

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 Politécnica 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. Zamarréño, 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>	

HERRAMIENTAS DE ENTRENAMIENTO Y MONITORIZACIÓN PARA EL DESMINADO HUMANITARIO

Héctor Montes^{1,2}, Roemi Fernández¹, Pablo González de Santos¹, Manuel Armada¹
¹Centro de Automática y Robótica CAR (CSIC-UPM); ²Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá, {hector.montes, roemi.fernandez, pablo.gonzalez, manuel.armada}@csic.es

Resumen

En este trabajo se presentan algunas herramientas para la monitorización y el entrenamiento en tareas de desminado humanitario, que han sido diseñadas e implementadas en el Grupo de Robótica de Exteriores y de Servicios del Centro de Automática y Robótica dentro del marco del proyecto Europeo del 7PM “TIRAMISU” (Toolbox Implementation for Removal of Anti-personnel Mines, Submunitions and UXO). Básicamente, se han diseñado e implementado cuatro herramientas para la monitorización, entrenamiento y localización de minas antipersonas simuladas e inertes debido a las competencias del grupo de trabajo. La primera de ellas es para la formación en el uso de detectores de metales, en donde se ha instrumentado para la monitorización en la realización de tareas específicas. La segunda, es dedicada a los e-tutores en los cuales se entrena al personal novato en los conceptos generales a gran escala del desminado humanitario y a la identificación de minas antipersonas y las primeras teorías para su desactivación. Otra herramienta diseñada e instrumentada es la lanceta de búsqueda de minas enterradas (prodder), la cual tiene dos versiones, la última de ellas inalámbrica. Finalmente, la última herramienta es doble, la cual consta de un robot hexápodo semi-autónomo y tele-operado, que porta un brazo robótico instrumentado con sensores para explorar el terreno durante la localización de minas antipersonas enterradas.

Palabras Clave: Desminado humanitario, detector de metales, e-tutores, prodder, robot hexápodo, brazo explorador, instrumentación, herramientas de entrenamiento.

1 INTRODUCCIÓN

Según el Centro Internacional de Desminado Humanitario de Ginebra (GICHD) (<https://www.gichd.org/>), en 2004, en 15 programas de países diferentes afectados con campos de minas antipersonas, 292 km² habían sido físicamente despejados, representando el 2.5% del área total

contaminada por minas antipersonas enterradas. Esta estadística pone de manifiesto la ineficiencia en la lucha contra las minas antipersonas, en cuanto a la limpieza de éstas de los campos infestados, los cuales siguen siendo enormes [1]. Por otro lado, desde un punto de vista focalizado, Sri Lanka anunció la intención de adherirse a la Convención sobre la Prohibición de Minas Antipersonas (APMBC), después de una guerra civil de 26 años que ha dejado 64 km² de tierra contaminada con minas, considerando que en 2020 el país estará libre de minas [2]. Esto indica que queda mucho por hacer en cuanto a estrategia y al uso de la tecnología en todos los sectores, ya que el proceso de desminado desde el mapeo de la tierra en busca de áreas sospechosas hasta el proceso de retirada de la mina es bastante largo.

Las situaciones en cada país son diferentes debido a las fuentes del conflicto, a las características climatológicas del mismo, al tipo de armamento utilizado, etc., por lo tanto, es complicado proporcionar soluciones estándares para todos los tipos de situaciones. En este caso particular, dentro del marco del proyecto TIRAMISU (<http://www.fp7-tiramisu.eu/>) se han proporcionado ciertas herramientas y estudios de importancia para la acción en contra de las minas antipersonas.

En general, el proyecto TIRAMISU se dividió en diez módulos diferentes con la finalidad de abordar los objetivos propuestos en su plan de trabajo. No obstante, las herramientas de entrenamiento y de monitorización diseñadas y elaboradas por el Grupo de Robótica de Exteriores y de Servicios del CAR-CSIC-UPM, fueron desarrolladas en el módulo de “Detección cercana con base en el terreno” y en el de “Entrenamiento de usuarios finales, Centro de Acción Contra las Minas (MAC), Comunidad de I+D y personal clave”.

