

ACTAS

DE LAS

XXXVIII Jornadas de Automática

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



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo



CEA
Comité Español
de Automática

Colabora

Gijón

Convention Bureau

Actas de

XXXVIII

Jornadas de Automática

© 2017 Universidad de Oviedo
© Los autores

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

DL AS 2749-2017

ISBN: 978-84-16664-74-0

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

Prefacio

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

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

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

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

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

Gijón, septiembre de 2017

Hilario López
Presidente del Comité Organizador

Program Committee

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

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

Revisores Adicionales

Al-Kaff, Abdulla

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

Cancela, Brais

Ferraz, Luis

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

Hernandez Ruiz, Alejandro
Hernandez, Daniel

Jardón Huete, Alberto

López, Amable

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

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

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>	

AUTOMATIZACIÓN Y MONITORIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE ENSAYO DE MOTORES

Miguel Ochoa Vega

AVL Ibérica S.A. Departamento de Ingeniería eléctrica y automática.
Paseo Arco de Ladrillo 68, planta 5ª, Valladolid, 47007, España. {miguel.ochoa@avl.com}

Eduardo Julio Moya de la Torre, Fco. Javier García Ruiz, Alfonso Valentín Poncela Méndez
Instituto de las Tecnologías Avanzadas de la Producción, ITAP.
Escuela de Ingenierías Industriales, Paseo del Cauce 59, Valladolid, 47011, España. {poncela@eii.uva.es}

Resumen

El objetivo del presente artículo es el de presentar la automatización y monitorizado (local y remoto) de las instalaciones (facilites) de un edificio de celdas de ensayo para probar motores de tractor en Turquía. El edificio de celdas de ensayo tiene la peculiaridad de haber sido prefabricado en contenedores en Austria y trasladado hasta su ubicación final.

Las tareas aquí presentadas describen los diferentes componentes del sistema de control (PLC's), los interface hombre máquina (HMI's), los medios para acceso remoto, y las comunicaciones entre dispositivos. Se trata de una instalación real, estable y en funcionamiento.

Palabras Clave: contenedor banco de ensayo, ensayo de motores, automatización, monitorizado, comunicaciones industriales, PLC, SCADA, HMI, VPN, acceso remoto.

1 INTRODUCCIÓN

El trabajo, a nivel industrial, queda enmarcado en el campo de la industria de automoción. Concretamente dentro del desarrollo y pruebas de motores para maquinaria agrícola, tractores para cultivo. En esta industria, los requisitos de plazo del mercado son cada vez más demandantes. Nos encontramos con que los tiempos de desarrollo de un vehículo se han visto disminuidos drásticamente y las previsiones de futuros son aún más exigentes, como se puede ver en la Figura 1.

El tiempo de desarrollo a principios de 2012 era de unos 42 meses. Las previsiones [1] muestran que en 2020 este tiempo será de únicamente 20 meses. Si nos centramos en el mercado de maquinaria agrícola, al requerimiento de plazo se debe sumar el aumento de la demanda de maquinaria. La producción de cereal ha aumentado en un 40% desde principios de

este siglo [2].

50% REDUCTION OF DEVELOP LEAD-TIME UNTIL 2020

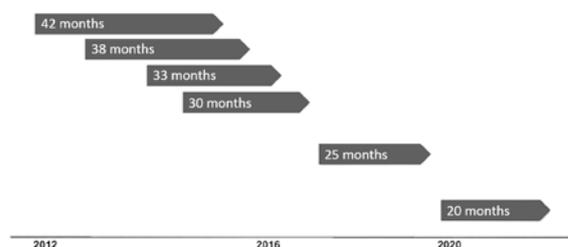


Figura 1: Previsiones desarrollo automovil. SAE. Morey, 2014

Queda claro que hay que probar más vehículos y hay que probarlos en menos tiempo. A mayores, el cómo hay que probarlos también juega en esta ecuación. Las pruebas más limitantes a día de hoy son las de emisiones contaminantes. Las normativas EURO, conocidas en el ámbito de aplicación de los turismos, tienen su equivalente en la norma “Reglamento (UE) 2016/1628 del Parlamento Europeo y del Consejo del 14 de septiembre 2016 [4]. Véase la Tabla 1 sobre los requisitos relativos a los límites de emisiones de gases y partículas contaminantes y a la homologación de tipo para los motores de combustión interna que se instalan en las máquinas móviles no de carretera.

