



MEMORIA DE LAS ACCIONES DESARROLLADAS  
PROYECTOS DE MEJORA DE LA CALIDAD DOCENTE  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y CALIDAD  
X CONVOCATORIA (2008-2009)



❖ **DATOS IDENTIFICATIVOS:**

**Título del Proyecto**

Experiencia de trabajo en equipo:  
Montaje y puesta en marcha de un cuadricóptero

**Resumen del desarrollo del Proyecto**

La presente memoria expone el resultado de una experiencia de trabajo en grupo para alumnos de la titulación de Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial.

En resumen, el trabajo ha consistido en la realización de un trabajo similar a los realizados por los alumnos en sus proyectos fin de carrera pero con varias diferencias:

- El trabajo se ha realizado en equipo, por lo que la carga por alumno se redujo considerablemente.
- Se realizó durante el curso 2008-09.
- La documentación a entregar por el alumno (la parte más tediosa de un proyecto fin de carrera) fue mínima.

El objetivo final ha sido la adquisición de componentes, el montaje y puesta en marcha de un cuadricóptero que consta de un chasis en forma de cruz con un motor “brushless” en cada extremo, tal y como se describe en los apartados siguientes.

De esta forma parte de los resultados están siendo utilizados por dos alumnos para la realización de su proyecto fin de carrera, el cual a su vez generará proyectos futuros en forma de nuevas mejoras, ampliaciones o aplicaciones del cuadricóptero en otros sectores.

|                             | <b>Nombre y apellidos</b>        | <b>Código del Grupo Docente</b> |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| <b>Coordinador/a:</b>       | Francisco Javier Vázquez Serrano | 054                             |
| <b>Otros participantes:</b> | Jorge E. Jiménez Hornero         | 054                             |
|                             | Luís Manuel Fernández de Ahumada | 054                             |
|                             | Juan Garrido Jurado              | 054                             |

**Asignaturas afectadas**

| <b>Nombre de la asignatura</b>              | <b>Área de Conocimiento</b> | <b>Titulación/es</b>     |
|---------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Ingeniería de control I                     | Ing. Sistemas y Automática  | Ingeniería en Automática |
| Ingeniería de control II                    | Ing. Sistemas y Automática  | Ingeniería en Automática |
| Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos | Ing. Sistemas y Automática  | Ingeniería en Automática |

## **MEMORIA DE LA ACCIÓN**

### **Especificaciones**

*Utilice estas páginas para la redacción de la Memoria de la acción desarrollada. La Memoria debe contener un mínimo de cinco y un máximo de diez páginas, incluidas tablas y figuras, en el formato indicado (tipo y tamaño de fuente: Times New Roman, 12; interlineado: sencillo) e incorporar todos los apartados señalados (excepcionalmente podrá excluirse alguno). En el caso de que durante el desarrollo de la acción se hubieran producido documentos o material gráfico dignos de reseñar (CD, páginas web, revistas, vídeos, etc.) se incluirá como anexo una copia de buena calidad.*

### **Apartados**

#### **1. Introducción** (justificación del trabajo, contexto, experiencias previas etc.)

En las guías docentes ECTS realizadas para las asignaturas de Ingeniería de Control I y de Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos, de la titulación de Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial así como en las futuras de Ingeniería de Control II y de Control de Procesos, de la misma titulación, aparece el concepto de trabajo en equipo.

Las experiencias de trabajo en equipo tienen como finalidad la mejora de determinadas competencias transversales: de esta forma se pretende mejorar la capacidad de organización y planificación del alumno, su visión general a la hora de resolver problemas, así como contribuir a la formación y desarrollo en la resolución de problemas complejos que requieren de grupos de trabajo.

En la presente memoria se resume una iniciativa de trabajo en grupo que ha tratado de mejorar algunas de las competencias específicas de la titulación, procedimentales e instrumentales, como son la resolución de problemas complejos y actitudinales tales como son fomentar la habilidad para trabajar de forma autónoma y en equipo y la capacidad en la toma de decisiones. Además, estas competencias se han ampliado con la toma de contacto que han adquirido estos alumnos con el mundo del aeromodelismo, en el que cobran especial importancia los sistemas de control.

Todos los solicitantes ya habían sido responsables o participados en Proyectos de Innovación y Mejora de Calidad Docente a los largo de los últimos años, y en concreto han participado en proyectos similares cuyo objetivo consistía en la realización de determinadas prácticas experimentales grupales, donde se fomentaran las capacidades anteriormente mencionadas.

