



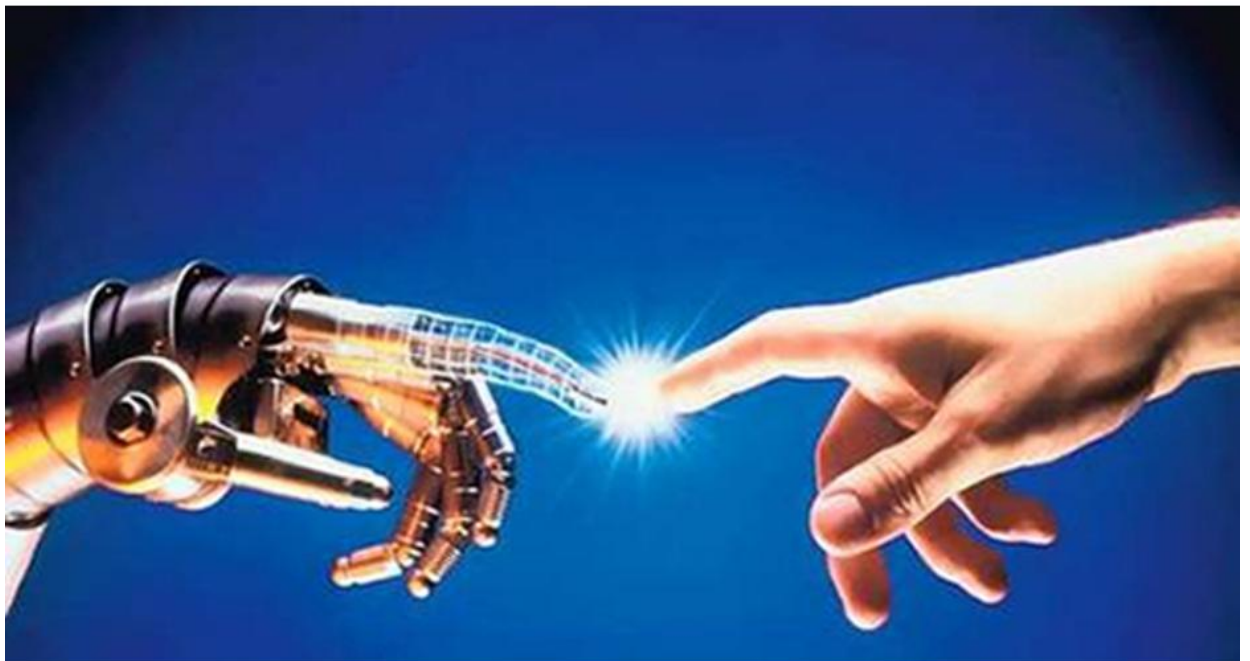
IEEE

Rama de Estudiantes UNED

<http://www.ieec.uned.es/ieee-uned/>

**BOLETÍN ELECTRÓNICO
DE LA RAMA DE ESTUDIANTES DEL IEEE DE LA UNED
IEEE ELECTRONIC JOURNAL OF UNED STUDENT BRANCH**

ISSN: 1989-2195



Número XVI
Edición Septiembre 2011

© 2011 Rama de Estudiantes IEEE de la UNED
© 2011 IEEE Student Branch of UNED

Boletín Electrónico Rama de Estudiantes de la UNED

Septiembre-2011

EDITOR

Miguel Latorre
(mlatorregarcia@ieee.org)

REVISORES

Manuel Castro
Miguel Latorre
Germán Carro

DISEÑO PORTADA

Sergio Martín

AUTORES

Germán Carro
Núria Girbau
Francisco J. Caneda
Miguel Latorre
Mohamed Tawfik

AGRADECIMIENTOS

Vicerrectorado de Investigación UNED
Vicerrectorado de Estudiantes y Desarrollo
Profesional UNED
Escuela Técnica Superior de Ingenieros
Industriales UNED
Escuela Técnica Superior de Ingenieros
Informáticos UNED
Sección Española del IEEE
Departamento de Ingeniería Eléctrica,
Electrónica y de Control (DIEEC) UNED
IEEE Women In Engineering (WIE)

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

Agradecemos a nuestro Catedrático de Tecnología Electrónica y Profesor Consejero de la Rama, Manuel Castro, todo el tiempo y la dedicación que nos presta, así como, el habernos dado la posibilidad de colaborar con el Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE para la elaboración del mismo.

Agradecemos a todos los autores, y a aquellos que han colaborado para hacer posible este Boletín Electrónico.

**BOLETÍN DESARROLLADO EN COLABORACIÓN CON EL CAPÍTULO
ESPAÑOL DE LA SOCIEDAD DE EDUCACIÓN DEL IEEE**



Junta Directiva 2010-2012



Germán Carro Fernández. *Presidente de la Rama de Estudiantes del IEEE-UNED.* Economista, Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas y Estudiante del Master en el Departamento de IEEC en la ETSII de la UNED. En años anteriores ha colaborado con la Junta Directiva como Vicepresidente y como Coordinador de Actividades Generales.
germancf@ieec.org



Elio San Cristóbal. *Antiguo Presidente de la rama de estudiantes del IEEE-UNED.* Ingeniero Informático y estudiante de doctorado en el DIEEC. Actualmente trabaja en el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, y Control en proyectos de investigación. elio@ieec.uned.es



Albert Prieto. *Vicepresidente (siguiente Presidente electo) y Vicepresidente de zona - Barcelona.* Ingeniero Técnico Industrial Esp. Mecánica. Postgrados de Automatización de Sistemas Mecánicos y de Componentes y Sistemas Mecatrónicos del Máster de Mecatrónica de la UPC. Estudiando segundo ciclo de Ingeniero Industrial en la UNED y Grado de Ciencias Matemáticas en la UNED.
a.prieto@ieec-uned.org



Manuel Blázquez *Vicepresidente de zona - Madrid.* Ingeniero Industrial Esp. Electrónica y Automática por la UNED e Ingeniero Técnico Industrial por la Universidad Pontificia de Comillas ICAI en la especialidad de Electricidad. Miembro del IEEE desde 2008 y la Sociedad de Educación del IEEE desde 2009. Profesor de educación secundaria desde 1996 en la especialidad de Tecnología y preparador de opositores de la especialidad desde 1998 en el área de Electrónica y Automática.

Actualmente, también colabora con el departamento de ingeniería eléctrica electrónica y de control (DIEEC) de la UNED en proyectos relacionados con objetos de aprendizaje.
manuel.blazquez.merino@gmail.com



Ramón Carrasco. *Vicepresidente de zona - A Coruña.* Licenciado en Ciencias Físicas, especialidad Electrónica. Director de Colegio Karbo de la Coruña centro de Educación Infantil, Primaria y FP de Grado Medio y Superior.
moncho@warningcorp.com



Miguel Latorre. *Coordinador de Publicaciones y Boletín Electrónico, y, Vicepresidente de zona Zaragoza.* Ingeniero Técnico Industrial en la especialidad Electrónica por la Universidad Nacional de Educación a Distancia. Actualmente desarrolla su actividad profesional con el departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control de la UNED en el grupo de investigación G-eLios de Ingeniería Eléctrica y Tecnologías Avanzadas en Educación, Electrónica, Control, Computadores, Energías Renovables, Sostenibilidad, Movilidad y Comunicaciones.
mlatorregarcia@ieec.org

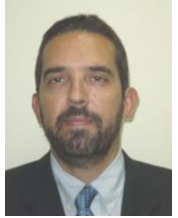


Mohamed Tawfik. *Tesorero y Secretario.* Actualmente cursando el Máster en el Departamento de IEEC en la ETSII de la UNED, Siendo becario de investigación (FPI) en el proyecto (s-Labs). Miembro del IEEE desde octubre del 2009, pertenece a las sociedades: IEEE Education Society & IEEE Computer society, a la comunidad: IEEE Women in Engineering Committee y a la rama de estudiantes del IEEE en la UNED y colaborando en las distintas actividades de la rama y de la sección española
mtawfik@ieec.uned.es



Francisco Mur. *Counselor.* Doctor Ingeniero Industrial por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UNED e Ingeniero Industrial, especialidad Electricidad, intensificación Electrónica y Automática por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid. Ha obtenido el Premio Extraordinario de Doctorado de la UNED.

fmur@ieec.uned.es



Manuel Castro. *Advisor.* Profesor Consejero de la Rama de Estudiantes del IEEE-UNED. Catedrático de Tecnología Electrónica. Fellow del IEEE y primer presidente del Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE.

mcastro@ieec.uned.es



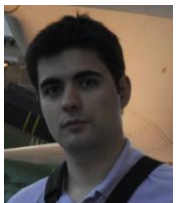
Eugenio López. *Mentor de la rama de estudiantes IEEE-UNED, y primer presidente de la rama de Estudiantes del IEEE-UNED.* Ingeniero Industrial por ETSII de la UNED, y estudiante de Doctorado en el DIEEC de la Escuela. Actualmente trabaja en Niedax Kleinhuis.

elopez@ieec.uned.es



Sergio Martín Gutiérrez. *Pasado presidente de la rama. Supervisor/Mentor de Publicaciones y Ediciones.* Ingeniero Informático. Estudiante de doctorado en el DIEEC en temas de Computación Ubicua, Entornos Inteligentes y Aprendizaje con Dispositivos Móviles.

sergio.martin@ieee.org



José Carlos Fernández González. *Coordinador de actividades del grupo de Madrid.* Estudiante de Ingeniería Industrial (UNED). Ingeniero Tec. Aeronáutico en Navegación (UPM). Especialista en Electrónica de Control y Manto Industrial (FPII Tajamar). Asesor técnico en el CGEA.

josecarlosfg@ieee.org



José Ángel Mateo Vivaracho. *Coordinador de Actividades Generales.* Miembro desde hace 6 años en el IEEE. Ha impartido cursos de Robótica en Sevilla, Valencia y Toledo y charlas en Madrid y Zaragoza. De los 6 años 4 años en la Junta directiva del IEEE Sb Zaragoza. Actualmente Chairman de la Rama de Zaragoza. Organizador del CNR 2006 en Zaragoza. Coordinador del Club .net Zaragoza y Microsoft Student Partner Estudiante de Grado de Informática en la UNED. Aficionado a los Deportes, fotografía y comisario de automovilismo.

jangel.mateo@gmail.com



Alicia Sánchez Ferro. *Coordinadora de Socios y Bienvenida.* Ingeniera técnica en Informática de Sistemas por la UNED. Actualmente, estudiando Ingeniería Informática y trabajando como operadora de sistemas.

alsanchez@ieee.org



Núria Girbau Ausiró. *Coordinadora de Women in Engineering.* Estudiante de Ciencias Matemáticas UNED. Técnico medioambiental y en prevención y riesgo de Legionellosis. Trabaja como responsable del departamento de Calidad y I+D desarrollando proyectos de tratamiento estadístico de datos para equipos de control.

nuriag88@hotmail.com



Igor Chávez. *Coordinador del Grupo de Robótica.* Técnico en Electrónica en la National Schools. Actualmente alumno de Ingeniería T. Industrial especialidad Electrónica Industrial de la UNED.

jorchavez@ieee.org

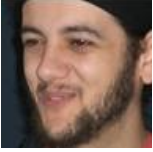


Rubén Alonso Paredero. *Coordinador del Grupo de Robótica.* Estudiando 5º de Física. Empecé en la UPV-EHU y continué en la UCM. Trabajo en Barcelona como Técnico Especialista en Robótica, desarrollando el proyecto SEAT-EXEO.

rubenalonso78@hotmail.com



Alberto Dopico. *Coordinador del Grupo de Software Libre.* Estudiante de Ingeniería Técnica Industrial Electrónica en la UNED.
alberto.dopico@ieee.org



Pablo Calviño. *Coordinador del Grupo de Diseño Web.* Experto en desarrollo Web y arquitectura de la información. Técnico Superior en Informática de Gestión y estudiante de Ingeniería de Sistemas por la UNED. Miembro del IAI (Information Architecture Institute).
kemosade@gmail.com



José Antonio Cámara. *Coordinador del Grupo de Control de Procesos.* Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Electrónica industrial en la universidad de Alcalá, estudiante de Ingeniería Electrónica (UAH) e Ingeniería Industrial (UNED). Ha trabajado en diversos sectores, telecomunicación, automóvil, aerogeneradores y materiales.
jcm92251@alu.uah.es

Índice

Últimas Noticias de la Rama de Estudiantes	7
Patentes en Informática Industrial, la Propiedad del Software a Debate.....	10
Comunicación sin hilos como facilitador del aprendizaje presencial con robots y uso de entornos de simulación virtuales para robótica industrial	15
El Vehículo Eléctrico desde el Punto de Vista de la Sostenibilidad y la Eficiencia en la Ingeniería.....	30
Mujeres en la ingeniería. WIE-Rama de Estudiantes de la UNED	42

Últimas Noticias de la Rama de Estudiantes IEEE-UNED

Germán Carro Fernández
 Presidente Rama de Estudiantes IEEE-UNED
 Presidente del Capítulo Estudiantil de la IEEE Education Society en la IEEEsb UNED
 Universidad Nacional de Educación a Distancia
 A Coruña, España
 germancf@ieee.org

I. PROYECTOS EN CURSO.

Como sabéis, durante los últimos meses nuestra Rama ha estado inmersa en proyectos colaborativos con otras instituciones educativas. En nuestro afán por promover la ingeniería entre los estudiantes, varios de nuestros miembros están coordinando estos proyectos que avanzan paso a paso. Lo que sigue a continuación es un resumen de los mismos con los responsables de éstos.

-Proyecto MotoStudent 2011-2012: En Mayo de este año nuestra Rama en la UNED ha firmado un convenio de colaboración con la UPM (Universidad Politécnica de Madrid) para participar con ellos en el citado evento. En nuestro caso han sido dos de nuestros miembros los que de manera oficial nos representarán en esta actividad: Jose Carlos Fernández y Jose Antonio Cámara. La labor asignada a nuestra Rama se reparte en dos vías de trabajo:

- Fabricación y programación del sistema de inyección para la moto en concurso.
- Diseño del sistema 'kers' para la moto en concurso.



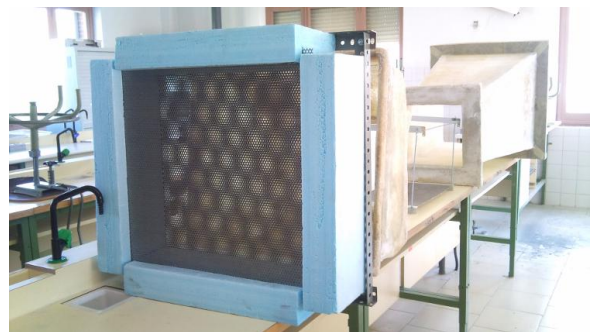
Ni que decir tiene que estamos ya manos a la obra y que en breve os pondremos al corriente de lo que se va a realizar a partir de Octubre. Tenéis más información sobre todo el proyecto en nuestro Blog (<http://ieee-uned.org/2011/06/proyecto-motostudent-2011-2012-en-colaboracion-con-la-upm/>) y en nuestra Web (<http://ewh.ieee.org/sb/spain/uned/index.php/actividades/44-concursos/96-motostudent-20112012-upm>), así como en las siguientes direcciones:

- ✓ <https://sites.google.com/site/actividadesieeun/Home/mo>
- ✓ <http://www.motostudent.com/>

Si queréis participar en el proyecto solo tenéis que enviarle un e-mail a Jose Carlos (josecarlosfg@ieee.org) y él os indicará que pasos seguir para empezar a trabajar en el mismo. Sede Central en Madrid UNED.

-Proyecto Túnel de Viento: Antes del verano otro de nuestros miembros se puso manos a la obra para potenciar las relaciones de nuestra rama con otros Centros Formativos. Para ello y bajo las actividades del Proyecto IEEE TISP (<http://ieee-uned.org/2011/01/publicadas-las-sesiones-y-fotos-del-pasado-ieee-tisp-workshop-de-porto-portugal/>) se empezó a colaborar con el Instituto Ramiro de Maeztu en Madrid. La colaboración se centra en ofrecer ayuda para la realización de un Túnel de Viento a escala que permita realizar experimentos de control de superficies y aerodinámica en los talleres de ese centro educativo. Se potenciará así la interacción de los jóvenes estudiantes con aspectos de la física como la dinámica de fluidos, aerodinámica, rozamientos, resistencia, etc.

Todos aquellos que estéis interesados en participar en este proyecto solo tenéis que enviar un e-mail a Manuel Blázquez Merino (manuel.blazquez.merino@gmail.com) coordinador y responsable del mismo. Él os dirá que pasos debéis realizar para participar en esta actividad. Sede Central en Madrid UNED.



-Comité Ético: Desde hace ya varios meses estamos trabajando en la constitución de un Comité Ético que seguirá las directrices básicas del existente en la propia IEEE internacional. Creemos firmemente que la tecnología debe llevar implícito un compromiso con la ética que ayude a defender criterios como la sostenibilidad, la igualdad e oportunidades, la justicia, la equidad y otros valores morales que garanticen la convivencia en nuestra sociedad. La coordinadora de este Comité es Nuria Girbau (nuriag88@hotmail.com). A lo largo de los próximos meses se irán asentando las bases del mismo, así que si queréis aportar vuestras opiniones o sugerencias, no dudéis en poneros en contacto con ella vía e-mail.

II. ACTIVIDADES REALIZADAS EN CENTROS ASOCIADOS DE LA UNED:

A lo largo de estos meses hemos venido realizando actividades en los respectivos Centros Asociados en los que tenemos más actividad. Muchas de éstas han estado vinculadas a promocionar los proyectos que ya os hemos citado y otras han ido orientadas a promocionar nuestra Rama y el IEEE, así como qué es lo que hacemos dentro de la UNED. Una visión general de las mismas sigue a continuación.

- **C.A. de A Coruña:** Hemos continuado realizando actividades de presentación de actividades y promoción de la Rama. Este año se ha impartido el Taller: 'Desarrollo Web con el Framework CakePHP', tenéis más información en nuestro Blog (<http://ieee-uned.org/2011/06/finalizado-el-taller-de-cakephp-en-a-coruna/>). Con un total de 25 alumnos ha sido un éxito que debemos agradecer a Alfonso Nishikawa, que lo impartió magistralmente y soportó con paciencia nuestras preguntas, hasta el final. ¡Gracias Alfonso!
- **C.A. de Madrid:** Las actividades se han centrado en los proyectos ya citados. El objetivo ha sido potenciar las relaciones institucionales con otros centros educativos (institutos y universidades).
- **C.A. de Terrasa:** Como en el caso de Coruña se ha promocionado la Rama y las actividades que realizamos. Dentro de las actividades del Día de la UNED se ha realizado una exhibición de robótica que ha sido dirigida por Nuria Girbau y Cecili Expósito. Tenéis más información, así como una imagen de la repercusión en prensa de este acto, en nuestro Blog (<http://ieee-uned.org/2011/07/demostracion-robotica-en-la-uned-de-terrassa/>). Así mismo, una representación de nuestra Rama se presentó a la CampusBot 2011 celebrada en Valencia. Podéis ver el reportaje gráfico del evento en este enlace: <http://ieee-uned.org/2011/07/jornada-de-clasificacion-campus-bot-valencia-2011/>.

- **C.A. de Calatayud:** Este C.A. empieza tener actividad. Ayudado por los miembros de Terrasa, han estrenado su participación activa en nuestra Rama con un evento internacional. Su participación en el congreso FINTDI 2011 ha supuesto un afianzamiento de la colaboración que nuestra Rama tiene con la IEEE Education Society en España. Jose Ángel Mateo y Miguel Latorre; con la ayuda de Albert Prieto y Nuria Girbau desde Terrasa; lo han hecho posible. Tenéis más datos en este enlace: <http://ieee-uned.org/2011/05/nuestra-rama-en-el-fintdi-2011-en-teruel/>.

III. COLABORACIÓN CON EL MUSEO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (MUNCYT):

Como plato estrella de estos últimos meses queremos destacar el inicio de la colaboración con la nueva sede central del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MUNCYT, <http://www.muncyt.es>). Gracias a la publicidad que el C.A. de A Coruña UNED ha realizado de nuestras actividades, el MUNCYT se puso en contacto con nosotros a mediados del mes de Julio.



Tras varias reuniones hemos llegado a un acuerdo de colaboración en el que ellos nos permiten utilizar una zona del museo para exponer y desarrollar nuestras actividades y mostrarlas al público. Nosotros a cambio realizaremos aquello para lo que estamos trabajando en el IEEE promocionar la ciencia y la tecnología entre la sociedad. Y que mejor lugar para hacerlo que desde el propio museo. Si bien en nuestro Blog (<http://ieee-uned.org/2011/08/colaboracion-con-el-muncyt-museo-nacional-de-ciencia-y-tecnologia/>) y a través del los e-mails que periódicamente recibís, habéis tenido ya cumplida información de este tema, no está demás recalcar la importancia que esto tiene de cara a nuestras actividades futuras. De hecho ya estamos preparando actividades una vez se realice su inauguración oficial; prevista para el próximo 17 de Noviembre en A Coruña. Entre ellas podemos destacar:

- Promoción de las actividades IEEE TISP con una sesión de presentación orientada a Centros Educativos de Galicia y en colaboración con la IEEE Education Society. Esta actividad, organizada por Ramón Carrasco y Germán Carro, contará con la participación Inmaculada Plaza (Presidenta de la IEEE Education Society en España) y de responsables IEEE TISP de la Región 9 (América Latina).
- Colaboración interramas. Ya hemos realizado un llamamiento para compartir el espacio que el Museo nos ha cedido, entre las diferentes Ramas de

Estudiantes del IEEE de España. Nuestro objetivo es realizar jornadas itinerantes con la exhibición y presentación de proyectos de las distintas Ramas, contando para ello como representantes de las citadas Ramas que expliquen sus actividades y se promocionen a nivel institucional.

- Realización de Talleres, Cursos, y actividades lúdicas dirigidas al público en general, interesado por la tecnología, realizando especial hincapié en jóvenes y estudiantes.

Queremos agradecer desde aquí al C.A. de la UNED en A Coruña, y en especial a Ana Novo y a José Manuel Varela, el que nos hayan facilitado el poner en marcha esta colaboración. Os mantendremos informados de esta nueva aventura.

IV. OTRAS ACTIVIDADES, LOGROS Y AGRADECIMIENTOS:

Existen otras actividades que están en marcha en os diferentes Centros Asociados de la UNED y que en su momento se irán notificando y explicando. Solo citar que en el C.A de Terrasa se está trabajando para realizar un Taller de robótica dirigido a niños de entre 8 y 12 años en colaboración con algunas empresas locales. Así mismo nuestra Rama está trabajando en aunar fuerzas con la IEE Education Society para presentar proyectos en un futuro a la IEEE International Foundation (<http://www.ieee.org/organizations/foundation/>). En la misma línea estamos intentando preparar nuevos proyectos para presentar a la sección de los IEEE EPICS (http://www.ieee.org/education_careers/education/preuniversit_y/epics_high.html).).

Recordad también que nuestra Rama ha conseguido su primer Capítulo Estudiantil (Student Chapter). Hemos afianzado nuestra colaboración con la IEEE Education Society con el Student Chapter de la misma en nuestra Rama. Es la primera vez que conseguimos uno, y no está de más indicar que no son muy habituales entre las ramas de Estudiantes.

Indicar, también que uno de nuestros Coordinadores de Actividades; Jose ángel Mateo; ha sido nombrado nuevo Representante de Estudiantes del IEEE en España (SSR). ¡Enhorabuena!. El acto de nombramiento se celebró en el CNR 2011 que este año se organizó por las Ramas de la UPM y la URJC en Madrid y al que asistió una nutrida representación de nuestra Rama (<http://iee-uned.org/2011/03/resaca-tras-el-cnr-isbc-2011/>).

Siempre intentamos mejorar las actividades que nuestra Rama puede ofrecer y estamos abiertos a vuestras propuestas, sugerencias y opiniones. Cualquier colaboración será bien recibida. Si no sabéis a quién debéis dirigiros para hablar o comentar algún proyecto, podéis enviarme a mí un e-mail (germancf@ieee.org) y yo os pondré en contacto con el coordinador o la persona responsable del mismo.

Quiero agradecer también el trabajo de todos aquellos miembros de nuestra Rama que robando horas a sus estudios, trabajo, sueño o familia están, o han estado, colaborando activamente con nuestras actividades. No voy a nombrarlos todos porque no quiero olvidarme de ninguno, pero a todos vosotros os debemos el incremento de actividades y proyectos que nuestra Rama ha ido teniendo desde su fundación en el 2004. ¡GRACIAS!

Como veis; y como viene siendo habitual; este nuevo Boletín viene cargado de noticias y actividades en las que nuestra Rama ha participado o va a participar activamente. Por motivos de espacio no están todas, pero quiero recordaros los enlaces en los que podéis encontrar información más completa y exhaustiva:

-Blog de la Rama: <http://www.ieee-uned.org>

-Página web de la Rama:

<http://ewh.ieee.org/sb/spain/uned>

-Página web en el DIEEC en la UNED:

http://www.ieec.uned.es/index_IEEE.htm

Por supuesto, nuestros correos electrónicos están abiertos a cualquier pregunta que tengáis sobre las actividades que estamos realizando en la Rama. Tenéis actualizados los datos de la Junta directiva en este enlace: http://www.ieec.uned.es/ieec/investigacion/ieec_dieec/sb/Directiva.htm, y os recuerdo que el acceso a los Boletines anteriores es público y podéis descargarlos desde aquí: http://www.ieec.uned.es/ieec/investigacion/ieec_dieec/sb/Boletin.htm

Podéis realizar propuestas, sugerencias, comentarios y estar informados de las últimas novedades, en nuestro blog: <http://www.ieee-uned.org/> dónde si queréis podéis convertirnos en editores de noticias en cualquier momento.