Tabla 1: Límites de emisiones maquinaria

Fase de emisiones	Subcategoría motor	Potencia kW	CO g/kWh	HC g/kWh	NOx g/kWh	PM g/kWh	PN #/kWh	A
Fase V	IWA-V-1 IWA-C-1	19<P<75	5	HC+CO<4,7	0,3	---	---	6
Fase V	IWA-V-2 IWA-C-2	75<P<130	5	HC+NOx<5,4	0,14	---	---	6

Las condiciones de contorno de nuestro problema, podrían enunciarse según esta frase: El mercado necesita más bancos de ensayo, para pruebas de emisiones en un menor plazo. La respuesta de AVL [3] -primera empresa a nivel mundial en bancos de ensayos de motores- es “fabricar” de forma modular el edificio de ensayos por completo, en vez de

“construirlo” en casa del cliente. Un banco de ensayos de motor (véase Figura 2), consiste en una sala cerrada, aislada acústica y térmicamente dentro de la cual se prueba un motor de combustión. El motor se acopla al dinamómetro, que simula el par resistente. Para fijarlo al suelo, se tiene una bancada de acero. Puesto que el motor se encuentra desnudo, todos sus auxiliares – radiador, circuito de aceite, bomba combustible- han de ser simulados mediante equipos de acondicionamiento. La sala cuenta con una ventilación, para eliminar el calor del motor y una toma de aire fresco y otra de escape de humos. Estas salas tienen diferentes propósitos, según lo que se requiera ensayar. Uno de los más comunes, son ensayos de emisiones de gases contaminantes.

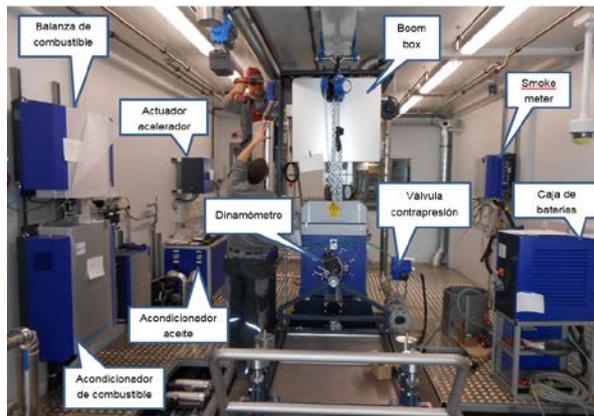


Figura 2: Vista general sala de ensayo

De todas las disciplinas que intervienen en este proyecto (obra civil, mecánica, electricidad...) el presente artículo se centra en las ramas relacionadas con la automatización.

La automatización, como pieza clave de la ingeniería de bancos de ensayo en contenedor, ha de cumplir con los plazos y calidades requeridas por el cliente

Del enunciado anterior se extraen los siguientes objetivos, de los que se ha partido en este artículo.

- Programación de PLCs. Desarrollo de código y depuración de un total de 5 PLCs de la gama S7-1200 de Siemens. Desarrollo de maniobras de funcionamiento, alarmas, parámetros de mantenimiento y controladores PID.
- Programación de sistema SCADA: Desarrollo gráfico y de interface de un total de 3 sistemas SCADAs para la visualización, registro de datos, alarmas, eventos y tareas de mantenimiento. La herramienta para este desarrollo ha sido el software AVL TFControl [3]. A mayores, para uno de los PLCs de la instalación, por tratarse de una máquina standard, se desarrollará un sistema HMI dedicado, basado en servidor web embebido en su PLC.

- Implementación de comunicaciones industriales. Programación de comunicaciones Profibus DP con sistema Maestro AVL PUMA [3]. Programación de comunicaciones S7 entre diferentes PLCs de la instalación, incluidos PLCs propios y de terceros. Se estandarizará la estructura de programación, para reducir plazos y costes.
- Puesta en marcha de la instalación: recepción de armarios eléctricos en taller. Pre puesta en marcha de las instalaciones en Austria y puesta en marcha final en Ankara, Turquía. Generación de certificados de prueba y protocolos de aceptación por el cliente.
- Solución de acceso remoto fiable y estándar dentro de la empresa: Estudio de mercado sobre las distintas soluciones de acceso remoto a PLCs. Comparativa entre solución de desarrollo propio y comercial. Implementación de software de acceso remoto basado en tecnología VPN

Para la presentación de los trabajos llevados a cabo en la consecución de los objetivos precedentes, el presente artículo se ha estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 se hace una descripción de la instalación, presenta un layout de la instalación, así como los principales componentes que son directamente controlados por el sistema de automatización y o tienen interface con él; en la sección 3 se explican en las tareas de automatización los diferentes pasos realizados para automatizar la instalación descrita en el capítulo anterior. Esta sección a su vez se divide en varias subsecciones, según las diferentes disciplinas implicadas en el proyecto como son el desarrollo PLC, desarrollo SCADA y acceso remoto. En la sección 4 se presentan las conclusiones extraídas y se finaliza el trabajo con la lista de referencias utilizadas y citadas.

2 DESCRIPCIÓN LA INSTALACION

El edificio de ensayos (Figura 3) está construido dentro del recinto de la fábrica, como un edificio independiente. Se sitúa junta a la campa de acopio de unidades fabricadas. El proyecto completo, consiste en el suministro e instalación de los siguientes componentes:

- Edificio principal. Celdas de ensayo
- Contenedor de servicios. Grupos de bombeo, depósitos de inercia y compresor
- Enfriadora para producir agua fría a 2-7°C
- Transformadores y armarios de distribución.

