las posibles razones de la explosión a partir del ensayo y error, pues ya tenían la respuesta, corrigieron directamente la velocidad en el vertido de la sustancia.

Otro tipo de intervención consistió en plantear preguntas para hacer pensar a los estudiantes, por ejemplo, en uno de los equipos que tuvo dificultad para resolver el micro escenario, una maestra intervino preguntándoles: ¿Cómo vierten las sustancias en el laboratorio físico? ¿En qué se fijan? de manera que recuperaran sus experiencias previas en el laboratorio físico y las utilizaran para resolver los retos.

Otro tipo de intervención consistió en darles información útil o algunas pistas, sin dar las respuestas; por ejemplo, “Recuerden que no le pueden dar de beber agua a un ácido” “Cuando vertemos ácido siempre va a haber un aumento de temperatura”. Con este tipo de intervención, lograron inducir a la reflexión sobre las variables implicadas en el micro escenario.

En el grupo de CCH, en el que no estuvo presente la docente, pudimos observar que los chicos llevaban muchos apuntes sobre conceptos básicos y constantemente los consultaban esperando obtener de ahí las respuestas a sus dudas durante la experimentación. En este caso, la intención de la docente fue ofrecer mucha información antes de la experimentación para facilitarles la realización de los experimentos en el LVQ.

De este observable se concluye lo siguiente:

- La forma de intervenir de los docentes tiene relevancia en el aprovechamiento del LVQ. Si el docente brinda las respuestas a los cuestionamientos que surgen a partir de la experimentación, no permite que los estudiantes descubran con base en su propia experimentación y reflexión. Por el contrario, las intervenciones basadas en preguntas o en dar información útil a partir de la exploración de los estudiantes, sin darles la solución, permiten que una herramienta como el LVQ se aproveche de mejor manera para que los estudiantes tengan un papel activo en su aprendizaje.
- Independientemente del tipo de intervención que haga el docente, el LVQ promueve que los estudiantes se enfrenten a situaciones problemáticas para las cuales necesitan emplear estrategias de ensayo y error, a partir de las cuales pueden construir conocimientos sobre la disciplina.

Categoría 3. Otros observables

A partir de las notas de observación realizadas por el equipo, se identificaron aspectos relevantes en torno al uso que hacen los estudiantes de la herramienta. Estas notas no corresponden a ninguno de los observables planteados inicialmente, por lo que para su análisis se generó una nueva categoría dividida en dos apartados: Interés que despierta el LVQ y Estrategias del estudiantado que reflejan hipótesis, los cuales se describen a continuación.

3.1 Interés que despierta el LVQ

Este apartado aborda un aspecto relevante que está en la base de la experiencia con el uso del LVQ, ya que, si la herramienta en sí misma no logra ser atractiva y mantener al estudiantado interesado, no resultará útil para el aprendizaje. El interés no se refiere únicamente al diseño gráfico o a la interfaz de la herramienta, sino a su funcionamiento y a lo que permite hacer al usuario. En este apartado se destacan los momentos donde la interacción generó un interés específico.

Aspectos de la herramienta que causan interés en los estudiantes

- Tanto en CCH como en ENP se observó que la posibilidad de ver en pantalla las reacciones de las mezclas como la explosión, el “boom”, el “splash” y los derrames de sustancias, generan en

los estudiantes la inquietud de entender por qué ocurren; esto hace que lo vuelvan a intentar modificando las variables que ellos consideran que pueden interferir. En general, los estudiantes se interesan por lograr que las mezclas no exploten, " dicen cosas como *"¡Ya no queremos explotar!"*, o bien *"¡Lo logramos!"*. Sin embargo, también observamos que aun cuando las explosiones les causan sorpresa e inquietud, también les divierten, como en un juego.

- Otra situación que generó interés en la mayoría de los estudiantes tiene que ver con explorar los efectos que una explosión puede tener en el avatar en caso de no tener puesta la protección. Así pues, en esa situación, su interés les condujo a provocar la explosión. Las reacciones de los estudiantes al ver los efectos dañinos sobre el avatar, generaron, en la mayoría de los casos respuestas que reflejaban cierta afectación. A continuación algunas de las frases que se escucharon:

- *"¡Ayyy nooo! ¡Me sentí muy mal!"*

- Una alumna, después de ver los efectos de la explosión, muy nerviosa dijo cuando por fin lograron no explotar *"¡Hay qué bendición! No explotó"*

Situaciones que provocan desinterés

- Cuando de manera reiterada no lograban evitar la explosión, muchos estudiantes se frustraron al no recibir ninguna pista de la herramienta que les fuera útil y se empezaron a distraer con su celular, o hablar con un compañero.
- Cuando, por el contrario, lograban resolver todos los micro escenarios sin que se observaran reacciones evidentes ("boom", "splash", "pow") o apareciera en la pantalla alguna información, también perdieron el interés.

3.2 Estrategias del estudiantado que reflejan la formulación de hipótesis

En este apartado se describen los hallazgos encontrados en torno a las ideas que construyeron los estudiantes a partir de la interacción con la herramienta. Estas ideas las analizamos en dos sentidos, por una lado aquellas generadas a partir del funcionamiento de la herramienta; por otro, las resultantes de un análisis sobre algún aspecto de la disciplina; si bien, este último punto no fue objetivo de la evaluación, da cuenta de la utilidad de la herramienta para promover cuestionamientos propios de la disciplina.

