

ACTAS

DE LAS

XXXVIII Jornadas de Automática

Gijón · Palacio de Congresos · 6, 7 y 8 de Septiembre de 2017



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo



CEA
Comité Español
de Automática

Colabora

Gijón

Convention Bureau

Actas de

XXXVIII

Jornadas de Automática

© 2017 Universidad de Oviedo
© Los autores

Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo
Campus de Humanidades. Edificio de Servicios. 33011 Oviedo (Asturias)
Tel. 985 10 95 03 Fax 985 10 95 07
[http: www.uniovi.es/publicaciones](http://www.uniovi.es/publicaciones)
servipub@uniovi.es

DL AS 2749-2017

ISBN: 978-84-16664-74-0

Todos los derechos reservados. De conformidad con lo dispuesto en la legislación vigente, podrán ser castigados con penas de multa y privación de libertad quienes reproduzcan o plagien, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, fijada en cualquier tipo y soporte, sin la preceptiva autorización.

Prefacio

Las *Jornadas de Automática* se celebran desde hace **40 años** en una universidad nacional facilitando el encuentro entre expertos en esta área en un foro que permite la puesta en común de las nuevas ideas y proyectos en desarrollo. Al mismo tiempo, propician la siempre necesaria colaboración entre investigadores del ámbito de la Ingeniería de Control y Automática, así como de campos afines, a la hora de abordar complejos proyectos de investigación multidisciplinares.

En esta ocasión, las Jornadas estarán organizadas por la Universidad de Oviedo y se han celebrado del 6 al 8 de septiembre de 2017 en el Palacio de Congresos de Gijón, colaborando tanto la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón (EPI) como el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica de Computadores y de Sistemas del que depende el Área de Ingeniería de Sistemas y Automática.

Además de las habituales actividades científicas y culturales, esta edición es muy especial al celebrarse el **50 aniversario de la creación de CEA**, Comité Español de Automática. Igualmente este año se conmemora el 60 aniversario de la Federación Internacional del Control Automático de la que depende CEA. Así se ha llevado a cabo la presentación del libro que se ha realizado bajo la coordinación de D. Sebastián Dormido, sobre la historia de la Automática en España en una sesión en la que han participado todos los ex-presidentes de CEA conjuntamente con el actual, D. Joseba Quevedo.

Igualmente hemos contado con la presencia de conferenciantes de prestigio para las sesiones plenarias, comunicaciones y ponencias orales en las reuniones de los 9 grupos temáticos, contribuciones en formato póster. Se ha celebrado también el concurso de CEABOT, así como una nueva Competición de Drones, con el ánimo de involucrar a más estudiantes de últimos cursos de Grado/Máster.

En el marco de las actividades culturales programadas se ha podido efectuar un recorrido en el casco antiguo situado en torno al Cerro de Santa Catalina y visitar la Laboral.

Gijón, septiembre de 2017

Hilario López
Presidente del Comité Organizador

Program Committee

Antonio Agudo	Institut de Robòtica i Informàtica Industrial
Rosa M Aguilar	University of La Laguna.
Luciano Alonso	University of Cantabria
Ignacio Álvarez García	Universidad de Oviedo
Antonio Javier Artuñedo García	Centre for Automation and Robotics (CSIC-UPM)
José M. Azorín	Miguel Hernandez University of Elche
Pedro Balaguer	Universitat Jaume I
Antonio Javier Barragán Piña	Universidad de Huelva
Alfonso Baños	Universidad de Murcia
Guillermo Bejarano	University of Seville
Gerardo Beruvides	Centro de Automática y Robótica
Carlos Bordons	University of Seville
Jose Manuel Bravo	University of Huelva
Jose Luis Calvo-Rolle	University of A Coruña
Fernando Castaño Romero	Centro de Automática y Robótica (UPM -CSIC)
José Luis Casteleiro-Roca	University of Coruña
Alvaro Castro-Gonzalez	Universidad Carlos III de Madrid
Ramon Costa-Castelló	Universitat Politècnica de Catalunya
Abel A. Cuadrado	University of Oviedo
Arturo De La Escalera	Universidad Carlos III de Madrid
Emma Delgado	Universidad de Vigo
Jose-Luis Diez	Universitat Politecnica de Valencia
Manuel Domínguez	Universidad de León
Juan Manuel Escaño	Universidad de Sevilla
Mario Francisco	University of Salamanca
Maria Jesus Fuente	Universidad de Valladolid
Juan Garrido	Universtiy of Cordoba
Antonio Giménez	Universidad de Almeria
Evelio Gonzalez	Universidad de La Laguna
José-Luis Guzmán	Universidad de Almería
Rodolfo Haber	Center for Automation and Robotics (UPM-CSIC)
César Ernesto Hernández	Universidad de Almería
Eloy Irigoyen	UPV/EHU
Agustin Jimenez	Universidad PolitÁcnica de Madrid
Emilio Jiménez	University of La Rioja
Jesus Lozano	Universidad de Extremadura
Jorge Luis Madrid	Centro de Automática y Robótica
Luis Magdalena	Universidad Politécnic de Madrid
David Martin Gomez	Universidad Carlos III de Madrid
Fernando Matia	Universidad Politecnica de Madrid
Joaquim Melendez	Universitat de Girona
Juan Mendez	Universidad de La Laguna
Luis Moreno	Universidad Carlos III de Madrid
María Dolores Moreno Rabel	Universidad de Extremadura
David Muñoz	Universidad de Sevilla
Antonio José Muñoz-Ramirez	Universidad de Málaga
Jose Luis Navarro	Universidad Politecnica de Valencia
Manuel G. Ortega	University of Seville
Andrzej Pawlowski	UNED
Mercedes Perez de La Parte	University of La Rioja
Ignacio Peñarrocha	Universitat Jaume I de Castelló, Spain
José Luis Pitarch	Universidad de Valladolid

Daniel Pérez	University of Oviedo
Emilio Pérez	Universitat Jaume I
Juan Pérez Oria	Universidad de Cantabria
Miguel Ángel Ridao	Universidad de Sevilla
Gregorio Sainz-Palmero	Universidad de Valladolid
Antonio Sala	Universitat Politecnica de Valencia
Ester Sales-Setién	Universitat Jaume I
Jose Sanchez	UNED
Javier Sanchis Saez	Universitat Politecnica de Valencia (UPV)
José Pedro Santos	ITEFI-CSIC
Matilde Santos	Universidad Complutense de Madrid
Alvaro Serna	University of Valladolid
José Enrique Simó	Universidad Politécnica de Valencia
José A. Somolinos	ETS I Navales. Universidad Politecnica de Madrid
Fernando Tadeo	Univ. of Valladolid
Alejandro Tapia	Universidad de Loyola Andalucía
David Tena	Universitat Jaume I
Jesús Torres	Universidad de La Laguna
Pedro M. Vallejo	Universidad de Salamanca
Guilherme Vianna	Universidad de Sevilla
Alejandro Vignoni	AI2 - UPV
Ramón Vilanova	UAB
Francisco Vázquez	Universidad de Cordoba
Jesús M. Zamarreño	University of Valladolid

Revisores Adicionales

Al-Kaff, Abdulla

Balbastre, Patricia
Beltrán de La Cita, Jorge
Bermudez-Cameo, Jesus
Blanco-Claraco, Jose-Luis
Blanes, Francisco
Bonin-Font, Francisco

Cancela, Brais

Ferraz, Luis

Garita, Cesar
Gimenez, Antonio
Gruber, Patrick
Guindel, Carlos

Hernandez Ruiz, Alejandro
Hernandez, Daniel

Jardón Huete, Alberto

López, Amable

Marin, Raul
Marín Plaza, Pablo
Mañanas, Miguel Angel
Morales, Rafael
Moreno, Francisco-Angel

Nuñez, Luis Ramón

Ponz Vila, Aurelio
Posadas-Yague, Juan-Luis
Poza-Luján, Jose-Luis
Pumarola, Albert

Raya, Rafael
Revestido Herrero, Elías
Rocon, Eduardo
Ruiz Sarmiento, José Raúl
Ruiz, Adria