Los dos edificios cuyas instalaciones tenemos que automatizar son el edificio de ensayos (Figura 4) y el contenedor de servicios (Figura 5)

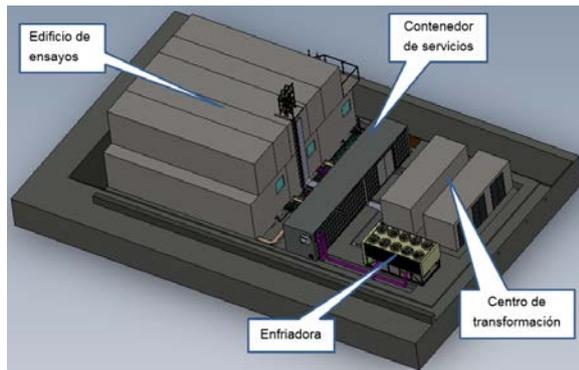


Figura 3: Vista general de la instalación

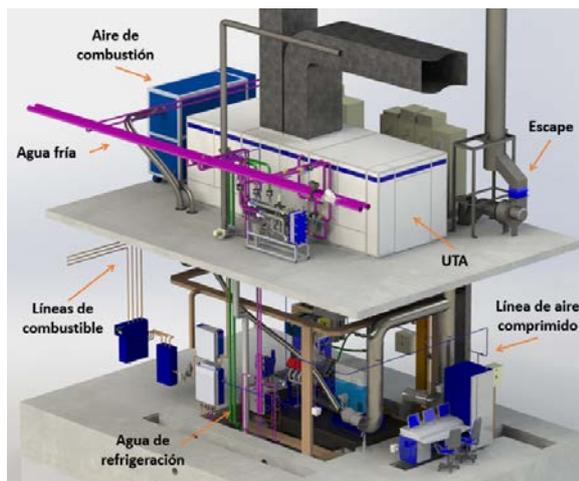


Figura 4: Edificio principal. Celda1.

La Figura 4 muestra los componentes del banco de ensayo y sus instalaciones asociadas. El edificio principal consta de dos celdas de ensayo. Las celdas se sitúan en la planta baja, y las instalaciones necesarias para cada una de ellas en la planta superior. En la planta superior se encuentran las unidades de ventilación, los equipos de aire de admisión y los extractores de escape. El edificio principal cuenta con dos salas de ensayo, separadas por una sala de equipos de emisiones y otra de almacenamiento de botellas de gases. En el edificio principal también se encuentran las salas de control.



Figura 5: Contenedor de servicios

El contenedor de servicios, mostrado en la Figura 5 se encarga de proveer los diferentes fluidos y energías primarias al edificio principal.

- Agua 7/12°C
- Agua 25°C
- Combustible
- Aire comprimido.

Se tiene un circuito de agua helada que envía agua a 7/12°C al edificio principal. Los consumidores de esta agua en el edificio principal son las unidades de ventilación y aire de admisión, los acondicionadores de combustible y los equipos de refrigeración de intercooler. El principio de funcionamiento del sistema es el siguiente: Cuando el sistema se enciende, las bombas de velocidad constante arrancan inmediatamente, enviando el agua hacia la planta enfriadora. Después de la enfriadora, nos encontramos con los tanques de inercia, donde el agua se almacena para aumentar la disponibilidad del sistema y se reducen las posibles fluctuaciones de temperatura. Puesto que puede que no todos los consumidores de agua estén demandando a la vez, el grupo de bombeo variable, ajusta su velocidad utilizando un controlador PID en función de la presión diferencial entre el punto de impulsión y retorno hacia las celdas.

Del mismo modo, se tiene un circuito de agua fría a ~25°C. El principio de funcionamiento del sistema es similar al anterior. La generación de frío se realiza mediante un intercambiador de calor contra el circuito de agua helada. La temperatura de salida de este intercambiador se controla realizando un PID contra una válvula de 3 vías situada en el primario del intercambiador, en el circuito de agua helada. La bomba en esta aplicación es de velocidad constante y la regulación de caudal se realiza utilizando una válvula reguladora de presión en impulsión. La regulación es puramente mecánica, no interviene el sistema de automatización. El principal consumidor de este circuito es el propio motor que se está probando en la celda de ensayo.

El contenedor de servicios también es responsable del suministro de combustible a las celdas. Para mantener constante la presión a la entrada de los equipos de medida y acondicionamiento de combustibles, el combustible es bombeado a unos depósitos de 60 litros – uno para cada tipo de combustible- situados en la terraza del edificio principal. Estos pequeños depósitos de combustible se conocen como jornaleros. El funcionamiento del sistema es sencillo. En cada una de las celdas, el utilizador puede seleccionar combustible del tipo 1 o de tipo 2. Esto abre la válvula de solenoide del combustible correspondiente. El nivel del tanque está monitorizado por un sensor de flotador. En el momento que se detecta nivel bajo, la válvula de

entrada se abre hasta que el nivel vuelve a ser alto. Existe una alarma por nivel demasiado alto, que cierra automáticamente la entrada de combustible. En el caso del combustible de los barriles, el relleno del tanque es manual. El operador ha de activar una bomba para poder volver a llenar el tanque superior. En cuanto al aire comprimido, se trata de una red de 6bar. Los únicos elementos de supervisión o control que tiene el sistema de automatización en este circuito, son una electroválvula de corte y un presostato. La válvula de corte cerrará cuando se produzca algún evento de seguridad en el interior de la celda (paro de emergencia, incendio...)