Ideas generadas a partir del funcionamiento de la herramienta

- Creer que para que suceda una reacción es necesario agitar la mezcla, como se haría en el laboratorio físico. Esto se pudo observar en varias ocasiones en las que los estudiantes hacían clic sobre el recipiente de la mezcla y hacían un movimiento rápido con el ratón. Al preguntarles para qué hacían eso, respondían siempre que para agitar la mezcla. Estos razonamientos de los estudiantes nos invitan a cuestionar si, desde la didáctica de la disciplina, sería conveniente integrar algún elemento que permitiera al estudiante agitar la mezcla. Este punto deberá valorarse en colaboración con un experto en la asignatura.
- El hecho de que en el *Erlenmeyer* aparezca un tapón generó en los estudiantes distintas suposiciones, por un lado, la idea de que era preciso retirarlo. Por ejemplo en un equipo, intentaban vaciar la sustancia en otro recipiente y una chica dijo: *"El tapón, tienes que quitarle el tapón por eso no cae"*. Por otro lado, surgieron ideas que asociaban el tapón con las reacciones de las mezclas, por ejemplo: *"Hizo splash porque no le pusiste el tapón"* *"no lo cerraste"*, *"se regó porque no lo tapaste"*.
- Utilizar el gotero con la idea de que era necesario verter la sustancia en pequeñas cantidades para evitar una explosión. Esto ocurría cuando no habían identificado la barra deslizable de la velocidad. Este comportamiento refleja que los estudiantes buscan estrategias distintas para solucionar el problema particular de verter poco a poco, lo cual es valioso. Desde el área de desarrollo, es preciso considerar el hacer ajustes en el gotero para facilitar su manejo dentro del LVQ, ya que no es intuitivo y no siempre aparece el menú Verter al utilizarlo.

4.2.3 Discusión de los hallazgos

En el LVQ se plantean micro escenarios bajo la premisa de “restituir a los estudiantes el derecho a plantearse problemas, considerando que el conocimiento es elaborado como respuesta a los problemas planteados, en lugar de aparecer como un conjunto de datos que se suministran antes de crear interrogantes y que están descontextualizados porque no responden a ninguna pregunta que los estudiantes hayan tenido oportunidad de formularse” (Castorina, 2004, p. 100). En este sentido, a partir de lo identificado en los observables, fue evidente que los estudiantes requieren información que les permita seguir analizando el problema planteado, a fin de que puedan resolverlo por sí mismos.

Respecto a la información que se integre en el LVQ, es necesario precisar el objetivo que se debe cumplir: brindar la información necesaria para avanzar en la construcción del conocimiento bajo la premisa de no dar la información que corra el riesgo de obstaculizar el proceso constructivo. (Castorina, 2004, p. 101). Este aspecto se identificó en el apartado *Situaciones que provocan desinterés* del observable 3.1 y en otros observables donde quedó claro que los estudiantes esperaban alguna información de la herramienta que les permitiera continuar pensando en el desafío planteado.

Al respecto, es preciso que la información proporcionada devuelva el problema a los estudiantes desde la perspectiva constructivista de que el alumno es quien construye el conocimiento a partir de una situación que lo desafía.

Si bien el LVQ no se propone como un espacio que sustituya a los laboratorios físicos, sí se espera que contribuya en la formación integral del estudiantado, es decir, además de permitirles realizar experimentos, que difícilmente podrían realizar de manera presencial, y adquirir conocimientos de una disciplina, se busca crear conciencia y fomentar la reflexión sobre las prácticas que conlleva el trabajo en un laboratorio real, como lo son el uso del equipo de protección (lentes, guantes y bata) y los protocolos de limpieza de sustancias, reactivos y materiales utilizados. Sin embargo, lo obtenido en el observable 1.5 ¿Qué hacen para limpiar el área de trabajo? nos indica que actualmente el Laboratorio no permite que la reflexión se dé de esta manera. Sobre ello, coincidimos con Brousseau (1994) al considerar “al aprendizaje como una modificación del conocimiento que el alumno debe producir por sí mismo y que el maestro sólo debe provocar” (Brousseau, 1994, p. 66). Por lo tanto, es fundamental modificar la forma en la que se presentan y funcionan los protocolos de protección y limpieza para provocar el aprendizaje sobre estos y no limitarlo a la ejecución de una acción que se realice en automático, como sucede con la opción del botón “limpiar”.

Si el Laboratorio no permite realizar estas reflexiones el estudiantado no tomará conciencia de la importancia de dichas prácticas; retomando nuevamente a Brousseau (1994):

“El trabajo del docente consiste, pues, en proponer al alumno una situación de aprendizaje para que produzca sus conocimientos como respuesta personal a una pregunta, y los haga funcionar o los modifique como respuestas a las exigencias del medio y no a un deseo del maestro”.

Considerando lo anterior podemos realizar una analogía entre el LVQ y el profesorado, el primero debe proponer las situaciones de aprendizaje, que en este caso son los micro escenarios y el uso general del espacio, de modo tal que el conocimiento debe darse a partir de la práctica y la reflexión y no como respuesta automática, a las sugerencias o disposiciones del Laboratorio.

Las TIC pueden desempeñar distintas funciones según el enfoque teórico a partir del cual se haga uso de ellas. En el caso específico del LVQ una de las funciones que cumple la tecnología es la de promover el análisis de las situaciones presentadas quitando el halo de autoridad que envuelve a los docentes como los únicos autorizados para dar respuestas y validarlas. “Una auténtica co-operación sólo es posible entre pares, porque el poder del adulto actúa como coactivo, ejerce coerción sobre el pensamiento [...] donde la palabra del maestro representa el saber social y está investida de una autoridad institucional” (Castorina, 2004, p. 92).

