



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2020/2021

Nº de proyecto: 259

Evaluación y mejora de la herramienta on-line DESweb para la enseñanza de bases de  
datos (2)

Responsable del proyecto:

Fernando Sáenz Pérez

Facultad de Informática

Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial

## 1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

En la solicitud de este proyecto se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo 1: Mejora de las herramientas.

Partiendo de la herramienta de realimentación semántica de consultas SQL en DES (versión 6.5 publicada en abril de 2020) que hemos implementado en la ejecución del proyecto de la convocatoria 2019-2020 (Nº proyecto 13), y de sus interfaces on-line y de escritorio, el primer objetivo del proyecto actual es continuar la evaluación de la herramienta en las asignaturas de bases de datos de las facultades implicadas:

En las asignaturas de bases de datos de la Facultad de Informática se usa mayoritariamente el gestor de bases de datos Oracle (si bien se hubieran podido usar otros como MySQL, PostgreSQL, DB2, etcétera).

En la asignatura de la Facultad de Geografía e Historia se usan los gestores Access, SQL Server de Microsoft y PostgreSQL. Sin embargo, ninguno de estos gestores ofrece análisis semánticos de consultas que puedan prevenir a los alumnos de escribir consultas posiblemente incorrectas. Errores frecuentes que se evitarían serían añadir más tablas de las estrictamente necesarias, olvidar especificar la correlación entre las tablas implicadas, o usar el operador LIKE en lugar del operador de comparación (que el gestor puede aprovechar para usar índices y así aumentar el rendimiento, mientras que con LIKE no es posible). Además, debemos resaltar que nuestra herramienta cuenta con un completo IDE gráfico de escritorio configurado para trabajar con tablas y vistas de la base de datos, de forma similar a como lo hacen las interfaces gráficas de usuario de otros sistemas como SQL Developer de Oracle, Data Studio de IBM, pgAdmin de PostgreSQL, Microsoft SQL Server Management Studio, etcétera. Es importante también observar que las herramientas de bases de datos de escritorio de los principales fabricantes requieren de un proceso de instalación que no es en absoluto obvio para los alumnos (de hecho, a pesar de proporcionar instrucciones de instalación paso a paso, varios alumnos tuvieron problemas). Cada vez más se hace evidente que hay que proporcionarles herramientas con mayores facilidades de instalación (o incluso que no requieran instalación).

La interfaz on-line DESweb es un paso en esta dirección al no requerir instalación. La publicamos para su uso en clase en la red UCM por primera vez en septiembre de 2018, y se encuentra en continuo desarrollo y mejora. Su última actualización ha sido en mayo de 2020, disponiendo de acceso seguro SSL desde cualquier punto de internet. Además, debemos hacer notar que, si bien existen otras interfaces web a SQL, no aportan el análisis semántico que creemos importante para el aprendizaje de los alumnos sobre todo en la docencia virtual y en prácticas abiertas, donde no tienen el apoyo del profesor. Por ejemplo, SQL Fiddle permite practicar consultas SQL en distintos gestores (MySQL, Oracle, PostgreSQL, SQLite y Microsoft SQL Server), pero no mantienen el estado, por lo que los alumnos no pueden conservar los esquemas de las prácticas para resolverlas en distintas sesiones; DESweb, por el contrario, proporciona una cuenta para cada alumno matriculado. Otros sitios web con acceso a gestores de bases de datos SQL son W3Schools, Coding Ground, JackDB y SQLzoo. Adicionalmente, este curso hemos experimentado con la instalación del gestor PostgreSQL al que se puede acceder desde la propia interfaz DESweb. También hemos instalado la base de datos léxica WordNet 3.0 para su uso en las asignaturas de la Facultad de Filología. Como objetivo pendiente del anterior proyecto, en este próximo proyecto estudiaremos la posibilidad de instalar y proporcionar acceso a este y otros gestores (DB2, MySQL, Microsoft SQL Server, ...) individualmente para cada cuenta del sistema. La posibilidad de experimentar con distintos gestores ofrece la oportunidad de estudiar las particularidades propias de cada gestor, que generalmente no siguen fielmente el estándar de SQL.

