



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2018/2019

Nº de proyecto 295

Título del proyecto

Evaluación de la realimentación semántica de SQL en DES

Nombre del responsable del proyecto

Fernando Sáenz Pérez

Centro

Facultad de Informática

Departamento

Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

Bajo la directiva de mejora del aprendizaje de SQL con realimentación semántica, se identificaron los siguientes objetivos de este proyecto:

1. Evaluación de la herramienta. El primer objetivo es evaluar la herramienta de realimentación semántica de consultas SQL en el contexto docente. Dado que en el curso 2017/2018 no fue posible evaluar la herramienta en clase (la asignatura es de primer cuatrimestre), en este proyecto se evalúa el componente de análisis semántico de consultas SQL del sistema DES en las clases regladas de las asignaturas de bases de datos. La finalidad es atestiguar su utilidad como herramienta educativa, tanto de forma objetiva (mediante registro de sesiones que permiten observar la reacción de los alumnos frente a los informes de errores semánticos) como subjetiva (con encuestas a los alumnos sobre la adecuación de la herramienta).

2. Mejora de la herramienta. El segundo objetivo es la mejora de los componentes de la herramienta de realimentación semántica de consultas SQL en DES, tanto la identificación de errores como la interfaz de usuario. A pesar de que actualmente DES detecta un gran número de posibles errores en las consultas SQL, aún queda espacio de mejora, por lo que se detectarán nuevos errores semánticos no contemplados en la herramienta y se implementará su identificación. La realimentación que proporcionen los alumnos al usar la herramienta también será clave para ajustar su funcionamiento, en términos de los errores detectados y de la información proporcionada para subsanarlos. Entre las posibles mejoras podemos prever las siguientes: desarrollo de un resolutor lexicográfico para los tipos de cadenas de caracteres, soporte de agregados, 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. Por otro lado, previamente a su versión de distribución definitiva, esta herramienta se hará disponible para su descarga en <https://des.sourceforge.net>. También se hará disponible en breve su interfaz web para el acceso desde navegadores web sin necesidad de descargar ningún archivo para su uso.

3. Difusión de resultados. Al comienzo del proyecto los anuncios de las nuevas versiones del sistema se difundían en listas de correo y redes de bases de datos, y nos marcamos como objetivo la inclusión en la nueva página web de suscripciones (Twitter, Facebook...) para aumentar el número de receptores de esta información. Los resultados de este proyecto serán susceptibles de comunicaciones en jornadas, congresos o revistas científicas, procurando elegir aquellos medios con mayor impacto para una mayor difusión. En la propuesta también consideramos el envío a congresos educativos nacionales (JENUI, JISBD) o internacionales (ITiCSE, SIGCSE) de los resultados del proyecto si recibíamos la financiación necesaria.

4. Estadísticas de uso. Como indicadores se usarán los contadores de descargas de la aplicación, de accesos a la página web y se evaluará la inclusión de medidores de uso en la propia herramienta bajo la concesión del permiso de los propios usuarios en su instalación. Se considerará el uso de Google Analytics como herramienta de análisis web para recolectar información agrupada del tráfico web. Para la segunda se podrán hacer disponibles servicios web que atiendan las notificaciones de casos de uso.

2. Objetivos alcanzados

Los objetivos alcanzados han sido los siguientes (identificados según la numeración de la propuesta original):

1. Evaluación de la herramienta.

Hemos usado la herramienta en los siguientes grupos de asignaturas de bases de datos:

- "Bases de datos", grupo único del doble grado de Matemáticas-Informática, primer cuatrimestre, Facultad de Informática, 27 alumnos, profesor: Fernando Sáenz Pérez.
- "Bases de datos", grupo único del Máster de Tecnologías de Información Geográfica de Matemáticas-Informática, segundo cuatrimestre, Facultad de Geografía e Historia, 23 alumnos, profesor: Fernando Sáenz Pérez.
- "Bases de datos", grupo C de los grados de Informática y doble grado Administración y Dirección de Empresas (ADE), primer cuatrimestre, Facultad de Informática, 62 alumnos, profesores: Fernando Sáenz Pérez y Alejandro Romero Hernández.
- "Bases de datos", grupo E de los grados de Informática, primer cuatrimestre, Facultad de Informática, 62 alumnos, profesores: Virginia Francisco Gilmartín y Fernando Sáenz Pérez.
- Asignaturas de la especialidad de Lingüística Computacional, grado de Lingüística y Lenguas Aplicadas y Trabajo fin de grado, Facultad de Filología, 20 alumnos, profesora: Ana María Fernández-Pampillón Cesteros.