A través de las devoluciones que brinda la herramienta cuando sucede una reacción como “Pow” “Splash” y “boom” hay una invitación a los estudiantes a pensar qué es lo que habrá pasado con la mezcla sin necesidad de indicarles que algo hicieron mal o decirles qué deben corregir; de este modo el interés que genera la herramienta está fundamentado en situaciones donde el estudiantado puede explorar, equivocarse, plantear posibles soluciones, probarlas y continuar analizando. La exploración y el interés van de la mano y para que ambos se den, no puede decirse a los alumnos lo que se quiere obtener de ellos, “pues si se dice y los alumnos lo hacen no será porque lo hayan pensado. En ese caso los alumnos no se apropiaron de la pregunta, simplemente hicieron lo que el maestro deseaba” (Brousseau, 1994, p.71)

En relación con el observable *Estrategias del estudiantado que reflejan hipótesis* se determinó que es necesario modificar, en el LVQ, aquellas variables que llevan a los estudiantes a construcciones erróneas para dar explicación a las reacciones que suceden. Tal es el caso del tapón que aparece en el Erlenmeyer, el cual desvía la reflexión de los estudiantes respecto a las propiedades químicas de las sustancias, o a los procedimientos que determinan las razones de una explosión. En el desarrollo de la

herramienta, se busca que el error sea un elemento indispensable para generar construcciones a partir de la exploración; la presencia del tapón desvía el error en un sentido inútil y por lo tanto se trata de una variable inconveniente; ese hallazgo nos lleva a tomar medidas en el desarrollo de la herramienta con el fin de asegurar, como señala Brousseau que una 'variable didáctica' inoportuna no impida la construcción conceptual que se pretende (Astolfi, 2003)

El error en una herramienta como el LVQ juega un rol fundamental, pero no cualquier tipo de error, no como el generado por la presencia del tapón; se precisan errores de tipo constructivo, es decir aquellos errores que lleven al estudiante a la organización y reestructuración de sus ideas previas para construir nuevos conocimientos. Los errores reflejan desequilibrios que motivan la búsqueda de respuestas hacia un nuevo equilibrio. Según Piaget "una de las fuentes del progreso en el desarrollo de los conocimientos debe buscarse en los desequilibrios como tales (...) Si los desequilibrios constituyen un factor esencial -y, en primer lugar, motivacional- es con la condición de dar lugar a superaciones, es decir, si son superados y llegan a dar lugar a reequilibrios específicos (...) Cumplen el papel de desencadenantes, puesto que su fecundidad se mide por la posibilidad de superarlos o, dicho de otro modo, de salir de ellos" (Astolfi, 1999, p.42)

5. RESUMEN EJECUTIVO

A partir de los análisis presentados en las secciones anteriores, en este apartado se incluyen de manera puntual los ajustes que la herramienta *Laboratorio Virtual de Química* necesita implementar para una siguiente versión que pueda someterse a otra evaluación. Se organizaron en cuatro apartados asociados con el uso del LVQ: *cosas que hacen falta*, *cosas que hay que modificar*, *cosas que hay que quitar* y *cosas que hay que someter al criterio de un experto*. Estas recomendaciones surgen del análisis de comentarios explícitos del estudiantado, tanto durante la experimentación, como a través del cuestionario que se les pidió responder al final de la sesión. Asimismo, se tomaron en cuenta las actitudes del estudiantado que evidencian dificultades e intereses en la exploración del LVQ.

5.1 COSAS QUE HACEN FALTA

En este apartado se describen las cosas que identificamos hacen falta en el LVQ, divididas en dos rubros: *Aspectos de interactividad* y *Situaciones donde se debe añadir alguna información extra en la herramienta*.

Aspectos de interactividad

- **Añadir un botón para iniciar un nuevo reto.** Se observó que cuando los estudiantes querían empezar un nuevo reto buscaban alguna forma para iniciar de nuevo, al no haber un botón que resolviera esa necesidad decidían actualizar la página, sin embargo eso los llevaba a tener que seleccionar nuevamente el avatar y colocar las medidas de seguridad.
- **Hacer que todo en el LVQ pueda funcionar en dispositivos móviles.** En algunos equipos los estudiantes utilizaron como estrategia ingresar al laboratorio virtual desde otro dispositivo (tablet o celular). Sin embargo, la herramienta presenta varios problemas en los dispositivos móviles. En los comentarios compartidos de forma verbal con los estudiantes también expresaron ideas como “sería bueno que fuera app” o “ojalá se pueda abrir desde el teléfono”.

-
- **Integrar un cubre bocas dentro de la protección que se le coloca al avatar como medida de seguridad.** Como parte de los comentarios que compartió de forma grupal el estudiantado destaca la necesidad de que al avatar se le pueda añadir un cubrebocas, sobre todo porque indican que su uso es obligatorio al hacer mezclas con ácidos.

Situaciones donde se debe añadir información extra en la herramienta.