Torres, Jose Luis

Vaquero, Victor

Table of Contents

Ingeniería de Control

TÚNEL DE AGUA PARA PRUEBAS Y CARACTERIZACIÓN DE DISEÑOS EXPERIMENTALES DE TURBINAS HIDROCINÉTICAS	1
<i>Eduardo Alvarez, Manuel Rico-Secades, Antonio Javier Calleja Rodríguez, Joaquín Fernández Francos, Aitor Fernández Jiménez, Mario Alvarez Fernández and Samuel Camba Fernández</i>	
Reduction of population variability in protein expression: A control engineering approach.	8
<i>Yadira Boada, Alejandro Vignoni and Jesús Picó</i>	
CONTROL ROBUSTO DEL PH EN FOTOBIORREACTORES MEDIANTE RECHAZO ACTIVO DE PERTURBACIONES	16
<i>José Carreño, Jose Luis Guzman, José Carlos Moreno and Rodolfo Villamizar</i>	
Control reset para maniobra de cambio de carril y validación con CarSim	23
<i>Miguel Cerdeira, Pablo Falcón, Antonio Barreiro, Emma Delgado and Miguel Díaz-Cacho</i>	
Maniobra de aterrizaje automática de una Cessna 172P modelada en FlightGear y controlada desde un programa en C	31
<i>Mario de La Rosa, Antonio Javier Gallego and Eduardo Fernández</i>	
Alternativas para el control de la red eléctrica aislada en parques eólicos marinos	38
<i>Carlos Díaz-Sanahuja, Ignacio Peñarrocha, Ricardo Vidal-Albalade and Ester Sales-Setién</i>	
CONTROL PREDICTIVO DISTRIBUIDO UTILIZANDO MODELOS DIFUSOS PARA LA NEGOCIACIÓN ENTRE AGENTES	46
<i>Lucía Fargallo, Silvana Roxani Revollar Chavez, Mario Francisco, Pastora Vega and Antonio Cembellín</i>	
Control Predictivo en el espacio de estados de un captador solar tipo Fresnel	54
<i>Antonio Javier Gallego, Mario de La Rosa and Eduardo Fernández</i>	
Control predictivo para la operación eficiente de una planta formada por un sistema de desalación solar y un invernadero	62
<i>Juan Diego Gil Vergel, Lidia Roca, Manuel Berenguel, Alba Ruiz Aguirre, Guillermo Zaragoza and Antonio Giménez</i>	
Depuración de Aguas Residuales en la Industria 4.0	70
<i>Jesus Manuel Gomez-De-Gabriel, Ana María Jiménez Arévalo, Laura Eiroa Mateo and Fco. Javier Fernández-De-Cañete-Rodríguez</i>	
Control robusto con QFT del pH en un fotobioreactor raceway	77
<i>Ángeles Hoyo Sánchez, Jose Luis Guzman, Jose Carlos Moreno and Manuel Berenguel</i>	
Revisión sistemática de la literatura en ingeniería de sistemas. Caso práctico: técnicas de estimación distribuida de sistemas ciberfísicos	84
<i>Carmelina Ierardi, Luis Orihuela Espina, Isabel Jurado Flores, Álvaro Rodríguez Del Nozal and Alejandro Tapia Córdoba</i>	
Desarrollo de un Controlador Predictivo para Autómatas programables basado en la normativa IEC 61131-3	92
<i>Pablo Krupa, Daniel Limon and Teodoro Alamo</i>	
Diseño de un emulador de aerogenerador de velocidad variable DFIG y control de pitch ...	100
<i>Manuel Lara Ortiz, Juan Garrido Jurado and Francisco Vázquez Serrano</i>	

Observación de la fracción de agua líquida en pilas de combustible tipo PEM de cátodo abierto.....	108
<i>Julio Luna and Ramon Costa-Castelló</i>	
Control Predictivo Basado en Datos.....	115
<i>José María Manzano, Daniel Limón, Teodoro Álamo and Jan Peter Calliess</i>	
Control MPC basado en un modelo LTV para seguimiento de trayectoria con estabilidad garantizada.....	122
<i>Sara Mata, Asier Zubizarreta, Ione Nieva, Itziar Cabanes and Charles Pinto</i>	
Implementación y evaluación de controladores basados en eventos en la norma IEC-61499.	130
<i>Oscar Miguel-Escrig, Julio-Ariel Romero-Pérez and Esteban Querol-Dolz</i>	
AUTOMATIZACIÓN Y MONITORIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE ENSAYO DE MOTORES.....	138
<i>Alfonso Poncela Méndez, Miguel Ochoa Vega, Eduardo J. Moya de La Torre and F. Javier García Ruíz</i>	
OPTIMIZACIÓN Y CONTROL EN CASCADA DE TEMPERATURA DE RECINTO MEDIANTE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.....	146
<i>David Rodríguez, José Enrique Alonso Alfaya, Guillermo Bejarano Pellicer and Manuel G. Ortega</i>	
Diseño LQ e implementación distribuida para la estimación de estado.....	154
<i>Álvaro Rodríguez Del Nozal, Luis Orihuela, Pablo Millán Gata, Carmelina Ierardi and Alejandro Tapia Córdoba</i>	
Estimación de fugas en un sistema industrial real mediante modelado por señales aditivas.	160
<i>Ester Sales-Setién, Ignacio Peñarrocha and David Tena</i>	
Advanced control based on MPC ideas for offshore hydrogen production.....	167
<i>Alvaro Serna, Fernando Tadeo and Julio. E Normey-Rico</i>	
Transfer function parameters estimation by symmetric send-on-delta sampling.....	174
<i>José Sánchez, María Guinaldo, Sebastián Dormido and Antonio Visioli</i>	
An Estimation Approach for Process Control based on Asymmetric Oscillations.....	181
<i>José Sánchez, María Guinaldo Losada, Sebastian Dormido, José Luis Fernández Marrón and Antonio Visioli</i>	
Robust PI controller for disturbance attenuation and its application for voltage regulation in islanded microgrid.....	189
<i>Ramon Vilanova, Carles Pedret and Orlando Arrieta</i>	
Infraestructura para explotación de datos de un simulador azucarero.....	197
<i>Jesús M. Zamarreño, Cristian Pablos, Alejandro Merino, L. Felipe Acebes and De Prada César</i>	
<hr/> Automar <hr/>	
INFRAESTRUCTURA PARA ESTUDIAR ADAPTABILIDAD Y TRANSPARENCIA EN EL CENTRO DE CONTROL VERSÁTIL.....	203
<i>Juan Antonio Bonache Seco, José Antonio Lopez Orozco, Eva Besada Portas and Jesús Manuel de La Cruz</i>	
ARQUITECTURA DE CONTROL HÍBRIDA PARA LA NAVEGACIÓN DE VEHÍCULOS SUBMARINOS NO TRIPULADOS.....	211
<i>Francisco J. Lastra, Jesús A. Trujillo, Francisco J. Velasco and Elías Revestido</i>	

Exploración y Reconstrucción 3D de Fondos Marinos Mediante AUVs y Sensores Acústicos	218
<i>Oscar L. Manrique Garcia, Mario Andrei Garzon Oviedo and Antonio Barrientos</i>	
AUTOMATIZACIÓN DE MANIOBRAS PARA UN TEC DE 2GdL	226
<i>Marina Pérez de La Portilla, José Andrés Somolinos Sánchez, Amable López Piñeiro, Rafael Morales Herrera and Eva Segura</i>	
MERBOTS PROJECT: OVERALL DESCRIPTION, MULTISENSORY AUTONOMOUS PERCEPTION AND GRASPING FOR UNDERWATER ROBOTICS INTERVENTIONS	232
<i>Pedro J. Sanz, Raul Marin, Antonio Peñalver, David Fornas and Diego Centelles</i>	
<hr/> Bioingeniería <hr/>	
MARCADORES CUADRADOS Y DEFORMACIÓN DE OBJETOS EN NAVEGACIÓN QUIRÚRGICA CON REALIDAD AUMENTADA	238
<i>Eliana Aguilar, Oscar Andres Vivas and Jose Maria Sabater-Navarro</i>	
Entrenamiento robótico de la marcha en pacientes con Parálisis Cerebral: definición de objetivos, propuesta de tratamiento e implementación clínica preliminar	244
<i>Cristina Bayón, Teresa Martín-Lorenzo, Beatriz Moral-Saiz, Óscar Ramírez, Álvaro Pérez-Somarriba, Sergio Lerma-Lara, Ignacio Martínez and Eduardo Rocon</i>	
PREDICCIÓN DE ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA EN ENTORNOS INTELIGENTES PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA	251
<i>Arturo Bertomeu-Motos, Santiago Ezquerro, Juan Antonio Barios, Luis Daniel Lledó, Francisco Javier Badesa and Nicolas Garcia-Aracil</i>	
Sistema de Visión Estereoscópico para el guiado de un Robot Quirúrgico en Operaciones de Cirugía Laparoscópica HALS.....	256
<i>Carlos Castedo Hernández, Rafael Estop Remacha, Eusebio de La Fuente López and Lidia Santos Del Blanco</i>	
Head movement assessment of cerebral palsy users with severe motor disorders when they control a computer thought eye movements.....	264
<i>Alejandro Clemotte, Miguel A. Velasco and Eduardo Rocon</i>	
Diseño de un sensor óptico de fuerza para exoesqueletos de mano.....	270
<i>Jorge Diez Pomares, Andrea Blanco Ivorra, José María Catalan Orts, Francisco Javier Badesa Clemente, José María Sabater and Nicolas Garcia Aracil</i>	
POSIBILIDADES DEL USO DE TRAMAS ARTIFICIALES DE IMAGEN MOTORA PARA UN BCI BASADO EN EEG	276
<i>Josep Dinarès-Ferran, Christoph Guger and Jordi Solé-Casals</i>	
EFFECTOS SOBRE LA ERD EN TAREAS DE CONTROL DE EXOESQUELETO DE MANO EMPLEANDO BCI.....	282
<i>Santiago Ezquerro, Juan Antonio Barios, Arturo Bertomeu-Motos, Luisa Lorente, Nuria Requena, Irene Delegido, Francisco Javier Badesa and Nicolas Garcia-Aracil</i>	
Formulación Topológica Adaptada para la Simulación y Control de Exoesqueletos Accionados con Transmisiones Harmonic Drive.....	288
<i>Andres Hidalgo Romero and Eduardo Rocon</i>	

