

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

Núñez, 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	
<hr/>	
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 FOTOBIOREACTORES 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	
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>	

Interfaces táctiles para Interacción Humano-Robot

Sara Marqués Villaroya
University Carlos III of Madrid
smarques@ing.uc3m.es

Marcos Maroto
University Carlos III of Madrid
marmarot@pa.uc3m.es

José Carlos Castillo
University Carlos III of Madrid
jocastil@ing.uc3m.es

Juan José Gamboa
University Carlos III of Madrid
jgamboa@ing.uc3m.es

Fernando Alonso-Martín
University Carlos III of Madrid
famartin@ing.uc3m.es

Miguel Ángel Salichs
University Carlos III of Madrid
salichs@ing.uc3m.es

Resumen

En la actualidad, las pantallas táctiles y tabletas han ganado protagonismo en el campo de la interacción humano-robot para robots sociales. Estos dispositivos se utilizan por ejemplo como complemento en sesiones de rehabilitación o estimulación cognitiva. Una de las ventajas que proporcionan estas interfaces es la reducción de algunos de los problemas existentes en los sistemas de comunicación por voz. Así, se proporciona un soporte gráfico en la pantalla y se aumentan las posibilidades de interacción del robot, pudiendo mostrar contenido multimedia, información variada o realizar juegos con el usuario. Para ello es fundamental el diseño de una interfaz gráfica intuitiva y que no requiera un conocimiento previo para su utilización con el fin de que usuarios sin experiencia con este tipo de dispositivos puedan interactuar con ellos sin problemas. Este trabajo realiza un estudio sobre las aplicaciones actuales de pantallas táctiles y tabletas en robots, proporcionando una visión general de los elementos que deberían incorporar este tipo de interfaces. Además, se propone una aplicación a modo de ejemplo que incluye algunos de estos elementos.

Keywords—Robótica social, Interacción táctil, Tablet, Diseño de interfaces gráficas

1. Introducción

La investigación en Interacción Humano-Robot (HRI, por sus siglas en inglés) estudia las relaciones y comunicación entre humanos y robots. A largo plazo, el principal objetivo es permitir una interacción natural entre los seres humanos y los robots. Para conseguir una interacción natural es importante que la comunicación entre el robot y el humano sea multimodal, es decir, que emplee varios métodos de entrada o salida durante la interacción como información verbal, escrita, eventos táctiles o gestos [1]. En el campo de la robótica social, el modo de interacción más común es la voz procesada por los sistemas automáticos de reconocimiento de voz (ASR, por sus siglas en inglés) y el modo de salida más popular es el enunciado verbal del robot, normalmente generado por un sinteti-

zador de voz (TTS, por sus siglas en inglés). A pesar de que el modo de voz sea el más utilizado, suele ir acompañado de gestos, la mirada o el apoyo de una interfaz gráfica que proporcione soporte visual durante la interacción por voz [2].

Otra forma de interacción entre humanos y robots es la interacción táctil, ya sea a través de sensores de tacto tradicionales o a través de una pantalla táctil o tableta. Este tipo de interacción puede ayudar a reconocer e interpretar señales sociales estudiando los datos de duración, la presión y la velocidad con la que se haya tocado al robot o a la pantalla [3].

El trabajo que se presenta en este artículo trata de contribuir a la mejora de la interacción humano-robot, diseñando una aplicación para una pantalla táctil que permita ampliar las posibilidades de interacción del robot y ayude a solucionar los problemas de la comunicación entre la persona y el robot cuando haya problemas en la interacción por voz.

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera: la sección 2 ofrece una revisión de sistemas que integran interfaces gráficas en robots. La sección 3 ofrece la propuesta de una interfaz gráfica que se podría utilizar en aplicaciones para robots sociales. La sección 4 presenta la interfaz gráfica desarrollada, la cual incluye algunas características expuestas en el apartado anterior. Por último en la sección 5 se presentan las conclusiones obtenidas tras la realización de este trabajo.

2. Robots con tabletas o pantalla

La interfaz intuitiva que nos ofrecen las tabletas, favorece la utilización de estos dispositivos en los entornos con robots. Los robots pueden mejorar la experiencia del usuario a través del funcionamiento en conjunto con aplicaciones en dispositivos inteligentes. En esta sección estudiaremos algunas aplicaciones reales de interfaces táctiles en HRI.