- **Integrar pistas que ayuden a los estudiantes después de varios intentos fallidos o bien después de hacer las cosas sin que algo evidente suceda.** Se observó que los estudiantes se frustran y pierden el interés después de varios intentos fallidos donde “explotan”; el estudiantado espera recibir de la herramienta alguna pista o sugerencia que los ayude a seguir pensando. En este mismo sentido, una vez que se han resuelto varios micro escenarios de forma satisfactoria también esperan recibir un tipo de retroalimentación. Tal como señalaron en sus comentarios “no que me digan tal cual qué pasó o cómo resolverlo, pero sí que después de ciertos errores o aciertos la herramienta nos de alguna pista”.
- **Proporcionar un espacio de apoyo sobre el uso de las herramientas.** Antes de iniciar los micro escenarios el estudiantado espera contar con algunas guías para poder usar las herramientas, por ejemplo, hubo comentarios respecto a la dificultad para saber cómo verter. Sobre este punto reconocen la importancia de la exploración, por lo propusieron que las ayudas **sólo** se presenten **en situaciones puntuales**.
- **Integrar algún tipo de pista para analizar por qué pudo explotar el bote de basura y la tarja con el material de limpieza.** Después de “explotar” el bote de basura y la tarja con el material de limpieza los estudiantes plantearon la necesidad de recibir algún tipo de información que los oriente para pensar por qué pudo explotar el bote de basura y la tarja, algunos estudiantes incluso no notaron la explosión y continuaron colocando materiales en el bote de basura en el material para lavar.

5.2 COSAS QUE HAY QUE MODIFICAR

Los intentos de los estudiantes por resolver los micro escenarios nos permitieron identificar aspectos de las herramientas del LVQ que para el estudiantado resultaron difíciles de utilizar debido a que no es claro para qué sirve la herramienta o cómo se usa. A continuación se muestran los aspectos tendrían que modificarse.

- **Hacer más visibles los datos de la barra fija de información.** Cuando se realizaron mezclas se observó que el estudiantado no identificaba la barra fija que aparece debajo y por tanto no reconocía los cambios en los datos. En general la observaron sólo después de la intervención por parte de las observadoras o bien después de varios intentos.
- **Modificar el funcionamiento del menú “Verter”.** Las opciones “Exacto”, “Al vuelo” y la barra de *ml/s* generan confusión; no es evidente cómo se utilizan, el estudiantado maneja de manera indistinta “Exacto” y “Al vuelo” y cree que la barra de *ml/s* determina la cantidad que se quiere verter.

Este aspecto también fue señalado por algunos estudiantes en el cuestionario, como se puede ver en el siguiente comentario:

“No noto la diferencia entre vaciar al tanteo o con medida”

- **Modificar el funcionamiento de la pipeta, bureta y gotero.** El funcionamiento de estos tres elementos no es intuitivo, el estudiantado requirió de múltiples intentos para identificar cómo funcionaban estos materiales en LVQ y en algunos casos no lograron reconocerlo.
- **Corregir el funcionamiento de los recipientes de limpieza: “Residuos de base” y “Residuos de ácido”.** Actualmente estas opciones no cumplen con su función, ya que no es posible usarlos para desechar los reactivos y muestras.
- **Modificar la forma de visualizar los guantes, bata y lentes.** Se identificó que las medidas de protección al estar en la misma sección que el avatar el estudiantado lo coloca de manera automática, sin una reflexión sobre la importancia de esas medidas de seguridad.
- **Permitir quitar los elementos de protección al avatar sin tener que reiniciar el programa.** Los estudiantes plantearon el deseo de explorar los efectos que puede ocasionar una

explosión en una persona si no se utiliza la protección adecuada, sin embargo una vez puestas las medidas de seguridad no se pueden quitar.

- **Hacer visible la barra de desplazamiento del menú *Materiales*.** En algunas pantallas no es posible visualizar la lista completa de materiales por lo que es necesario deslizar de manera vertical dicho menú, sin embargo, al no contar con una barra de desplazamiento esta acción es desconocida por el estudiantado y evita que utilicen todos los materiales disponibles, por lo tanto se considera necesario añadir una barra de desplazamiento.
- **Fijar los microescenarios en el margen derecho de la pantalla, con opción de abrirse y cerrarse.** A los estudiantes les resultó complicado tener que estar abriendo y cerrando las indicaciones para hacer los retos, ya que actualmente se despliegan en una página que requiere cerrarse para usar el laboratorio. La recomendación es que se facilite la revisión de las indicaciones a partir de hacerlas visibles con un botón desplegable dispuesto del lado derecho de la pantalla y que ocupen una columna lateral. Se trata de que puedan quedar visibles mientras se realizan los experimentos. El estudiante debe poder abrirlas y ocultarlas si le estorban en algún momento (tal como sucede con el avatar que puede quedar fijo y ocultarse a decisión).
- **Omitir en los *Problemas y escenarios* elementos que parezcan enlaces.** Esta recomendación surge a partir de la confusión que generó en los estudiantes la flecha que aparece a la izquierda de cada reto; muchos pensaron que al darle clic en ella pasaría algo como iniciar el reto.
- **Hacer coincidir la velocidad con la que se vierte una sustancia con la seleccionada por el estudiante.** En su estado actual, la herramienta muestra un vaciado lento, como en un cronómetro donde se aprecia el segundo a segundo, aún cuando se haya elegido así en la barra de velocidad. Se esperaría que si se selecciona por ejemplo, 10 ml/s se vaciara de 10 en 10 y eso no sucede así.
- **Modificar el color de las sustancias al hacer las mezclas.** Es importante que exista esa retroalimentación visual en el color dentro del recipiente de la mezcla, no basta con los datos que se modifican en la barra fija de información. Una de las virtudes de un simulador es justamente ofrecer la retroalimentación visual dentro del recipiente y ello se puede lograr a través del cambio de color.