#### **2. Objetivos** (concretar qué se pretendió con la experiencia)

El objetivo final de la experiencia ha consistido en diseñar una actividad que fomentara el trabajo en grupo de parte del alumnado de la titulación de Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial. La actividad consistió en la adquisición, la implementación y la puesta en marcha de un cuadricóptero, denominado UCOKopter, en el que poder probar distintos métodos de control mediante el código volcado sobre el microcontrolador de la placa de control de vuelo. Además se podrá emplear para otras aplicaciones como vuelo en primera persona (con la incorporación de una minicámara), etc.

### 3. Descripción de la experiencia (exponer con suficiente detalle lo realizado en la experiencia)

En la siguiente figura puede observarse un esquema general de la electrónica del UCOkopter:

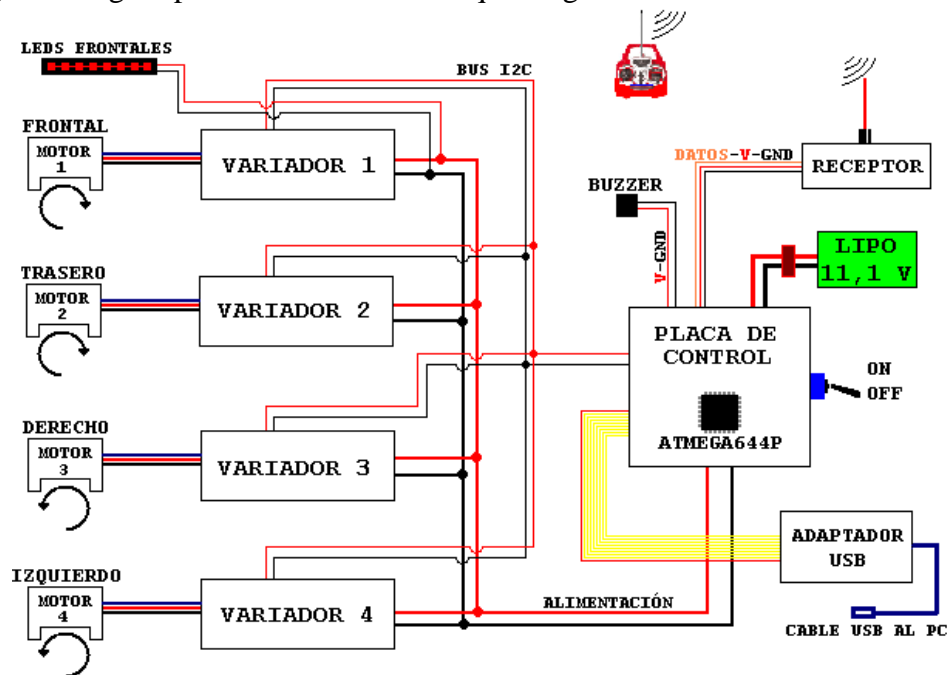


Figura 1: Esquema básico del cuadricóptero.

Como se puede observar en la figura 1, el cuadricóptero consta de cuatro motores “brushless”. Los cuatro motores están controlados por sendos variadores especiales, que a su vez están conectados al microcontrolador de la placa de control mediante un único bus I2C. De esta manera, cada variador posee una dirección física distinta al resto, quedando identificados todos y cada uno de los motores. Por tanto, la placa de control de vuelo, llamada *FlightCtrl* (FC), es la encargada de dar órdenes a los variadores basándose en las lecturas de varios sensores, manteniendo así la horizontalidad, o permitiendo que el *UCOkopter* obedezca a las órdenes enviadas desde la emisora.

Para comenzar el montaje se partió del Kit completo “*Mikrokopter MK Bassiset L2*” adquirido en Alemania (factura de HISYSTEMS GMBH) y que se muestra en la figura 2.



Figura 2. Kit “*Mikrokopter MK Bassiset L2*”.

El primer paso fue la construcción del chasis para el que se utilizaron los siguientes materiales, mostrados en la figura 3: cuatro largueros de aluminio (tres negros y uno rojo), dos piezas centrales del *UCOkopter*, ocho tornillos negros de plástico, ocho tuercas negras de plástico, cuatro espárragos negros de plástico, ocho tornillos metálicos plateados y cuatro tuercas autoblocantes de metal plateadas.



