



**baliabideak**  
material de aprendizaje



# Programación de un robot planar para que dibuje

Isidro Calvo

**Cuaderno del estudiante**

IKD baliabideak 5 (2013)



**baliabideak**

## INDICE

A.CONTEXTO DE LA ASIGNATURA .....	3
A.1) Datos básicos.....	3
A.2) Competencias de la asignatura .....	3
A.3) Relación con otras asignaturas de la titulación .....	3
B.TEMARIO.....	4
B.1) Desarrollo del temario.....	5
C.PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO .....	6
C.1) Pregunta motriz .....	6
C.2) Preguntas guía .....	7
C.3) Conocimientos previos .....	8
C.4) Formación de los grupos .....	8
D.ACTIVIDADES, ENTREGABLES Y EVALUACIÓN .....	8
D.1) Actividades.....	8
D.2) Lista de entregables .....	11
D.3) Sistema de evaluación .....	12
D.4) Ingredientes del aprendizaje colaborativo.....	13
D.5) Recursos .....	14
E.ANEXOS .....	16
E.1) Modelos de actas .....	16
E.2) Evaluación de los entregables .....	18
E.3) Rúbricas para la evaluación.....	18

## A.CONTEXTO DE LA ASIGNATURA

### A.1) Datos básicos

Se trata de una asignatura de 3er curso, específica del módulo de tecnología específica del grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática. Los alumnos la deberían cursar después de haber aprobado las asignaturas del módulo de formación básica y las del módulo común a la rama industrial.

### A.2) Competencias de la asignatura

El principal objetivo de esta asignatura consiste en profundizar en los conocimientos informáticos adquiridos en asignaturas previas así como su utilización en aplicaciones industriales. Además, se presentarán conceptos básicos de comunicaciones industriales. Los conocimientos adquiridos en esta asignatura se utilizarán en otras asignaturas de la titulación que se impartirán en paralelo o con posterioridad.

Concretamente, la asignatura se focaliza sobre las competencias necesarias para los futuros graduados en Ingeniería Industrial en Electrónica Industrial y Automática en el área de "*Aplicación de la informática industrial y las comunicaciones*".

Esta competencia se materializa en los siguientes objetivos:

- Aprender por propia iniciativa lenguajes de programación y herramientas de desarrollo.
- Aplicar los conocimientos de otras asignaturas de la carrera para evaluar las necesidades de las aplicaciones de control.
- Diseñar e implementar sistemas de control de procesos industriales mediante el uso de computadores que satisfagan ciertas especificaciones, trabajando en equipo y generando la documentación adecuada.
- Interpretar la documentación técnica en el ámbito de informática industrial para poder evaluar las soluciones más adecuadas (p.e. tipos de plataformas hardware, sensores y actuadores, etc.) en la implementación de los sistemas informáticos de control.
- Diseñar e implementar sistemas sencillos de supervisión, control y adquisición de datos en los procesos industriales.
- Dividir un problema complejo en subproblemas más simples (*Divide y vencerás*)
- Construir módulos básicos y realizar pruebas unitarias.
- Construir soluciones complejas integrando módulos sencillos.
- Interpretar la documentación técnica en el ámbito de las comunicaciones entre ordenadores.
- Evaluar los estándares más adecuados de comunicaciones para cada tipo de aplicación.

### A.3) Relación con otras asignaturas de la titulación

A continuación se describe brevemente la relación de Informática Industrial con otras asignaturas de la titulación:

Asignatura	Curso	Cuatrimestre	Créditos
<i>Antes (Prerrequisitos)</i>			
Fundamentos de Informática	1º	1º	6
Automatismos y Control	2º	2º	6
<i>En paralelo</i>			
Regulación Automática	3º	1º	6
<i>Después</i>			
Sistemas Electrónicos Digitales	3º	2º	6
Robótica	3º	2º	6
Automatización Industrial	3º	2º	6
Sistemas Empotrados (Optativa)	4º	1º	6
Ampliación de Informática Industrial (Optativa)	4º	2º	6
Control por computador (Optativa)	4º	2º	6

Relación de la asignatura con otras de la titulación

## B.TEMARIO

A continuación se detalla el temario de la asignatura:

### 1. Presentación

Este tema introduce la asignatura. Se describe el temario, bibliografía, objetivos y el procedimiento de evaluación.

### 2. Introducción

Problemática específica de las aplicaciones de control. Rol del computador en el control de diferentes tipos de sistemas industriales. Comparación control centralizado vs. control distribuido.

### 3. Sistemas Operativos

Funciones principales de los sistemas operativos. Tipos de sistemas operativos. Componentes de un sistema operativo. Rol del Núcleo. Planificador de tareas.

### 4. Programación avanzada en C

Programación en C: Variables. Instrucciones de control de flujo. Funciones. Estructuras de datos complejas. Llamadas a funciones de biblioteca. Uso del API del sistema operativo. Descomposición de un problema complejo en funciones (Diseño *top-down*). Pruebas unitarias. Construcción de software complejo a partir de componentes más simples (*bottom-up*). Introducción a la programación concurrente.

### 5. Programación de sistemas embebidos/empotrados

Problemática de programación de sistemas embebidos/empotrados. Ciclo de ejecución de los sistemas embebidos: Adquisición de datos, ejecución del algoritmo de control y actuación.

## 6. Introducción a las redes de comunicación

Estructuración de las comunicaciones en capas. Descripción del modelo de referencia OSI de ISO. Descripción de la pila de protocolos TCP/IP.

## 7. Comunicaciones industriales

Problemática específica de las comunicaciones de datos en entornos industriales. Pirámide de automatización. Buses de campo. Redes comunes en entornos industriales.