Este escrito ha sido dividido en seis secciones, en la primera de ella se presenta, de manera muy breve, una introducción del trabajo presentado, considerando alguna información desarrollada por los estudios del GICHD, centro internacional de mayor importancia en la acción contra las minas, y el título de los módulos del proyecto TIRAMISU en donde se

desarrollaron las herramientas descritas en este trabajo. En la sección 2 se presenta una herramienta de entrenamiento en el uso con detectores de metales, la cual fue instrumentada con unidades de medida inercial. Los tutores electrónicos con base a Adobe eLearning Suite se presentan en la sección 3, los cuales fueron validados por expertos en el área. En la sección 4 se describe la herramienta “*prodder*” que es una lanceta utilizada para detectar las minas que están enterradas, luego de haber sido localizadas por el detector de metales. El sistema robótico semi-autónomo y tele-operado se describe, brevemente, en la sección 5, el cual consta de un robot hexápodo y un brazo de exploración. Finalmente, en la sección 6, se presentan algunas conclusiones.

2 HERRAMIENTA DE ENTRENAMIENTO EN EL USO DE DETECTOR DE METALES

La primera herramienta diseñada e implementada dentro del marco del proyecto TIRAMISU, por parte del Grupo de Robótica de Exteriores y de Servicio, fue la herramienta para monitorizar el uso de detectores de metales portátiles, con la finalidad de registrar el entrenamiento por parte de los aprendices en trabajos de localización de minas enterradas.

Esta herramienta de formación consta de dos partes principales, la primera de ellas es un sistema de seguimiento sensorial instalado en el detector de metales portátil, y la segunda es una interfaz gráfica de usuario (GUI), en donde se monitoriza y se registra la actividad de cada aprendiz en el uso de esta herramienta [3-4].

Para el diseño de esta herramienta se realizó un estudio de las variables que se deben tener en cuenta para la realización de búsqueda de minas antipersonas enterradas utilizando un detector de metales y con la entrevistas de expertos que formaban parte del consorcio de TIRAMISU. De esta manera, se seleccionaron las siguientes variables, consideradas de rendimiento crítico del instrumento: (i) la velocidad de escaneo, (ii) la distancia entre la cabeza del sensor del detector de metales y el suelo, (iii) la inclinación de la cabeza del sensor, (iv) paso de avance, (v) tiempo de ejecución. Estas variables forman una base de datos que es una parte importante de la herramienta de capacitación mencionada, y además para evaluar el desempeño de los alumnos.

En la Figura 1 se presenta un detector de metales compacto VMC1 de la marca Vallon [5], el cual está instrumentado con una IMU y un seguidor de movimiento que tiene GPS incorporado, y un operador que tiene en sus pies dos IMUs con la finalidad de cuantificar el desplazamiento

longitudinal de él cuando se realiza la tarea de escanear el terreno con el detector de metales.

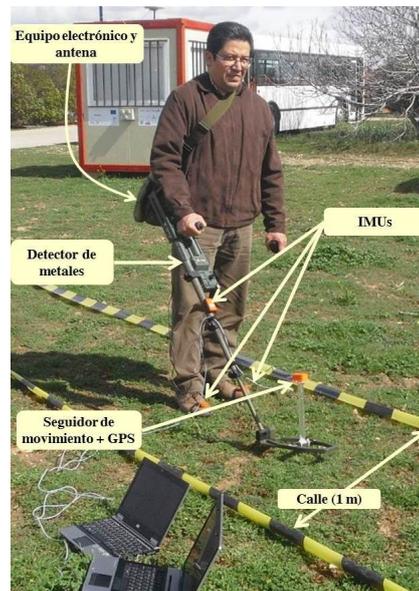


Figura 1. Aprendiz con la herramienta de entrenamiento para detectar minas antipersonas.

En la Figura 2 se presenta la interfaz gráfica de usuario (GUI) realizada en Matlab®, la cual monitoriza las tareas llevadas a cabo por el aprendiz según las variables descritas anteriormente. Esta GUI se divide en seis partes principales, las cuales son: (i) tipo de sesión, (ii) inicialización, (iii) bloque de control del proceso, (iv) ventana de monitorización del barrido, (v) monitorización de la velocidad, altura e inclinación del sensor, y (vi) bloque de exportación de los datos registrados.