Por otro lado, DESweb cuenta con una interfaz de administrador, que permite observar el tamaño y contenido de los registros de sesiones, la actividad de los usuarios y las estadísticas de uso. También es posible definir distintos usuarios administradores por debajo del superusuario admin en la jerarquía de permisos, con privilegios limitados y orientados a la gestión y supervisión de un grupo particular de alumnos. Esta herramienta ha evolucionado gracias a la necesidad en la docencia virtual durante la emergencia sanitaria. No obstante, se ha detectado la posibilidad de nuevas mejoras como por ejemplo la comunicación interactiva en un canal de chat tanto para la comunicación directa profesor-alumno, como la comunicación en un foro interactivo en el que participen profesor y alumnos. También se debe mejorar la presentación de los registros de sesión para una recuperación más rápida, posiblemente por paginación. También sería interesante un sistema de alertas para indicar al alumno que tiene alguna comunicación pendiente con el profesor.

## Objetivo 2. Evaluación

De los resultados obtenidos en el curso actual en la aplicación de DESweb en el aula, y de los futuros datos que recogeremos de un mayor abanico de grupos de estudiantes en el próximo curso objeto de esta solicitud, mejoraremos y facilitaremos su uso en la medida de lo posible. Este es objeto del segundo objetivo principal del proyecto y que se continuará tras su evaluación en clase: por una parte, mediante registro automático de las sesiones de los alumnos y su análisis, y por otra parte, mediante encuestas a los alumnos sobre sus impresiones sobre la herramienta. Aunque el sistema se ha mejorado extensivamente en muchos frentes, aún quedan pendientes posibles mejoras como el desarrollo de un resolutor lexicográfico para los tipos de cadenas de caracteres, soporte de agregados y de uniones de conjuntos, detección más extensa de simplificaciones y tautologías, soporte de bases de datos externas mediante conexiones ODBC, y mensajes más precisos de la ubicación de los errores.

## 2. Objetivos alcanzados

Los objetivos alcanzados han sido los siguientes:

### 1. Evaluación de la herramienta.

Hemos usado la herramienta en los siguientes grupos de asignaturas de bases de datos del curso 2020-2021:

- "Bases de datos", grupo único del doble grado de Matemáticas-Informática, primer cuatrimestre, Facultad de Informática, 30 alumnos matriculados, profesor: Fernando Sáenz Pérez.
- "Bases de datos", grupo C del doble grado de Administración y Dirección de Empresas, primer cuatrimestre, Facultad de Informática, 66 alumnos, profesor: Luis Garmendia Salvador.
- "Bases de datos", grupo único del Máster de Tecnologías de Información Geográfica de Matemáticas-Informática, segundo cuatrimestre, Facultad de Geografía e Historia, 16 alumnos, profesor: Fernando Sáenz Pérez.
- "Bases de datos aplicadas a la lingüística", segundo cuatrimestre, grado de Lingüística y Lenguas Aplicadas, Facultad de Filología, 12 alumnos, profesor: Fernando Sáenz Pérez.
- "Modelos de representación del conocimiento lingüístico", Grado de Lingüística y Lenguas Aplicadas, 25 alumnos, profesora Elena del Olmo Suárez.
- "Colecciones y ediciones electrónicas", Máster de Letras Digitales, Facultad de Filología, 15 alumnos, profesora: Ana María Fernández-Pampillón Cesteros.

Se han propuesto encuestas de satisfacción de la herramienta en grupos de estas asignaturas. Además se han registrado los logs del sistema en los que se pueden examinar las reacciones de los alumnos frente a los mensajes de errores sintácticos y semánticos.

### 2. Mejora de la herramienta.

Se ha mejorado la herramienta tanto en su componente nuclear DES como su interfaz online DESweb. Del primero se ha publicado ([des.sourceforge.net](https://des.sourceforge.net)) la siguiente versión:

- DES 6.6, el 25 de enero de 2021, con una interfaz gráfica nueva para la depuración de SQL, incluida en la nueva versión ACIDE 0.19 que se ha publicado junto a DES 6.6. El sistema DES se ha ampliado con nuevos comandos para la comunicación TAPI (Textual Application Programming Interface), más características de SQL y Datalog y corrección de errores.

De la interfaz web se ha publicado ([desweb.sourceforge.net](https://desweb.sourceforge.net)) la siguiente versión:

- DESweb 1.7 actualizado constantemente a partir de la finalización del proyecto anterior con fechas con múltiples mejoras y nuevas características. En primer lugar orientadas a la estabilidad y seguridad del sistema y, en segundo, a la mejora de la experiencia de usuario con la interfaz gráfica:
  - Con respecto al primer punto, se han añadido hilos de monitorización de procesos para vigilar los posibles problemáticos y forzar su reinicio. También la actualización incremental de la salida de la consola con la misma filosofía que herramientas como Whatsapp a la que están acostumbrados los alumnos. Esto se ha aplicado también a la interfaz del profesor porque los registros de uso han aumentado considerablemente.
  - El cambio más importante con respecto al segundo punto ha sido añadir un nuevo diseño de la interfaz del alumno, más acorde con otras interfaces a las que están acostumbrados. El nuevo diseño (Modern) incluye iconos y menús desplegables que facilitan la interacción con el sistema.