3 TAREAS DE AUTOMATIZACIÓN

Una vez entendida la instalación se ha realizado una selección de sensores – de manera conjunta con los diseñadores de fluidos- para controlar el proceso. Se han empleado sensores para la medida de temperaturas TN2531 [5]. Los sensores de presión utilizados son PN2024 [6] en el caso de medidas continuas, y PK5524 [7] en el caso de presostatos. Se han empleado detectores de flujo modelo SI6800 [8] y detectores de nivel KG8008 [9]. Los detectores de nivel empleados para combustibles, han de ser intrínsecamente seguros. Por ello se ha recurrido al modelo KSB KUEBLER 1003 [10]. En cuanto a los actuadores, las válvulas todo o nada son Genebre modelo 5528 [11], y las proporcionales son Sauter modelo AVM234S [12]. Los variadores de velocidad empleados para el control de bombas son Siemens Sinamics G120C. Una vez seleccionados los sensores y conectados a los armarios de control, se dispone de la lista entradas y salidas, punto de partida para las tareas de automatización y desarrollo HMI. Se han programado los elementos de la Tabla 2

Tabla 2: elementos de automatización.

Elemento	Descripción
LVDC00	PLC contenedor de servicios
LVDC01	PLC control celda 1
LVDC02	PLC control celda 2
LVDC03	PLC control sala emisiones
SCADA00	SCADA monitorización servicios
SCADA01	SCADA monitorización celda 1
SCADA02	SCADA monitorización celda 2

3.1 DESARROLLO PLC

La solución de automatización se ha realizado empleando PLCs Siemens S7-1200. Se ha situado un PLC dentro de cada uno de los armarios eléctricos,

en cada uno de los contenedores según Figura 6 y Figura 7. Disponer de un PLC en cada uno de los contenedores, nos permite probarlos por separado antes de la instalación final.

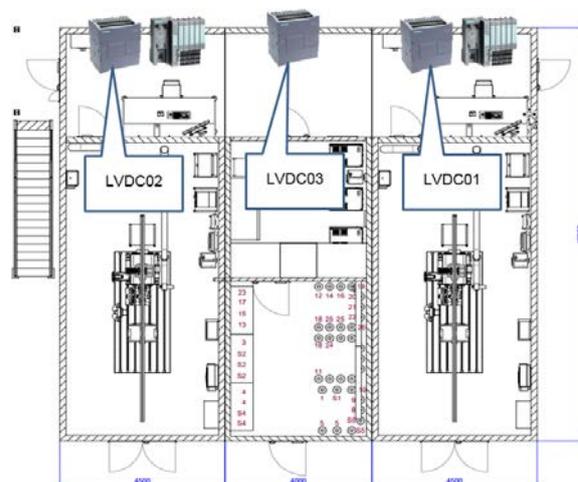


Figura 6: Posición de PLCs. Edificio principal.

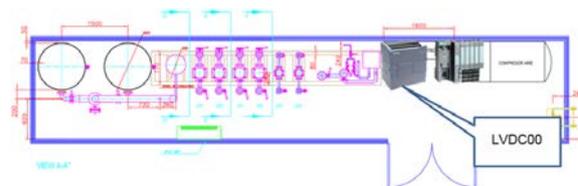


Figura 7: Posición de PLCs. Contenedor de servicios

Los PLCs se nombran de la misma manera que el armario eléctrico que los contiene. Las tareas que realizan los PLCs del edificio principal, son la vigilancia de elementos de los propios armarios eléctricos, como los auxiliares de automáticos, guardamotores y contactores. Del mismo modo, controla los principales servicios de la celda, como la unidad de ventilación, válvulas de acometida, enchufes y tomas pilotas. El PLC del contenedor de servicios realiza todas las funciones anteriores y a mayores es el encargado de la regulación de los circuitos de agua fría y agua helada.

La Figura 8 muestra el sinóptico de proceso del control de temperatura del agua fría y sobre él el flujo de información hacia y desde el controlador PID. La variable que se pretende controlar, es la temperatura de impulsión del agua fría. Para ello, el valor medido por el PID es la sonda de temperatura que se encuentra en la aspiración de las bombas. El valor que se pretende conseguir en esa sonda es de aproximadamente 30°C. Para ello, se cuenta con una válvula de control de tres vías. Esta válvula, está instalada en configuración mezcladora, a la salida del intercambiador de calor, balancea el caudal de agua helada que trasiega por el primario del intercambiador de calor.