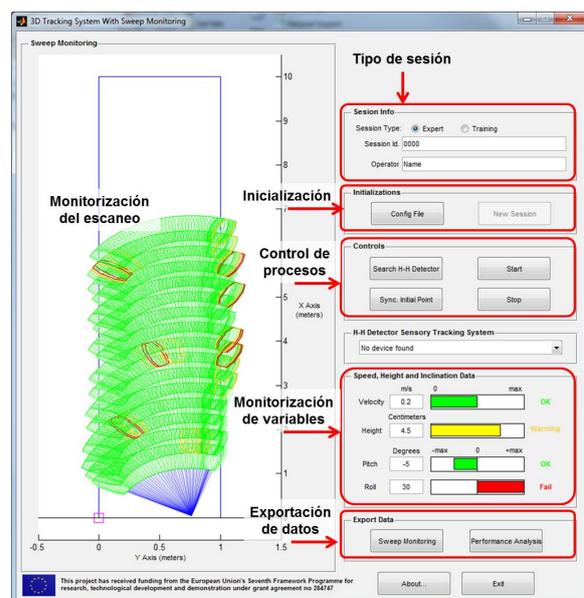


Figura 2. GUI para monitorizar las prácticas de uso del detector de metales.

3 HERRAMIENTA DE FORMACIÓN BASADA EN e-TUTORES

Desde la última década y, más aún, en el último lustro, los procesos de enseñanza, formación o entrenamiento también hacen uso de la Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC) para proporcionar el aprendizaje en una gran gama de temas y de centros de estudios [6-7]. Este tipo de educación está dentro del concepto de *e-learning*, que no trata solamente de tomar un curso y colocarlo en un ordenador, se trata de una combinación de recursos, interactividad, apoyo y actividades de aprendizaje estructuradas. Para realizar todo este proceso es necesario conocer las posibilidades y limitaciones que el soporte informático o plataforma virtual ofrece [8]. En consecuencia, se diseñó e implementó una herramienta, basada en e-tutores (concepto dentro del *e-learning*), con la finalidad de enseñar conceptos importantes en el reconocimiento de minas antipersonas, su ensamblaje, su desarme y neutralización, así como otros conceptos de estudios generales y no-técnicos para la localización de áreas sospechosas de minas antipersonas.

El primer e-tutor diseñado en el CAR y validado por grupos de expertos del proyecto TIRAMISU se titula "Estudio General Avanzado y Estudio No-Técnica", el cual está compuesto por varias secciones con la finalidad de instruir al aprendiz en los Centros de Acción Contra las Minas, en las primeras tareas relacionadas con todo el largo proceso de desminado humanitario. En la Figura 3 se presenta la página principal de este e-tutor desarrollado sobre *Adobe e-Learning Suite*.

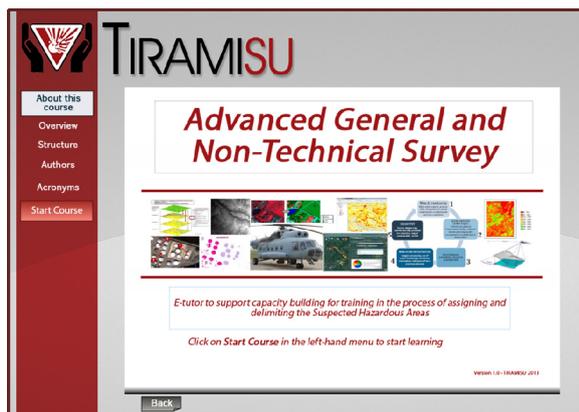


Figura 3. Portada del e-tutor "Advanced General and Non-Technical Survey".

Este e-tutor está compuesto por ocho lecciones independientes adecuadas para el aprendizaje asincrónico de cada estudiante. Cada lección es una secuencia de pantallas que incluyen texto, gráficos, videos e interactividad en forma de preguntas y

comentarios. En cada lección se pretende alcanzar los objetivos de aprendizaje propuestos, utilizando instrucciones interactivas, paso a paso, y ejercicios que ayudan a reforzar lo que se pretende enseñar.