-
- **Bloquear la posibilidad de que los materiales y sustancias queden ocultos detrás del menú o detrás del avatar.** En las pruebas realizadas con estudiantes se observó repetidamente que algunos intentaban regresar alguno de los materiales o de las sustancias a su lugar de origen y creían que lo lograban; en realidad, quedaban ocultos detrás de la barra de herramientas. Desde el punto de vista didáctico, es importante que, dentro del LVQ sea muy claro que no se puede regresar ningún material ni sustancia una vez extraído.
 - **El bote de basura y el material para lavar se debe vaciar por completo cuando se reinicia un reto.** En su estado actual, el LVQ cuenta con la opción Limpiar mesa, misma que permite eliminar todo lo que se encuentra en el área de trabajo, sin embargo, se observó que ambos recipientes de limpieza mantienen en su interior los desechos y materiales del experimento anterior. Esto causó confusión y explosiones, porque los estudiantes daban por sentado que al limpiar todo, se limpiaba también el bote y el material para lavar. En la nueva versión, una vez que se incluya un botón para reiniciar un reto, es fundamental que el bote de basura y el material para lavar quede vacío, ya que dicha opción (reiniciar reto) debe funcionar como un “iniciar de cero”.
 - **Hacer evidente cuando el bote de basura y el material para lavar tienen contenido.** En el caso de que el estudiante realice varios experimentos y en ese proceso use varias veces el bote de basura o el material para lavar, debe hacerse visible de alguna manera que contienen desechos o materiales. Tal como se describió en el rubro anterior el hecho de que no se vaciara el bote y el material para lavar entre uno y otro experimento causó en los estudiantes confusión y explosiones, porque no tomaban en cuenta lo que ya contenían esos recipientes.
 - **Bloquear el uso de la tecla Suprimir para eliminar elementos del LVQ.** Es importante evitar que cualquier elemento se pueda eliminar con la tecla suprimir, porque impide la reflexión sobre el procedimiento para desechar. El laboratorio debe ser consistente en los procedimientos que se utilizan para desechar sustancias y para limpiar el área de trabajo, en correspondencia con los procedimientos utilizados en un laboratorio físico.
 - **Dejar fijo el tamaño del área de trabajo, impedir el zoom.** A partir de las pruebas con estudiantes se observó que la funcionalidad de hacer acercamientos o alejamientos del área de trabajo genera problemas en la interacción con los distintos elementos del laboratorio y por lo tanto dificulta la experimentación, por ejemplo al alejar mucho se reduce el tamaño de los

materiales y se hacen menos visibles los datos de las barras de información, y al hacer un acercamiento significativo, ya no es posible ver claramente todos los materiales y sustancias que se están utilizando.

- **Hacer más visible la etiqueta “problemas y escenarios”.** En su estado actual el enlace a los problemas y escenarios aparece sólo como un texto arriba a la derecha de la pantalla, no resalta, no llama la atención. Es importante que aparezca como un botón visible en el lado derecho de la pantalla, que los estudiantes visualicen fácilmente desde que entran al laboratorio.
- **Modificar el color del fondo.** En el cuestionario respondido por estudiantes al final de la experimentación, muchos señalaron que el color del fondo no les parecía adecuado, ya que les dificultaba apreciar el cambio de color en una base al verter colorante y tampoco les permitía notar con facilidad la iluminación del contorno de los envases cuando se eligen con el cursor. Sería muy conveniente seleccionar un color de fondo que permita visualizar los contrastes de los colores, pues son elementos que aportan información útil a los estudiantes. Otro comentario que hicieron fue que después de un tiempo les resultaba cansado para los ojos el color azul del fondo.

5.3 COSAS QUE HAY QUE ELIMINAR

- **Suprimir el botón de limpiar mesa.** La opción como está ahora evita que el estudiantado analice cómo desechar los reactivos y muestras de manera correcta, así como el manejo de los materiales.
- **Evitar que se guarden las cantidades utilizadas en cada experimento.** Si otro estudiante utiliza el mismo equipo de cómputo le aparecen las cantidades colocadas por estudiantes anteriores, de modo que da la impresión de que hay que elegir únicamente alguna de esas cantidades para verter
- **Eliminar el tapón que está colocado en el Erlenmeyer.** En las pruebas realizadas con estudiantes se observó que la presencia del tapón en el Erlenmeyer desvía la reflexión de los estudiantes respecto a las propiedades químicas de las sustancias, o a los procedimientos que

determinan las razones de una explosión, es decir, genera un error didácticamente inútil, se trata de una variable inconveniente que conduce a deducciones erróneas, como que la explosión se debe a que no se colocó el tapón.

5.4 CUESTIONES QUE HAY QUE SOMETER AL CRITERIO DE UNA PERSONA EXPERTA EN QUÍMICA

- **Añadir una opción que permita “etiquetar” o “rotular” las muestras hechas.** El estudiantado hizo comentarios sobre la necesidad de tener algunas “etiquetas” que les sirvan para identificar las combinaciones realizadas. Por ejemplo *agua destilada con ácido clorhídrico* colocada en un matraz. Esto también se observó en la dificultad que enfrentaron para identificar en qué recipiente habían hecho qué mezcla.

