



DOCUMENTO N° 3

Pliego de condiciones

Título del proyecto:

Diseño e Implementación de un Sistema de Control para un dispositivo de transporte equilibrado en dos ruedas teledirigido

Autor:

Francisco Javier Antón Díaz



Índice

DOCUMENTO N° 3	1
Pliego de condiciones	1
4.1.- Descripción del proyecto	3
4.1.1.- Alcance y ámbito de aplicación	3
4.1.2.- Descripción funcional	4
4.1.3.- Descripción estructural	5
4.2.- Pliego de condiciones generales	6
4.2.1.- Condiciones generales facultativas	6
4.2.2.- Condiciones generales económicas	11
4.2.3.- Condiciones Generales Legales	13
4.3.- Pliego de condiciones particulares	15
4.3.1.- Herramientas software	15
4.3.2.- Herramientas hardware	17
4.3.3.- Condiciones de funcionamiento.....	18
4.4.- Marco normativo legal	18
4.4.1.- Legislación de ámbito europeo	18
4.4.2.- Legislación de ámbito nacional	19
4.4.3.- Legislación de ámbito autonómico	19
4.4.4.- Normas	19



4.1.- Descripción del proyecto

4.1.1.- Alcance y ámbito de aplicación

Se refiere el presente Pliego de Condiciones a las condiciones que rigen el presente Proyecto de Diseño e Implementación de un Sistema de Control para un dispositivo de transporte en dos ruedas. Las condiciones se refieren tanto a las relaciones entre las distintas partes intervinientes, como a las condiciones que debe cumplir la realización de los elementos del mismo.

Este documento establece las condiciones técnicas, facultativas, económicas y legales en las que han de basarse los trabajos a realizar. Por tanto, este Pliego de Condiciones afectará a todos los trabajos que comprende el proyecto y que se especifican en los documentos adjuntos.

El presente documento expresa el acuerdo entre las partes contratantes de este proyecto, expuestos en una serie de capítulos, que la parte contratante del Proyecto deberá hacer constar mediante las acciones pertinentes.

Con este documento se intentan evitar posibles conflictos o desacuerdos entre las partes. Por lo tanto, este documento deberá ser leído y notificado a todas aquellas partes que tomarán parte en el desarrollo del proyecto, siempre en la medida que se considere oportuno y en el aspecto que a cada uno de ellos concierne.

Se deduce que los dos máximos interesados y por tanto, imposible de excluirse de la lectura de este documento, son la parte contratante y el Ingeniero Técnico Proyectista, por lo que ambos deberán estar en posesión de una copia integral del presente pliego.



En este documento, junto con los demás que forman parte del presente proyecto, se contempla la descripción general de los elementos que lo constituyen, condiciones que han de cumplir los mismos y las horas de mano de obra necesarias para la realización de ésta, además de las instrucciones para su ejecución, medición y abonos de los mismos.

4.1.2.- Descripción funcional

El objetivo del presente proyecto es el planteamiento, diseño y programación de un algoritmo de control destinado a ser implementado en un dispositivo de transporte en dos ruedas en configuración de “péndulo invertido”, así como la verificación de su funcionamiento y análisis de su eficiencia mediante la implementación de dicho algoritmo de control en un dispositivo de pruebas. La misión del autómatas es poder mantener un equilibrio con unos niveles aceptables de estabilidad y ser comandado por un mando externo. Para ello, el parámetro de entrada del sistema de control será proporcionado por un sensor giróscopo capaz de determinar el ángulo de inclinación del cuerpo para poder determinar la potencia idónea que se le deberá pasar a los motores para obtener el equilibrio de nuevo. Los parámetros de salida del sistema de control son dos actuadores conectados a dos ruedas, que serán los encargados de mantener el equilibrio.

Sobre este sistema se ejecutan los trabajos objeto del contrato, los cuales quedan especificados en los restantes documentos del proyecto: memorias, presupuestos y planos; y que en resumen consisten en:

- Planteamiento de tres algoritmos de control programados en diversos entornos de desarrollo, para analizar las virtudes y defectos de cada uno de ellos con tal de comprobar la eficacia y eficiencia para elegir el sistema óptimo del dispositivo.



- Implementación de dichos algoritmos de control en el dispositivo de pruebas Lego Mindstorms NXT 2.0 para comprobar su correcto funcionamiento y analizar los resultados obtenidos.