El segundo e-tutor ha sido desarrollado para ser utilizado en los MAC de los países que lo necesitan. La idea es proporcionar una formación inicial a las personas civiles que necesitan aprender acerca de la identificación de las minas terrestres antipersonas, y que requieren prepararse para trabajar en esta actividad [9]. Como es conocido, la formación por parte de los estudiantes y coordinada por los MAC, se puede realizar en cualquier momento y en cualquier lugar, ya que la base de la información es a través del aprendizaje electrónico. Este tutor electrónico se compone de sub-e-tutores, los cuales son: (i) Descripción general de las minas antipersonas, (ii) Descripción de los métodos comunes de remoción de minas, (iii) Descripción de la mina PMA-1, (iv) Descripción de la mina Valmara 69, (v) Descripción de la mina VS-50, y (vi) Descripción de la mina PPM-2. En la Figura 4 se presenta la portada de dos de los sub-e-tutores.

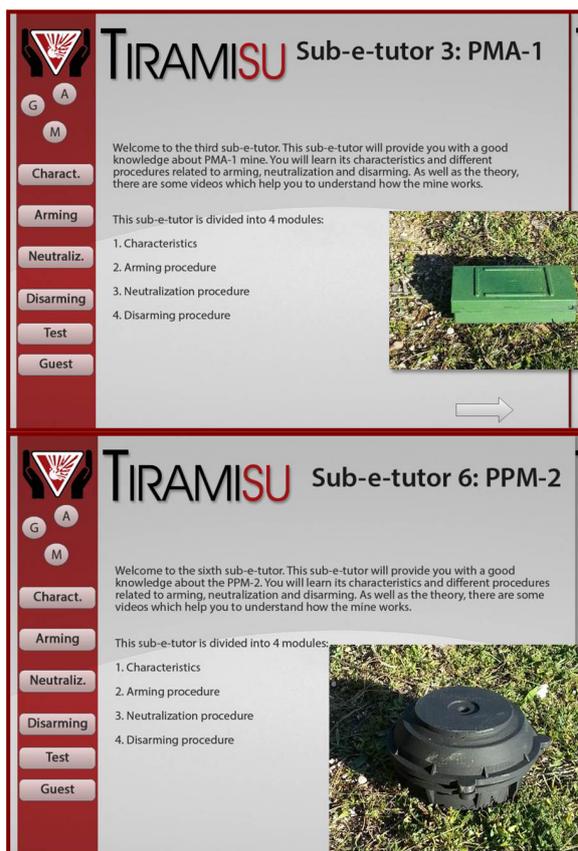


Figura 4. Portada de los sub-e-tutores 3 y 4, correspondientes al estudio de las minas PMA-1 y PPM-2, respectivamente.

4 HERRAMIENTA DE ENTRENAMIENTO PARA LA BÚSQUEDA DE MINAS ENTERRADAS

Otra herramienta que ha sido diseñada dentro del marco del proyecto TIRAMISU es la de una lanceta instrumentada para la búsqueda directa de minas antipersonas enterradas, luego de ser localizada por el detector de metales u otro medio. Este dispositivo es conocido internacionalmente con su nombre en inglés “*prodder*”, por lo tanto, es el que se utilizará de aquí en adelante. Se ha adquirido un *prodder* comercial de la casa Vallon [5], cuya parte principal es un cilindro de acero inoxidable afilado de unos 300 mm de longitud y de 8 mm de diámetro, que posteriormente, ha sido instrumentado con un sensor de fuerza y una unidad de medida inercial.

El objetivo de esta herramienta de formación es la de proporcionar datos de la fuerza ejercida por el operario cuando el *prodder* es insertado en el suelo y con qué inclinación con respecto al plano horizontal o paralelo al suelo en donde se encuentra enterrada la mina. Como es una herramienta de entrenamiento, el operario normalmente es un estudiante en fase de entrenamiento, o, previamente, un experto para obtener información útil de cómo se debe utilizar este tipo de herramienta, lo cual redundará en el aprendizaje de los novatos.

Algunas alarmas visuales (subsecuentemente, alarmas sonoras) son establecidas cuando las variables de fuerza e inclinación alcanzan ciertos límites predeterminados durante el proceso de entrenamiento. Estos límites son dependientes del tipo de mina que se está localizando y del tipo de terreno. En [10] se describe el diseño e implementación del primer prototipo de este instrumento de capacitación, además de algunos resultados experimentales.