Identificación de contracciones isométricas de la extremidad superior en pacientes con lesión medular incompleta mediante características espectrales de la electromiografía de alta densidad (HD-EMG)	296
<i>Mislav Jordanic, Mónica Rojas-Martínez, Joan Francesc Alonso, Carolina Migliorelli and Miguel Ángel Mañanas</i>	
Diseño de una plataforma para analizar el efecto de la estimulación mecánica aferente en el temblor de pacientes con temblor esencial	302
<i>Julio S. Lora, Roberto López, Jesús González de La Aleja and Eduardo Rocon</i>	
DEFINICIÓN DE UN PROTOCOLO PARA LA MEDIDA PRECISA DEL RANGO CERVICAL EMPLEANDO TECNOLOGÍA INERCIAL	308
<i>Álvaro Martín, Rafael Raya, Cristina Sánchez, Rodrigo Garcia-Carmona, Oscar Ramirez and Abraham Otero</i>	
SISTEMA BRAIN-COMPUTER INTEFACE DE NAVEGACIÓN WEB ORIENTADO A PERSONAS CON GRAVE DISCAPACIDAD.....	313
<i>Víctor Martínez-Cagigal, Javier Gómez-Pilar, Daniel Álvarez, Eduardo Santamaría-Vázquez and Roberto Hornero</i>	
ESTRATEGIAS DE NEUROESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL POR CORRIENTE DIRECTA PARA MEJORA COGNITIVA	320
<i>Silvia Moreno Serrano, Mario Ortiz and José María Azorín Poveda</i>	
COMPARATIVA DE ALGORITMOS PARA LA DETECCIÓN ONLINE DE IMAGINACIÓN MOTORA DE LA MARCHA BASADO EN SEÑALES DE EEG	328
<i>Marisol Rodriguez-Ugarte, Irma Nayeli Angulo Sherman, Eduardo Iáñez and Jose M. Azorin</i>	
DETECCIÓN, MEDIANTE UN GUANTE SENSORIZADO, DE MOVIMIENTOS SELECCIONADOS EN UN SISTEMA ROBOTIZADO COLABORATIVO PARA HALS	334
<i>Lidia Santos, José Luis González, Eusebio de La Fuente, Juan Carlos Fraile and Javier Pérez Turiel</i>	
BIOSENSORES PARA CONTROL Y SEGUIMIENTO PATOLOGÍAS REUMATOIDES	340
<i>Amparo Tirado, Raúl Marín, José V Martí, Miguel Belmonte and Pedro Sanz</i>	
Assessment of tremor severity in patients with essential tremor using smartwatches	347
<i>Miguel A. Velasco, Roberto López-Blanco, Juan P. Romero, M. Dolores Del Castillo, J. Ignacio Serrano, Julián Benito-León and Eduardo Rocon</i>	
INTERFAZ CEREBRO-ORDENADOR PARA EL CONTROL DE UNA SILLA DE RUEDAS A TRAVÉS DE DOS PARADIGMAS DE NAVEGACIÓN	353
<i>Fernández-Rodríguez Álvaro, Velasco-Álvarez Francisco and Ricardo Ron-Angevin</i>	
<hr/> Control Inteligente <hr/>	
Aprendizaje por Refuerzo para sistemas lineales discretos con dinámica desconocida: Simulación y Aplicación a un Sistema Electromecánico	360
<i>Henry Diaz, Antonio Sala and Leopoldo Armesto</i>	
Diseño de sistemas de control en cascada clásico y borroso para el seguimiento de trayectorias	368
<i>Javier G. Gonzalez, Rodolfo Haber, Fernando Matia and Marcelino Novo</i>	

ANÁLISIS FORMAL DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS NO LINEALES MEDIANTE REDES NEURONALES.....	376
<i>Eloy Irigoyen, Mikel Larrea, A. Javier Barragán, Miguel Ángel Martínez and José Manuel Andújar</i>	
Predicción de la energía renovable proveniente del oleaje en las islas de Fuerteventura y Lanzarote.	384
<i>G.Nicolás Marichal, Deivis Avila, Ángela Hernández, Isidro Padrón and José Ángel Rodríguez</i>	
Aplicación de Redes Neuronales para la Estimación de la Resistencia al Avance en Buques	393
<i>Daniel Marón Blanco and Matilde Santos</i>	
Novel Fuzzy Torque Vectoring Controller for Electric Vehicles with per-wheel Motors.....	401
<i>Alberto Parra, Martín Dendaluze, Asier Zubizarreta and Joshué Pérez</i>	
REPOSTAJE EN TIERRA DE UN AVIÓN MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS .	408
<i>Elías Plaza and Matilde Santos</i>	
VISUALIZACIÓN WEB INTERACTIVA PARA EL ANÁLISIS DEL CHATTER EN LAMINACIÓN EN FRÍO.....	416
<i>Daniel Pérez López, Abel Alberto Cuadrado Vega and Ignacio Díaz Blanco</i>	
BANCADA PARA ANÁLISIS INTELIGENTE DE DATOS EN MONITORIZACIÓN DE SALUD ESTRUCTURAL.....	424
<i>Daniel Pérez López, Diego García Pérez, Ignacio Díaz Blanco and Abel Alberto Cuadrado Vega</i>	
CONTROL DE UN VEHÍCULO CUATRIRROTOR BASADO EN REDES NEURONALES.....	431
<i>Jesus Enrique Sierra and Matilde Santos</i>	
CONTROL PREDICTIVO FUZZY CON APLICACIÓN A LA DEPURACIÓN BIOLÓGICA DE FANGOS ACTIVADOS.....	437
<i>Pedro M. Vallejo Llamas and Pastora Vega Cruz</i>	
<hr/> Educación en Automática <hr/>	
REFLEXIONES SOBRE EL VALOR DOCENTE DE UNA COMPETICION DE DRONES EN LA EDUCACIÓN PARA EL CONTROL.....	445
<i>Ignacio Díaz Blanco, Alvaro Escanciano Urigüen, Antonio Robles Alvarez and Hilario López García</i>	
Uso del Haptic Paddle con aprendizaje basado en proyectos.....	451
<i>Juan M. Gandarias, Antonio José Muñoz-Ramírez and Jesus Manuel Gomez-De-Gabriel</i>	
REPRESENTACION INTEGRADA DE ACCIONAMIENTOS MECANICOS Y CONTROL DE EJES ORIENTADA A LA COMUNICACIÓN Y DOCENCIA EN MECATRONICA.....	457
<i>Julio Garrido Campos, David Santos Esterán, Juan Sáez López and José Ignacio Armesto Quiroga</i>	
Construcción y modelado de un prototipo fan & plate para prácticas de control automático	465
<i>Cristina Lampon, Javier Martin, Ramon Costa-Castelló and Muppaneni Lokesh Chowdary</i>	

EDUCACION EN AUTOMATICA E INDUSTRIA 4.0 MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS 3D	471
<i>Jose Ramon Llata, Esther Gonzalez-Sarabia, Carlos Torre-Ferrero and Ramon Sancibrian</i>	
Desarrollo e implementación de un sistema de control en una planta piloto hibrida.....	479
<i>Maria P. Marcos, Cesar de Prada and Jose Luis Pitarch</i>	
LA INFORMÁTICA INDUSTRIAL EN LAS INGENIERÍAS INDUSTRIALES	486
<i>Rogelio Mazaeda, Eusebio de La Fuente López, José Luis González, Eduardo J. Moya de La Torre, Miguel Angel García Blanco, Javier García Ruiz, María Jesús de La Fuente Aparicio, Gregorio Sainz Palmero and Smaranda Cristea</i>	
Ventajas docentes de un flotador magnético para la experimentación de técnicas control ..	495
<i>Eduardo Montijano, Carlos Bernal, Carlos Sagües, Antonio Bono and Jesús Sergio Artal</i>	
PROGRAMACIÓN ATRACTIVA DE PLC	502
<i>Eduardo J. Moya de La Torre, F. Javier García Ruíz, Alfonso Poncela Méndez and Victor Barrio Lángara</i>	
MODERNIZACIÓN DE EQUIPO FEEDBACK MS-150 PARA EL APRENDIZAJE ACTIVO EN INGENIERÍA DE CONTROL	510
<i>Perfecto Reguera Acevedo, Miguel Ángel Prada Medrano, Antonio Morán Álvarez, Juan José Fuertes Martínez, Manuel Domínguez González and Serafín Alonso Castro</i>	
INNOVACIÓN PEDAGÓGICA EN LA FORMACIÓN DEL PERFIL PROFESIONAL PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL A TRAVÉS DE UNA APROXIMACIÓN HOLÍSTICA.....	517
<i>Juan Carlos Ríos, Zaneta Babel, Daniel Martínez, José María Paredes, Luis Alonso, Pablo Hernández, Alejandro García, David Álvarez, Jorge Miranda, Constantino Manuel Valdés and Jesús Alonso</i>	
Aprendiendo Simulación de Eventos Discretos con JaamSim	522
<i>Enrique Teruel and Rosario Aragüés</i>	
RED NEURONAL AUTORREGRESIVA NO LINEAL CON ENTRADAS EXÓGENAS PARA LA PREDICCIÓN DEL ELECTROENCEFALOGRAMA FETAL...	528
<i>Rosa M Aguilar, Jesús Torres and Carlos Martín</i>	
ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE MATERIA EN REACTORES RACEWAYS.....	534
<i>Marta Barceló, Jose Luis Guzman, Francisco Gabriel Acién, Ismael Martín and Jorge Antonio Sánchez</i>	
MODELADO DINÁMICO DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE FRÍO VINCULADO A UN CICLO DE REFRIGERACIÓN	539
<i>Guillermo Bejarano Pellicer, José Joaquín Suffo, Manuel Vargas and Manuel G. Ortega</i>	
Predictor Intervalar basado en hiperplano soporte	547
<i>José Manuel Bravo Caro, Manuel Vasallo Vázquez, Emilian Cojocarú and Teodoro Alamo Cantarero</i>	
Dynamic simulation applied to refinery hydrogen networks	555
<i>Anibal Galan Prado, Cesar De Prada, Gloria Gutierrez, Rafael Gonzalez and Daniel Sarabia</i>	

