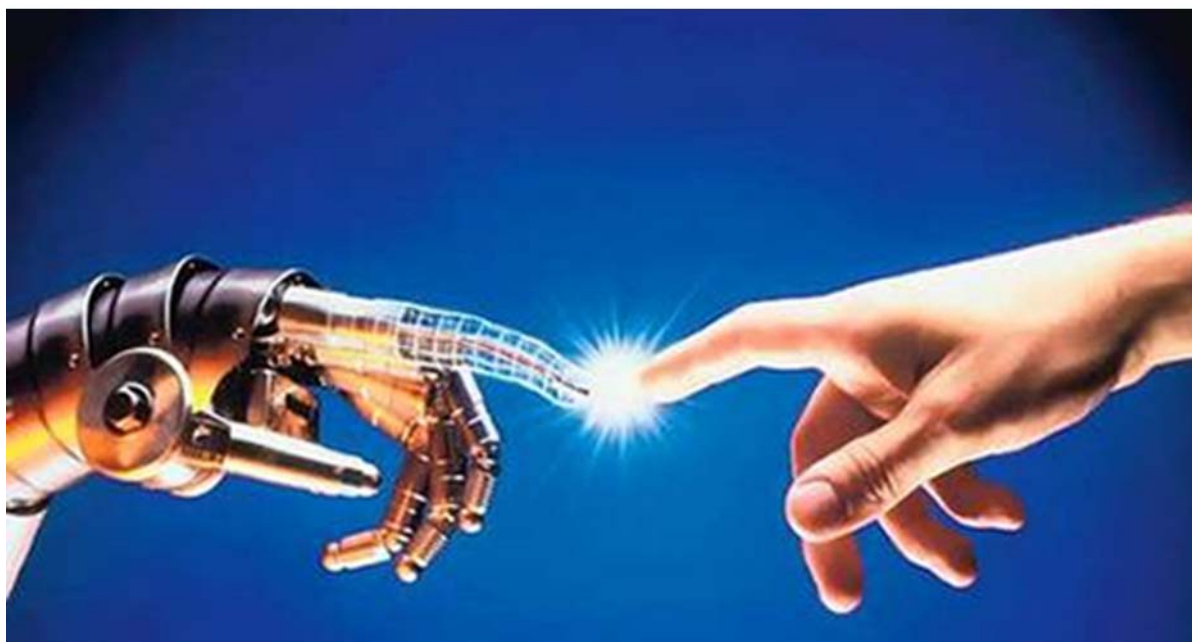




Rama de Estudiantes UNED  
<http://www.ieec.uned.es/ieee-uned/>

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

ISSN: 1989-2195



Número XIV  
Edición Junio 2010

© 2010 Rama de Estudiantes IEEE de la UNED  
© 2010 IEEE Student Branch of UNED

# Boletín Electrónico Rama de Estudiantes de la UNED

## Junio-2010

### EDITOR

Sergio Martín  
([sergio.martin@ieee.org](mailto:sergio.martin@ieee.org))

### REVISORES

Manuel Castro  
Sergio Martín  
Germán Carro

### DISEÑO PORTADA

Sergio Martín

### AUTORES

Germán Carro  
Núria Girbau  
Roberto Navarro  
José Carlos Fernández  
Guillermo Lafuente  
IEEE TMC España  
Albert Prieto  
Gloria Murillo

### 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



**Elio San Cristóbal.** Nuevo Presidente de la rama de estudiantes 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](mailto:elio@ieec.uned.es)



**Germán Carro.** Vicepresidente de la Rama de Estudiantes del IEEE-UNED. Estudiante de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas por la UNED. En años anteriores ha colaborado con la Junta Directiva como Coordinador de Actividades Generales. [germancf@ieee.org](mailto:germancf@ieee.org)



**Rosario Gil.** Secretaria y Tesorera de la Rama de Estudiantes del IEEE-UNED. Coordinadora de Woman In Engineering. Ingeniera de Telecomunicaciones, actualmente trabaja como Becaria de Investigación en el DIEEC. [rgil@ieec.uned.es](mailto:rgil@ieec.uned.es)



**Gloria Murillo.** Coordinadora de la sección "English Zone" del Boletín Electrónico. Ingeniero Técnico en Telecomunicaciones, y estudiante de Ingeniería Industrial por la UNED. [lorycordero151@hotmail.com](mailto:lorycordero151@hotmail.com)



**Ramón Carrasco.** Coordinador de Actividades Generales. 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](mailto:moncho@warningcorp.com)



**Guillermo Lafuente.** Coordinador de Actividades Generales. Ingeniero Técnico en informática de sistemas por la UNED. También estoy haciendo la certificación CCNA de Cisco Systems. [guiye1984@hotmail.com](mailto:guiye1984@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. [igorchavez@ieee.org](mailto:igorchavez@ieee.org)



**Carlos Conde.** Estudiante de Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas por la UNED. Miembro de la Rama Estudiantil del IEEE-UNED y Coordinador del Grupo de Robótica del mismo. [carlosch@mundo-r.com](mailto:carlosch@mundo-r.com)



**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](mailto:rubenalonso78@hotmail.com)



**José Antonio Cámara.** Coordinador Grupo de Control de Procesos. Ingeniero T. industrial, especialidad en electrónica industrial en la universidad de Alcalá, estudiante de ingeniería electrónica (UAH) e ingeniería industrial (UNED). [jcm92251@alu.uah.es](mailto:jcm92251@alu.uah.es)



**Alberto Dopico.** Coordinador Grupo de Software Libre. Estudiante de Ingeniería Técnica Industrial Electrónica en la UNED. [alberto.dopico@ieee.org](mailto:alberto.dopico@ieee.org)



**Pablo Calviño.** Coordinador Grupo 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](mailto:kemosade@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](mailto:alsanchez@ieee.org)



**Albert Prieto Malé**  
Coordinadora del Grupo de Terrassa. Estudiante de Ciencias Matemáticas (UNED). Máster Mecatrónica UPC. Ingeniero Técnico Industrial Mecánico (UdG). Responsable de mecánica en departamento I+D Print&Aply.  
[albertprieto84@hotmail.com](mailto:albertprieto84@hotmail.com)



**Núria Girbau Ausiró**  
Coordinadora del Grupo de Terrassa. Estudiante de Ciencias Matemáticas (UNED). Técnico en prevención de riesgo de Legionelosis. Técnico en gestión medioambiental. Responsable departamento de sistemas de gestión de calidad y proyectos especiales.  
[nuriag88@hotmail.com](mailto:nuriag88@hotmail.com)



**Sergio Martín Gutiérrez.** Anterior presidente de la Rama. Actual Coordinador de Publicaciones y del Boletín Electrónico. Ingeniero Informático. Estudiante de doctorado en el DIEEC en temas de Computación Ubicua, Entornos Inteligentes y Aprendizaje con Dispositivos Móviles.  
[sergio.martin@ieee.org](mailto:sergio.martin@ieee.org)



**Manuel Castro.** 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](mailto:mcastro@ieec.uned.es)



**Eugenio López.** Mentor de la rama de estudiantes IEEE-UNED, y antiguo 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](mailto:elopez@ieec.uned.es)

# Índice

|   |                                 |    |
|---|---------------------------------|----|
| <a href="#">Últimas Noticias de la Rama de Estudiantes IEEE-UNED</a> .....                                    | Germán Carro y Núria Girbau     | 6  |
| <a href="#">Recuperadores de energía</a> .....  | José Carlos Fernández           | 9  |
| <a href="#">SMART GRID: la red eléctrica actual y la del futuro (Parte I)</a> .....                           | Roberto Navarro                 | 16 |
| <a href="#">Introducción a las redes VoIP (Parte I) Aproximación a las soluciones de Software Libre</a> ..... | Guillermo Lafuente              | 21 |
| <a href="#">Promoviendo la Gestión de la Tecnología y la Innovación: IEEE TMC Council</a> .....               | Junta Directiva IEEE TMC España | 30 |
| <a href="#">Diseño de una prótesis de mano</a> .....  | Albert Prieto Malé              | 33 |
| <a href="#">English Zone</a> .....  | Gloria Murillo                  | 40 |

# Últimas Noticias de la Rama de Estudiantes IEEE-UNED

Germán Carro y Núria Girbau

Vicepresidente Rama de Estudiantes IEEE-UNED y Coordinadora del Grupo de Terrassa  
Universidad Nacional de Educación a Distancia  
A Coruña y Terrassa, España  
[germancf@ieee.org](mailto:germancf@ieee.org), [nuriag88@hotmail.com](mailto:nuriag88@hotmail.com)

## I. PROYECTO SSETI

Continuamos sufriendo los coletazos de la crisis. Esta vez imaginamos que el mayor problema ha sido la falta de recursos de la Agencia Espacial Italiana. Esta entidad era quién estaba gestionando el proyecto del Propagador Orbital en el que estábamos trabajando y que ahora ha quedado en espera de tiempos mejores.

Podéis ver la situación de estancamiento que hoy en día vivimos en el SSETI, en su web oficial: <http://www.sseti.net/>

Solo podemos esperar a que vengan tiempos mejores.

## II. CONGRESO NACIONAL DE RAMAS (CNR'10) Y "FÓRMULA-I ESPAÑA":

Continuamos con la organización del CNR'10. Aún con todos los problemas de financiación que estamos encontrando, motivados por la propia crisis económica en que vivimos, nosotros seguimos con ello.

Solo destacar que finalmente, Albert Prieto, como representante del grupo de Terrassa, nos ha adelantado que es posible que no puedan venir a colaborar con nosotros por motivos de trabajo. Eso ha afectado a la organización en la que esperamos contar con algunos miembros del grupo de Madrid y con los del grupo de Coruña. Estamos reestructurando la logística para garantizar que todo sale según lo previsto.

No obstante hemos eliminado alguno de los eventos a celebrar y las fechas definitivas del congreso se circunscriben a los días que van del 21 al 24 de Julio.

Ya está abierto el plazo de inscripción que durará hasta el 15 de Junio y podéis cumplimentar el formulario pertinente en la sección 'Inscripción' de este enlace: <http://ieee-uned.org/cnr-2010/>

Por otro lado las denominadas 'I Jornadas de Vehículos Ecológicos de Coruña', cambiaron de nombre y pasaron a llamarse 'Fórmula-i España' gracias a la colaboración de la Rama de Estudiantes del IEEE de la Universidad Católica de Chile y del promotor de la 'Fórmula-i Chile', Felipe Moroni. Queremos agradecerle a él, todo el apoyo que nos ha prestado para organizar este evento, a pesar de que finalmente hemos tenido que suspenderlo por falta de inscritos.

El mes de Mayo era la fecha tope para proceder a la inscripción y Pablo Calviño y Alberto Dopico, a pesar de

enviar e-mails reiteradamente a los posibles interesados, han visto como nadie se ha mostrado dispuesto a participar. Suponemos de nuevo que la crisis ha hecho mella en el ya difícil reto de construir un coche ecológico.

Todo ello nos obliga a cancelar este evento. Si bien vamos a intentar convocarlo para el verano del año 2011, siguiendo los consejos de Felipe Moroni y aprovechando la sinergia conseguida durante estos meses, así como los planos de nuestro prototipo de vehículo que está en ciernes de ser construido.

Lo sentimos, pero hay que adaptarse a las circunstancias y la realidad nos obliga a ello de manera continuada en los últimos meses.

## III. EXCURSIONES

Nos hemos visto obligados a suspender la visita al INTA y a la NASA por motivos ajenos a nosotros. La razón fundamental ha sido el cambio de horarios y días de visita motivado por el INTA y la falta de coordinación con éstos y la NASA para facilitar las visitas en un mismo día o fin de semana.

Por ahora no se esperan nuevas propuestas de excursiones salvo las realizadas localmente por algunos grupos como del Terrassa y de las que esperamos poder informaros en próximos boletines.

## IV. PRESENTACIÓN AL REGIÓN 8 IEEE PAPER CONTEST 2010:

Ya han salido los resultados del concurso y si bien no nos hemos clasificado entre los seis finalistas, si podemos estar orgullosos porque hemos sido la única Rama de Estudiantes de España que ha participado en el evento.

Hemos competido 26 Ramas de Estudiantes de la Región 8, podéis leer más datos sobre el desenlace del concurso en esta web: <http://ewh.ieee.org/reg/8/sac/cms/index.php/spc>

Os animo a que escribáis vuestros propios artículos y a que participéis en las votaciones de los concursos que esperamos ir repitiendo anualmente en esta línea.

Y una vez más gracias a todos los que colaboráis en nuestro Boletín, ya sea escribiendo en él o leyéndolo periódicamente, y por supuesto ¡Participad, participad y... participad!

#### V. PRESENTACIÓN AL IEEE REGIÓN 8 WEB SITE CONTEST 2010

En la línea anterior, nuestra Rama de Estudiantes también se ha presentado al concurso de las 'Web sites' de las diferentes Ramas de la Región 8.

Este año nuestro Webmaster, Abel Castosa, diseñador de nuestro blog, es el artífice de que hayamos podido presentarnos por segundo año consecutivo al evento.

A pesar de no haber podido llegar a la final, sí hemos pasado la primera criba de clasificación superando los estándares establecidos para acceder al concurso. Sólo tres Ramas españolas hemos participado en el evento y podemos estar orgullosos de; una vez más; haber estado ahí participando en una nueva actividad del IEEE e informando diariamente de nuestras actividades y proyectos desde nuestro blog.

Tenéis información exhaustiva del concurso en este enlace:

<http://ewh.ieee.org/reg/8/sac/cms/index.php/news/154-ieee-region-8-web-site-contest-2010-results>

Gracias de nuevo a todos los miembros de nuestra Rama que hacen posible cada día que se nos conozca un poco más.

#### VI. PRESENTACIÓN Y PARTICIPACIÓN DE NUESTRA RAMA EN VARIOS CONGRESOS INTERNACIONALES:

Ya en el boletín anterior os anunciábamos la participación de nuestra Rama en congresos nacionales e internacionales a través de artículos y ponencias.

Concretamente, en el pasado mes de Abril hemos tenido la oportunidad de presentar varias conferencias en el TAEE 2010 y en el EDUCON 2010 en Madrid.

Desde aquí queremos agradecer a nuestros miembros: Alicia Sanchez, Guillermo Lafuente, Charo Gil, Mohamed Tawfik, Elio San Cristóbal, Sergio Martín, Miguel Latorre, Manuel Blázquez y; el que suscribe; Germán Carro, el esfuerzo a lo largo del congreso en diferentes facetas de organización, coordinación y presentaciones llevadas a cabo con éxito por ellos. También queremos mandar un saludo especial a Manuel Castro y Edmundo Tovar por todo el trabajo realizado para que ambos congresos hayan sido un éxito rotundo a nivel nacional e internacional, por habernos dado esta oportunidad y haber contado con nosotros desde el principio.

Un saludo especial a Ramón Carrasco que fue nuestro representante en la Campus EU celebrada en Madrid en esas fechas, y en la que presentó nuestro proyecto de recuperación de energía utilizando un gris de antenas de móvil. Destacar que si bien esta vez no ganamos, sí quedamos finalistas y tuvimos que exponer nuestro proyecto ante un surtido jurado nacional y extranjero. Tenéis más información en este enlace: <http://www.campus-party.eu/premios-a-la-innovacion.html>

Esperamos poder seguir participando en este tipo de eventos siempre que nos sea posible.

#### VII. TRABAJO DE LOS DISTINTOS GRUPOS ACTIVOS DE NUESTRA RAMA:

Haremos un breve recorrido por los diferentes grupos de nuestra Rama en los distintos centros asociados de la UNED en España.

##### A. GRUPO DE TERRASSA

A continuación se exponen las diferentes secciones en que se distribuyen las actividades que las actualmente trabaja la rama IEEE-UNED Terrassa, así como un breve resumen de cada proyecto en particular:

##### 1) Proyecto: Vial

Objetivo: Establecer un sistema integral (modificaciones en la vía y en los vehículos) que implique la obtención de un piloto totalmente automático para vehículos en las autopistas.

Estado: elaborando especificaciones respecto a los mecanismos de detección de vehículos entre sí, reconocimiento de las salidas de la autopista, etc.

Novedades: documento compartido entre los usuarios activos en el programa en google doc's del ieee-uned.

##### 2) Proyecto: Arduino

Programación de talleres de Arduino para el siguiente curso académico Biomecánica Proyecto: mano biónica

Objetivo: mejorar las prótesis de mano que ofrece actualmente el mercado incorporando un sistema con más grados de libertad (19) controlados, y que funcione biómicamente, es decir, interpretando los impulsos eléctricos del cerebro.

Estado: elaborado el diseño mecánico de la mano aunque con expectativas de mejora para adaptarla a las necesidades que supone la incorporación del sistema de detección e interpretación de los impulsos neuronales.

Se han establecido los primeros contactos con miembros de otras ramas del IEEE-UNED de España. Inteligencia artificial Proyecto: estudio de la reproductividad de cultivos de Legionella en condiciones preestablecidas Objetivo: estudiar la reproductividad de la bacteria en hábitats con parámetros conocidos y determinar su evolución mediante cambios en dichos parámetros. Estado: Terminando el estudio biológico de la bacteria para poder definir las especificaciones que deberá incluir el programa. Trabajando en la programación del lenguaje cLisp. Novedades:

- información de fisiología y ecología en alf
- fotos de uno de los encuentros de los miembros de la sección para trabajar en el estudio. (alf)
- Manual en elaboración del lenguaje cLisp (alf)

##### 3) Publicidad del grupo

Para dar a conocer el grupo del ieee-uned Terrassa se ha determinado centrarnos en:

- Hacer, mediante la colaboración del centro asociado, acta de presentación del grupo durante las jornadas de puertas abiertas de la UNED.
- Cuatrimestralmente, hacer ponencias con conferenciantes de interés de las ramas del IEEE.
- Hacer exposiciones de robótica en la UNED, así como talleres para atraer miembros a la rama.
- Incluir un link al blog del IEEE-UNED en la página principal de la web de la UNED de Terrassa.
- Carteles informativos acerca de las actividades de la rama en el centro asociado.
- Mailings sobre las actividades de la rama a estudiantes.

#### 4) *Visitas:*

Estamos elaborando un programa de visitas para los miembros de la rama de España que incluye de momento: - Sincrotró Alba - Real Acadèmia de les Ciències i les Arts de Barcelona. - Mare Nostrum (falta confirmación. Previsto para Octubre-Noviembre).

#### B. *GRUPO DE MADRID*

Poco más que decir de este grupo que ha soportado la carga de los Congresos de los que hemos hablado ya. Su trabajo es evidente y solo sentimos no estar más cerca de ellos geográficamente para echarles una mano y compartir con ellos, codo con codo, todo lo que; desde los diferentes Departamentos universitarios; están llevando a cabo.

#### C. *GRUPO DE CORUÑA*

Los retos impulsados desde este activo grupo de Coruña, han sido en algunos casos, difíciles de llevar a cabo, pero no por ello dejan de ser meritorios. El mayor problema ha sido la limitación impuesta por la crisis económica y el poco conocimiento que las instituciones tienen aún del IEEE a nivel nacional y local. Aún así y pese a todo, se siguen sucediendo actividades, proponiendo proyectos y soportando el mayor peso de la organización del CNR'10 con ánimo, voluntad y trabajo personal. No hay forma de agradecer este esfuerzo con

palabras para aquellos que cada día continúan aportando su granito de arena en esta línea. Quiero desde aquí destacar la labor de Ramón Carrasco que está moviendo todos los contactos a su alcance para facilitar que de una manera u otra se puedan realizar el mayor número de actividades posibles al menor coste.

#### D. *GRUPO DE ZARAGOZA*

Miguel Latorre es el encargado de crear el grupo en esta ciudad. Desde aquí le agradecemos el esfuerzo y le apoyaremos abiertamente recordándole que no está sólo, que a pesar de los diferentes grupos en las distintas localidades, somos una única Rama de Estudiantes y actuamos como tal, ayudando, animando, organizando, colaborando e impulsando conjuntamente todas las acciones y proyectos que se puedan plantear para fomentar las actividades de aprendizaje, motivación y formación para el futuro académico y laboral de los estudiantes de ingeniería de nuestra universidad.

#### VIII. CONCLUSIONES:

Como veis este Boletín ha comenzado con malas noticias pero nuevas soluciones. Nuestra Rama se ha caracterizado siempre por la propuesta de proyectos y la crisis económica no va a limitar nuestras ganas de hacer cosas, la motivación que ponemos en todo lo que hacemos y nuestras ganas de avanzar. Puede que estemos pasando por tiempos difíciles pero eso, si cabe, lejos de desmotivarnos, nos incentiva aún más, porque en el fondo hacemos lo que nos gusta, proponemos actividades que nos interesan y pensamos que ante la adversidad y la pasividad de la economía en general somos los estudiantes los que tenemos que mover la sociedad desde sus bases, y generar nuevas ideas frescas y dinámicas para afrontar el día a día.

Recordad que los tiempos de crisis son tiempos de nuevas oportunidades.