Figura 5. Vista del *prodder* instrumentado con la electrónica de soporte.

En la Figura 5 se presenta el primer prototipo de esta herramienta diseñada por el Grupo de Robótica de Exteriores y de Servicios. La IMU es utilizada para medir los ángulos de cabeceo, alabeo y guiñada durante el ejercicio de inserción del *prodder* en el suelo, al mismo tiempo que se mide la fuerza se inserción/presión de este dispositivo a lo largo de su eje.

Una segunda versión de esta herramienta puede ser revisada en [11], cuya modificación y mejora está relacionado con la portabilidad, esto es, que no depende de un ordenador cerca para poder transferir los datos desde la electrónica de soporte, que sí debe ser realizada en el prototipo mostrado en la Figura 5. La nueva herramienta es completamente inalámbrica y envía los datos a un sistema de adquisición de datos que está cerca del ordenador en la estación base. Se tiene una ventaja, que es que el supervisor de la clase podría observar a varios aprendices realizando sus entrenamientos en diferentes lugares del campo de trabajo sin que ninguna conectividad cableada pueda interferir entre ellos y con un solo ordenador, el del supervisor. La interfaz gráfica de usuario sería la misma para ambos prototipos y es mostrada en la Figura 6.

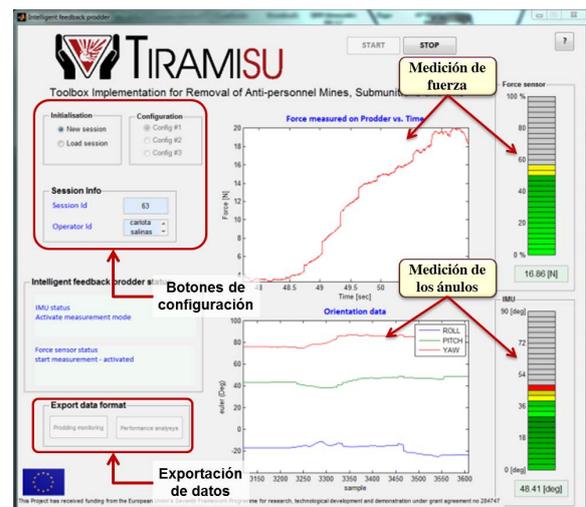


Figura 6. Interfaz para monitorizar las prácticas de los estudiantes con el uso del *prodder*.

5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ROBÓTICO PARA LA BÚSQUEDA Y DETECCIÓN DE MINAS ANTIPERSONAS

El sistema robótico para la búsqueda y detección de minas antipersonas diseñado, desarrollado y modificado por el Grupo de Robótica de Exteriores y de Servicios consiste de un robot caminante de seis patas y de un brazo de exploración de cinco grados

de libertad, el cual porta en su extremo un detector de metales. Se ha utilizado, para este sistema-herramienta, un robot con patas debido a que es un sistema prometedor para la búsqueda de minas antipersonas en comparación con robots con ruedas, porque puede sortear los obstáculos una vez encontrados (posibles minas en su paso) y seguir con la búsqueda. Existen algunos prototipos de robots con patas que han sido probados experimentalmente, los cuales pueden ser vistos en [12-16].

El robot hexápodo diseñado en el CAR tiene una arquitectura de control que consiste en un ordenador a bordo, tarjetas de control, tarjetas de potencia, sistema de adquisición de datos, tarjetas de acondicionamiento de señal, sensores de posicionamiento, motores de CC, Wi-Fi, DGPS, y otros dispositivos y accesorios. Los algoritmos diseñados han sido desarrollados en C/C++ y ejecutados en tiempo real por el sistema operativo QNX. Con ello se han realizado varias estrategias de control para llevar a cabo tareas de modos de caminar en paralelo con las actividades de escaneo del brazo de exploración para la búsqueda y localización de minas antipersonas, considerando las variables señaladas en la sección 2 [17].

El objetivo es que el robot realice trayectorias estables con el fin de que el brazo de exploración pueda realizar movimientos adecuados de su efector final, donde está montado el cabeza del detector de metales. Para este fin, el robot hexápodo ejecuta pasos pre-establecidos hacia una posición fija de su centro de masa, para que el brazo manipulador realice la exploración del suelo. En la Figura 7 se muestra el robot hexápodo con el brazo de exploración instalado en la parte frontal de su cuerpo.