### **3. Difusión de resultados.**

La nueva versión de DES se ha publicado en [des.sourceforge.net](https://des.sourceforge.net), desde donde se pueden descargar tanto fuentes como ejecutables para prácticamente cualquier sistema operativo. Con objeto de difundir estos resultados, estas versiones tanto de DES como DESweb se han publicitado en las listas de distribución de SWI-Prolog, SICStus Prolog, RedBD y Datalog Cafe.

### **4. Estadísticas de uso.**

Se han recopilado las estadísticas de descarga de DES a partir de los datos obtenidos por los contadores de Sourceforge. También se han recopilación de estadísticas de uso de la interfaz DESweb, tanto del número de inicios de sesión como del número de cuentas de invitado (usuarios no registrados que han usado la herramienta). Desde el inicio del proyecto, en el mes de septiembre, para el componente DES se han contabilizado cerca de 2.500 descargas según los contadores de Sourceforge (a día 17 de mayo de 2021), un número similar al mismo periodo del proyecto anterior. Con respecto a DESweb se han contabilizado un total de 11732 inicios de sesión (5.600 más desde el último proyecto) y más de 3.600 sesiones de invitado (1.900 más desde el último proyecto). Actualmente hay 364 usuarios registrados en el sistema (de los cuales se han eliminado las cuentas anteriores al año 2020, pero conservando las del curso 2019/2020). Con respecto a las métricas de Google Analytics de acceso a las páginas web de los sistemas, durante el último año se registraron 2.300 visitas para DES (frente a 2.850 del curso pasado) y 6.470 (frente a 1.900 del curso pasado) para DESweb. Esto confirma que la herramienta online supone un mayor atractivo para los usuarios.

### **Objetivos pendientes para la próxima edición**

A continuación se resumen algunas tareas susceptibles de abordar en una próxima convocatoria de proyectos de innovación.

- Sistema Chat desde la interfaz del profesor a la del alumno.
- Foro público integrado en las interfaces.
- Mejorar el comportamiento de las consultas SQL recursivas.
- Mejorar la estabilidad del sistema. Los alumnos han informado de algunas situaciones que les parecen de inestabilidad pero que es simplemente un modo de funcionamiento (quizás avanzado para algunos alumnos) del sistema. Esto sugiere simplificar la interfaz de consola.
- Proporcionar mejores ayudas en la identificación de errores sintácticos y semánticos, añadiendo soporte para las consultas más avanzadas WITH.
- Localización de las interfaces y mensajes a español.

Desafortunadamente, nuestra facultad no nos informó de la convocatoria actual de proyectos de innovación y calidad, y a más de un profesor se nos ha pasado el plazo de realizar la solicitud. El curso pasado se convocó en junio y este se ha cerrado en mayo. Por eso sería recomendable que al menos los que hemos sido directores de estos proyectos recibamos directamente la convocatoria por correo electrónico.

### 3. Metodología empleada en el proyecto

Con respecto a la herramienta, se ha empleado la misma metodología clásica de desarrollo de software que se aplicó en el proyecto anterior, con las siguientes etapas de diseño, implementación, pruebas, ajuste y paso a producción:

1. Diseño. Se han identificado operaciones necesarias para la implantación de la herramienta en clase. En particular nuevos casos de uso del análisis semántico, así como nuevos mensajes del análisis sintáctico. Con respecto a la interfaz de usuario web al sistema, se ha rediseñado fundamentalmente la interfaz de los usuarios. En particular, para los usuarios normales se han recogido las peticiones de los alumnos para integrarlas en el diseño, como la gestión de ficheros y el aspecto de la interfaz. Para los usuarios administradores (profesores) se han añadido la paginación de los registros y la ocultación del banner de usuario.

2. Implementación. Se han usado distintas tecnologías para la implementación. Para el componente DES se ha usado Prolog y varias de sus tecnologías: las gramáticas de cláusulas definidas (DCG) para el análisis de consultas SQL, y los resolutores de restricciones nativos CLP(R), CLP(Q) y CLP(FD), además de las restricciones nativas del resolutor de Herbrand (igualdad y desigualdad sintácticas) para la identificación de errores semánticos. La interfaz web se ha implementado con páginas HTML 5 dinámicas generadas por SWI-Prolog bajo demanda de los navegadores clientes. Además se ha usado extensivamente JavaScript para trasladar al cliente prácticamente todas las funciones que anteriormente se realizaban en el servidor. El estilo de la interfaz web se define con hojas CSS para la fachada, la interfaz de usuario y la del administrador. Por su parte, el servidor web se ha implementado en conexión con procesos del sistema que ejecutan instancias distintas de DES para los distintos usuarios.