Podéis realizar propuestas, sugerencias, comentarios y estar informados de las últimas novedades, en nuestro blog: <http://www.ieee-uned.org/>

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



# Recuperadores de energía

José Carlos Fernández González

Ingeniero Técnico Aeronáutico especialidad Circulación y Navegación Aérea

Estudiante de Ingeniería Industrial, UNED

Madrid, España

[josecarlosfg@ieee.org](mailto:josecarlosfg@ieee.org)

**Abstract— Los sistemas de regeneración de energía son un atractivo reclamo tanto para la ecología como para la economía. Básicamente se trata de conseguir optimizar una máquina como puede ser un coche. El coche debe frenar, al llegar por ejemplo a un semáforo, es decir consumir su energía cinética en los frenos, los cuales por fricción convierten la energía cinética en calor. La finalidad de los regeneradores de energía es crear recoger esta energía, almacenarla, y posteriormente poder usarla.**

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente están muy de moda los sistemas de recuperación de energía, tal como podemos en los nuevos vehículos híbridos. También ha surgido ya que en la última temporada de Formula 1 teníamos el famoso KERS, (Kinetic Energy Recovery System). Todos estos sistemas ya sean de competición o para la calle se basan en una particularidad, recoger la energía que desperdiciamos en frenadas y freno motor en bajadas de cuevas abajo, para volver a tenerla disponible en aceleraciones y vencimiento de otras fuerzas disipativas que se encuentran nuestros vehículos.

Sin embargo, siendo “fácil” forma de recoger energía, como puede ser un generador, un compresor, un disco de inercia... , tenemos los problemas a la hora de almacenarla y poder volver a usarla, debido principalmente a que nos encontramos de recoger de golpe una gran cantidad de energía para poder volver a ser usada, no sólo por eficiencia de los sistemas de recogida, sino mas por sus sistemas de almacenaje.

Como explicación de este problema podemos ver que los sistemas de recogida, existen desde hace tiempos inmemorables, por ejemplo, los trenes eléctricos, tales como los del metro de cualquier ciudad, frenan, lo que hacen es convertir los motores del tren en unos generadores, de tal forma que nos encontramos que devuelven la energía mecánica recogida, en energía eléctrica hacia la catenaria, donde esta el recogida por cualquier otra máquina de la línea para su impulso o mantenimiento de velocidad.

Este es el método actual más parecido a un KERS, ya que en caso de vehículos si ya contamos los algunos de los últimos modelos con estos sistemas. Suelen tener en la caja de cambios tal como puede ser el motor de arranque, un motor eléctrico que actúa de generador y motor, cargando posteriormente unas baterías auxiliares. (Este sistema lo tienen todos los coches ya que el motor con una marcha metida en cuesta bajo sin pisar el acelerador, parte de la energía de retención del motor parte va

al generador, que se consume en carga de batería el electricidad del vehículo).

Estos sistemas no son nada novedosos, pero lo que se tiende actualmente es a optimizarlos.

## II. ESQUEMA DE UN RECUPERADOR DE ENERGÍA

Un sistema de recuperación de energía se compone de 4 elementos (Figura 1).

1. Transformador de energía A a B: Tenemos una energía la estamos perdiendo y queremos aprovecharla.
2. Almacenador de energía B: Es posible que esta energía no la necesitamos en el momento de tal forma que tendremos que mantenerla para posteriormente sacarla para usarla.
3. Transformador de energía B a C: esta energía almacenada o extraída del primer transformador la transformamos a una energía útil para nosotros.
4. Control: este sistema deberá tener un control para que optimizar y realizar la extracción de energía y su uso en los momentos adecuados

Cada uno de estos sistemas como vemos se parecen a un esquema de ciclos combinados que hay en las fabricas de papel por ejemplo, donde el calor extraído de la fabricación de papel se usa para poder realizar otras tareas de las fabricas colindantes.

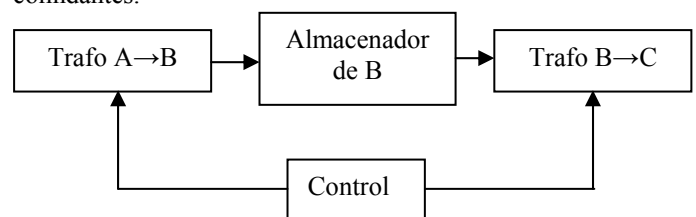


Figura 1: Esquema de bloques de un recuperador de energía

Normalmente las energías que tendremos son:

- Calorífica, difícil de almacenar la más común de todas, ya que es la que se manifiesta en casi todas las pérdidas, difícil de almacenar pero relativamente fácil de transportar, (conducción y transporte de materia)
- Eléctrica, fácil de transportar por conducción, y de almacenar por baterías y condensadores.

- Mecánica (Cinética/Potencial), La energía más usada al ser nuestro mundo, al ser más físico, difícil de almacenar debido a las pérdidas y tamaños de los sistemas necesarios.
- Química, íntimamente relacionada con la eléctrica y la calorífica, ya que aporta o extrae de esta y dependiendo de los materiales transforma moderadamente rápido. El problema de estas es que tiene su óptimo establecido para estas transformaciones, y algo inherente a los materiales es su resistencia eléctrica, de tal forma que nos encontramos  $I^2R$  de pérdidas.

Sólo como puntualización la energía que cogemos y almacenamos puede ser que no sea la que al final queremos usar, por ejemplo:

Si tenemos un embalse, este van los ríos que caen con una energía potencial y cinética al recorrer la montaña, que acumulamos en forma de altura de agua, solo potencial, de la cual tiene unas pérdidas que se deben a la evaporación. Esta la usaremos cuando queramos en forma de salto de gua que mueve una turbina, (transforma E potencial en cinética), y esta mueve un generador (transforma E cinética en E eléctrica), la cual es la que usamos.

De todas formas las que vamos a tratar, más en profundidad en este artículo, son los recuperadores de energía en vehículos.

### III. RECUPERADORES DE ENERGÍA EN VEHICULOS

Uno de los aparatos más ineficaces en tratamiento de la energía son los vehículos terrestres, en especial los trasportes en carretera, veamos por qué.

1. Su perfil de funcionamiento implica aceleraciones y deceleraciones más o menos bruscas.
2. La única energías que dispone el conductor para que el vehículo haga un trabajo, son químicas y disipativas
3. Su energía mecánica no la aprovecha ni la renueva, solo la disipa.

Los dos aportes principales de energía en un vehículo son dos:

1. Motor térmico, principalmente que provee de energía mecánica y la mantiene, y en menor parte de energía eléctrica.
2. Los frenos, controlan la energía mecánica cinemática actuando sobre ella y convirtiéndola en calor y disipándola.

¿Qué es energía?, es la capacidad de hacer un trabajo, principalmente es nuestro caso que estamos estudiando es Fuerza por distancia (1), ya que lo queremos es desplazarnos principalmente.

$$E = F \cdot d \quad (1)$$

¿Cómo encaja en este proceso el recuperador de energía? La energía que tenemos disponible la tenemos que aprovechar, y en lo posible no malgastar, en este caso, en física la conocemos como energía disipativa, toda esta energía debemos

minimizar su impacto ya que crea un trabajo no beneficioso para nosotros, y debería ser lo menor posible.

En un vehículo las principales energías disipativas, aparecen por la deformación y la fricción.

- Fricción:
  - Aerodinámica, esta se elimina con un Cx menor del vehículo, de tal forma, que ofrezca un menor impacto.
  - Frenos, para poder regular nuestra velocidad y impiden el moviendo o el incremento de esta.
  - Fricciones mecánicas, internas, minimizadas con el aporte de lubricantes y mecanismos de mejores prestaciones mecánicas, (recordar que mejor prestación en un campo puede ser peor para otros campos [1], por ejemplo los engranajes helicoidales tienen mejores vibraciones y son más silenciosos que los engranajes rectos, pero tienen un peor rendimiento mecánico.(véase también los engranajes hiperbólicos en BMW)
  - Viscosidad, aparte de la aerodinámica las bombas de combustible, aceite la lubricación del cigüeñal por inmersión nos da que debemos vencer, esta y la anterior son fácilmente comprobables empujando el coche por con una marcha metida o sin meter.
- Deformación:
  - Ruedas y amortiguación, el caso ideal sería el de los trenes, en los cuales estas deformaciones son minimizadas, pero como las calzadas no pueden se económicamente perfectas sin baches, son necesarios, además sus pérdidas suelen ser despreciables comparativamente con las demás.
- Termodinámicas:
  - Transferencia de calor: el ciclo termodinámico del motor parte lo perdemos por radiación, convección al exterior de calor ya que los materiales de que están en el motor a no aguantarían el calor y los gases expulsados el tubo de escape.

Al final todas estas energías se convierten en principalmente en dos energías: Energía mecánica de sonido y de calor.

Una vez que tenemos claras las energías que tenemos en un vehículo, y sobre todo, cuales podemos ahorrarnos, solo podemos hacer dos cosas, optimizar o aprovechar, por ejemplo, los gases de escape recuperamos energía con los turbos, o el calor del motor con la calefacción del coche.

En los casos de optimización vemos, diseños optimizados, mejores procesos de fabricación, nuevos materiales, y procesos de funcionamiento más controlados.

Por tanto de estas tenemos que encontrar de cuales podemos minimizar y de cuales podemos sacar rendimiento, por ejemplo Las nuevas series de BMW están aprovechando este calor y minimizando sus pérdidas a través de una serie de persianas en los radiadores para que el calor al principio se acumule lo antes posible y alcance su temperatura óptima de funcionamiento en el menor tiempo posible

Después de mucho divagar nos encontramos con que el diseño que mucho no podemos mejorar ya que funciona básicamente convirtiendo en energía cinética en energía calorífica, para posteriormente disiparla es el freno.

#### IV. RECUPERADORES DE ENERGÍA CINÉTICA K.E.R.S.

Más conocidos como KERS, (Kinetic Energy Recover System), estos en las ocasiones que son necesarias eliminar energía cinética por seguridad o necesidad, como esta energía prácticamente se consume en los frenos en calor, este sistema trata de coger esta energía, almacenarla, y posteriormente devolverla cuando sea necesario.

Estos sistemas pueden ser de los más variopintos, desde el volante de inercia de Williams que usa un Flywheel de volante de inercia, y también estudiado por la NASA, con rodamientos magnéticos y disco de carbono en un medio sin atmósfera [2], hasta sistemas compresores, y generadores eléctricos, comentemos algunos de ellos:

- Volante de inercia. Tiene la ventaja de que no necesita un transformador de energía y por tanto nos quitamos los problemas rendimientos de estos. Los problemas son los derivados por el par giroscópicos y las resistencias de fricción y mecánicas de los elementos, obliga a tener un sistema con un proceso de fabricación de alta precisión.
- Compresores. Compresor de aire para posteriormente usarlos al entrada de aire, el problema principal es que debe usarse lo antes posible, ya que al comprimirse se hace adiabáticamente y adquiere energía en forma de calor que lo disipara al exterior en el recipiente que se encuentre.
- Turbos, coge la energía cinética de los gases de salida a través de una turbina y esta mueve un compresor que se usa para introducir una cantidad mayor de aire dentro de la cámara de combustión del motor.
- Generadores eléctricos, conectados al cigüeñal no son nada nuevo, se llevan usando durante años como frenos aunque todavía nadie ha vuelto a retomarlos, (Freno eléctrico de los camiones, para no sobrecalentar los frenos cuando bajan un puerto, conectaban este freno que se trataba de un generador que extraía la potencia de las ruedas y la disipaba en forma de resistencia eléctrica) [3]. El problema con estos es el almacenaje de la energía eléctrica, ya que las baterías necesitan una carga de constante, ya que las cargas a picos las estropean, y los condensadores empiezan a usarse los primeros ultracondensadores, (antiguamente hacia una broma típica en los FP de electrónica que era enviar al novato a la tienda por un condensador de 1

Faradio, el problema, de esta broma es que hoy en día puede volver con uno) [4].

Actualmente e un concurso en el cual participo, MotoStudent, estamos trabajando con ultracondensadores y un sistema KERS en el cual profundizaremos más tarde, pero no significa que la elección de uno de ellos, invalide la de los demás, de hecho pueden estar todas de forma comunal, ahora evaluaremos las diferentes

#### V. KERS MECÁNICO

Ya tenemos una energía mecánica, y como cualquier transformador de energías tienen pérdidas, ya que no existe el rendimiento al 100%  $\eta=1$ . Con esta premisa, lo normal es idear un sistema de este tipo.

La energía mecánica de la cual conocemos es (2)

$$E_{Mecánica} = E_{Potencial} + E_{Cinética} \quad (2)$$

Donde podemos ver que tenemos otras dos energías

- Energía Potencial, debida a la gravedad (3).

$$E_{Potencial} = m \cdot g \cdot h \quad (3)$$

- Energía Cinética, debida a la velocidad (4).

$$E_{Cinética} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (4)$$

Una vez que tenemos evaluado que tipos de energía tenemos y que podemos hacer con ellas, debemos evaluar el que energía queremos recuperar, las dos grandes energías disipativas son aerodinámica y la fricción en los frenos.

La energía de aerodinámica son difícilmente aprovechables por un vehículo, ya que implica al transformación de la forma de este para su aprovechamiento, El RAT (Turbine Ram Air), usa la energía cinética del aire para convertirlo en energía, pero sólo se usa en situaciones de emergencia en diversas aeronaves, convierte parte de la energía cinética en energía eléctrica [5], y no hablemos de su recuperación más difícil. (El Mercedes McLaren SLR dispone en el alerón trasero un abatimiento para usarlo como aerofreno de tal forma que modifica su Cx para una mejor frenada, pero no se puede considerar recuperador ya que esta energía que disipa no es aprovechada)

Una vez visto esto ve que la energía más fácilmente aprovechable es la energía de frenado, de tal forma que deberíamos convertir la energía cinética del vehículo en una energía mecánica, y tal como hemos visto son dos, potencial o cinética.

En la potencial tal como hemos visto en la formula sólo podemos actuar en la masa y en la altura,

La masa nos daría un vehículo más pesado con unas mayores pérdidas, y la altura modifica la forma del vehículo, la cual tiene un impacto serio en la aerodinámica, un sistema de este tipo sería dos tanques de liquido, uno encima de otro que llenaran el superior con la frenada realizado por una bomba de

líquido y para recuperarlo a través de una turbina cuando vaciemos el tanque superior en el inferior, Figura 2

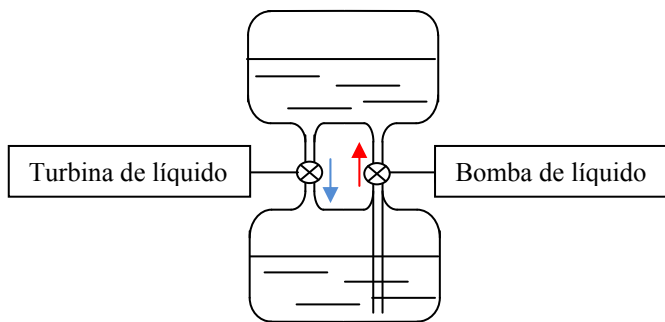


Figura 2: Recuperador basado en Energía potencial en el líquido

La otra energía que podemos aprovechar es la energía cinética, la cual podemos controlar la velocidad y la masa. Si suponemos lo dicho anteriormente sobre la mas, que no es un buen factor en el cual actuar, nos queda la velocidad, la cual sólo tiene una ventaja, que es la que al estar elevada al cuadrado, una pequeña variación de velocidad implica una cada vez mayor Energía.

Pero dentro de esto vemos que para poder tener el coche con unas medidas razonables del vehículo debemos hacer algo para que la velocidad con el tiempo no se convierta en distancia, y la mecánica es simple, el **volante de inercia**.

En casi todos los vehículos de tracción realmente no nos dan fuerza y velocidad lineal, si no que nos dan par y velocidad angular, fácilmente aprovechable en el volante de inercia, de tal forma que la energía cinética que tenemos es la debida por rotación (5).

$$E_{Cinética} = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 \quad (5)$$

Como vemos que si engranamos a través de un embrague un volante de inercia como freno este consumirá la energía cinética del vehículo que se pierde, (en forma de calor), al frenar, en energía cinética en el volante de inercia.

Hasta aquí este sistema es relativamente sencillo, el problema viene dado cuando realizamos este análisis.

Un coche de masa  $m$  que viaja a una velocidad de  $v$  en un llano tiene una energía solo debida a la cinética (6).

$$E_{Cinética} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (6)$$

Si quiere frena a una velocidad más baja se encontrara que pierde energía cinética (7).

$$E_{Cinética\ Perdida} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{Inicial}^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{Final}^2 \quad (7)$$

Siendo  $v_{Inicial} > v_{Final}$ , de tal forma que nos encontramos que en el caso ideal, donde toda la energía cinética del vehículo es extraída (8).

$$E_{Cinética\ Perdida} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{Inicial}^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{Final}^2 = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 \quad (8)$$

Pero nosotros no tenemos acceso a la velocidad lineal, si no a una velocidad angular, de tal forma debemos hacer la trasformación de velocidad del vehículo manteniendo la energía (9).

$$E_{Cinética\ Vehículo} = \frac{1}{2} \cdot m_{Vehículo} \cdot v_{Vehículo}^2 = \frac{1}{2} \cdot I_{Vehículo} \cdot \omega_{Rueda}^2 \quad (9)$$

Entonces tenemos que igualar las energías (10)

$$\frac{1}{2} \cdot I_{Vehículo} \cdot (\omega_{Inicial}^2 - \omega_{Final}^2)_{Ruedas} = \frac{1}{2} \cdot (I \cdot \omega^2)_{Volante\ Inercia} \quad (10)$$

Suponiendo en el caso que el volante parte de reposo, (para facilitar los cálculos). En todo caso veremos que estaremos en el caso que  $I_{Vehículo} > I_{Volante\ Inercia}$ , de tal forma que para mantener la energía, tendremos que la  $\omega$  del volante será mayor que la de las ruedas quedando una relación dependiente de sus inercias (11).

$$\frac{I_{Vehículo}}{I_{Volante\ Inercia}} = \frac{[(\omega_{Inicial} + \omega_{Final}) \cdot \Delta\omega]_{Volante\ Inercia}}{[(\omega_{Inicial} + \omega_{Final}) \cdot \Delta\omega]_{Ruedas}} > 1 \quad (11)$$

El en el caso de este vemos que par en el caso de un volante de inercia lo más pequeño y ligero, este deberá tener unas velocidad angulares lo más altas posibles.

También nos encontramos con el problema de que en este caso, tenemos un problema con el sistema de de recogida de energía desde la ruedas del vehículo hacia el volante de inercia (12), de tal forma que como podemos ver en el gráfico, Figura 3, la relación entre las velocidades angulares debe de ser lineal.

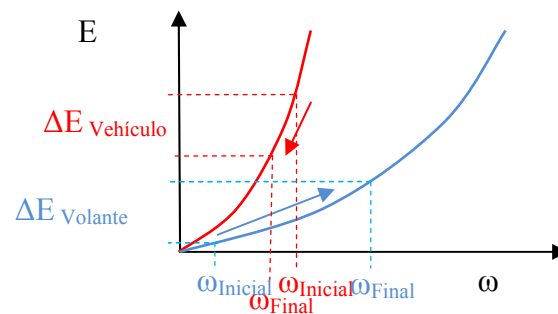


Figura 3: Comparación curvas de energía entre V.I. y el vehículo

$$-\Delta E_{Vehículo} = \Delta E_{Volante\ Inercia} \quad (12)$$

Tal como vemos esto, nos da a entender que el sistema, mientras uno baja de velocidad angula el otro sube, pero todos los sistemas de engranajes, que conocemos son proporcionales, es decir, que si la velocidad angular de entrada sube la salida también, (quitando los mecanismos biela - manivela).

De tal forma que nos vemos en la necesidad de usar un sistema de variador continuo de velocidad por sistema de poleas [6].

En el caso del Flywheel [2] podemos ver que el volante de inercia que se encuentra en vacío, (problemas de mantener la estanqueidad), y rodamientos magnéticos, (no muy buenos en los casos de vibraciones), usa el volante de inercia pero como sistema base de almacenamiento, y su forma de recoger energía es a través de un generador eléctrico, o mecanismos complejos con fasadores magnéticos estilo synchros, y campos magnéticos con funcionamiento parecido a los motores asíncronos.

Este sistema mecánicamente es complicado y tiene un pequeño elemento en contra, el Principio de conservación del Momento Cinético (13).

$$M_{\text{Cinético}} = \frac{dL}{dt} = I \cdot \omega_{\text{Volante Inercia}} \times \omega_{\text{Vehículo}} \quad (13)$$

De tal forma que si el vehículo trata de hacer un giro no paralelo al eje aparecerá esta fuerza de arrastre. Y la única forma de corregirlo es con un cardan, lo que complica el diseño, además de que aparecen otros giros inesperados. (En los sistemas de navegación inercial basado en giróscopos deben tener en cuenta estos efectos por la rotación de la tierra, ya que no deja de ser una rotación en otro eje, tienden a mantener el eje giro en el espacio)[7]

#### VI. KERS DEFORMACIÓN MECÁNICA

Este es el sistema todos los conocemos y posiblemente hemos tenido alguno, se trata de cargar la energía con un resorte, como un reloj de cuerda y soltarla cuando nos sea necesaria, tal como son en los cochecitos, este método tiene dos problemas, uso de ellos en encontrar un resorte que cuales tanta energía potencial, dentro de unos tamaños aceptables y que tenga una  $k$  lo menos posible y precargado, para que no incremente la frenada y no bloquear la rueda.

Este sistema no se les conoce que se haya usado en ningún sitio que nos sea en juguetes y relojes.

#### VII. KERS TERMODINÁMICO

Como la energía que disipamos es calor, y este campo está dentro del campo termodinámica, de tal forma que esta la aprovechamos, esta es la más común lo tenemos en procesos de ciclos combinados [8], donde en un proceso que es exotérmico, se aprovecha para otros procesos endotérmicos, tal como se puede ver en muchos tipos de fabricas en las cuales se relacionan entre ellas por este hecho.