### B.1) Desarrollo del temario

En este apartado se resume la estimación de horas no presenciales para cada tipo de docencia.

Temas	Lugar / Tipo docencia	Presencial (Horas)	No presencial (Horas)
Presentación, Sistemas operativos, Introducción a las comunicaciones, Comunicaciones Industriales	Aula / Magistral	18	32
Presentación del proyecto, Introducción SO, Estudio del API de nxtOSEK, Técnicas de programación concurrente, Ejecutivos cíclicos vs. Programación de tareas, Arquitecturas de referencia	Aula / Actividades en clase	9	12
Programación en C	Laboratorio / Actividades en grupo	6	10
Subproyecto PrC-1	Laboratorio / Proyectos	6	12
<b>Examen-Programación C (Semana 7*)</b>	<b>Aula</b>	<b>2</b>	
Subproyecto PrC-2 (Desarrollo y presentación)	Laboratorio y Aula / Proyectos	15	23
Configuración de equipos en TCP/IP	Laboratorio / Actividades en clase	2	1
<b>Examen Final (Enero: Periodo de exámenes)</b>	<b>Aula</b>	<b>2</b>	
<b>Total (150 h)</b>		<b>60</b>	<b>90</b>

Desarrollo del temario

## C.PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

### C.1) Pregunta motriz

#### *¿Serías capaz de programar un robot que dibuje?*

Formáis parte del equipo de ingenieros de software de la empresa Megatronix-EHU, especializada en la realización de sistemas mecatrónicos. Existe otro equipo de ingenieros mecánicos que ha realizado el diseño mecánico del plotter (proporcionado por el profesor). Los alumnos participantes en la asignatura, es decir vosotros, debéis realizar el programa que controle el prototipo del plotter y que sea capaz de dibujar polígonos regulares de  $n$  lados. Una versión mejorada de este prototipo se venderá posteriormente como dispositivo de impresión.

Cabe señalar que los plazos de desarrollo del prototipo software son muy críticos debido a que el producto debe comercializarse antes que el de la competencia (se sabe que una empresa competidora está trabajando en un dispositivo similar, aunque están van más atrasados que en nuestra empresa).

El proyecto planteado cubrirá los siguientes temas del temario: Sistemas operativos (Tema 2); Programación avanzada en C (Tema 3); y Programación de sistemas embebidos (Tema 4). Aunque se realizará algunas actividades relacionadas con el proyecto en el aula, la mayor carga de trabajo se realizará en el laboratorio.

Este proyecto constará de dos subproyectos:

1. **Un estudio de viabilidad** (subproyecto PrC-1): consistente en la programación de una pequeña aplicación que simula las trayectorias de un robot polar (más sencillo de implementar) en lenguaje C y las escribe en un fichero de texto que será analizado con posterioridad con EXCEL, Matlab o similar. En este caso no se utilizará ningún dispositivo empotrado, sino que se programará directamente sobre un ordenador de sobremesa.
2. **La programación del controlador** (subproyecto PrC-2): consistente en la programación de una CPU LEGO Mindstorms para mover una estructura mecánica consistente en un robot SCARA de dos dimensiones. La plataforma LEGO Mindstorms es una plataforma con una capacidad de cómputo suficiente para ejecutar programas de cierta complejidad que están escritos en diferentes lenguajes de programación directamente sobre el firmware o sobre sistemas operativos muy básicos. Además, es posible conectar diversos sensores la adquisición de datos y unos servomotores sencillos pero potentes que permiten mover las partes mecánicas de los robots. En este caso será necesario utilizar herramientas de compilación cruzada, ya que el programa se realizará en un ordenador de sobremesa, pero se ejecutará en el procesador del bloque LEGO.

El subproyecto PrC-2 constará de las siguientes fases principales:

- Diseño de un plan de ejecución del proyecto.
- Identificar las necesidades específicas de autoaprendizaje previas a realizar la programación del robot.
- Construcción/modificación de la parte mecánica del robot. (Sólo si es necesario)
- Programación de la CPU del bloque LEGO.

Presentación del trabajo realizado al resto de los alumnos de clase. Se deberá realizar un vídeo demostrativo de 2/3 minutos del robot en funcionamiento.

## **C.2) Preguntas guía**

Para motivar, implicar y orientar a los alumnos en el desarrollo del proyecto se plantean las siguientes preguntas:

### ***¿Qué necesitáis aprender para desarrollar el proyecto?***

Debéis identificar qué partes del temario de la asignatura necesitáis aprender para poder desarrollar el proyecto.

### ***¿Cuáles son mis verdaderos conocimientos de lenguajes de programación?***

En la asignatura de Fundamentos de Informática de 1er curso se ha programado en Visual Basic. Ahí, se aprendieron conceptos básicos de programación tales como: variables simples, arrays, estructuras condicionales, iterativas, etc. Sin embargo, éste no es un lenguaje de programación muy utilizado para la programación de sistemas empujados. Uno de los lenguajes de programación más utilizados por los ingenieros electrónicos es el lenguaje de programación C. Por tanto, el proyecto se desarrollará en este lenguaje. Para ello, el profesor proporcionará material de apoyo para que los alumnos se manejen en este lenguaje.

### ***¿Cómo es la API de nxtOSEK?***

Una opción para programar los robots LEGO es utilizar un sistema operativo muy básico, OSEK (originalmente diseñado para ser utilizado en las ECUs, Electronic Control Units, del sector automovilístico). Como parte del proyecto, los alumnos deberán conocer este sistema operativo y las funciones básicas que aporta su API.