¡Muchas Gracias a todos y nos vemos en el próximo Boletín!

Germán Carro Fernández

Presidente de la IEEEsb UNED.

Presidente del Student Chapter IEEE Education Society en la IEEEsb UNED.

Patentes en Informática Industrial, la Propiedad del Software a Debate

Germán Carro Fernández
 Presidente Rama de Estudiantes IEEE-UNED
 Presidente del Capítulo Estudiantil de la IEEE Education Society en la IEEEsb UNED
 Universidad Nacional de Educación a Distancia
 A Coruña, España
 germancf@ieee.org

Abstract— Este artículo, analiza la situación actual de las patentes en informática industrial, centrándose en la problemática específica del software. Expone otras opciones de registro de propiedad, como la propiedad intelectual, realizando una comparación entre los efectos de ambas alternativas a nivel jurídico y económico. Profundiza en la situación actual de las patentes de software y el entorno tecnológico de hoy en día en el que predomina la información como herramienta de diferenciación. Recomienda; siempre que sea posible; el empleo, por parte de la empresa, de una herramienta; legalmente justificada; que proteja los derechos de uso como garantía temporal de la explotación individual del software como activo empresarial. Finalmente, explica la necesidad de modificar el concepto actual de patente para garantizar, al autor de la misma, el derecho de uso del capital intelectual invertido en aquella, y permitir su aprovechamiento para el desarrollo social y tecnológico de la humanidad.

Keywords: industrial; patente; propiedad; software

I. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista industrial y comercial cualquier propiedad de la empresa representa un activo para su futuro, y su protección forma parte inherente de la garantía de funcionamiento de ésta a largo plazo. Es por ello habitual que la empresa se plantee patentar o registrar cualquier innovación o avance gestado en su seno productivo. En el caso de la informática industrial, el software será; en este artículo; la clave en torno a la cual gira la opción de patente.

Si bien dentro de la informática industrial se incluyen aspectos como: redes de comunicaciones, instrumentación, robótica, sistemas expertos, todos ellos tienen una característica común y es que utilizan el software como núcleo de su funcionamiento. Es por ello que este artículo se centra en las patentes de software y el análisis de las diferentes opciones que permitan garantizar y proteger el uso de éste como activo empresarial. Este trabajo empieza explicando qué se considera patente de software.

No obstante, la protección no solo pasa necesariamente por la patente, también existen opciones alternativas y no por ello menos seguras como el registro de propiedad intelectual o el enfoque literario de garantías de derecho de autor. El análisis de esas opciones y su coste ayuda a tomar la decisión de cuál es la mejor opción en cada caso.

Una vez expuestas las posibilidades, el artículo se centra en lo que se considera software industrial, su situación actual y la importancia de su patente como herramienta empresarial.

Como conclusión se hace hincapié en la adopción de las nuevas tecnologías y medios telemáticos para agilizar los procedimientos de registro y la adecuación de la legalidad sobre patentes al cambiante mundo tecnológico actual. Se recomienda siempre que sea posible el uso de la patente como garantía de protección del software como activo comercial y empresarial, y solo en los casos en que su financiación no sea posible, el recurso al registro de la propiedad intelectual como opción alternativa. Finalmente, se plantea una modificación en el concepto tradicional de patente que adecúe ésta al caso del software aquí tratado.

II. PATENTE DE SOFTWARE

La Oficina Europea de Patentes (OEP) [1] define generalmente una invención implementada en computadora como "expresión destinada a cubrir solicitudes que involucren computadoras, redes informáticas u otros aparatos programables convencionales por las cuales *prima facie* las características novedosas de la invención apropiada se manifiesten a través de uno o varios programas" [2]. La citada definición; por su generalidad; abarca desde algoritmos hasta software implementado para determinado hardware anejo.

El debate sobre la patentabilidad del software ha provocado que existan diferentes opiniones y normativas al respecto en diferentes lugares del mundo. Dentro de la propia Unión Europea; y pese a que en el artículo 52, apartado c) de la Convención de la Patente Europea se excluye expresamente de la patentabilidad [3]; se ha cambiado varias veces de opinión al respecto [4] hasta que finalmente en el año 2005 se rechazó, casi por unanimidad, una propuesta para la patentabilidad del mismo [2].

El mayor problema radica en que una empresa puede interactuar comercialmente a nivel mundial, por lo que debe tener presentes los derechos y obligaciones de aquellos lugares en los que desarrolla su actividad, y en algunos de ellos sí es necesario utilizar la protección de la patente como herramienta de diferenciación en el mercado. Países como EEUU o Canadá, defienden el derecho a la patente de software [2] como uno más de los derechos de protección en el mercado industrial.

Es en este punto cuando una empresa debe plantearse qué acciones iniciar para proteger su patrimonio intelectual y cuándo se debe empezar a evaluar la inversión que supone ese proceso jurídico.

III. PATENTE FRENTE A REGISTRO DE PROPIEDAD INTELECTUAL

La tramitación de un registro de patente lleva consigo el pago de numerosas tasas: registrales, de solicitud, de comprobación, de inscripción y éstas varían en función de si este registro está orientado a nivel nacional, europeo o internacional. Aún con todo, la citada inscripción solo constará efectos durante un tiempo limitado debiéndose renovar mediante el pago de nuevas tasas.

Este procedimiento encarece sobre manera el registro y muchas pequeñas empresas se cuidan mucho de acudir a él a no ser que sea estrictamente necesario. No obstante; como ya se indicó; es necesaria alguna protección de cara al uso indebido e indiscriminado por parte de otros competidores de un producto diseñado por una empresa. Por todo ello una de las opciones que se plantean como alternativa es el registro de la propiedad intelectual del software [5].

Este procedimiento tiene un coste reducido en comparación con el del registro de patentes [6]; en algunos casos [7] no llega a los 13,00€; y tiene una validez jurídica muy similar al primero hasta el punto de proporcionar las siguientes ventajas añadidas [5]:

- Su sencillez: Una mera presentación en un registro público destinado al efecto es suficiente para que tenga validez jurídica.
- Su inmediatez: En los países firmantes del Convenio de Berna [8] ni siquiera hace falta una presentación fehaciente en el registro público para que se admita a trámite un derecho de propiedad sobre software. La presentación como publicación on-line del material, o la distribución del software mediante un sistema comercial (lucrativa o gratuita) o incluso la presentación del mismo en Internet o mediante el uso de otros dispositivos multimedia capaces de ofrecer una fecha y una relación directa con el propietario, se considera suficiente prueba a nivel jurídico.
- Su mayor duración: Durante toda la vida del autor y tras su fallecimiento entre 50 y 70 años más, en determinadas condiciones y variando según países. El registro de patente; en cambio; tiene una duración media de 20 años variando según la legislación de cada país.

Visto lo anterior podríamos preguntarnos qué necesidad tiene entonces recurrir a una patente. La respuesta es simple: el registro de autor protege la literalidad de la obra; en nuestro caso el código fuente; pero no la idea que subyace en ella. Esa idea puede, en un momento dado, ser la tesorería del verdadero valor comercial del software desarrollado en torno a ella y ahí es donde entra en juego el registro de patente. Solo mediante ese registro podremos proteger la idea y aprovecharla

comercialmente durante los años que la legislación pertinente nos permita explotarla.

Es por ello que si se tienen los suficientes recursos financieros es recomendable iniciar el proceso de registro de patente, evitando así posibles problemas futuros por parte de empresas competidoras interesadas en el producto.

IV. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PATENTES DE SOFTWARE

Como ya se ha indicado, no todos los países gestionan igual los derechos sobre patentes de software. Podemos hablar de casos como los EEUU; dónde se busca garantizar la patentabilidad como garantía de la industria, hasta el punto de reclamar normas jurídicas específicas para ello [9]; frente a la UE dónde, como hemos visto, hoy en día el software no es patentable; aunque sí registrable. Japón sería otro caso a reseñar, incluso en países como China se ha llegado a sugerir la necesidad de patentar el software utilizado para actividades de comercio electrónico [10].

Es difícil actualmente mantener un criterio objetivo en lo referente a las patentes de software. Las opciones de países como los anteriores se deciden por motivos económicos y políticos y, habitualmente, tras la excusa de proteger una propiedad industrial se escuda un deseo de protección del mercado interior, conocimiento sobre nuevas tecnologías que puedan usarse en contra del poder dominante o simplemente como un argumento a esgrimir ante los accionistas para garantizar la rentabilidad de una empresa a medio plazo.

Lo que es innegable es que cuando hablamos de industria y por ende del software industrial, debemos dejar claros dos conceptos importantes: por qué el software es diferente, y cuál es la relación del software y la industria.

A. *El software es diferente a cualquier otro producto industrial*

En la industria, tradicionalmente, se ha unido a la palabra patente todo un cúmulo de procesos accesorios susceptibles de inventarse. Un determinado número de piezas, conexiones, soldaduras, ajustes, estructuras, diseños, en definitiva "algo" que podría muy bien ser representado como una imagen mental [11] susceptible de trasladarse a un papel y que definiría dicha innovación. En el caso del software esto no es así, estamos hablando de un resultado inmaterial que está siempre asociado al conocimiento y a la información. Y ese es precisamente el problema. Muchos de los cálculos matemáticos, desarrollos o procesos algorítmicos utilizados por un software, no pueden ser patentados porque pertenecen a la humanidad. Incluso el software en sí mismo como producto de la información y dada su importancia en la evolución tecnológica, sería equivalente a estas "artes" (matemática, lógica, algoritmia, etc.) y su destino sería darse a conocer por el bien común. En este caso no existe un determinado diseño estructural diferenciador. Sí podemos hablar de funcionalidad [11], y en el estudio de ésta será dónde resida el diseño final del software a crear y con ello su posibilidad de patentarlo o no. Un determinado uso para un determinado hardware industrial o un determinado uso para una determinada aplicación comercial. Esa es la justificación que defienden los que desean su patentabilidad. La consideración del software como conocimiento, es la

justificación que esgrimen aquellos que le reconocen una propiedad intelectual al mismo, pero, al igual que con las matemáticas, defienden el derecho universal y libre; no se debe confundir libre con gratuito; de acceso al mismo.

B. *Industria del software frente a software industrial*

Cuando nos encontramos ante una industria automatizada que emplea el software como complemento a la fabricación, puede ser fácil escudarse en la complementariedad software-hardware para patentar conjuntamente ambos productos; aun a pesar de sus evidentes diferencias. No obstante cuando entendemos industria como un "todo" empresarial y empezamos a hablar de la industria del videojuego, la industria de los efectos especiales, la industria del comercio electrónico, la industria financiera, etc. se ve claramente que la necesidad o habría que decir el "interés" en las patentes de software es cuestión de algo más que de registrar un nuevo desarrollo. En estos casos no es que se busque patentar el producto final, se va un paso más allá y lo que se intenta es patentar componentes que puedan ser reutilizables en otras industrias. Así es la industria del software. Protocolos que soportan herramientas JAVA, aplicaciones propietarias de Microsoft, programación de entornos intranet que utilizan determinados "frameworks" y que a su vez se sirven de partes de código de software que permite enlazar diferentes programas y aplicaciones a lo largo y ancho de una red industrial en una empresa. El uso de esas herramientas, de manera habitual, y la necesidad de darles un mantenimiento y actualización adecuados, es lo que; según algunos; puede requerir de la patentabilidad para garantizar su pervivencia [12], y por supuesto su desarrollo y aprovechamiento económico. En industrias como la del desarrollo web se ha llegado a sugerir el uso de estándares y patentes para proteger el software frente a terceros [13], generando así la posibilidad de aplicar royalties o licencias por el uso de los mismos y escudándose en la necesidad de protección del software desarrollado, intentando controlar el mercado al mismo tiempo. Conceptos éstos que poco tienen que ver con la definición de patente ya vista.

En la actualidad la única solución admitida internacionalmente respecto a la patentabilidad o no del software es la de la independencia nacional, entendiendo ésta como la posibilidad de decidir en cada región o país, si se permite o no. El motivo es que, a día de hoy, no está claro si se puede patentar el software. Los argumentos [14] para hacerlo suelen venir motivadas por razones comerciales, a la hora de evitar que se copien productos de otras empresas del mercado, y habitualmente han venido defendidas por grandes firmas de la industria del software. El caso es que las leyes internacionales de copyright llevan años encargándose de eso y protegiendo los derechos de propiedad intelectual y el trabajo de desarrolladores, diseñadores de código y programadores.

Es precisamente la defensa del esfuerzo de los programadores, y la importancia que el software tiene para ellos como producto final comercializable, lo que obliga a considerar la patente de software como algo que debe adaptarse a la situación concreta en que se desarrolla este dilema.

V. ADAPTABILIDAD Y FLEXIBILIDAD UN CAMINO HACIA UNA NUEVA "PATENTE DE SOFTWARE"

Es necesario flexibilizar el concepto de patente hablando del capital productivo. En el caso del software industrial directamente considerado, éste en sí mismo se convierte en un producto final realizado con horas de trabajo, una organización y disposición de medios adecuada y un proyecto definido. Se puede decir que el uso de todos los recursos indicados convierte al software en el único capital del programador. Pero el problema radica en lo que reside en las líneas de código de ese producto final.

El derecho a la propiedad intelectual, como se ha visto en este artículo, no es discutible. El programador o codificador es el autor y nadie le puede quitar el mérito de ello. El dilema recae sobre el derecho de los seres humanos al conocimiento en sí mismo. Ya se han citado las exclusiones patentables relacionadas con la matemática, física, etc. y en el caso de los algoritmos, líneas de código, y productos de software que tecnológicamente proveen a la humanidad en general de un mejor desarrollo y evolución, hablamos de lo mismo.

La patente limita esos derechos internacionales y es por ello por lo que en algunos casos los países o los Estados son reacios a permitirla en el software.

Cuando hablamos del software industrial quien se beneficia directamente de la patente no suele ser el empleado o equipos de empleados que han codificado ese software. Normalmente es una empresa la que adquiere los derechos de ese trabajo anulando así el capital intelectual [15] que sus trabajadores han depositado en un proyecto y evitando que; si estos dejan la empresa; puedan seguir utilizando su inventiva y aprendizaje acumulado al desarrollar ese software, al estar éste protegido por la patente.

En la actualidad las propias empresas gestionan de manera eficiente el trabajo que los equipos de desarrolladores pueden realizar fuera de la empresa o incluso en sus domicilios fuera de horas de trabajo, porque saben que la resolución de problemas en el desarrollo de software está muy vinculada a la actitud mental del trabajador y a su experiencia acumulada, hasta el punto de que se recomiendan revisiones constantes de las ideas o aportaciones de cada trabajador que, una vez analizadas, puedan ser planteadas al conjunto de los trabajadores de ese proyecto para que esa realimentación facilite el éxito del mismo para el bien de la empresa [16]. Esta situación se agrava aún más si los desarrolladores son del tipo "freelance". Ellos ya pierden el derecho desde el momento en que firman el contrato con una empresa y no importa que el proyecto haya durado un mes, o dos años, sus conocimientos, su esfuerzo y su trabajo quedarán para siempre en manos de su cliente por gracia de la patente.

Si bien es cierto que los tribunales han dado la razón en algunos casos a la parte más débil; el trabajador; también es verdad que iniciar una acción judicial no está al alcance de cualquiera, y mucho menos si el adversario es una empresa de renombre internacional. Es más, habitualmente el posible beneficio futuro se ve nublado por la lentitud judicial que, en

un mundo como el del software, es un importante argumento a tener en cuenta a la hora de plantearse realizar cualquier acción. Hoy nace un posible estándar, mañana se implementa y generaliza, pero pasado mañana ya está siendo sustituido por otro sin ni siquiera haber llegado a estar normalizado internacionalmente.

Hasta tal punto llega el afán de convertir el software en patentable que; dado que el proceso requiere una presentación previa del objeto a patentar, y la Oficina de patentes responsable puede emitir una resolución negativa o positiva a este respecto; se sugiere que, siempre que sea posible, se realice una asignación directa entre lo que el software realiza y el efecto material que produce [17], a través de descripciones vinculadas a efectos eléctricos, cambios en puertas lógicas, activación de determinados servos, etc. Todo ello buscando que se cumplan criterios de aceptación, como patente, más cercanos a la idea tradicional de ésta vía hardware que atendiendo realmente al verdadero contenido de lo que se presenta, que realmente es software.

Licencias, royalties, y patentes, a veces se mezclan para enturbiar aún más la relación de los autores con su creación. Si bien en el caso de la industria y del mercado empresarial la preocupación es evidente, también en el caso de universidades se hace necesario delimitar cual es el mecanismo más adecuado para garantizar la repercusión de las investigaciones y desarrollos de software, incluso aquellos vinculados por contrato a empresas privadas [18].

La propiedad intelectual en cambio, no deja lugar a dudas. Protege, para su autor, cualquier pensamiento, desarrollo o expresión realizada en cualquier lenguaje; los de software incluidos [19]; a nivel internacional, y al mismo tiempo permite el uso de esos conocimientos para el desarrollo de la sociedad. El modelo de patente es muy restrictivo, mientras que el de la propiedad intelectual es ambiguo, y las licencias y copyright están demasiado sujetas a contratos y renovaciones de éstos. La solución pasará por establecer una "patente de software" que responda a las características intrínsecas de lo que debe proteger.

VI. CONCLUSIONES:

El análisis anterior lleva a concluir que es necesario diseñar unas reglas de patentabilidad específicas para el software que traten todas sus facetas y analicen todas las consecuencias de restringir o permitir un determinado uso del mismo. Debe existir un equilibrio entre la exclusividad de los derechos, la defensa de su autoría y propiedad, y la libertad para el capital intelectual, y el uso de éste libremente para el desarrollo social y tecnológico de la humanidad. Todo ello debe enunciarse en sencillas y diferenciadas normas, que no mezclen propiedad intelectual, copyright y patentes en un conglomerado legal indescifrable.

Una legislación equilibrada acabará con el histórico debate sobre las patentes de software, y debe tratar y definir conceptos como "autoría", "propiedad", "uso", "contenido", "licencia", y precisar lo que es capital intelectual inherente al autor del desarrollo y por ende inapropiable por parte de la industria, y qué es realmente desarrollo orientado al proyecto y por ende

propiedad de la industria y vinculado al contrato que el autor ha firmado con la empresa.

Mientras eso no suceda es recomendable para la empresa buscar la mayor protección que, en cada país, garantice la rentabilidad de su inversión, y aún es más recomendable que el desarrollador; aprovechando el bajo coste de registro; utilice la propiedad intelectual siempre que pueda, para defender la autoría de su proyecto; recordando que aunque no lo haga así, eso no le quita el derecho a reclamarlo como suyo.

REFERENCIAS

- [1] European Patent Office. Web oficial [en línea]. Disponible en: <http://www.epo.org/> Accesible el 7 de Mayo de 2011.
- [2] Wikipedia. "Patente de Software" [en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Patente_de_software Accesible el 7 de Mayo de 2011.
- [3] European Patent Office. "European Patent Convention (EPC 1973)" [en línea]. Disponible en: <http://www.epo.org/law-practice/legal-texts/html/epc/1973/e/ar52.html> Accesible el 7 de Mayo de 2011.
- [4] McLaughlin, L.; , "European union struggles with new rules for software patents," *IEEE*, vol.21, no.5, pp. 101- 104, Sept.-Oct. 2004 doi: 10.1109/MS.2004.1331313 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1331313&isnumber=29396>
- [5] Escrow Spain SL, "¿Software, propiedad intelectual o patente?" [en línea]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/lmtolmos/software-patente-o-propiedad-intelectual> Accesible el 7 de mayo de 2011.
- [6] European Patent Office. " Fees for international applications (as of 1.4.2010)"[en línea]. Formato PDF. Disponible en: [http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/A918A7C43E871960C12576F20043AB81/\\$File/international_fees_04_10.pdf](http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/A918A7C43E871960C12576F20043AB81/$File/international_fees_04_10.pdf) Accesible el 7 de Mayo de 2011.
- [7] Ministerio de Cultura. "Tasas del Registro Central" [en línea]. Disponible en: <http://www.mcu.es/propiedadInt/CE/RegistroPropiedad/Tasas.html> Accesible el 7 de Mayo de 2011.
- [8] Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. "Convenio de Berna para la protección de obras literarias y artísticas" 9 de Septiembre de 1886 [en línea]. Disponible en: http://www.wipo.int/treaties/es/ip/berne/trtdocs_wo001.html Accesible el 7 de Mayo de 2011.
- [9] , "IEEE-USA Pleaded that Supreme Court's Ruling Preserves Software Patents," *Antennas and Propagation Magazine, IEEE*, vol.52, no.3, pp.184, June 2010 doi: 10.1109/MAP.2010.5586621 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5586621&isnumber=5586558>
- [10] Ying Xu; Jie Jiang; , "Research on the Protection for E-Commerce Business Method Patents," *Computational Intelligence and Software Engineering (CiSE), 2010 International Conference on*, vol., no., pp.1-4, 10-12 Dec. 2010 doi: 10.1109/CISE.2010.5677243 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5677243&isnumber=5676710>
- [11] Plotkin, R.; , "Intellectual property and the process of invention: why software is different," *Technology and Society, 2002. (ISTAS'02). 2002 International Symposium on*, vol., no., pp. 236- 243, 2002 doi: 10.1109/ISTAS.2002.1013821 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1013821&isnumber=21654>
- [12] Guntersdorfer, M.S.; Kay, D.G.; , "How software patents can support COTS component business," *Software, IEEE*, vol.19, no.3, pp.78-83, May/Jun 2002 doi: 10.1109/MS.2002.1003460 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1003460&isnumber=21654>
- [13] Clark, D.; , "Do Web standards and patents mix?," *Computer*, vol.35, no.10, pp.19-22, Oct. 2002 doi: 10.1109/MC.2002.1039510 URL:

- <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1039510&isnumber=22283>
- [14] Juden, S.; , "Can software be patented?," *Computing & Control Engineering Journal* , vol.16, no.4, pp. 16- 17, Aug.-Sept. 2005 doi: 10.1049/ccej:20050403 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1508039&isnumber=32308>
- [15] Kieseewetter-Kobinger, Swen; , "Programmers' Capital," *Computer* , vol.43, no.2, pp.106-107, Feb. 2010 doi: 10.1109/MC.2010.47 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5410724&isnumber=5410692>
- [16] Harada, H.; Obata, A.; , "A creative guideline for in-house inventors based on empirical study," *Technology Management for Global Economic Growth (PICMET), 2010 Proceedings of PICMET '10:* , vol., no., pp.1-8, 18-22 July 2010 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5602177&isnumber=5602021>
- [17] Mouallem, R.K.; , "Being aware of details in preparing a patent disclosure," *Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE* , vol.13, no.3, pp.18-21, June 2010 doi: 10.1109/MIM.2010.5475162 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5475162&isnumber=5475151>
- [18] Seppänen, M.; Orsila, R.; Heinonen, R.; Lampola, M.; Nygård, C.-H.; , "Challenging current model in exploiting university-based inventions," *Technology Management for Global Economic Growth (PICMET), 2010 Proceedings of PICMET '10:* , vol., no., pp.1-7, 18-22 July 2010 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5603404&isnumber=5602021>
- [19] Bollinger, T.; , "Software in the year 2010," *IT Professional* , vol.6, no.6, pp. 11- 15, Nov.-Dec. 2004 doi: 10.1109/MITP.2004.92 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1390865&isnumber=30282>

Comunicación sin hilos como facilitador del aprendizaje presencial con robots y uso de entornos de simulación virtuales para robótica industrial

Germán Carro Fernández
 Presidente Rama de Estudiantes IEEE-UNED
 Presidente del Capítulo Estudiantil de la IEEE Education Society en la IEEEsb UNED
 Universidad Nacional de Educación a Distancia
 A Coruña, España
 germancf@ieee.org

Abstract— En este artículo se hace un recorrido por diferentes sistemas de comunicaciones utilizados para la interacción con modelos robotizados. Se analizan sistemas con cableado y sistemas sin hilos, y se explica que ventajas tienen estos últimos cuando se utilizan robots con finalidad educativa; tanto a nivel lúdico como industrial. A continuación se realiza un recorrido por los entornos virtuales de simulación para procesos robotizados en entornos industriales que existen en la actualidad, cual es su utilidad y su funcionamiento general. Finalmente se hace hincapié en la importancia de la formación en los entornos industriales y el beneficio que el uso de los mecanismos desarrollados en este artículo puede aportar si se utilizan adecuadamente.

Keywords: comunicaciones; educación; robótica; simulación industrial.

I. INTRODUCCIÓN

La automatización y el desarrollo industrial está ligado a los entornos robotizados. No obstante eso no quiere decir que se prescindiera del componente humano sino todo lo contrario. Para que estos entornos funcionen y se rentabilicen al máximo, es necesario que el ser humano sepa en todo momento cómo funcionan y que puede conseguir de las nuevas herramientas que está utilizando. Para ello es necesario que las conozca y se acostumbre a utilizarlas. Eso solo es posible a través de un adecuado proceso de formación.