APROXIMACIÓN DE MODELOS ALGEBRAICOS MEDIANTE ALAMO Y ECOSIMPRO.....	563
<i>Carlos Gómez Palacín, José Luis Pitarch, Gloria Gutiérrez and Cesar De Prada</i>	
A Causal Model to Analyze Aircraft Collision Avoidance Deadlock Scenarios.....	569
<i>Miquel Àngel Piera Eroles, Julia de Homdedeu, Maria Del Mar Tous, Thimjo Koca and Marko Radanovic</i>	
ONLINE DECISION SUPPORT FOR AN EVAPORATION NETWORK.....	575
<i>José Luis Pitarch, Marc Kalliski, Carlos Gómez Palacín, Christian Jasch and Cesar De Prada</i>	
Predicción de la irradiancia a partir de datos de satélite mediante deep learning.....	582
<i>Javier Pérez, Jorge Segarra-Tamarit, Hector Beltran, Carlos Ariño, José Carlos Alfonso Gil, Aleks Attanasio and Emilio Pérez</i>	
MODELO DINÁMICO ORIENTADO AL TRATAMIENTO Y SEGUIMIENTO DE LA LEUCEMIA MIELOIDE CRÓNICA.....	589
<i>Gabriel Pérez Rodríguez and Fernando Morilla</i>	
Modelado y optimización de la operación de un sistema de bombeo de múltiples depósitos	596
<i>Roberto Sanchis Llopis and Ignacio Peñarrocha</i>	
DEVELOPMENT OF A GREY MODEL FOR A MEDIUM DENSITY FIBREBOARD DRYER IN ECOSIMPRO.....	604
<i>Pedro Santos, Jose Luis Pitarch and César de Prada</i>	
DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE FALLOS MEDIANTE MONITORIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LAS FECHAS DE LIMPIEZA PARA INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS.....	611
<i>Jorge Segarra-Tamarit, Emilio Pérez, Hector Beltran, Enrique Belenguer and José Luis Gandía</i>	
Modelado de micro-central hidráulica para el diseño de controladores con aplicación en regiones aisladas de Honduras.....	618
<i>Alejandro Tapia Córdoba, Pablo Millán Gata, Fabio Gómez-Estern Aguilar, Carmelina Ierardi and Álvaro Rodríguez Del Nozal</i>	
FRAMEWORK PARA EL MODELADO DE UN LAGO DE DATOS.....	626
<i>J.M Torres, R.M. Aguilar, C.A. Martin and S. Diaz</i>	
SIMULADOR CARDIOVASCULAR PARA ENSAYO DE ROBOTS DE NAVEGACION AUTONOMA.....	633
<i>José Emilio Traver, Juan Francisco Ortega Morán, Ines Tejado, J. Blas Pagador, Fei Sun, Raquel Pérez-Aloe, Blas M. Vinagre and F. Miguel Sánchez Margallo</i>	
PLANIFICACION DE LA PRODUCCION BASADA EN CONTROL PREDICTIVO PARA PLANTAS TERMOSOLARES.....	641
<i>Manuel Jesús Vasallo Vázquez, José Manuel Bravo Caro, Emilian Cojocarú and Manuel Emilio Gegundez Arias</i>	
Evaluación multicriterio para la optimización de redes de energía.....	649
<i>Ascensión Zafra Cabeza, Rafael Espinosa, Miguel Àngel Ridao Carlini and Carlos Bordóns Alba</i>	
Percibiendo el entorno en los robots sociales del RoboticsLab.....	657
<i>Fernando Alonso Martín, Jose Carlos Castillo Montoya, Àlvaro Castro-Gonzalez, Juan José Gamboa, Marcos Maroto Gómez, Sara Marqués Villaroya, Antonio J. Pérez Vidal and Miguel Àngel Salichs</i>	

DISEÑO DE UNA PRÓTESIS DE MANO ADAPTABLE AL CRECIMIENTO	664
<i>Marta Ayats and Raul Suarez</i>	
COOPERATIVISMO BIOINSPIRADO BASADO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS HORMIGAS	672
<i>Brayan Bermudez, Kristel Novoa and Miguel Valbuena</i>	
PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE UN EXOESQUELETO DE MIEMBRO SUPERIOR PARA SOPORTE DE CARGAS	680
<i>Andrea Blanco Ivorra, Jorge Diez Pomares, David Lopez Perez, Francisco Javier Badesa Clemente, Miguel Ignacio Sanchez and Nicolas Garcia Aracil</i>	
Estructura de control en ROS y modos de marcha basados en máquinas de estados de un robot hexápodo	686
<i>Raúl Cebolla Arroyo, Jorge De Leon Rivas and Antonio Barrientos</i>	
USING AN UAV TO GUIDE THE TELEOPERATION OF A MOBILE MANIPULATOR	694
<i>Josep Arnau Claret and Luis Basañez</i>	
Estudio de los patrones de marcha para un robot hexápodo en tareas de búsqueda y rescate	701
<i>Jorge De León Rivas and Antonio Barrientos</i>	
SISTEMA DE INTERACCIÓN VISUAL PARA UN ROBOT SOCIAL	709
<i>Mario Domínguez López, Eduardo Zalama Casanova, Jaime Gómez García-Bermejo and Samuel Marcos Pablos</i>	
Mejora del Comportamiento Proxémico de un Robot Autónomo mediante Motores de Inteligencia Artificial Desarrollados para Plataformas de Videojuegos	717
<i>David Fernández Chaves, Javier Monroy and Javier Gonzalez-Jimenez</i>	
Micrófonos de contacto: una alternativa para sensado táctil en robots sociales	724
<i>Juan José Gamboa, Fernando Alonso Martín, Jose Carlos Castillo, Marcos Maroto Gómez and Miguel A. Salichs</i>	
Clasificación de información táctil para la detección de personas	732
<i>Juan M. Gandarias, Jesús M. Gómez-De-Gabriel and Alfonso García-Cerezo</i>	
Planificación para interceptación de objetivos: Integración del Método Fast Marching y Risk-RRT	738
<i>David Alfredo Garzon Ramos, Mario Andrei Garzon Oviedo and Antonio Barrientos</i>	
ESTABILIZACIÓN DE UNA BOLA SOBRE UN PLANO UTILIZANDO UN ROBOT PARALELO 6-RSS	746
<i>Daniel González, Lluís Ros and Federico Thomas</i>	
TELEOPERACIÓN DE INSTRUMENTOS QUIRÚRGICOS ARTICULADOS	754
<i>Ana Gómez Delgado, Carlos Perez-Del-Pulgar, Antonio Reina Terol and Victor Muñoz Martinez</i>	
CONTROL OF A ROBOTIC ARM FOR TRANSPORTING OBJECTS BASED ON NEURO-FUZZY LEARNING VISUAL INFORMATION	760
<i>Juan Hernández Vicén, Santiago Martínez de La Casa Díaz and Carlos Balaguer</i>	
PLATAFORMA BASADA EN LA INTEGRACIÓN DE MATLAB Y ROS PARA LA DOCENCIA DE ROBÓTICA DE SERVICIO	766
<i>Carlos G. Juan, Jose Maria Vicente, Alvaro Garcia and Jose Maria Sabater-Navarro</i>	

Estimadores de fuerza y movimiento para el control de un robot de rehabilitación de extremidad superior.....	772
<i>Aitziber Mancisidor, Asier Zubizarreta, Itziar Cabanes, Pablo Bengoa and Asier Brull</i>	
Definiendo los elementos que constituyen un robot social portable de bajo coste	780
<i>Marcos Maroto Gómez, José Carlos Castillo, Fernando Alonso-Martín, Juan José Gamboa, Sara Marqués Villarroya and Miguel Ángel Salichs</i>	
Interfaces táctiles para Interacción Humano-Robot	787
<i>Sara Marqués Villarroya, Jose Carlos Castillo Montoya, Fernando Alonso Martín, Marcos Maroto Gómez, Juan José Gamboa and Miguel A. Salichs</i>	
HERRAMIENTAS DE ENTRENAMIENTO Y MONITORIZACIÓN PARA EL DESMINADO HUMANITARIO	793
<i>Hector Montes, Roemi Fernandez, Pablo Gonzalez de Santos and Manuel Armada</i>	
Control a Baja Velocidad de una Rueda con Motor de Accionamiento Directo mediante Ingeniería Basada en Modelos	799
<i>Antonio José Muñoz-Ramírez, Jesús Manuel Luque-Bedmar, Jesus Manuel Gomez-De-Gabriel, Anthony Mandow, Javier Serón and Alfonso Garcia-Cerezo</i>	
SIMULACIÓN DE VEHÍCULOS AUTÓNOMOS USANDO V-REP BAJO ROS	806
<i>Cándido Otero Moreira, Enrique Paz Domonte, Rafael Sanz Dominguez, Joaquín López Fernández, Rafael Barea, Eduardo Romera, Eduardo Molinos, Roberto Arroyo, Luís Miguel Bergasa and Elena López</i>	
Cinemática y prototipado de un manipulador paralelo con centro de rotación remoto para robótica quirúrgica.....	814
<i>Francisco Pastor, Juan M. Gandarias and Jesús M. Gómez-De-Gabriel</i>	
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE SINGULARIDADES AISLADAS EN ROBOTS PARALELOS MEDIANTE DESARROLLOS DE TAYLOR DE SEGUNDO ORDEN.....	821
<i>Adrián Peidro Vidal, Óscar Reinoso, Arturo Gil, José María Marín and Luis Payá</i>	
INTERFAZ DE CONTROL PARA UN ROBOT MANIPULADOR MEDIANTE REALIDAD VIRTUAL	829
<i>Elena Peña-Tapia, Juan Jesús Roldán, Mario Garzón, Andrés Martín-Barrio and Antonio Barrientos</i>	
Evolución de la robótica social y nuevas tendencias.....	836
<i>Antonio J. Pérez Vidal, Alvaro Castro-Gonzalez, Fernando Alonso Martín, Jose Carlos Castillo Montoya and Miguel A. Salichs</i>	
DISEÑO MECÁNICO DE UN ASISTENTE ROBÓTICO CAMARÓGRAFO CON APRENDIZAJE COGNITIVO	844
<i>Irene Rivas-Blanco, M Carmen López-Casado, Carlos Pérez-Del-Pulgar, Francisco García-Vacas, Víctor Fernando Muñoz, Enrique Bauzano and Juan Carlos Fraile</i>	
CÁLCULO DE FUERZAS DE CONTACTO PARA PRENSIONES BIMANUALES.....	852
<i>Francisco Abiud Rojas-De-Silva and Raul Suarez</i>	
Modelado del Contexto Geométrico para el Reconocimiento de Objetos.....	860
<i>José Raúl Ruiz Sarmiento, Cipriano Galindo and Javier Gonzalez-Jimenez</i>	
Estimación Probabilística de Áreas de Emisión de Gases con un Robot Móvil Mediante la Integración Temporal de Observaciones de Gas y Viento	868
<i>Carlos Sanchez-Garrido, Javier Monroy and Javier Gonzalez-Jimenez</i>	