Figura 3. Materiales para la construcción del chasis

Una vez que construido el chasis, el resultado fue el mostrado en la figura 4.



Figura 4. Chasis del UCOkopter

El segundo paso fue la preparación de los cuatro variadores (*BL-CTRL*) para el que se utilizó un soldador de punta fina, un alicate de punta fina para doblar patillas de condensadores, estaño, un cable de servo, pelacables o tijeras y un secador de pelo. Hay que destacar que estos variadores tienen una velocidad de refresco de la velocidad del motor más rápida que los convencionales y son especiales porque la placa de control (*FLIGHTCTRL*), los maneja mediante un bus común I2C, es decir, las órdenes llegan a los cuatro reguladores, pero cada uno solo hace caso a las que van dirigidas a su motor en concreto. En la figura 5 se muestra uno de los cuatro variadores.

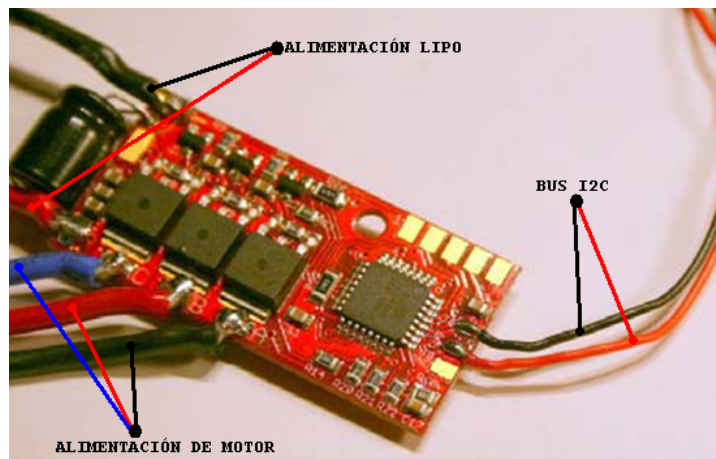


Figura 5. Variador con todos los cables soldados.

El siguiente paso del montaje fue soldar los componentes de la placa de control de vuelo (regulador de tensión, sensor de presión, tira de pines, conmutador y “buzzer” o zumbador) y los cables de la alimentación, receptor y bus I2C, obteniéndose como resultado el mostrado en la figura 6:

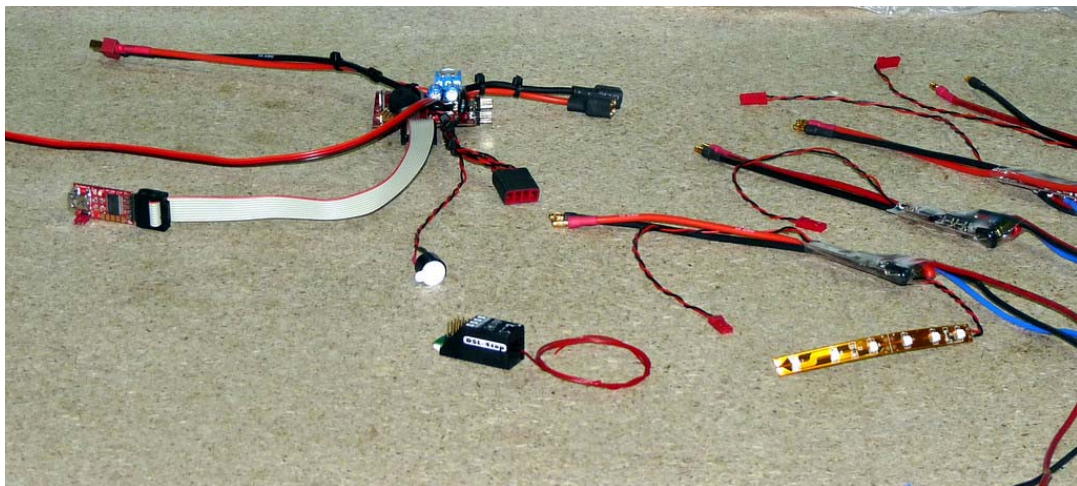


Figura 6. Placa de control con todos los componentes soldados y variadores.