### ***¿Cómo se consigue que un robot de dos ejes realice una trayectoria concreta?***

Para que el robot dibuje una la trayectoria concreta se deberá resolver un problema conocido como *cinemática inversa* (que se estudiará posteriormente en la asignatura de robótica). Tras resolver este problema se podrá determinar cuánto es preciso mover cada uno de los servomotores del robot para que el lápiz del plotter llegue a la posición deseada. Cabe señalar que en el caso general de un robot industrial típico que cuenta con 5 ó 6 grados de libertad este problema presenta cierta complejidad. Sin embargo, en caso de un robot de tipo SCARA de dos ejes como el que se propone

la complejidad se reduce a la realización de un cálculo relativamente sencillo. De hecho, la solución se puede encontrar fácilmente en Internet.

### C.3) Conocimientos previos

Tal y como se ha indicado previamente, se asumen conocimientos previos para realizar el proyecto. En particular, se asumen conocimientos básicos sobre el uso y programación de ordenadores, sistemas operativos y programas informáticos utilizados en ingeniería, adquiridos en la asignatura de *Fundamentos de Informática* y conocimientos sobre los fundamentos de los automatismos y métodos de control adquiridos en la asignatura de *Automatismos y Control*.

### C.4) Formación de los grupos

Los grupos estarán formados prioritariamente por 3 personas. En caso de que el número de alumnos no sea múltiplo de tres, se permitirá que haya algún grupo de 2 alumnos.

Dado que la realización del proyecto exige que se pueda quedar fuera del horario lectivo, los alumnos deben tener horarios compatibles. Una vez asegurada la compatibilidad horaria, se permitirá que los grupos se creen en base a afinidades personales. Estos grupos se mantendrán para las actividades en grupo realizadas en el aula.

## D.ACTIVIDADES, ENTREGABLES Y EVALUACIÓN

### D.1) Actividades

En esta sección se detallan las principales actividades que se realizarán durante el desarrollo del proyecto:

#### D.1.1) Aprendizaje colaborativo en el aula

- **AC1 - Introducción – Estudio de las principales características de los sistemas de control industrial (Brainstorming)** En esta actividad se presentarán diversos vídeos de sistemas empotrados que incluyan sistemas aviónicos, trenes, automóviles, robots, etc. Se pedirá a los alumnos que trabajen en grupos para identificar los temas que necesitarían aprender para realizar estos tipos de sistemas. En cada grupo un portavoz, saldrá a la pizarra a añadir los temas identificados en su grupo.
- **AC2 - Sistemas operativos – Introducción a los sistemas operativos (Puzzle)** En esta actividad se proporcionará a los alumnos un texto (sacado de la wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Operating\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Operating_system)) en el que se describen las principales tareas que realiza un sistema operativo en general. A cada miembro del equipo se le asignará un apartado del texto que se pondrá en común con el resto de miembros.
- **AC3 - Sistemas operativos – Estudio del sistema operativo nxtOSEK (Puzzle y presentación)** En esta actividad se proporcionará a los alumnos la dirección de la página Web del proyecto nxtOSEK (<http://lejos-osek.sourceforge.net/>) para que la trabajen en casa, haciendo especial énfasis



en los orígenes y aplicaciones en el mundo del automóvil de OSEK, estructura del SO, planificador y API. En clase realizarán una puesta en común por grupos de las principales características. Todos los grupos de trabajo elaborarán una presentación de 15 minutos. Se escogerá un grupo al azar para realizar la presentación en el aula.

- **AC4 - Definición del esqueleto del programa de control del robot (Sistemas empotrados y Programación Avanzada en C) (Puzzle y Brainstorming)** Esta tarea se realizará en clase en los grupos del proyecto. En ella, los alumnos analizarán unas transparencias, preparadas por el profesor (Puzzle), donde se compara con un ejemplo cómo se puede implementar un sistema empotrado que realiza diversas tareas simultáneamente con un ejecutivo cíclico o con tareas controladas por el sistema operativo. Cada grupo realizará un primer análisis de las tareas que deberá ejecutar el programa para controlar el robot así como las estructuras de memoria que compartirán las tareas (Brainstorming).
- **AC5 - Arquitecturas de referencia (Brainstorming y Puzzle)** En esta tarea los alumnos primero realizarán un brainstorming para identificar todos los aspectos de comunicación que se ven involucrados en tres escenarios: (1) la descarga de una página Web de la NASA (<http://www.nasa.gov/>), (2) el envío de un email y (3) una teleconferencia a través de Internet entre dos ordenadores (p.e. situados en Vitoria y Sidney). Una vez realizado el brainstorming se proporcionará un material de referencia para que lo analicen en grupos acerca de cómo se estructuran las arquitecturas de referencia (Puzzle).

#### **D.1.2) Aprendizaje colaborativo en el laboratorio**

- **AC6 - Curso de programación en C (Puzzle)** Esta actividad pretende capacitar a los alumnos para autoaprender un lenguaje de programación a partir de unos conocimientos de informáticos básicos (Resultado de aprendizaje R1). El curso se presenta como una serie de puzzles a partir de tres tutoriales que el profesor proporciona a los alumnos: Un tutorial desarrollado por el profesor, otro disponible en Internet, [http://mat21.etsii.upm.es/ayudainf/aprendainf/AnsiC/leng\\_c.pdf](http://mat21.etsii.upm.es/ayudainf/aprendainf/AnsiC/leng_c.pdf) y un tercero disponible en <http://www.elrincondelc.com/cursoc/cursoc.html> que cubren sobradamente las necesidades de programación para desarrollar los proyectos propuestos.  
Cada sesión se centrará en un apartado esencial diferente: (1) Variables, ámbito de visibilidad y operadores básicos, (2) Instrucciones de control de flujo y (3) Funciones y uso de parámetros. El profesor actúa como facilitador e irá rotando continuamente entre los grupos del laboratorio aclarando todas las dudas que surjan.
- **AC7 - Configuración de equipos en TCP/IP (Práctica guiada de laboratorio)** El profesor proporcionará una guía de configuración de equipos en TCP/IP que los alumnos deberán seguir en los ordenadores del laboratorio. El guión de

prácticas describe el uso de un conjunto de herramientas básicas de configuración de ordenadores relacionadas con los protocolos TCP/IP.