Se han propuesto encuestas de satisfacción de la herramienta en todos estos grupos de 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 semánticos.

2. Mejora de la herramienta.

Se ha mejorado la herramienta tanto en su componente nuclear (DES) como su interfaz web de usuario. Del primero se ha publicado la versión 6.2 (des.sourceforge.net) el 21 de enero de 2019 con distintas mejoras sobre el componente de SQL, además de la adición de nuevos comandos. Del segundo se han publicado las versiones DESweb de 1.0 hasta 1.3 (desweb.sourceforge.net). A partir de esta última se han ido publicando todas las versiones de desarrollo durante el curso 2018-2019 en respuesta a las peticiones de los alumnos y las mejoras identificadas por los profesores.

3. Difusión de resultados.

Se han enviado y aceptado dos comunicaciones al respecto de esta herramienta. La primera a las XXV Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2019), promovidas por la Asociación de Enseñantes Universitarios de la Informática (AENUI) y organizadas por la Facultad de Informática de la Universidad de Murcia, a la que se envió la comunicación "DESweb: una herramienta para el aprendizaje de SQL". El objetivo de estas jornadas es promover el contacto, el intercambio y la discusión de conocimientos y experiencias entre profesores universitarios de Informática y grupos de investigación; debatir sobre el contenido de los programas y los métodos pedagógicos empleados; así como materializar un foro de debate en el que presentar temas y enfoques innovadores orientados a mejorar la docencia de la Informática en las universidades. La presentación de la comunicación a estas jornadas será el día 4 de julio. La segunda comunicación se ha enviado a las Jornadas de PROGRAMACIÓN y LENGUAJES (PROLE) de la sociedad SISTEDES, que constituyen un marco de reunión, debate y divulgación para los grupos españoles que investigan en temas relacionados con la programación y los lenguajes de programación. La comunicación fue aceptada para su presentación en el próximo mes de septiembre. Se ha enviado otro artículo, "Applying Constraint

Logic Programming to SQL Semantic Analysis", a un congreso internacional cuya notificación de aceptación está aún pendiente de recibirse.

Las nuevas versiones de ambas herramientas se han publicado en sourceforge.net, desde donde se pueden descargar tanto versiones fuente 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 ha implementado la 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 probado la herramienta). Desde el inicio del proyecto, en el mes de septiembre, para el componente DES se han contabilizado cerca de 3.000 descargas según los contadores de Sourceforge (a día 12 de junio de 2019). Con respecto a DESweb se han contabilizado más de 3.100 inicios de sesión y más de 660 sesiones de invitado. Actualmente hay 224 usuarios registrados en el sistema.

En abril de este año añadimos Google Analytics a las páginas web de los sistemas. Para DES se registraron 503 visitas a páginas y para DESweb 209.

3. Metodología empleada en el proyecto

Con respecto a la mejora de la herramienta, se ha empleado una metodología clásica de desarrollo de software con las 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 el soporte del gestor de transacciones para permitir el compromiso, salvaguarda y restauración a puntos anteriores. Se ha identificado también el conjunto de cláusulas, funciones de SQL, y comandos de utilidad. Con respecto a la interfaz de usuario web al sistema, se ha rediseñado la interfaz tanto de los usuarios normales como la del administrador. En particular, para los usuarios normales se han recogido las peticiones de los alumnos para integrarlas en el diseño. Para los usuarios administradores, se han integrado en el diseño las estadísticas y la revisión de los registros de los alumnos. Finalmente, para los profesores, se ha añadido la personalización del diseño visual para adaptarse mejor a la proyección en pantalla durante las clases.

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 muchas de 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. El sistema cuenta con rol de administración para gestión de usuarios y recursos, y rol plano para usuarios externos (acceso anónimo).

3. Pruebas. Se ha ampliado el conjunto de casos de prueba del sistema y se ha creado un nuevo juego de tests 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, haciendo especial hincapié en la protección de recursos: tiempo de ejecución, memoria en disco y seguridad de acceso mediante certificado digital en pruebas.

4. Paso a producción. Se han publicado las versiones fuentes y ejecutables del sistema para su uso local mediante descarga e instalación. Se ha instalado un servidor web en una 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. Los servicios informáticos de la universidad han proporcionado un certificado digital para el acceso seguro mediante protocolo https, de modo que las conexiones sean cifradas y no se transmita ningún dato plano. Tras distintos intentos se ha instalado satisfactoriamente en el servidor de producción de DESweb.