En este artículo realizamos un recorrido, en primer lugar, por los sistemas de comunicación más utilizados con robots. Veremos las diferencias entre los puertos RS-232, DB-25, puerto USB, para pasar posteriormente a la comunicación 'sin hilos' y dentro de ésta los puertos IRDA, sistemas WI-FI, Bluetooth y NFC. Todo ello nos permitirá analizar la importancia que un entorno cómodo y libre de cables puede suponer a la hora de agilizar la formación en robótica a través del uso de kits y prototipos.

Mediante comunicaciones inalámbricas se mejora la seguridad, autonomía, y atención del estudiante centrándose más en el propio robot a estudiar y su comportamiento y evitando distracciones provocadas por la inadecuada gestión

del material de conexión. La reducción de costes de instalación y la posibilidad de interactuar mediante terminales remotos, son bazas a tener en cuenta cuando reducimos la dependencia del cableado tradicional en este tipo de entornos.

- Por otro lado, y como proceso de asentamiento de los conocimientos adquiridos en la práctica, se presenta un listado de entornos de simulación que permitirán que; sin riesgo; el estudiante pueda configurar procesos industriales en los que están involucrados robots, para diseñar plantas productivas más eficientes y seguras. El funcionamiento, costes, utilidad y disponibilidad de estos sistemas terminará de cerrar el itinerario: importancia de las comunicaciones en un entorno industrial => Aprendizaje como herramienta base para familiarizarse con robots y su entorno => Simulación como paso previo para la puesta en marcha o interacción con entornos robotizados industriales. Permitiendo, todo ello, la formación de profesionales cualificados conocedores de su entorno de trabajo incluso de entrar en él.

II. CABLES Y CONEXIONES 'CON HILOS'

La comunicación entre hardware y software en robótica es la base de un buen funcionamiento del sistema. Se enumerarán algunos de los sistemas tradicionales de comunicación bidireccional humano-ordenador/consola-robot, que la tecnología nos facilita para realizar esta actividad. El nexo común en todos ellos será la necesidad de una conexión física, o 'con hilos', y su configuración. En cada caso daremos por hecho que se está utilizando una versión comercial, un kit de robótica estándar o una tarjeta con zócalo de microprocesador incorporado, que posee el hardware y software necesario para realizar la comunicación mediante el sistema a estudiar. Eso facilitará su adquisición en el mercado y reducirá tiempo y costes.

A. Comunicación mediante puertos COM (Serie RS-232) y puerto Paralelo (DB-25).

Entre los sistemas más habituales en comunicación nos encontramos con el que utiliza los puertos COM y Paralelo. Desde módems, impresoras, escáneres, etc. han utilizado tradicionalmente este sistema por sus características estructurales y facilidad de uso. Ambos puertos proporcionan una interfaz que designa una norma para el intercambio serie y paralelo de datos, respectivamente, entre dos dispositivos, como dos ordenadores o un ordenador y otro tipo de dispositivo; un robot en nuestro caso. Analizaremos ambos puertos y veremos ejemplos de cada uno de ellos.

- Puerto COM (Serie RS-232):

La Norma RS-232 fue definida para conectar un ordenador a un modem [1]. Además de transmitirse los datos de una forma serie asíncrona son necesarias un conjunto de señales adicionales, que se definen en la norma. Las tensiones empleadas están comprendidas entre +15/-15 V, representando -15V el "1" lógico y +15V el "0". Así mismo la citada interfaz está diseñada para distancias cortas, de unos 15 metros o menos, y para unas velocidades de comunicación bajas de no más de 20 Kb pudiendo trabajar en los modos simplex, half duplex o full duplex [2]. En la actualidad lo más normal es que, para implementarlo, se use un conector hembra de 9 contactos tipo DB9 con la siguiente asignación de señales [3]:

- 1- DCD (Data Carrier Detect).
- 2- RX (Reception signal).
- 3- TX (Transmission signal).
- 4- DTR (Data Terminal Ready).
- 5- GND.
- 6- DSR (Data Sheet Ready).
- 7- RTS (Request To Send).
- 8- CTS (Clear To Send).
- 9- RI (Ring Indicator).

En la mayoría de las aplicaciones será suficiente con utilizar las señales de Recepción (RX), Trasmisión (TX) y masa (GND). El resto de ellas sirven para controlar el flujo de información e, históricamente, se utilizaban cuando se conectaban dispositivos especialmente lentos.

En la tarjeta del kit comercial Home BoeBot distribuido por Parallax [4] contamos con un puerto serie habilitado a tal efecto (Fig.1). A través de él podremos conectar nuestro PC mediante el pertinente cable de comunicaciones (Fig.2), al cerebro del robot y proceder a comunicarnos con él mediante el software diseñado a tal efecto.

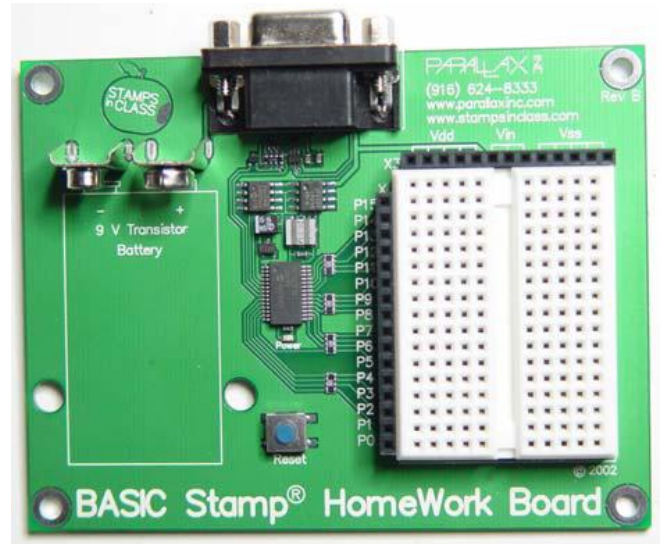


Figura 1. Placa base Home Work; BasicStamp; del kit Home BoeBot con el puerto serie instalado

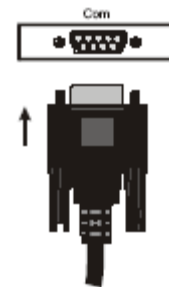


Figura 2. Conexión del cable serie al puerto COM. El otro extremo del mismo se enchufaría al PC.

En nuestro caso el propio kit trae consigo un lenguaje de programación que nos facilitará la citada comunicación, el PBasic. Un ejemplo del uso de este software (Fig.3) nos permitirá comprobar que la instalación se ha realizado correctamente.



Figura 3. Prueba de comunicación con el robot del kit Home BoeBot.

En un entorno educativo o formativo puede suceder que los conocimientos del usuario no sean lo suficientemente avanzados como para trabajar con un determinado lenguaje de programación. En esos casos siempre es adecuado poder contar con una interfaz de comunicación gráfica que facilite este proceso. En el kit

Home BoeBot existe la posibilidad de utilizar este sistema que reduce a un simple 'click' el proceso de interacción con el robot. Dicho entorno se denomina GUI Bot y su uso se limita a elegir las acciones que queremos que nuestro robot realice (Fig.4).



Figura 4. Interfaz gráfica de GUI Bot. Su uso es completamente intuitivo pero tan efectivo como la programación en PBasic.

El uso de este tipo de puerto, dado su normalización y su antigüedad, permite descargar al usuario de todo el proceso de comunicación y hacer que éste se centre en el objetivo, en este caso enviar datos al robot o recibirlos desde los sensores de éste.

• Puerto Paralelo (DB-25):

Un puerto paralelo [5] es una interfaz entre una computadora y un periférico, cuya principal característica es que los bits de datos viajan juntos, enviando un paquete de un byte a la vez. Es decir, se implementa un cable o una vía física para cada bit de datos formando un bus. Mediante el puerto paralelo podemos controlar también periféricos como focos, motores, entre otros dispositivos, adecuados para automatización. Su diferencia frente al puerto serie radica principalmente en que este último emitía los bits uno a uno.

El puerto paralelo tuvo su mayor uso como alternativa rápida para el uso de impresoras. El estándar IEEE 1284 lo definió y extendió su comercialización generalizando su uso en los ordenadores. Si bien existen varias versiones, nos centraremos en la versión ya citada en lo que respecta a nuestro trabajo, que es la que comúnmente conocemos todos como 'puerto de impresora' que ejemplifica el Tipo A del estándar anterior.

Como en el puerto serie, el puerto paralelo tiene sus respectivas asignaciones en pines (Fig.5) que nos permitirán comunicarnos con el periférico a utilizar, en nuestro caso de nuevo un robot. La distribución que éstos ofrecen permitirá combinaciones personalizadas. Esa característica es una de las más interesantes a la hora de trabajar con este puerto, y es la que ha permitido en muchas empresas adaptar interfaces de comunicación de datos diseñadas para problemas concretos en entornos específicos.

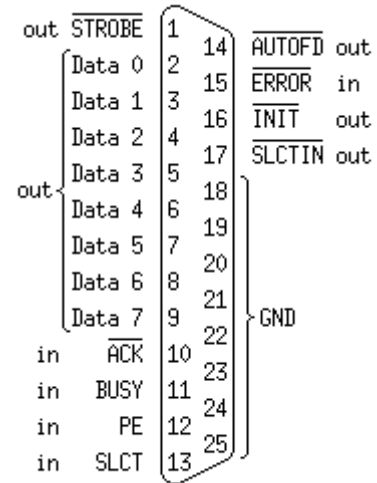


Figura 5. DB-25 con las funciones respectivas de cada pin.

Desde el punto de vista del software, el puerto paralelo son tres registros de 8 bits cada uno, ocupando tres direcciones de I/O consecutivas de la arquitectura x86. Desde el punto de vista del hardware, el puerto es un conector hembra DB25 con doce salidas (que tienen memoria/buffer intermedio) y cinco entradas, con 8 líneas de masa. Como ya se ha indicado, la función normal es transferir datos a una impresora a través de las 8 líneas de datos, usando las señales restantes como control de flujo. Es ideal para ser usado como herramienta de control de motores, relés, LED's, etc. [6], y por ello para las aplicaciones de automatización en general.

Recurriremos de nuevo a un kit comercial. En este caso el uso del cable para conectar el puerto paralelo del PC y el robot, puede pasar por un adaptador; caso del Home BoeBot; o bien ser directo como en el caso del kit Croton-03H que lo usa por defecto. En este caso tanto la interfaz como el software a emplear serán los ya indicados en el puerto serie.

No obstante y debido a la versatilidad de este puerto, es más común personalizar los adaptadores en base a las características del robot que queremos controlar. Si esto es así, se deben tener en cuenta los límites de voltaje soportados por este tipo de puertos a la hora de implementar el circuito personalizado. De no hacerlo, corremos el riesgo de inutilizar el puerto y dañar el PC en el proceso. Se puede diseñar un circuito específico para control de un brazo robotizado [7][8] (Fig.6), motores [9] (Fig.7), etc. A día de hoy este puerto o se personaliza o no se utiliza y se sustituye por nuevos puertos disponibles en los PC's, más modernos, fiables y que permiten una mayor flexibilidad; como veremos más adelante en este mismo trabajo. En cualquier caso hay que tener en cuenta que en instalaciones industriales la tendencia es aprovechar al máximo los equipos informáticos existentes, y eso incluye adaptar las necesidades de formación a éstos. Con lo que no sería tan extraño encontrarnos todavía con este tipo de puerto en algunos entornos.

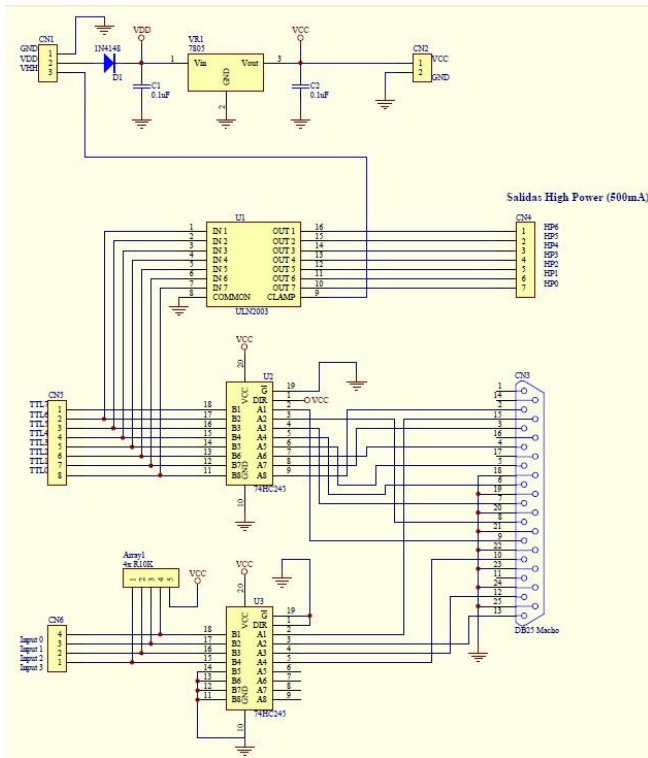


Figura 6. Circuito que representa la interfaz con el puerto paralelo para control de un brazo robotizado, con regulador de tensión a 5V.

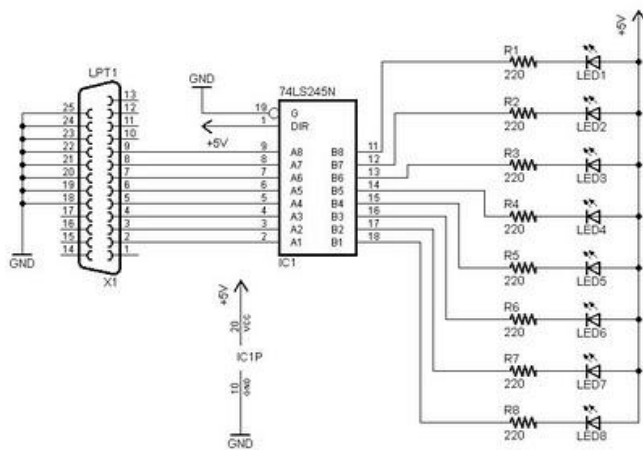


Figura 7. Circuito que representa la interfaz con el puerto paralelo para control de un motor.

B. Comunicación mediante puerto USB:

El USB puede conectar varios tipos de dispositivos como pueden ser: ratón, teclados, escáneres, cámaras digitales, teléfonos móviles, reproductores multimedia, impresoras, discos duros externos entre otros ejemplos, tarjetas de sonido, sistemas de adquisición de datos y componentes de red. Para dispositivos multimedia como escáneres y cámaras digitales, el USB se ha convertido en el método estándar de conexión [10]. Para impresoras, el USB ha crecido tanto en popularidad que ha desplazado a un segundo plano a los puertos paralelos porque hace mucho

más sencillo el poder agregar más de una impresora. Además, siempre se pueden encontrar adaptadores USB para los antiguos puertos COM o paralelo. Sus ventajas, menor coste, sus múltiples tipos (Fig.8), y facilidad de uso, lo han convertido en la alternativa perfecta para su uso en robótica.



Figura 8. Diferentes tipos de USB del mercado.

Las señales del USB se transmiten en un cable de par trenzado con impedancia característica de $90 \Omega \pm 15\%$, cuyos hilos se denominan D+ y D-. Estos, colectivamente, utilizan señalización diferencial en half dúplex excepto el USB 3.0 que utiliza un segundo par de hilos para realizar una comunicación en full dúplex. La razón por la cual se realiza la comunicación en modo diferencial es simple, reduce el efecto del ruido electromagnético en enlaces largos. D+ y D- suelen operar en conjunto y no son conexiones simples. Los niveles de transmisión de la señal varían de 0 a 0.3 V para bajos (ceros) y de 2.8 a 3.6 V para altos (unos) en las versiones 1.0 y 1.1, y en ± 400 mV en alta velocidad (2.0).

Entre los kits de robótica y placas disponibles en el mercado, ya es habitual encontrarlas con el puerto USB instalado (Fig.9). Las de tipo de Arduino [11] fueron de las primeras en incorporar este dispositivo y generalizarlos en la robótica de consumo.

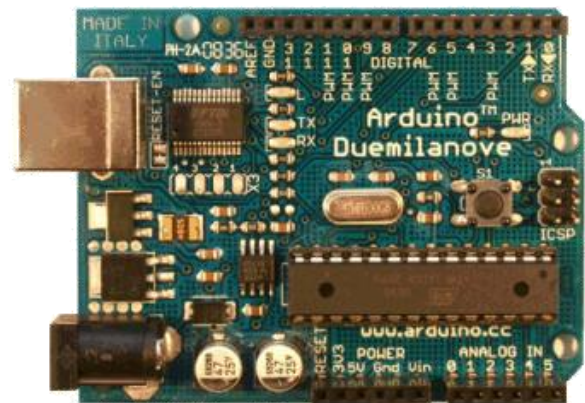


Figura 9. Placa de Arduino con puerto USB incorporado.

La ventaja del puerto USB es que también permite la instalación de dispositivos inalámbricos como la WI-FI o el Bluetooth, con lo que facilita la versatilidad a la hora de establecer comunicaciones con el robot.

C. Limitaciones físicas:

El mayor inconveniente de los dispositivos antes citados es precisamente su dependencia física del cable. En todos ellos la propia longitud del cable puede llegar a ser un

problema importante. En el caso del cable serie su límite se sitúa en los 15 metros [2]; aunque recomiendan no superar los 10; en el cable paralelo se cifra entre 5 y 15 metros en función del blindaje y características del propio cable, y en el caso del USB se considera que el máximo es de 5 metros [10]. La longitud limitará, de manera importante, la garantía de seguridad en la transmisión de datos. A todo ello le debemos añadir la propia incomodidad de llevar los propios cables al laboratorio o aula dónde se impartirán las sesiones, y el tiempo dedicado al proceso de instalación de los mismos. Es por ello que la tendencia es recurrir a sistemas de tipo inalámbrico.

III. COMUNICACIÓN 'SIN HILOS'

Son numerosas las alternativas que ofrece el mercado en lo que a los sistemas inalámbricos se refiere. Generalmente utilizan la tecnología USB para conectarse a los dispositivos que vamos a comunicar. Por ello se aprovecharán de la comodidad de contar con un puerto de estas características para dedicarlo a la tecnología 'sin hilos'. Vamos a describir los más usuales.

A. Comunicación mediante puerto IrDA:

Infrared Data Association (IrDA) define un estándar físico en la forma de transmisión y recepción de datos por rayos infrarrojos [12]. Esta tecnología está basada en rayos luminosos que se mueven en el espectro infrarrojo. Los estándares IrDA soportan una amplia gama de dispositivos eléctricos, informáticos y de comunicaciones, permite la comunicación bidireccional entre dos extremos a velocidades que oscilan entre los 9.600 bps y los 4 Mbps. Esta tecnología se encuentra en muchos ordenadores portátiles, teléfonos móviles, así como dispositivos tan comunes como televisores y los mandos a distancia de éstos.

El mecanismo en el caso de la robótica es el mismo que en un mando a distancia. De hecho un Home BoeBot con sensor de infrarrojos puede responder perfectamente a los impulsos recibidos por un mando a distancia y ser controlado por él. La distancia de emisión suele ser de 1 metro y su ventaja inmediata es que para realizar la tradicional carga de datos o programas en un robot, suele ser mucho más cómodo que la transmisión por cable. Los transmisores/receptores son de bajo coste, muy comunes, y pueden adaptarse perfectamente a cualquier placa comercial (Fig.10).

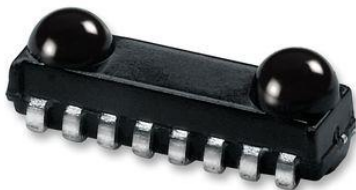


Figura 10. Transmisor/receptor IrDA.

El emisor/receptor conectado al PC suele tener forma de dispositivo USB tradicional (Fig.11). Si fuera necesario y la placa lo permite, no suele haber problema para instalar un dispositivo de este mismo tipo también en la placa del robot.



Figura 11. Emisor/Receptor para puerto USB.

B. Comunicación WI-FI:

El estándar de comunicación WI-FI viene definido por el IEEE 802.11 [13]. Su alcance es mayor que el IrDA; hasta 100 metros; y esto ha permitido que uso se haya generalizado a nivel industrial como sistema de comunicación en entornos dónde existen redes de computadores, evitando así el uso de incómodos cables de conexión. Esta misma labor se puede realizar fácilmente en aulas de robótica o en entornos de aprendizaje industriales. Su mayor inconveniente es la existencia de interferencias en el espectro de emisión y la dificultad de recepción en entornos con elevada presencia de obstáculos físicos (muros, paredes, etc.). Externamente, el dispositivo responde a las características de una llave USB (Fig.12), y como en el caso anterior, puede perfectamente ser usada en los puertos USB de los PC's y las placas utilizadas para robótica.



Figura 12. Tarjeta Wi-Fi con forma de llave USB.

C. Comunicación Bluetooth:

El sistema Bluetooth [14] es un protocolo de comunicaciones diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo, con una cobertura baja y basados en transceptores de bajo costo. Su distancia efectiva oscila entre 1 y 100 metros dependiendo del tipo que se utilice. Define un canal de comunicación de máximo 720 kb/s (1 Mbps de capacidad bruta) con un rango óptimo de 10 m (o de hasta 100 m con repetidores). La frecuencia de radio con la que trabaja está en el rango de 2,4 a 2,48 GHz con amplio espectro y saltos de frecuencia con posibilidad de transmitir en full duplex con un máximo de 1600 saltos/s. Los saltos de frecuencia se dan entre un total de 79 frecuencias con intervalos de 1Mhz; esto permite dar seguridad y robustez.

La potencia de salida para transmitir a una distancia máxima de 10 metros es de 0 dBm (1 mW), mientras que la versión de largo alcance transmite entre 20 y 30 dBm (entre 100 mW y 1 W). Eso lo convierte en un sistema con un consumo muy bajo. Kits de robótica como los ofrecidos por Lego soportan este protocolo de comunicaciones (Fig.13).



Figura 13. Conjunto emisor/receptor Bluetooth para el control de robots vía PC.

D. Comunicación vía NFC y uso de tags:

Considerada el paso siguiente en la evolución de la tecnología, el sistema NFC (Near Field Communication) [15] es una tecnología de comunicación inalámbrica, de corto alcance y alta frecuencia que permite el intercambio de datos entre dispositivos a menos de 10cm. de distancia. Funciona mediante inducción en un campo magnético, en donde dos antenas de espira son colocadas dentro de sus respectivos campos cercanos. Trabaja en la banda de los 13,56 MHz, esto hace que no se aplique ninguna restricción y no requiera ninguna licencia para su uso. Soporta dos modos de funcionamiento, todos los dispositivos del estándar NFCIP-1 deben soportar ambos modos:

-Activo: ambos dispositivos generan su propio campo electromagnético, que utilizarán para transmitir sus datos.

-Pasivo: sólo un dispositivo genera el campo electromagnético y el otro se aprovecha de la modulación de la carga para poder transferir los datos. El iniciador de la comunicación es el encargado de generar el campo electromagnético.

El protocolo NFCIP-1 puede funcionar a diversas velocidades como 106, 212, 424 o 848 Kbit/s. Según el entorno en el que se trabaje, las dos partes pueden ponerse de acuerdo de a qué velocidad trabajar y reajustar el parámetro en cualquier instante de la comunicación. Su uso se concreta en la utilización de tarjetas, balizas, uso de tags, etc... en sus modalidades activa y pasiva.

Si bien sus aplicaciones están aún en fase de maduración, ya existen robots educativos con esta tecnología. El caso de Kibot [16] (Fig.14) nos muestra lo que estos nuevos sistemas pueden ofrecer. Incluye un dispositivo NFC oculto en su nariz y que, al acercarle etiquetas (también llamadas 'tags'), teléfonos móviles, o tarjetas con tecnología NFC, reacciona cargando el software que éstas portan, con lo que Kibot se activa realizando diferentes actividades de interacción con el usuario.



Figura 14. Kibot. Uno de los primeros robots con tecnología NFC.

La utilidad de este tipo de robots lúdicos o de ocio, no deja de ser una manera más de extender esta nueva tecnología. Los sistemas de comunicación sin hilos son más vulnerables que los sistemas tradicionales vía cable. En cambio los sistemas inalámbricos permiten una mayor flexibilidad y comodidad a la hora de realizar una instalación puntual para sesiones de formación o de demostración del uso de robots. Es habitual que, incluso, se lleguen a combinar diferentes sistemas para realizar una misma actividad. No obstante la tecnología tiende cada vez más a la eliminación del hardware innecesario. Se busca facilitar al usuario la utilidad, frente a los arduos montajes que antaño requerían las presentaciones de robots. El cableado se restringe a lo estrictamente necesario y, dado que la formación debe centrarse en el aprendizaje del uso de un determinado equipo robotizado, se prima la práctica directa frente a todo lo demás.

IV. FLEXIBILIDAD DE LO INALÁMBRICO EN LAS TECNOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE

Una vez expuestos los sistemas de comunicación más habituales, ya estamos preparados para abordar su uso como herramientas formativas en entornos de robótica. Son varios los aspectos que vamos a tratar, desde los costes, la comodidad de uso, la propia seguridad, o la autonomía que pueden proporcionar al material utilizado.