En un vehículo este aprovechamiento del calor generado por el motor, ya se lleva usando desde hace mucho tiempo, en la calefacción del coche, actualmente también se puede usar en procesos de donde usamos el efecto Seebeck [9] donde convertimos el calor en electricidad al unir dos metales en dos puntos diferentes y mantener una diferencia de temperatura entre ellos. Este sistema se usa como termopar para los sistemas de conrainscendios y control de sistemas de alta temperatura. También este efecto al ser tan sencillo, se usa como generador en múltiples sondas espaciales tales como las Voyager, Pioneer, MSL, a través de un RGT, (Generador eléctrico de radioisótopos)[10], donde podemos ver que a través de una fuente de calor y otra de frío podemos extraer

energía. EN vehículo no se ha usado ya que la potencia extraída no es muy grande, sólo tiene un rendimiento del entorno  $\eta \approx 20\%$ .

Este sistema es muy útil en caso de usar fuentes de calor baratas tales como los compuestos radioactivos como el Plutonio, y tener unas energías considerables en lugares remotos [11].

Respecto a la regeneración de energía calorífica disipada en los freno no existe nada actualmente, lo más parecido serían los frenos de carbono los cuales consiguen unas mejores prestaciones con el calor, de tal forma que con la frena al calentarse frenan mejor, [12].

#### VIII. KERS ELÉCTRICO

De este hablaremos más adelante en otro artículo, con una serie de cálculos reales hecho dentro de programa MotoStudent.

Este es el sistema más usado para la recuperación de la energía ya que es el más flexible de los sistemas, al sólo tener que poner generadores/motores síncronos en cada rueda o ejes.

Este sistema recoge la energía del motor el cual genera en los devanados una tensión por el cambio de flujo magnético (14).

$$V = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt} \quad (14)$$

La cual podemos extraer una potencia  $P = V \cdot I \cdot \cos(\varphi)$  la cual en mecánica estamos extrayendo  $P = T \cdot \omega$ ; de tal forma que podemos controlar la frenada controlando la intensidad ya que la tensión depende del flujo  $\Phi = \Phi_0 \cdot \sin(\omega t)$  y por tanto (15):

$$\frac{d\Phi}{dt} = \Phi_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \quad (15)$$

Lo que nos da, que depende del  $\omega$  del generador  $V = -N \cdot \Phi_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t)$ , ya que el resto es cte.

Como también podemos suponer que el factor de potencia sería  $\cos(\varphi) = 1$ , podemos finalmente exponer que la potencia depende del  $\omega$  (16) como el par y por tanto el par de retención no (17)

$$P = -N \cdot \Phi_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \cdot I \quad (16)$$

y

$$T = -N \cdot \Phi_0 \cdot \cos(\omega t) \cdot I \quad (17)$$

Lo que al trabajar en frecuencia podemos aplicar la potencia efectiva, al tratarse de una  $\omega$  alta (18):

$$T = -\frac{1}{\sqrt{2}} N \cdot \Phi_0 \cdot I \quad (18)$$

Este sería el par de frenado, regulado con la intensidad consumida.

Otra parte es la forma de almacenarlo, como vimos antes en el Flywheel podemos ver se trata de una forma mecánica.

Normalmente de forma eléctrica se pueden almacenar de dos formas:

- Baterías
  - Ventajas: Alta capacidad de carga.
  - Desventajas: resistencia interna se calienta en las recargas y necesita un perfil de carga determinado, (una V o una I controladas).
- Condensadores
  - Ventajas: Carga y descarga rápida, sin pérdidas.
  - Desventajas: Baja capacidad de carga.

Actualmente se están avanzando mucho en este campo tal como se puede ver en el campo de Ultracondensadores [13], los cuales son unos condensadores como los electrolíticos con polaridad que tiene una tensión máxima pequeña pero una gran carga, mayores de 1F hasta cientos de faradios.

Otro campo es del las baterías de Litio con una capacidad de carga ultra rápida, además de ser ligeras. Aunque el coste de estas es bastante alto [14]

Uno de los hechos que nos encontramos con el voltaje, es que para que un generador se convierta en motor, este recibir un voltaje mayor, en valor absoluto, que el que está recibiendo entre los bornes, y como este es dependiente de la velocidad de giro del sistema y estamos hablando de una frenada donde recoge energía, significa que cada punto de la frenada recoge un nivel menor de energía, Figura 4.

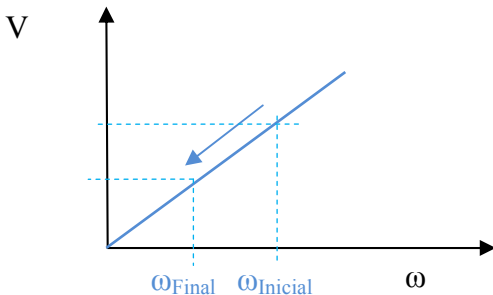


Figura 4. Curva tensión creada por el generador del KERS

De tal forma que nos encontramos la media de tensión extraída no sería mayor que la necesaria en caso de velocidad punta del motor.

En este caso lo que se puede hacer es usar elevadores de tensión tales como transformadores, (muy pesados), o “chopear”

la señal [15] a través de carga y descarga de condensadores, (metemos un retardo por la carga y descarga),

De todas formas esto lo trataremos más en el siguiente artículo, con análisis de motores ya que de estos podemos coger de AC o de DC además de controles de sincronismo, potencias, etc.

## IX. CONCLUSIONES

Un sistema de recuperación de energía es un sistema de optimización donde hace que el valor  $(1 - \eta)$ , que se son las pérdidas de cualquier intento de minimizarlas de la mejor manera posible, por ejemplo usar un microprocesador de AMD para calentarte el café mientras haces un proceso iterativo en tu ordenador. Como se ve con este último ejemplo no sólo se debe optimizar, (ya que hemos de tener en cuenta que perdemos energía sino optimizados porque no existe el rendimiento  $\eta=1$ , pero siempre podemos aprovechar algo), sino que también se debe ver los puntos donde no se puede optimizar o es demasiado caro y aprovecharlos para extraer energía de otras maneras.

## REFERENCIAS

- [1] NORTON, R.L.: Diseño de maquinaria. Mc Graw-Hill. 3ª edición. 2005.[a]
- [2] Sistema creado por Williams basado en Flywheel, Williams. URL: <http://www.williamshybridpower.com/> Último acceso: 27 Abril 2010. Sistema flywheel, Wikipedia. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Flywheel\\_energy\\_storage](http://en.wikipedia.org/wiki/Flywheel_energy_storage) Último acceso: 27 Abril 2010.
- [3] Freno eléctrico, Wikipedia. URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/Freno\\_eléctrico](http://es.wikipedia.org/wiki/Freno_eléctrico) Último acceso: 27 Abril 2010.
- [4] Ultracondensadores, Wikipedia. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_double-layer\\_capacitor](http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_double-layer_capacitor) Último acceso: 27 Abril 2010.
- [5] Generadores de impacto de aire, Wikipedia. URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/RAT> Último acceso: 27 Abril 2010.
- [6] Tipos de cajas de cambios, Mecánica virtual. URL: <http://www.mecanicavirtual.org/caja-cambios9.htm> Último acceso: 27 Abril 2010.
- [7] Péndulo de Foucault, respecto al giro de la tierra, Wikipedia. URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9ndulo\\_de\\_Foucault](http://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9ndulo_de_Foucault) Último acceso: 27 Abril 2010.
- [8] Plantas de ciclos combinados, Wikipedia. URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_combinado](http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_combinado) Último acceso: 27 Abril 2010.
- [9] Efecto Seebeck, Wikipedia. URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto\\_Seebeck](http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Seebeck) Último acceso: 27 Abril 2010.
- [10] Generador térmico por radioisótopos RGT, Wikipedia. URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/Generador\\_termoele%C3%A9ctrico\\_de\\_radiois%C3%B3topos](http://es.wikipedia.org/wiki/Generador_termoele%C3%A9ctrico_de_radiois%C3%B3topos) Último acceso: 27 Abril 2010.
- [11] Mars Science Laboratory, Mars Institute. URL: [http://www.marsinstitute.info/epo/docs/jan05/msl\\_meyer\\_theisinger.ppt](http://www.marsinstitute.info/epo/docs/jan05/msl_meyer_theisinger.ppt) Último acceso: 27 Abril 2010. Mars Science Laboratory, BBC news. URL: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/8509080.stm> Último acceso: 27 Abril 2010.
- [12] Frenos de carbono, Wikipedia. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Disc\\_brake](http://en.wikipedia.org/wiki/Disc_brake) Último acceso: 27 Abril 2010. Frenos de carbono, FI Technical URL: <http://www.fi-technical.net/articles/2> Último acceso: 27 Abril 2010.

- [13] Ultracondensadores, Wikipedia. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_double-layer\\_capacitor](http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_double-layer_capacitor) Último acceso: 27 Abril 2010. Fabricantes de ultracondensadores, Cooper Bussmann. URL: <http://www.cooperbussmann.com/3/PowerStorFinder.html> Último acceso: 27 Abril 2010. Fabricantes de ultracondensadores, Maxwell. URL: [http://www.maxwell.com/pdf/uc/Maxwell\\_UC\\_comparison.pdf](http://www.maxwell.com/pdf/uc/Maxwell_UC_comparison.pdf) Último acceso: 27 Abril 2010.
- [14] Noticia sobre estudios en el MIT sobre baterías carga rápida, Noticias <http://www.gizmag.com/go/5228/> Último acceso: 27 Abril 2010.
- [15] Circuito de regulación de tensión por Chopper, Wikipedia URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Chopper\\_\(electronics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Chopper_(electronics)) Último acceso: 27 Abril 2010.

# SMART GRID: la red eléctrica actual y la del futuro (Parte I)

Roberto Navarro Matesanz

Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas  
Estudiando “graduado en Ing. electrónica industrial y automática”  
Madrid, España  
roberto.navarro@atosorigin.com

*Abstract*— Actualmente, el sistema eléctrico mundial está comenzando a sufrir una evolución importante, como quizás nunca haya tenido, ya que aunque es un concepto con unos cuantos años de vida, hasta ahora había tenido poca repercusión a nivel global, siendo ahora cuando ha tomado fuerza. Esta fuerza ha venido proporcionada, entre otros muchos factores, por la política energética de EEUU con respecto a la eficiencia energética, energías renovables, etc. Este concepto del que hablamos, no es otro que las Smart Grid, que se plantean como el conjunto de soluciones que permitirán gestionar más eficientemente todo el ciclo de vida de la electricidad, desde su generación, hasta su consumo por el usuario final, y solucionar o al menos paliar, algunos de los problemas con los que cuentan ahora mismo los sistemas eléctricos.

*Keywords:* Smart grid, smartmeter, generacion distribuida, microgrids, vehiculo electrico...

## I. INTRODUCCIÓN

En una charla a la que asistí hace poco sobre las redes eléctricas y smart grid, pusieron un ejemplo bastante clarificador sobre por qué es necesario una modificación en las redes eléctricas.

*“Si Alexander Graham Bell, inventor del teléfono, levantara la cabeza, aparte de darse con la tapa, vería que su invento ha sufrido una increíble evolución, en cambio si lo hicieran Edison o Tesla se sentirían como en casa, ya que la evolución de la red eléctrica ha sido muy escasa”*

Y nada más claro que fijarse en las fotos de la figura 1, una esta sacada hace poco de un portal de Internet, y la otra de Nueva York en el año 1890, y como vemos por estas fotos y otras similares que hemos consultado de diferentes partes de la red eléctrica, esta ha tenido poca evolución en el último siglo, evidentemente se han mejorado muchas cosas, seguridad, telecontrol en ciertas partes de la red, interoperabilidad, etc., pero si lo comparamos con la evolución de cualquier otro descubrimiento, como la telefonía, transporte, etc. el sector eléctrico casi no ha avanzado.



Foto actual

New York 1890

Figura 1: Imágenes actuales y antiguas de postes eléctricos

Por ello, y para entender hacia donde se quiere ir con las Smart Grid, deberíamos hacer un repaso sobre el ciclo de la electricidad, desde su generación, hasta su consumo final, de forma que entendamos mejor posteriormente las razones del cambio y que es lo que aportaran las Smart Grid.

Para eso y como primer paso, en este primer artículo nos centraremos en exponer cuál es el modelo actual de funcionamiento de la red eléctrica, como se genera, transporta/distribuye y se consume la electricidad, planteando algunos de los problemas actualmente existentes, que a mi juicio pueden ser más importantes o interesantes, dado que exponer todos sería demasiado extenso.

Y en una segunda parte del artículo, entraré en lo que son las Smart Grid, que pueden aportar y que es lo que pueden o intentaran solucionar, teniendo en cuenta los problemas actuales o futuros, como por ejemplo la generación distribuida, el vehículo eléctrico, la demanda responsable en el consumo, etc.

## II. MODELOS CONCEPTUALES DE LA RED ELÉCTRICA

Nuestro sistema eléctrico actual, simplificando mucho, se basa en un modelo lineal, que como he comentado anteriormente, no ha cambiado o evolucionado mucho a lo largo del tiempo, este modelo se basa en generar la electricidad en un punto concreto, transportarlo y distribuirlo por toda la red eléctrica, para terminar siendo consumida en



los hogares o fabricas. Existen evidentemente más partes, o actores que entran en acción, pero por ahora nos quedaremos con esta idea, ya que luego cada una de ellas se subdivide en muchas más partes, se interrelacionan y entremezclan un poco, por lo que intentar abarcarlo todo podría confundir más que aclarar, pero básicamente el modelo es este que exponemos aquí.

### Conceptual Model

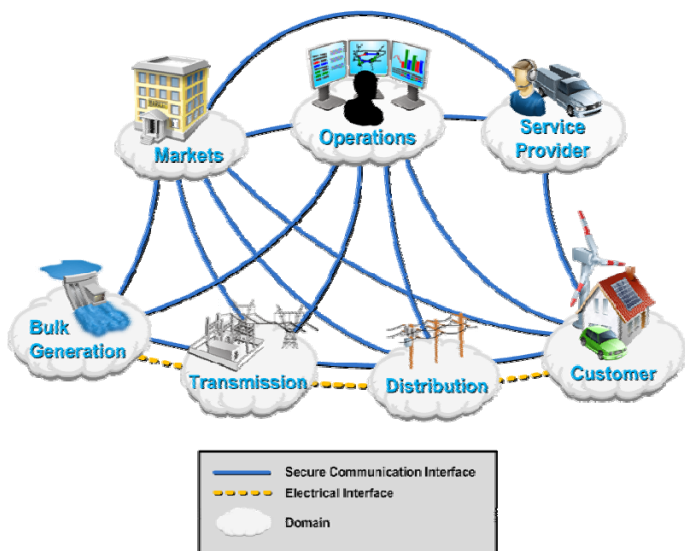


Figura 2: Separación en modelos conceptuales de los participantes en el sector eléctrico

Este modelo lineal, se puede ver claramente en la figura 2, la cual proviene del NIST (National Institute of Standards and Technology)[3][4], y en la que han representado, en mi opinión, bastante bien los diferentes modelos conceptuales o actores del sector eléctrico, por lo que usaré muchas de sus imágenes en este artículo.

La figura 2, nos permite ver claramente los diferentes dominios del sector eléctrico, así como las principales interacciones existentes entre ellos, notando que en azul son conexiones de comunicaciones, y las punteadas en amarillo las conexiones eléctricas.

En la parte inferior del modelo, si lo vemos de izquierda a derecha, tenemos la generación de la electricidad, la transmisión de la misma (A alta y media tensión), la distribución (a baja tensión) y por último los clientes. Y coordinando todo esto tenemos el centro de control o de operaciones, verificando que todo funcione correctamente, y que según la demanda y a través del mercado eléctrico se realiza la compra venta de electricidad, y con los proveedores de servicio que principalmente se encargan del mantenimiento.

Todos estos dominios se subdividen en otros muchos subdominios y/o componentes, por lo que no entraremos en detalle en cada uno de ellos, pero si será conveniente dar una pequeña introducción para comprender mejor como se integrará todo con la llegada de las Smart Grid.

#### A. GENERACIÓN ELÉCTRICA

La generación eléctrica, es el proceso por el cual a partir de otro tipo de energía (gas, carbón, petróleo, aire, sol, etc...), obtenemos energía eléctrica. Esta fuente de energía primaria o de la que partimos, puede ser de dos tipos, no renovables (Nuclear, Gas, Carbón, etc) y renovables, las cuales a su vez se subdividen en dos, variables, y no variables, es decir si podemos controlar la producción de la electricidad a pesar de ser una fuente renovable, o depende de factores externos su producción; por ejemplo, la energía hidráulica es una energía renovable no variable, ya que podemos controlar la cantidad de energía generada, en cambio, una energía renovable variable, es por ejemplo la solar, eólica, etc. porque en cuanto se para el aire o se oculta el sol por una nube, la cantidad de electricidad generada disminuye, y no podemos hacer nada de manera directa por evitarlo.

En el gráfico del NIST (figura 3) podemos ver las principales fuentes energéticas, ya que aunque no están todas, si nos permite hacernos una idea, y en él podemos ver el modelo o la filosofía clásica de la producción eléctrica, en la que conectábamos la parte de producción eléctrica a la red de transmisión, para ser transmitida/distribuida a los hogares, fábricas, etc.

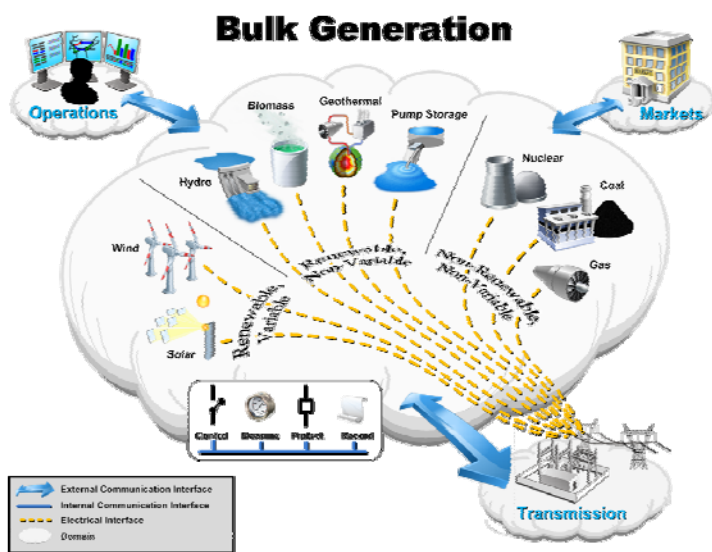


Figura 3: Esquema de interacción para la generación eléctrica

Un tema interesante que nos estamos encontrando en España, y en muchos países que intentan explotar la generación de energía a partir de fuentes renovables, es que esta generación eléctrica empieza a distribuirse mucho más, y un pequeño huerto solar, con pequeña capacidad, puede volcar su producción a la red eléctrica, pero dado que no puede generar los voltajes que se requieren para inyectar en alta

tensión, ha de hacerlo en media o baja tensión, por lo que esto provoca que ya no sea un modelo tan lineal como el que teníamos hasta ahora, sino que tendremos un modelo más distribuido, lo cual es problemático para las empresas eléctricas, como veremos posteriormente.

Un elemento más, que no está reflejado en este gráfico, y que genera muchos quebraderos de cabeza a las Utilities, es el uso de sistemas auxiliares para compensar los consumos eléctricos, es decir si en una zona se comienza a consumir de una manera exagerada, el conseguir generar la electricidad para esa zona desde una central remota es algo lento, pero los desequilibrios que se producen en la red por este tipo de picos en el consumo es algo que ocurre rápido y al que hay que dar respuestas rápidas, por ello, existen sistemas auxiliares distribuidos por la red eléctrica, que se encargan de generar esta electricidad auxiliar para compensar estas situaciones temporalmente, o hasta que se pueda compensar la red por algún otro cauce, y solo como indicación y por si a alguien le interesa, existen diferentes clases de sistemas auxiliares según la rapidez de la respuesta en producir la electricidad, y el tiempo que puedan mantener esa producción.

**B. TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA**

Una vez que tenemos generada la electricidad en una central nuclear, necesitamos repartirla o enviarla a los consumidores, esto es un proceso costoso, y con muchas pérdidas por diversas razones, entre las más importantes, esta la energía gastada por pérdidas en la transmisión, ya que como es sabido, un material conductor al dejar pasar la electricidad, genera unas pérdidas en forma de calor, siendo está pérdida proporcional a la energía perdida por efecto Joule, y responde a una formula muy simple (1):

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \tag{1}$$

En donde el calor generado aparte de por el tiempo, depende de la resistencia del material, y de la intensidad con la que transmitimos, que es la parte que nos interesa de esta fórmula, ya que sin introducir más conceptos matemáticos o físicos, la intensidad es inversamente proporcional al voltaje, por lo que a mayor intensidad menor voltaje, y a menor intensidad mayor voltaje, por lo que interesa enviar la electricidad a alto voltaje y con la menor intensidad posible para paliar las pérdidas por efecto Joule, aunque evidentemente, por otra parte esto conlleva un riesgo porque también a mayor voltaje en corriente alterna mayores campos electromagnéticos generamos, con los subsiguientes problemas que puedan generar a nivel de perturbaciones, salud, etc.

Por eso, el envío de la electricidad por la red eléctrica se hace en diferentes tramos según el voltaje al que circula la corriente, muy alta tensión, alta tensión, media tensión y por

último, baja tensión que es la que recibimos nosotros en nuestras casas.