3. Pruebas. Antes del paso a producción se ejecuta una batería extensa de juegos de pruebas tanto para la base de datos local como bases de datos externas (Access, DB2, MySQL, PostgreSQL y SQL Server). Se ha ampliado el conjunto de casos de prueba del sistema en cada versión publicada, que incluye la validación de errores detectados previamente para prevenir su nueva aparición. Se ha comprobado y ajustado la interfaz web al sistema en comunicación con los servicios web para distintos navegadores, comprobando que el nuevo certificado digital funciona adecuadamente. A principios del proyecto caducó este certificado y hubo que renovarlo. Debido a los cambios del tipo de certificado hubo unos días sin servicio.

4. Paso a producción. Se han publicado las versiones fuentes y ejecutables del sistema para su uso local mediante descarga e instalación. Se ha mantenido con distintas actualizaciones de seguridad el servidor web (máquina virtual sobre servidores proporcionados por la Facultad de Informática) ejecutando Windows 10 Server 64 bit. Se han implantado procesos automáticos de copia de seguridad del sistema en los propios servidores de la facultad. El servidor de producción de DESweb ha estado activo de forma casi ininterrumpida desde su instalación, y las paradas se han debido fundamentalmente a las actualizaciones del sistema operativo. Las nuevas versiones del servidor web (implementado en el sistema SWI-Prolog) y del núcleo DES se han instalado en caliente sin dejar de proporcionar el servicio. Se ha dotado a la interfaz de administración de mecanismos para esta actualización de DESweb en caliente sin necesidad de reinicio del sistema. Las actualizaciones del núcleo DES son asimismo en caliente y el usuario solo percibe una muy breve interrupción del servicio (habitualmente menor que la latencia del sistema).

Con respecto a la realimentación de los alumnos, de nuevo se han proporcionado encuestas en el Campus Virtual para alumnos las facultades involucradas. Con objeto de intentar recopilar el máximo número de respuestas, se ha diseñado una encuesta con un tiempo muy bajo de resolución y con posibilidad de aportar comentarios abiertos. A partir de los resultados se han obtenido una serie de estadísticas y conclusiones que se emplearán para la mejora de la herramienta en una próxima convocatoria de proyectos.

#### 4. Recursos humanos

En este proyecto han intervenido los siguientes profesores:

- Javier Arroyo Gallardo, profesor titular del Departamento Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial (Lenguajes y Sistemas Informáticos) de la Facultad de Informática.
- Ana Fernández-Pampillón Cesteros, profesora de la especialidad de Lingüística Computacional del Grado de Lingüística y Lenguas Aplicadas y profesora del Máster de Letras Digitales de la Facultad de Filología de la UCM.
- Virginia Francisco Gilmartín, profesora contratada doctora del Departamento Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial (Lenguajes y Sistemas Informáticos) de la Facultad de Informática.
- Luis Garmendia Salvador, profesor titular del Departamento Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial (Lenguajes y Sistemas Informáticos) de la Facultad de Informática.
- Héctor Gómez Gauchía, profesor contratado doctor del Departamento Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial (Lenguajes y Sistemas Informáticos) de la Facultad de Informática.
- Elena del Olmo Suárez, profesora del Departamento de Lingüística, Estudios Árabes, Hebreos y de Asia Oriental de la Facultad de Filología.
- Fernando Sáenz Pérez, profesor titular del Departamento Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial (Lenguajes y Sistemas Informáticos) de la Facultad de Informática.
- Antonio Jesús Sánchez Padial, profesor del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de la Facultad de Informática.

Los profesores Javier Arroyo Gallardo, Virginia Francisco Gilmartín no pudieron escoger asignaturas de bases de datos en la elección docente departamental, por lo que no han tenido la posibilidad de aplicar la herramienta en clase. Por otro lado, Héctor Gómez Gauchía no pudo aplicarla en la asignatura ABD (Ampliación de Bases de Datos). Antonio Jesús Sánchez Padial no la aplicó en la asignatura BD (Bases de Datos).

Por otro lado, este proyecto no tendría sentido sin la participación de todos los alumnos de los distintos grupos de asignaturas en las diferentes facultades que han intervenido. En total hemos contado con 164 alumnos matriculados de los que 152 han participado activamente en las clases.