A. Costes de instalación y material en entornos de aprendizaje sin hilos:

Una de las mayores dificultades de la formación presencial es precisamente la selección y adecuación de aulas o del entorno en el que se va a desarrollar el aprendizaje. Cuando hablamos de robótica este aspecto tiene aún más importancia. El uso de cables, herramientas y módulos de montaje, la existencia o no de instalaciones previas, el espacio para cada alumno, etc., todos estos parámetros deben estar definidos antes de iniciar una actividad de este tipo. El alumno tiene que centrarse en el aprendizaje y despreocuparse del entorno. Si no es así las distracciones echarán por tierra una gran parte del esfuerzo dedicado. En este tipo de actividades se recurre al uso de materiales de bajo coste o a la reutilización de elementos que pueden

encontrarse fácilmente en un entorno de trabajo. Pero también se hace hincapié en el ahorro con los sistemas de comunicaciones. Si es posible utilizar puntos Wi-Fi [17] para conectar los PC's al robot o incluso para comunicar entre ellos a los propios robots, el ahorro de costes puede multiplicarse. Una instalación cableada supone la instalación de regletas para acomodar los cables en su interior, la existencia de tantos conectores como equipos y robots a utilizar, los cables necesarios para cada PC, o bien los 'switches' necesarios para intentar ahorrar tiempo en la instalación. Todo el sistema requiere una adecuada supervisión y un control de las longitudes de cable y de posibles pinzamientos de éstos, buscando el buen funcionamiento de los equipos.

Una instalación sin hilos se reduce a decidir que puntos de comunicación utilizar (Wi-Fi, bluetooth, NFC, IrDA) e instalar los respectivos receptores/emisores en los PC's y los robots. No existe necesidad de cableado añadido, y los controles de interferencias son tan fáciles de implementar como la simple discriminación mediante canales, por poner un ejemplo.

En un aula física, es habitual realizar grupos para trabajar con un solo robot [18]. Si a un grupo de tres personas le añadimos los cables del equipo, podemos incrementar el riesgo de accidentes involuntarios. Enganches con los cables, arrastres por descuido, tirones, etc. todo ello puede dañar el equipo a utilizar y, lo que es más importante, distrae y provoca riesgos para los propios alumnos. La comunicación inalámbrica reduce en buena medida esos riesgos, permitiendo que el alumno se centre en su objetivo de aprendizaje.

B. *E-learning sin riesgos:*

Pero no solo encontraremos beneficios en la formación presencial. El uso de laboratorios remotos facilita la interacción del alumno con materiales en laboratorio utilizando Internet como sistema de comunicación. En un entorno de pruebas preparado para la interacción a distancia mediante control remoto, es esencial evitar los obstáculos. Si bien, en algunos casos, es posible contar con la presencia de un supervisor que evita posibles accidentes, eso limita la flexibilidad en el uso de estos sistemas y los reduce a un tiempo de operación que depende de la disponibilidad, o no, de un tercero para dirigir la actividad.

Prescindiendo del cableado se facilitará la interacción del alumno desde terminales remotos sin necesidad de presencia física en el aula o entorno de pruebas. Desaparecido el riesgo de enganches con los cables, el único parámetro a garantizar es una buena conexión inalámbrica en el lugar y, por supuesto, un buen acceso a Internet. La independencia del alumno [19] a la hora de utilizar estas herramientas, es lo que va a marcar la diferencia en la evolución de su aprendizaje. Una adecuada disponibilidad de un entorno seguro aumentará el uso de éste y redundará en un mayor control del alumno hacia el objeto de experimentación. En el caso de robots y dentro de un entorno industrial, este tipo de comunicación remota puede ser la diferencia entre una importante reducción de errores por parte del operador a la

hora de trabajar con un nuevo equipo, o largas horas de entrenamiento presencial en el lugar de trabajo que redundarán en una pérdida de tiempo y una disminución en la producción. En un entorno educativo generalista el alumno puede anticipar posibles experimentos en base a lo estudiado, aumentando su curiosidad sobre el uso del robot a utilizar o desarrollando nuevas utilidades para éste, fuera de la presencialidad y tutorización del aula tradicional, o complementando ésta.

Todo ello será más seguro en entornos con comunicación sin hilos y reduciendo al máximo el cableado necesario para comunicar el equipo con el robot a utilizar en su entorno de prácticas.

C. *Incremento de la motivación del alumno:*

Así mismo, el uso de sistemas que facilitan la comunicación repercute directamente en el número de experimentos a realizar. La incomodidad que supone tener que conectar y desconectar un equipo al robot cada vez que queremos cargar un nuevo software en éste, desaparece si tenemos una conexión inalámbrica. Con ella podemos hablar de una carga de datos con un solo click, y eso aumentará la carga de datos de prueba por parte del alumno en el robot utilizado, lo que a corto plazo facilita el *feedback*, o realimentación, la corrección de errores se hace más ágil y se aumenta la motivación del alumno al recibir un estímulo de respuesta más inmediato.

No podemos olvidar que el diseño de nuevos retos para el robot es la base del aprendizaje [20]. De hecho los kits educativos más usuales tienden una y otra vez a potenciar la facilidad de uso y entornos de comunicación rápidos y amigables para sacar el mayor partido posible a sus productos. Lego Mindstorm se ha convertido en la punta de lanza para; respetando las directrices del Plan Bolonia; diseñar seminarios con una base práctica, instructiva y de rápida aplicación [21].

El entorno de software es otro de los factores a tener en cuenta a la hora de valorar la utilidad de este tipo de formación. Los kits comerciales proporcionan su propio software de interacción, pero cuando no es así, herramientas como LabView facilitan la comunicación con el robot y; dada su curva de aprendizaje; permite que el alumno se haga rápidamente con el control del mismo.

El uso de software específico (Fig.15) o general (Fig.16), depende de la flexibilidad que se desee tener con el equipo. Un software de características generales con base en C/C++ puede adaptarse y personalizarse en el sistema que queremos utilizar como base de aprendizaje [22]. De hecho alternativas como LabView son utilizadas como base del software específico que acompaña a los kits comerciales de Lego Mindstorm. La elección es solo cuestión de tiempo y ahorro de costes. Si nos interesa más el proceso de formación, que los mecanismos para llegar a él, entonces será más rápido y económico ceñirnos al software indicado por el fabricante que estará debidamente probado para los kits comerciales a utilizar. Si lo que necesitamos es realizar un proceso de formación sobre un determinado tipo de robot que se va a utilizar en un entorno industrial concreto, entonces será más

adecuado personalizar el software a emplear para el control del mismo. El proceso nos llevará más tiempo, pero, dado que la formación será continuada en el tiempo y los alumnos se sucederán durante varias fases, a la larga, acabaremos ahorrando dinero y rentabilizando con creces el desembolso inicial. .

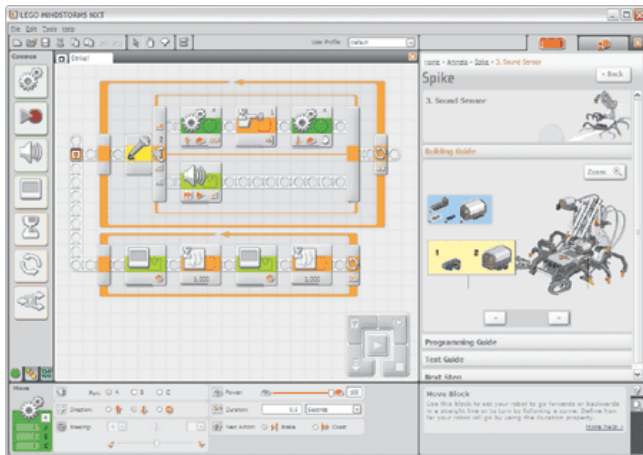


Figura 15. Interfaz del software utilizado para Lego Mindstorm.

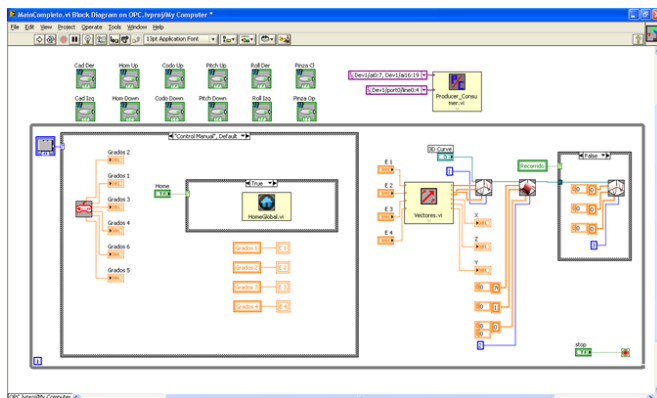


Figura 16. Interfaz personalizada diseñada con LabView.

En algunos casos la versión educativa del software personalizado, será una variante del software concreto utilizado para manipular ese robot en el entorno de trabajo. Con ello su coste estará amortizado en la propia cadena industrial.

La facilidad con la que el alumno puede ver trasladada su 'orden' vía software al robot, será uno de los factores que ayuden a utilizar el sistema 'prueba-error' para motivar el aprovechamiento máximo de todas las herramientas que se le proporcionan. Uno de los errores más habituales en lo que a la formación de este tipo se refiere, es que, un exceso de celo en proporcionar conocimientos previos sobre el software a utilizar puede nublar el objetivo principal del curso; el uso del robot; y desmotivar al alumno desde el principio del proceso de aprendizaje.

En entornos didácticos debe primar lo práctico como instrumento para captar la atención del sujeto. Es necesaria una formación teórica; evidentemente; pero ésta debe ceñirse

en exclusiva a los aspectos esenciales. A partir de ahí será el propio alumno el que; con las herramientas adecuadas; experimente con el conocimiento adquirido y saque el mayor partido de él.

Si fuera necesario un mayor conocimiento del software a utilizar, entonces, es preferible realizar un curso formativo específico sobre esas herramientas y no usar la formación con robots para impartirlo.

Cuando se habla de motivación se está pensando en un entorno agradable, que cuente con el refuerzo de docentes cualificados y que fomente la colaboración y el trabajo en equipo. Estas características son válidas con independencia del nivel formativo al que vaya dirigido y resultan adecuadas para los estadios formativos de primaria, secundaria, graduado o postgraduado. Lo único que variará será la mayor o menor profundidad con la que se aborden los conceptos y el área concreta a la que vaya dirigida. Si la formación es presencial es recomendable no superar los veinte o treinta alumnos por aula y distribuir adecuadamente los grupos en base a los materiales con que se va a contar. Si a esto le añadimos un adecuado equilibrio entre teoría y práctica; haciendo hincapié en esta última; y lo aderezamos con demostraciones preparadas por los propios estudiantes, estaremos sembrando las bases para un curso o seminario de dos o tres días de duración en el que la motivación será el hilo conductor para conseguir el objetivo de aprendizaje deseado [23].

No se debe olvidar la propia experiencia de los docentes en este tipo de actividades y la realimentación que puede proporcionar una encuesta, al final de las mismas, para mejorar posibles aspectos en posteriores convocatorias. Es esencial mantener la atención del alumno en lo que está haciendo. En algunos casos ese aprendizaje le servirá para asimilar conceptos teóricos aprendidos durante las clases tradicionales, pero en otros estaremos ante una audiencia industrial en la que el objetivo será cualificar a los trabajadores en la realización de una nueva actividad. En ambos casos la mayor claridad y objetividad sobre la meta a conseguir debe estar siempre presente, y solo una atención constante y una adecuada comprensión, facilitarán al alumno exponer las dudas y preguntas que vayan apareciendo a lo largo del curso o seminario.

Hablamos de robótica, pero la motivación es esencial en todos los aspectos formativos dentro del ámbito de la ingeniería y más aún en el ámbito industrial. No debemos olvidar que al fin y al cabo la robótica está formada por electrónica, mecánica, automática, sistemas de control, etc. [24]. Todas ellas son materias que unidas y debidamente coordinadas nos conducen al diseño, implementación y control de un robot. Y, si bien, no es necesario ser especialista en ellas, si es esencial poseer una visión conjunta de para qué sirven y que aporta cada una de estas disciplinas. Para ello nada mejor que una motivación adecuada y un proceso de práctica y aprendizaje que permita demostrar con el efecto prueba-error que camino debemos tomar, o qué debemos corregir, en cada momento.

D. Aumento de la autonomía del robot:

Es evidente que el uso de sistemas de comunicación inalámbrico no solo facilitará la carga del software en el robot, también facilitará el movimiento del robot que se verá limitado solamente por el alcance máximo de la frecuencia o esa misma programación cargada previamente. En un entorno de pruebas los cables entorpecen el movimiento, ralentizan el desplazamiento y en muchos casos evitan determinados giros o traslaciones del robot que puede acabar enganchado entre ellos. Ese mismo problema puede acarrear accidentes y, como ya vimos, afectar a la seguridad del entorno de trabajo.

Una mayor autonomía del robot nos permitirá probar su funcionamiento en actividades lo más parecidas al uso diario en que se va a utilizar y para el que se está formando al alumno. Si el objetivo es incorporarlo a una cadena de montaje, la no existencia de cables puede ayudar a probar el robot, y su manipulación, desde una distancia segura o a través de cristales o habitaciones alejadas del entorno principal de manipulación. No debemos olvidar que aunque estamos en un curso de formación, el objetivo es utilizar esos conocimientos en la práctica real, y eso obliga a que el alumno se familiarice con un entorno lo más cercano posible al real.

Si no es posible eliminar por completo los cables (Fig.17), se intentará reducirlos en la medida de lo posible (Fig.18). Un mayor cableado también generará inseguridad en el alumno y dificultará la manipulación del propio robot.

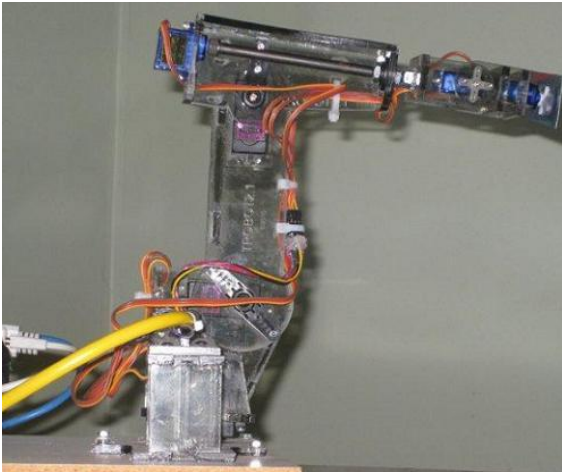


Figura 17. Robot con excesivo cableado. Dificulta su movilidad.



Figura 18. Robot con el cableado mínimo necesario.

Si contamos con robots bípedos la importancia de prescindir de cableado innecesario y de facilitar el desplazamiento y la movilidad, aún es mayor. En estos casos el punto crucial es el equilibrio del robot [25]. Un cable mal situado, o tensado, puede generar problemas en la configuración de la carga de los servos. Eso a su vez puede afectar a la programación y finalmente provocar fallos en las pruebas de movilidad.

En entornos lúdicos el uso de robots educativos se prueba en actividades como los partidos de fútbol entre robots [26] (Fig.19), o carreras de velocidad y equilibrio, que entre robots bípedos son bastante espectaculares.

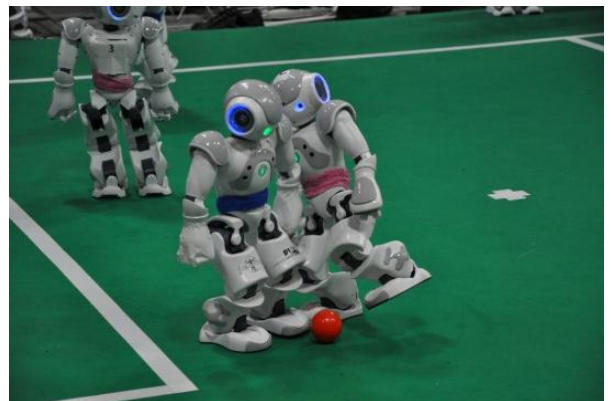


Figura 19. Robots Nao en plena RoboCup.

Pero la importancia de la comunicación sin hilos va más allá. Gracias a ella se pueden implementar la comunicación entre los propios robots (Fig.20). Mediante herramientas de este tipo se puede llegar a conseguir que varios robots funcionen en equipo, mejorando su productividad al actuar de manera colaborativa.



Figura 20. Robots Nao simulando una comunicación entre ellos.

La flexibilidad que aporta la conexión 'sin hilos' es un argumento más para la interactividad, mejora y aprovechamiento del aprendizaje con robots.

Ya sea para una formación orientada al uso industrial, en primaria y secundaria, grado, postgrado, o simplemente como parte de la instrucción en ingeniería de cara a preparar a los alumnos para el mercado laboral, este tipo de actividades facilita la orientación práctica y proporciona herramientas para que el estudiante se habitúe a un entorno de trabajo tecnológicamente avanzado pero controlado y adaptado a sus necesidades formativas.

V. SIMULACIÓN DE ENTORNOS VIRTUALES PARA CONTROL DE PROCESOS ROBOTIZADOS

Los robots a utilizar se caracterizan por su especificidad para realizar determinadas tareas repetitivas. No obstante en una empresa industrial el entorno y su distribución tiene tanta importancia como los robots que la integran. Para aumentar la eficiencia en un entorno automatizado se utilizan los programas de simulación industrial. Éstos nos permiten estimar una primera aproximación sobre la efectividad o no de nuestro sistema de automatización.

A. Software de simulación de entornos industriales.

Si bien en el mercado existen multitud de paquetes de software para simulación en determinadas áreas industriales, es más difícil encontrar suites completas dedicadas por entero al diseño de plantas industriales en su conjunto. Esto es así porque cada factoría suele estar diseñada de una manera muy concreta. Es difícil generalizar y más aún tener en cuenta todos los factores productivos que en un momento determinado necesitará considerar una empresa. De hecho, lo más habitual es que, si existe un software de simulación, éste haya sido diseñado de manera personalizada para cubrir las necesidades de una factoría en concreto; y sus sedes satélite, o franquicias. No obstante expondremos las características de algunos paquetes disponibles en el mercado. Describiremos alguno de estos productos:

- COSIMIR [27]: Es un sistema de simulación en 3-D desarrollado en el período de 1992 a 2005 por el Instituto de Investigación en Robótica de la Universidad Tecnológica de Dortmund (Alemania). Permite el diseño, y la edición de celdas de trabajo.

La interfaz que posee permite introducir los datos más característicos de los robots a utilizar (tamaño, grados de libertad, distancias de alcance, etc.) y los muestra por pantalla mostrando la evolución de los mismos durante el proceso de trabajo simulado. Se pueden introducir otros robots y elementos diferentes, con sus propias características, en la misma celda y la simulación mostrará la actividad entre ellos de manera conjunta con todos los elementos de la misma funcionando al unísono. Su versatilidad permite utilizar este software para diseñar robots individuales (Fig.21) o cadenas de montaje completas (Fig.22) trabajando de manera coordinada.

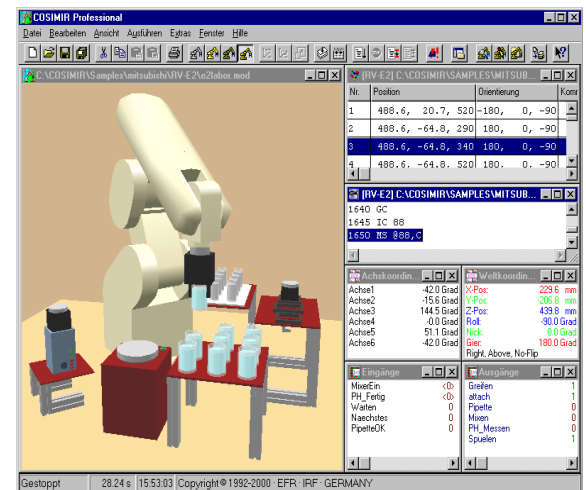


Figura 21. Interfaz COSIMIR con un único robot simulado.

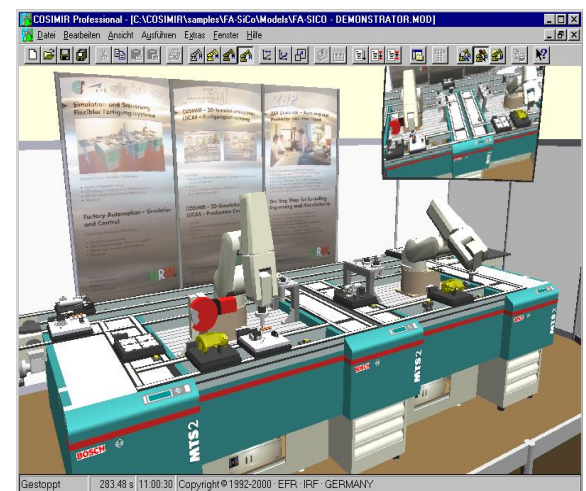


Figura 22. Interfaz de COSIMIR mostrando una cadena de montaje completa.

Teniendo en cuenta su temprana introducción en el mercado y la experiencia adquirida a lo largo de los años, fue durante mucho tiempo uno de los entornos de simulación más comunes, utilizado incluso para simulaciones sobre transporte [28]. Desde hace unos

años y buscando una mejora, aún mayor, en las características ofertadas fue sustituido por CIROS como veremos a continuación. No obstante hoy en día todavía es posible encontrar licencias educativas de este software y por supuesto se sigue dando mantenimiento y soporte a las versiones distribuidas desde el 2008.

- CIROS [29]: Desde el año 2008 se plantea como sustituto de COSIMIR. Entre sus nuevas características se incluye una interfaz más avanzada (Fig.23), nuevas funcionalidades para los entornos robotizados y una mayor compatibilidad con otro software y sistemas CAD existentes en el mercado; lo que facilita su integración. Además, posee una mayor flexibilidad para diseñar los propios elementos a incluir en cada célula de simulación, lo que facilita una mayor personalización del entorno. Todo ello permite diseñar simulaciones más realistas que proporcionan una mayor optimización del entorno de trabajo mejorando su productividad. En su página oficial [30] se explican las diferentes opciones de este software que abarca simulación industrial, realidad virtual, o entornos educativos de aprendizaje en robótica, mecánica, mecatrónica o producción industrial. Conseguir simulaciones en entornos realistas (Fig.24) es más sencillo cuando se cuenta con un software de esta potencia.



Figura 24. Interfaz CIROS en plena simulación de cadena de producción.

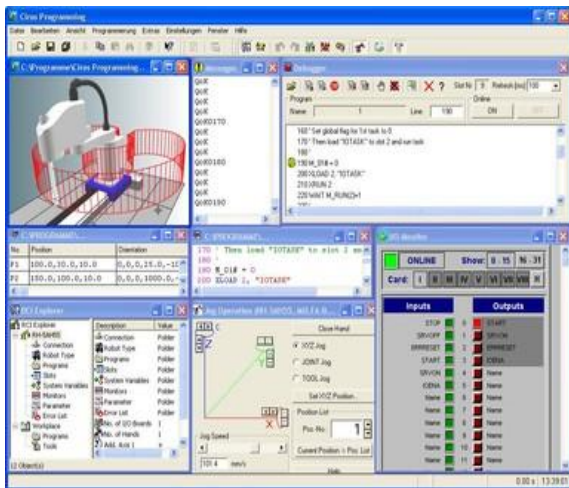


Figura 23. Interfaz de CIROS en pleno proceso de depuración de código.

- ARENA Simulation [31]: Es un producto diseñado por Rockwell Automation. Lleva más de diez años en el mercado y su carta de presentación se resume en la flexibilidad y adaptabilidad a cualquier tipo de empresa o industria. Posee diferentes paquetes añadidos para facilitar esa personalización. Su mayor inconveniente es que llega a ser tan generalista que es difícil sacarle todo el partido esperado para una industria en particular. Para solucionar eso se imparten; previo pago; seminarios y cursos que ayudan a profundizar en el software y conocerlo más a fondo. Arena Simulation utiliza el lenguaje SIMAN (SIMulation ANALysis) [32]. Este lenguaje combina, tanto eventos discretos como continuos, y compendia algunas de las características de otros sistemas de simulación como GASP, GPSS, SIMSCRIPT, SLAM, entre otros. Originalmente fue implementado en FORTRAN, por lo que su uso se vuelve más árido y complejo a la hora de realizar paquetes nuevos o intentar personalizar éstos. Algo que con C ó C++ resultaría más fácil y abordable. Su interfaz resulta, al igual que en los casos anteriores, muy adaptable a la simulación a realizar, abarcando desde instalaciones de almacenaje (Fig.25) hasta circuitos de cintas transportadoras con robots de ensamblaje (Fig.26).

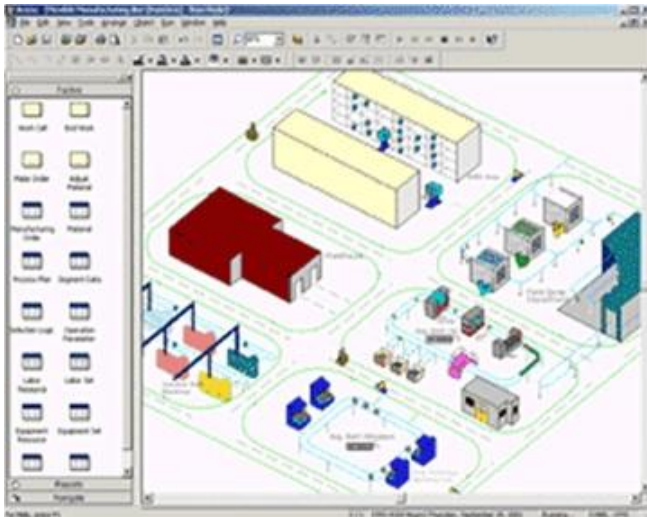


Figura 25. Interfaz de ARENA mostrando la distribución de una instalación industrial.