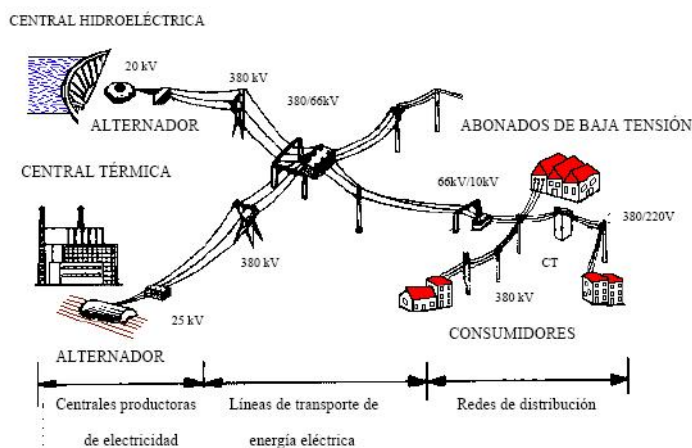


Figura 4. Central hidroeléctrica

Esta figura 4, nos muestra los diferentes valores para el reparto de la electricidad, unas que van desde los valores de cientos de kilovoltios a los 66 Kv que son conocidas como redes de transporte, y las que trabaja de unos pocos Kv a los 220 Voltios que tenemos en los hogares y que son las redes de distribución.

En las imágenes del NIST (figuras 4 y 5), se muestran los modelos para la transmisión y distribución eléctrica, en ellos podemos ver como representan estos dos tipos de redes, y cuáles son las diferentes interacciones que tienen con los otros actores del sistema.

Para el caso de la transmisión de la electricidad (figura 5), esta se mueve entre subestaciones, pasando por ejemplo de muy alta tensión a alta tensión, y luego a media para pasar a la red de distribución.

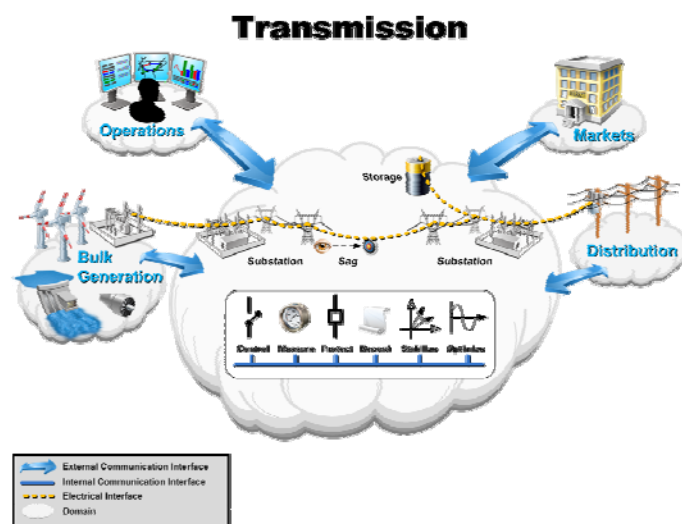


Figura 5: Esquema de interacción para la transmisión eléctrica

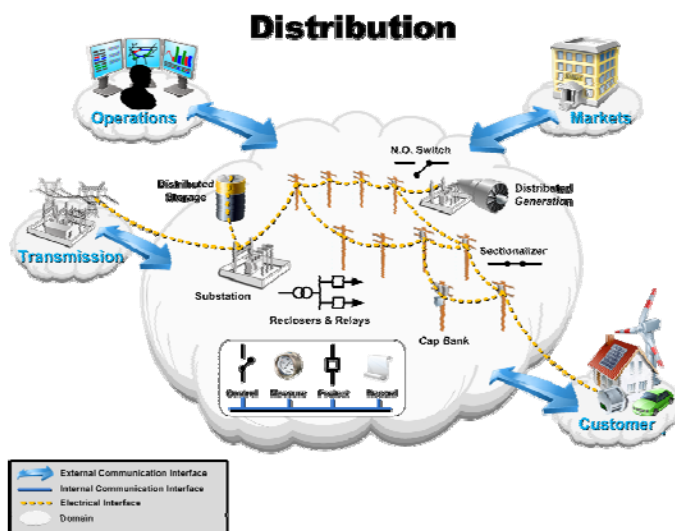


Figura 6: Esquema de interacción para la distribución eléctrica

En el caso de la distribución (figura 6), una vez que pasamos a las redes de distribución, tenemos que los nodos de la red eléctrica, son los centros de transformación, en este gráfico los denominan también subestaciones pero en la nomenclatura que se usa en España los nodos encargados de pasar de media a baja tensión, son llamados centros de transformación, o subestaciones secundarias.

En esta figura 6 que ya es a más bajo nivel, podemos ver que ya si nos incluyen la generación distribuida de los sistemas auxiliares que comentábamos antes, almacenamientos distribuidos, etc.

Aquí tenemos varios puntos que a mi parecer hay que reseñar, y que son importantes para entender el tránsito al concepto de Smart Grid.

Como ya comentamos anteriormente, las centrales de energías renovables, pueden volcar su producción a la red eléctrica, en 2 puntos concretos, las subestaciones, o los centros de transformación. En donde la elección del punto de enganche, vendrá dada por la cantidad de energía que pueda generar el parque que estemos considerando, recordemos que las subestaciones trabajan con los centenares de Kilovoltios, y los centros de transformación con Voltios o con algunas decenas de Kilovoltios, con lo cual habrá que tener en cuenta constantemente cuanto están inyectando, y que cantidad están inyectando por si existe algún problema. Esto normalmente, se controla desde el propio sistema generador distribuido, ya que debe dar una previsión de lo que va a generar, de forma que en el centro de control, sepan cuanto se espera en cada punto de inyección según los diferentes tramos horarios. Pero, que pasa si por ejemplo, hay una caída en la generación eólica, o hay un pico eólico y se podría generar más electricidad, si ya hemos enviado anteriormente una previsión que nos vincula con la Utility.

Un segundo punto que parece irrelevante pero que genera muchos problemas a las empresas eléctricas, ocurre en casos

como el siguiente. Como ya hemos comentado antes, en las redes de distribución, tenemos pequeños generadores de corriente que son capaces de compensar pequeñas o grandes deficiencias en un sector de la red, pero supongamos que existe en un momento dado un problema repentino e irreparable en la misma, y tenemos el generador en funcionamiento, proporcionando algo de electricidad a la red supuestamente desenergizada, evidentemente habrá que notificar al generador que pare su funcionamiento para que en primer lugar no se queme por sobrecarga, y en segundo lugar, pero no menos importante para que un operario no intente reparar la red, y se encuentre con que hay corriente y tenga un accidente.

Pero el problema surge con las leyes españolas, porque una misma empresa no puede tener la generación, transporte y comercialización al mismo tiempo, por ello a pesar de que en tu factura venga la empresa XXX, realmente te factura la empresa o la parte que comercializa la electricidad en la empresa XXX y ella le da la parte correspondiente al resto de las subempresas, por ello solemos tener en una misma empresa, las subempresas de generación, distribución, comercialización, mercado, etc. Esto para nosotros es irrelevante, pero para ellos, implica que si por ejemplo en transporte se genera una falta, el desconectar un generador auxiliar que pertenece a la parte de generación, no es algo ni rápido ni automático, lo cual hace que una zona que se supone no tiene electricidad, si que la tiene, y esto para un operario que este arreglando algo en un centro de transformación, puede significarle un problema muy serio.

Por último, indicar que actualmente las redes de transmisión, si están bastante controladas y automatizadas, de forma que remotamente podemos ver como esta una subestación primaria y tomar alguna acción sobre ella, abrir o cerrar un interruptor, cambio de bahías, cambiar la salida de un transformador, etc. En cambio, en los centros de transformación (de MV a LV) el funcionamiento es manual, y actúan en multitud de ocasiones de una manera ciega, y sin saber si falla algo, y si lo hacen donde está el error, por ejemplo un fallo en una línea significa ir al punto medio de la misma para ver si el fallo está antes o después, la típica regla del 50%, les cuesta mucho saber si alguien se ha quedado sin luz, de ahí que tengamos que llamarles si nos quedamos sin suministro y te realicen la típica pregunta "y sabe si su vecino está también sin luz", y así podríamos seguir con muchos más problemas, porque les cuesta mucho saber o conocer lo que ocurre en esta red de distribución.

### C. CONSUMIDOR ELÉCTRICO

En cuanto a la parte del consumo, indicar que existen principalmente dos tipos de consumidores, los domésticos, que nos conectamos a la baja tensión, y las empresas, que en función de su consumo se conectan a la baja o a media tensión.

Estos consumidores, sobre todo los domésticos, toman un rol en muchos casos pasivo, es decir nosotros o una empresa

YYY consume electricidad y la empresa eléctrica XXX se ajustaba a nuestros consumos energéticos regulando las centrales que tiene a 100Km de distancia, o con sistemas auxiliares repartidos por diversos puntos de la red.

Esta actitud, es muy problemática dado que los consumos de energía se disparan en ciertas horas, y sin embargo en otras, el consumo está bajo mínimos, tan mínimos que por ejemplo ha habido noches que han tenido que parar parques eólicos porque no se podía consumir la electricidad que estaban generando, en la siguiente figura 7 extraída de REE podemos ver un grafico normal de producción eléctrica.

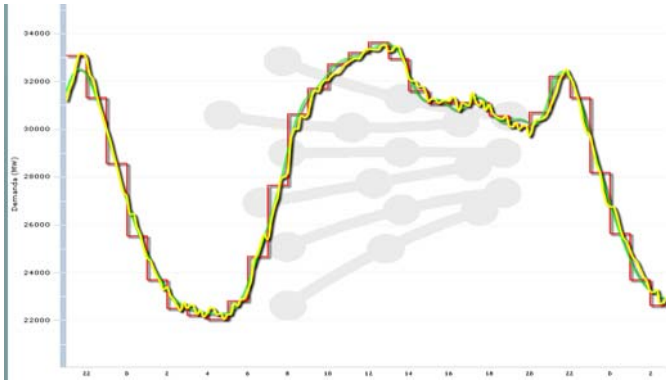


Figura 7: Grafico de consumo eléctrico extraído de REE

Un punto que se pretende y en el que impactara notablemente la entrada de las Smart Grid, es que los usuarios tengan una actitud más consciente de los consumos, los precios, e intenten ajustar un poco más su consumo a la producción, en lugar de ajustar la producción al consumo.

A modo de adelanto, introduzco la imagen que da el NIST para la parte de Smart Grid para los consumidores finales (figura 8).

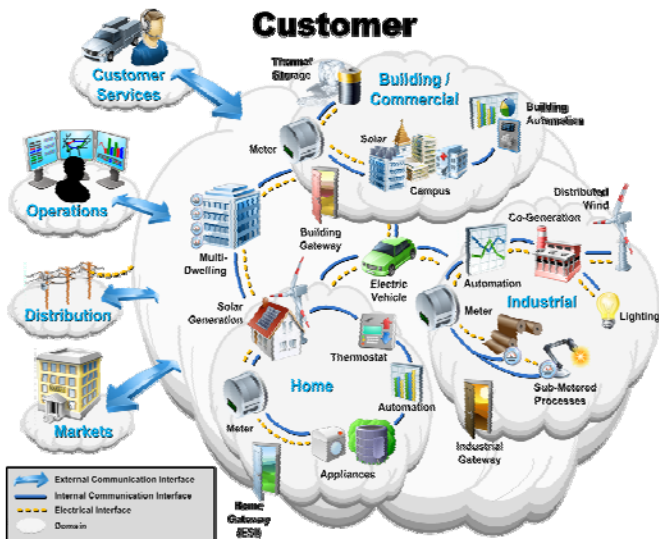


Figura 8: Esquema de interacción para los clientes con la llegada de SmartGrid.

En ella vemos muchísimos elementos nuevos que actualmente no existen, o están en un estado muy embrionario, y que veremos con más detalle en el siguiente artículo.

#### D. OTROS ELEMENTOS

Como vimos en la figura 1, existen otros actores, de los que haremos una breve mención:

- El mercado eléctrico: Es para realizar la compra-venta de electricidad, los cuales van en un amplio rango de solicitudes, generan previsiones de consumo desde 48 horas antes para que las empresa generadoras vendan la electricidad, o generan peticiones cada pocos minutos para picos de demanda donde las generadoras deben dar una respuesta rápida, sobre todo porque esta electricidad se paga mucho más cara que la solicitada con 48 horas de antelación.
- Los sistemas de control: Que, entre otras cosas, se encargan de controlar que en la red de Transporte vaya todo bien, ya que como indique antes, el sistema actual de funcionamiento para la baja tensión es total y absolutamente manual, puede que existan honrosas excepciones, pero serán muy pocas menos de un 5%, por lo que la estabilidad de la red se hace en función de las estimaciones que realizan con los consumos de días, semanas, meses e incluso años anteriores, son los llamados estimadores de estado.
- Los proveedores de servicio: Son los que se usan para mantenimientos, instalaciones, etc.

### III. CONCLUSIONES (PARTE I)

A lo largo de este artículo, se ha intentado reflejar cómo funciona la red eléctrica actual, cuales son algunos de los problemas con los que se encuentra, y algunas de sus carencias, de tal forma que tengamos una base para que en la siguiente parte, se pueda mostrar como la inclusión de las Smart Grid puede ayudar a solventar muchos de ellos.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Referencias bibliográficas en donde se expliquen conceptos sobre las red eléctrica, hay muchísimas, por lo facilitaremos algunas direcciones a nivel general que pueden proporcionar un mayor conocimiento a quien lo desee, y una tesis sobre la generación distribuida que da también un repaso a la red eléctrica.

- [1] <http://www.leonardo-energy.org/espanol/>
- [2] [www.ieee-pes.org](http://www.ieee-pes.org)
- [3] <http://www.nist.gov/smartgrid/>
- [4] [http://www.nist.gov/public\\_affairs/releases/upload/smartgrid\\_interoperability\\_final.pdf](http://www.nist.gov/public_affairs/releases/upload/smartgrid_interoperability_final.pdf)
- [5] [http://www.unesa.es/biblioteca\\_portada.htm](http://www.unesa.es/biblioteca_portada.htm)
- [6] "La generación distribuida en España" tesis doctoral de la universidad de comillas: <http://www.iit.upcomillas.es/docs/TM-06-004.pdf>

# Introducción a las redes VoIP (Parte I)

## Aproximación a las soluciones de Software Libre

Guillermo Lafuente Tejero

Coordinador Actividades Generales IEEE-UNED

Londres, Reino Unido

guiye1984@hotmail.com

*Abstract*— En los últimos años VoIP está revolucionando el mundo de las telecomunicaciones. El hecho de poder usar Internet como medio para realizar llamadas telefónicas permite reducir los costos en comunicaciones de las compañías a la vez que se aumentan los servicios ofrecidos (buzón de voz, llamada en espera, multiconferencia, etc). El mundo del software libre no se ha quedado al margen de esta revolución y de hecho ha sido uno de sus principales promotores. Ya en el año 1.999 nació Asterisk, una PBX extremadamente potente que goza de gran popularidad, siendo incluso la solución VoIP escogida por múltiples empresas y soportada por las grandes compañías del mundo de las telecomunicaciones, como Cisco y Nortel. Sin embargo, como toda tecnología que funciona sobre Internet, tiene sus inconvenientes, como los problemas producidos por una saturación en la red, y es susceptible de recibir Cyber-ataques, normalmente con el objetivo de robo de minutos de llamada. En esta primera parte del artículo, se dará una pequeña introducción a VoIP y se hablará de los principales protocolos usados con esta tecnología.

*Keywords:* VoIP, Asterisk, IAX, H.323, SIP

### I. INTRODUCCIÓN

VoIP (Voice over Internet Protocol) es un grupo de recursos (hardware y software) que permiten la transmisión de una señal de voz a través de Internet u otras redes de conmutación de paquetes usando el protocolo IP (Internet Protocol). Para ello la señal de voz analógica se digitaliza y se comprime, para posteriormente dividir los datos en los paquetes que se enviarán a través de la red.

Si acudimos a un diccionario terminológico de informática, nos encontramos con la siguiente definición:

“**VoIP:** (Voice over Internet Protocol, voz sobre internet). Enrutamiento de conversaciones de voz sobre internet u otra red basada en el protocolo IP. Recibe múltiples nombres como Voz sobre Protocolo de Internet, Voz sobre IP, VoIP, Telefonía IP, Telefonía por Internet, Telefonía Broadband, Voz sobre Broadband.

Por lo general hablar por telefonía vía VoIP es gratuito o de bajísimo costo comparado al tradicional, especialmente en llamadas internacionales.”

### II. HISTORIA DE VOIP

Para que VoIP sea posible, primeramente tuvieron que nacer las dos tecnologías que se combinan para hacer posible su funcionamiento: el teléfono e Internet.

Popularmente se dice que el teléfono fue inventado el 7 de Marzo de 1876 por Alexander Graham Bell, aunque en el 2002 el congreso de los Estados Unidos reconoció que el inventor real fue Antonio Meucci.

Internet nace en 1969 con el nombre de ARPANET, cuando se establece por primera vez una conexión entre 2 ordenadores. Dicho enlace se produjo entre las universidades de UCLA y Stanford por medio de la línea telefónica conmutada.

El nacimiento de VoIP data de 1995, cuando un grupo de jóvenes en Israel realiza un trabajo que desemboca en la creación de una pequeña empresa llamada Vocaltec, Inc. Su producto, InternetPhone, permitía a un usuario llamar a otro a través de su ordenador y se considera como el primer softphone de la historia. El software funcionaba comprimiendo la señal de voz, convirtiéndola en paquetes de voz que eran enviados por Internet (exactamente igual que hoy) y utilizaba el protocolo H.323. Para que esta primera solución comercial pudiese funcionar, ambos ordenadores debían de tener exactamente la misma configuración software. Este hecho, unido a la carencia de disponibilidad de redes de banda ancha, produjo el fracaso comercial de la herramienta.

Sin embargo, se produjo un precedente en el uso de esta tecnología que condujo a que en el año 1998 el 1% de las llamadas de voz fuesen realizadas usando VoIP. Debido a ello, empezaron a aparecer empresas que ofrecían hardware para permitir comunicaciones PC-to-Phone y Phone-to-Phone. Por otro lado, las grandes compañías de equipos de telecomunicaciones como Cisco o Lucent introdujeron equipamiento que permitía enrutar y conmutar tráfico VoIP.

La suma de todos esos hechos junto con el crecimiento y abaratamiento de las redes de banda ancha, llevó a que en el año 2000 las el volumen de llamadas VoIP fuese del 3% y del 25% en 2003.

En el año 1.999 nace Asterisk, el primer PBX basado en Linux de código abierto. Fue creado por Mark Spencer, CEO de Digium utilizando el lenguaje de programación C.

En el 2002, el protocolo SIP empieza a desplazar al H323. En el 2003 nace Skype, un softphone gratuito, fácilmente instalable y capaz de atravesar los firewalls y routers, inclusive los corporativos. Los creadores de Skype son 2 jóvenes universitarios (Jan Friis y Niklas Zennstrom) y su herramienta se propagará a gran velocidad entre los usuarios, llegando en

2005 a los 50 millones. Desde entonces, los usuarios domésticos de VoIP no han parado de crecer (figura 1).

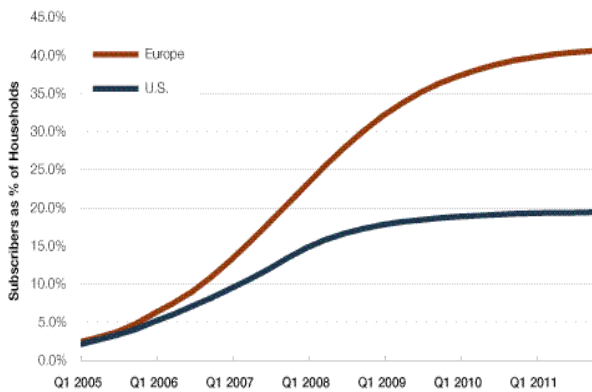


Figura 1. Evolución del % de usuarios que usan VoIP en sus hogares en Europa y Estados Unidos

### III. FUNCIONAMIENTO DE VOIP

Para realizar el transporte de voz a través de una red de datos, primeramente se debe “paquetizar” la voz humana. Para ello se debe de envolver la paquetización de la voz con cabeceras que contienen información de enrutamiento. Durante ese proceso, la señal de voz será comprimida, dividida en partes más pequeñas (paquetes), transferida a través de la red IP y descomprimida en el otro extremo.

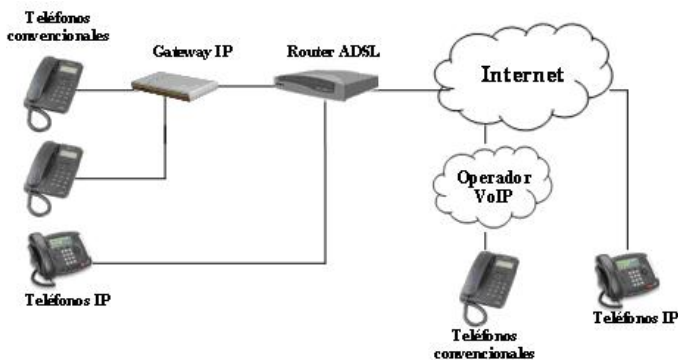


Figura 2. Esquema de funcionamiento de una red VoIP

Un punto a tener en cuenta, es que VoIP se ve obligado a coexistir con la red de telefonía tradicional. Para permitir la interconexión entre ambos tipos de sistemas de telecomunicación se usan los denominados Gateways. Un Gateway es un dispositivo intermedio que permite reutilizar terminales no IP (teléfonos convencionales) para su uso con VoIP. De esta forma, el Gateway estará conectado por un lado a la red VoIP y por otro a la PSTN (Public Switched Telephone Network). En la figura 2 se puede ver un esquema simplificado de este modelo de funcionamiento.