## 5. Desarrollo de las actividades

### 1. Mejora de la herramienta DES

Se han añadido, entre muchas otras (se pueden examinar todas en las [notas de la versión actual](#) y el [historial](#)), las siguientes mejoras al sistema DES:

La versión 6.6 mejora fundamentalmente características de los depuradores declarativos de los lenguajes SQL y Datalog soportados en DES. La depuración declarativa es una técnica de identificación de errores en las vistas relacionales y predicados lógicos respectivamente en ambos lenguajes. Cuando un usuario detecta un error en el resultado de una vista SQL que depende de otras relaciones (tanto tablas como vistas) puede iniciar el proceso de depuración asistida en un nuevo panel gráfico que se ha desarrollado en este proyecto e incorporado en la interfaz de escritorio de DES denominada ACIDE. Este panel muestra la vista errónea y todas las dependencias en forma de estructura jerárquica, con nodos que pueden ser inspeccionados y marcados durante el proceso de depuración. El sistema automático de depuración selecciona el nodo según ciertas estrategias que pueden configurarse y plantea al usuario la pregunta más sencilla de las posibles para descartar los fragmentos del árbol que no sean responsables del error. Además, el usuario puede examinar los nodos y decidir manualmente cuáles puede descartar sin necesidad de que el sistema le pregunte. Este proceso de depuración asistida resulta valioso al depurar vistas complejas que dependen de múltiples relaciones.

Para posibilitar esta interacción entre ACIDE (una aplicación de escritorio escrita en Java) y el sistema DES se ha ampliado la interfaz TAPI (Textual Application Programming Interface) para servir los datos y la interacción con el depurador declarativo. Esto incluye un nuevo conjunto de comandos del sistema que se pueden encontrar detallados en las notas de la versión DES 6.6. Las preguntas que el sistema plantea al usuario también se han simplificado. El panel gráfico ha sido resultado del desarrollo de un trabajo de fin de grado (TFG) en la facultad de Informática supervisado por el director de este proyecto.

Se ha desarrollado también una infraestructura similar para el depurador de Datalog para su próxima conexión con una interfaz gráfica que se está desarrollando en este curso académico como TFG. De igual manera que para SQL, se han añadido un conjunto de comandos para la interfaz TAPI.

Los sistemas de realimentación de errores semánticos y sintácticos en DES se han mejorado: mensajes de información mejorados, se sugieren posibles nombres de columnas si se escriben mal, se aumenta la precisión de la detección de los avisos semánticos de condiciones tautológicas e inconsistentes, se mejoran los mensajes de error en las instrucciones de agrupación, se añaden avisos semánticos para las columnas de agrupación **HAVING** sin agregados, para **DISTINCT** repetidos, para recuentos sobre columnas con restricciones **NOT NULL**, avisos de condición ausente, faltante y de argumentos constantes en agregados. También se han eliminado algunos falsos positivos en el análisis semántico, dando lugar a su vez a mejores compilaciones.

Finalmente también se ha mejorado el abanico sintáctico de SQL, incluyendo argumentos posicionales en cláusulas **GROUP BY** y **ORDER BY**, delimitadores en identificadores (escaped), adición de **OFFSET** y **LIMIT**, **ALL** para **INTERSECT** y **EXCEPT**, e **INSERT** con valores predeterminados (**DEFAULT VALUES**).

### 2. Interfaz online DESweb al sistema DES

La interfaz online DESweb implementa un IDE (Integrated Development Environment) básico para interactuar con el sistema DES. Hemos rediseñado fundamentalmente la interfaz de usuario, aunque también ha habido cambios en la de administración. La fachada no ha sufrido

cambios. En total se han realizado más de 100 tareas individuales sobre estas interfaces registradas en el log de cambios a partir de la finalización del proyecto anterior (27/7/2020).

La interfaz de administración (profesor) integra las siguientes nuevas funcionalidades, mejoras y cambios:

- Monitorización de procesos sospechosos de entrar en un estado inconsistente y su reinicio automático.
- Ocultación del panel de usuario para resaltar la información relevante.
- Visualización paginada del registro de actividades del sistema y de sesiones de los usuarios.
- Registro del origen y ubicación de la conexión añadidos al log del administrador.
- Mejora del log de admin: parsing desde archivo (streams) directamente.
- Ayuda sobre atajos como bocadillos (tooltips) en el fondo de la barra del log del administrador.
- Actualización del servidor y sus parámetros restringidos a los administradores.
- Actualización del log abierto en el tooltip de LOG en la interfaz del administrador.
- Botón de actualización de la presentación.