Figura 26. Interfaz de ARENA con circuito de cintas transportadoras y robots.

- Flexsim [33]: Se remonta a 1993 y a lo largo de la última década se ha ido adaptando a las nuevas tecnologías introduciendo un IDE para C++ y tecnología OpenGL para el entorno gráfico y realidad virtual. Es un software de simulación de propósito general y trabaja en la misma línea que los anteriores y, como ellos, nació para trabajar en entornos relacionados directamente con la ingeniería. En este caso su evaluación se centra en los entornos virtuales lo más cercanos posibles a la realidad y la flexibilidad para adaptarse a cualquier actividad susceptible de ser simulada. El abanico es tan amplio que se podría decir que este software permite tratar optimización de situaciones tan dispares y extremas como la atención a pacientes en un hospital (Fig.27) y la gestión de una línea de empaquetado automatizada (Fig.28).



Figura 27. Interfaz de Flexsim para gestión de pacientes hospitalizados.

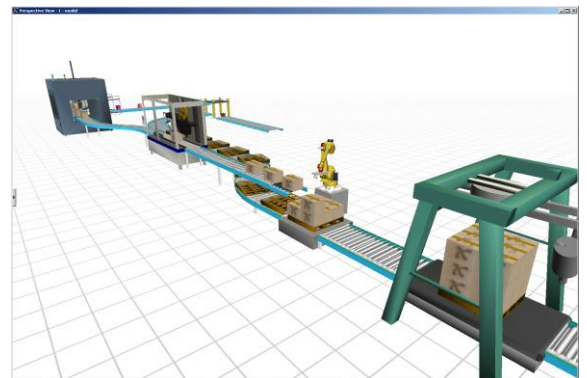


Figura 28. Interfaz de Flexsim en una cadena de empaquetado.

Los paquetes de software analizado son solo una muestra de los que existen, pero son representativos del estado actual de la simulación industrial. Cada empresa debe evaluar qué es lo que realmente necesita y en base a ello seleccionar la opción más económica, manejable y adaptable. No se debe olvidar lo importante que será la formación sobre el software a usar, para conseguir un mejor aprovechamiento de éste.

B. *Cómo funciona un software de simulación.*

El funcionamiento es sencillo. Debemos emplear las herramientas que se nos proporcionan para diseñar, de la manera más realista posible, el entorno de trabajo donde queremos introducir los cambios deseados. Para ello tendremos que contar con la existencia de uno o múltiples tipos de robots (de recogida, de sellado, de pintura, etc.), diferentes sistemas de transporte (cintas transportadoras, robots móviles, elevadoras, etc.), y elementos accesorios necesarios para que funcione todo el sistema correctamente (sistemas de almacenaje, gestión de envases, seres humanos que interactúen en el proceso, etc.). Todo ello desde un punto de vista de seguridad, eficiencia y ahorro de tiempo y costes.

Si tomamos como ejemplo el software CIROS podemos ir analizando paso a paso este proceso:

- ✓ En primer lugar se debe delimitar la célula de trabajo en el espacio. Eso implica incluir en el software las coordenadas de ésta. Su longitud, anchura y demás características tridimensionales.

- ✓ En ese espacio procederemos a incluir los elementos necesarios. Pero antes tenemos que seleccionar los robots a utilizar y; al igual que con el entorno de trabajo; deberemos asignarles una altura, radio de movimiento, y coordenadas en el espacio. Podemos seleccionar los robots de las librerías instaladas al efecto o bien diseñar nuevos modelos personalizados si fuera necesario.
- ✓ La ventaja de este tipo de software es que suele traer librerías predefinidas. Esto nos ayudará; una vez definidos espacio y robots; a que la célula se distribuya automáticamente de una manera determinada. Por ejemplo, las librerías para robots de 'pick and place' o recogida, ya nos distribuirían de una determinada manera ese entorno; aunque luego nosotros podamos introducir modificaciones en él.
- ✓ En las librerías asignadas a cada célula también se incluyen actividades por defecto. Manipulación, procesamiento o paletización, están prediseñadas para facilitar el trabajo de simulación. Aún así, requieren de un ajuste previo para situar los procedimientos en el entorno real a modelar.
- ✓ Otro de los elementos a tener en cuenta es el producto a procesar. Cajas, muelles, un proceso de ensamblaje, etc. todo ello existe predefinido a la espera de que lo seleccionemos para nuestra célula de prueba.
- ✓ Con todos los elementos seleccionados y programados estaremos preparados para iniciar la simulación.

En esencia estos pasos son habituales en cualquier software de simulación. Los procesos de programación de cada robot suelen ser mediante una interfaz gráfica en la que; de unos parámetros precargados desde las librerías; se seleccionan las opciones que más se ajustan a nuestro modelo. Un proceso visual e interactivo que permite al usuario olvidarse de la complejidad de los algoritmos y centrarse en la simulación propiamente dicha. La precisión en el modelado llega a tal extremo que se pueden seleccionar componentes del propio robot y decidir el movimiento o desplazamiento de éstos. Igualmente se puede controlar la luz del entorno de simulación, etc., todo para dar una imagen lo más realista y cercana posible a la simulación del entorno de trabajo real.

En algunos casos este proceso de modelado solo sirve para el propio entorno de simulación [34], pero en otras ocasiones el software permite exportar estos datos al robot de trabajo en el entorno real, ahorrando así el proceso de reprogramación de la planta y permitiendo aprovechar al máximo las capacidades del proceso de simulado.

C. Importancia de la simulación previa en la industria.

La exhaustividad y concreción de los elementos a considerar en una simulación, es la clave para el mejor aprovechamiento de este tipo de software. Es la importancia de la gestión de tiempos, control de colisiones, seguimiento

de producto en la cadena de montaje o ensamblado, uso de sensores y adecuación del número de éstos a instalar, lo que permitirá trasladar con éxito la simulación al entorno real de trabajo.

Las tecnologías 3D y el uso de sistemas de comunicación inalámbrico que desarrollamos al principio de este trabajo, facilitan mucho ese proceso. En ocasiones una simulación previa puede conseguir la información necesaria para gestionar y ajustar parámetros de producción desde un iPhone [35], sin necesidad de estar físicamente en la propia planta de producción.

En procesos intensivos en acciones, como puede ser el procesado de productos textiles, en el que están implicados: fabricación, lavado, planchado, empaquetado, almacenaje y marcado para distribución [36] un pequeño desajuste en el sistema puede crear un cuello de botella capaz de retrasar la producción incrementando costes y haciendo peligrar la rentabilidad. Una simulación adecuada nos permitirá conocer estos riesgos y nos ayudará a evitarlos mediante acciones preventivas.

De la misma forma, existen múltiples secciones de producción, transporte y control de una factoría que actúan de manera interrelacionada. Cada proceso debe seguir al anterior o incluso corregirlo si es que se detecta algún fallo. La simulación nos permite evaluar cual es la mejor manera de jerarquizar esas relaciones entre diferentes plantas productivas dentro de una misma fábrica [37]; incluso teniendo en cuenta lugares de trabajo en el que exista interacción hombre-máquina; racionalizando éstas.

En definitiva, una buena simulación inicial del entorno de trabajo nos facilitará el diseño de la planta para que su coste sea mínimo y su funcionamiento sea óptimo.

VI. CONCLUSIONES

La importancia de un adecuado sistema de comunicaciones pasa por factores tan importantes como la seguridad, el coste de instalación, la facilidad de manipulación y la usabilidad. La comunicación inalámbrica posee estas cualidades y evita incomodidades en la gestión del cableado, reducción del coste de instalaciones y un mantenimiento menos exhaustivo de la instalación.

Si además queremos habilitar un entorno formativo; ya sea en un medio industrial o educativo; centrado en la robótica, el evitar cableado innecesario redundará en un aumento de la seguridad en la manipulación de los equipos robotizados y una mayor interacción de los alumnos con éstos. La motivación y la sensación de avance en el aprendizaje se verán facilitados si se permite una mayor interacción prueba-error con los equipos robotizados. El uso de sistemas inalámbricos facilita este proceso.

El paso siguiente es en el que el profesional o el estudiante se enfrenta a entornos industriales robotizados, primero mediante el uso de software de simulación al efecto y finalmente comprendiendo como, el buen aprovechamiento de éstos, puede incrementar la eficiencia y reducir los costes de puesta en marcha de una planta industrial robotizada

evitando errores de diseño previo mediante estas simulaciones.

Se ha buscado el itinerario: importancia de las comunicaciones en un entorno industrial => Aprendizaje como herramienta base para familiarizarse con robots y su entorno => Simulación como paso previo para la puesta en marcha o interacción con entornos robotizados industriales. Son tres aspectos de un proceso que recorre la ingeniería industrial desde su parte más técnica hasta su vertiente económica pasando por su aspecto práctico más lúdico como fuente de motivación y utilizando la curiosidad y el estímulo en el aprendizaje como herramientas indispensables en este desarrollo.

REFERENCIAS

- [1] Electronic Industries Association, "EIA Standard RS-232-C Interface Between Data Terminal Equipment and Data Communication Equipment Employing Serial Data Interchange", August 1969, reprinted in Telebyte Technology Data Communication Library, Greenlawn NY, 1985,.
- [2] Wikipedia, "RS-232" [en línea]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/RS-232> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [3] Complubot, "Comunicaciones entre el robot y el PC mediante el puerto Serie" [en línea]. Disponible en: http://complubot.educa.madrid.org/tecnologia/electronica/comunicaciones_pc_robot/comunicaciones_pc_robot.php Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [4] Ingeniería de microsistemas programados S.L., "Microbot Home Boe-Bot Manual de montaje y programación versión 3.1 (2005)" [en línea]. Formato PDF. Disponible en: <http://www.msebilbao.com/notas/downloads/Manual%20de%20Home%20Boe-Bot%20en%20castellano.pdf> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [5] Wikipedia, "Puerto paralelo" [en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Puerto_paralelo Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [6] Moussa, B., "Conociendo el Puerto Paralelo de la PC Conector DB-25" [en línea]. Disponible en: <http://ramsurobot.blogspot.com/2008/08/conociendo-el-puerto-paralelo-de-la-pc.html> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [7] Todorobot, " Usando el puerto paralelo de una PC"[en línea], Septiembre, 2000. Disponible en: <http://www.todorobot.com.ar/proyectos/paralelo/paralelo.htm> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [8] Todorobot, " Usando el puerto paralelo de una PC"[en línea], Septiembre, 2000. Disponible en: <http://www.todorobot.com.ar/proyectos/paralelo/ipp01-circuit.pdf> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [9] Loredó Amaro, R., " Actividad 3. Programación de puerto paralelo en labwindows CVI" [en línea]. Disponible en: <http://sites.google.com/site/rubenloredoamaro/lenguaje-c/actividad-3-programacion-de-puerto-paralelo-en-labwindows-cvi> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [10] Wikipedia, "Universal Serial Bus" [en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [11] Arduino, "Arduino Home Page" [en línea]. Disponible en: <http://arduino.cc/> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [12] Wikipedia, "Infrared Data Association" [en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Infrared_Data_Association Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [13] Wikipedia, "Wi-Fi" [en línea]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [14] Wikipedia, "Bluetooth" [en línea]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [15] Wikipedia, "Near Field Communication" [en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Near_Field_Communication Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [16] Slashgear, "Kibot, robot hands-on" [en línea]. Disponible en: <http://www.slashgear.com/kibot-robot-hands-on-video-11151276/> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [17] Samuelsen, D.; Graven, O.H.; , "Low cost robots used for practical assignments in programming modules," *E-Learning in Industrial Electronics, 2009. ICELIE '09. 3rd IEEE International Conference on* , vol., no., pp.80-85, 3-5 Nov. 2009 doi: 10.1109/ICELIE.2009.5413205 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5413205&isnumber=5413192>
- [18] Mirats Tur, J.M.; Pfeiffer, C.F.; , "Mobile robot design in education," *Robotics & Automation Magazine, IEEE* , vol.13, no.1, pp. 69- 75, March 2006 doi: 10.1109/MRA.2006.1598055 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1598055&isnumber=33611>
- [19] Vargas, H.; Sanchez Moreno, J.; Jara, C.; Candelas, F.; Torres, F.; Dormido, S.; , "A Network of Automatic Control Web-based Laboratories," *Learning Technologies, IEEE Transactions on* , vol.4, no.3, pp.197-208, March 2011 doi: 10.1109/TLT.2010.35 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5654493&isnumber=4620077>
- [20] Gómez-de-Gabriel, J.M.; Mandow, A.; Fernández-Lozano, J.; García-Cerezo, A.J.; , "Using LEGO NXT Mobile Robots With LabVIEW for Undergraduate Courses on Mechatronics," *Education, IEEE Transactions on* , vol.54, no.1, pp.41-47, Feb. 2011 doi: 10.1109/TE.2010.2043359 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5430870&isnumber=5705620>
- [21] Mottok, Jurgen; Gardeia, Armin; , "The Regensburg Concept of P-Seminars — How to organize the interface between secondary school and university education to create a didactic cooperation between teaching and learning of Software Engineering with Lego Mindstorms NXT Embedded Robot Systems," *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2011 IEEE* , vol., no., pp.917-920, 4-6 April 2011 doi: 10.1109/EDUCON.2011.5773255 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5773255&isnumber=5773100>
- [22] Thai, C.N.; Paulishen, M.; , "Using Robotis Bioloid systems for instructional Robotics," *Southeastcon, 2011 Proceedings of IEEE* , vol., no., pp.300-306, 17-20 March 2011 doi: 10.1109/SECON.2011.5752954 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5752954&isnumber=5752891>
- [23] Villanueva, Miquel; Cufi, Xevi; Elfakdi, Andres; Ridao, Pere; Garcia, Rafael; , "Attracting talent to increase interest for engineering among secondary school students," *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2011 IEEE* , vol., no., pp.347-353, 4-6 April 2011 doi: 10.1109/EDUCON.2011.5773159 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5773159&isnumber=5773100>
- [24] Mehri-Sani, A.; Iravani, R.; , "On the Educational Aspects of Potential Functions for the System Analysis and Control," *Power Systems, IEEE Transactions on* , vol.26, no.2, pp.878-885, May 2011 doi: 10.1109/TPWRS.2010.2058871 URL:

- <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5549976&isnumber=5753358>
- [25] Hsin-Yu Liu; Wen-June Wang; Rong-Jyue Wang; , "A Course in Simulation and Demonstration of Humanoid Robot Motion," *Education, IEEE Transactions on* , vol.54, no.2, pp.255-262, May 2011
doi: 10.1109/TE.2010.2051157 URL:
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5483077&isnumber=5762417>
- [26] Aldebaran Robotics, "NAO, official player of the RoboCup since 2008" [en línea]. Disponible en:
<http://www.aldebaran-robotics.com/en/node/1168> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [27] "COSIMIR, getting started" [en línea]. Disponible en:
www.provendedor.fi/servo/manuals/Cosimir-StartManual.pdf Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [28] Wischniewski, R.; Freund, E.; , "COSIMIR® transport: modeling, simulation and emulation of modular carrier based transport systems," *Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA '04. 2004 IEEE International Conference on* , vol.5, no., pp. 5171- 5176 Vol.5, 26 April-1 May 2004 doi: 10.1109/ROBOT.2004.1302538 URL:
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1302538&isnumber=28923>
- [29] Karras, U; "Festo" [en línea]. Festo Didactic GmbH & Co. KG. Denkendorf, 2010. Disponible en:
http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/CIROS_robotics_manual_es.pdf Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [30] CIROS; "Official Site" [en línea]. Disponible en: <http://www.ciros-engineering.com> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [31] ARENA Simulation, "Official Site" [en línea]. Disponible en: <http://www.arenasimulation.com/> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [32] Nance, R.E.; "A history of Discrete Event Simulation Programming Languages". Department of Computer Science, Virginia Polytechnic Institute and State University. Virginia, June 1993. [En línea]. Formato PDF. Disponible en: <http://eprints.cs.vt.edu/archive/00000363/01/TR-93-21.pdf> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [33] FlexSim, "Official Site" [en línea]. Disponible en: <http://www.flexsim.com> Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [34] Velasques Costa, J.A.; " Software para el modelamiento, simulación y programación de aplicaciones robotizadas" [en línea]. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial Vol. 12(1): pp 32-36 (2009) UNMSM ISSN: 1560-9146 (Impreso)/ISSN: 1810-9993 (Electrónico). Abril 2009. Disponible en:
www.scielo.org.pe/pdf/id/v12n1/a05v12n1.pdf Accesible el 12 de Junio de 2011.
- [35] Back, M.; Childs, T.; Dunnigan, A.; Foote, J.; Gattepally, S.; Liew, B.; Shingu, J.; Vaughan, J.; , "The virtual factory: Exploring 3D worlds as industrial collaboration and control environments," *Virtual Reality Conference (VR), 2010 IEEE* , vol., no., pp.257-258, 20-24 March 2010 doi: 10.1109/VR.2010.5444777 URL:
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5444777&isnumber=5444743>
- [36] Dotoli, M.; Fanti, M.P.; Iacobellis, G.; Stecco, G.; Ukovich, W.; , "Performance analysis and management of an Automated Distribution Center," *Industrial Electronics, 2009. IECON '09. 35th Annual Conference of IEEE* , vol., no., pp.4371-4376, 3-5 Nov. 2009 doi: 10.1109/IECON.2009.5414907 URL:
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5414907&isnumber=5414636>
- [37] Ting Yang; Dinghua Zhang; Bing Chen; Shan Li; , "Research on Plant Layout and Production Line Running Simulation in Digital Factory Environment," *Computational Intelligence and Industrial Application, 2008. PACIA '08. Pacific-Asia Workshop on* , vol.2, no., pp.588-593, 19-20 Dec. 2008 doi: 10.1109/PACIA.2008.159 URL:
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4756843&isnumber=4756714>

El Vehículo Eléctrico desde el Punto de Vista de la Sostenibilidad y la Eficiencia en la Ingeniería

Germán Carro Fernández
 Presidente Rama de Estudiantes IEEE-UNED
 Presidente del Capítulo Estudiantil de la IEEE Education Society en la IEEEsb UNED
 Universidad Nacional de Educación a Distancia
 A Coruña, España
 germancf@ieee.org

Abstract—Este artículo, profundiza en la repercusión de la introducción del vehículo eléctrico en la sociedad actual desde el punto de vista de la sostenibilidad y la eficiencia en la ingeniería. Se analiza el impacto local y global de este tipo de vehículos y se exponen los retos tecnológicos y normativos que supone una de sus piezas básicas: sus baterías. Para ello previamente se realiza un breve análisis histórico de los coches eléctricos y finalmente se indican los retos actuales a los que se enfrentan estos vehículos.

Keywords: *vehículo eléctrico; batería; sostenibilidad; eficiencia*

I. INTRODUCCIÓN

Recientemente los medios de comunicación nos bombardean con la introducción en el mercado de los nuevos coches eléctricos. Se habla; incorrectamente; de "nuevos" pero el vehículo eléctrico lleva años sobre las carreteras, si bien no de forma generalizada ni de una manera tan eficiente como la que hoy en día podemos disfrutar. Han existido motivos para el retraso en la introducción de estos vehículos en el mercado y poderosas razones económicas y políticas para que así haya sido. Resumiremos éstas, en un contexto histórico, para situar adecuadamente este trabajo.

Igualmente veremos cuál es el impacto sobre la sostenibilidad, y el medio ambiente, de la generalización de estos vehículos en nuestro entorno. Analizaremos, de manera general, en qué consiste o que implicaciones tiene un coche eléctrico. Veremos que tecnología utiliza, cómo son sus baterías, que normativa deben cumplir para estar en el mercado y nos pararemos finalmente en las bondades y perjuicios que pueden, o no, ocasionar para el entorno, el usuario final y el coste económico que supone generalizar su uso para el ciudadano de a pié.

II. EL COCHE ELÉCTRICO: UN ANTIGUO COMPAÑERO DE VIAJE

Entre los años 1830 y 1840 se diseñaron y construyeron diferentes modelos de coches eléctricos. De hecho, fue el motor eléctrico el que posteriormente utilizaron Benz y Diésel como base para sus respectivos motores de gasolina y diesel años más tarde [1]. En 1881 Gustave Trouvé presentó un automóvil de tres ruedas en la exposición internacional de la electricidad en París. Y si hablamos de los registros de velocidad, en 1899 se rompió la barrera de los 100Km/h

alcanzando una velocidad de 105,88 Km/h (Fig.1) con un coche eléctrico.



Figura 1. Camille Jenatton en el coche eléctrico "La Jamais Contente", que superó los 100Km/h en 1899.

Son solo algunos ejemplos de la antigüedad del coche eléctrico. Pero eso no es todo. Los coches eléctricos fueron líderes en ventas a finales del siglo XIX. En Chicago, Nueva York, Washington o Boston circulaban taxis eléctricos de manera habitual [2]. Fue a raíz de la mejora del encendido eléctrico a principios del siglo XX, cuando debido al menor riesgo de explosiones, empezó a generalizarse el uso de los vehículos de gasolina y diesel. Eso, unido a un avance más rápido en las mejoras de éstos y la producción en cadena introducida por Ford, hicieron que el coche eléctrico fuera desapareciendo progresivamente hasta dejar de comercializarse en 1930.

Cuando hoy en día se habla de 'novedades', no estamos más que mejorando el pasado. Ya en aquel entonces los vehículos eléctricos alcanzaban la nada desdeñable velocidad de 32 Km/h y la mayor preocupación era precisamente; la actual; la mejora de las baterías y su autonomía.

Si ya existía la tecnología, si se conocía la funcionalidad de este tipo de vehículos, la pregunta clave es: ¿Por qué se ha esperado tanto a fabricarlos de nuevo?, ¿qué se ha hecho hasta ahora con todo ese conocimiento?, y ¿por qué ahora?, ¿por qué de repente los coches eléctricos son la solución?. La respuesta es tan inmediata como las preguntas: No ha interesado

económicamente recurrir a los sistemas eléctricos en los automóviles. El caso más sonado en la reciente historia americana se dio en California [3][4]. En 1990 se promulgó una Ley que obligaba a todas las marcas a vender un vehículo de emisión cero. La respuesta por parte de los fabricantes no se hizo esperar. Por un lado empezaron la producción de los citados vehículos y por otra iniciaron una encarnizada lucha contra la propia Ley. General Motors sacó al mercado el primer coche eléctrico moderno, el EV1 (Fig.2). Los primeros modelos tenían una autonomía de 130 Km. y otros fabricantes lo siguieron, Toyota, Ford, etc.



Figura 2. EV1 Producido por General Motors desde 1996 a 1999.

Todo parecía ir bien hasta que las petroleras; y los propios fabricantes; comenzaron a presionar para modificar la citada Ley. Evidentemente lo consiguieron y ésta se flexibilizó condicionando su cumplimiento a la demanda existente. Ese fue su mayor error, la premisa era "Si no hay concesionarios no puede haber clientes. Si no hay clientes ya no hay demanda que cubrir", con esa filosofía General Motors empieza a cerrar puntos de venta de manera que en ese momento comenzó el fin de unos años de ilusión que se vieron aún más ennegrecidos con la decisión de George W. Bush de primar la investigación en el hidrógeno como combustible del futuro para los vehículos a motor. Algo incomprensible si no fuera por los intereses que su propia familia ha tenido siempre en empresas petrolíferas.

Y de nuevo, años más tarde aparece el coche eléctrico otra vez; mejor dicho; dejan que aparezca otra vez. Las razones son evidentes: calentamiento global, elevado precio del petróleo, enfriamiento de las relaciones entre EEUU y Oriente Medio, y a todo esto hay que añadir las revueltas en los países árabes que están llevando los pozos petrolíferos a manos del pueblo y con ello dificultan aún más el control y la producción de combustible por parte de terceros. Todo ello ha facilitado que el coche eléctrico tome de nuevo las calles y se vuelva a comercializar. En principio tímidamente y con precios demasiado elevados aún, pero; según se vaya reduciendo el stock de antiguos vehículos; su precio se ajustará cada vez más. El problema ahora es que el mayor beneficio de los concesionarios y talleres era la complejidad y los problemas que ocasionaban los motores de combustión tradicionales. Con el coche eléctrico el motor se simplifica y su fiabilidad aumenta. Eso provoca a medio plazo una caída en los ingresos económicos generados por las reparaciones. El mayor precio

inicial del vehículo eléctrico puede suavizar esta transición, pero está claro que el propio mercado automovilístico aún tiene reticencias al uso de estos vehículos. Posiblemente se ralentizará la instalación de 'electrolineras' o se incrementará el precio por consumo de electricidad de éstas. Se intentará repercutir estos costes en las baterías, o se intentará frenar su distribución masiva. El problema es que la sociedad actual no es la que existía a finales del siglo XX. Hoy la sociedad está globalizada y en muchas zonas; como en la Unión Europea; existe libre circulación de mercancías. Hoy Internet te permite comprar dónde quieras lo que quieras, y eso puede ser el empujón que el coche eléctrico necesite para desbancar de una vez por todas a la dependencia de combustible generada durante décadas por el motor de combustión.

III. UN UNICO TALON DE AQUILES: LAS BATERÍAS

El mayor problema de un vehículo eléctrico está centrado en sus baterías. Aspectos como la velocidad de carga, la autonomía, la sustitución de éstas, su peso, etc., son los argumentos utilizados para retrasar la introducción de estos vehículos en el mercado de consumo para el cliente final.