Con respecto a la realimentación de los alumnos, se han proporcionado encuestas en el Campus Virtual, tanto en los espacios para cada grupo de las asignaturas como en un seminario de trabajo para alumnos de otras titulaciones (Filología). Con objeto de intentar recopilar el máximo número de respuestas, se ha diseñado una encuesta que incurre en un tiempo muy bajo de resolución, usando para responder una escala Likert, 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 el próximo curso académico.

4. Recursos humanos

En este proyecto han intervenido los siguientes profesores:

- Jesús Correas Fernández, profesor contratado doctor del Departamento Sistemas Informáticos y Computación (Lenguajes y Sistemas Informáticos y Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial) 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.
- Mercedes García Merayo, profesora titular del Departamento Sistemas Informáticos y Computación (Lenguajes y Sistemas Informáticos y Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial) 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.
- Fernando Sáenz Pérez, profesor titular del Departamento Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial (Lenguajes y Sistemas Informáticos) de la Facultad de Informática.

5. Desarrollo de las actividades

1. Mejora de la herramienta DES

Se han añadido, entre otras, las siguientes mejoras al sistema DES:

- Soporte para modificadores ALL y ANY en las condiciones SQL.
- Gestión de valores nulos para las funciones y predicados de fecha y hora.
- Nuevos mensajes de error.
- Comprobación de atributos no agrupados en la lista de expresiones resultado en consultas SQL en tiempo de compilación (en lugar de como se hacía anteriormente en tiempo de ejecución).
- Se añade el resultado de la compilación SQL al modo de desarrollo para su análisis y evaluación.
- Se admiten secuencias de expresiones como argumento izquierdo del operador [NOT] IN.
- Varias instrucciones estándar para gestionar el flujo y los estados de transacciones:
 - COMMIT [WORK]; Cierra (compromete) la transacción actual.
 - SAVEPOINT Nombre; Guarda el estado actual de la transacción en el punto de salvaguarda Name
 - ROLLBACK [WORK] [TO SAVEPOINT Nombre]; Restaura la transacción bien al último compromiso o al punto de salvaguarda Nombre
- Nuevas funciones y predicados SQL:
 - coalesce(Lista) SQL ISO. Devuelve el primer valor no nulo de la lista de expresiones Lista.
 - nvl(Exp1,Exp2). Devuelve Exp2 si Exp1 se evalúa a null; en caso contrario se devuelve Exp1. Equivalente a coalesce([Exp1,Exp2]).
 - iif(Cond,Exp1,Exp2). Devuelve Exp1 si Cond se evalúa a cierto; si no, se devuelve Exp2.
 - nullif(Exp1,Exp2). Devuelve null si Exp1 y Exp2 son iguales; si no, se devuelve Exp1.
- Nuevos comandos:
 - /dangling_relations Muestra las relaciones que dependen de otras que no existen
 - /ilog Muestra si está activo el registro (log) inmediato
 - /ilog Switch Activa o desactiva el registro inmediato. Al activarse, cada log se cierra antes de la entrada de usuario y se abre justo después
 - /restore_ddb Restaura la base de datos a partir del fichero predeterminado des.ddb. Esto incluye en particular a las restricciones (tipos, existencia, clave primaria, clave candidata, dependencia funcional, clave externa y definidas por el usuario.
 - /save_ddb Guarda la base de datos actual en el archivo des.ddb, reescribiéndolo si ya existe.

Los comandos de registro inmediato son necesarios para la conexión del sistema DES con DESweb y así evitar bloqueos de archivo entre ambas aplicaciones

2. Interfaz web DESweb al sistema DES

La interfaz web DESweb implementa un IDE (Integrated Development Environment) básico para interactuar con el sistema DES. Hemos rediseñado las interfaces de usuario y administración, y añadido funcionalidades nuevas a ambas. La fachada no ha sufrido cambios.

La nueva interfaz de administración integra las siguientes funcionalidades nuevas, mejoras y cambios:

- Recolección automática e indicación de estadísticas (en la segunda línea de la interfaz): número de inicios de sesión (Logins), número de cuentas de usuario (Guests), y acceso a los análisis de Google Analytics.
- Recarga de parámetros de configuración de la aplicación al vuelo (Reload Parameters).
- Actualización del servidor al vuelo (Update Server).
- Borrado del log del administrador (Clear).
- Actualización de la página manual o programada por temporizador (Refresh - Auto).
- Examen de los registros (logs) de usuarios pulsando sobre el botón más a la derecha en la línea de cada usuario.
- Indicación del tamaño del registro (en MiB) en estos botones.
- Bocadillos (tooltips) en estos mismos botones para proporcionar información del identificador de proceso, si el usuario está activo (ha interactuado en los últimos 15 minutos) y cuándo se produjo su última interacción.
- Multiselección de cuentas de usuario para su eliminación.
- Eliminación de cuentas extintas (Cleanup).
- Filtro de usuarios por grupos de asignaturas.
- Nueva hoja de estilo CSS.