MANIPULADOR AÉREO CON BRAZOS ANTROPOMÓRFICOS DE ARTICULACIONES FLEXIBLES	876
<i>Alejandro Suarez, Guillermo Heredia and Anibal Ollero</i>	
EVALUACIÓN DE UN ENTORNO DE TELEOPERACIÓN CON ROS	864
<i>David Vargas Frutos, Juan Carlos Ramos Martínez, José Luis Samper Escudero, Miguel Ángel Sánchez-Urán González and Manuel Ferre Pérez</i>	

Sistemas de Tiempo Real

GENERACIÓN DE CÓDIGO IEC 61131-3 A PARTIR DE DISEÑOS EN GRAFCET....	892
<i>María Luz Alvarez Gutierrez, Isabel Sarachaga Gonzalez, Arantzazu Burgos Fernandez, Nagore Iriondo Urbistazu and Marga Marcos Muñoz</i>	
CONTROL EN TIEMPO REAL Y SUPERVISIÓN DE PROCESOS MEDIANTE SERVIDORES OPC-UA	900
<i>Francisco Blanes Noguera and Andrés Benlloch Faus</i>	
Control de la Ejecución en Sistemas de Criticidad Mixta	906
<i>Alfons Crespo, Patricia Balbastre, Jose Simo and Javier Coronel</i>	
GENERACIÓN AUTOMÁTICA DEL PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN TIA PORTAL PARA MÁQUINAS MODULARES	913
<i>Darío Orive, Aintzane Armentia, Eneko Fernandez and Marga Marcos</i>	
DDS en el desarrollo de sistemas distribuidos heterogéneos con soporte para criticidad mixta	921
<i>Hector Perez and J. Javier Gutiérrez</i>	
ARQUITECTURA DISTRIBUIDA PARA EL CONTROL AUTÓNOMO DE DRONES EN INTERIOR	929
<i>Jose-Luis Poza-Luján, Juan-Luis Posadas-Yaguë, Giovanni-Javier Tipantuña-Topanta, Francisco Abad and Ramón Mollá</i>	
Ingeniería Conducida por Modelos en Sistemas de Automatización Flexibles	935
<i>Rafael Priego, Elisabet Estévez, Darío Orive, Isabel Sarachaga and Marga Marcos</i>	
Estudio e implementación de Middleware para aplicaciones de control distribuido	942
<i>Jose Simo, Jose-Luis Poza-Lujan, Juan-Luis Posadas-Yaguë and Francisco Blanes</i>	

Visión por Computador

Real-Time Image Mosaicking for Mapping and Exploration Purposes	948
<i>Abdulla Al-Kaff, Juan Camilo Soto Triviño, Raúl Sosa San Frutos, Arturo de La Escalera and José María Armingol Moreno</i>	
ALGORITMO DE SLAM UTILIZANDO APARIENCIA GLOBAL DE IMÁGENES OMNIDIRECCIONALES	956
<i>Yerai Berenguer, Luis Payá, Mónica Ballesta, Luis Miguel Jiménez, Sergio Cebollada and Oscar Reinoso</i>	
Medición de Oximetría de Pulso mediante Imagen fotopletismográfica.....	964
<i>Juan-Carlos Cobos-Torres, Jordan Ortega Rodríguez, Pablo J. Alhama Blanco and Mohamed Abderrahim</i>	
Algoritmo de captura de movimiento basado en visión por computador para la teleoperación de robots humanoides	970
<i>Juan Miguel Garcia Haro and Santiago Martinez de La Casa</i>	

COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE DETECCIÓN DE ROSTROS EN IMÁGENES DIGITALES	976
<i>Natalia García Del Prado, Victor Gonzalez Castro, Enrique Alegre and Eduardo Fidalgo Fernández</i>	
LOCALIZACIÓN DEL PUNTO DE FUGA PARA SISTEMA DE DETECCIÓN DE LÍNEAS DE CARRIL	983
<i>Manuel Ibarra-Arenado, Tardi Tjahjadi, Sandra Robla-Gómez and Juan Pérez-Oria</i>	
Oculus-Crawl, a Software Tool for Building Datasets for Computer Vision Tasks	991
<i>Iván De Paz Centeno, Eduardo Fidalgo Fernández, Enrique Alegre Gutiérrez and Wesam Al Nabki</i>	
Clasificación automática de obstáculos empleando escáner láser y visión por computador ..	999
<i>Aurelio Ponz, Fernando Garcia, David Martin, Arturo de La Escalera and Jose Maria Armingol</i>	
T-SCAN: OBTENCIÓN DE NUBES DE PUNTOS CON COLOR Y TEMPERATURA EN INTERIOR DE EDIFICIOS	1007
<i>Tomás Prado, Blanca Quintana, Samuel A. Prieto and Antonio Adan</i>	
EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA REALIZAR RESÚMENES AUTOMÁTICOS DE VÍDEOS	1015
<i>Pablo Rubio, Eduardo Fidalgo, Enrique Alegre and Víctor González</i>	
SIMULADOR PARA LA CREACIÓN DE MUNDOS VIRTUALES PARA LA ASISTENCIA A PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA EN SILLA DE RUEDAS .	1023
<i>Carlos Sánchez Sánchez, María Cidoncha Jiménez, Emiliano Pérez, Ines Tejado and Blas M. Vinagre</i>	
Calibración Extrínseca de un Conjunto de Cámaras RGB-D sobre un Robot Móvil	1031
<i>David Zúñiga-Nöel, Rubén Gómez Ojeda, Francisco-Ángel Moreno and Javier González Jiménez</i>	

Revisión sistemática de la literatura en ingeniería de sistemas. Caso práctico: técnicas de estimación distribuida de sistemas ciberfísicos

Carmelina Ierardi, Luis Orihuela Espina, Isabel Jurado Flores,
Álvaro Rodríguez del Nozal, Alejandro Tapia Córdoba

{cierardi, dorihuela, ijurado, arodriguez, atapia}@uloyola.es

Resumen

Este artículo presenta una aplicación de una revisión sistemática de la literatura al ámbito de la ingeniería de sistemas. Se exponen de forma general los pasos a seguir y la metodología adoptada, que se inspira a las revisiones que se realizan en otros sectores. Se presentan las bases de datos más utilizadas en este área, cada una con sus ventajas y limitaciones. Se facilitan unos consejos para definir la función booleana y los criterios de inclusión y exclusión. Finalmente, el artículo propone algunas recomendaciones para extraer y sintetizar los datos y finalmente como crear el informe final. Se aplica esta metodología a un caso práctico, sobre las técnicas de estimación distribuida aplicadas a sistemas ciberfísicos.

Palabras clave: Revisión Sistemática, Ingeniería de sistemas, Estimación distribuida, Sistema ciberfísicos, Base de datos

1. Introducción

Hoy en día, con el desarrollo de nuevas tecnologías de la información y comunicación, la cantidad de información disponible y su facilidad de obtención, ha aumentado enormemente, lo cual implica quizás sorprendentemente, que es cada vez más difícil hacer una investigación precisa y selectiva sobre un tema específico para elaborar una revisión bibliográfica. La revisión sistemática de la literatura (RSL) se presenta en este contexto como una solución a este problema.

Los autores Kitchenham y Charters definen una RSL como un medio para evaluar e interpretar todas las investigaciones disponibles relevantes para una determinada pregunta de investigación, área temática o fenómeno de interés. Las RSL tienen como objetivo presentar una evaluación justa de un tema de investigación utilizando una metodología fiable, rigurosa y comprobable.

Una RSL es una forma de estudio secundario mientras que los estudios individuales, que contribuyen a la propia revisión sistemática, se denominan estudios primarios [3]. En resumen, la RSL

es un estudio muy útil cuando existe una pregunta concreta de investigación generalmente relacionada con diferentes temas, con varios estudios primarios, quizás con objetivos y/o resultados divergentes que pueden generar una incertidumbre sobre el proceso.

Muchas son las áreas en las cuales se utiliza esta metodología de forma común. Destacan el sector de la medicina, el de la psicología, el biológico, administración y contabilidad, economía, ingeniería de software y muchos más.

En el área de la ingeniería de sistemas y automática, se suelen hacer revisiones literarias sobre un tema concreto que no suelen seguir una determinada metodología, de forma que no permiten replicarse por otros autores o pueden estar sesgadas por el criterio del revisor. Normalmente, estas revisiones suelen estar hechas por investigadores de gran recorrido que aportan una visión global al tema en cuestión, como por ejemplo, las revisiones [2], [11] sobre el estado del arte en el control y en los sistemas ciberfísicos.

La metodología para elaborar la RSL que se utilizará en este trabajo, está basada en la guía propuesta por Kitchenham [3], aplicada a las áreas de ingeniería de software. El objetivo de esta investigación es explicar claramente las diferentes etapas a seguir para conseguir una RSL en ingeniería de sistema. Como contribución, esta investigación aporta algunas modificaciones a las líneas maestras antes referenciadas para adaptarlas a la ingeniería de sistemas: bases de datos propias de ingeniería, con el tipo de búsqueda que pueden hacerse, criterios de inclusión y exclusión adaptados, tipos de funciones de búsqueda booleanas.