El factor peso es uno de los primeros factores a evaluar. En un vehículo convencional, el combustible representa el 5% del peso total de éste, mientras que en un coche eléctrico, las baterías pueden llegar a constituir cerca del 40% por ciento de su peso.

El sistema de alimentación está formado por las baterías de tracción y el cargador. Las primeras son esenciales para definir la autonomía y la potencia del vehículo e influyen en las prestaciones del mismo con su peso y volumen. Por otro lado el cargador, puede ser incorporado al vehículo o no, dependiendo del sistema elegido.

Una batería de tracción se diferencia de la tradicional batería de arranque en que estarán solicitadas de forma distinta, esta solicitud es mas capacitiva y no tan intensa o de choque como las de arranque. Pensemos que el objetivo de una batería de tracción es optimizar la autonomía de servicio y la constancia de la velocidad en los desplazamientos. Los componentes de una batería de tracción (Fig.3) son [5]:

- **Tapones:** Impiden el derrame del electrolito, facilita la expulsión de gases, cierre perfecto, dotados de sistema laberinto por lo que retiene así las gotas de electrolito.
- **Recipiente y Tapas:** El diseño se realiza en función de la duración de los elementos y la capacidad de los elementos (adecuado volumen de reserva de electrolito). Dependen del modelo (que a su vez depende de la aplicación) y generalmente se fabrican en polipropileno y ebonita, de calidad especial anti-impacto.
- **Conexiones:** Dan rigidez a la batería completa, y evitan roturas por vibraciones. Su sección se sobredimensiona para poder ofrecer una conductividad máxima y garantizar mínimas pérdidas por el efecto Joule. Las conexiones entre elementos se realizan fundidas en plomo.
- **Separadores:** Garantizan el perfecto aislamiento entre placas, evitando la formación de cortocircuitos, suponen un soporte eficaz de la materia activa negativa, deben

poseer cualidades de duración y rendimiento en las condiciones más duras, están formadas por láminas de plástico microporoso, inalterable por la acción química del ácido sulfúrico.

- **Cofres Metálicos:** Agrupan a los elementos, están protegidos por pintura epoxi anti-corrosión de ácido sulfúrico.
- **Placas Negativas:** Rejilla fundida en aleación de plomo en la que se empasta materia activa que tiene la propiedad de reducir considerablemente la pérdida de capacidad y recuperar después de la recarga la porosidad del plomo esponjoso. El entramado de la rejilla está estudiado para servir de soporte de la materia activa y conducir la corriente con mínimas pérdidas.

Placas Positivas: Contienen en los tubos mas materia activa que las baterías convencionales (poseen por tanto mayor densidad energética (capacidad/unidad de volumen)). Las rejillas de las placas positivas están formadas por unos vástagos de aleación de plomo que hacen de ejes de los tubos, cuya misión es conducir la corriente y servir de soporte a la materia activa. Son placas normalmente tubulares. El soporte de la materia activa que hay en el interior está compuesto de dos capas, una exterior de plástico perforado y otra interior de fibra de vidrio tejido y resistente al ácido. Al estar totalmente recubiertos de materia activa, quedan protegidos contra la acción corrosiva del electrolito y se evita la migración de antimonio a la placa negativa con lo que se reduce la posibilidad de autodescarga.



Figura 3. Componentes de una batería de tracción.

Dadas sus características se debe tener en cuenta que si habitualmente se descarga más del 90% de su capacidad, la vida útil de la batería puede reducirse hasta un 40%. La duración máxima se conseguirá cuando la descarga habitual de la batería esté comprendida entre el 75% y el 80% de su capacidad nominal.

La estructura general de un vehículo de estas características (Fig.4) viene dada por:

1.- La unidad de control: Tiene como señales de entrada; el acelerador, el freno, y la realimentación de la velocidad. Gobierna a la etapa de potencia o amplificación y a través de la batería alimenta al motor.

2.- El motor: Ya sea de alterna o de continua, mueve el eje de la transmisión que a través del grupo reductor-diferencial, hace llegar el movimiento a las ruedas. Si no existe grupo reductor-diferencial, las ordenes que envía la unidad de control dosifican la energía para cada uno de los motores, haciendo la función de diferencial.

3.- La batería: Generará la energía necesaria para el vehículo. Sustituye al combustible y su mayor reto es ser capaz de realizar el trabajo que éste hacía, a un menor coste pero con igual eficiencia. La más habitual es la de tracción; como se ha indicado ya; pero veremos otros tipos.

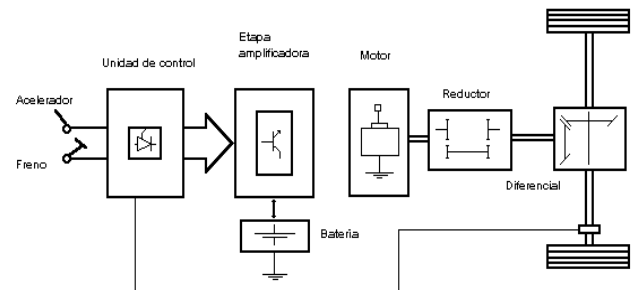


Figura 4. Estructura general de un vehículo eléctrico.

Dada la importancia que tiene la batería debemos conocer qué tipos de éstas existen y cuáles características tienen. Hoy en día podemos distinguir entre:

A) Baterías electroquímicas (Fig.5): Su funcionamiento se basa en la producción de energía eléctrica por medio de reacciones químicas de oxidación-reducción que se dan en su interior. Sus características son:

- Existen diferentes tipos de baterías en función del tipo de par electroquímico utilizado: Plomo/ácido, Ni/Cd, Ni/Fe, Ni/MH, Ni/Zn, Ag/Zn, Fe/aire, Zn/Br, Na/S, Li/ FeS₂, etc. cada una de ellas tiene determinadas características (memoria, capacidad de recarga, tiempo de vida, etc.) lo que las convertirá en más o menos idóneas para ciertos vehículos eléctricos y no para otros [6].
- Constan de una serie de acumuladores convencionales en serie, compuestos; generalmente; por dos electrodos inmersos en un baño electrolítico.
- Las más utilizadas en el mercado son las de ácido sulfúrico-plomo.
- Su generalización hace que se abaraten los costes en gran medida.



Figura 5. Batería Electroquímica de Litio-Ión.

B) Pilas de combustible (Fuel Cell) (Fig.6): Convierte directa y continuamente energía química en energía eléctrica en forma de corriente continua. Para esta transformación sólo se precisan dos elementos básicos: oxígeno e hidrógeno. El oxígeno se consigue directamente del aire, el hidrógeno tiene que estar almacenado en una de las siguientes formas: comprimido en forma de gas, como hidrógeno líquido, en forma de hidruros. Utilizando un combustible orgánico que contenga un alto grado de hidrógeno, como el metano, que se consigue de gas natural, carbón o biomasa. Sus características son:

- Puede facilitar un radio de acción ilimitado.
- Potencia suficiente para mover hasta un pesado autobús a velocidades de crucero.
- Alto grado de eficacia que puede alcanzar hasta un 80%.
- Promete una larga vida (duraciones de 50.000 horas de trabajo).
- Se debe encontrar un compromiso entre el coste y la duración ya que los costes bajarán cuando haya una demanda adecuada.



Figura 6. Esquema de funcionamiento de una pila de combustible y pila de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM).

C) Baterías "Flywheel" (Fig.7): En lugar de almacenar energía en forma electroquímica, almacenan energía cinética. Un turboalternador girando a una determinada velocidad se encarga de suministrar corriente a un motor eléctrico y a los "Flywheel", que luego devuelven la energía a medida que el conductor demanda más prestación. Sus características son:

- Están formadas por discos de fibra de carbono girando a elevada velocidad.
- Unos imanes montados sobre discos permiten generar corriente alterna con la que alimentan un motor eléctrico.
- El coste de los elementos es muy elevado.
- Permite recuperar energía mientras se frena.

FLYWHEEL KERS FLYWHEEL MODULE

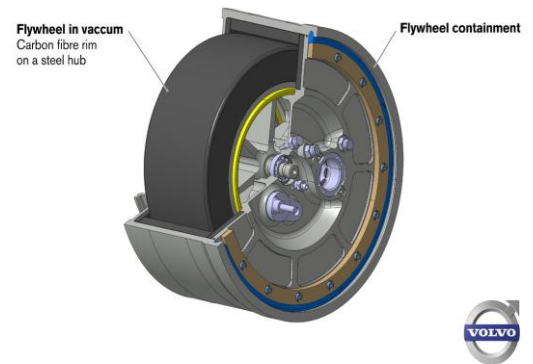


Figura 7. Batería Flywheel de Volvo para sus vehículos sostenibles.

Estos tres sistemas son los que han recibido mayor atención por parte de los fabricantes de vehículos. A continuación los tratamos en más detalle.

En el caso de las baterías electroquímicas su uso tradicional ha buscado mejorar en todo lo posible su capacidad de almacenamiento, reducción del tiempo de carga y ciclos de reutilización. Hoy en día una batería de ese tipo puede llegar a cargarse y descargarse hasta 4.000 veces manteniendo eficiencia suficiente en cada recarga [7], suele tener un tiempo de recarga de unas 8 horas y su autonomía oscila entre los 130 Km (Peugeot iOn) y los 200 Km (Tata Indica EV) dependiendo del modelo de coche de que estemos hablando.

Si hablamos de las pilas de combustible el mercado de la automoción y de los carburantes se vuelve exageradamente receptivo. A pesar de que esta tecnología no llega a alcanzar el rendimiento de las baterías electroquímicas en su relación coste/prestaciones, y hoy por hoy queda mucho por recorrer en su desarrollo, casualmente requieren transportar el combustible (hidrógeno líquido por ejemplo) hasta los surtidores tradicionales. Eso hace que se mantengan las condiciones y costes de transporte, distribución y parte de los impuestos, que están aprovechando hoy en día las compañías petrolíferas para distribuir el diesel y la gasolina. Así mismo el hidrógeno necesario puede recuperarse de combustibles fósiles como el metanol, lo que convierte a esta tecnología en; contaminante, si bien no tanto como el uso de combustibles actuales; y dependiente de combustibles fósiles de nuevo. No se prevé su puesta en el mercado hasta después del 2015 en el mejor de los casos [8].

Por último el Flywheel Kers está de plena actualidad por su aplicación en la Fórmula 1 desde 2010. Es un sistema que ya fue utilizado en 1993 por los hermanos Rosen [9][10] y que consigue su máxima eficiencia; hoy en día; actuando de manera conjunta con los motores de combustión tradicionales. Con lo cual su dependencia de otros sistemas de propulsión solo reduciría el consumo de combustible y la contaminación, pero no lo convertiría en un sustituto inmediato de los combustibles tradicionales.

En definitiva, y como resumen, las características técnicas [11] que debería reunir una batería para ser eficiente deben tener en cuenta estos aspectos:

- ✓ Alta densidad de energía (para mantener una buena autonomía).
- ✓ Alta potencia (buena aceleración y respuesta en terreno accidentado).
- ✓ Vida larga (bajos costes de mantenimiento del vehículo).
- ✓ Simplicidad y pequeño tamaño.
- ✓ Materiales baratos y bajos costes de producción.
- ✓ Bajas pérdidas, recarga rápida.
- ✓ Buenas características de funcionamiento a baja y alta temperatura.
- ✓ Pequeño sobrecalentamiento.
- ✓ Alto nivel de seguridad en su manejo.
- ✓ Resistencia a golpes.
- ✓ Simplicidad en su reemplazamiento.

Hoy en día la optimización de éstas no se cumple en el caso de los coches eléctricos. El reto tecnológico actual es intentar que se acerquen lo máximo posible a esa optimización, pero el problema es que no sólo existen consideraciones técnicas en dicho proceso. Por las reticencias expuestas, y los intereses económicos y políticos existentes en el mercado, es habitual que; si bien se utiliza cada vez más la tecnología citada; dadas las limitaciones que conlleva se tiende a usar de manera híbrida con el motor de combustión tradicional sometido a diferentes mejoras en lo que respecta al consumo y contaminación. Podríamos hablar de diferentes vehículos atendiendo a las siguientes categorías [12]:

- ✓ Vehículos Eléctricos (EV), es decir vehículos de tracción eléctrica alimentados por una batería recargable.
- ✓ Vehículos Eléctricos Híbridos Enchufables (PHEV), es decir vehículos provistos de un motor eléctrico alimentado por una batería recargable y de un motor de combustión interna, colaborando ambos en la tracción.
- ✓ Vehículos Eléctricos Híbridos (HEV), es decir vehículos provistos de un motor de combustión interna y de un motor eléctrico alimentado por un dispositivo recargable de energía (tal como una

batería) mediante; entre otros medios; el motor de combustión interna.

Si bien este trabajo solo se centra en el primer tipo, es evidente que la generalización de los HEV y los PHEV será más rápida en el mercado debido a que suponen introducir mejoras en un producto que lleva años consolidado

No obstante, la ingente cantidad de simulaciones recopilada en las universidades puede ser enriquecida mediante la colaboración directa del profesor junto a otros estudiantes en el momento de realizar los talleres. Conseguir un rápido acceso e inserción de estos programas en los contenidos basados en estándares redundaría a su vez en un mejor uso y distribución de todos los recursos, garantizando su supervivencia con el paso del tiempo.

IV. LA BUROCRACIA: UN FRENO MÁS RÍGIDO QUE LOS DE DISCO

El uso de las baterías de tracción supone la asunción de determinados riesgos de seguridad que están definidos por Ley. Aunque la venta de los vehículos eléctricos no se ha generalizado aún, dentro de la Unión Europea (UE), existe ya normativa internacional que debe cumplirse para garantizar que un vehículo comercializado en territorio de la UE pueda seguir haciéndolo en el futuro. También se está procediendo a actualizar antigua normativa relacionada con baterías eléctricas, baja tensión, ecodiseño, etc., todo ello para conseguir una armonización lo más completa posible del uso de estos vehículos dentro de la UE. Analizaremos la legislación actual al respecto [13] que influye más directamente sobre los vehículos, la seguridad de éstos y sus baterías, los sistemas de carga y enchufes a utilizar y avanzaremos los proyectos en marcha en los que se está trabajando en este momento:

A. Normas que afectan al vehículo en sí:

- ❖ **Norma ISO 6469-1:2009** "Electrically propelled road vehicles -- Safety specifications -- Part 1: On-board rechargeable energy storage system (RESS)": Especifica los requerimientos para los sistemas de recarga y almacenamiento de energía (RESS) de vehículos de propulsión eléctrica de carreteras, incluyendo baterías de vehículos eléctricos (BEVs), células de combustible de vehículos (FCV) y vehículos eléctricos híbridos (HEV), así como para la protección de las personas dentro y fuera del vehículo y el entorno del vehículo. No se aplica a RESS en motocicletas y ni a los vehículos que no circulan habitualmente por carretera como los destinados principalmente a transporte industrial, tales como vehículos para el manejo de materiales o de carretillas elevadoras. No proporciona información para la seguridad integral del personal en la fabricación, mantenimiento y reparación de estos sistemas.
- ❖ **Norma ISO/DIS 6469.2:2009** "Standards For Electrically Propelled Vehicles": Especifica los requisitos para los medios de seguridad operacional y la protección contra los fallos relacionados con los riesgos específicos para vehículos de propulsión eléctrica, incluyendo la batería, vehículos eléctricos (BEVs), los vehículos de pila de combustible (FCV) y vehículos eléctricos híbridos (HEV),

para la protección de las personas dentro y fuera del vehículo y el entorno del vehículo. Al igual que en el caso anterior no se aplica a las motocicletas y los vehículos no destinados en principio a vehículos terrestres, tales como camiones de manejo de materiales o carretillas elevadoras. Los requisitos relacionados con el motor de combustión interna (ICE) de los sistemas de HEV no están cubiertos en la norma. Ésta se aplica sólo si la tensión máxima de trabajo del sistema de propulsión eléctrica de a bordo es menor que el límite de tensión B de la clase superior. Como en el caso anterior No proporciona información para la seguridad integral del personal en la fabricación, mantenimiento y reparación de estos sistemas.

- ❖ **Norma ISO/DIS 6469-3:2001 (Actualmente en revisión)** "Electric road vehicles -- Safety specifications -- Part 3: Protection of persons against electric hazards": Regula la protección de personas contra accidentes eléctricos provocados por los vehículos tratados aquí. Ha sufrido varias correcciones; la última de ellas en el 2003; y en este momento está siendo revisada para una nueva actualización que la adapte al mercado actual de vehículos eléctricos.
 - ❖ **Norma ISO/DIS 6469-3.2 (En desarrollo)** "Electrically propelled road vehicles. Safety specifications. Part 3: Protection of persons against electric shock": Complementa a la anterior y se encuentra bajo desarrollo. Es muy posible que una vez se termine de redactar pase a sustituirla completamente, ya que aumenta los niveles de protección desarrollados en el año 2001.
 - ❖ **Norma ISO/CD 8713:2005** "Electric road vehicles. Vocabulary": Como su nombre indica aglutina el vocabulario internacional a utilizar en las definiciones y usos de los vehículos eléctricos y sus componentes.
 - ❖ **Norma ISO 23274:2007** "Hybrid-electric road vehicles -- Exhaust emissions and fuel consumption measurements -- Non-externally chargeable vehicles": Establece un procedimiento uniforme de prueba del dinamómetro de chasis para vehículos de carretera eléctricos híbridos (HEV), con motores de combustión interna (ICE) clasificados como vehículos de pasajeros y camiones ligeros, como se define en cada anexo regional. Propone la manera de corregir las emisiones y el consumo de combustible de HEV, con el fin de obtener los valores correctos cuando la carga de la batería del sistema de almacenamiento de energía recargable (RESS) no es la mismas entre el comienzo y el fin del ciclo de prueba. Se aplica a los HEV con el ICE de la cual la energía nominal de las RESS es por lo menos el 2% del consumo total de energía del vehículo durante todo el ciclo de prueba. Se aplica a los vehículos que obtienen el modo de operación para extraer energía de propulsión de las siguientes fuentes de energía: combustible de consumo, y un almacenamiento de energía de la batería/sistema de condensador que es recargable, sólo por un sistema o generador eléctrico en el motor. Los combustibles consumidos cubiertos por esta norma se limitan a los derivados del petróleo líquido (por ejemplo, gasolina y combustible diesel).
 - ❖ **Normativa europea EN 50066:1992** "Mini-couplers for the interconnection of electrical mains supplied equipment in road vehicles" [14]: Especifica los Mini-acoplamientos para la interconexión del equipo principal eléctrico de automóviles eléctricos. Es utilizada para el equipo auxiliar de calentamiento del motor, sobretodo en países del norte de Europa, aunque también puede ser utilizado para la recarga de batería.
 - ❖ **Normativa CLC/TS 50457-2:2008** "Conductive charging for electric vehicles - Part 2: Communication protocol between off-board charger and electric vehicle" [15]: Se aplica a la relación de comunicación de datos entre el cargador externo y un vehículo eléctrico en su proceso de carga. Esta parte 2 se aplica a la comunicación de enlace de datos entre la placa del sistema de carga directa con el vehículo. Los aspectos tratados son la capa física, la capa de enlace de datos y la capa de comunicación. Esta norma está ampliamente dedicada a la definición de valores nominales y procedimientos de ensayo, aunque también recoge aspectos relacionados con la seguridad.
 - ❖ **Mandato Europeo M/470 EN** del 23 de Junio de 2010 "Mandate to CEN, CENELEC and ETSI for Standardisation in the field of electric motors" [16]: Por el que se solicita a los organismos de estandarización indicados que se armonicen las características de los motores eléctricos a utilizar en la UE. En concreto regula los requerimientos de ecodiseño que deben adoptar estos motores. Para ello obliga a tener en cuenta y revisar si es necesario varias de las directivas existentes en la UE en lo que respecta a motores: EN 60034-30:2009-03, EN 60034-2-1:2007-11; EN TS 60034-31; entre otras.
- B. Normas que afectan a las baterías:**
- ❖ **Norma europea EN 62660-2:201X** "Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles - Part 2: Reliability and abuse testing"[17]: Regula el uso y características de baterías secundarias de Litio-Ion para propulsión de vehículos eléctricos. En concreto indica cuales deben ser los sistemas de prueba y test específicos para garantizar un uso y funcionamiento adecuados de estas baterías en vehículos eléctricos, e híbridos.
 - ❖ **Norma ISO 12405** "Electrically propelled road vehicles. Test specifications for Li-ion traction battery systems": Se encuentra bajo desarrollo. Regula las especificaciones de baterías de tracción Litio-Ion para las aplicaciones en vehículos eléctricos de alta potencia y energía. Se prevé que esté publicada para Marzo de 2012.
- C. Normas que afectan al sistema de carga:**
- ❖ **Norma IEC 61851 Ed. 2.0** "Electric vehicle conductive charging system"[18]: Se aplica a los equipos para la carga de vehículos eléctricos. Cubre tensiones de hasta 1000V AC y 1500V en DC. Estos sistemas sirven también para proporcionar energía eléctrica para los servicios adicionales en el vehículo, si es necesario, cuando se conecta a la red de suministro. Incluye características y condiciones de funcionamiento del dispositivo de suministro y la conexión con el vehículo, los operadores y

la seguridad de las partes eléctricas así como las características que debe cumplir el vehículo con respecto a la acometida de AC/DC cuando el vehículo eléctrico está conectado a tierra. Esta segunda edición anula y sustituye a la primera edición publicada en 2001.

- ❖ **Norma IEC 61980** "Electric equipment for the supply of energy to electric road vehicles using an inductive coupling"[18]: Regula los equipos eléctricos para el suministro de energía para vehículos eléctricos con acoplamiento inductivo.
- ❖ **Norma IEC/PWI 61981** "On board electric power equipment for electric road vehicles"[18]: Regula las características del equipamiento eléctrico a bordo de los vehículos eléctricos.

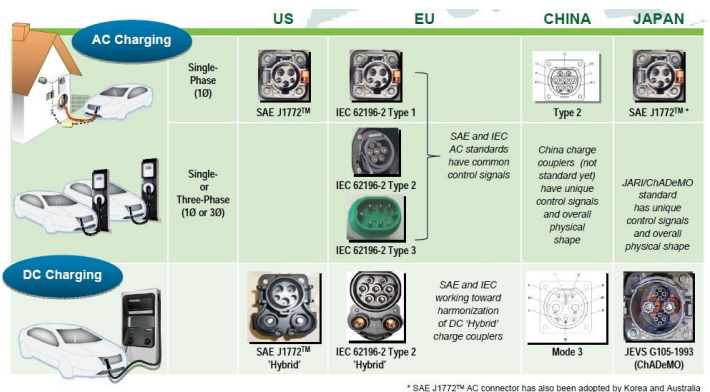
D. Normas que afectan a la conexión y a la instalación eléctrica:

- ❖ **Norma IEC 62196** "Plug, socket-outlets and vehicle couplers. Conductive charging of electric vehicles": Complementa a la IEC 61851 y define las características de comunicación entre el vehículo y la central de carga externa. En su primera parte, define los pines y sus señales así como los modos y tipos de carga. Ha sido utilizado en una serie de implementaciones para dispositivos de gran tamaño en las estaciones de carga, especialmente del automóvil. Aparte de ser la base para enchufes industriales, los modos fueron recogidos para el conector de Yazaki en América del Norte (estandarizados en SAE J1772), el conector CHAdeMO en Japón (con carga de CC) y el conector Mennekes en Europa (estandarizado en la norma VDE-AR-E 2623-2-2). Se utiliza para los diseños de conectores de los vehículos con carga eléctrica en la red de estaciones (Fig.8).
- ❖ **Norma IEC 61439-7** "Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 7: Assemblies for the allocation of electric energy by systems operated by ordinary persons, intended to be used in private and public places": Regula las características que deben tener los aparatos eléctricos y sus mandos, para ser controlados y operados por personas, sin conocimientos de electrónica, con seguridad.
- ❖ **Mandato Europeo M/468 EN** del 4 de Junio de 2010 "Standardisation Mandate to CEN, CENELEC and ETSI concerning the charging of Electric Vehicles" [19]: Por el que se solicita a los organismos responsables la realización de un estándar que regule los sistemas de carga utilizados para los vehículos eléctricos. Este estándar es de especial importancia porque, dado que en la UE se utilizan diferentes tipos de enchufes en los países que la integran, el nuevo producto debe ir acompañado de adaptadores que permitan que el sistema se pueda utilizar en cualquier lugar de la UE. Se prevé que la nueva norma HD 60364-7-722, que resumirá este trabajo definiendo las características técnicas de seguridad, se tenga preparada para finales del 2011.
- ❖ **HD 60364-7-722** "Low voltage electrical installations. Part 7-722: Requirements for special installations or

locations. Supply of electrical vehicles": Adapta esta normativa incluyendo los vehículos eléctricos y sus características respecto a instalaciones de baja tensión.

E. Normas que afectan a la Red:

ISO-IEC 15118 "V2G communication interface": Busca ofrecer un estándar para el "Vehicle 2 Grid Communication Interface (V2G)", es decir la interfaz de comunicación de cualquier vehículo eléctrico. Existe un proyecto de software libre llamado OpenV2G que está colaborando en extender esta norma (<http://openv2g.sourceforge.net/>).



Vehicle Technologies eere.energy.gov

Figura 8. Diferentes tipos de enchufes dentro del estándar IEC 62196, según su zona geográfica de uso y su tipo de carga AC/DC. Cortesía de <http://eere.energy.gov>.