La parte más sensible del proceso de montaje corresponde a la placa de control de vuelo y de los variadores, que controla los variadores a través del bus I2C

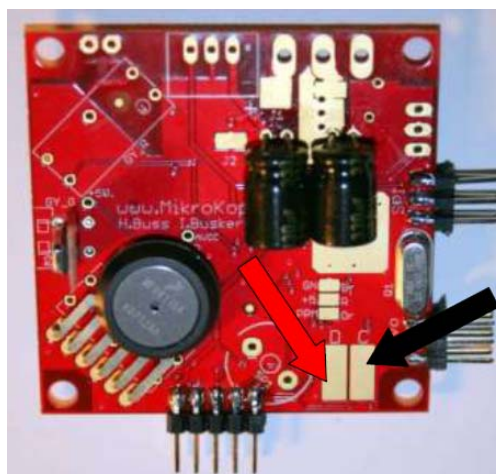


Figura 7. Conexión en la placa de control del bus I2C.

El resultado del montaje de las distintas placas, ya conectadas entre sí, sobre el chasis del cuadricóptero se aprecia en la siguiente figura:



Figura 8. *UCOkopter* con los motores colocados.

El montaje fue terminado con la instalación de los motores, la colocación del tren de aterrizaje y la adición de una tapadera que cubriera la placa de central de vuelo. Como tapadera protectora se empleó la tapa de una tarrina de CD's convencional, previamente pintada de negro con la ayuda de un spray. Esta tapadera también se empleó para que los agentes externos (viento, luz, etc.) no pudieran tener efectos negativos sobre los sensores de la placa de control de vuelo. La figura. 9 nos muestra el cuadricóptero terminado, aunque no preparado para volar ya que falta volcar el programa sobre el microcontrolador, ajustar los parámetros de vuelo, elegir el modo de vuelo adecuado en la emisora, etc.



Figura 9. Cuadricóptero terminado.

Una vez terminado el montaje del cuadricóptero, se configuró la herramienta software “*MikroKopter Tool*”, que está especialmente diseñada para el cuadricóptero. Esta aplicación, también conocida como “*MkTool*”, permite acceder a las opciones de los parámetros del sistema, volcar el programa sobre el microcontrolador de la placa de control, informar sobre diferentes errores existentes en el sistema completo y visualizar, en tiempo real, gran cantidad de variables que forman parte del cuadricóptero (sensores, velocidad individual de cada motor, variables del código del microcontrolador, etc.) mediante un osciloscopio. Todo ello gracias a la conexión vía USB entre la placa de control de vuelo (*Flight-Control*) y el PC. La siguiente figura nos muestra una imagen que ilustra dicha herramienta:

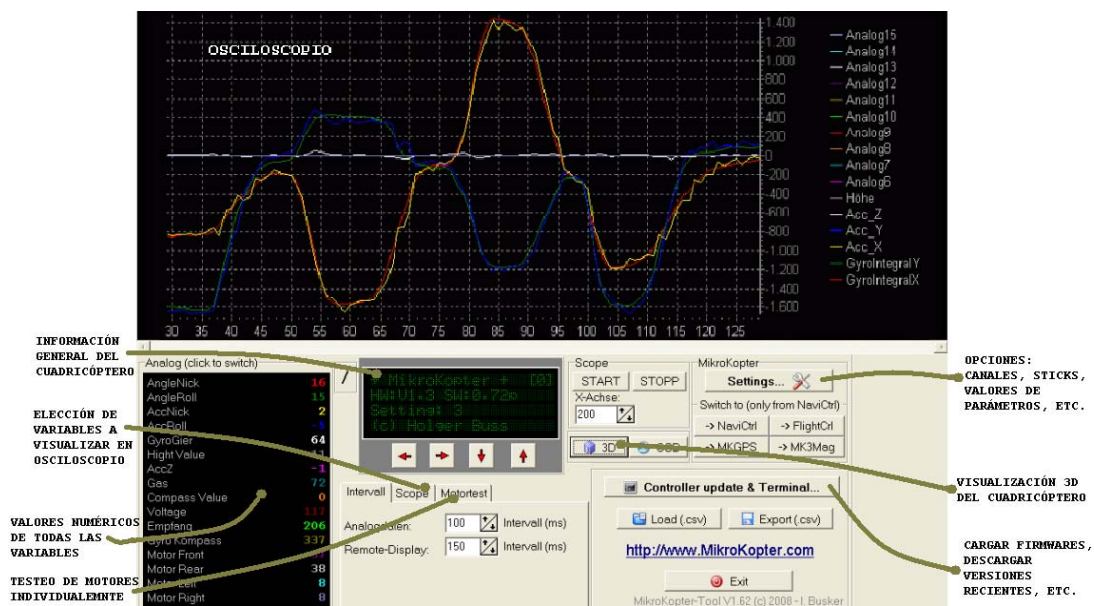


Figura 10. Software del *UCOkopter (MkTool)*.