### IV. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE VOIP

Uno de los beneficios que aporta VoIP es la reducción de la cantidad de cableado y mantenimiento necesario para las líneas

de voz y datos de una empresa, ya que a través del uso de esta tecnología ambas redes podrán ser unidas en una sola.

Sin embargo, la verdadera ventaja de VoIP y la razón del aumento en su uso en detrimento de las redes de telefonía convencionales, radica en la importante reducción de costes en las llamadas realizadas.

El ahorro conseguido con un sistema de voz sobre IP es especialmente llamativo en el caso de llamadas internacionales. Esto es así porque en caso de disponer de una red suficientemente bien configurada, la llamada pasará a ser local en vez de internacional. Incluso la llamada podría ser totalmente gratuita en caso del que el destinatario disponga de un sistema de telefonía IP compatible. Para ver esto, consideremos el ejemplo de la Figura 3:

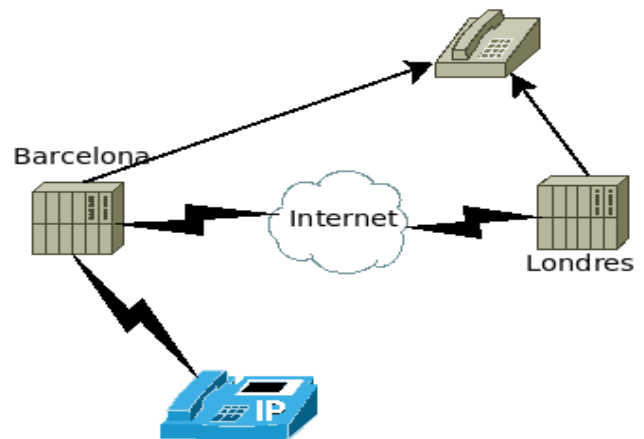


Figura 3: Ejemplo de comunicación VoIP internacional

Utilizando la red telefónica tradicional se establecería una conexión entre Barcelona y Londres directamente, con lo que se facturaría como una llamada internacional. Por el contrario, usando la red VoIP, el servidor de Barcelona buscará el servidor más cercano al destinatario de nuestra llamada en Londres, de forma que se facturará como una llamada local.

Otra consideración es que todas las llamadas realizadas dentro de la empresa pasan a ser gratuitas. Esto tomará un valor añadido en aquellas empresas que cuenten con sedes en distintas ciudades y más aún cuando las sedes se encuentren en países diferentes.

Ventajas adicionales son los servicios de valor añadido que proporciona el empleo de VoIP, entre los que se podrían destacar:

- Centralita telefónica: los sistemas de voz sobre IP permiten suministrar servicios como si de dispusiese de de una centralita telefónica. Esto incluye servicio de buzón de voz, marcación automatizada, llamada en espera, etc.
- Simultaneidad de conversaciones: VoIP permite realizar múltiples conversaciones usando la misma línea.

- Centros de comunicación: Los terminales VoIP permitirán desde una tradicional conversación telefónica hasta una multiconferencia,
- Las principales desventajas de la telefonía IP son:
- Calidad de voz: asegurar la calidad del servicio en este tipo de redes puede suponer un inconveniente. Por un lado, la congestión de la red puede provocar retrasos en la recepción de paquetes o incluso que estos se pierdan. Si dichos retrasos superan un cierto margen, la conversación se entrecortará y se volverá impracticable. Por otro lado, la conversión analógico-digital y digital-analógico de la voz hace que también se pierda cierta calidad de voz. En el caso de usar softphones, la calidad también se puede ver afectada por la capacidad de la CPU del ordenador.
- Incompatibilidad de sistemas: Aunque ya existe un estándar reconocido, aún se siguen produciendo problemas de incompatibilidad entre sistemas, especialmente en los terminales software.
- VoIP necesita una conexión eléctrica: al contrario que los terminales tradicionales, que solo necesitan tener el cable telefónico conectado, los terminales VoIP necesitan electricidad para funcionar. Esto puede ser un problema en caso de un corte eléctrico.
- Llamadas al 911: Como la telefonía IP utiliza direcciones IP para identificar un número de teléfono y cada ubicación geográfica dispone de un número de emergencias diferente, no es posible asociar el número de emergencias con su correspondiente ubicación geográfica.
- VoIP es susceptible a los problemas de seguridad característicos de las redes de computadores.

## V. ESTUDIO DE LOS PROTOCOLOS USADOS EN VOIP

Durante los primeros años de VoIP, uno de los problemas que surgieron fue el de la incompatibilidad entre sistemas. El uso de protocolos estandarizados ha contribuido a mitigar este problema. En esta sección se realizará un estudio de algunos de los protocolos más importantes para esta tecnología.

### A. Protocolos IP

Para hacer posible el funcionamiento de VoIP ha sido necesaria la incorporación de nuevos protocolos de comunicación. La razón tiene que ver con cómo se diseñaron originalmente los protocolos de transporte de lo que globalmente se llama Internet. En dicho diseño se establecía que deberían de ser los destinatarios de los paquetes los que deberían de resolver la pérdida de alguno de ellos por medio de un mecanismo de retransmisión. Es obvio que en el caso de una conversación de voz ese mecanismo no es adecuado, ya que la comunicación humana no se puede adaptar a la pérdida de letras o palabras. Resumiendo, se podría decir que la forma

en la que nosotros hablamos es incompatible con la forma en la que el protocolo de transporte IP (TCP) transporta los datos.

La red tradicional PSTN, por el contrario, sí que fue diseñada con el propósito de la transmisión de voz. Al tratarse del competidor directo de VoIP, será necesario el establecimiento de nuevos protocolos que permitan un QoS equivalente.

#### 1) H.323

Se trata de un protocolo estandarizado por el ITU (International Telecommunication Union) en 1996 y originalmente diseñado para proporcionar un mecanismo de transporte IP para videoconferencia. Con el tiempo se convirtió en uno de los protocolos más usados para VoIP, sin embargo, actualmente los protocolos IAX y SIP le están quitando protagonismo, especialmente entre los usuarios finales y compañías. Este protocolo está soportado por Asterisk con los módulos *chan\_h323.so*, *chan\_oh323.so* y *chan\_ooh323.so*.

El protocolo H.323 es el más ampliamente usado entre los portadores de tráfico VoIP, sin embargo, goza de cierta impopularidad debido a su complejidad. La fortaleza de este protocolo radica en que es capaz de servir una amplia variedad de tipos de datos (voz, vídeo, multiconferencia) y en su interoperabilidad con las redes PSTN.

H.323 utiliza el protocolo RTP del IETF (Internet Engineering Task Force) para el transporte de datos multimedia entre endpoints. Esto provoca problemas a la hora de utilizarlo detrás de NAT. La manera más simple de solucionar el problema es reenviar los puertos adecuados a través del dispositivo NAT a la red interna. Para poder recibir llamadas será necesario reenviar siempre el puerto TCP 1720 del cliente. Adicionalmente se necesitan reenviar los puertos UDP para el RTP media y para el RTCP control (para ello hay que consultar el manual del dispositivo para saber el rango de puertos que usa). Clientes antiguos podrían incluso necesitar el reenvío de puertos TCP para túneles H.245 (nuevamente se debe acudir al manual para saber el rango). En caso de tener varios clientes detrás de un dispositivo NAT será necesario el uso de un *gatekeeper*, más adelante veremos qué es y para qué sirve.

El hecho de usar el protocolo RTP causa otra desventaja en el uso de H.323: no soporta nativamente medios de encriptación de los datos. La forma más común de solucionar este inconveniente es a través del uso de redes VPN o de túneles encriptados entre los endpoints. A pesar de contar con esa posibilidad, hay que tener en cuenta que se necesita poder establecer dichos túneles, lo cual no siempre será conveniente o incluso posible.

El estándar H.323 define 4 tipos de elementos funcionales (figura 4):

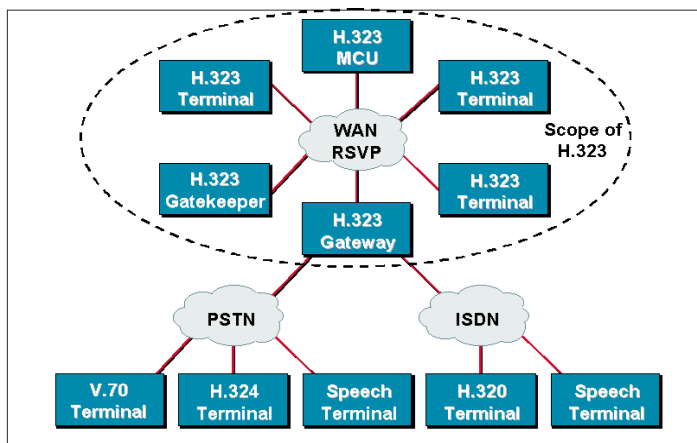


Figura 4: Arquitectura H.323

- Terminal H.323:** Es un terminal de la red que proporciona comunicación bidireccional en tiempo real con otro terminal H.323, pasarela, o MCU (unidad de control multipunto). El intercambio de información incluye controles, indicaciones, audio, vídeo y datos. Un terminal debe soportar al menos transmisión de voz, voz y datos, voz y vídeo o voz datos y vídeo.
- Gateway (GW) H.323:** el gateway (pasarela) permite conectar los terminales H.323 con terminales de otros tipos de redes. Los GW estarán conectados por un lado a los terminales H.323 u otras pasarelas y por otro con terminales de redes no H.323 (por ejemplo con la red telefónica convencional, PSTN). Realizarán tareas de adaptación entre los flujos de información así como entre los protocolos de control de ambos entornos. La recomendación H.323 incluye los terminales compatibles con las recomendaciones: H.310, H.320 (B-RDSI), H.320 (RDSI), H.321 (ATM), H.322 (IsoEthernet), H.324 (GSTN), H.324M (Redes Mviles) y V.70 (DSVD). La pasarela debe constar al menos de dos interfaces, realizando las funciones de adaptación y convergencia entre ambos interfaces.
- Unidad de Control Multipunto (MCU):** Es el elemento de la red H.323 que permite soportar comunicaciones multipunto. La MCU está dividida en 2 partes: el controlador multipunto (MC) que proporciona capacidad de negociación y control de los miembros del grupos, y el procesador multipunto (MP) que se encarga de realizar las funciones de mezcla de medios (audio, vídeo, datos). La funcionalidad de MCU puede ser integrada en un terminal H.323.
- Gatekeeper (GK):** es un elemento de la red H.323 que proporciona servicios al resto de elementos. El GK es un elemento opcional de la arquitectura, lo que permitió inicialmente el desarrollo de terminales que podían comunicarse directamente entre sí sin la necesidad de disponer de GK. Sin embargo la inexistencia de GK limita el servicio de transferencia de medios. Las funciones que proporciona son: traslación de direcciones, autorización de llamadas, control de admisión, control de zonas, gestión de

ancho de banda, gestión de llamadas, reserva de ancho de banda, servicios de directorio, etc.

**Nota:** Asterisk no puede actuar como GK. Si se quiere añadir ese elemento a la red, se debe de usar una aplicación separada. En <http://www.gnugk.org/> se pueden encontrar una aplicación para este propósito.

Aunque hasta ahora hemos hablado del H.323 como un todo, se trata realmente de un conjunto de protocolos que trabajan juntos para lograr el objetivo de la transmisión multimedia en redes IP. En la figura 5 se muestra la arquitectura de protocolos H.323.

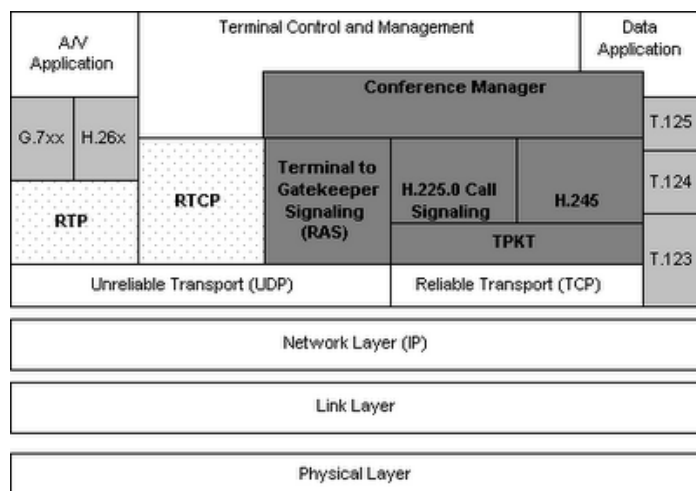


Figura 5: Estructura de la familia de protocolos H.323

Si consideramos un escenario en el cual exista un GK, la conexión entre dos terminales dependientes de este GK sigue los siguientes pasos Figura 5:

- Establecimiento de llamada:** El terminal que inicia la llamada envía un mensaje RAS solicitando la identificación del usuario llamante (ej: alias) utilizando un mensaje ARQ. El GK aceptará la llamada y enviará al terminal llamante un mensaje de confirmación (ACF) o bien rechazará la llamada (ARJ). Si se acepta, se establece una conexión TCP entre ambos terminales para establecer la señalización H.225.0 (*call signaling*). Para ello se recoge el socket (IP+puerto) del mensaje ACF recibido del GK. El terminal que inicia la llamada se comunicará con su GK al recibir la conexión TCP a través del canal RAS solicitando permiso para poder contestar (ARQ). En caso afirmativo el GK devolverá un ACF y el dispositivo llamante aceptará la conexión. A través del canal H.225.0 abierto se enviará el socket donde establecer el canal H.245 para la negociación de parámetros y control de la comunicación. Una vez finalizada esta fase, se puede cerrar el canal H.225.0. **Protocolos usados en esta fase:** RAS y Q.931 (Conference Manager).
- Señalización y control:** A través del canal H.245 establecido ambos terminales establecerán los parámetros de comunicación: codificadores a utilizar, número de conexiones y direcciones a utilizar, puertos, número de muestras por trama, etc, lo que les permite establecer canales para la transmisión multimedia (audio, vídeo y datos). Esta conexión estará activa



durante todo el intercambio de información entre los dispositivos y les permite renegociar los parámetros cuando sea necesario. **Protocolo usado en esta fase:** H.245.

- **Intercambio de información:** Llegado este punto, ambos terminales tendrán establecidos canales de información a través de la arquitectura RTP/UDP/IP para los canales de realimentación, al objeto de controlar la calidad de los flujos de información recibida por el otro extremo de la comunicación. **Protocolos usados en esta fase:** RTP y RTCP.

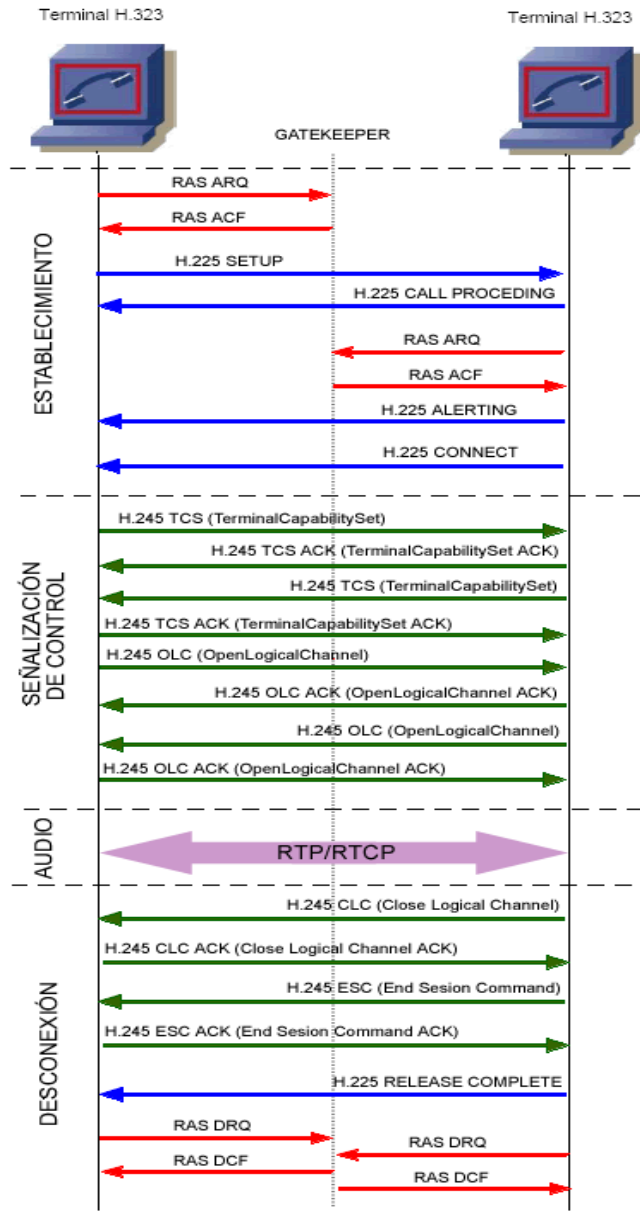


Figura 6. Ejemplo de llamada con el protocolo H.323

- **Desconexión:** Una vez finalizado el intercambio de información, los terminales H.323 se informarán de este hecho a través del canal H.245. Para ello la estación que desee terminar la llamada mandará un mensaje CLC (Close Logical

Channel) que será respondido por el otro terminal con un CLC ACK. A continuación ambas estaciones finalizarán el proceso con un intercambio de mensajes ESC (End Session Command). Ese mensaje provocará el cierre del canal H.245. Después de eso, ambas estaciones se comunicarán con su GK mediante el envío de un mensaje RAS DRQ (Disengage Request) que permitirá al GK liberar recursos y proporcionar la información de tarificación entre otras. **Protocolos usados en esta fase:** H.245 y RAS.

El costoso proceso de establecimiento de llamada observado en este ejemplo fue solventado con la versión 2 de este protocolo, el cual permite dos métodos diferentes para realizar dicho proceso. El método añadido recibe el nombre de **conexión rápida**, el cual permite abrir canales de información a partir de la fase de intercambio de información H.225.0 y establecer túneles H.245 sobre H.225.0, que permiten utilizar el mismo canal para transmitir mensajes H.225.0 y H.245.

2) SIP

El protocolo SIP (*“Session Initiation Protocol”*) es el estándar IETF para VoIP. SIP está desplazando actualmente a H.323 como el protocolo de elección para VoIP y de hecho esto ya es una realidad para los endpoints de las redes. Su éxito está basado en su simplicidad, con sintaxis similares a la de otros protocolos bien conocidos como HTTP y SMTP, y en que trata a cada extremo de la conexión como iguales (*“peers”*), encargándose de negociar todos los aspectos entre ellos. SIP está soportado en Asterisk a través del módulo *chan\_sip.so*.

SIP es un protocolo de señalización de capa de aplicación que usa el puerto 5060 para comunicaciones, usando para ello tanto UDP como TCP (Asterisk sólo soporta la implementación UDP). SIP se usa para establecer, modificar y terminar sesiones multimedia. Hay que tener en cuenta que este protocolo **no** transporta datos multimedia entre endpoints, será el protocolo RTP el encargado de ello. En Asterisk, RTP usa puertos sin privilegios con valores altos (entre 10.000 y 20.000 por defecto).

SIP ofrece como sistema de seguridad un modelo de desafío/respuesta para autenticar usuarios (imagen 7). Un INVITE inicial se envía al proxy con el que el terminal desea comunicarse. El proxy devolverá un mensaje de respuesta de autorización 407, el cual contiene un conjunto de caracteres aleatorios llamados *“nonce”*. El nonce se usará para generar un clave hash MD5. El cliente mandará la clave en el siguiente INVITE, en caso de que el hash MD5 coincida con el que generó el proxy, el cliente será autenticado. El inconveniente de este método de autenticación es que es susceptible de recibir ataques DoS (Denial of Service) a través del envío de mensajes INVITE inválidos.

SIP también incluye un mecanismo de encriptación de los datos, TLS (Transport Layer Security), el cual es usado para establecer la comunicación entre el dispositivo que realiza la llamada y el dominio al que se llama. Nótese que la encriptación de la información multimedia, transmitida con RTP, no es responsabilidad de SIP y debe de ser tratada separadamente.

Uno de los mayores problemas que tiene SIP es a la hora de realizar transacciones a través de NAT. SIP encapsula la información de direccionamiento en una capa superior a la que NAT actúa. Esto provoca que la información de direccionamiento no sea automáticamente modificada y por tanto, las corrientes de datos no tendrán la información correcta. A esto hay que sumarle que los firewalls con NAT no considerarán el tráfico entrante como parte de una transacción SIP, y por lo tanto, bloquearán la conexión. Aunque los firewalls de última generación incluyen soporte para SIP, esto podría ocasionar problemas en una infraestructura ya existente.