### **D.1.3) Aprendizaje basado en proyectos**

- **ABP1 - Presentación del proyecto:** Se describirá el proyecto a realizar y las normas de funcionamiento en clase. Como parte de la descripción del proyecto se presentará un vídeo del robot LEGO en el que se puede observar el funcionamiento del robot que tienen que construir y programar (<http://ehutb.ehu.es/es/video/3400.html>). Se pedirá que identifiquen qué necesitan aprender para poder construirlo. Se constituirán los grupos y se definirán las normas de funcionamiento internas de cada grupo.
- **ABP2 - Programación de las trayectorias de un robot polar (Subproyecto-PrC1)** Esta actividad pretende que los alumnos se familiaricen con el lenguaje de programación C. Se propone la programación de un problema similar, aunque más sencilla, del problema de generación de las trayectorias de un robot SCARA que debe ser resuelto como parte del Subproyecto-PrC2. No obstante, gran parte del programa así como su estructura (división en funciones), será reutilizable en ambos subproyectos.
- **ABP3 - Programación de un robot SCARA LEGO de dos dimensiones (Subproyecto-PrC2)** Esta actividad constituye el núcleo del proyecto, dado que los alumnos deberán construir y programar un robot LEGO para que realice trayectorias rectilíneas.
  - **ABP3.1 - Revisión y modificación del plan inicial de ejecución del proyecto (Trabajo en grupo y revisión por pares):** En la primera sesión de laboratorio se revisará el plan de trabajo inicial diseñado en la introducción (2ª semana de clase). El nuevo plan de trabajo se referirá al subproyecto PrC-2. Se pergeñarán la duración e hitos concretos y se establecerá un responsable por tarea. Esta fase incluirá la detección de las necesidades específicas de autoaprendizaje previas a la programación del robot. Como producto de esta fase se generará el plan de ejecución definitivo. Asimismo, se revisarán las normas de funcionamiento.  
 Los grupos realizarán evaluaciones por pares de los planes de trabajo de otros grupos con la intención de enriquecer sus planes de trabajo.  
 Dado que los alumnos ya han trabajado en equipo en este punto se permitirá en este punto modificar el acta de constitución del grupo (Normas de funcionamiento, etc.)
  - **ABP3.2 - Uso de las herramientas de programación de nxtOSEK:** En esta fase los alumnos deberán autoaprender a utilizar el API del sistema operativo nxtOSEK, incluyendo las técnicas específicas de programación en C, funcionamiento de la plataforma hardware-software, comportamiento de los sensores del robot, manejo de los actuadores (los servomotores), el entorno de programación y descarga de código al sistema empujado, depurado básico de los programas, etc. Como resultado de esta tarea se exigirá una evaluación crítica de la plataforma, beneficios e inconvenientes esperados, etc.

- **ABP3.3 - Construcción del robot:** El profesor proporcionará un diseño mecánico básico para que los alumnos puedan construir el brazo robótico a partir de componentes LEGO. Se permite, y se recomienda, que los alumnos introduzcan sus modificaciones. Como resultado se exigirá el montaje del robot así como un documento con cuatro fotos del robot, con las vistas de planta, alzado, perfil e isométrico. También se pide que en documento se detallen las piezas utilizadas con sus códigos de referencia.
- **ABP3.4 - Programación de la CPU:** Los alumnos realizarán el programa solicitado. Como entregable de esta fase los alumnos proporcionarán el código fuente comentado y un vídeo en el que se muestre el movimiento del robot.
- **ABP3.5 - Presentación del trabajo realizado:** Los alumnos en clase realizarán una presentación de 15-20 minutos en la que muestran el robot en funcionamiento y explican cuáles han sido los principales problemas encontrados y las desviaciones que han aparecido con respecto al plan de trabajo inicial. Como entregable proporcionarán las transparencias de la presentación y un vídeo del robot en funcionamiento.

## D.2) Lista de entregables

El proyecto se ha diseñado de forma que todas las actividades requieren la entrega de al menos un entregable. A continuación se detalla la lista de entregables.

Actividad	Entregable	Descripción	Sem
	E0	Encuesta inicial de expectativas sobre la asignatura y conocimientos previos.	1
AC1	E1	Diagrama por grupo con los temas identificados en el brainstorming y su relación con el <b>temario</b> . Se sube un diagrama por grupo a través de Moodle.	2
ABP1	E2	Acta de constitución del grupo de acuerdo a la plantilla proporcionada. Deberá incluir los miembros del equipo, una fecha semanal fuera del horario lectivo para quedar y un conjunto de normas internas de funcionamiento. Asimismo, se pergeñarán las necesidades de aprendizaje iniciales así como un primer boceto del plan de trabajo.	2
AC2	E3	Documento resumen con las principales <b>características genéricas de los sistemas operativos</b> . Se subirá un documento por grupo a través de Moodle.	3
AC6		Aprender a programar en C. No se exige entregable de esta actividad ya que se realizará la actividad PrC-1 y se hará un examen individual de programación en C.	2,3,4
AC3	E4	Transparencias de la presentación del <b>sistema operativo nxtOSEK</b> .	6