Además, se expone en paralelo un caso práctico sobre la ejecución de una RSL sobre las técnicas de estimación distribuida de sistemas ciberfísicos.

Los sistemas ciberfísicos son sistemas complejos compuestos por entidades de distinta naturaleza que interactúan con un medio físico determinado, y que pueden tener simultáneamente capacidades de comunicación, computación y control, gracias a las cuales pueden involucrar seres humanos y animales. [4]. Se componen por un lado de un sis-

tema físico, en el que en general están presentes subsistemas heterogéneos, pudiendo incluir personas u otros seres vivos; por otro lado de sistemas empotrados, que son en general dispositivos que integran capacidades de medida, procesamiento y comunicación, y que de forma distribuida monitorizan y controlan los procesos físicos a través de redes de comunicación. Estas redes, en muchas ocasiones inalámbricas, hacen posible la estimación en tiempo real de las variables de un sistema ciberfísicos mediante técnicas de estimación [1], [6].

Este artículo está organizado como sigue. En la Sección 2 se presentan sumariamente los pasos de la RSL. La planificación de la revisión se expone en la Sección 3. Finalmente, las etapas para la realización y para el informe de la revisión están presentados, respectivamente, en las Secciones 4 y 5. Las conclusiones y trabajos pendientes se exponen en la Sección 6.

2. Revisión sistemática de la literatura

La mayoría de las investigaciones comienzan siempre con una revisión de la literatura para definir y enfocar el estado actual de la investigación. Principalmente, se utilizan la revisión narrativa (o tradicional) y la revisión sistemática. La primera es más apropiada cuando hay pocos estudios primarios sobre el tema de investigación y estos tienen importantes similitudes entre sí. Se basa en la interpretación, el análisis y la discusión personal acerca de lo que han dicho otros autores. Sin embargo no se ajusta al paradigma científico, puesto que no informa sobre la cantidad de fuentes, ni de los métodos de búsqueda, no hace explícitos los criterios de inclusión/exclusión de los estudios, ni habla sobre la relevancia de los mismos con respecto al resto de la literatura, ni tampoco proporciona evidencias objetivas de los razonamientos, entre otros [9]. Por otro lado, la revisión sistemática como se ha mencionado, sigue una metodología científica, que vela por la objetividad, la rigurosidad y fiabilidad: sigue una estrategia de búsqueda predefinida para permitir evaluarla exhaustivamente [3].

Los principales objetivos que persigue una rigurosa RSL son [10]:

- Definir lo que se conoce sobre un tema, un concepto o un problema en general.
- Identificar lagunas y coherencias de la literatura pasada y actual sobre el tema elegido.
- Promover el desarrollo de protocolos y directivas que pueden servir como modelo.

Por todas estas razones, emprender una revisión sistemática conlleva un trabajo considerable para poder lograr un buen resultado. La preparación de una revisión comprende numerosas etapas resumidas en tres fases secuenciales:

1. Planificación de la revisión.
2. Realización de la revisión.
3. Informe de la revisión.

Estas fases, a su vez, pueden dividirse en sub-fases, tal y como ilustra la Figura 1. En las siguientes secciones se analizan con detalle.

3. Planificación de la revisión

Una vez definido el tema de investigación y una vez localizada la necesidad de iniciar una eficiente RSL es muy recomendable seguir las diferentes etapas que la constituyen. La fase más exigente y más significativa, por la influencia en los pasos posteriores, es la planificación de la revisión que se compone de: 1) Pregunta(-s) de investigación clara(-s) y precisa(-s); 2) Escoger las bases de datos a utilizar; 3) Establecer los criterios de inclusión y exclusión; 4) Definir la función booleana de la búsqueda.

3.1. Pregunta de investigación

Elegir el tema, delimitar el problema y enunciar con claridad la(-s) pregunta(-s) de investigación es fundamental a la hora de conducir la RSL. Es fundamental que el objetivo de la búsqueda sea coherente con la hipótesis formulada.

En muchos campos, como por ejemplo el de la psicología o medicina, existe una batería de preguntas que se utilizan para facilitar esta etapa. En estos sectores se considera también el uso de unos criterios para enmarcar las preguntas de investigación, como por ejemplo el criterio PICOC (Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context) [3]. Este criterio incluye los siguientes conceptos:

Población: a quién se dirige el estudio (personas implicadas y/o interesadas)

Intervención: metodología, instrumento, tecnología, procedimiento empleado.

Comparación: se comparan las distintas intervenciones.

Resultados: solución relacionada con los factores más importantes.

Contexto: cuál es el contexto en el cual se entrega la intervención.

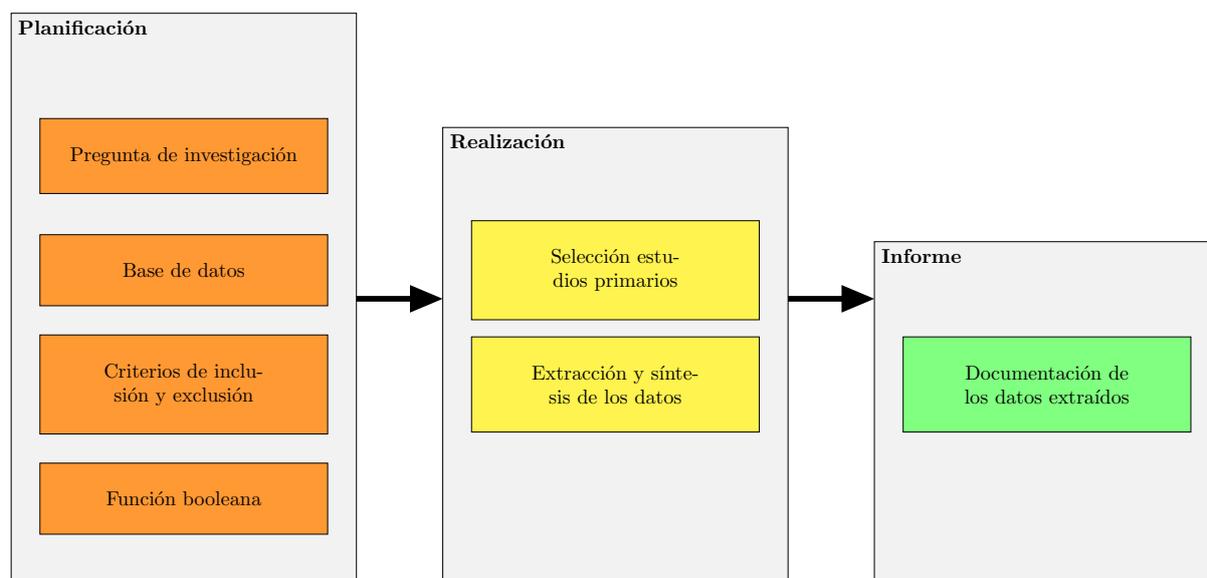


Figura 1: Fases y subfases de la revisión sistemática

Caso práctico

En el campo de la ingeniería de sistemas no resulta tan evidente formular una colección de cuestiones y/o criterios siguiendo el PICOC, ya que las áreas de investigación son muy diferentes entre ellas y no siguen particulares patrones.

El ejemplo que utilizaremos para ilustrar una revisión sistemática es el siguiente: técnicas de estimación distribuidas que se aplican sobre sistemas ciberfísicos. Para lograr este objetivo, se ha identificado la siguiente pregunta de investigación con sub-preguntas que se tratarían de responder con esta revisión:

RQ.1: ¿Qué técnicas de estimación distribuida se emplean en sistemas ciberfísicos, sistemas heterogéneos o sistema de sistemas?

RQ.1.1: ¿Qué limitaciones y ventajas tiene cada técnica?

RQ.1.2: En aplicaciones que incluyan humanos o animales ¿que estimador obtiene mejores resultados?

3.2. Bases de datos

La revisión se debe documentar con suficiente detalle para que los lectores puedan evaluar la exhaustividad de la búsqueda. Además, se deben especificar todas las bibliotecas digitales que se han consultado, las tipologías de publicación (revistas, conferencias, etc), el uso de búsquedas electrónicas o manuales o una combinación de ambas.

Para conseguir la mayor cobertura posible en el campo de la ingeniería de sistemas, se aconseja elegir entre las bases de datos listadas en la Ta-

bla 1. Con respecto a los campos de búsqueda que dichas bases de datos permiten, en esta tabla se han utilizado unos acrónimos, donde: A= “abstract”; T= título del artículo; K= palabras clave; F= texto completo. Dependiendo de la base de datos, el conjunto de “abstract”, título y keywords (A+T+K) se denomina de forma diferente: por ejemplo, en Web of Science este campo se nombra “Tema”; en IEEE Xplore, “Metadata”.

La estrategia de búsqueda puede ser diferente dependiendo de la base de datos elegida; pues algunas están más preparadas que otras para efectuar una búsqueda avanzada. Algunas de las bases de datos, como mostrado en la Tabla 1, dejan hacer directamente la búsqueda en determinados campos del texto (IEEE Xplore, Web of Science, ScienceDirect, Scopus), otras tienen la misma posibilidad pero resulta más intuitivo escribiendo manualmente la “search query” (ACM Digital Library) y otras no dejan delimitar la búsqueda a estos campos (SpringerLink, Wiley, Google Scholar). Algunas permiten escribir solo 15 términos para la búsqueda, otros no tienen límites. Casi todas las bases de datos admiten operadores, booleanos y de otro tipo. La Tabla 1 incluye los operadores que se pueden utilizar en cada base de datos y en la Tabla 5 se explicará con detalle el significado y el uso que se le da a cada uno de ellos.