Finalmente, con la emisora y el cuadricóptero configurados adecuadamente, y después de que los alumnos se entrenaran en cualquier simulador de vuelo disponible, se procedió a poner en marcha del *UCOkopter*.

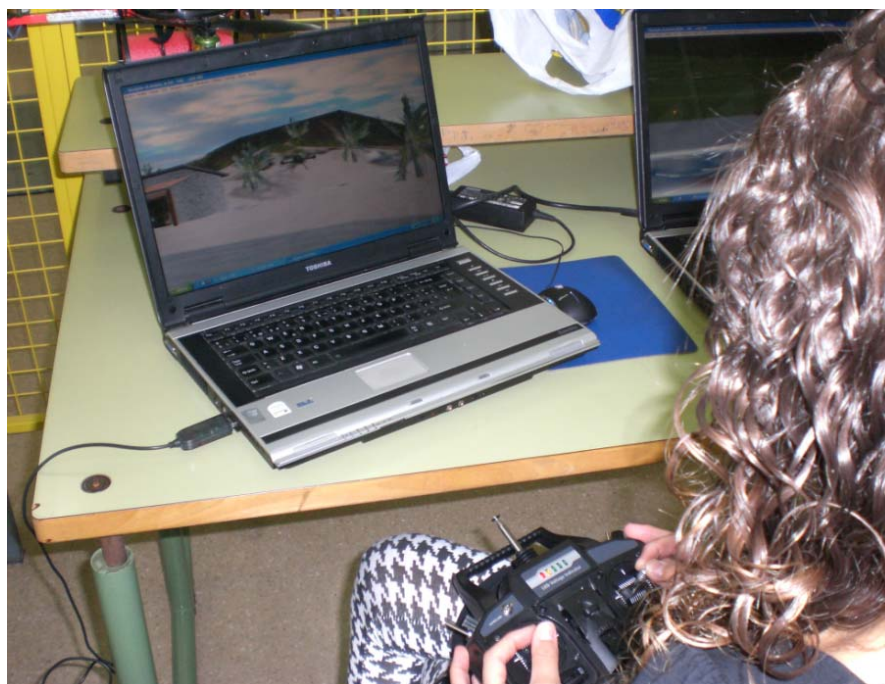


Figura 11. Entrenamiento con el simulador de vuelo FMS.



Figura 12. Simulador de vuelo FMS con el modelo *Mikrokopter*.

En las siguientes figura se observa a los alumnos probando el UCOKopter dentro del Laboratorio de Automática a bajas alturas, antes de realizar pruebas de mayor altitud al aire libre.



Figura 13. Primeras pruebas del *UCOKopter*.



#### **4. Materiales y métodos** (describir la metodología seguida y, en su caso, el material utilizado)

Para llevar a cabo la experiencia se estableció la siguiente metodología:

1. Se eligió un profesor responsable de la experiencia, de entre los firmantes del presente documento.
2. Entre los alumnos, se eligió un coordinador del grupo, que fue el interlocutor con el profesor responsable.
3. En una reunión se establecieron los requisitos finales del equipo a diseñar.
4. Los alumnos decidieron sobre la adquisición de los componentes necesarios, familiarizándose con el manejo de catálogos.
5. La tarea más sensible del proceso fue el montaje de todos los componentes para formar el objeto del proyecto, en la que participaron todos los alumnos.

#### **5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso** (concretar y discutir los resultados obtenidos y aquéllos no logrados, incluyendo el material elaborado y su grado de disponibilidad)

El cuadricóptero fabricado, mostrado en la fotografía de la figura 13, se encuentra totalmente operativo en el Laboratorio de Automática, situado en el aulario. Además de haberlo utilizado los alumnos que han trabajado en su diseño durante el curso 2008/09, el cuadricóptero está siendo utilizado por dos alumnos de proyecto fin de carrera de la titulación.

Entre las operaciones realizadas por todos estos alumnos destaca la incorporación de algunos elementos que mejoran las prestaciones del cuadricóptero, como el montaje de la tapadera protectora (tapa de una tarrina de CD's), o la incorporación de cilindros de polietileno en el tren de aterrizaje para mejorar la absorción del impacto con el suelo. Dichas acciones han sido por iniciativa de los alumnos después de discutir las posibilidades disponibles.