- *Juegos*: Popchilla (Interbots, 2011) combina una aplicación de dibujo interactivo con un robot que genera respuestas de movimiento y sonido a la entrada del usuario en la tableta. Este robot es utilizado en terapias pa-

ra niños con autismo [4]. Otros robots como RUBI cuentan con una pantalla táctil en el pecho. En esta pantalla puede mostrar juegos educativos para el desarrollo de vocabulario en los cuales se combinan elementos visuales y sonoros [5].

- *Tareas colaborativas*: Park et al. [6] presentan un conjunto de herramientas HRI que permite utilizar la pantalla de la tableta como un espacio de trabajo entre el humano y el robot. El participante enseña o aprende una nueva tarea a través de la demostración en la tableta como lo haría con otros colaboradores humanos. Para un robot es difícil reconocer las señales sociales de los humanos, la tableta disminuye la incertidumbre ya que está provista de sensores cuantitativos que proporcionan datos sobre el comportamiento gestual del usuario.
- *Comunicación*: En robótica social las pantallas táctiles se pueden utilizar como complemento al ASR en caso de que el robot no esté entendiendo al usuario con claridad [7]. También se pueden utilizar para mostrar componentes multimedia, como imágenes, vídeos o páginas web [8].
- *Localización de fuentes de sonidos*: Experiencias como Nakurama et al. [9] nos muestran como localizar fuentes de sonido en un entorno real mediante una tableta a la que se le añade una matriz de micrófonos. La ventaja en el uso de teléfonos inteligentes y tabletas es que están equipadas con una variedad cada vez mayor de sensores para ayudarnos a filtrar y organizar la gran cantidad de datos existentes en el entorno. La función principal de esta aplicación es la localización de usuarios alrededor del robot.
- *Recolección de información*: Teniendo en cuenta la inclusión de los robots en nuestro día a día podemos pensar en un robot que nos acompañe en nuestras experiencias y deje constancia de ellas. Existen robots como kiro-Pi [10] cuyo objetivo es la grabación y reproducción de momentos vividos por el usuario sin necesidad de que las fotografías o vídeos hayan sido tomados personalmente por dicho usuario, esto se traduce en una mayor interacción con el grupo. Este robot se basa en incorporar la instalación del hardware es una tableta, es decir, una tableta con brazos incorporados.

Por otro lado, existen estudios sobre las ventajas de utilizar una tableta, un robot o ambos dispositivos. Jost et al. [11] diseñaron una experiencia

para ver las diferencias durante un juego (adaptación del juego de memoria Simon) en tres escenarios diferentes: utilizando solo el robot *NAO*, usando únicamente una tableta o utilizando ambos. El primer escenario se basaba en la utilización únicamente del robot *NAO*, el cual sujetaba señales de colores para indicar el color y se las enseñaba al usuario en el orden que debía recordarlas. En el segundo escenario se usaba únicamente una tableta, la cual mostraba cuatro botones de colores que se iluminaban y el usuario debía repetir la secuencia pulsando en la pantalla. Por último, en el tercer escenario se utilizaban tanto el robot *Nao* como la tableta, en este caso la pantalla mostraba 4 botones de colores, igual que en el caso anterior, pero era el robot quien presionaba la tableta siguiendo las órdenes por voz del usuario. En las conclusiones se observa que a pesar de que la atención en el ejercicio es menor en el caso de utilizar tanto el robot como la tableta, en esta situación se produce una mayor interacción visual y verbal con el robot.

3. Propuesta

Uno de los campos donde se puede aplicar el desarrollo de interfaces gráficas para la interacción humano-robot es en las terapias con personas de la tercera edad. Según el estudio realizado por Chantal Kerssens et al. [12], una herramienta como una interfaz gráfica puede ayudar a manejar los síntomas y las necesidades comunes en la vida cotidiana de los ancianos. Además, estas tecnologías se pueden instalar en el hogar ayudando a los cuidadores a lidiar con las necesidades de las personas a su cuidado.

3.1. Módulos software

La aplicación que se propone en este trabajo debe servir tanto para pantallas táctiles genéricas (p. ej. Bellbot [13]), como para robots con una tableta como (p. ej. Pepper [14]), por lo que se deberá desarrollar de forma genérica pudiendo ser utilizada en escritorio y en un dispositivo inteligente.