Una diferencia sustancial se presenta en la descarga de las citas: algunas dejan descargar todo el historial de búsqueda de una vez, otros permiten descargar 200 / 100 / 50 citas a la vez, y otros solo 1 referencia a la vez. Se refleja también el formato en el que pueden descargarse los resultados, que es importante tener en cuenta si va

Tabla 1: Principales bases de datos en ingeniería de sistemas

Base de datos	Campos de búsqueda	Búsqueda manual o automática	Operadores admitidos	Nº Términos admitidos	Nº Descarga máxima	Formato citaciones	Citación con "abstract"
Web of Science	A+T+K, T, F	Ambas	AND, OR, NOT, NEAR, (), *, ^{“”}	No especificado	50 citaciones	bib, RIS, CSV	SI
IEEE Xplore	A+T+K, T, A, K, F	Ambas	AND, OR, NOT, NEAR, (), *, ^{“”}	Solo 15	100 citaciones	bib, RIS, CSV	SI
ScienceDirect	A+T+K, T, A, K, F	Ambas	AND, OR, AND NOT, (), *, ?, ^{“”} , {}	No especificado	200 citaciones	RIS, bib, Text	SI
ACM Digital Library	T, A, K, F, A+T+K (manual)	Ambas	AND, OR, NOT, (), ^{“”}	No especificado	2000 citaciones	bib, RIS, CSV	NO
Scopus	A+T+K, T, A, K, F	Ambas	AND, OR, AND NOT, *, ?, ^{“”} , ()	No especificado	2000 citaciones	bib, RIS, CSV, Text	SI
SpringerLink	T, F	Automática	AND, OR, NOT, ^{“”} , ()	No especificado	2000 citaciones	CSV	NO
Wiley Online Library	A, T, K, F	Automática	AND, OR, NOT, ^{“”} , *, ()	No especificado	20 citaciones	bib, RIS, Text	SI
Google Scholar	T, F	Automática	AND, OR, NOT, ^{“”} , ()	No especificado	1 citación	bib, RIS	NO

a usarse un gestor de referencias (Mendeley, BibDesk, etc.), pues cada uno de ellos trabaja con un formato de archivos diferente. Finalmente, la tabla indica qué información puede extraerse de la base de datos tras realizar una búsqueda. Algunas bases de datos sólo permiten descargar el título, mientras que otras nos permiten incluir también el abstract, facilitando tareas posteriores.

Caso práctico

Para el caso práctico que estamos utilizando no se han utilizado todas las bases de datos. Se ha decidido no incluir las base de datos que no permitían restringir la búsqueda a unos campos determinados (título, "abstract" y palabras clave del artículo). En la Tabla 2 se presentan los detalles de la búsqueda de las bases de datos elegidas, junto con los campos en los cuales se ha restringido la búsqueda y la fecha en la cual se ha efectuado.

Se destaca la base de datos ACM Digital Library, donde la búsqueda se ha efectuado manualmente, es decir que para limitar la búsqueda a los tres campos, se han usado los siguiente términos: recordAbstract, acmdlTitle, keywords.author.keyword.

3.3. Criterios de inclusión y exclusión

Una vez obtenidos los estudios potencialmente relevantes por cada base de datos elegida, se tiene que evaluar su adecuación real al tema de investigación.

Los criterios de selección del estudio pretenden identificar los estudios primarios que son aquellos con evidencia directa sobre la pregunta de investigación. Con el fin de reducir la probabilidad de

Tabla 2: Detalle de la búsqueda por cada base de dato utilizada

Base de datos	Limites	Fecha búsqueda
Web of Science	Tema	08/05/2017
IEEE Xplore	Metadata	08/05/2017
ScienceDirect	Título/ Abstract Keywords	08/05/2017
ACM Digital Library	Título/ Abstract Keywords	09/05/2017
Scopus	Título/ Abstract Keywords	09/05/2017

sesgo, los criterios de selección deben decidirse al principio, aunque pueden ser refinados durante el proceso de búsqueda.

Existen dos tipos de criterios, exclusión y inclusión. El primero indica que si el artículo presenta uno de los puntos contenido en este criterio se excluirá. El segundo involucra todas las características que cada artículo elegido tiene que tener.

Como se explicará más adelante, las personas involucradas en una RSL tienen que ser al menos 2. Por esta razón, los criterios deben ser claros para asegurar que puedan ser interpretados de manera fiable y que clasifiquen los estudios correctamente. Muchos de estos criterios son comunes a todas las RSL, como por ejemplo el idioma de los artículos, el número mínimo de páginas, etc [3], [7].

Caso práctico

En las Tablas 3 y 4 se enumeran los criterios elegidos para la selección de un artículo. Para que un artículo sea elegido tiene que presentar todas las características de los criterios de inclusión de

la Tabla 3 y además no tiene que presentar ningunas características de los criterios de exclusión de la Tabla 4. Los denominados estudios secundarios y la literatura gris incluyen libros o capítulos de libro, presentaciones en póster, resúmenes y revisiones, artículos de congreso que han dado lugar a artículos de revista, tesis doctorales, actas de los congresos.

En ingeniería de sistemas, como criterios comunes se podría añadir si en el estudio se presentan experimentos y/o simulaciones; si propone o simplemente se utiliza una determinada técnica, etc.

Tabla 3: Criterios de inclusión

-
- Estudios primarios
 - Artículo disponible online
 - Usar o proponer una técnica de estimación distribuida sobre sistemas ciberfísicos, sistemas heterogéneos o sistema de sistemas
 - Usar, por lo menos, uno de los siguientes estimadores distribuidos: filtro de Kalman, filtro de partícula, filtro H_∞
 - Hacer específicamente referencia a humanos o animales
-

Tabla 4: Criterios de exclusión

-
- Estudio secundario y literatura gris
 - Artículo corto (≤ 3 páginas)
 - Artículo cuyo idioma no es el inglés o el español
 - Texto no disponible (a través de los motores de búsqueda o poniéndose en contacto con los autores)
 - Estudio duplicado
 - Estudio claramente irrelevante para la investigación
 - Focalizado solo en el control del sistema
 - No presenta experimentos o simulaciones del estimador
-

3.4. Función booleana

La búsqueda se inicia con una formulación adecuada de las palabras clave de la función booleana y con la investigación en las bases de datos electrónicas de cada sector. Para refinar la búsqueda y desarrollar una mejor estrategia, sería mejor antes identificar sinónimos, acrónimos, palabras truncadas y/o términos alternativos a los que se han utilizado, para garantizar que la referencia encontrada es independiente de sinónimos, variantes, etc.

Identificados los conceptos sobre los que se desea obtener información y establecida una relación lógica de los términos que los van a representar (se podrán utilizar diccionarios terminológicos, variantes ortográficas, abreviaturas y términos relacionados), se puede crear la función booleana.

La función booleana representa una cadena formada por varias combinaciones de términos de búsqueda derivados de la pregunta de investigación. Una vez encontradas las palabras claves que describen el tema de investigación, se utilizan los operadores booleanos para combinar los distintos términos. Finalmente, se lanza la estrategia de búsqueda y se revisa el resultado obtenido. Si fuese necesario, se modifica la búsqueda y se vuelve a lanzar. En este punto conviene disponer de una serie de trabajos o artículos clave que, o bien sabemos que deben estar incluidos en los resultados o bien sabemos que no debería estarlo. Esto nos permite tener una cierta confianza en la eficacia de la búsqueda realizada.

Los principales operadores utilizados son AND, OR, NOT, “ ”, *, ?, () pero no todas las bases de datos los admiten y utilizan de la misma manera (Tabla 1). En la Tabla 5 se detalla la función de cada uno de los operadores.

Tabla 5: Operadores utilizados

Operador	Función
AND	se incluyen todos los términos de búsqueda especificados
OR	se incluye cualquiera o todos los términos especificados
NOT	se incluye el primer término de búsqueda pero no el segundo
“ ”	para buscar una frase exacta
*, ?	para truncar una palabra
()	delimitar subconjuntos de la búsqueda

Caso práctico

Muchos de estos operadores se han utilizado para la función booleana elegida para este estudio, y que se presenta a continuación:

(Estimator OR Estimation OR Filter OR Filtering OR Observer OR Observability OR Sensing) AND

(“Cyber Physical System” OR “Human in the loop” OR “Human Robot” OR “System of systems” OR “Heterogeneous System” OR “Human Machine” OR “Canine Machine” OR “Heterogeneous Multiagent System” OR “Humanoid Robot” OR “Animal Ro-

bot”) AND

(Distributed OR Decentralized OR Decentralised OR “Sensor Fusion”)

En la Tabla 6 se muestran los resultados de la búsqueda obtenida poniendo la función booleana hallada en las diferentes bases de datos elegidas, aplicando el filtro en los siguientes campos: título, “abstract” y palabras clave. Se han obtenido 1788 referencias.

Tabla 6: Referencias obtenidas por cada base de dato utilizada.

Base de datos	Referencias totales
Web of Science	221
IEEE Xplore	727
ScienceDirect	40
ACM Digital Library	223
Scopus	577
	1788

4. REALIZACIÓN DE LA REVISIÓN

Obtenidos los resultados por cada base de datos, se tendrán que analizar y evaluar para verificar si realmente son buenos candidatos para la realización de la revisión. El primer filtro será la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión citados en la Subsección 3.3. En una primera inspección, se aplicarán los criterios al título y “abstract”. Sólo cuando haya dudas de si incluirlo o no, se realizará una lectura a texto completo.

4.1. Selección de estudios primarios

La búsqueda no tendrá que incluir ni estudios secundarios (review, survey), ni literatura gris compuesta por informes técnicos, actas de congresos, tesis doctorales, presentaciones en póster, libros o capítulos de libros, véase, como ejemplo los criterios de inclusión (Tabla 3) y exclusión (Tabla 4). La mayoría de las bases de datos permiten efectuar directamente este primer filtrado, no incluyendo algunos o todos los estudios secundarios.