ABP2	E8	Código fuente debidamente comentado y dividido en funciones que genera la trayectoria de un robot polar y la escribe en un fichero de texto.	7
ABP3.1	E9	Revisión del acta de constitución del grupo de acuerdo al modelo proporcionado. Plan de ejecución del proyecto modificado	8
AC4	E5	Estructura de código del programa de control del robot SCARA que incluya: (1) Cabeceras de las funciones con sus parámetros de entrada, salida y entrada-salida. (2) Descripción en texto de cada función (3) Atributos de las tareas (periodo, deadline, etc.) (4) Variables globales utilizadas	9
AC5	E6	Documento resumen explicando las principales funcionalidades de las arquitecturas de referencia	12
ABP3.2	E10	Informe de evaluación de las herramientas utilizadas	14
ABP3.3	E11	Documento de construcción del robot. Al menos debe contar con 4 fotos del robot (planta, perfil, alzada e isométrica) y proporcionar una relación de los códigos de pieza utilizadas en la construcción del robot.	14
ABP3.4	E12	Código fuente del control del robot debidamente comentado y dividido en funciones	14
ABP3.5	E13	Traspapeos de la presentación. Se proporcionará una plantilla para que incluyan las principales dificultades encontradas en el transcurso del proyecto y cómo se han resuelto. También se evaluará la desviación del proyecto con respecto al plan de trabajo inicial.	14
ABP3.5	E14	Vídeo del robot en funcionamiento dibujando una línea recta.	14
AC7	E7	Informe de laboratorio con capturas de pantalla que responde a las preguntas planteadas en el informe de configuración de equipos en TCP/IP.	15
	E15	Encuesta final de opinión	15

Relación de entregables

### D.3) Sistema de evaluación

La siguiente tabla detalla el sistema de evaluación y la ponderación de cada parte en la nota final de la asignatura.

Sistema de evaluación	
-----EXAMENES INDIVIDUALES-----	45%
<b>Examen Individual</b> de programación en C (Eliminatorio)	20%
<b>Examen Final Individual</b> que cubre los siguientes temas:	25%

Sistemas operativos, Introducción a las comunicaciones, Redes Industriales (Eliminatorio)	
-----APRENDIZAJE COLABORATIVO-----	10%
Los entregables del <b>aprendizaje colaborativo</b> E3, E4, E5, E6, E7 serán evaluados por pares. Cada documento se evaluará por 3 alumnos y se asignará la nota media a cada miembro del grupo.	10%
-----PROYECTO-----	45%
Evaluación de los informes del proyecto E8, E9, E10, E11, E13, E14 (Estos informes serán evaluados por el profesor)	10%
Código fuente del robot debidamente comentado y dividido en funciones E12	25%
Presentación del proyecto. Se escogerá al azar a un miembro del equipo para que exponga el proyecto. La nota obtenida será la misma para todo el equipo	10%

Sistema de evaluación

Será necesario haber aprobado el examen de programación en C para poder empezar a desarrollar el proyecto. Se realizará una repesca en el plazo de una semana para aquellos alumnos que hayan suspendido en la primera convocatoria. Los alumnos suspendidos no podrán aprobar por curso.

El profesor asignará una nota global al proyecto en base a la calidad de los entregables, y la presentación realizada en clase. No obstante, los alumnos deberán autoevaluar el esfuerzo relativo que han realizado en el proyecto. Para ello, cada grupo dispondrá de 10 puntos por miembro (es decir 30 puntos si hay 3 alumnos y 20 puntos si hay 2) y deberán llegar a un acuerdo para distribuir los puntos entre los componentes del grupo (p.e. 13, 10 y 7 puntos). Estos puntos se utilizarán por el profesor para modular la nota del proyecto por miembro del equipo. El objetivo de este método de autoevaluación es premiar a aquellos alumnos que han tenido más peso específico en el proyecto. Se hará especial hincapié en que el profesor no va a alterar la distribución de puntos obtenida a partir de esa corrección.

La evaluación extraordinaria será equivalente a la ordinaria y constará de 3 partes:

- Examen práctico de programación en C (20%)
- Examen teórico de contenidos teóricos (40%)
- Trabajo de programación de dificultad similar al propuesto (40%)

#### D.4) Ingredientes del aprendizaje colaborativo

- **Interdependencia positiva:** El desarrollo proyecto propuesto, incluida la parte de programación y montaje del robot, así como la elaboración de los entregables requeridos supone una carga de trabajo considerable. Con ello se consigue que no sea realizable por un único alumno del grupo sino que los alumnos tengan que colaborar entre sí para conseguir realizar la tarea en el tiempo especificado. Dado que en el curso 2012-13 se espera que haya unos 20 alumnos matriculados en la

asignatura, el número máximo de grupos será de 6 o 7 grupos. Este número facilita que todas las semanas el profesor realice una ronda de preguntas por cada grupo escogiendo a un alumno al azar para preguntarle acerca del desarrollo del proyecto.