Muchas plataformas robóticas actuales utilizan ROS [15], por lo que el primer componente del sistema que controla la tableta implementará la comunicación con el robot (ver parte superior de la figura 1). ROS es una arquitectura de software específicamente desarrollada para uso con robots que ofrece procesos modulares, mecanismos de comunicación muchos-a-muchos y muchos-a-uno y gran estabilidad. Los procesos de ROS se llaman nodos. Éstos son independientes y se ejecutan en paralelo. Pueden intercambiar datos a través de tópicos (canales de datos identificados únicamen-

te por su nombre) y además las funciones de un nodo dado pueden ser llamadas desde otros nodos usando un servicio, únicamente definido por un nombre o por un mensaje (estructura de datos estrictamente mecanografiada). Por lo tanto, un nodo interesado en un cierto tipo de dato se suscribirá al tópico apropiado. Pueden haber varios editores (*publishers* en inglés) y suscriptores (*subscribers* en inglés) simultáneos para un solo tópico y un solo nodo puede publicar y/o suscribirse a varios tópicos.

El segundo componente del sistema que controla la tableta implementará la comunicación con la interfaz gráfica, actualizando lo que se muestra en la tableta en cada momento (ver parte central de la figura 1). Una gran parte de las interfaces gráficas utilizan QML¹, ya que permite describir qué componentes las forman y cómo estos interactúan entre sí. Por tanto, el puente entre la comunicación con el robot y la gestión de la interfaz se realizará utilizando este lenguaje.

Otro punto a favor de la utilización de la programación en QML es que permite la conexión entre los componentes de la interfaz gráfica y las propiedades que se ven modificadas por los parámetros de ROS, lo cual permite que dichos componentes se puedan crear de forma dinámica y por tanto, se pueda reducir la memoria utilizada para la aplicación.

3.2. Componentes de la interfaz de usuario

En líneas generales, es posible definir el tipo de contenido que una aplicación desarrollada para una pantalla táctil debe ser capaz de mostrar. En este caso, se proponen los componentes que mejor se ajustan a la aplicación propuesta: ejercicios de terapia con ancianos.

En primer lugar, es necesario mostrar contenido textual que permitirá mostrar recordatorios y explicaciones de las actividades que se van a realizar. También se dispondrá de la posibilidad de mostrar información visual y auditiva sobre como realizar una tarea básica a través de vídeos o recordatorios de eventos importantes a través de imágenes y audios de seres queridos. Otra característica de la que se deberá disponer será la de mostrar información web en la pantalla (noticias, previsión meteorológica...). Por último, es necesario tener algún tipo de pantallas que permitan la interacción directa entre la interfaz y el usuario, para ello se utilizarán pantallas de menús con botones. Este último tipo se utilizará principalmen-

te en las sesiones de estimulación cognitiva y en aquellos momentos en los que la interacción por voz humano-robot tenga dificultades.

3.3. Pantallas a partir de los componentes

Una de las funcionalidades que pueden tener este tipo de interfaces es su utilización de sesiones de rehabilitación y estimulación cognitiva. Teniendo este factor en cuenta se han estudiado el tipo de pantallas con las que se cuentan en diferentes hospitales en los que se utilizan ordenadores para este tipo de sesiones.

Uno de los factores a valorar es que en este tipo de sesiones el nivel de dificultad se adapta al usuario y por tanto, se deberán desarrollar desde pantallas sencillas en las cuales únicamente se muestre un texto o una imagen hasta pantallas complejas en las que los objetos se desplazarán por ella en forma de animación para que se pulse sobre ellos.

Algunos de los ejemplos que sería interesante desarrollar serían:

- *Pantallas donde se escoge una opción:* en este tipo de pantallas se mostrará una pregunta en la parte superior y el usuario deberá responder entre las opciones del menú central.
- *Pantallas donde se relacionan conceptos:* en este tipo de pantallas el usuario deberá relacionar un concepto con algún tipo de estímulo visual (texto, imágenes) para realizar correctamente el ejercicio.

4. Ejemplo práctico

En la actualidad se ha desarrollado una aplicación que permite realizar en gran medida, todas las capacidades explicadas en el apartado anterior. Esta aplicación se ha desarrollado para que pueda ser utilizada tanto en una pantalla de ordenador como en un dispositivo Android (smartphone o Tablet). Para el desarrollo de la aplicación se ha utilizado el entorno y librerías de *Qt*², ya que permite la programación en QML y en C++. Estos dos lenguajes de programación permiten realizar tanto la comunicación entre el robot y la tableta como el desarrollo de la interfaz gráfica.