La nueva interfaz de usuario (alumno) integra las siguientes nuevas funcionalidades, mejoras y cambios:

- Nuevo diseño Modern de la interfaz del alumno, conservando la anterior (denominada ahora Classic). Se puede seleccionar cualquiera de ambos diseños en el menú de configuración visual, junto al tema requerido.
- Reemplazamiento de todos los botones por iconos en el diseño Modern.
- Temas visuales actualizados y mejorados, que incluye un huevo de Pascua para el tema Enter The Matrix y fuente IBM3270.
- Eliminación de prácticamente todas las recargas de página, trasladándose la funcionalidad al cliente en JavaScript. Esto mejora la experiencia de usuario sobre todo con los temas oscuros, en los que la ventana ya no parpadea debido a recargas.
- Nuevo botón con ayuda sobre atajos, ayuda sobre DESweb y sobre DES.
- Añadido el coloreado sintáctico de Datalog.
- Controladores de tamaño para las rejillas de datos.
- Respuesta más rápida a la entrada de usuario.
- Información añadida a las cabeceras: bocadillos y nombre de fichero.
- Nuevos cuadros modales para la interacción con el usuario.
- Gestor del portapapeles de ficheros y operaciones asociadas para ficheros individuales y conjunto de ficheros seleccionados.
- Identificación visual del cambio del esquema o datos de la base de datos actual (lo que sugiere al alumno la posible necesidad de comprometer los cambios).
- Corrección de errores y control de excepciones que en particular mejoran la estabilidad y disponibilidad del sistema.

Se han actualizado los dos manuales de usuario para el sistema, en inglés y español, que están disponibles en las carpetas raíces de las cuentas ("User guide.pdf" y "Guía de usuario.pdf"). Se han añadido más de 150 ejemplos de los distintos lenguajes a la carpeta examples de cada usuario, organizada en subcarpetas por elementos temáticos.

### **3. Página web del sistema DES**

Se han actualizado en cada versión publicada las páginas web del sistema DES, tanto en [des.sourceforge.net](https://des.sourceforge.net) como en <https://www.fdi.ucm.es/profesor/fernan/des> (espejo). Se aportan descargas para las distintas versiones de la herramienta DES: programas de escritorio para

terminales (Windows, Ubuntu y Mac OS X), aplicaciones Windows, y un IDE gráfico programado en Java con más funcionalidades que las de la interfaz web.

#### 4. Evaluación de la herramienta

Se ha usado la herramienta en clase y laboratorio durante el primer cuatrimestre en las asignaturas de grado y doble grado de la Facultad de Informática, el segundo cuatrimestre en las asignaturas del máster de Geografía e Historia, y de grado y máster de Filología en ambos cuatrimestres. Teniendo en cuenta la realimentación de los alumnos, se ha mejorado el sistema con muchas de las funcionalidades comentadas anteriormente.

Al igual que en la pasada edición de este proyecto, se ha proporcionado una encuesta básica a los alumnos con objeto de recabar el máximo número de respuestas a las siguientes preguntas:

1. DESweb me ha parecido fácil de usar.
2. He entendido bien los informes generados (Error, Warning, Info...).
3. Los informes de errores sintácticos me han ayudado a escribir bien las consultas.
4. Los avisos de posibles errores semánticos (Warning: Sem) me han ayudado.
5. Prefiero una interfaz web a tener que instalar la de escritorio.
6. No he observado problemas importantes de estabilidad y he podido trabajar normalmente.
7. Siempre que he necesitado la herramienta la he podido usar.
8. En lo que coinciden, me ha parecido mejor que SQL Developer. (Pregunta solo en las asignaturas en que se ha usado este sistema).
9. Puntuación general (0 a 10)
10. Mejoras que propondría: (pregunta abierta)
11. Críticas (pregunta abierta)

Las preguntas 1 a 8 admiten una respuesta con una escala de Likert de 5 puntos ("totalmente de acuerdo", "de acuerdo", "ni de acuerdo ni en desacuerdo", "en desacuerdo", "totalmente en desacuerdo"). La siguiente tabla muestra, para los distintos grupos, el nivel general de satisfacción con la herramienta, comparándola con los resultados de los cursos anteriores:

Grupo	Curso 2020-21					Curso 2019-20		Curso 2018-19	
	Matriculados	Activos	Respuestas	Porcentaje de participación	Puntuación general (sobre 10)	Porcentaje de participación	Puntuación general (sobre 10)	Porcentaje de participación	Puntuación general (sobre 10)
DG	30	29	24	82,8%	7,85	92,6%	8,43	59,3%	7,56
BD	66	60	31	51,7%	7,19	4,4%	7,67	13,9%	7,80
MTIG	16	15	13	86,7%	6,88	61,5%	7,67	82,6%	7,16
Fil	52	48	2	4,2%	8,00	3,8%	7,67	30,0%	7,17

El mayor índice de participación corresponde a MTIG, a quienes se les insistió rellenar la encuesta, de forma parecida a lo que ocurrió con el grupo DG. En el resto de asignaturas la participación en la encuesta ha sido baja (para estas asignaturas, las medias de puntuación se ha hecho para todas ellas). Lo cierto es que los alumnos (y muchos de los profesores) se ven desbordados con tantas encuestas como reciben.