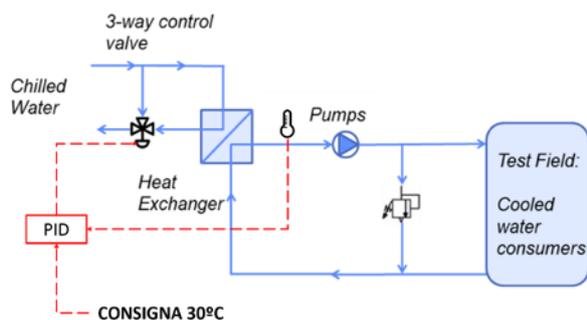


Figura 8: Esquema circuito agua fría

De este modo se controla la potencia transmitida por el intercambiador de calor y por consiguiente la temperatura del agua a su salida. La precisión de la temperatura que se quiere conseguir en este control no es muy demandante. Un control de $\pm 5^\circ\text{C}$ suele considerarse aceptable, ya que el principal consumidor de este tipo de agua es la refrigeración del bloque motor. Este control no se realiza directamente utilizando el agua de este circuito, si no que existe un equipo de acondicionamiento que cuenta con un intercambiador de calor que es el encargado de conseguir una precisión de regulación mayor en el circuito del motor a ensayar.

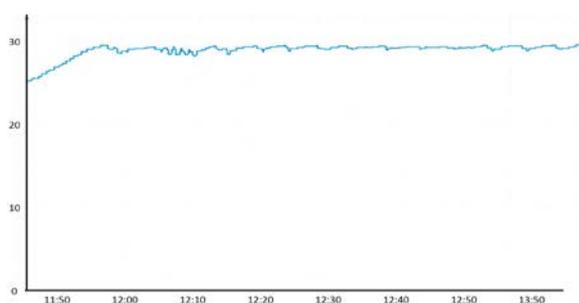


Figura 9: Control temperatura de agua fría

La Figura 9 muestra el gráfico de aceptación por parte del cliente final de la regulación del control de temperatura. Tanto la potencia de refrigeración como su control de temperatura son adecuados para el proceso. La oscilación que se observa durante los primeros ciclos tras el arranque no es un problema. Parece que puede ser debida al agua acumulado en el tramo de bypass de la instalación tras el primer arranque. En el momento que todo el agua empieza a circular y las temperaturas en los distintos puntos se estabilizan, la actuación de la válvula se estabiliza y el control de temperatura también.

La Figura 10 muestra el sinóptico de proceso del control de presión del agua helada y sobre él el flujo de información hacia y desde el controlador PID. La variable que se pretende controlar, es la diferencia de presión de impulsión y retorno del agua helada. Para ello, el valor medido por el PID es la resta de los valores medidos por los sensores de presión de impulsión y retorno.

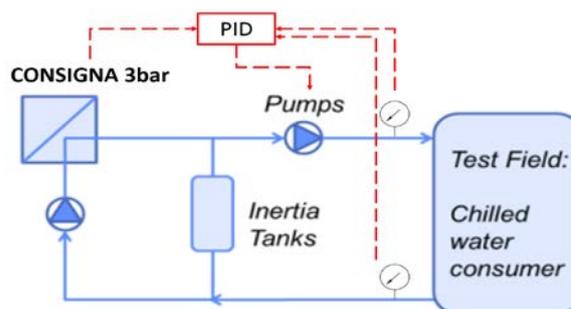


Figura 10: Esquema circuito agua helada

El valor que se pretende conseguir en esa diferencia de medidas es de 3 bar. Para ello, se cuenta con dos bombas, cuyos motores están comandados por sendos variadores de frecuencia. Conforme se abren los diferentes consumidores de agua helada en el lado de las celdas, la resistencia hidráulica del circuito disminuye. El caudal que han de enviar las bombas hacia el proceso es mayor, para satisfacer la demanda de los nuevos consumidores. Para mantener el caudal que requiere cada uno de estos consumidores, es necesario ajustar la presión de red. Para aumentar la presión, se aumenta la velocidad de giro de las bombas mediante variadores de velocidad.

El requerimiento de precisión en este control es mayor que en el control de temperatura. Los consumidores de este circuito están diseñados asumiendo una determinada presión de red. En el caso de que la presión de red salga del rango esperado, estos consumidores (acondicionador, de combustible, intercooler, ventilación...) dispararán alarmas y no funcionarán. No existe un valor requerido por el cliente. Se asumirá como valor límite, una diferencia de presión de ± 0.2 bar.

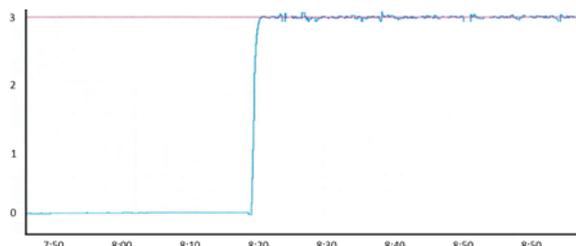


Figura 11: Control presión de agua helada

La Figura 11 muestra el gráfico de aceptación por parte del cliente final de la regulación del control de presión. Puesto que el control de presión es un control intermedio – la magnitud que tienen que controlar los acondicionadores es la temperatura- es fundamental que este control cumpla dos requisitos básicos: ha de ser más rápido en orden de magnitud que el control de temperatura (si las constantes de tiempo fuesen similares, ambos controladores se podrían acoplar); también ha de ser más preciso. Una oscilación en el control de presión, variará el flujo a

través de los intercambiadores de calor, ocasionando oscilaciones en el control de temperatura.