Las plataformas para las que se ha desarrollado la aplicación son: por un lado el robot *Maggie* [16], que cuenta con una pantalla táctil instalada en el pecho; el robot *Mbot* [17], equipado nuevamente con una pantalla táctil; y finalmente el robot *Mini* [18], donde el interfaz táctil es una tableta de 10" con sistema operativo Android (ver figura 2).

¹Documentación de QML: <http://doc.qt.io/qt-5/qtqml-index.html>

²Sito web de Qt: <https://www.qt.io/es/>

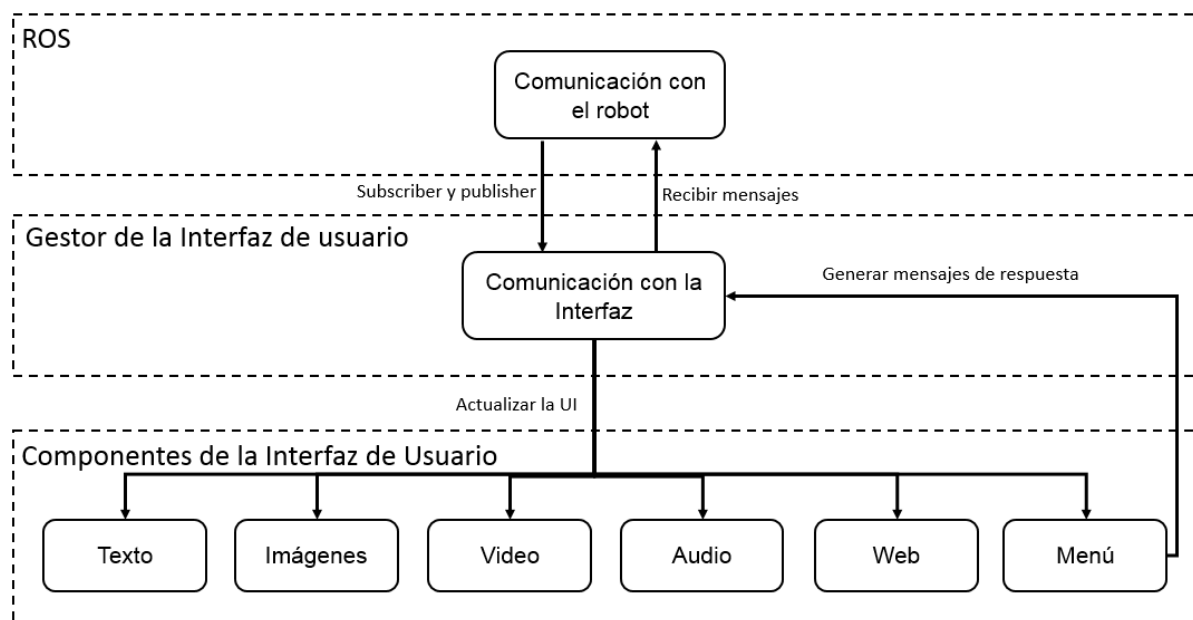


Figura 1: Relación entre las conexiones que se realizan entre un robot y una interfaz con el usuario. En la parte superior se puede observar el componente de ROS, encargado de realizar la comunicación con el robot. En la parte media se encuentra el componente encargado de realizar la función de gestor de la interfaz de usuario conectando los comandos enviados por el robot con los componentes de la interfaz. Por último la parte inferior muestran los distintos componentes que deberá contener la interfaz.



Figura 2: Plataformas para las que se ha desarrollado la aplicación. Arriba, izquierda, robot Maggie. Arriba, derecha, robot Mbot. Abajo, robot Mini.

4.1. Tipos de pantallas desarrolladas

Las pantallas desarrolladas hasta el momento son por un lado las pantallas para poder mostrar contenido multimedia, en ellas se puede mostrar texto, imágenes, vídeos, audios, gifs y páginas web. Este tipo de pantallas se utilizan para el desarrollo de ejercicios de estimulación cognitiva como por ejemplo el ejercicio de las comidas, en el cual

se muestra la fotografía de una comida típica española y el usuario tiene que responder utilizando la voz en que zona de España se cocina (ver figura 3, izquierda). Por otro lado pantallas en las que se pueda mostrar un menú de botones. En estas pantallas el número de botones se puede configurar en cada caso, con un máximo de 5. Además en cada botón se puede mostrar o bien un texto o bien una imagen, dependiendo del tipo de ejercicio que se quiera realizar. Este tipo de pantallas están diseñadas para realizar la función método de entrada en la interacción humano-robot, es decir, el usuario puede enviar información al robot a través de ellas. En la figura 3, centro y derecha, se muestran dos ejemplos de menús con las dos configuraciones posibles (texto e iconos).