Las anteriores han sido solo algunas de las normas a modificar, actualizar o crear que permitirán una comercialización del vehículo eléctrico bajo un prisma de seguridad total para el usuario tanto al manipular el propio coche como al realizar operaciones de carga, descarga, o sustitución de las baterías. Existe multitud de normativas que de manera paralela o incluso indirectamente también se verán afectadas por estos vehículos, pero esta muestra proporciona una imagen lo suficientemente surtida de la importancia que conlleva el aplicar estos cambios lo antes posible.

Como se indica en el título de este apartado, los trámites burocráticos ralentizarán la expansión del coche eléctrico. Sobre todo aquellos relativos a la estandarización de las estaciones de recarga (que vulgarmente se está dando en llamar 'electrolineras'). Con todo, es evidente que dado el coste normativo que supone, y que se está llevando a cabo, el coche eléctrico ha vuelto para quedarse.

V. IMPACTO GLOBAL Y LOCAL: LA SOSTENIBILIDAD DEL VEHICULO ELECTRICO

Es el argumento que está motivando el renacer del vehículo eléctrico, pero, ¿es realmente así? Analizaremos de manera conjunta los aspectos de este dilema y lo veremos.

Desde un punto de vista local podemos afirmar que una parte importante de las emisiones de gases contaminantes los genera el transporte en sus diferentes facetas. El tráfico urbano constituye una parte importante de estas emisiones, pero aún son más las generadas por los transportes públicos y los de

mercancías. La introducción de vehículos eléctricos, o incluso híbridos, reducirá esta emisión de gases, pero la sostenibilidad implica algo más. El concepto de uso racional de los medios de transporte es una de los pilares de la sostenibilidad. Mayor aprovechamiento del transporte público, optimización de la movilidad, buenas infraestructuras de transporte, uso del tren para distancias más largas y metro o tranvía para los movimientos urbanos. Todo eso no lo va a cambiar el vehículo eléctrico. Es más, puede que incluso frene ese proceso de aprovechamiento. Hoy en día por motivo de la crisis y una mayor búsqueda del ahorro, muchas personas han optado por compartir coche para sus desplazamientos. Si el vehículo eléctrico nos permite disfrutar de una conducción autónoma de 130 Km por solo 0,12 € de media por cada KW recargado, calculando el precio [1] por cada 100 Km recorridos nos encontramos un consumo medio de 14,38 KWh lo que nos da un coste de 1,73€ por cada 100 Km. En un coche de gama baja y diesel podemos conseguir un consumo mínimo de 4,7L de gasóleo cada 100 Km, que al precio de 1,30€ supone un 6,11€. El ahorro, para el usuario, es evidente. Según se encarezca el precio del gasóleo y la gasolina esa diferencia será cada vez mayor. Con esos precios se potenciará el uso privado del vehículo y se tenderá a despreciar el transporte público urbano. Es evidente que las ciudades pueden evitar esto haciendo más eficiente, puntual y económico el transporte público, pero eso queda ya fuera del ámbito de este trabajo.

Por lo tanto podemos decir que sí se reduciría la emisión de gases contaminantes, pero no está tan claro que se favoreciera la sostenibilidad. El concepto en sí engloba factores morales, de colaboración, y de responsabilidad que no están ligados por sí solos al vehículo eléctrico y que están más vinculados a la educación que al transporte. Por otro lado un vehículo eléctrico reduciría radicalmente la contaminación acústica, otro de los problemas; más importante si cabe; de las grandes ciudades. Con lo que su beneficio frente a la contaminación sería doble.

Desde un punto de vista global deberíamos analizar que cambios productivos son necesarios para que un vehículo eléctrico consiga esos 14,38 KWh que usábamos antes como referencia. Para ello debemos superar la barrera del enchufe doméstico y trasladarnos a través del cable hasta su origen. Si analizamos el fenómeno de la producción [1] veremos que habría sido necesario producir en la central unos 15,35 KWh que descontadas las pérdidas de transporte, etc. nos proporcionarían nuestro consumo necesario. Éstos 15,35 KWh son los datos que las empresas eléctricas utilizan para evaluar las emisiones de kgCO_2/kWh a la atmósfera. Si nos volvemos un poco más exigentes deberíamos computar un total de 31,66 KWh como el total de KW necesarios para movernos esos 100 Km con nuestro vehículo eléctrico. Usando la referencia anterior y teniendo en cuenta la distribución de generación eléctrica en el caso español [1], la emisión indirecta; porque la directa es nula; de gases a la atmósfera habría sido de 6,6 $\text{kgCO}_2/100\text{Km}$ frente a las 13,8 $\text{kgCO}_2/100\text{Km}$; de las que 12 serían directas; de nuestro utilitario diesel de referencia. Concluimos que el balance ecológico de un vehículo eléctrico es favorable. Este análisis se ha realizado tomando cifras de España; para ser más realista tendríamos que usar datos a nivel internacional, o al menos a nivel de la UE o EEUU. No

obstante las cifras iban a tener la misma significación. Puntualizar simplemente que si la energía utilizada por las centrales de generación es renovable; como la solar; entonces los costes indirectos también serían cero.

El vehículo eléctrico contamina mucho menos, considerado directa o indirectamente, que el vehículo tradicional propulsado con combustibles fósiles. Del aspecto sostenible decimos lo mismo que en el caso local. Uno de los componentes más habituales de las baterías es el Litio. Hoy en día existe una gran dependencia del petróleo y en muchos de los países donde éste existe no se discute el incumplimiento en los derechos humanos de manera reiterativa o la mala situación económica y social de los ciudadanos de a pie en esos lugares frente al enriquecimiento abusivo e indiscriminado de sus gobernantes. Con el Litio solo trasladamos de lugar geográfico esas actividades y sustituimos los pozos por las minas y Arabia Saudí por Bolivia y Chile. Las dependencias políticas seguirán existiendo y los problemas sociales continuarán apareciendo. Como se ha dicho antes, la sostenibilidad tiene más de educación y responsabilidad social que de ecología.

Las cifras no nos engañan. Estamos ante la posibilidad de un nuevo ciclo, pero hay muchas más razones para la renovada fama del coche eléctrico. Citaremos alguna de ellas [20]:

- ✓ **La tecnología está lo suficientemente avanzada:** Todavía falta por resolver problemas como la optimización del peso y volumen de las baterías, la reducción del tiempo de carga, la sensibilidad de las baterías a las temperaturas extremas, etc. pero sí es cierto que la integración en los coches de las nuevas baterías de ion-litio que utilizan los teléfonos móviles y ordenadores portátiles ha permitido autonomías de algo más de 150 kilómetros. Esta distancia es suficiente para cubrir los recorridos diarios que hacen más del 70% de los conductores en los países desarrollados.
- ✓ **El aprovechamiento de las baterías ya existentes permite una fácil evolución:** Incluso; visto el nuevo mercado; se están construyendo nuevas fábricas para producir de forma masiva las baterías de ion-litio, lo que permitirá reducir de forma sustancial los costes actuales. Se prevé que la autonomía de las baterías aumente entre un 20% y un 30% cada cinco años mientras que los precios se reducirán en torno al 50% en el mismo período. Además, se están desarrollando nuevas soluciones, como las baterías de ion-polímero, que permitirán superar los 300 kilómetros de autonomía o más, cuando estén a punto.
- ✓ **Encarecimiento continuado del petróleo y falta de control de los yacimientos:** En la fase más aguda de la crisis actual el barril de crudo se ha mantenido sobre los 80 dólares y en la actualidad, cuando sólo algunos países han empezado a recuperarse, supera ya de largo los 100 dólares. El precio del litro de la gasolina y el gasóleo, en torno a 1,25€-1,30€, ha roto ya la barrera de las 200 antiguas pesetas y se puede doblar en los próximos tres a cinco años. Pero aunque no fuera así, nadie apostaría porque el petróleo vaya a bajar cuando se confirme la recuperación mundial, y menos teniendo en cuenta el previsible aumento de la demanda en los países

emergentes, que se están desarrollando a toda velocidad. Eso, unido a la recientes revueltas populares en Oriente Medio agrava los problemas de control de los pozos petrolíferos incrementando la inestabilidad en la oferta y elevando la volatilidad de los precios.

- ✓ **Motorización masiva de los países emergentes:** En la actualidad hay unos 800 millones de coches en el mundo y en 2050 serán unos 2.000 millones. Solo el mercado del automóvil en China creció en 2010 el equivalente a todos los coches que se vendieron en Alemania el año pasado, casi cuatro millones. China ha superado ya en 2010 las ventas de coches de EE.UU. y puede seguir creciendo en tasas anuales superiores al 20%. Además, otros países con poblaciones significativas se unirán pronto al fenómeno: India, Rusia, Brasil, México... Nadie podrá negar a sus nuevas clases medias el derecho a alcanzar el sueño de la motorización que ya disfrutaban los ciudadanos de los países desarrollados.
- ✓ **Limitación de las tecnologías actuales:** La evolución de las tecnologías actuales basadas en combustibles fósiles, como gasolina, gasóleo, gas natural e incluso los biocombustibles, contando incluso con las mejoras de los modelos híbridos, permitirá en el mejor de los casos reducir los consumos y emisiones hasta un 50% en los próximos 10 o 15 años. A partir de ahí las inversiones necesarias se disparan y sólo aportan mejoras mínimas.
- ✓ **No hay suficientes combustibles fósiles:** No hay petróleo ni gas suficientes para atender el aumento de la demanda mundial que provocará la motorización de los países emergentes. Y la escalada del precio de los combustibles los convertiría en inaccesibles para la mayoría. No se puede seguir quemando petróleo cuando se necesitará para elaborar otros productos más importantes, como determinados plásticos, medicinas y otros, que incluso aportan un mayor valor añadido. Igualmente se prevé que el cambio tecnológico del transporte aéreo será más lento que el del transporte por carretera y habrá que reservar los combustibles fósiles para los aviones hasta que se desarrolle otra alternativa.
- ✓ **Inferiores costes de uso:** Los coches eléctricos se pueden cargar en cualquier enchufe doméstico sin ninguna inversión. Aunque el despliegue de postes de recarga en la calle está siendo lento, como pasó con la gasolina sin plomo, no parece vital desarrollar una red completa hasta 2013-2015, cuando se amplíe la oferta de modelos para particulares. Los primeros eléctricos que están llegando ahora van dirigidos a empresas de flotas y organismos públicos, que pueden hacer las recargas en sus bases y rentabilizar su elevado precio con el menor coste de uso. Como se ha visto, la electricidad para recorrer 100 kilómetros no llega a los 1,75€, en el peor de los casos, en España, frente a los 5€-6€ euros de los coches híbridos y turbodiésel más eficientes. Además, según los primeros ensayos realizados en Europa y EE.UU, la mayoría de los usuarios particulares de coches eléctricos los utilizan como el teléfono móvil. Salen de casa con las baterías cargadas y sólo utilizan los postes en momentos puntuales, con lo que

la autonomía actual es ya más que suficiente para esos recorridos diarios.

- ✓ **El coche como almacén de energía:** Los intereses de las petroleras y otros grupos de presión lo tendrán más difícil esta vez para parar al coche eléctrico. Las nuevas tecnologías y las redes eléctricas inteligentes van a permitir utilizar el coche como un almacén de energía. Y ese es el gran sueño de las compañías eléctricas, lo que las convierte en sus mejores aliados. Así, podrán dar salida a la energía que se produce en las horas valle de bajo consumo, sobre todo por la noche (lo que aún abaratará más el precio del KWh consumido por el vehículo, que se ha usado como referencia), y; en su caso; hasta aprovechar la que se haya cargado en los coches cuando no se vayan a utilizar, para cubrir las puntas de demanda sin tener que aumentar la producción.
- ✓ **Optimización de las energías renovables:** Incluso con un despliegue masivo del coche eléctrico, el aumento del consumo de electricidad en España apenas llegaría al 2% del total y nunca antes de 10 años, según expertos de las compañías nacionales. Esta mayor demanda se podría cubrir casi en su totalidad sin aumentar la producción: la mayoría de las recargas se harán de noche y permitirán un mejor aprovechamiento y optimización de las energías renovables.
- ✓ **De no producirse este cambio, el planeta no lo resistiría:** Aunque por distintas circunstancias, alguno de los escenarios anteriores no se cumplieran, el aumento de emisiones que va a provocar la motorización de los países emergentes y el crecimiento de la demanda mundial de transporte es incompatible con una conservación mínimamente aceptable del medio ambiente y podría llevar la salud del planeta a un punto sin retorno.

Podríamos entrar a considerar el uso de la energía solar en los puntos de recarga, o la aplicación de células solares en el propio vehículo, y aún estaríamos justificando más si cabe el aspecto positivo de la generalización del uso de este tipo de transporte. No hay duda del beneficio ecológico que traerá consigo sustituir progresivamente el parque automovilístico tradicional por uno de vehículos de este tipo. Pero hoy en día estamos solo en el principio.

Actualmente y contando con las ayudas del Ministerio de Industria, los precios [21] de estos vehículos son exageradamente altos para su coste de fabricación. Los más económicos; entre los que estarían el Mitsubishi i-MIEV, Citroën C-Zero y Peugeot iOn (que comparten la carrocería y mecánica del primero) tienen un precio de 27.520,00€ el primero y 27.895,00€ sus gemelos. El más caro; dentro de la gama de utilitarios o vehículos urbanos, sería el Think City, de origen Noruego, con un precio de 32.450,00€ y con unas prestaciones y autonomía inferiores a los anteriores, si bien tuvo el mérito de ser el primer vehículo eléctrico comercializado en España. Esos precios se incrementan si vamos a la gama alta. no obstante existen nuevos modelos que empezarán a distribuirse en breve y completarán la oferta existente en el mercado. Entre estos que llegarán se espera; procedente de India; el Tata Indica EV (Fig.9) en Julio de 2011

con un precio; con baterías; de 24.400,00€, o el Renault Fluence Z.E. (Fig.10) por 20.768,00€ que llegará a partir de Octubre de 2011; eso sí; con baterías de alquiler por 81,40€ al mes. Pero para bolsillos más adaptados; y aún sin ayudas por ahora; en Diciembre de 2011 se espera la llegada del Renault Twizy Z.E (Fig.11) por un precio; aún sin ayudas descontadas; de 6.990,00€ con el IVA ya incluido. Su mayor inconveniente; como en el caso anterior; es el que sus baterías se alquilarán aparte por 45,00€ al mes, y no superará los 75 Km/h en su versión más potente. Suficiente eso sí, para moverse por ciudad.



Figura 9. Tata Indica EV. Se espera que sea comercializado en España a partir de Julio de 2011.



Figura 10. Renault Fluence ZE. Se espera que sea comercializado en España a partir de Octubre de 2011.



Figura 11. Renault Twizy Z.E. Biplaza con los asientos en línea y no en paralelo. Se espera su comercialización en España en Diciembre de 2011.

Dados estos precios se espera que el consumidor se lo tome con mucha calma antes de decidirse por adquirir un vehículo eléctrico. De la misma forma, la tendencia a reducir el precio de los antiguos vehículos tradicionales para ir eliminando stock, alentará aún más esta espera.

Otro de los vehículos a generalizar como eléctrico sería el autobús para transporte público. Indicar que las baterías eléctricas sufren mucho más que los motores tradicionales con el peso del vehículo a desplazar. No obstante se espera que a Frankfurt lleguen en el 2012 los primeros autobuses eléctricos de la compañía china BYD. No superarán los 70 Km/h y llevarán paneles solares instalados en el techo [22]. En España podemos presumir de que ya contamos con uno de estos modelos; esta vez de la empresa china Foton Motor y con una velocidad de hasta 80 Km/h; en Navarra [23].

Lo siguiente es generalizar las estaciones de carga. Por ahora no supone un problema siempre y cuando tengamos a mano un garaje/parking con enchufes, un cable lo suficientemente largo o un trastero cerca de la plaza de aparcamiento, pero está claro que esta solución es solo temporal. Se necesita generalizar los puntos de carga, hacerlos seguros (en muchos casos el vehículo estará allí durante ocho horas), y en número suficiente para que todos los usuarios de un vehículo eléctrico pueda utilizarlos [24]. Se plantean opciones como el uso de baterías intercambiables para evitar tener el vehículo tanto tiempo en carga. Éstas serían sustituidas por las usadas cuando compramos una nueva bomba de butano y la cambiamos por la antigua. Este sistema agilizaría el proceso, al menos mientras no se reducen los tiempos de carga necesarios.

La sostenibilidad se define como la característica o estado según el cual pueden satisfacerse las necesidades de la población actual y local sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones de satisfacer sus necesidades. Es evidente que los vehículos eléctricos permitirán realizar un consumo más racional de la energía, pero por sí solos no van a solucionar problemas de sostenibilidad como el consumo desmedido, la deforestación, el uso irracional de las fuentes de agua, etc. Se reducirán las emisiones de gases contaminantes, permitirán el crecimiento de países en vías de desarrollo que podían ver limitado éste por restricciones en la emisión de gases contaminantes, pero no van a solucionar todos los problemas ecológicos. Son un paso más, en un proceso que aún está empezando, y como tal dependen de factores políticos, económicos y de interés social. Por desgracia estos últimos; que deberían de ser los más importantes; no son los que habitualmente se priman. En este mismo apartado ya hemos indicado que la sostenibilidad se hace con educación y con responsabilidad. Los vehículos eléctricos pueden ser una buena excusa para fomentar estos dos aspectos de la lucha para proteger el medio ambiente y garantizar que perdure durante muchos siglos. Está en nuestra mano usar el vehículo eléctrico como una oportunidad, o bien convertirlo en un mero sustituto del vehículo convencional

VI. CONCLUSIONES

La historia del automóvil nace con el vehículo eléctrico, y éste siempre ha estado ahí. Si bien durante muchos años su uso se ha restringido a la industria o a modelos experimentales, ya a finales del siglo XX intentó reclamar su lugar en las carreteras. En aquel momento las presiones y los intereses económicos y políticos imperantes, no le dejaron hacerlo. Hoy el escenario es diferente. La crisis económica y la realidad de una excesiva dependencia de los gobiernos occidentales por los combustibles fósiles han abierto una puerta a la entrada definitiva de los vehículos eléctricos en el mercado de consumo tradicional.

Las actuales y futuras mejoras en las baterías de tracción en lo referente a su tiempo de carga, peso, tamaño, etc., permitirán dotar poco a poco; a los vehículos; de una mayor autonomía y potencia. El uso complementario de energías renovables, como la solar, permitirá generalizar la instalación de estaciones de recarga a un coste más reducido. Queda mucho por hacer, pero la adaptación de la normativa existente y la aparición de nuevos estándares son pruebas evidentes de que la legislación está con este cambio.

Los aspectos referentes al consumo, rendimiento ecológico y reducida contaminación, se ven favorecidos por una disminución en el coste de carga eléctrica para estos vehículos. Menos emisión de gases contaminantes, una reducción de la contaminación acústica y una percepción social de estar haciendo algo bueno para el medioambiente. Todo ello convierte a éste en un buen momento para incrementar las campañas educativas respecto a la importancia de un desarrollo y un consumo sostenibles y utilizar para ello el vehículo eléctrico como excusa.

El mayor hándicap es el precio de los primeros vehículos. Los fabricantes tienen que mantener contentos a sus accionistas, y dado que el vehículo eléctrico reduce los beneficios por mantenimiento y reparaciones dada su mayor fiabilidad; al menos en teoría; la única opción por el momento es incrementar precios en su salida al mercado. Incluso con las ayudas estatales el coste de un vehículo queda fuera del alcance de la mayor parte de los usuarios. Eso busca eliminar el stock existente de vehículos tradicionales e introducir vehículos híbridos ya fabricados en el mercado. Será un pequeño retraso, pero al final el mercado impondrá su ley, y el peso de la dependencia del petróleo es demasiado grande como para que ocurra otra vez lo sucedido a finales del siglo XX.

El vehículo eléctrico se acabará instalando. El momento ha llegado y será cuestión de tiempo que vaya desplazando a otros medios de transporte de manera progresiva. No será una revolución de un día, pero la diferencia ahora es que no queda más remedio que suceda así si queremos continuar manteniendo algo del antiguo estado del bienestar que tuvimos. Hay que reducir costes, hay que apostar por las energías renovables y el consumo responsable. El vehículo eléctrico es un paso más en esa línea y las empresas productoras de electricidad saben que será un buen aliado para aumentar su cuota de mercado.

El consumidor final será el que, en última instancia, decida cuando empezar a comprar vehículos y cómo comprarlos. Será una moneda con dos caras: sustituir el vehículo tradicional por una alternativa más respetuosa con el medio ambiente, o mantener un estatus social presumiendo de haber comprado un vehículo eléctrico por un precio superior al real. Una decisión inteligente hoy puede ser el primer paso para aportar algo a la sostenibilidad del mañana.

REFERENCIAS

- [1] Wikipedia; "Vehículo eléctrico" [en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_el%C3%A9ctrico Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [2] Microsiervos; "Coches eléctricos"[en línea]. Disponible en: <http://www.microsiervos.com/archivo/curiosidades/coches-electricos.html> Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [3] Wikipedia; "Who Killed the Electric Car?" [en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Who_Killed_the_Electric_Car%3F Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [4] Larrodé Pellicer, E.; "Automóviles eléctricos". Editado por Grupo de I+D Transporte y Vehículos, Área de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes, Departamento de Ingeniería Mecánica, Centro Politécnico Superior de Ingenieros, Universidad de Zaragoza. Zaragoza, 1997.
- [5] Larrodé Pellicer, E.; "Tema 6: Baterías de tracción" [en línea]. Curso *Automóviles eléctricos e híbridos*, Grupo de Investigación y Transporte en Logística, Universidad de Zaragoza. Octubre 2010. Disponible en: <http://gitel.unizar.es/?modulo=cursos/AEI/aei> Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [6] Asociación Española de Vehículos eléctricos y no contaminantes; "Baterías" [en línea]. Disponible en: http://www.avele.org/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=26 Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [7] Baeza, M. "Las baterías se acatarran y también se sofocan" [en línea]. Disponible en: <http://blogs.elpais.com/coche-electrico/2011/04/baterias-acatarran-tambien-sofocan.html> Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [8] Corti, H.R.; "Hidrógeno y celdas de combustible: sueños y realidades" [en línea]. Disponible en: http://www.cafedelasciudades.com.ar/ambiente_58.htm Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [9] Gwynne, S.C.; "What's driving the Rosen boys?" [en línea]. Time. Septiembre 1996. Disponible en: <http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,985185-1,00.html> Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [10] Rosen, B.; "Car of the Future" [en línea]. Disponible en: <http://www.benrosen.com/2007/12/car-of-future.html> Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [11] Larrodé Pellicer, E.; "Tema 3: Descripción de los automóviles eléctricos e híbridos" [en línea]. Curso *Automóviles eléctricos e híbridos*, Grupo de Investigación y Transporte en Logística, Universidad de Zaragoza. Octubre 2010. Disponible en: <http://gitel.unizar.es/?modulo=cursos/AEI/aei> Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [12] Wikipedia; "Vehículo híbrido eléctrico" [en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_h%C3%ADbrido_el%C3%A9ctrico Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [13] Vukelic, J.; "Standards For Electrically Propelled Vehicles" [en línea]. Disponible en: <http://urbeecar.blogspot.com/2010/06/standards-for-electrically-propelled.html> Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [14] CENELEC; "Project : EN 50066:1992" [en línea]. European Committee for Electrotechnical Standardization. Disponible en:

- http://www.cenelec.eu/dyn/www/f?p=WEB:110:3315539248106323:::FS_P_PROJECT,FSP_LANG_ID:3389,25 Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [15] CENELEC; "Project:CLC/TS 50457-2:2008" [en línea]. Disponible en: http://www.cenelec.eu/dyn/www/f?p=104:110:1170215755545676:::FS_P_PROJECT,FSP_LANG_ID:16662,25 Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [16] CENELEC; "M/470 EN-Mandate to CEN, CENELEC and ETSI for Standardisation in the field of electric motors" [en línea]. Formato PDF. Disponible en: ftp://ftp.cenelec.eu/CENELEC/EuropeanMandates/M_470.pdf Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [17] CENELEC; "Project : EN 62660-2:201X" [en línea]. European Commite for Electrotechnical Standarization. Disponible en: http://www.cenelec.eu/dyn/www/f?p=104:110:321773583302938:::FS_P_PROJECT,FSP_LANG_ID:22755,25 Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [18] IEC; "International Electrotechnical Commision" [en línea]. Disponible en: <http://www.iec.ch/> Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [19] CENELEC; "M/468 EN- Standardisation Mandate to CEN, CENELEC and ETSI concerning the charging of Electric Vehicles" [en línea]. Formato PDF. Disponible en: ftp://ftp.cenelec.eu/CENELEC/EuropeanMandates/M_468.pdf Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [20] Gómez Blanco, M.; "El decálogo del coche eléctrico" [en línea]. Disponible en: <http://blogs.elpais.com/coche-electrico/2011/03/el-decalogo-del-coche-electrico.html> Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [21] Baeza, M.; "Los primeros coches eléctricos disponibles en España" [en línea]. Disponible en: <http://blogs.elpais.com/coche-electrico/2011/03/modelos.html> Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [22] Noya, C.; "Los autobuses eléctricos de BYD llegarán a Europa en el 2012" [en línea]. Disponible en: <http://www.forococheselectricos.com/2011/06/los-autobuses-electricos-de-byd.html> Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [23] El blog Busurbano; "Uno de los primeros buses 100% eléctricos de España circulará por Navarra" [en línea]. Disponible en: <http://busurbano.blogspot.com/2011/05/uno-de-los-primeros-buses-100.html> Accesible el 14 de Junio de 2011.
- [24] Hubner, Y.; , "Electric-car developments raise grid questions," *Engineering & Technology* , vol.5, no.6, pp.15, April 24-14 May 2010 URL:
- [25] <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5465014&isnumber=5463864>

Mujeres en la ingeniería. WIE-Rama de Estudiantes de la UNED

Núria Girbau Ausiró
Estudiante Ciencias Matemáticas UNED
Coordinadora de Woman in Engineering de la Rama de Estudiantes UNED
Universidad Nacional de Educación a Distancia
Terrassa, España
n.girbau@ieee-uned.org

Abstract— En la actualidad la mujer ha adquirido una trascendente representatividad académica y profesional. Con el fin de referenciar y apoyar este fenómeno han aparecido diversos grupos que lo promueven y lo reafirman. Entre ellos, en el ámbito de la ingeniería, destaca el WIE (Woman In Engineering) surgido del seno del IEEE. Entre sus actividades se encuentran la divulgación de la situación de la mujer en este marco, la motivación a las jóvenes para participar en él, y mejoras del clima laboral en un entorno poco feminizado. Coincidiendo con estos principios, en la Rama de Estudiantes de la UNED, nos ofrecemos activamente para cumplir estos objetivos, y así será referenciado en el presente artículo.