Una vez descritas las funciones de cada uno de los PLCs por separado, la Figura 12 lo ilustra.

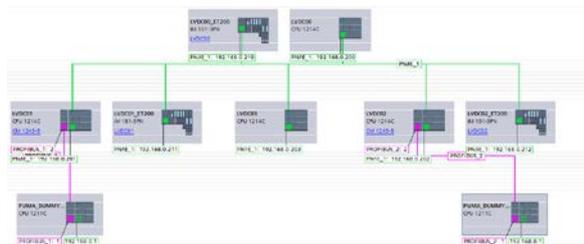


Figura 12: Estructura de red

Los PLCs de celda comunican con el PC industrial AVL Puma a través del protocolo Profibus DP, actuando como esclavos Profibus. Para ello se emplea el módulo CM1242-5 de Siemens. Del mismo modo, cada uno de los PLCs de celda, comunica con la ventilación de la celda correspondiente utilizando el protocolo S7, basado en Ethernet. Los PLCs de la ventilación son S7-300 y han sido programados por un tercero. Cada uno de los PLCs de celda comunica con el PLC del contenedor de servicios mediante otra comunicación S7.

3.2 DESARROLLO SCADA

Se ha desarrollado un sistema SCADA para el control de las instalaciones, tanto a nivel de celda como a nivel de contenedor de servicios. En cuanto al hardware, se han instalado 3 PCs físicos, formato all-in-one. Uno para cada celda de ensayo y otro para el contenedor de servicios. A nivel software, la herramienta empleada es el software AVL TFControl [3].

Es un sistema SCADA desarrollado por AVL, enfocado a instalaciones de ensayos de motores. El desarrollo y parametrización de las pantallas de la instalación se desarrolla en Adobe Flash ®. El SCADA AVL TFControl [3], tiene una interfaz gráfica interactiva, en la que se muestra el sinóptico del proceso y los botones para interactuar con él. Del mismo modo, cuenta con una base de datos MySQL en la que se almacenan un log de las diferentes variables del proceso. Estas variables se pueden graficar utilizando la herramienta RRDD tools. En la BBDD también se guardan tablas de alarmas, y eventos, con los diferentes mensajes de alarma y error que producen los PLCs.

El SCADA AVL TFControl también cuenta con un sistema de control de usuarios, que permite configurar el grado de acceso de cada uno de los usuarios registrados. Se tiene también un sistema de alarmas remotas, que permite enviar mensajes SMS o

de correo electrónico configurables. Las pantallas que componen el SCADA de cada una de las celdas se pueden ver en las Figuras 13 a 17.

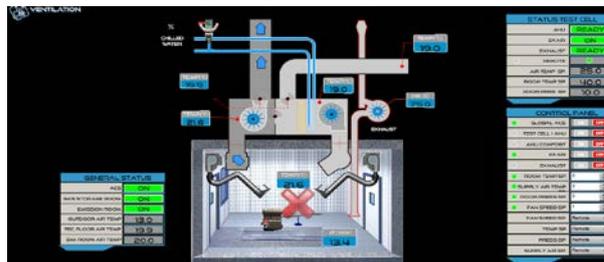


Figura 13: SCADA celda. Ventilación

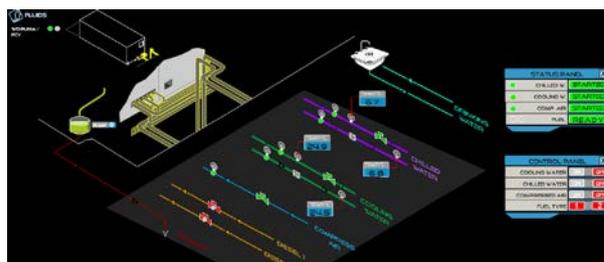


Figura 14: SCADA celda: Fluidos

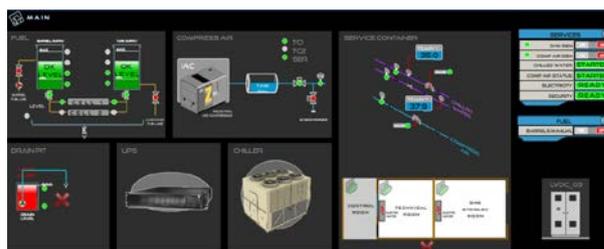


Figura 15: SCADA servicios. Principal

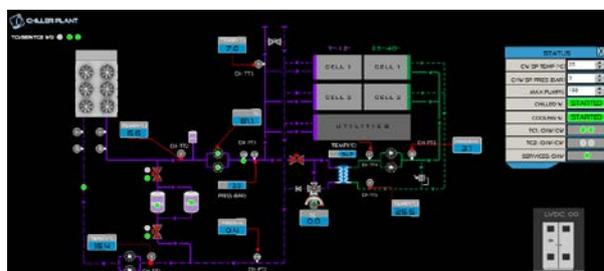


Figura 16: SCADA servicios. Agua fría y helada.