- **Exigencia individual:** Se realizará un examen de programación en C individual que es eliminatorio y que deberá ser aprobado para poder realizar el proyecto. Por otra parte, la presentación final del trabajo realizado la realizará un miembro del equipo escogido al azar y la nota de la presentación se asignará al grupo. Así se garantizará que todos los miembros del equipo se preocupen de involucrar al resto.
- **Interacción cara a cara:** Se utilizarán las sesiones de laboratorio para desarrollar el proyecto, con lo cual se garantiza la interacción cara a cara al menos una vez por semana y, además, en presencia del profesor. También, se realizarán diversas actividades de aprendizaje colaborativo entre los miembros del grupo con lo que se obligará a la interacción cara a cara. Además, cada semana se exigirá un acta de reunión con los progresos realizados, tanto en las horas presenciales como no presenciales. El acta deberá detallar las principales aportaciones realizadas por cada miembro del equipo. A la hora de formar los grupos se exigirá que los miembros de cada grupo proporcionen horarios compatibles para poder realizar una reunión fuera de clase al menos una vez por semana.
- **Habilidades interpersonales y de trabajo en equipo:** Al inicio del proyecto, al crear los grupos, se solicitará un acta de constitución del grupo donde queden reflejadas las normas de funcionamiento por escrito. Además, los alumnos se repartirán tres roles diferenciados que irán rotando semanalmente: **Portavoz** (encargado de la comunicación con el profesor), **Secretario** (responsable de realizar las actas de las reuniones semanales) y **Moderador/Coordinador** (responsable de velar por el aprovechamiento adecuado y ordenado del tiempo del equipo).
- **Reflexión sobre el trabajo realizado:** En tres puntos del proyecto, concretamente, después del examen de programación en C y la planificación, a mitad del desarrollo del proyecto y al final del curso, los alumnos tendrán que responder una encuesta que les permita reflexionar acerca del trabajo realizado. Además, al final del proyecto tendrán que repartirse un total de 30 puntos entre los 3 miembros del equipo que afectarán a la nota final de los alumnos.

## D.5) Recursos

A continuación se detallan los principales recursos proporcionados a los alumnos para el desarrollo del proyecto.

### D.5.1) Bibliográficos

- Bibliografía básica, disponible en la biblioteca y en Moodle

- Transparencias del temario de la asignatura: Introducción, Sistemas Operativos, Tutorial de programación en C, Sistemas Empotrados, Introducción a las redes de ordenadores y redes en entornos industriales
- Otros textos de referencia que amplían diversos apartados del temario de informática industrial
- Otros manuales de aprendizaje disponibles en Internet (disponible en la plataforma Moodle): Manuales de programación en C, página de la plataforma nxtOSEK, API del sistema operativo nxtOSEK, diseños mecánicos construidos con kits Lego.
- Material relacionado con el trabajo en equipo: ficha del equipo, acta de reuniones, encuestas, etc. (disponible en la plataforma Moodle)
- Guía del estudiante (disponible en la plataforma Moodle)
- Wikipedia: Introducción a los sistemas operativos:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Operating\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Operating_system)
- Proyecto nxtOSEK: <http://lejos-osek.sourceforge.net/>
- Curso de programación en C:  
[http://mat21.etsii.upm.es/ayudainf/aprendainf/AnsiC/leng\\_c.pdf](http://mat21.etsii.upm.es/ayudainf/aprendainf/AnsiC/leng_c.pdf)
- Curso de programación en C:  
<http://www.elrincondelc.com/cursoc/cursoc.html>

#### **D.5.2) Audiovisuales**

- Enlaces a vídeos en YouTube relacionados con el funcionamiento de los sistemas empotrados en diferentes entornos.
- Vídeos de robots Lego en funcionamiento: Entre otros, el brazo robótico SCARA a construir.
- Videos explicativos de diferentes apartados del temario (p.e. arquitecturas de referencia)
- Vídeo del robot LEGO en funcionamiento:  
<http://ehutb.ehu.es/es/video/3400.html>

#### **D.5.3) Laboratorio**

- Ordenadores del departamento con conexión a Internet donde se pueden instalar los entornos de programación usados en el transcurso del proyecto
- Entorno de programación en C y entorno de programación cruzado para programar los robots Lego
- Windows Office para la elaboración de los entregables del proyecto
- Kit Lego Mindstorms por grupo con todas las piezas necesarias para construir un robot SCARA de acuerdo al diseño mecánico proporcionado por el profesor.

## E.ANEXOS

### E.1) Modelos de actas

#### E.1.1) Acta de constitución del grupo

ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL GRUPO		
Miembros:	Foto Grupo	
Normas de funcionamiento del grupo		
Reunión semanal	Día:	Hora:
Necesidades de aprendizaje:		
Calendario inicial propuesto:		
Firma miembros		



**E.1.2) Acta de reunión**

<b>ACTA DE REUNIÓN</b>			
<b>Fecha:</b>	<b>Hora comienzo:</b>	<b>Hora finalización:</b>	<b>Fecha/Hora Próxima reunión</b>
<b>Miembros asistentes:</b>		<b>Miembros ausentes:</b>	
<b>Grado de cumplimiento de los objetivos de la reunión anterior:</b>			
<b>Asuntos tratados:</b>			
<b>Acuerdos adoptados:</b>			
<b>Objetivos para la próxima reunión:</b>			
<b>Nombre y firma de los asistentes:</b>			

## E.2) Evaluación de los entregables

Ent.	Activ.	Descripción	Evalua.	Peso
E0		Encuesta inicial	Prof	0%
E1	AC1	Diagrama de temas y relación con temario	Prof	0%
E2	ABP1	Normas de funcionamiento y plan de trabajo propuesto	Alum	0%
E3	AC2	Características generales de los sistemas operativos.	Alum	2%
E4	AC3	Características del sistema operativo nxtOSEK	Alum	2%
E5	AC4	Esqueleto de código del programa de control del robot SCARA	Prof	2%
E6	AC5	Documento explicativo de las principales funcionalidades de las arquitecturas de referencia	Alum	2%
E7	AC7	Informe práctica configuración equipos TCP/IP	Prof	2%
E8	ABP2	Código fuente del robot polar	Prof	10%
E9	ABP3.1	Revisión del plan de trabajo	Prof	0%
E10	ABP3.2	Informe de evaluación de las herramientas utilizadas	Alum	0%
E11	ABP3.3	Documento de construcción del robot	Alum	0%
E12	ABP3.4	Código fuente del robot SCARA	Prof	25%
E13	ABP3.5	Presentación del proyecto	Alum	7%
E14	ABP3.5	Vídeo del robot en movimiento	Alum	3%
E15		Encuesta final	Prof	0%

Evaluación de los entregables. Peso en la asignatura

El peso está en porcentaje de la nota final de la asignatura. La evaluación de los entregables supone el 55% de la nota final.