Keywords: mujer; ingeniería; wie; estudiante

I. INTRODUCCIÓN

El IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) es la mayor asociación profesional del mundo dedicado al avance tecnológico e innovación en beneficio de la humanidad. Está dividido en Secciones y cada Sección en Capítulos en función del área científico-técnica a la que se refieren.

En este marco, aparece el WIE (Woman In Engineering), una entidad no técnica constituida por hombres y mujeres con la finalidad motivar, captar y promover las mujeres en el IEEE y en la profesión mediante programas educativos de desarrollo e información.

Para ello, se servirá de algunas herramientas propias del IEEE como el *IEEE Awards* para el reconocimiento de tareas, el *WIE Affinity Groups* para organizar y promover actividades conjuntas o el *IEEE Student-Teacher and Research Engineer/Scientist (STAR) Program* dando cobertura a las etapas previas a la formación universitaria tales como escuelas e institutos.

El WIE-Spain es el capítulo español fundado en mayo de 1999 con motivo de tratar el caso particular de nuestro país y así referenciarlo a escala global. Éste capítulo está en cooperación con la Rama de Estudiantes de muchas universidades españolas y en concreto, con la de la UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia) de donde surge la subsección WIE que trataremos seguidamente.

II. OBJETIVOS

A continuación, nos proponemos dar a conocer los propósitos y objetivos marcados en la Rama de Estudiantes de la UNED respecto a WIE.

Primeramente, a título divulgativo, intentaremos reflejar la presencia de la mujer en el ámbito de la ingeniería en España, pasando desde las primeras etapas de formación hasta su vida profesional. Lo analizaremos y presentaremos nuestras inquietudes y motivaciones.



III. PRESENCIA DE LA MUJER EN LA INGENIERÍA

A. Primeros pasos: bachiller y FP

En la actualidad, las principales vías de entrada a la universidad son el bachillerato y los ciclos de formación profesional. A continuación, presentamos datos estadísticos del curso 2009/2010 (Fig.1) de los alumnos en distintas ramas de ambas titulaciones distribuidos según sexo y modalidad.

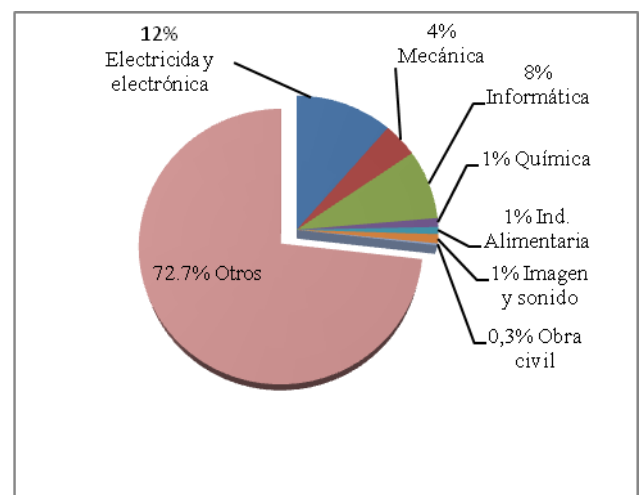


Figura 1. Distribución porcentual del alumnado de grado medio FP.

Podemos observar que los alumnos que escogen opciones técnicas representan alrededor de un 30% a diferencia de los que escogen formación relacionada con otros ámbitos como el turístico o el comercial, acentuándose en especial en el administrativo donde se concentra la mayor parte del alumnado (49.941 en valores absolutos) representando esto el 20% de la totalidad y dónde particularmente se muestra el mayor porcentaje de mujeres entre el alumnado, siendo éste el 73,1% de los estudiantes de este grado medio en administración.

Como veremos, en ningún otro caso se repiten estas cifras, concretamente en los grados medios de formación profesional del ámbito técnico el porcentaje de mujeres no superará, en algunos casos, al 5%, especialmente en las modalidades de electrónica y mecánica, mientras que sí observamos una importante presencia femenina en las áreas relacionadas con la química e imagen y sonido (Fig.2).

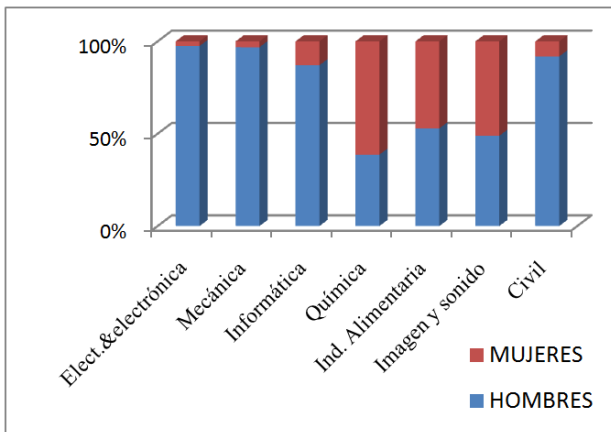


Figura 2. Distribución porcentual por sexo y modalidad en grado medio FP.

Estos datos varían en el caso del bachiller donde si bien la modalidad humanística y social concentra la mayor parte del alumnado, también un elevado porcentaje de éste se distribuye en los ámbitos científicos y tecnológicos. La divergencia se comprueba en el gráfico de la Fig.3.

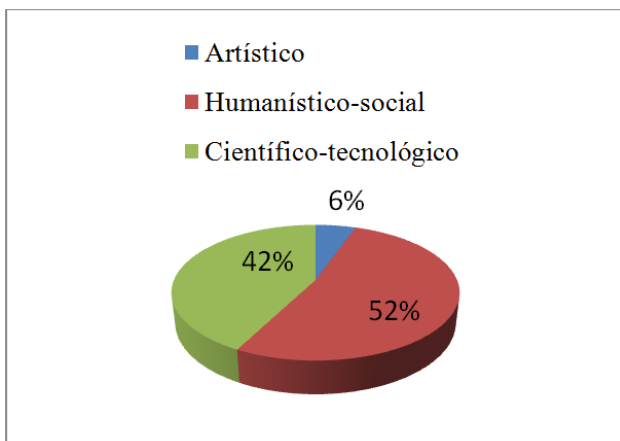


Figura 3. Distribución de los alumnos de bachillerato según las diferentes modalidades (2º curso).

Tal y como se aprecia a continuación, en todas las modalidades de bachillerato el número de mujeres es mayor al de hombres exceptuando el ámbito científico-tecnológico donde la proporcionalidad se invierte (Fig.4).

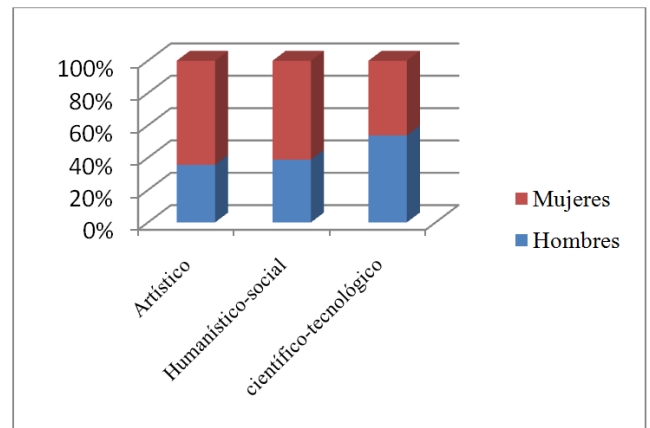


Figura 4. Distribución según sexo y modalidad de los alumnos de bachillerato (2º curso).

Si bien esta diferencia resulta bastante sutil en el marco de unos estudios más generalizados como es el bachillerato, seguidamente, veremos cómo cobra relevancia en la elección de carreras científicas y especialmente técnicas.

B. Alumnado universitario

En primer lugar veamos, en valores absolutos, el número de alumnos matriculados en distintas carreras universitarias en nuestro país (Fig.5).

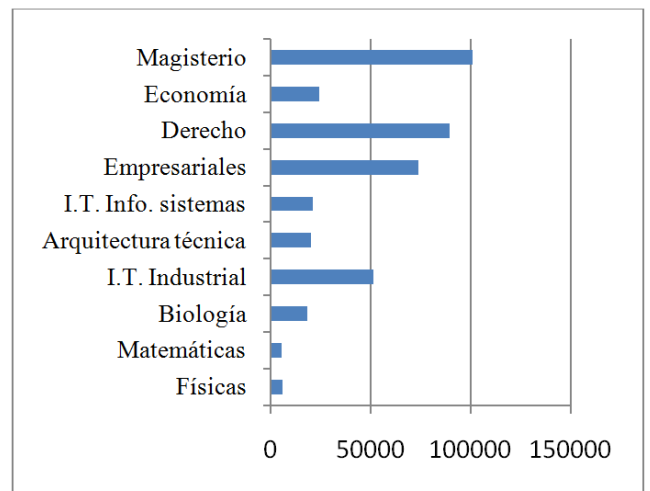


Figura 5. Alumnos según estudios cursados.

Hemos considerado interesante el contrastar los valores de algunas carreras de ciencia e ingeniería superiores y técnicas con diplomaturas o licenciaturas en sociales o humanidades. En concreto Arquitectura, Biología, Derecho, Empresariales, Físicas, Magisterio y las Ingenierías Técnicas de Informática e Industriales.

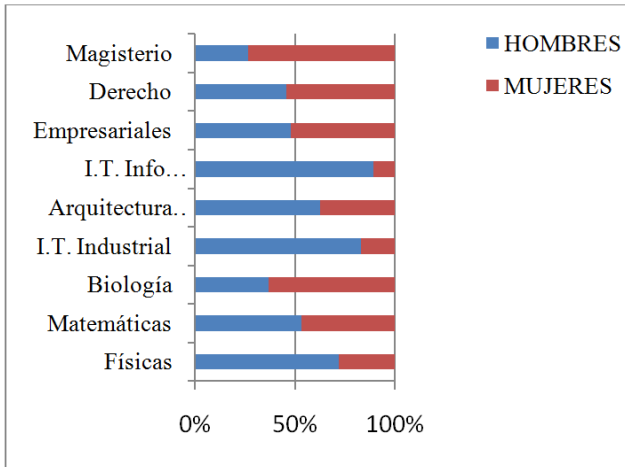


Figura 6. Porcentaje de alumnos según estudios y sexo.

Los resultados (Fig. 6), como puede apreciarse claramente, muestran una concentración de los estudiantes en las diplomaturas y licenciaturas de tipo social. También podemos contrastar que el porcentaje de mujeres disminuye generalmente en el ámbito científico y especialmente, en carreras técnicas como sucedía en los grupos de FP.

Profundizando en este fenómeno de las carreras técnicas intentaremos identificar los puntos de inflexión. Para ello, nos interesaremos por el número de mujeres matriculadas en el primer curso y las que obtienen el título final contrastando así las cifras y evaluando los resultados (Fig.7).

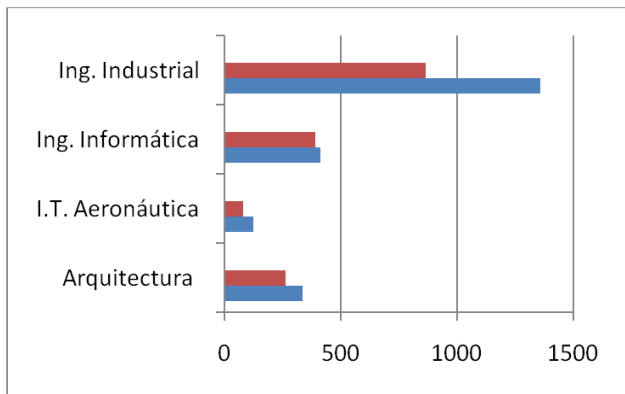


Figura 7. Número de abandonos en carreras técnicas de la mujer. 1er curso (azul) frente a estudiantes que obtienen el título transcurridos 6 años (rojo).

Podemos observar que existe un cierto desfase entre el número de mujeres matriculadas inicialmente y el número de ellas que obtienen el título, acentuándose éste fenómeno en alguno de los casos como la Ingeniería Industrial. En dicho último caso la relación es mucho mayor respecto a los otros campos mencionados.

Concluyendo este apartado, hemos detectado mediante los datos oficiales del INE (Instituto Nacional de Estadística) y del Instituto de la Mujer, que a pesar de que en las primeras etapas de formación existe una motivación importante de las alumnas a encaminarse en el ámbito científico-técnico, las carreras finalmente escogidas se alejan, especialmente, de la modalidad

técnica y además son incluso abandonadas en el proceso. Por tanto, la motivación y el apoyo de las mujeres en éste sentido deberían ejercerse en el inicio y durante el proceso.

C. El ámbito profesional

Dado el contexto económico internacional, creemos importante poner especial atención a este apartado. Así dedicaremos el primer espacio al estudio del desempleo en el ámbito de profesionales de la ciencia y la tecnología.

Los medios de comunicación recomiendan constantemente a los estudiantes que recurran a la formación y especialización para obtener mayores probabilidades de encontrar trabajo. Las estadísticas constatan este hecho (Fig.8).

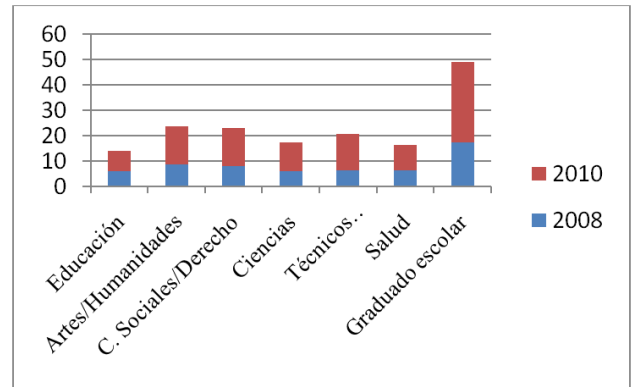


Figura 8. Incremento del paro según áreas de formación (%).

Los datos para realizar el análisis hacen referencia a las mediciones de los años 2008 y 2010. A pesar de que la cantidad de desempleados aumenta en todos los sectores, los que más lo sufren son las personas que corresponden a perfiles académicos restringidos al graduado escolar.

Poniéndonos en materia, el porcentaje de hombres y mujeres desempleados con formaciones científico-técnicas en la actualidad coinciden asombrosamente alrededor de un 11,43% en ciencia y un 14,20% en ámbito técnico. Decimos asombrosamente porque los datos en el año 2001 eran muy distintos teniendo un 7% de desempleo en hombres con formación técnica en contraposición a un 18% de mujeres con la misma formación.

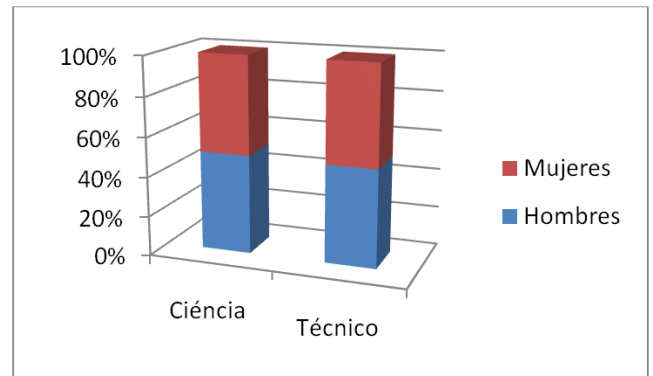


Figura 9. Porcentaje de desempleados con formación científica y técnica según sexo.

Si bien porcentualmente no existe una diferencia plausible, en valores absolutos sí. Es decir, considerando el número de ingenieros e ingenieras en distintos ámbitos se traza una gráfica más significativa (Fig.10).

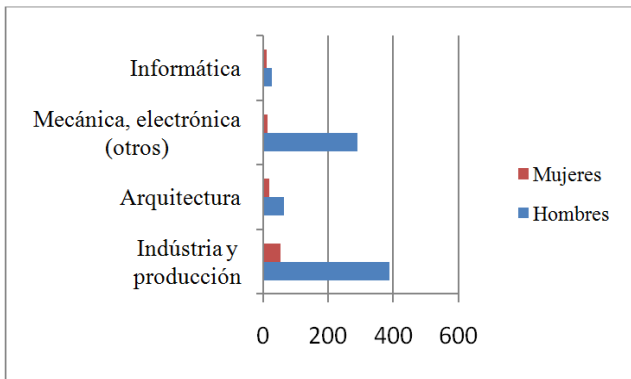


Figura 10. Desempleados según formación académica (miles de personas).

A continuación, pasaremos a mostrar los datos referentes a la ocupación en función de la institucionalidad. La distribución en las administraciones públicas (AAPP), mundo empresarial, enseñanza superior e instituciones privadas sin fines de lucro (IPSFL) serán el bloque de interés (Fig.11).

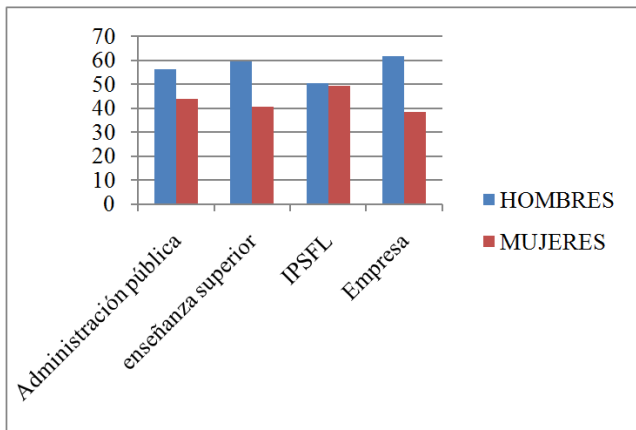


Figura 11. Ocupación por ámbito y sexo.

Si bien la representatividad de la mujer es inferior en todos los casos, la diferencia se acentúa en el terreno empresarial. Precisamente en las jerarquías de empresa comprobamos que se marca una distancia más clara, disminuyendo el porcentaje de mujeres conforme mayor es el rango de responsabilidad en cuestión (Fig.12).

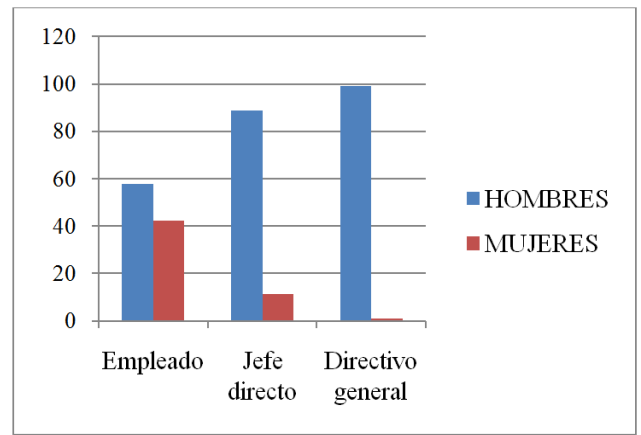


Figura 12. Representatividad porcentual de la mujer en la jerarquía empresarial.

En síntesis, la presencia femenina en I+D no supera el 42% del total. Si buscamos un margen importante en el estudio realizado, la empresa privada es el lugar donde existen mayores diferencias.

Asimismo, en los puestos de trabajo de liderazgo la coexistencia de hombres y mujeres disminuye a favor del hombre. Esta medida alcanza un mínimo, llegando al 0,99% en el mayor rango de Director General.

IV. ORGANIZACIÓN Y PROPÓSITOS

Conociendo el contexto académico y profesional en el que se desenvuelve la mujer en el ámbito de la ingeniería, el WIE a nivel internacional se centra en los siguientes aspectos:

- Recopilar y difundir información acerca las mujeres en el IEEE y en el ámbito de la ciencia y la ingeniería;
- Promover programas de tutorización y educativos en el IEEE;
- Incrementar la presencia de mujeres en el IEEE, y,
- Proponer mejoras en el clima laboral de las mujeres en el ámbito de la ingeniería y la ciencia.

Compartiendo tales objetivos, en la Rama de Estudiantes de la UNED proponemos

- i. Programas educativos e informativos para estudiantes pre-universitarios;
- ii. Publicitar la interacción de la ciencia y la ingeniería con otras disciplinas donde la presencia de la mujer es más activa. (Como en el ámbito de la salud, legislativo, etc.), y,
- iii. Participación en jornadas técnicas para destacar la representatividad del grupo.

En este sentido destacamos las tareas realizadas durante el curso 2010-2011 y proyectos en ejecución:

- Intervención en el Congreso Internacional FINTDI (Fomento e Innovación con Nuevas Tecnologías en la

Docencia de la Ingeniería) celebrado en Teruel 5 y 6 de mayo 2011 (punto 1 de las propuestas);

- Participación en la Campus Party de Valencia 2011 prueba de velocímetros con el robot MEAP (punto 3 de las propuestas);
- Elaboración de los estatutos para la creación de un comité ético para el estudio de la interacción sociedad-tecnología (punto 2 de las propuestas);
- Talleres de robótica para niños de 8-12 años (punto 1 de las propuestas), y,
- Charlas en institutos dirigidas a bachilleres.



Figura 13. Charla ofrecida por la rama de estudiantes en el FINTDI.

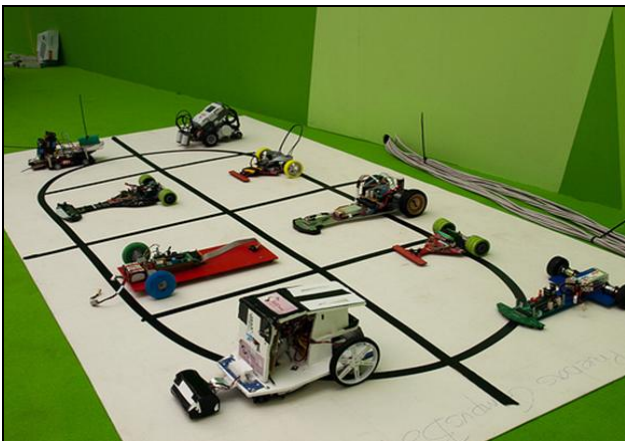


Figura 14. Prueba de velocímetros en la Campus Party 2011.

V. CONCLUSIONES:

La inserción de la mujer en ámbito académico y laboral es un fenómeno reciente en la historia de la humanidad. Si bien en sectores sociales y sanitarios los roles de ambos sexos son bastante igualitarios e incluso favorables en cuanto a presencia femenina, en el sector técnico su representatividad es escasa. Agravándose esta situación en el terreno empresarial.

Así pues, siguiendo con los estatutos del WIE (Woman In Engineering), desde la Rama de Estudiantes, también queremos colaborar a revertir este proceso siendo conscientes de la importancia de la interdisciplinaridad y de lo favorable del trabajo en equipo.

Por ello, en este sentido, como se ha visto en los propósitos del grupo, intentaremos difundir información y motivar a las futuras profesionales antes y durante el proceso mediante charlas, participación en actividades técnicas y más.

Por supuesto, se trata de un grupo totalmente abierto y necesitado de más colaboradores. Os invitamos sinceramente a participar y aportar más ideas e iniciativas.

REFERENCIAS

- [1] INE - Instituto Nacional de Estadística. <http://www.ine.es>
- [2] Instituto de la Mujer <http://www.inmujer.es>
- [3] S. Baldassarri. El 'Woman In Engineering Chapter (WIE) español.
- [4] R. Rodríguez, P.Molina Gaudó, S. Baldassarri. 'Presencia femenina en el IEEE en España. El grupo WIE-SPAIN'.
- [5] IEEE-Woman In Engineering <http://www.ieee.org/women> El blog Busurbano; "Uno de los primeros buses 100% eléctricos de España circulará por Navarra" [en línea]. Disponible en: <http://busurbano.blogspot.com/2011/05/uno-de-los-primeros-buses-100.html> Accesible el 14 de Junio de 2011.



Rama de Estudiantes UNED
<http://www.ieec.uned.es/ieee-uned/>

**Hazte socio
de la Rama de Estudiantes
del IEEE en la UNED**

Web IEEE-UNED

<http://www.ieec.uned.es/ieee-uned/>
Más info: elio@ieec.uned.es

**Charlas, conferencias,
cursos, visitas, empresa,
Boletín Electrónico, etc.**