Esto se puede constatar también a través de respuestas como la siguiente vertidas en el cuestionario que respondieron los estudiantes de manera individual:

“Me gustó mucho, aún le faltan varios reactivos y sustancias para poder crear más reacciones y mezclas... También me gustaría que pudiéramos rotular los recipientes ya que es un poco complicado identificar cada mezcla.”

- **Añadir otros materiales de limpieza que puedan utilizarse.** Explícitamente el estudiantado mencionó “un trapito y un trapeador”; estos comentarios surgieron, en general, después de una reacción química. Los estudiantes buscaron en los materiales cosas para limpiar el área de trabajo.
- **Añadir un agitador.** Frente a la necesidad de que “pase algo” al combinar dos sustancias los estudiantes plantearon la idea de que necesitaban un agitador para mezclar. En la interacción con los docentes comentaron que regularmente en el laboratorio utilizan un agitador al hacer las mezclas.

6. REFERENCIAS

- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 7(2), 33–115. <https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00147>
- Alhumaid, K. F. (2020). Qualitative Evaluation: Effectiveness of Utilizing Digital and Social Media in Education. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 25(Esp.6), 466–476.
- Astolfi, J. P. (1999). *El “error”, un medio para enseñar* (1a. ed.). Díada Editora.
- Astolfi, J. P. (2003). *El “error” un medio para enseñar: Gaston Bachelard, Jean Piaget* (2a. ed.). Díada.
- Basri, W. Sh., Alandejani, J. A., & Almadani, F. M. (2018). ICT Adoption Impact on Students’ Academic Performance: Evidence from Saudi Universities. *Education Research International*, 2018(1), 1240197. <https://doi.org/10.1155/2018/1240197>
- Brousseau, G. (1994). Los diferentes roles del maestro. En *Didáctica de Matemáticas* (1a ed., pp. 65–93). Paidós.
- Bulfin, S., Henderson, M., Johnson, N. F., & Selwyn, N. (2014). Methodological capacity within the field of “educational technology” research: An initial investigation. *British Journal of Educational Technology*, 45(3), 403–414. <https://doi.org/10.1111/bjet.12145>
- Buss, R. R., Foulger, T. S., Wetzell, K., & Lindsey, L. (2018). Preparing Teachers to Integrate Technology into K–12 Instruction II: Examining the Effects of Technology-Infused Methods Courses and Student Teaching. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(3), 134–150. <https://doi.org/10.1080/21532974.2018.1437852>

-
- Castedo, M., & Molinari, C. (2000, junio). *Leer y escribir en proyectos*. 3(4).
<https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/library?a=d&c=arti&d=Jpr7470>
- Castorina, J. A. (2004). *Piaget-Vigotsky: Contribuciones para replantear el debate* (1a ed., 3a reimpr). Paidós.
- Chan, M. E. (2010). La comunicación como mediación entre la tecnificación y la virtualización de las instituciones educativas. *Mediaciones Sociales*, 6, 65–89.
- Creswell, J. W. (2012). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*. SAGE Publications.
- Dayo, N., Said Metwaly, S., & Van Den Noortgate, W. (2024). Evaluating technology enhanced learning by using single-case experimental design: A systematic review. *British Journal of Educational Technology*, 55(6), 2457–2477. <https://doi.org/10.1111/bjet.13468>
- Flick, U. (2015). *El diseño de investigación cualitativa* (T. del Amo & C. Blanco, Trads.). Morata.
- Franco Sepúlveda, I. L., & Álvarez Gómez, F. J. (2007, agosto). *Primer avance de la investigación. Los simuladores, estrategia formativa en ambientes virtuales de aprendizaje*. 21.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194220390003>
- Fuller, M., Wyzard, C., Snelson, C., & Rice, K. (2011). *Learning From the Past: An Educational Technology Content Analysis*. 2445–2450. <https://www.learntechlib.org/primary/p/36676/>
- Galaburri, M. L. (2008). *La enseñanza del lenguaje escrito: Un proceso de construcción* (1a ed). Secretaría de Educación Pública Ediciones Novedades Educativas.

-
- Guba, E., & Lincoln, Y. (2000). Paradigmas en competencia en la investigación cualitativa. En *Por los rincones: Antología de métodos cualitativos en la investigación social* (1a. ed., pp. 113–145). El Colegio de Sonora.
- Guy Brousseau. (1994). Los diferentes roles del maestro. En *Didáctica de Matemáticas. Aportes y reflexiones* (pp. 65–94). Paidós.
- Hernández, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-21252021000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Idoyaga, I. J., Vargas-Badilla, L., Moya, C. N., Montero-Miranda, E., Maeyoshimoto, J. E., Capuya, F. G., & Arguedas-Matarrita, C. (2021). Conocimientos del profesorado universitario sobre la enseñanza de la química con laboratorios remotos. *Educación Química*, 32(4), Article 4.
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.79189>
- Isik, A. D. (2018). Use of technology in constructivist approach. *Educational Research and Reviews*, 13(21), 704–711. <https://doi.org/10.5897/ERR2018.3609>
- Jociles, M. I. (2018). La observación participante en el estudio etnográfico de las prácticas sociales. *Revista Colombiana de Antropología*, 54(1), 121–150.
<https://doi.org/10.22380/2539472X.386>