Además, los alumnos deberán realizar un examen teórico que supone el 25% de la nota final y un examen de programación en C que supone el 20% de la nota final. Ambos exámenes son eliminatorios.

## E.3) Rúbricas para la evaluación

- **Entregable E2:** *Normas de funcionamiento y plan de trabajo propuesto.* Este entregable se evaluará por pares entre los alumnos de otros grupos de acuerdo a la siguiente rúbrica que se entregará a los alumnos.

**Peso en la nota final:** Este entregable no tiene peso en la nota final de la asignatura, dado que se pretende que los grupos intercambien ideas acerca de cómo diseñar las normas de funcionamiento y el plan de trabajo. Los alumnos evaluarán qué tal les parece que están hechos los planes de trabajo de los otros grupos para luego revisar el suyo propio.

Rúbrica	Grado de cumplimiento (1 Mín - 5 Máx)	Porcentaje Nota Entreg.
Las normas de funcionamiento son claras ( <i>Claridad</i> ).		10%
Las normas de funcionamiento permiten que el desarrollo del proyecto sea armonioso y permiten la resolución de potenciales conflictos que puedan surgir en el transcurso del proyecto (p.e. el abandono de un miembro del grupo). ( <i>Detección de peligros</i> )		10%
En general el plan de trabajo está bien estructurado con hitos bien definidos ( <i>Estructura</i> ).		30%
Se ha presentado un diagrama de Gantt ( <i>Estructura</i> ).		10%
El plan de trabajo es realizable ( <i>Factibilidad</i> ).		10%
Las tareas y los paquetes de trabajo están bien repartidos entre los miembros del equipo y tienen asignado un responsable ( <i>Equilibrio</i> ).		30%

- Entregable E3:** *Características generales de los sistemas operativos.* Este entregable se evaluará por pares entre los alumnos de otros grupos de acuerdo a la siguiente rúbrica que se entregará a los alumnos.  
**Peso en la nota final:** Este entregable tiene un peso del 2 % de la nota final de la asignatura.

Rúbrica	Grado de cumplimiento (1 Mín -5 Máx)	Porcentaje Nota Entreg.
El entregable está bien estructurado. ( <i>Estructura</i> )		25%
El entregable es fácil de entender. ( <i>Claridad</i> )		25%
Se ajusta al criterio de longitud especificado: 1-2 páginas. ( <i>Síntesis</i> )		25%
Describe las principales características de los sistemas operativos ( <i>Contenido</i> )		25%

- Entregable E4:** *Características del sistema operativo nxtOSEK.* Este entregable se evaluará por pares entre los alumnos de otros grupos de acuerdo a la siguiente rúbrica que se entregará a los alumnos.  
**Peso en la nota final:** Este entregable tiene un peso del 2 % de la nota final de la asignatura además resulta útil en el transcurso del subproyecto PrC-2

Rúbrica	Grado de cumplimiento	Porcentaje Nota Entreg.
---------	-----------------------	----------------------------

	(1 Mín -5 Máx)	
El entregable está bien estructurado. ( <i>Estructura</i> )		25%
El entregable es fácil de entender. ( <i>Claridad</i> )		25%
e ajusta al criterio de longitud especificado: 1-2 páginas. ( <i>Síntesis</i> )		25%
Describe los principales aspectos del funcionamiento y API del S.O. nxtOSEK ( <i>Contenido</i> )		25%

- Entregable E5:** *Esqueleto de código del programa de control del robot SCARA.* Este entregable lo evaluará el profesor de acuerdo a la siguiente rúbrica.  
**Peso en la nota final:** Este entregable tiene un peso del 2% de la nota final.

Rúbrica	Grado de cumplimiento (1 Mín -5 Máx)	Porcentaje Nota Entreg.
División adecuada del problema en subproblemas/funciones. ( <i>Diseño top-down de la funcionalidad</i> )		40%
Uso correcto de los parámetros de las funciones. ( <i>Estructura</i> )		20%
Uso adecuado de las variables globales definidas en el esqueleto. ( <i>Estructura</i> )		20%
Uso de las tareas concurrentes del programa.		20%

- Entregable E6:** *Documento explicativo de las principales funcionalidades de las arquitecturas de referencia.* Este entregable se evaluará por pares entre los alumnos de otros grupos de acuerdo a la siguiente rúbrica que se entregará a los alumnos.  
**Peso en la nota final:** Este entregable tiene un peso del 2% de la nota final.

Rúbrica	Grado de cumplimiento (1 Mín -5 Máx)	Porcentaje Nota Entreg.
El entregable está bien estructurado. ( <i>Estructura</i> )		20%
El entregable es fácil de entender. ( <i>Claridad</i> )		20%
Se ajusta al criterio de longitud especificado: 1-2 páginas ( <i>Síntesis</i> )		20%
Describe las principales características de las arquitecturas de referencia ( <i>Contenido</i> )		40%

- Entregable E7:** *Informe práctica configuración equipos TCP/IP.* Este entregable lo evaluará el profesor de acuerdo a la siguiente rúbrica.  
**Peso en la nota final:** Este entregable tiene un peso del 2% de la nota final de la asignatura.

Rúbrica	Grado de cumplimiento (1 Mín -5 Máx)	Porcentaje Nota Entreg.
El entregable está bien ordenado ( <i>Claridad y estructura</i> )		20%
Responde a todas las preguntas planteadas en el enunciado de la práctica con corrección ( <i>Contenido</i> )		80%

- **Entregable E8:** *Código fuente del robot polar.* Este entregable lo evaluará el profesor de acuerdo a la siguiente rúbrica.