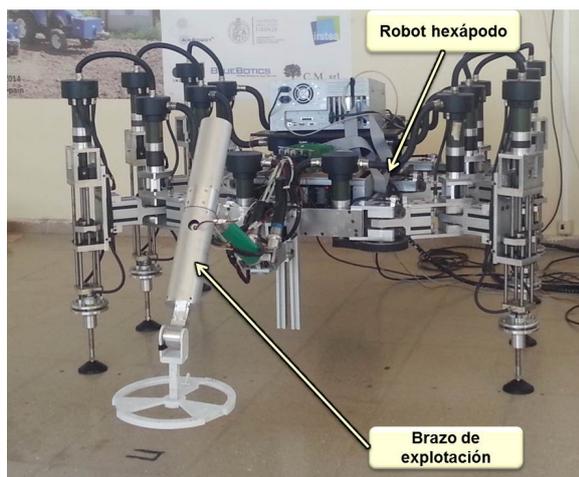


Figura 7. Sistema robótico para búsqueda de minas antipersonas, compuesto por un robot hexápodo y un brazo de exploración.

El brazo manipulador de exploración lleva instalado dos tipos de sensores diferentes, una mini cámara de tiempo de vuelo (ToF) y un sistema multisensorial VRMagic. La primera cámara tiene una resolución de 120 x 160 píxeles utilizada para obtener un mapa de profundidad, una imagen de amplitud y una nube de puntos que contienen las coordenadas cartesianas del objetivo que se está explorando.

La segunda cámara está equipada con dos sensores CMOS síncronos, que adquieren imágenes RGB con una resolución de 754 x 480 píxeles, cada uno. La fusión sensorial entre los datos de la mini-ToF con las imágenes RGB proporciona la información necesaria para conocer el área de exploración que realiza el brazo manipulador. La Figura 8 muestra algunas imágenes/datos obtenidos por el sistema sensorial instalado en el brazo manipulador.

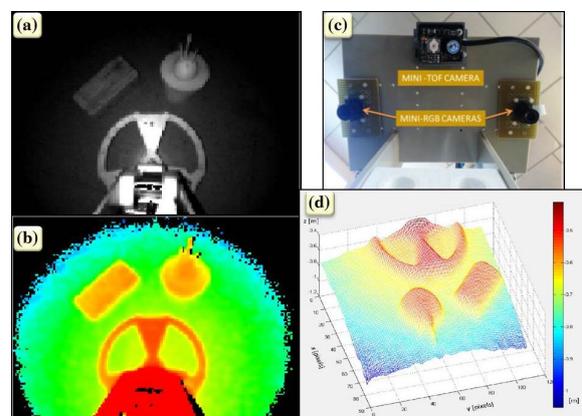


Figura 8. Sistema sensorial instalado en el brazo de exploración. (a) Imagen de amplitud de la mini ToF, (b) datos de rango de profundidad de la mini ToF, (c) sistema sensorial compuesto por una mini-ToF y dos sensores mini-RGB, (d) mapeo del área escaneada.

6 CONCLUSIÓN

Este artículo ha presentado un resumen de las tareas principales que han sido desarrolladas dentro del marco del proyecto TIRAMISU, por parte del Grupo de Robótica de Exteriores y de Servicios del CAR CSIC-UPM, con la finalidad de presentar al lector una información de interés actual, la cual puede ampliar leyendo las referencias citadas y consultado a los autores de este trabajo. Los trabajos realizados se han centrado en el diseño, implementación y validación de varias herramientas que han sido propuestas para ser utilizadas en las fases requeridas del desminado humanitario. Las herramientas desarrolladas poseen un nivel de TRL del 5 y 6, lo cual ha estado muy bien dentro de los requerimientos del proyecto.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto TIRAMISU con Convenio de Subvención N° 284747 del 7PM de la UE, y parcialmente financiado por el proyecto RoboCity2030-III-CM (Robótica aplicada a la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos Fase III, S2013 / MIT-2748), financiado por Programas de Actividades I+D de la Comunidad de Madrid y cofinanciado por los Fondos Estructurales de la UE; y por el proyecto del CSIC Robótica y Sensores para los Retos Sociales (ROBSEN) (PIE 20165E050).