La valoración general ha sido similar aunque ligeramente peor que el curso pasado, lo que sugiere que, pese a las mejoras, los alumnos parecen exigir cada vez más de las herramientas que usan, si bien muchos de ellos no han podido contrastarlas con otras para tener un criterio más fundamentado. En cualquier caso, tanto DES como DESweb son susceptibles de claras mejoras, algunas de las cuales ya se han realizado a partir de las sugerencias propuestas por los propios alumnos en las preguntas de tipo abierto. Al igual que el curso pasado, la monitorización de la interacción de los alumnos con la herramienta mediante la interfaz del profesor, ha permitido sugerirles cómo superar las posibles dificultades conceptuales o prácticas a las que se enfrentaban en su resolución, evitando que se quedaran atascados.

## 6. Anexos

### Bibliografía principal usada en el proyecto

Abello, A., Burgues, X., Casany, M., Martín, C., Quer, C., Rodríguez, M. E., Romero, O., & Urpi, T. (2016). A software tool for e-assessment of relational database skills. *International journal of engineering education*, 32 (3A), 1289-1312. URL: <http://hdl.handle.net/2117/89668>; [http://www.ijee.ie/latestissues/Vol32-3A/23\\_ijee3260ns.pdf](http://www.ijee.ie/latestissues/Vol32-3A/23_ijee3260ns.pdf).

Albert, E., Gómez-Zamalloa, M., & Puebla, G. (2009). Test Data Generation of Bytecode by CLP Partial Evaluation. In 18th International Symposium on Logic-based Program Synthesis and Transformation (LOPSTR'08) number 5438 in *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 4-23). Springer-Verlag.

Allen, G. N. (2000). WebSQL: An Interactive Web Tool for Teaching Structured Query Language. In *AMCIS 2000 Proceedings* 384.

Apt, K. (2003). *Principles of Constraint Programming*. New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Brass, S., & Goldberg, C. (2006). Semantic Errors in SQL Queries: A Quite Complete List. *The Journal of Systems and Software*, 79 (5), 630-644. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2005.06.028>. doi:10.1016/j.jss.2005.06.028.

Caballero, R., & Ieva, C. (2015). Constraint Programming Meets SQL. In *XV Jornadas sobre Programación y Lenguajes, PROLE 2015 (SISTEDES)*.

Correas, J., Martín, S. E., & Sáenz-Pérez, F. (2018). Enhancing set constraint solvers with bound consistency. *Expert Systems with Applications*, 92, 485 - 494. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417417306620>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.09.056>.

Danaparamita, J., & Gatterbauer, W. (2011). Queryviz: Helping users understand SQL queries and their patterns. In *Proceedings of the 14th International Conference on Extending Database Technology EDBT/ICDT'11* (pp. 558-561). New York, NY, USA: ACM. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1951365.1951440>. doi:10.1145/1951365.1951440.

Frühwirth, T. (2009). *Constraint Handling Rules*. (1st ed.). New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Guagliardo, P., & Libkin, L. (2017). A Formal Semantics of SQL Queries, Its Validation, and Applications. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 11 (1), 27-39. URL: <https://doi.org/10.14778/3151113>. 3151116. doi:10.14778/3151113.3151116.

Hitzler, P., & Seda, A. K. (2011). *Mathematical Aspects of Logic Programming Semantics*. Chapman and Hall / CRC studies in informatics series. CRC Press.

Hofstedt, P. (2000). Cooperating Constraint Solvers. In R. Dechter (Ed.), *Sixth International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming - CP*. Springer-Verlag volume 1894 of LNCS.

ISO/IEC (2016). SQL:2016 ISO/IEC 9075-1:2016 Standard.

Jaffar, J., & Lassez, J.-L. (1987). Constraint logic programming. In *Proceedings of the 14th ACM SIGACT-SIGPLAN Symposium on Principles of Programming Languages POPL '87* (pp. 111-119). New York, NY, USA: ACM. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/41625.41635>. doi:10.1145/41625.41635.