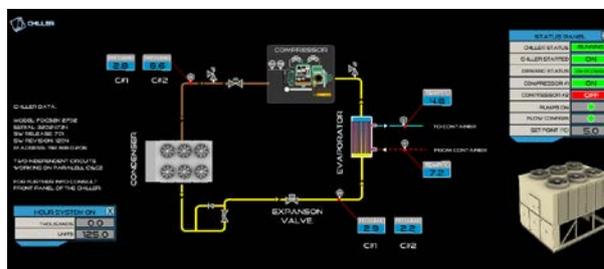


Figura 17: SCADA servicios. Enfriadora

Para el equipo AVL Battbox, situado en la celda de ensayo, se ha realizado a mayores un HMI basado en HTML, Figura 18, utilizando la funcionalidad de servidor web que tienen embebida los PLCs S7-1200.

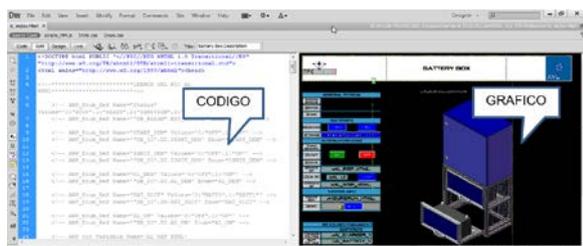


Figura 18: HMI basado en HTML

Estos HMIs se programan introduciendo un código desarrollado en el encabezamiento de la página web. Dicho código, que tiene la apariencia de un comentario HTML, es interpretado por el servidor web del PLC, sustituyendo los valores codificados por valores de variables del PLC, enlazando así la memoria del PLC con la visualización en un navegador.

3.3 ACCESO REMOTO

A día de hoy internet es un elemento común en las aplicaciones de automatización industrial. Ya sea para recopilar datos de funcionamiento de las instalaciones, para el aviso de alarmas por mail o para tele asistencia, el número de instalaciones que incorporan un acceso a internet es cada vez mayor.

La tecnología elegida para realizar el acceso remoto es la red VPN. Una red VPN (virtual private network) es una extensión de una red de área local a través de otra red intermedia, como puede ser internet. La utilización de redes VPN es habitual en el campo de la informática, para soluciones de teletrabajo o interconexión entre varias oficinas de una misma empresa. Existen varios tipos de redes VPN, como pueden ser PSEC o PPTP. Nos vamos a centrar en el protocolo Open VPN, por ser de código abierto y contar con abundante documentación.

La arquitectura de red es relativamente sencilla. Se establece un servidor VPN, que está a la escucha esperando recibir conexiones por parte de los clientes. A nivel de seguridad, cada uno de los clientes, que conoce la dirección del servidor, le envía una petición de conexión. Para que un cliente se pueda conectar a este servidor, ambos tienen que conocer la clave precompartida de hasta 256bit y un certificado, que ha generado el servidor previamente para cada uno de los clientes. Estos certificados tienen una validez de 10 años en el servidor y han de guardarse en ambos dispositivos, cliente y servidor.

A nivel de enrutamiento, una vez que cada cliente y servidor cuenta con las condiciones de seguridad necesarias, se deben crear los adaptadores de red VPN. La realización práctica del túnel VPN consiste en la creación de un adaptador de red (igual que nuestra antena wifi o el conector de Ethernet) virtual

llamado driver tap. En el servidor, se realizará una ruta que redireccione el tráfico recibido por los adaptadores virtuales.

Se necesita definir a nivel hardware y software cada uno de los siguientes componentes.

Cliente OVPN en el lado PLC: ha de ser un dispositivo pequeño, que se pueda instalar dentro de un armario eléctrico. Ha de tener varias posibilidades de conexión a internet (utilizando tarjeta sim, wifi o una conexión Ethernet). Ha de ser sencillo de configurar y económico.

Cliente OVPN en el lado del usuario: lo más común es un PC con Windows, donde se tenga instalado TIA Portal [13] y el SCADA de la instalación. Se necesita un interface sencillo para elegir la instalación con la que nos queremos conectar. Control de usuarios y acceso por contraseña.

Servidor OVPN: ha de ser accesible desde cualquier lugar del mundo (ip fija) tiene que tener alta disponibilidad y baja tasa de fallos. No debe requerir un gran esfuerzo de mantenimiento a nivel software. Parece claro que la mejor opción para el servidor OVPN es un ordenador “en la nube” frente a un servidor propio. De esta manera el servicio, la velocidad y la disponibilidad mundial están garantizados. Para el cliente en el lado PLC, se barajó la posibilidad –incluso se ha llegado a implementar con éxito- utilizar el PLC del SCADA como cliente VPN y enrutar todo el tráfico de la LAN a su través. Esta opción se descartó, ya que el ordenador del SCADA es un PC que puede estar apagado, por ejemplo por ser la causa de la avería. No parecía la mejor opción para implementar el cliente VPN

La siguiente opción considerada, fueron los routers de altas prestaciones y low cost de la marca Mikrotik®. Estos routers son 100% configurables. Tienen implementado un sistema operativo basado en Linux llamado routerboard y nos permiten montar en un dispositivo que cabe en la palma de la mano un servidor web, un firewall, un cliente VPN... Esta opción cumple todas las condiciones que habíamos enumerado, salvo la sencillez. La configuración de este tipo de routers exige un perfil de usuario informático avanzado. La idea es que el router VPN, entre otras tareas, ayude a los técnicos de puesta en marcha, no que les sea un problema añadido. Aunque esta solución también era funcional, no se llegó a implementar por ser demasiado compleja.