-
- Keengwe, J. (Ed.). (2015). *Handbook of Research on Educational Technology Integration and Active Learning*: IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8363-1>
- Kim, H. J., Yi, P., & Hong, J. I. (2020). Students' Academic Use of Mobile Technology and Higher-Order Thinking Skills: The Role of Active Engagement. *Education Sciences*, *10*(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/educsci10030047>
- Kriscautzky, M. (2019). Formación de profesores para la integración de TIC en la práctica docente. La experiencia de la CTE-H@bitat Puma. En *Formación docente en la UNAM: antecedentes y la voz de su profesorado* (1a. ed., pp. 415–429). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Kriscautzky, M. (2024). *Didactics as the foundation for technological development: The case of the virtual chemistry laboratory at UNAM*. 6388–6394. <https://doi.org/10.21125/inted.2024.1671>
- Lázaro-Cantabrana, J. L., Gisbert-Cervera, M., & Silva-Quiroz, J. E. (2018). Una rúbrica para evaluar la competencia digital del profesor universitario en el contexto latinoamericano. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, *63*. <https://doi.org/10.21556/edutec.2018.63.1091>
- Lerner, D. (2001). *Leer y escribir en la escuela: Lo real, lo posible y lo necesario*. Secretaría de Educación Pública.
- Mat, H., & Mustakim, S. S. (2021). The Effectiveness of Virtual Learning to Enhance Higher Order Thinking Skills in Year 5 Students. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, *10*(2), 577–584.

-
- Meirieu, P., & Develay, M. (1997). *Emile, reviens vite... Ils sont devenus fous* (4. éd). ESF éd.
- Montrieux, H., Vanderlinde, R., Schellens, T., & Marez, L. D. (2015). Teaching and Learning with Mobile Technology: A Qualitative Explorative Study about the Introduction of Tablet Devices in Secondary Education. *PLOS ONE*, *10*(12), e0144008.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144008>
- Moscovici, S. (1961). *La psychanalyse, son image et son public* (1e. éd.). Presses Universitaires de France.
- Mustafa, Er., & Fatma, Er. N. (2013). Instructional Technology as a tool in Creating Constructivist Classrooms. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *93*, 1441–1445.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.060>
- Perelman, F. (2007). *Los problemas del constructivismo en su relación con la enseñanza* (Documento de trabajo no publicado del Seminario en línea Escribir en el aula: Nuevas herramientas y nuevas prácticas mediadas por las TIC) . Universidad de la Plata.
- Pérez, D., & Rodríguez, L. P. (Eds.). (2011). *Explicar y comprender* (1a. ed.). Plaza y Valdés.
- Poth, C. (2018). The contributions of mixed insights to advancing technology-enhanced formative assessments within higher education learning environments: An illustrative example. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *15*(1), 9.
<https://doi.org/10.1186/s41239-018-0090-5>

Ramírez, J. D. J. (2021). Estudio de la experiencia de usuario en los sistemas de gestión del aprendizaje.

IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH, 12, e1358.

https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v12i0.1358

Sanner, M. (1983). *Du concept au fantasme* (1a. ed.). Presses Universitaires de France.

<https://doi.org/10.3917/puf.sanne.1983.01>

Sung, Y.-T., Lee, H.-Y., Yang, J.-M., & Chang, K.-E. (2019). The quality of experimental designs in mobile learning research: A systemic review and self-improvement tool. *Educational Research Review*, 28, 100279. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.05.001>

Taylor, S. J., & Bogdan, R. (1992). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación: La búsqueda de significados* (1a. ed., 1a. reimp.). Paidós Ibérica.

Vindrola-Padros, C. (2021). *Doing rapid qualitative research* (1a. ed.). SAGE Publishing.

Vindrola-Padros, C., & Johnson, G. A. (2020). Rapid Techniques in Qualitative Research: A Critical Review of the Literature. *Qualitative Health Research*, 30(10), 1596–1604.

<https://doi.org/10.1177/1049732320921835>

Walker, R. (2020). Facilitating Active Learning Opportunities for Students Through the Use of Technology-Enhanced Learning Tools: The Case for Pedagogic Innovation and Change. En N. V. Varghese & S. Mandal (Eds.), *Teaching Learning and New Technologies in Higher Education* (pp. 117–133). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4847-5_9

Winn, W. (2003). Research Methods and Types of Evidence for Research in Educational Technology.

Educational Psychology Review, 15(4), 367–373. <https://doi.org/10.1023/A:1026131416764>

Wright, D. B. (2019). Research Methods for Education With Technology: Four Concerns, Examples, and Recommendations. *Frontiers in Education*, 4. <https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00147>

ANEXO 1. CUESTIONARIO APLICADO AL ESTUDIANTADO



DGTIC UNAM

DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y
DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
Y COMUNICACIÓN

Laboratorio Virtual de Química

En este cuestionario te solicitamos que nos des tu punto de vista sobre el **Laboratorio Virtual de Química** que revisaste hoy durante la clase. Tu opinión es muy importante para nosotros porque nos ayudará a mejorar la propuesta.

Tu participación es anónima, no te pediremos ningún dato personal.

¡Gracias por tu ayuda!

arturorl@educatic.unam.mx [Cambiar de cuenta](#)



No compartido

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Selecciona tu bachillerato *

- Escuela Nacional Preparatoria
- Colegio de Ciencias y Humanidades

2. Especifica el semestre o año que te encuentras cursando *

Tu respuesta



3. ¿Cómo consideras el diseño del Laboratorio? *

- Excelente
- Bueno
- Regular
- Malo
- Muy malo

4. Selecciona todas las frases con las que estás de acuerdo *

- El color de fondo del área de trabajo me parece cómodo para trabajar.
- El avatar me permitió identificar las medidas de protección en el laboratorio.
- No me gustaron los avatares porque no me identifiqué con ninguno.
- La navegación para ver los problemas y escenarios me resultó compleja.
- El tamaño de la letra me facilitó la lectura de la información.
- La manipulación de los elementos (reactivos, muestras, materiales, material de limpieza) es sencilla.
- El espacio para hacer los experimentos me fue insuficiente para realizar los retos.