Por otra parte, se ha logrado establecer una conexión vía USB entre el cuadricóptero y el PC, a través de la que se ha podido volcar distintas versiones de código en la placa de control de vuelo, disponibles en la página Web de *mikrokopter*, visualizar variables y acceder a los parámetros de opciones de vuelo mediante el software MkTooL. También se puede destacar, como resultado secundario, un mayor conocimiento acerca del mundo del aeromodelismo, ya que si se pretende diseñar algún método de control para el cuadricóptero, dicho conocimiento es imprescindible.

Sobre la experiencia se han grabado varios vídeos, algunos de los cuales se han colgado en el portal Youtube.

#### **6. Utilidad** (comentar para qué ha servido la experiencia y a quienes o en qué contextos podría ser útil)

El proyecto ha cumplido su principal objetivo, que consistía en lograr una experiencia de trabajo en equipo que motivara al alumno a enfrentarse con un problema de ingeniería real.

El UCOKopter fabricado ha sido utilizado por los propios alumnos de las asignaturas involucradas como por dos alumnos que están realizando su proyecto fin de carrera, que consiste en proponer diversos modos de control, eligiendo finalmente, de una manera justificada, la estrategia más adecuada.

Además, este cuadricóptero puede ser utilizado en otros proyectos fin de carrera o en investigación, ya que proporciona muchas posibilidades. Por ejemplo, se puede implementar una conexión inalámbrica entre el cuadricóptero y el PC (*Mikrokopter Tool*) con el fin de obtener un modelo de la dinámica de vuelo del aparato. También se pueden diseñar estrategia de aterrizaje o despegue autónomo mediante visión artificial. Estos será objetivos de futuros proyectos.

## 7. Observaciones y comentarios (comentar aspectos no incluidos en los demás apartados)

Dado el interés suscitado por el equipo, se ha solicitado la ampliación del proyecto docente, al menos un año más, en el que se tratará de involucrar a alumnos del presente curso.

## 8. Autoevaluación de la experiencia (señalar la metodología utilizada y los resultados de la evaluación de la experiencia)

Los resultados obtenidos han sido superiores a los previstos:

- Desde el punto de vista formativo, los alumnos ha participado en una actividad próxima a la que se tendrá que desenvolver en su futuro profesional, seleccionando componentes en catálogos, adquiriéndolos al mejor precio, instalándolos, acertando y equivocándose en la elección,...
- Desde el punto de vista la las competencias actitudinales, el alumno ha realizado en grupo una actividad en la que las sumas de las partes ha formado un todo tangible: el UCOKopter. A su vez, se ha trabajado en una actividad donde el profesor no sólo ha transmitido sus conocimientos sino que ha sido un elemento más en el equipo de trabajo, coordinando, aconsejando y, en algunos momentos de dificultar, también trabajando. Se ha favorecido la relación profesor-alumno fomentando el paradigma de enseñar a aprender.

## 9. Memoria económica

El importe total concedido para la actividad fue de 1.900 € Las siguientes facturas fueron enviadas a la Unidad de Calidad.

| SUMINISTRADOR     | NÚMERO     | IMPORTE          |
|-------------------|------------|------------------|
| HISYSTEMS GMBH    | 11283      | 872,70 €         |
| Los Guillemos     | 1020/08    | 354,50 €         |
| Carrefour         | A090002534 | 5,40 €           |
| ElectronicaRC     | F09/018    | 273,00 €         |
| Himodel           | FA09/01232 | 225,01 €         |
| Comercial Agrocor | 21/006527  | 6,26 €           |
| Himodel           | FA09/01931 | 167,99 €         |
| <b>TOTAL</b>      |            | <b>1904,86 €</b> |

## 10. Bibliografía

- Apuntes de clase de la asignatura: Ingeniería de Control I e Ingeniería de Control II.
- <http://www.Mikrokopter.de/ucwiki/>
- <http://www.vimeo.com/>
- <http://www.aeromodelismovirtual.com/>

- [http://www.atmel.com/dyn/Products/tools\\_card.asp?tool\\_id=2725](http://www.atmel.com/dyn/Products/tools_card.asp?tool_id=2725)
- <http://www.e-radiocontrol.com.ar/>
- <http://www.himodel.es/>

**Córdoba, a 30 de septiembre de 2009**

Francisco Javier Vázquez Serrano