Los artículos incluidos serán solo los publicados en revistas y en congresos que no hayan dado lugar a posteriores artículos de revista.

Un grupo internacional de expertos ha desarrollado el método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), que constituye una guía para la realización de RSL [5], [7]. Se compone de 27 puntos y un diagrama

de flujo en cuatro etapas, representado en Figura 2; representan el resumen del proceso de selección.

Los resultados serán evaluados, por dos personas distintas, considerando solo el título y el “abstract” de cada uno. Solo en el caso en el que las dos personas afirmen que un artículo sea adecuado, éste pasa a la etapa siguiente. Si están en desacuerdo, una tercera persona tendrá la facultad de decidir. De este modo se reduce considerablemente la cantidad de artículos considerados idóneos. El siguiente paso es la lectura completa del texto, haciéndose una última reducción. Esta es la metodología que se utilizará para esta investigación, pero existe otra, muy usada en la literatura, que asigna a cada artículo una nota entre 0 (no relacionado con el tema) y 1 (muy relacionado con el tema), con un paso de 0.25 o 0.5, a elección de los revisores: si la nota final, que es la media entre las notas de cada revisor, es superior a un umbral prefijado, entonces el artículo se acepta, en caso contrario se rechaza.

Caso práctico

Para la búsqueda efectuada en este trabajo resultan 892 artículos incluidos (Tabla 7). En esta misma tabla se muestran los detalles de la selección de estudios primarios para la investigación de este trabajo. Se quiere evidenciar la gran cantidad de duplicados encontrados en las distintas bases de datos, que resultan más de 600. Esto es porque las distintas base de datos comparten muchas de las revistas y conferencias en el campo de la ingeniería de sistemas. La herramientas automáticas de detección de duplicados ha sido Mendeley.

Para este primer cribado se han utilizado solo algunos de los criterios de exclusión (se han descartado los estudios secundarios, la literatura gris y los duplicados). El resto de los criterios de exclusión y los criterios de inclusión son realmente las tareas que serían necesarias desarrollar entre las 2 personas y que, para el caso particular, está pendiente.

4.2. Extracción y síntesis de los datos

La validez de una RSL está estrechamente relacionada con la calidad de los estudios originales y con los métodos utilizados por los revisores para organizar y sistematizar la información útil para la revisión. Existen diferentes sistemas que ayudan a organizar la información recogida, entre las más usadas están los mapas conceptuales o las tablas de extracción de datos donde se encuentran resumidas las componentes más características del estudio. La información básica que estas tablas deben contener son [3]:

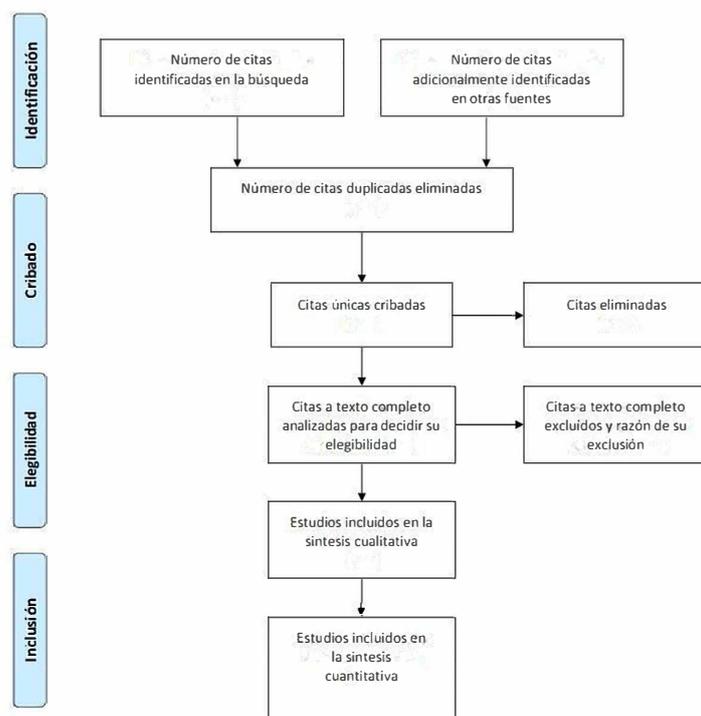


Figura 2: Diagrama de flujo del método PRISMA

Tabla 7: Resultados obtenidos por cada base de dato utilizada y resultados obtenidos después del primer cribado

Base de datos	Referencias totales	Referencias seleccionadas
Web of Science	221	214
IEEE Xplore	727	696
ScienceDirect	40	35
ACM Digital Library	223	165
Scopus	577	457
	1788	1567
Quitando los duplicados		892

- Información general: título, autor, año de publicación, revista a la cual pertenece, etc.
- Características del estudio: objetivo, contexto;
- Incidencia;
- Resultados obtenidos;
- Observaciones: notas y reflexiones.

5. Informe de la revisión

La fase final de la RSL incluye la elaboración y la redacción de todos los resultados. Como ya se

ha mencionado, la revisión no tiene que ser una simple descripción de lo que otros autores han publicado, sino una discusión crítica, objetiva y razonada de la literatura examinada, mostrando una profunda comprensión y conciencia de las diferentes argumentaciones y enfoques.

5.1. Documentación de los datos extraídos

Una vez organizada la revisión, completados los mapas y/o tablas (Figura 2), se tendrá una visión completa del conjunto del material y una orientación respecto a la articulación lógica de las relaciones entre los diferentes resultados. Entre otras cosas, este proceso facilita la organización de los contenidos y en particular, la selección de la información clave, explicitando sobre qué conceptos se deben desarrollar en la revisión.

La realización del documento tiene que recopilar todos los aspectos citados en la Sección 4.2, utilizando toda la información básica disponible en cada artículo que sea importante para la revisión, resaltando las características del estudio y los resultados obtenidos.

La RSL se concluye argumentando los resultados, es decir, se explica y propone una interpretación de los datos más significativos relacionadas con el tema.

El informe de resultados finales, tendrá que contestar de manera clara y precisa a las preguntas de investigación propuesta al principio. Algunos autores plantean esta última parte desarrollando cada pregunta con sus respectivas soluciones o bien se puede argumentar en el completo sin necesariamente utilizar esta subdivisión [12], [8].

6. Conclusiones

En este trabajo se han presentado las etapas principales de una RSL para ingeniería de sistemas. Se ha presentado un caso práctico sobre las técnicas de estimación distribuida de sistemas ciberfísicos. Queda pendiente completar la extracción y síntesis de los datos y finalmente redactar el informe, que se proponen como trabajo futuro.

Concluyendo, en la investigación futura se pretende proporcionar una investigación sobre la evolución de estas técnicas desde los años 90' hasta el 2017 con el fin de mejorar la comprensión y aclarar la trayectoria evolutiva identificando las tendencias teóricas y las lagunas que deben abordarse en estudios futuros.

Agradecimientos

Los autores agradecen a AEI/FEDER (TEC2016-80242-P) por financiar este trabajo.

Referencias

- [1] Ian F Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarabramanian, and Erdal Cayirci. Wireless sensor networks: a survey. *Computer networks*, 38(4):393–422, 2002.
- [2] Karl J Åström and P R Kumar. Control: A perspective. *Automatica*, 50:3–43, 2014. doi: 10.1016/j.automatica.2013.10.012.
- [3] Barbara Kitchenham and Stuart Charters. Guidelines for performing Systematic Literature reviews in Software Engineering. *Engineering*, 2007. doi: 10.1145/1134285.1134500.
- [4] Edward A. Lee. Cyber Physical Systems: Design Challenges. *Proc. of 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC'08)*, pages 363–369, 2008. ISSN 1555-0885. doi: 10.1109/ISORC.2008.25.
- [5] Alessandro Liberati, Jennifer Tetzlaff, Douglas G Altman, Prisma Group, et al. Prisma statement per il reporting di revisioni sistematiche e meta-analisi degli studi che valutano gli interventi sanitari: spiegazione e elaborazione. *Evidence*, 6(7):e1000115, 2015.
- [6] Bowen Lu, John Oyekan, Dongbing Gu, Huosheng Hu, and Hossein Farid Ghassem Nia. Mobile sensor networks for modelling environmental pollutant distribution. *International Journal of Systems Science*, 42(9): 1491–1505, 2011.
- [7] David Moher, Alessandro Liberati, Jennifer Tetzlaff, Douglas G Altman, Prisma Group, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the prisma statement. *PLoS med*, 6(7):e1000097, 2009.
- [8] Daniela Quiñones and Cristian Rusu. Computer Standards & Interfaces How to develop usability heuristics : A systematic literature review. *Computer Standards & Interfaces*, 53 (March):89–122, 2017. ISSN 0920-5489. doi: 10.1016/j.csi.2017.03.009.
- [9] Jorge Ivan Rave Perez. Revisión sistemática de literatura en ingeniería como apoyo a la consultoría basada en investigación. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 17(66), 2013.
- [10] Valeria Sala, Lorenzo Moja, Ivan Moschetti, Sabrina Bidoli, Vanna Pistotti, and Alessandro Liberati. Revisioni sistematiche-breve guida all uso. 2006.
- [11] J. Shi, J. Wan, H. Yan, and H. Suo. A survey of cyber-physical systems. In *2011 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP)*, pages 1–6, Nov 2011. doi: 10.1109/WCSP.2011.6096958.
- [12] Jéssyka Vilela, Jaelson Castro, Luiz Eduardo, G Martins, and Tony Gorschek. The Journal of Systems and Software Integration between requirements engineering and safety analysis : A systematic literature review. 125:68–92, 2017. doi: 10.1016/j.jss.2016.11.031.