5. Conclusiones

En este artículo se ha realizado un repaso por la manera en que se usan las pantallas táctiles y tabletas en trabajos y proyectos relevantes en el ámbito de la robótica social, haciendo especial mención en la utilización de este tipo de robots en las terapias de rehabilitación cognitiva. Se han comentado las características importantes que debería incorporar una aplicación para este tipo de aplicaciones y se ha presentado una aplicación capaz de mostrar contenido multimedia y pantallas de tipo menú, todo ello gestionado por el robot.

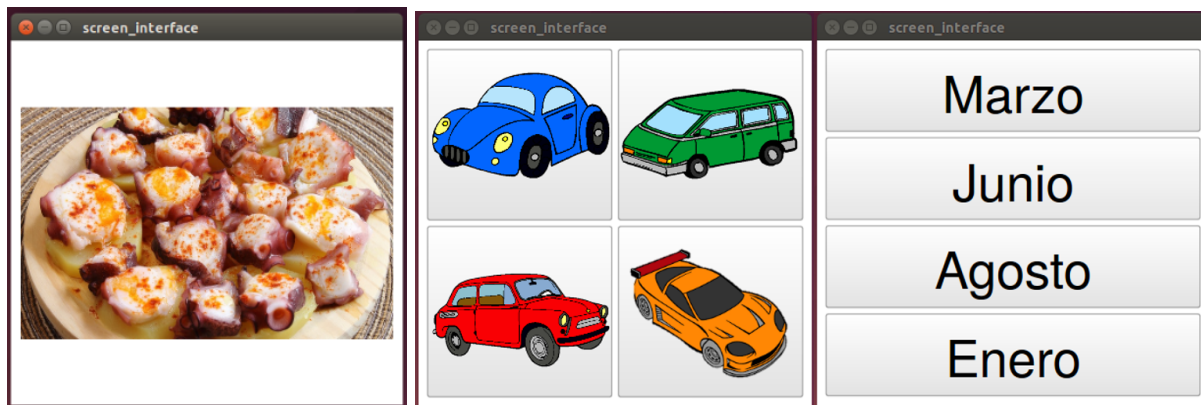


Figura 3: Pantallas de la aplicación para escritorio en las que se muestran dos tipos de menús. Izquierda: Pantalla de la aplicación para escritorio en la que se muestra una imagen. Centro: Menú en el que los botones son imágenes. Derecha: Menú en el que los botones se muestra texto.

La arquitectura desarrollada para el sistema permite que la pantalla táctil pueda ser utilizada como método de salida (mostrar contenido) o como modo de entrada (respuesta del usuario en los menús).

Las principales aplicaciones a las que pueden destinarse este tipo de interfaces son aquellas en las que se requiere un tipo de ejercicios concretos, en los cuales un soporte gráfico resulta beneficioso (ejercicios de memoria, de relacionar conceptos...) y aquellas en las que la interacción humano-robot por voz resulte complicada (por factores ambientales o por falta de entendimiento entre el humano y la máquina).

Por otro lado, la instalación de sistemas robot-tableta en centros de día o residencias de ancianos podrían ser útiles a la hora de realizar sesiones de rehabilitación cognitiva, ayudar a ejecutar las tareas diarias o entretener a las personas mayores en su día a día. Por este motivo es clave que el diseño de la aplicación sea lo más sencillo posible para facilitar su uso.

Finalmente, tomando como base este trabajo sería interesante realizar mejoras en la aplicación existente, dotándola de todas las funcionalidades nombradas y comprobar con usuarios la utilidad de este tipo de tecnología como apoyo en la interacción humano-robot.

Agradecimientos

La investigación desarrollada ha recibido financiación de dos proyectos: “Development of social robots to help seniors with cognitive impairment” (ROBSEN), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, y “RoboCity2030-III-CM”, financiado por la Comunidad de Madrid y cofinanciado por los Fondos Estructurales de la Unión Europea.