La solución elegida finalmente (Figura 19) fue la proporcionada por el fabricante de routers industriales Ewon®, que provee un una solución incluyendo los dos clientes VPN y aloja el servidor VPN en la nube.



Figura 19: Arquitectura del acceso remoto

4 CONCLUSIONES

Tras la finalización del presente trabajo, se pueden extraer las siguientes conclusiones.

- Se ha desarrollado el código de un total de 5 PLCs de la gama S7-1200 de Siemens. Se han programado las maniobras de funcionamiento, alarmas, parámetros de mantenimiento y controladores PID. Se han implementado las comunicaciones industriales utilizando buses de campo entre los diferentes PLCs así como el ordenador industrial AVL Puma.
- Se ha programado un sistema SCADA realizando el desarrollo gráfico y de interface de un total de 3 sistemas SCADAs para la visualización, registro de datos, alarmas, eventos y tareas de mantenimiento. La herramienta para este desarrollo ha sido el software AVL TFControl. Se han comprado e instalado 3 terminales de acceso a este SCADA, basados en ordenadores táctiles. A mayores, para uno de los PLCs de la instalación, por tratarse de una máquina standard, se desarrolló un sistema HMI dedicado, basado en servidor web embebido en su PLC.
- Se ha hecho la puesta en marcha de la instalación recepcionado los armarios eléctricos en taller, haciendo prepuesta marcha en Austria, y finalizando con la puesta en marcha final en Ankara, Turquía, generando los certificados de prueba y protocolos de aceptación por el cliente.
- Se ha realizado una solución de acceso remoto fiable y estándar dentro de la empresa junto con el estudio de mercado sobre las distintas soluciones de acceso remoto a PLCs y comparativa entre solución de desarrollo propio y comercial. Implementando el software de acceso remoto basado en tecnología VPN.
- Se ha establecido un estándar en la forma de programación dado que se tiene un número importante de PLCs a programar, y que los mismos han de ser editados por diferentes programadores y técnicos de puesta en marcha. Para ello se han desarrollado unas directrices y normas de programación que fueron aplicadas en el presente proyecto de tal suerte que todos los PLCs se han programado siguiendo estas normas

de programación, que han acabado convirtiéndose en el estándar de programación de AVL.

Referencias

- [1] B. Morey, «Volvo's Rapid Strategy aims at 20-month vehicle development,» SAE, 2015.
- [2] EARTH POLICY INSTITUTE, «Grain harvest,» Earth policy institute, 24 Mayo 2017. [En línea]. Available: http://www.earth-policy.org/indicators/C54/grain_2013. (Último acceso: 05 Mayo 2017).
- [3] AVL, «AVL,» AVL, <https://www.avl.com/home> (Último acceso: 24 Mayo 2017).
- [4] «REGLAMENTO (UE) 2016/1628 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO del 14 de septiembre 2016,» <https://www.boe.es/doue/2016/252/L00053-00117.pdf>. (Último acceso 14 septiembre 2016).
- [5] IFM, «IFM -TN2531,» <http://www.ifm.com/products/es/ds/TN2531.html>. (Último acceso: 13 April 2017).
- [6] IFM electronic, «IFM-PK5524,» <http://www.ifm.com/products/es/ds/PK5524.html>. (Último acceso: 13 Abril 2017).
- [7] IFM electronic, «TFM-PN2024,» <http://www.ifm.com/products/es/ds/PN2024.html>. (Último acceso: 13 aBRIL 2017).
- [8] IFM electronic, «IFM-SI6800,» <http://www.ifm.com/products/es/ds/SI6800.html> (Último acceso: 13 Abril 2017).
- [9] IFM electronic, «IFM-KG0008,» <http://www.ifm.com/products/es/ds/KG0008.html>. (Último acceso: 13 Abril 2017).
- [10] KSR KUEBLER, «KSR KUEBLER 1003,» <http://www.processpartner.no/files/processpartner/No/Documents/Instrumentering/Niv%C3%A5/Niv%C3%A5brytere/KSR/1003-4%20Float%20switches.pdf>. (Último acceso: 13 Abril 2017).
- [11] GENE BRE, «GENEBRE-5008,» <http://www.genebre.es/download/file/ZG9jdW1lbnRvcy9vdHJvcy81ODAwX2duLnBkZg==> (Último acceso: 13 Abril 2017)
- [12] SAUTER, «SAUTER AVM 234S,» http://www.sauter-controls.com/uploads/tx_cabagpdm/873116.pdf. (Último acceso: 13 Abril 2017).
- [13] SIEMENS, «SIEMENS AUTOMATION SUPPORT,» SIEMENS, <https://support.industry.siemens.com/cs/search?search=siemens%20tia%20portal>. (Último acceso: 24 Mayo 2017)