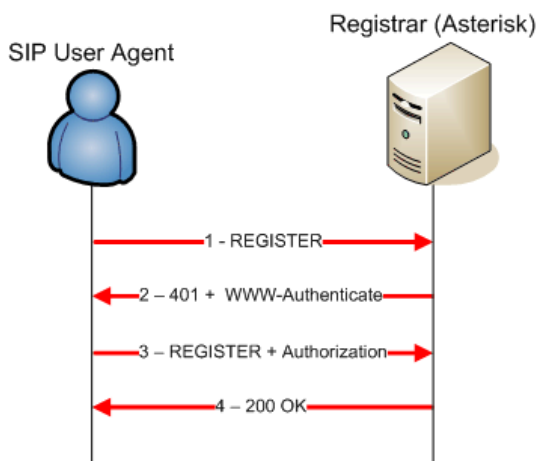


Figura 7. Sistema de autenticación de usuarios en SIP

La arquitectura SIP define 4 tipos de servidores:

- **Servidor Proxy:** Es el encargado de encaminar peticiones/respuestas hacia el destino final. El encaminamiento se realiza salto a salto de un servidor a otro hasta alcanzar el destino final. Para incluir los dispositivos intermedios que han participado en el proceso de encaminamiento existe un parámetro denominado Vía. Esto se utiliza para evitar bucles de enrutamiento.
- **Servidor de Redirección:** Es equivalente al servidor proxy, con la diferencia de que contesta los mensajes INVITE con un mensaje de redirección, indicando en el mismo cómo contactar con el destino.
- **Servidor de Registro:** Se utiliza para que los terminales registren su localización, facilitando de esta forma la movilidad de los usuarios, ya que se actualiza dinámicamente.
- **Call Agent (Agente de llamada):** Combina las funcionalidades de los 3 servidores anteriores y además incorpora las siguientes acciones:
  - Localizar a un usuario mediante la redirección de la llamada a una o varias localizaciones.
  - Implementar servicios de redirección como reenvío si ocupado, reenvío si no contesta, etc.
  - Implementar filtrado de llamada en función del origen o del instante de la llamada.

- Almacenar información de administración de llamadas.
- Realizar cualquier otra función de gestión.

Las direcciones SIP son identificadas mediante los denominados URI (Uniform Resource Identifiers), siguiendo la estructura `user@host`, donde `user` corresponde con un nombre, identificador o número telefónico y `host` es el dominio al que pertenece el usuario o dirección de red (Figura 8).

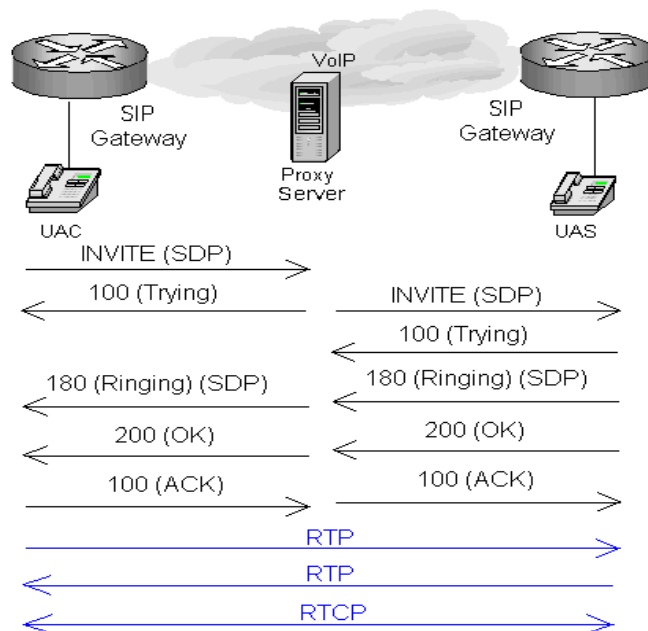


Figura 8. Ejemplo de llamada SIP

Para mayor información acerca del protocolo SIP se puede consultar la especificación IETF en <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt>

### 3) IAX

El protocolo IAX (*“Inter-Asterisk eXchange”* Protocol, cuya pronunciación en inglés es *“eeks”*) es un protocolo abierto desarrollado por Digium. Se trata de un protocolo no estándar, aunque actualmente se está trabajando para que la versión 2 del protocolo (IAX2) se convierta en un estándar IETF.

El propósito de este protocolo es el de permitir la comunicación con otros servidores Asterisk. Sin embargo, hay que tener en cuenta de que su función no se limita a Asterisk, ya que se trata de un protocolo abierto, lo que ha hecho que sea apoyado por otros proyectos de Open Source y por varios vendedores de hardware.

IAX está soportado en el módulo `chan_iax1.so` de Asterisk. Es un protocolo de transporte que usa un único puerto UDP (4569, el 5036 en el caso del obsoleto IAX1) tanto para el canal de señalización como para el de datos multimedia. Este diseño permite su fácil uso detrás de firewalls con NAT.

Desde la perspectiva de la seguridad se trata de un protocolo que ofrece múltiples posibilidades, ya que incluye 3 formas diferentes de realizar la autenticación:

- Texto plano
- MD5 hashing
- RSA key exchange

Además, también permite añadir encriptación de los paquetes entre los terminales utilizando cambio de llave dinámico (dynamic key exchange), permitiendo el uso de cambios automáticos de las claves (para ello hay que activar la opción de configuración *encryption = aes128*).

Otra de las grandes características del protocolo IAX es su habilidad única para hacer *trunk* de múltiples sesiones en un sólo flujo de datos cuando la comunicación se establece entre los 2 mismos endpoints (por ejemplo, entre los 2 mismos servidores Asterisk).



Figura 9. Ejemplo de conexión troncal con el protocolo IAX

En el caso de la figura 9, se producirá *trunking* entre todas las llamadas que se produzcan entre 3xxx y 5xxx y viceversa. Con ello, múltiples corrientes de datos serán representados con una única cabecera de datagrama, permitiendo reducir el ancho de banda requerido, reducir la latencia y reducir el poder de procesamiento necesario. Esto permite a IAX ser más fácilmente escalable en redes con múltiples llamadas activas entre 2 endpoints.

IAX también dispone de un *Jitterbuffer* que permite mejorar la calidad del audio notablemente en aquellos links que no son ideales en el uso de VoIP, como ADSL. Para habilitarlo se debe de añadir: *jitterbuffer = yes*.

Para terminar el estudio de este protocolo, veamos un ejemplo de comunicación utilizando los principales mensajes IAX (figura 10):

Una llamada utilizando IAX tiene 3 pasos:

- **Call setup:** El terminal A empieza la conexión con el envío de un mensaje "new". El terminal B responde con un mensaje "accept" al cual el terminal que inicia la llamada responderá con un "ACK". Tras esto el terminal B envía el mensaje "ringing" que nuevamente será respondido con un "ACK". Para terminar, B responde a la llamada con un "answer" y el call setup quedará establecido cuando A mande el "ACK" para dicho mensaje.

- **Audio Flow:** En esta fase ambos extremos se intercambian frames M y F con los datos de audio. Cada corriente de datos estará comprimida usando IAX Mini Frames (M Frames), los cuales contienen una cabecera simple de 4 bytes. Esta corriente se suplementa con Full Frames (F Frames) que contienen información de sincronización. Como se ha comentado antes, ambos flujos de información (F y M) usarán el mismo canal UDP.

- **Call Teardown:** La finalización de la llamada consiste en simplemente el envío de un mensaje "hangup" y la respuesta "ACK" a dicho mensaje.

Para más información acerca del protocolo IAX, consultar el libro [4] de las referencias.

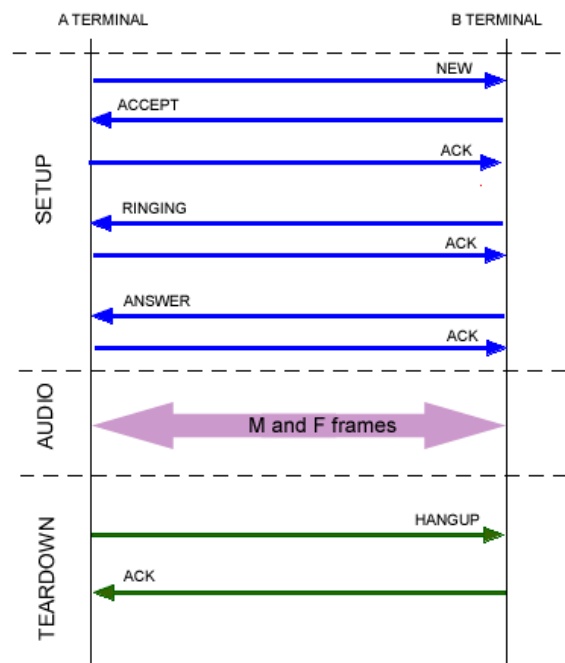


Figura 10: Ejemplo de comunicación usando el protocolo IAX

#### 4) MEGACO

El protocolo MEGACO (Media Gateway Control Protocol) fue diseñado conjuntamente por el IETF y la ITU-T para la utilización de redes de paquetes como backbone para la transmisión de tráfico de voz originado por redes tradicionales. Por esta razón es un protocolo por el que los operadores tradicionales han mostrado interés, ya que podrían utilizarlo para adaptar de forma progresiva su infraestructura actual IP y PSTN en una red única que transporte voz y datos de forma transparente para los usuarios. MEGACO resuelve este problema dividiendo las pasarelas en tres entidades diferentes:

- Controlador de Medios (Media Gateway Controller – MGC-), que proporciona la señalización H.323 o SIP y realiza el mapping entre la señalización de redes tradicionales y la redes de paquetes.
- Pasarela de Medios (Media Gateway –MG-), que proporciona la adaptación de medios y/o las funciones de

transcodificación. Este bloque realiza las funciones de traslación de direcciones, cancelación de eco, envío/recepción de dígitos DMTF, etc.

- Pasarela de Señalización (SG), que proporciona funciones de mediación de señalización entre redes IP y SCN.

En un escenario habitual los tres elementos están físicamente separados de modo que pueden proporcionar ventajas como la concentración de muchos MG (conectados a usuarios finales) en algunos MGC controlados por un SG.

Para una información más completa sobre este protocolo ver referencia [6].

#### 5) MGCP

MGCP (*Media Gateway Control Protocol*) es un protocolo de señalización y control para conexiones VoIP. Este protocolo sigue la misma línea de trabajo que MEGACO e intenta cubrir las necesidades de los proveedores de servicio. MGCP utiliza un modelo cliente/servidor para controlar el intercambio de información entre MG y MGP, debido a esto y al contrario que protocolos como SIP, no permite llamadas directas entre teléfonos MGCP, siempre tiene que existir algún tipo de controlador intermedio para establecer la conexión. Utiliza el protocolo SDP para la negociación de las corrientes de datos multimedia (socket, codecs, etc) en las redes basadas en paquetes, lo cual reduce significativamente la complejidad de las conexiones entre los call agents de SIP (MGCs) y los gateways (MGs). El objetivo del protocolo es hacer a los dispositivos finales (por ejemplo un teléfono) lo más simple posible y tener toda la lógica de la llamada y el procesamiento controlado por los Media Gateways y los call agents. MGCP utiliza por defecto el puerto UDP 2427.

En Asterisk MGCP está soportado a través del módulo *chan\_mgcp.so* y los endpoints se definen en el fichero *mgcp.conf*. Sin embargo, el soporte para este protocolo está muy limitado, ya que actualmente está siendo sustituido por otros protocolos como SIP o IAX.

#### 6) SCCP

SCCP (*Skinny Client Control Protocol*) es un protocolo propietario de Cisco usado entre los dispositivos Cisco Call Manager y teléfonos VoIP Cisco. SCCP está soportado en Asterisk pero, salvo que se vaya a tener una instalación 100% Cisco, se recomienda el uso de SIP en su lugar.

#### 7) UNISTIM

Este protocolo es la versión propietaria de Nortel para VoIP. Asterisk tiene soporte para UNISTIM pero sólo en versión experimental.

Aunque se han incluido estos 2 protocolos por tratarse de la versión de los 2 grandes vendedores de tecnología VoIP (y del mundo de las redes de telecomunicaciones en general), este trabajo se centra en tecnologías Open Source y no se irá más allá de su mero nombramiento, incluso desaconsejando su uso

ya que pueden traer problemas de interoperabilidad en caso de trabajar con más de un vendedor.

### B. Protocolos de encriptación

En algunos de los protocolos estudiados hasta ahora hemos visto que utilizaban diversos métodos para la autenticación de usuarios o encriptación de los datos. En concreto, SIP y H.323 usan SRTP (Secure RTP). El problema en la aproximación de SIP y H.323 es que utilizan la corriente de señalización para establecer la llave de encriptación, lo cual la hará visible para dispositivos intermedios que procesen dicha corriente.

**ZRTP** es un protocolo de intercambio de llave diseñado para habilitar a los dispositivos VoIP a acordar una llave para encriptar corrientes multimedia usando SRTP. En vez de usar la corriente de señalización usará directamente la corriente multimedia, asegurando de esta forma que la llave es acordada directamente entre el dispositivo llamante y el receptor, sin ningún otro dispositivo de por medio. ZRTP utiliza el algoritmo de Diffie-Hellman, el cual permite un acuerdo seguro de la llave y evita el uso de certificados u otro tipo de sistemas. Este protocolo soporta dos aproximaciones diferentes del algoritmo Diffie-Hellman: curva elíptica (elliptic curve) y campo finito (finite field) y las llaves son descartadas al final de la llamada.

Entre las características de protección de ZRTP encontramos:

- Protección contra ataques Man-in-the-Middle.
- Confiabilidad a los usuarios finales.
- Confidencialidad de la llamada.

### C. Otros protocolos

En VoIP existen numerosos protocolos con diversas utilidades. En las secciones anteriores se han explicado los más populares e importantes en el mundo de la telefonía IP. A continuación se comentarán brevemente otros protocolos utilizados en esta tecnología.

**ENUM:** este protocolo usa DNS para traducir números ordinarios de teléfono a esquemas de direccionamiento IP (como SIP o H.323). Está definido en el RFC 3761.

**PINT:** Es un protocolo para invocar ciertos servicios telefónicos a través de una red IP, como por ejemplo, envío y recibimiento de faxes. Está definido en el RFC 2848 y está pensado como un suplemento para el protocolo SIP.

**SCTP (Stream Control Transmission Protocol):** Es un protocolo de transporte IP al mismo nivel que TCP y UDP. Su funcionamiento es similar al de TCP en el sentido de que también es orientado a conexión y provee servicio de transporte confiable. Sin embargo, SCTP añade funcionalidades que son críticas para el transporte de transmisiones telefónicas. Está definido en el RFC 3286. Un interesante manual sobre el funcionamiento de este protocolo puede encontrarse en: [http://tdrwww.exp-math.uni-essen.de/inhalt/forschung/sctp\\_fb/](http://tdrwww.exp-math.uni-essen.de/inhalt/forschung/sctp_fb/)

**STUN (Simple Traversal of UDP through NATs):** es un protocolo para asistir a los dispositivos detrás de firewalls con

NAT con su enrutamiento de paquetes. Está definido en el RFC 5389.

**TRIP (Telephony Routing over IP):** Es un protocolo de administración entre dominios. Es independiente de los protocolos de señalización y su funcionamiento puede ser comparado con el de BGP (Border Gateway Protocol) usado para distribuir información de enrutamiento entre dominios de administración. La diferencia está en que TRIP distribuirá información de enrutamiento telefónico entre los diferentes dominios de administración. Se trata de un protocolo en desuso ya para el enrutamiento telefónico entre diferentes dominios se usa ENUM.

## VI. SELECCIÓN DEL PROTOCOLO ADECUADO

Para terminar este estudio sobre los protocolos utilizados en VoIP, voy a exponer las conclusiones personales a las que he llegado al respecto de cuál es el protocolo más recomendado para usar.

Como hemos visto, existen varias posibilidades a la hora de elegir nuestro protocolo VoIP, incluso hasta el punto de contar con soluciones propietarias y de código abierto. Por tanto, la respuesta a esta pregunta será, como casi siempre en el mundo de las nuevas tecnologías, depende. Será necesario evaluar el escenario en el que se va a utilizar la tecnología VoIP y decidir en base a eso cual de los protocolos disponibles cubre mejor nuestras necesidades. En algunos de los libros y Web's consultadas para este trabajo se comentaban algunos escenarios ideales para el uso de los protocolos, sin embargo, no en todas las ocasiones estaba de acuerdo, en algunos casos porque no consideraban todas las opciones disponibles y en otros por decidirse por protocolos que llevan rumbo de quedarse obsoletos.

Las ideas y conclusiones que a continuación voy a exponer no deben de considerarse como una guía de referencia a seguir, ya que antes habría que someterlas a pruebas de laboratorio y comparaciones de datos reales.

Cuando se trate de una empresa grande con una sede central, en la que los usuarios normalmente intercambien llamadas de las subseces a la sede, el protocolo a elegir podría ser IAX debido a su posibilidad de hacer trunking con las llamadas que compartan endpoints y el ahorro de ancho de banda que supone. También sería recomendable su uso en esta situación porque una empresa de esas características normalmente tendrá firewalls con NAT y IAX será más simple de configurar en ellos. Además, es un protocolo totalmente abierto que permite extensiones para adaptarse a necesidades concretas, lo cual puede ser particularmente útil en empresas con departamentos propios de IT.

En caso de empresas más pequeñas o que las llamadas en general no vayan a compartir endpoints, la solución podría ser SIP debido a su sencillez. Sin embargo habrá que tener en cuenta los problemas de su uso detrás de NAT.

El protocolo H.323 ha sido el más usado en este tipo de redes corporativas, sin embargo actualmente se recomienda su sustitución por el protocolo SIP o IAX.

En caso de usar VoIP en un entorno privado nuevamente la pelea podría estar entre SIP e IAX. En un entorno casero posiblemente sea el hardware el que influya en la decisión, ya que los teléfonos IP o softphones podrían soportar sólo unos de esos 2 protocolos.

El último escenario que voy a considerar es el de un proveedor de servicios. Si un operador decide utilizar su infraestructura PSTN para ofrecer servicios VoIP, las opciones serán MGCP y MEGACO, que como hemos visto anteriormente, fueron diseñados precisamente para este propósito.

En cualquier escenario posible se desaconseja el uso de los protocolos propietarios de Cisco o Nortel, de hecho incluso Cisco ha anunciado que migrará hacia SIP en sus futuros productos.

## REFERENCIAS

- [1] *Asterisk: The future of telephony*, 2<sup>nd</sup> Edition 2007, Jim Van Meggelen, Leif Madsen, and Jared Smith; O'Reilly; ISBN-10: 0-596-51048-9; ISBN-13: 978-0-596-51048-0.
- [2] *Building Telephony Systems with Asterisk*, 2005; David Gomillion, Barrie Dempster; Packt Publishing; ISBN 1-904811-15-9.
- [3] *Taking charge of your VoIP project: Strategies and solutions for successful VoIP deployments*, 2004; John Q. Walker y Jeffrey T. Hicks; Cisco Press; ISBN: 1-58720-092-9
- [4] *Inter-Asterisk Exchange (IAX): Deployment Scenarios in SIP-Enabled Networks*, 1<sup>st</sup> Edition 2009; Mohamed Boucadair; Wiley; ISBN: 978-0-470-77072-6
- [5] *Protocolos de señalización para el transporte de Voz sobre redes IP*, 2001; Jose Ignacio Moreno, Ignacio Soto, David Larrabeiti; Novática nº 151, p. 14-20, mayo-junio de 2001.
- [6] *Voice Over IP: Systems and solutions*, 2001; Richard Swale; BT Communications Technology Series 3; ISBN-10: 0-85296-024-7; ISBN-13: 978-085296-024-0.
- [7] *Voice and Audio Compression for Wireless communications*, 2<sup>nd</sup> edition, 2007; Lajos Hanzo, F. Clare Somerville, Jason Woodard; Wiley; ISBN: 978-0-470-51581-5.
- [8] *Switching to VoIP*, 2005; Ted Wallingford; O'Reilly; ISBN: 0-596-00868-6.
- [9] *Linux Networking Cookbook*; Carla Schroeder; O'Reilly; ISBN-10: 0-596-10248-8; ISBN-13: 978-0-596-10248-7
- [10] *VoIP Telephony with Asterisk*, Paul Mahler; ISBN 09759992-0-6.
- [11] <http://www.voip-info.org/>
- [12] <http://www.voipforo.com/>
- [13] VoIP History. URL: [http://www.whichvoip.com/voip/articles/voip\\_history.htm](http://www.whichvoip.com/voip/articles/voip_history.htm)
- [14] <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.323/e>
- [15] VoIPNow. URL: [http://www.voipnow.org/2007/04/74\\_open\\_source\\_.html](http://www.voipnow.org/2007/04/74_open_source_.html)

## PROMOVIENDO LA GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN: IEEE TMC COUNCIL

F. FALCONE<sup>1</sup>, A.J. SÁNCHEZ<sup>2</sup>, A. FLORES<sup>3</sup>, A. NÓ<sup>4</sup>, C. JIMÉNEZ<sup>5</sup>, C. REVERT<sup>6</sup>, D. CARRIÓN<sup>7</sup>, F. CÁTEDRA<sup>8</sup>, F.J. ARES<sup>9</sup>, J. BUSTILLO<sup>10</sup>, J. GONZÁLEZ<sup>11</sup>, J.I. DE SANTIAGO<sup>12</sup>, L.M. FORERO<sup>13</sup>, M. CASTRO<sup>14</sup>, R. RODRÍGUEZ<sup>15</sup>, R. ZAPICO<sup>16</sup>, S. MARTÍN<sup>14</sup> Y A. PLAZA<sup>17</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. UPNA, Pamplona, España.*

*francisco.falcone@unavarra.es*

<sup>2</sup>*Telefónica I+D, Valladolid, España.*

*a.sanchez-esguevillas@ieee.org*

<sup>3</sup>*Orange, Empresas. Sevilla, España.*

*flores@iies.es*

<sup>4</sup>*ETSI Telecomunicación. Universidad de Valladolid. Valladolid, España.*

*anorod@ieee.org*

<sup>5</sup>*Estratic. Barcelona, España.*

*c.jimenez@estratic.com*

<sup>6</sup>*BEIT. Valencia, España.*

*crevert@beit.es*

<sup>7</sup>*Wellness Telecom. Valladolid, España.*

*dcarrion@ieee.org*

<sup>8</sup>*Departamento de Ciencias de la Computación. Universidad de Alcalá de Henares. Alcalá, España.*

*felipe.catedra@uah.es*

<sup>9</sup>*Departamento de Física Aplicada, Facultad de Física, Universidad de Santiago de Compostela. Santiago, España.*

*faares@si.usc.es*

<sup>10</sup>*Vodafone. Madrid, España.*

*jaime.bustillo@vodafone.com*

<sup>11</sup>*Metro de Madrid. Madrid, España.*

*francisco.gonzalez@mail.metromadrid.es*

<sup>12</sup>*Departamento Innovación y Tecnología, Siemens. Madrid, España. jose\_ignacio.desantiago@siemens.com*

<sup>13</sup>*Inabensa-Abengoa. Madrid, España.*

*lmforeroc@ieee.org*

<sup>14</sup>*Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control, UNED. Madrid, España.*

*mcastro@ieec.uned.es, smartin@ieec.uned.es*

<sup>15</sup>*Insyte. Madrid, España.*

*rrodriguez@insyte.es*

<sup>16</sup>*Telefónica de España. Madrid, España.*

*ruben.zapicominguela@telefonica.es*

<sup>17</sup>*Departamento de Tecnología de Ordenadores y Comunicaciones. Escuela Politécnica de*

*Cáceres. Universidad de Extremadura. Cáceres, España. aplaza@unex.es*

*Abstract— En este trabajo se presenta la labor del IEEE Technology Management Council (IEEE TMC) en el impulso de la gestión en el ámbito tecnológico, de innovación y de la ingeniería. Con el fin de poder llevar a cabo dicha labor, una serie de actividades y elementos ligados a diferentes ámbitos de la ingeniería se han integrado en la estructura del IEEE TMC*

**en España. Tanto la estructura como las diferentes actividades y líneas de trabajo serán presentadas.**

**Keywords:** *Gestión, innovación, tecnología, IEEE.*

## I. INTRODUCCIÓN

El campo de la ingeniería y de la tecnología no ha parado de ganar relevancia en las pasadas décadas. Dentro de dicho avance, en todos los sectores productivos se precisa de una incorporación de ramas de ingeniería interdisciplinar y de las subsecuentes tecnologías para poder dar soporte a dichos sectores productivos.