Referencias

- [1] M. Scheutz, P. Schermerhorn, J. Kramer, and D. Anderson, “First steps toward natural human-like hri,” *Autonomous Robots*, vol. 22, no. 4, pp. 411–423, 2007.
- [2] F. Alonso-Martín, A. Castro-González, F. J. F. d. G. Luengo, and M. Á. Salichs, “Augmented robotics dialog system for enhancing human–robot interaction,” *Sensors*, vol. 15, no. 7, pp. 15799–15829, 2015.
- [3] J. B. Van Erp and A. Toet, “Social touch in human–computer interaction,” *Frontiers in digital humanities*, vol. 2, p. 2, 2015.
- [4] H. W. Park and A. M. Howard, “Tabaccess, a wireless controller for tablet accessibility for individuals with limited upper-body mobility,” Georgia Institute of Technology, 2013.
- [5] M. Malmir, D. Forster, K. Youngstrom, L. Morrison, and J. R. Movellan, “Home alone: Social robots for digital ethnography of toddler behavior,” in *2013 IEEE International Conference on Computer Vision Workshops*, pp. 762–768, Dec 2013.
- [6] H. W. Park and A. Howard, “Providing tablets as collaborative-task workspace for human-robot interaction,” in *Human-Robot Interaction (HRI), 2013 8th ACM/IEEE International Conference on*, pp. 207–208, IEEE, 2013.
- [7] J.-H. Han, M.-H. Jo, V. Jones, and J.-H. Jo, “Comparative study on the educational use of home robots for children,” *Journal of Information Processing Systems*, vol. 4, no. 4, pp. 159–168, 2008.

- [8] K. Goris, J. Saldien, B. Vanderborght, and D. Lefeber, “Probo, an intelligent huggable robot for hri studies with children,” in *Human-Robot Interaction*, Intech, 2010.
- [9] K. Nakamura, L. Sinapayen, and K. Nakadai, “Interactive sound source localization using robot audition for tablet devices,” in *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2015 IEEE/RSJ International Conference on*, pp. 6137–6142, IEEE, 2015.
- [10] M. Yamamoto, S. Aoyagi, S. Fukumori, and T. Watanabe, “Kiropi: A life-log robot by installing embodied hardware on a tablet,” in *Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), 2015 24th IEEE International Symposium on*, pp. 258–263, IEEE, 2015.
- [11] C. Jost, M. Grandgeorge, B. Le Pévédic, and D. Duhaut, “Robot or tablet: Users’ behaviors on a memory game,” in *Robot and Human Interactive Communication, 2014 RO-MAN: The 23rd IEEE International Symposium on*, pp. 1050–1055, IEEE, 2014.
- [12] C. Kerssens, R. Kumar, A. E. Adams, C. C. Knott, L. Matalenas, J. A. Sanford, and W. A. Rogers, “Personalized technology to support older adults with and without cognitive impairment living at home,” *American Journal of Alzheimer’s Disease & Other Dementias*, vol. 30, no. 1, pp. 85–97, 2015. PMID: 25614507.
- [13] J. López, D. Pérez, E. Zalama, and J. Gómez-García-Bermejo, “Bellbot-a hotel assistant system using mobile robots,” *International Journal of Advanced Robotic Systems*, vol. 10, no. 1, p. 40, 2013.
- [14] F. Tanaka, K. Isshiki, F. Takahashi, M. Uekusa, R. Sei, and K. Hayashi, “Pepper learns together with children: Development of an educational application,” in *Humanoid Robots (Humanoids), 2015 IEEE-RAS 15th International Conference on*, pp. 270–275, IEEE, 2015.
- [15] M. Quigley, K. Conley, B. Gerkey, J. Faust, T. Foote, J. Leibs, R. Wheeler, and A. Y. Ng, “Ros: an open-source robot operating system,” in *ICRA workshop on open source software*, vol. 3, p. 5, 2009.
- [16] M. A. Salichs, R. Barber, A. M. Khamis, M. Malfaz, J. F. Gorostiza, R. Pacheco, R. Rivas, A. Corrales, E. Delgado, and D. Garcia, “Maggie: A robotic platform for human-robot social interaction,” in *2006 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics*, pp. 1–7, June 2006.
- [17] V. González-Pacheco, Á. Castro-González, M. Malfaz, and M. A. Salichs, “Human robot interaction in the monarch project,” in *Proc. 13th Workshop Robocity2030*, pp. 1–8, 2015.
- [18] Á. Castro-González, J. C. Castillo, F. Alonso-Martín, O. V. Olortegui-Ortega, V. González-Pacheco, M. Malfaz, and M. A. Salichs, “The effects of an impolite vs. a polite robot playing rock-paper-scissors,” in *International Conference on Social Robotics*, pp. 306–316, Springer, 2016.