Javid, M., Embury, S., Srivastava, D., & Ari, I. (2012). Diagnosing faults in embedded queries in database applications. In D. Srivastava, & I. Ari (Eds.), *Proceedings of the 2012 Joint*

EDBT/ICDT Workshops, Berlin, Germany, March 30, 2012 (pp. 239-244). United States: Association for Computing Machinery. doi:10.1145/2320765.2320831.

Jones, N. D. (1996). An introduction to partial evaluation. *ACM Comput. Surv.*, 28 (3), 480-503. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/243439.243447>. doi:10.1145/243439.243447.

Julián-Iranzo, P., Sáenz-Pérez, F. (2020), "A System implementing Fuzzy Hypothetical Datalog", *IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE 2020)*, Glasgow, UK.

Leuschel, M., & Bruynooghe, M. (2002). Logic program specialisation through partial deduction: Control issues. *TPLP*, 2 (4-5), 461-515. URL: <https://doi.org/10.1017/S147106840200145X>. doi:10.1017/S147106840200145X.

Martín, S. E., Hortalá-González, M. T., Rodríguez-Artalejo, M., del Vado Vírseda, R., Sáenz-Pérez, F., & Fernández, A. J. (2009). On the cooperation of the constraint domains h, R and FD in CFLP. *CoRR*, abs/0904.2136 . URL: <http://arxiv.org/abs/0904.2136>. arXiv:0904.2136.

Monfroy, E., & Castro, C. (2004). A component language for hybrid solver cooperations. In *ADVIS* (pp. 192-202). Springer volume 3261 of *Lecture Notes in Computer Science*.

Reza, H., & Zarns, K. (2011). Testing Relational Database Using SQLLint. In *2011 Eighth International Conference on Information Technology: New Generations* (pp. 608-613). doi:10.1109/ITNG.2011.208.

Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence - A Modern Approach* (3rd. international edition). Pearson Education.

Sadiq, S., Orlowska, M., Sadiq, W., & Lin, J. (2004). Sqlator: An online sql learning workbench. In *Proceedings of the 9th Annual SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education ITICSE '04* (pp. 223-227). New York, NY, USA: ACM.

Sáenz-Pérez, F. (2011). DES: A Deductive Database System. *Electronic Notes on Theoretical Computer Science*, 271 , 63-78.

Sáenz-Pérez, F. (2014). Towards bridging the expressiveness gap between relational and deductive databases. *Electronic Communications of the EASST*, 64, 1-22.

Sáenz-Pérez, F. (2017). Intuitionistic Logic Programming for SQL. In M. V. Hermenegildo, & P. Lopez-Garcia (Eds.), *Logic-Based Program Synthesis and Transformation* (pp. 293-308). Cham: Springer International Publishing.

Sáenz-Pérez, F. (2018) Semantic Analysis of SQL Statements in DES. XVIII Jornadas sobre Programación y Lenguajes, PROLE'2018 (SISTEDES), Sevilla, Spain.

Sáenz-Pérez, F. (2019) Experiencing Intuitionistic Logic Programming in SQL Puzzles (Work in Progress). XIX Jornadas sobre Programación y Lenguajes, PROLE'2019 (SISTEDES), Cáceres, Spain. [Best presentation award](#)

Sáenz-Pérez, F. (2019) DESweb: una herramienta para el aprendizaje de SQL. XXV Edición de las Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática, Murcia, Spain.

Sáenz-Pérez, F. (2019) "Applying Constraint Logic Programming to SQL Semantic Analysis", *Theory and Practice of Logic Programming*, 35th International Conference on Logic Programming (ICLP'2019), Special Issue, 19(5-6):808-825, September 2019. [Best applications paper award](#)

Scott, J. D., Flener, P., & Pearson, J. (2013). Bounded strings for constraint programming. In *2013 IEEE 25th International Conference on Tools with Artificial Intelligence* (pp. 1036-1043). doi:10.1109/ICTAI.2013.155.

Silberschatz, A., Korth, H., & Sudarshan, S. (2010). Database Systems Concepts. (Sixth ed.). New York, NY, USA: McGraw-Hill, Inc.

Soler, J., Prados, F., Boada, I., & Poch, J. (2006). A Web-based tool for teaching and learning SQL. In International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET.

Sterling, L., & Shapiro, E. (1994). The Art of Prolog (2Nd Ed.): Advanced Programming Techniques. Cambridge, MA, USA: MIT Press.

Ullman, J. D. (1988). Principles of Database and Knowledge-Base Systems, Volume II. Computer Science Press.