Referencias

- [1] GICHD, (2009) *Annual Report 2009*. Geneva International Centre for Humanitarian Demining. Geneva, Switzerland.
- [2] GICHD, (2015) *Annual Report 2015*. Geneva International Centre for Humanitarian Demining. Geneva, Switzerland.
- [3] Fernández, R., Montes, H., Salinas, C., González de Santos, P., Armada, M., (2012) Design of a training tool for improving the use of hand-held detectors in humanitarian demining. *Industrial Robot: An International Journal*, 39(5): 450 – 463.
- [4] Fernández, R., Montes, H., Gusano, J., Sarria, J., Armada, M., (2014) Design of the Human Machine Interface for training activities with hand-held detectors. In Proc. *International Symposium “Mine Action 2014”*, 23-25 April 2014, Zadar, Croatia, pp. 115-120.
- [5] Vallon, (2012) *VMC1 Mine Detector*. Disponible en: http://www.vallon.de/pdf/VMC1_leaflet_10_2012.pdf.
- [6] Mellar, H., Kambouri, M., Logan, K., Betts, S., Nance, B. and Moriarty, V., (2007) *Effective Teaching and Learning: Using ICT*. London: NRDC.
- [7] Wu, J. P., Tsai, R. J., Chen, C. C., and Wu, Y. C., (2006) An integrative model to predict the continuance use of electronic learning systems: hints for teaching. *International Journal on E-Learning*, 5(2), 287-302.
- [8] Belloch, C., (2012) Entornos Virtuales de Aprendizaje. Obtenido de *Recursos Tecnológicos en Educación y Logopedia*: <http://www.uv.es/bellohc/pedagogia/EVA3.pdf>
- [9] Montes, H., Díaz, E., Fernández, R., Sarria, J., Armada, M., (2015) e-Tutor for training in antipersonnel landmines identification. In Proc. *12th Intl. Symposium MINE ACTION 2015*, 27-30 April, Biograd, Croatia, pp 189-192.
- [10] Fernández, R., Montes, H., Gusano, J., Sarria, J., and Armada, M., (2014) Force and angle feedback prodder. In Proc. 17th Intl. Conf. on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines. July 21-23, Poznan, Poland. *Mobile Service Robotics*, pp. 305-312.
- [11] Montes, H., Fernández, R., De Lorenzo, D., and Armada, M., (2016) Design and implementation of a wireless prodder for instructional purposes in landmine detection. In Proc. 19th Intl. Conf. on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines. Sept. 12-14, London, UK. *Advances in Cooperative Robotics*: pp. 348-355.
- [12] Gonzalez de Santos, P. and Jimenez, M.A., (1995) Generation of discontinuous gaits for quadruped walking machines. *Journal of Robotics Systems*, 12(9): 599-611.
- [13] Habumuremyi, J.C., (1998) Rational designing of an electropneumatic robot for mine detection. In Proc. Of the 1st Intl. *Conference on Climbing and Walking Robots CLAWAR'98*, Brussels, Belgium, November 26-28, pp. 267-273.
- [14] Hirose, S. and Kato, K., (1998) Quadruped walking robot to perform mine detection and removal task. In Proc. of the *1st International Conference on Climbing and Walking Robots*, Brussels, Belgium, pp. 261-266.
- [15] Nonami, K., Huang, Q., Komizo, D., Fukao, Y., Asai, Y., Shiraishi, Y., Fujimoto, M., Ikedo, Y., (2003) Development and control of mine detection robot Comet-II and Comet-III. *JSME International Journal*, Series C, 46(3): 881-890.
- [16] Gonzalez de Santos P, Cobano J, Garcia E, Estremera J, Armada M., (2007) A six-legged robot-based system for humanitarian demining missions. *Mechatronics*, 17: 417-430.
- [17] Montes, H., Mena, L., Fernandez, R., Sarria, J., and Armada, M., (2015) Inspection platform for applications in humanitarian demining. In Proc. 18th Intl. Conf. on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines. Sept. 6-9, HangZhou, China. *Assistive Robotics*, pp. 446-453.