**Peso en la nota final:** Este entregable tiene un peso del 10% de la nota final de la asignatura.

Rúbrica	Grado de cumplimiento (1 Mín -5 Máx)	Porcentaje Nota Entreg.
Código fuente bien estructurado. ( <i>Estructura y claridad</i> )		40%
El código está bien indentado. ( <i>Estructura y claridad</i> )		10%
El código fuente contiene los comentarios adecuados. ( <i>Estructura y claridad</i> )		10%
El ejecutable realiza la tarea propuesta: Escribir en un fichero de texto con la trayectoria del robot polar. ( <i>Especificaciones funcionales</i> )		40%

- **Entregable E9:** *Revisión del plan de trabajo.* Este entregable lo evaluará el profesor de acuerdo a la siguiente rúbrica.

**Peso en la nota final:** Este entregable no tiene peso en la nota final.

Rúbrica	Grado de cumplimiento (1 Mín -5 Máx)	Porcentaje Nota Entreg.
En general el plan de trabajo está bien estructurado con hitos bien definidos ( <i>Estructura</i> ).		40%
Se ha presentado un diagrama de Gantt ( <i>Estructura</i> ).		15%
El plan de trabajo es factible ( <i>Factibilidad</i> ).		15%
Las tareas y los paquetes de trabajo están bien repartidos entre los miembros del equipo ( <i>Equilibrio</i> ).		30%

- **Entregable E10:** *Informe de evaluación de las herramientas utilizadas.* Este entregable se evaluará por pares entre los alumnos de otros grupos de acuerdo a la siguiente rúbrica que se entregará a los alumnos. Este entregable sólo tiene sentido si los alumnos escogen entre diferentes herramientas, si no es sólo una encuesta de opinión.

**Peso en la nota final:** Este entregable no tiene peso en la nota final.

Rúbrica	Grado de cumplimiento (1 Mín -5 Máx)	Porcentaje Nota Entreg.
El entregable está bien estructurado. ( <i>Estructura</i> )		25%
El entregable es fácil de entender. ( <i>Claridad</i> )		25%
Se ajusta al criterio de longitud especificado: 1-2 páginas ( <i>Síntesis</i> )		25%
Describe las principales ventajas e inconvenientes de las herramientas consideradas ( <i>Contenido</i> )		25%

- **Entregable E11:** *Documento de construcción del robot.* Este entregable se evaluará por pares entre los alumnos de otros grupos de acuerdo a la siguiente rúbrica que se entregará a los alumnos. Este entregable tiene sentido si los alumnos realizan cambios en la parte mecánica del robot.

**Peso en la nota final:** Este entregable no tiene peso en la nota final.

Rúbrica	Grado de cumplimiento (1 Mín -5 Máx)	Porcentaje Nota Entreg.
El entregable está bien estructurado. ( <i>Estructura</i> )		25%
El entregable es fácil de entender. ( <i>Claridad</i> )		25%
Se ajusta al criterio de longitud especificado: 1-2 páginas ( <i>Síntesis</i> )		25%
Permite reconstruir el robot ( <i>Contenido</i> )		25%

- **Entregable E12:** *Código fuente del robot SCARA.* Este entregable lo evaluará el profesor de acuerdo a la siguiente rúbrica.

**Peso en la nota final:** Este entregable tiene un peso del 25% de la nota final de la asignatura.

Rúbrica	Grado de cumplimiento (1 Mín -5 Máx)	Porcentaje Nota Entreg.
Código fuente bien estructurado. ( <i>Estructura y claridad</i> )		30%

El código está bien indentado. ( <i>Estructura y claridad</i> )		15%
El código fuente contiene los comentarios adecuados. ( <i>Estructura y claridad</i> )		15%
El ejecutable realiza la tarea propuesta: Ejecuta la trayectoria del robot SCARA de acuerdo al enunciado. ( <i>Especificaciones funcionales</i> )		40%

- **Entregable E13: Presentación del proyecto.** Este entregable lo evaluarán los alumnos de acuerdo a la siguiente rúbrica.

**Nota:** Los alumnos deberán asignar un orden de puntuación de 1 (mínimo) al número de grupos (máximo) en cada apartado para cada presentación. La puntuación final será relativa.

**Peso en la nota final:** Este entregable tiene un peso del 7% de la nota final de la asignatura.

Rúbrica	Orden grupo De 1 (min) a N. grupos	Porcentaje Nota Entreg.
Organización de las transparencias ( <i>Organización y claridad</i> )		30%
Calidad de la presentación oral ( <i>Exposición oral</i> )		40%
Respuestas a las preguntas realizadas por el profesor y el resto de los alumnos ( <i>Reactividad</i> )		30%

- **Entregable E14: Vídeo del robot en movimiento.** Este entregable lo evaluarán los alumnos de acuerdo a la siguiente rúbrica.

**Nota:** Los alumnos deberán asignar un orden de puntuación de 1 (mínimo) al número de grupos (máximo) en cada apartado para cada presentación. La puntuación final será relativa.

**Peso en la nota final:** Este entregable tiene un peso del 3% de la nota final de la asignatura.

Rúbrica	Orden grupo De 1 (min) a N. grupos	Porcentaje nota
Calidad del vídeo realizado ( <i>Calidad</i> )		60%
Duración adecuada ( <i>Síntesis</i> )		40%



Calvo, I. (2013). Programación de un robot planar para que dibuje – IKD baliabideak 5 - <http://cvb.ehu.es/ikd-baliabideak/ik/apellido-n-2012-ik.pdf>



**Reconocimiento – No Comercial – Compartir Igual (by-nc-sa):** No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.