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

- Apertura de ficheros PDF (para los ficheros de ayuda fundamentalmente).
- Paneles reordenados para favorecer la ergonomía.
- Ocultación de paneles (muy útil para las proyecciones en clase).
- Botón Run sobrecargado con el almacenamiento automático del fichero abierto.
- Botones nuevos del editor: Save, Save As, Close y Colors.
- Temas de visualización (en particular temas oscuros a petición de ciertos alumnos).
- Nombre del archivo abierto como bocadillo (tooltip).
- Copiar desde consola al portapapeles.
- Advertencias de ficheros modificados para no perder accidentalmente los cambios.
- Atajos de teclado:
 - Ctrl+R: Run (atajo para este botón).
 - Ctrl+S: Save (atajo para este botón).
 - Ctrl+Q: Comentar o descomentar un bloque de código.
 - Alt++: Ampliar tamaño de fuente (muy útil para las proyecciones en clase).
 - Alt+-: Reducir tamaño de fuente.
- Coloreado de la sintaxis en la consola y en la entrada de usuario.
- Coloreado de los mensajes.
- Funciones trasladadas al cliente: Open, Close, Save, Save As, Run, procesamiento de entradas de usuario...
- Selección y copia del texto de consola.
- Botones deshabilitados si no están marcadas sus casillas de verificación.
- Desplazamiento vertical automático de consola para presentar las últimas líneas generadas.

Además, se han creado 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").

3. Página web del sistema DES

Tanto en des.sourceforge.net como en <https://www.fdi.ucm.es/profesor/fernan/des> (espejo) se puede acceder a la página web actualizada del sistema DES con las nuevas funcionalidades.

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

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

Se ha proporcionado una encuesta básica a los alumnos con objeto de recabar el máximo número de respuestas a las siguientes preguntas:

1. Facilidad de uso: DESweb me ha parecido fácil de usar.
2. Informe de errores: Los informes de errores me han ayudado a corregir mis fallos.
3. Tipo de aplicación: Prefiero una interfaz web a tener que instalar la de escritorio.
4. Estabilidad: Desde que se solucionó el problema del servidor no he observado problemas importantes de estabilidad y he podido trabajar normalmente.
5. Disponibilidad: Desde que se solucionó el problema del servidor siempre que he necesitado la herramienta la he podido usar.
6. Comparación con otros sistemas: Me ha parecido mejor que otras interfaces de bases de datos.
7. Puntuación general (0 a 10)
8. Mejoras que propondría: (pregunta abierta)
9. 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:

Grupo	Matriculados	Respuestas	Porcentaje de participación	Puntuación general (sobre 10)
DG	27	16	59.26%	7.56
C	72	10	13.89%	7.80
MTIG	23	19	82.61%	7.16
Fil	20	6	30.00%	7.17

La participación del grupo C fue muy baja probablemente porque se les proporcionó la encuesta después del examen final de la asignatura. Algo similar ocurrió con la asignatura de Filología. Aunque inicialmente hubo poca participación del grupo MTIG (también del orden del 30%), se consiguió elevarla bloqueando la publicación de las notas finales en el CV hasta conseguir un cierto porcentaje de participación. Lo cierto es que los alumnos (y muchos de los profesores) se ven desbordados con tantas encuestas como reciben.

Si bien la puntuación general de la herramienta se encuentra siempre sobre 7, es una indicación de que la herramienta es susceptible de claras mejoras. A partir de los comentarios recogidos en las preguntas abiertas de la encuesta, se ha mejorado la herramienta con objeto de tenerla preparada para el inicio del próximo curso. Por otro lado, analizando los registros de usuario recogidos automáticamente por el sistema, se han podido identificar los casos de uso en los que la herramienta ha ayudado a los alumnos a corregir sus errores.

6. Anexos

Bibliografía principal usada en el proyecto

Abello, A., Burgues, X., Casany, M., Martin, C., Quer, C., Rodriguez, 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.

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.

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.

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.

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.