5. ¿Cuál crees que sea la función del avatar dentro del laboratorio? *

Tu respuesta _____



6. ¿Crees que puedes aprender química con una herramienta como el Laboratorio *
Virtual de Química?

Sí

No

¿Por qué? *

Tu respuesta

7. Comparte una opinión general sobre la herramienta: *

Tu respuesta

Enviar

Borrar formulario

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

Este formulario se creó en UNAM - Dirección de Innovación en Tecnologías para la Educación. [Denunciar abuso](#)

Google Formularios



ANEXO 2. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

Categoría	Código	Observable	Supuestos
INTERACTIVIDAD CON LA HERRAMIENTA	1.1	¿Qué es lo primero que hacen las personas estudiantes cuando están frente a la herramienta del LVQ?	Comienzan a dar clic en cada sección que les es visible o leen el escenario a resolver y con base en eso buscan lo que necesitan en el menú de la izquierda o no hacen nada a menos de que quien monitorea el ejercicio les proporcione alguna pista
	1.2	Identifican directamente dónde están los materiales y sustancias que necesitan para realizar el reto.	Supuestos: Recorren sección por sección hasta identificar cuáles son los materiales y sustancias, van directo a lo que necesitan, no identifican dónde está lo que requieren.
	1.3	¿Cómo usan el avatar?	Supuestos: Identifican la importancia del uso de bata, guantes y lentes en el laboratorio virtual.
	1.4	¿Qué comentarios hacen sobre el uso de los guantes, bata y lentes?	Supuestos: ¿Comentan algo sobre el uso de la bata, los guantes y lentes, antes o durante el escenario?, colocan en el avatar los guantes, la bata y los lentes únicamente porque están puestos pero no comentan nada al respecto. Se saltan ese paso y entran sin protección.
	1.5	¿Qué hacen para limpiar el área de trabajo?	Supuestos:, actualizan la página, limpian la mesa, seleccionan materiales de

			limpieza, amontonan todos los elementos en un espacio.
	1.6	¿Qué dificultades encuentran para realizar las mezclas?	Supuestos: Después de varios intentos y frustración logran comprender a qué se refiere “al vuelo” y cómo hacer para verter sobre un recipiente.
	1.7	¿Qué acción es más frecuente para utilizar los elementos? (Hacen clic, arrastran y sueltan, intentan utilizar el teclado)	Supuestos: Pasan un elemento encima del otro, intentan dar clic varias veces sobre un elemento, tratan de juntarlo, utilizan el teclado, dan clic derecho.
	1.8	¿Para qué utilizan la información sobre la barra fija de información disponible en la parte de abajo de la pantalla?	Supuesto: No notan que existen datos sobre las sustancias que pueden ser útiles para entender si ya se vertió una sustancia en un contenedor. Hacen preguntas como ¿Cómo saber qué cantidad se vertió?
	1.9	¿Se dan cuenta de la información que aparece abajo sobre cada elemento?	Supuesto: no notan la información y/o no les es relevante, no hacen referencia a ella ni la utilizan
	11A	¿Qué hace cuando no puede ver las instrucciones y al mismo tiempo resolver los micro escenarios?	Supuesto: Toma fotografía de las instrucciones del experimento o intenta entrar desde otro dispositivo al LVQ para

			<p>leer las instrucciones mientras en la laptop las desarrolla.</p>
	12A	<p>Notan el cambio de color en los elementos y entienden su significado.</p>	<p>Al momento de mantener la interactividad con los elementos del sitio identifican sobre qué elemento se está trabajando, hacen comentarios del tipo: ¡mira se pintó en blanco!</p>
PARTICIPACIÓN DOCENTE	2.1	<p>¿Cuál fue el rol del docente?</p>	<p>El docente intenta ayudar o explicar.</p> <p>El docente está presente pero no explica o responde a las preguntas del alumno.</p> <p>El docente pasa a las mesas de los equipos y observa lo que hacen.</p> <p>El docente no permite que los estudiantes exploren libremente</p>

Elaboración:	Revisión:
<p>Mónica Avila Quintana Adriana Areli Bravo Lozano Ma Alma García García Gabriela Patricia González Alarcón Jesús Arturo Rivera León Cinthia Selene Vite García Nidia Montserrat Salinas Vázquez⁶</p>	<p>Dra. Marina Kriscautzky Laxague</p>
Vo. Bo.	
<div data-bbox="378 1031 537 1188" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="224 1247 779 1360" style="text-align: center;"> Dra. Marina Kriscautzky Laxague <i>Directora de Innovación en Tecnologías para la Educación</i> </p>	<div data-bbox="1040 1026 1200 1184" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="820 1247 1421 1360" style="text-align: center;"> Mtro. Jesús Arturo Rivera León <i>Jefe del Departamento de Formación Didáctica en el Uso de TIC</i> </p>

⁶ Persona prestadora de servicio social en la Dirección Dirección de Innovación en Tecnologías para la Educación