Uno de los aspectos más relevantes en la consecución de los objetivos de desarrollo productivo basado en la tecnología es el de la gestión. Tradicionalmente vinculado al campo del análisis financiero, es fundamental considerar la conjunción de los aspectos del sector tecnológico particular con las bases de gestión empresarial. De esta manera, se puede obtener un análisis tecno-económico, resultando en un punto de desarrollo óptimo.

## II. EL IEEE TECHNOLOGY MANAGEMENT COUNCIL

Con el fin de poder analizar y tomar acciones en relación con el papel de la gestión en el perfil profesional de los ingenieros, el Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) funda el Technology Management Council (TMC) en el año 2008.

El IEEE es la mayor asociación profesional de ingeniería del mundo, con un rango amplio de campos profesionales dentro de la misma. El TMC es una de las 44 sociedades que componen el IEEE, siendo la única que centra su atención en la gestión dentro del campo tecnológico. Dentro de estas sociedades, 13 de las mismas son miembros del TMC y realimentan de manera activa el contenido del mismo.

Los objetivos que persigue el IEEE TMC a nivel mundial se detallan a continuación:

- Dotación de servicios de elevada valía para todos los profesionales de ingeniería en su respectivo campo.
- Favorecer la interacción entre el sector empresarial y el académico.
- Promoción de las actividades de liderazgo y de profundización de la gestión en el ámbito tecnológico y de la ingeniería.
- Favorecer la toma de decisión de gestión con una base avanzada y con conocimiento.
- Innovación en las disciplinas de gestión e ingeniería
- Velar por un comportamiento ético y profesional.

Con el fin de poder llevar a cabo su labor de manera global, IEEE se estructura a nivel territorial en 10 regiones, siendo Europa la región 8 en la cual hay 14 capítulos creados en la actualidad. Dentro de las acciones puestas en marcha desde el TMC para la difusión del papel de la gestión en el ámbito tecnológico, cabe destacar:

- Publicaciones vinculadas con la gestión
- Organización de congresos específicos de la temática de gestión

- Sesiones enfocadas y “expert talks”, impartidas por profesionales activos, expertos en el ámbito de la gestión.
- Web del IEEE TMC
- Formación orientada a la gestión en el ámbito tecnológico

## III. CONFIGURACIÓN DEL CAPÍTULO ESPAÑOL DEL IEEE TMC

A finales de 2008 nace el capítulo español del TMC, con una junta directiva de 17 miembros y diferentes perfiles académicos y profesionales, muestra del carácter interdisciplinar y heterogéneo presente en la función de gestión de dicho capítulo.

Los propósitos que persigue el capítulo español de IEEE TMC son los de cumplir los objetivos a nivel mundial del Technology Management Council, particularizados para el caso español. Cabe por ello destacar una serie de características propias del capítulo español y de su entorno:

- Existe una base de ingenieros que en puestos de responsabilidad tienen una fuerte carga de gestión.
- La labor de ingeniería generalmente conlleva una visión generalista en el proceso de gestión, frente a la necesaria especialización ligada al desarrollo tecnológico particular. Este punto lleva parejo la consideración del tipo de actividad productiva que generalmente se viene desarrollando en España.

Con el fin de poder llevar a cabo las actividades ligadas al capítulo y poder cubrir todas las necesidades del mismo, se ha estructurado tal y como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Estructura TMC-España.

|                                  |
|----------------------------------|
| <b>IEEE TMC Capítulo Español</b> |
| Presidente                       |
| VP-Relaciones                    |
| Estudiantes                      |
| VP Miembros                      |
| Web                              |
| GOLD                             |
| Fellows                          |
| VP Actividades Técnicas (TA)     |
| Tesorería                        |
| Premios                          |
| TA-Grupo de Innovación           |
| Relaciones Capítulos             |
| TA-Grupo de Educación            |
| Women in Education (WIE)         |
| Secretaría                       |
| Comunicación                     |

Las actividades que se desarrollan y que se están potenciando en la actualidad, cuyo fundamento es ubicar la

gestión en el seno del proceso productivo en un entorno tecnológico, se muestran de manera esquemática en la figura 1.

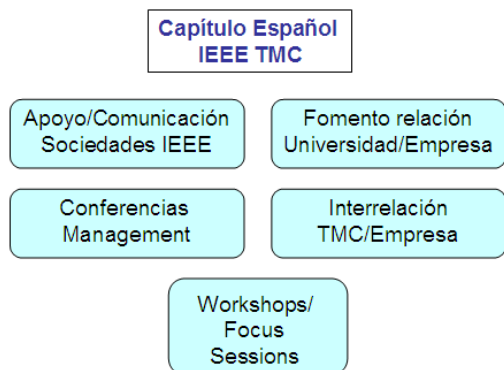


Figura 1. Esquema de actividades desarrolladas por el capítulo español del IEEE TMC.

#### IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha descrito el IEEE TMC como una sociedad de carácter transversal, dedicada al ámbito de la gestión en el campo de empresa tecnológica. Desde su creación y mediante el uso de diferentes herramientas (publicaciones, congresos, sesiones enfocadas, etc.) se promueve una cultura orientada a la gestión como principal motor para el desarrollo y progreso de las organizaciones empresariales. Con vistas a la consecución de dicho objetivo, el capítulo español del IEEE TMC considera las particularidades de las organizaciones empresariales en el territorio nacional.

#### REFERENCIAS

- [1] <http://www.ieeetmc.org/> Consultado el 1 de Octubre de 2009.
- [2] <http://ewh.ieee.org/r8/spain/tmc/> Consultado el 1 de Octubre de 2009.



# Diseño de una prótesis de mano

Albert Prieto Malé  
 Ingeniero Técnico industrial especialidad Mecánica  
 Master Mecatrónica UPC  
 Estudiante Ciencias Matemáticas  
 MACSA ID S.A (I+D Print & Apply)  
 a.prieto@ieee-uned.org

**Abstract—** Los avances tecnológicos actuales permiten a las personas con algún tipo de discapacidad hacer lo mismo que hacían si esta. En el caso de discapacidad física, concretamente con miembros superiores, ya sean dedos; incluso manos, las personas no tienen porque afrontar tal problema con la dificultad que se hacía anteriormente. Ahora se encuentran con un problema a nivel económico. A nivel tecnológico, el desarrollo de cualquier tipo de elemento con un símil al del ser humano supone, desde la antigüedad, un reto para los oficiosos del tema y sin duda un orgullo para aquellos que consiguen la superación respecto a desarrollos existentes. Por ello, invito a quien desee a introducirse en el mundo de las prótesis, en este caso el desarrollo de una prótesis de mano para que sirva, tanto de aprendizaje, cómo en caso que el proyecto termine con éxito para ayudar a todas esas personas que lo necesiten.

## I. INTRODUCCIÓN

El siguiente artículo es el desarrollo realizado en el proyecto final de carrera de ingeniería técnica industrial especialidad Mecánica en la Universidad de Girona. Con este resumen de la tarea ya realizada planteo el rediseño pensando en un sistema mucho más optimizado, eficiente y económico.

## II. OBJETIVOS DEL PROYECTO FINAL DE CARRERA

Este proyecto intenta ofrecer una primera solución mecánica para el diseño y desarrollo de una prótesis. A nivel mecánico se plantean todos los grados de libertad necesarios para desarrollar una prótesis, lo más parecida posible a una mano humana real. Este primer prototipo emula las dimensiones de la mano derecha de un hombre adulto debido a que permite unas dimensiones lo suficientemente grandes para poder incorporar los diferentes elementos. De lo contrario no sería posible incorporar todos los elementos en una mano menor. Al menos en esta fase del proyecto donde se utilizan elementos de mercado.

A su vez este proyecto ofrece la posibilidad de crear nuevos grupos de trabajo para el estudio de diferentes elementos. Entre los cuales pueden estar; un proyecto electrónico donde se puedan crear los controles de los diferentes elementos mecánicos, un proyecto informático donde realizar el filtrado y tratamiento de datos para poder enviar los datos a los controles.

Inicialmente, se pretende recibir señales neuronales debido a que en personas amputadas estas no están alteradas debido a la forma que haya podido quedar el muñón. Si utilizáramos señales mioeléctricas, se tendría que hacer un estudio más o menos específico de cada caso (partiendo de un caso general) para ofrecer la solución esperada.

Con todo esto y mucho más, se podría obtener un proyecto tecnológico completo donde se podrían ofrecer soluciones a las personas que sufren de amputaciones en las manos mucho más económicas de lo que se encuentra actualmente en el mercado. Tecnológicamente viables, eficientes y competitivas.

## III. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Cada año, en España, 5800 personas sufren diferentes amputaciones de diferentes zonas de la mano. Entre los cuales hay alrededor de 2200 amputaciones en lo referente a dedos y cerca de 1050 amputaciones de manos. Actualmente esto mueve un volumen aproximado de 12.000.000€ un alto porcentaje de este mercado se lo quedan grandes multinacionales que compran las diferentes soluciones técnicas a diferentes empresas/ organizaciones para poder ofrecer ellos mismos la solución.

## IV. SITUACIÓN ACTUAL DE MERCADO

Existen básicamente 4 tipos de prótesis:

- Prótesis Cosméticas (Fig 1). Este modelo de prótesis no tiene movimiento alguno. Y tienen una función simplemente estética.



Fig. 1 Prótesis cosmética

- Prótesis Híbridas: Cuando hay movimientos de codo o muñeca, se pueden accionar estos a través de cables

(con ayuda del hombro) y la mano se acciona eléctricamente (Fig. 2).



Fig. 2 Prótesis híbrida

- Prótesis con control mediante cable. Se puede accionar el cable con los hombros para conseguir el movimiento de las pinzas (Fig. 3).



Fig. 3 Control con cable.

- Prótesis mioeléctricas: Reciben impulsos mioeléctricos del propio cuerpo y permiten realizar la acción prensil mediante una pinza emulando la mano colocada en la punta de la prótesis (Fig. 4)



Fig. 4 Prótesis mioeléctrica con pinza en la punta.

Cada una de estas prótesis utiliza diferentes sistemas de sujeción de elementos:

- Pinzas (se observa en la fig. 4).
- Emulación a la forma de la mano.



Fig. 5 Modelo más actual de prótesis con parecido a la mano real.

#### V. ESTUDIO BIOMECANICO PARA PODER OFRECER UNA SOLUCIÓN TECNICA AL PROBLEMA

El cuerpo humano ha recibido infinidad de estudios entre los cuales se encuentra la biomecánica. Esta es la ciencia que estudia el cuerpo humano a nivel mecánico y lo simplifica a modo de mecanismos. Unas propiedades biomecánicas específicas de la mano son las siguientes:

- Planitud: La mano, al estar totalmente estirada y entrar en contacto con una superficie plana, debe tomar contacto con cada una de sus articulaciones en esta superficie (Fig. 6).



Fig. 6 Planitud

- Eje central: La mano, para poder tomar contacto con objetos de diferentes formas y medidas puede rotar respecto un eje central que parte, en su origen de la zona de la muñeca y sigue esta un punto situado entre el dedo medio y el anular (Fig. 7).



Fig. 7 Eje central

- Arcos de la mano: En su forma natural la mano cumple con unos arcos, unos transversales y otros longitudinales (Fig. 8).

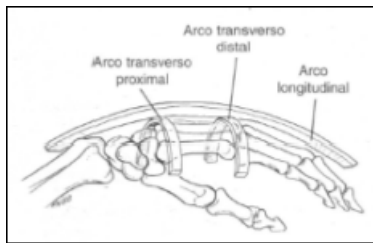


Fig. 8 Arcos de la mano

- Fuerzas activas / fuerzas pasivas: La mano es capaz de soportar mucho más peso en un sentido que en otro. Debido a esta propiedad, llamamos fuerzas activas, las que la mano es capaz de superar ejerciendo una fuerza prensil. Y fuerzas pasivas las que la mano no es capaz de superar ya que obligan a esta a cerrarse (Fig. 9).

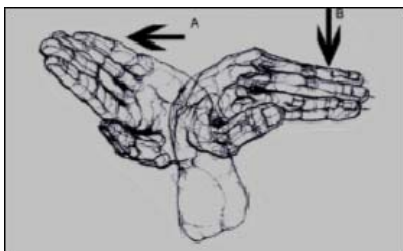


Fig. 9 A: Fuerzas activas. B: Fuerzas pasivas

- Dimensional: Evidentemente, tiene que emular al máximo las medidas estándares de una mano real.

VI. ESPECIFICACIONES

La mano debe cumplir unos requisitos básicos siguiendo unos parámetros biomecánicas básicos para conseguir la mayor similitud a la mano humana.

- 19 movimientos diferentes con independencia entre uno y otro (Fig 10): El número de movimientos viene definido por el número de grados de libertad (GdL) o articulaciones que posee la mano. Estos movimientos se harán a través de micro motores. Cada uno de estos gobernará una articulación. Excepto el dedo pulgar, que tendrá 3 grados de libertad (se entiende grado de libertad a una articulación) los demás tendrán 4 grados de libertad cada uno. Los movimientos vendrán controlados por software. De esta manera no se limitaran los movimientos biomecánicas mediante obstáculos mecánicos. Todos los motores llevan encoders incorporados por lo que el límite tiene que estar controlado en el programa de la mano.

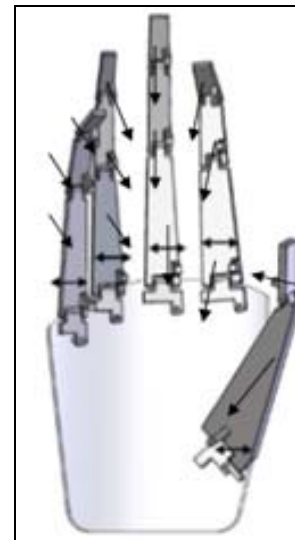


Fig. 10 Representación de los movimientos de cada articulación.

- Cumplimientos biomecánicos de la mano. Aunque en este primer modelo no se le da movimiento a la muñeca si se le da importancia a las diferentes propiedades descritas en el apartado V. Independientemente a estos. La prótesis tiene que ser capaz de soportar un peso de 10 kg. Este valor es el mínimo necesario para satisfacer las necesidades que la persona amputada necesita para hacer una vida normal (levantar bolsas de la compra, cocinar, conducir...).

El tiempo de ejecución de los movimientos debe ser inferior a un segundo.

VII. RESOLUCIÓN DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS

A. Elementos móviles

Son aquellos que reciben un accionamiento, de las diferentes formas que esta prótesis es capaz de realizar, y satisfacen los movimientos emulando así las articulaciones de los dedos. Estos se pueden separar según el tipo, forma y función que realizan:

- Cuatro grados de libertad (Figura 11):

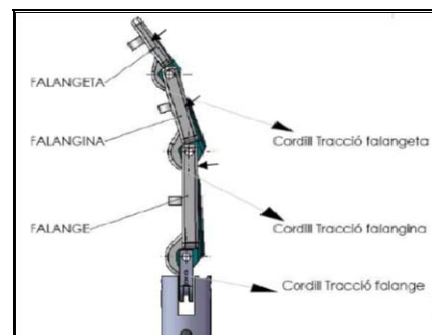


Fig. 11 Tracción mediante micro motores y recuperación del movimiento de flexión mediante muelles.

Tres de estos GdL se encargan de hacer los movimientos de flexión de las partes que conforman el dedo.

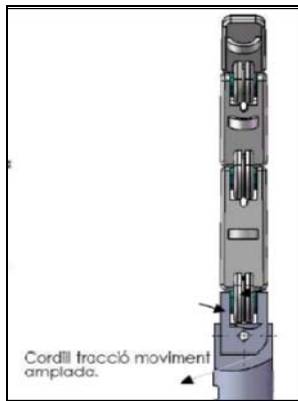


Fig. 12 Movimiento lateral: Extensión mediante un micro motor y recuperación/ cierre a través de la fuerza producida por un muelle.

El otro GdL se encarga del movimiento lateral de los dedos. Este es el que permite sujetar elementos mayores o menores, adaptando de este modo la superficie extendida de la mano.

- Tres grados de libertad



Fig. 13 Movimiento del dedo pulgar.

Dos de estos para el movimiento de flexión y el otro lateral que permite la rotación del dedo pulgar. Esto permite un

perfecto movimiento, teniendo en cuenta que este dedo se encuentra en una posición opuesta a los otros dedos.

**B. ACCIONAMIENTO**

- Elementos automáticos. Para mantener los dedos totalmente extendidos unos muelles (excepto los muelles encargados de la recuperación de los movimientos laterales, representados por unos flejes metálicos) ejercen una fuerza entre los diferentes elementos de cada articulación (Figura 15).

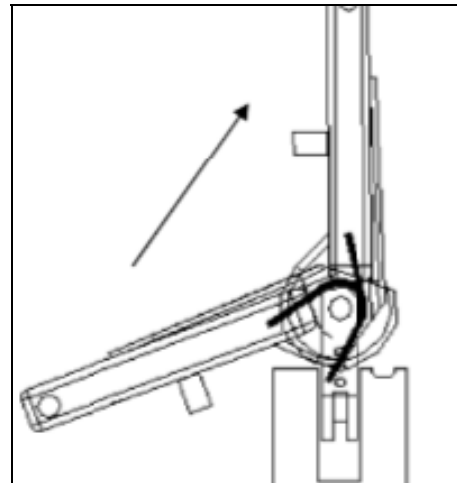


Fig. 14 Fleje metálico encargado de ejercer la fuerza necesaria para devolver la posición del elemento móvil de la articulación.

Para calcular estos dedos se ha utilizado 2 hipótesis:

- A. El muelle tiene que ser capaz de extender totalmente los dedos, recibiendo el máximo de la componente "peso" de estos.

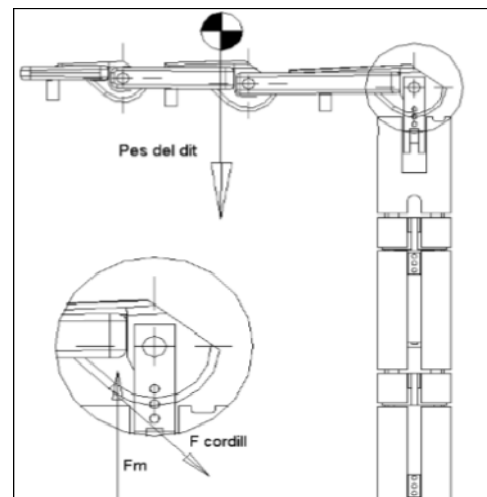


Fig. 15 Componente máxima del peso de los dedos para ser extendidos mediante la acción del muelle.

- B. Con este cálculo obtenemos la fuerza máxima que tiene que realizar el muelle que se encuentra entre

falange y el punto de apoyo que se encuentra en la base que se encuentra en la base de la mano. Estandarizando los distintos elementos, este mismo cálculo se aprovecha para cada uno de los muelles del resto de articulaciones.

- C. A su vez, este muelle tiene que permitir, al motor (Se verá el funcionamiento de este en el siguiente apartado) aplicar la fuerza necesaria para el movimiento sin sobrepasar la fuerza máxima que es capaz este de aplicar: (previamente se ha calculado la dinámica del sistema mecánico accionado eléctricamente) (vea figura 16).

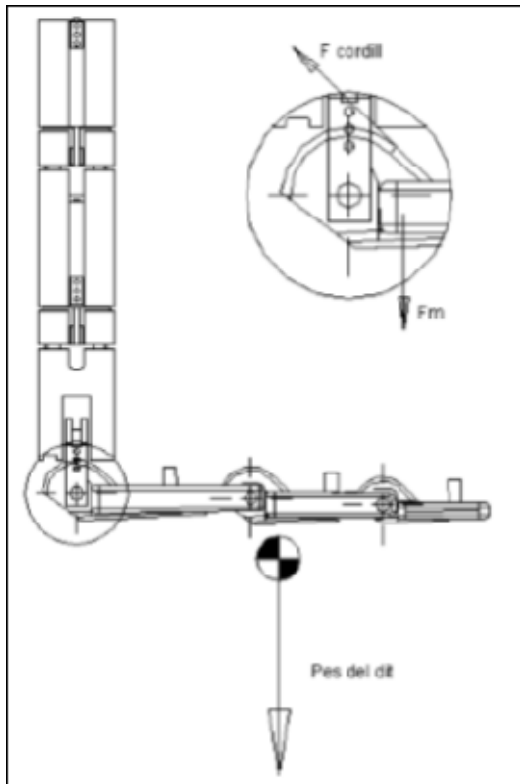


Fig. 16 Limite máximo del muelle para que el motor sea capaz de accionarlo.

Debido a estas hipótesis encontramos que el muelle tiene que hacer una fuerza mínima de 1,4N, suficiente para levantar los dedos (fig.15) y una fuerza máxima de 2N. Una fuerza superior haría que el motor no tuviese suficiente fuerza (fig.16).

- Elementos accionados eléctricamente. Unos cables de poliamida sirven para tener control en el momento de sujetar elementos, o incluso para obtener posiciones de los dedos lo más parecidas a los de la mano humana. Estos cables son accionados mediante un mecanismo bis sin fin. Este está traccionado por un conjunto motoreductor.

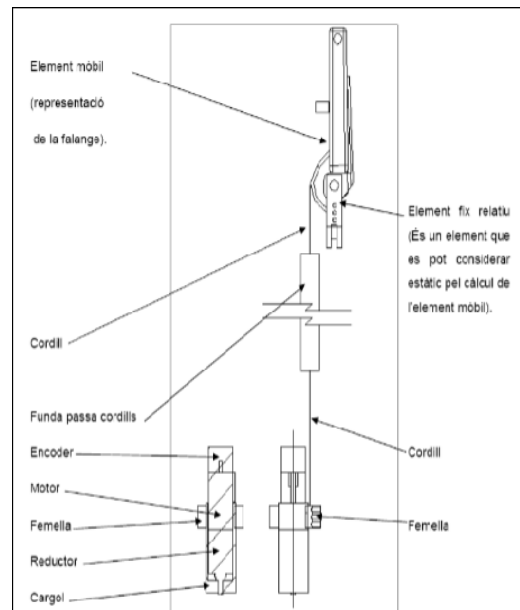


Fig. 17 Esquema general de accionamiento eléctrico de las articulaciones.

Partiendo de las especificaciones iniciales, el tiempo que tiene que tardar la mano en hacer un movimiento es de, como máximo, 1 s. Debido a que a la propia biomecánica de la mano. El ángulo mayor que realiza una de sus articulaciones es de 110°. Esto hace que calculando únicamente una de las 19 articulaciones. Estandarizando los motores. Éste sirva para cada una de estas.

Debido a este cálculo, y teniendo en cuenta la reducción que ofrece el conjunto de bis sin fin se escoge un motor de:

0.17kW  
13000 rpm  
I reductor = 1:16  
0.212mNm  
1.4N

## VIII. ESTRUCTURA PRINCIPAL

Cómo en la prótesis se necesitan 19 micro motores, se aprovecha las diferentes estructuras estáticas para la colocación de estos. Por ello se colocan 9 micro motores en la zona que representa la palma de la mano. Y se diseña una pila de micro motores en la zona de la muñeca. Cómo inicialmente esta es fija no hay problemas de espacio.

- Palma de la mano.

En la palma de la mano se aprovecha la extensión de cada uno de los dedos para hacer una estructura tubular permitiendo así, incorporar 2 motores para los dedos índice, medio, anular y meñique. Y uno para el dedo pulgar (Figura 18).

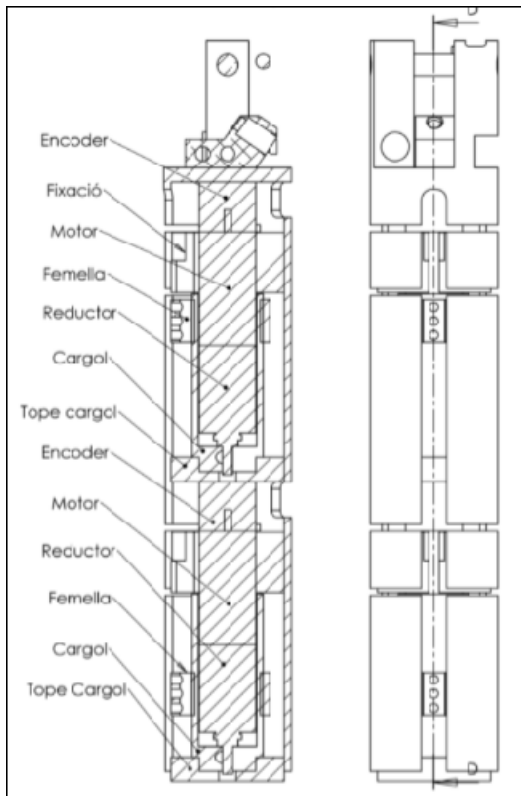


Fig. 18 Conjunto tubular para transferir movimiento al dedo índice. (El mismo sistema es útil para el resto de los dedos).

En este elemento tubular se insertan los diferentes elementos mecánicos, incluido el encoder, que tiraran del cordel para realizar la acción prensil de los dedos (Figura 19).

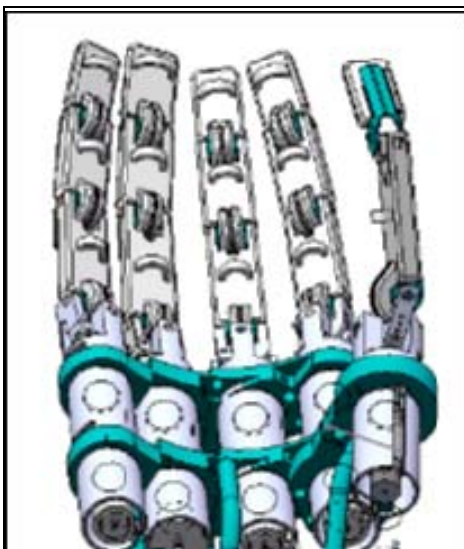


Fig. 19 Representación de la palma de la mano y de los diferentes dedos.

- Muñeca

En la muñeca se ha optado para poner los 10 micromotores restantes. Se ha diseñado una estructura que permite

aprovechar al máximo el espacio a la vez que facilita el montaje y el ajuste de los mismos (Figura 20).

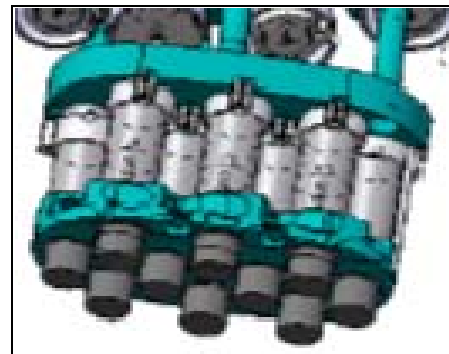


Fig. 20 Pila de micro motores depositado en la zona de la muñeca

Habiendo resuelto de este modo el problema del espacio, se puede observar una ligera representación de cómo queda esta estructura fija. Esta se ha diseñado resolviendo las diferentes emulaciones biomecánicas para poder ofrecer un diseño ergonómico que evita el desprecio de la sociedad de los individuos amputados (Figura 21).

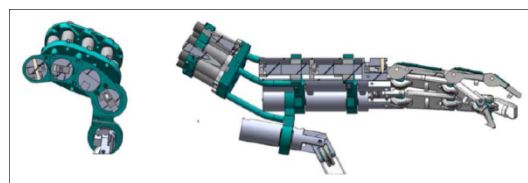


Fig. 21 Disposición de los elementos fijos. Palma y muñeca.

### IX. SOLUCION

De esta forma se ha podido solucionar, mecánicamente las diferentes posibilidades que es capaz de ofrecernos una mano humana. Y nos da total libertad y seguridad al realizar todo un conjunto de actividades. Tales como ejercer la acción prensil (Fig 22):

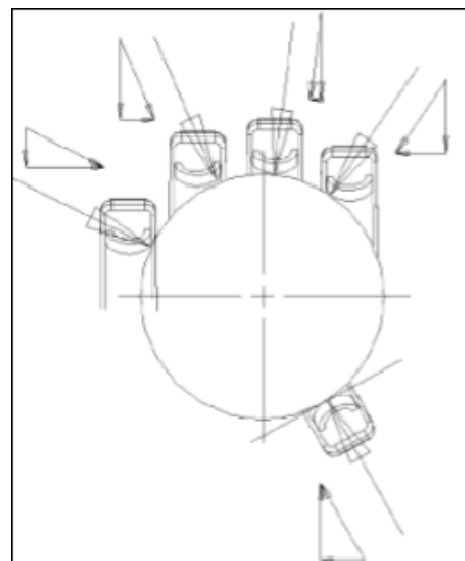


Fig. 22 Relación de fuerzas en la acción prensil

Este diseño permite sujetar elementos de diferentes formas y tamaños. El diseño nos da la posibilidad de conseguir todo esto, ahora falta diseñar el control capaz de realizar dicha tarea. Ejemplos de tareas de la vida cotidiana que sería capaz de realizar este diseño son por ejemplo sujetar una bolsa, ropa. Para ello, es necesario filtrar bien los impulsos neuronales y realizar bien los controles para que los motores realicen en cada momento los movimientos justos (Fig. 23 y 24).

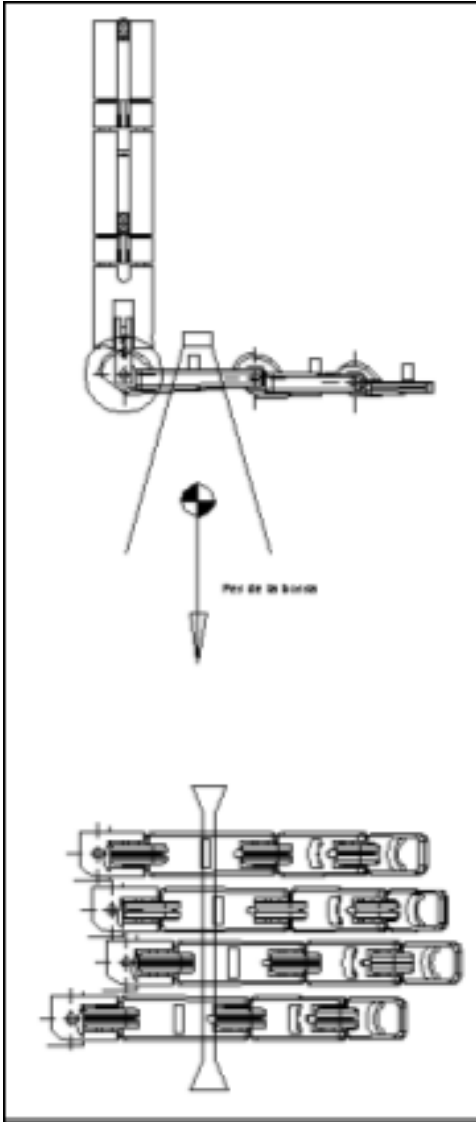


Fig. 23 Sujeción de una bolsa de la compra

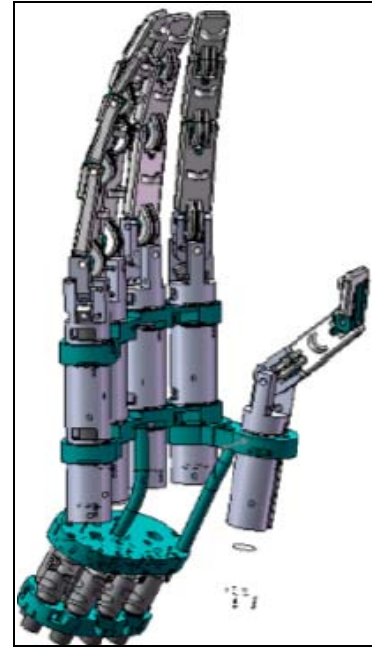


Fig. 24 Diseño final de la prótesis

## X. CONCLUSIÓN

Este es un modelo inicial con lo que únicamente se ha desarrollado el diseño en 3D de dicho proyecto. Sabiendo de los errores del mismo y las posibilidades de mejora, empezando por las mecánicas. Creo que puede ser bueno crear diferentes grupos, que trabajen paralelamente y unidos para resolver las diferentes problemáticas que requiere una prótesis de este tipo.

Desde mi punto de vista, inicialmente hace falta un grupo que desarrolle el accionamiento de los diferentes motores, así como la recepción de datos, tanto sensores para el tacto como las señales neuronales, entre otros. Así como otro grupo que desarrolle el software necesario para realizar los movimientos biomecánicos que de las diferentes partes móviles. Evidentemente es necesario hacer un rediseño mecánico de todos los elementos para satisfacer las necesidades de las diferentes soluciones que se puedan encontrar.

## REFERENCIAS

- [1] Nordin, M., y Franklen, V., Biomecánica básica del sistema musculoesquelético. McGraw-Hill 2004.

# English Zone

Gloria Murillo

Coordinadora Boletín Electrónico e English Zone  
Universidad Nacional de Educación a Distancia  
Madrid, España

## I. MUSTN'T

“Mustn't” expresa una prohibición o una obligación en negativa. A diferencia de “must”, puede describir obligaciones / prohibiciones tanto personales como impersonales. Su uso se limita al presente y al futuro.

|   |   |
|---|---|
| You <b>mustn't</b> walk on the grass.         | No debes pisar el césped.                         |
| I <b>mustn't</b> forget to do my tax return.  | No debo olvidar hacer mi declaración de la renta. |
| You <b>mustn't</b> argue with your teacher.   | No debes discutir con tu profesora.               |
| You <b>mustn't</b> forget to wear a seatbelt. | No debes olvidar ponerte el cinturón.             |
| You <b>mustn't</b> break the speed limit.     | No debes sobrepasar el límite de velocidad.       |

“**Mustn't**” **no** se puede sustituir por “don't have to” ya que significan dos cosas distintas. “Don't have to” indica que algo no es absolutamente obligatorio, que no es necesario.

|  |   |
|--|---|
| You <b>don't have</b> to be there early to get a ticket.   | No tienes que estar allí temprano para conseguir una entrada. |
| You <b>don't have</b> to Hill yourself to get promoted.    | No tienes que matarte para que te asciendan.                  |
| He <b>doesn't have</b> to be good-looking to impress Jane. | Él no tiene porque ser guapo para impresionar a Jane.         |
| You <b>don't have</b> to go crazy in order to lose weight. | No tienes que volverte loco para perder unos kilos.           |
| You <b>don't have</b> to wear a tie to the meeting.        | No tienes que llevar corbata a la reunión.                    |

## II. ASK A QUESTION / INDIRECT QUESTIONS.

¡**Error Mundial!** Nunca jamás se dice “to make a question”, siempre se dice “to ask a question”

|  |   |
|--|---|
| ¿Te puedo hacer una pregunta?            | Can I <b>ask</b> you a question?                          |
| ¿Alguien hizo una pregunta?              | Did anyone <b>ask</b> a question?                         |
| Acabas de hacer una pregunta interesante | That's an interesting question you've just <b>asked</b> . |
| Hacedme unas preguntas                   | <b>Ask</b> me some questions.                             |
| Sólo pregunto.                           | I'm only <b>asking</b> .                                  |
| Ella me pregunto cómo me llamaba         | She <b>asked</b> me what <b>my name was</b> .             |
| Le preguntaré dónde vive.                | I will <b>ask</b> him where <b>he lives</b> .             |
| ¿Le preguntaste (a ella) la hora?        | Did you <b>ask</b> her what time <b>it was</b> ?          |
| ¿Te puedo preguntar qué opinas?          | Can I <b>ask</b> you what <b>you think</b> ?              |
| Le pregunté a Fiona qué parte cambiaría. | I <b>asked</b> Fiona what part <b>she would change</b> .  |

## III. 3. ONE EXPRESSION:

**Keep yours fingers crossed.**

Que tengas suerte.



#### IV. KEY LEARNING

Cuando decís “trabajar mucho” y “estudiar mucho”, lo más normal en inglés es decir “to work hard” y “to study hard”

**Have you been studying hard?** - ¿Has estado estudiando mucho?

#### V. 5. ONE ADJECTIVE

**Amazing** - alucinante

The processions in Andalusia are amazing.

**Las procesiones en Andalusia son alucinantes.**

#### VI. ONE PHRASAL VERB

**To call off** – Anular / abandonar

¡ Cancelémoslo! – **Let’s call it off!**

#### VII. BRAIN TEASERS

##### NORTHWARD HO

Two trappers spot a bear due north of their position, in precisely the direction they wish to go. While the bear is having a nap, they manage to slip past him unnoticed. A short while later, however, they spot the same bear still sleeping due north of them. How can this be?

##### A CLASSIC RIDDLE

What creature walks on four legs in the morning, two legs at noon and three legs in the evening?

##### LEAP YEAR?

How many months have twenty eight days?

##### BABY BOOM

The town of Mayberry is famous for its 25 wide avenues. There are 50 houses on each avenue, and each of these houses has three bedrooms. For every bedroom there are two girls, and for each girl there are two boys. How many boys are there in the town?

##### HARMFUL TO YOUR HEALTH

John has been trying to give up smoking for over two years, but just can't seem to manage it. He stopped buying cigarettes, and instead every time he sees a butt he picks it

up and keeps it in his pocket. When he's gathered seven butts, he's got enough to roll one cigarette. How many cigarettes can he roll with 36 butts?

#### VIVE LA DIFFERENCE

What's the difference between a kitchen and a bathroom?

#### THE RIGHT TIME

Robert and Richard are avid skydivers. One day they have a rather rough landing and break not only their necks, but also their wristwatches. Robert's runs only thirty seconds a day, while Richard's doesn't run at all. Which of the two watches will display the right time more often?

SOLUTION <sup>1</sup>.

#### VIII. JOKES

##### A FAIRY WITH A MAGIC WAND ...

A married couple in their early 60s was celebrating their 40th wedding anniversary in a quiet, romantic little restaurant.

Suddenly, a tiny yet beautiful fairy appeared on their table. She said, 'For being such an exemplary married couple and for being loving to each other for all this time, I will grant you each a wish.'

<sup>1</sup> NORTHWARD HO The bear was a polar bear and the spot he chose to take his nap was precisely the North Pole.

A CLASSIC RIDDLE: Man. As a baby, he crawls on hands and feet, as an adult he walks on his two legs, and in old age, he walks with a cane.

LEAP YEAR? All twelve, naturally.

BABY BOOM 15,000.

HARMFUL TO YOUR HEALTH: Seven. First he rolls 6 cigarettes and smokes them, leaving him with 7 butts with which to roll a seventh cigarette.

VIVE LA DIFFERENCE If you really don't know, please don't invite me for dinner.

THE RIGHT TIME: Richard's watch will display the right time twice in every twenty-four hour period, that is, 1,440 times more often than Robert's.

The wife answered, 'Oh, I want to travel around the world with my darling husband.' The fairy waved her magic wand and - poof! - two tickets for the Queen Mary II appeared in her hands.

The husband thought for a moment: 'Well, this is all very romantic, but an opportunity like this will never come again.

I'm sorry my love, but my wish is to have a wife 30 years younger than me.'

The wife, and the fairy, were deeply disappointed, but a wish is a wish.

So the fairy waved her magic wand and poof!....the husband became 92 years old.

### **JESUS AND MOSES**

A burglar broke into a house one night. He shined his flashlight around, looking for valuables when a voice in the dark said,

*'Jesus knows you're here.'*

He nearly jumped out of his skin, clicked his flashlight off, and froze.

When he heard nothing more, after a bit, he shook his head and continued.

Just as he pulled the stereo out so he could disconnect the wires, clear as a bell he heard

*'Jesus is watching you.'*

Freaked out, he shined his light around frantically, looking for the source of the voice.

Finally, in the corner of the room, his flashlight beam came to rest on *a parrot*.



*'Did you say that?'* He hissed at the parrot.

*'Yep'*, the parrot confessed, then squawked, *'I'm just trying to warn you that he is watching you.'*

The burglar relaxed. *'Warn me, huh? Who in the world are you?'*

*'Moses,'* replied the bird.

*'Moses?'* the burglar laughed.. *'What kind of people would name a bird Moses?'*

***'The kind of people that would name a Rottweiler Jesus.'***



### REFERENCES

- [1] <http://www.funnylessons.com/>
- [2] <http://www.mansioningles.com/index.htm>
- [3] <http://www.vausys.com/>
- [4] <http://www.vaughanradio.com/reproductor/player2.htm>
- [5] <http://www.saberingles.com.ar/songs/315.html>





# IEEE

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](mailto:elio@ieec.uned.es)

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