4.1.3.- Descripción estructural

4.1.3.1.- Sistemas de control

Los algoritmos de control que se han diseñado y programado constituyen el núcleo del presente proyecto, los cuales realizan las siguientes tareas:

- Calibrar el valor que se obtiene del giróscopo para tener un valor fiable del ángulo de inclinación del autómatas y guardar el valor sin offset.
- Recibir y controlar el avance del autómatas con unos encoders instalados en los motores.
- Recibir información del mando a través de la tecnología bluetooth.
- Hacer un balance de los datos obtenidos y tomar una decisión del sentido y potencia de la marcha.
- Ordenar a los actuadores el movimiento de cada uno de ambos motores, dependiendo de la señal de salida procesada anteriormente.

4.1.3.2.- Dispositivo de pruebas

El dispositivo de pruebas constituye la parte hardware del presente proyecto. Dicho dispositivo de pruebas está constituido por el sistema Lego Mindstorms NXT 2.0, el cual está compuesto por un potente microcontrolador con un procesador Atmel ARM7 de 32 bits a 48 MHz basado en sistema operativo Linux. El objetivo principal del dispositivo de pruebas es implementar los algoritmos de control diseñados y programados previamente con tal de obtener un registro de datos y el consecuente



análisis de resultados, además de observar el comportamiento virtual del algoritmo de control sobre una pista de pruebas con una trayectoria aleatoria.

4.2.- Pliego de condiciones generales

4.2.1.- Condiciones generales facultativas

4.2.1.1.- Agentes intervinientes

Los agentes intervinientes en el proyecto y los requisitos que deben cumplir se exponen a continuación:

- **EL PROMOTOR Y DIRECTOR DEL PROYECTO**

1. Será considerado Promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente decida, impulse, programe o financie, con recursos propios o ajenos, la fabricación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título. En el presente proyecto, el promotor cumple con la función de Director de Proyecto, de tal manera que éste debe disponer de la formación y conocimientos adecuados para centrarse en los papeles de gestión y control del desarrollo del mismo.
2. Son sus obligaciones:
 - ✓ Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de trabajo las posteriores modificaciones del mismo.
 - ✓ Gestionar y controlar el desarrollo del proyecto.
 - ✓ Entregar la documentación de ejecución del proyecto, o cualquier otro documento exigible para su realización.



- **EL PROYECTISTA**

El proyectista es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica correspondiente, redacta el proyecto. En el desarrollo del proyecto, el proyectista cumple conjuntamente con la misión de constructor del prototipo diseñado, de forma que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar los trabajos con medios humanos y materiales, propios o ajenos.

Son sus obligaciones:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional de Ingeniero Técnico.
- Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato.
- Tener conocimientos en el diseño de algoritmos de control, técnicas de calibrado y sintonización de sistemas de control, programación en distintos entornos de desarrollos a ser usados en el presente proyecto, análisis de resultados de sistemas de control y aplicaciones de ofimática necesarias para el desarrollo de la configuración adjunta.
- Referencias a los agentes intervinientes en el proyecto.

Se refiere a la forma en la que se referirá a los agentes intervinientes en el presente documento para con ello determinar de forma simple las especificaciones que cumple cada uno:

- *Ingeniero Técnico*: se trata del ingeniero proyectista y constructor del prototipo objeto del proyecto.
- *Director de Proyecto*: se trata del promotor y en este caso profesor tutor del proyecto.



4.2.1.2.- Control de calidad y ensayos

Se deberán realizar pruebas y ensayos a lo largo del proceso de desarrollo del proyecto. Durante la programación de los algoritmos de control, se probarán los bloques o subrutinas para analizar su correcto funcionamiento o la necesidad de depurar algún error de codificación. Del mismo modo, se realizarán pruebas de comportamiento de los algoritmos de control para comprobar que su actividad es correcta, o en caso contrario, corregir la programación del algoritmo en la medida que lo necesite.

De igual forma, a la recepción de todos los materiales implicados en la realización del proyecto, el Ingeniero Técnico comprobará si cumplen las especificaciones técnicas y normativas descritas para cada uno de ellos.

4.2.1.3.- Condiciones de aceptación

Se realizarán una serie de pruebas y ensayos al sistema completo una vez esté terminado para determinar la fiabilidad, eficacia y eficiencia de éste.

Las pruebas a realizar determinarán el correcto funcionamiento del algoritmo de control y su correcta codificación, reprogramándolo y haciendo correcciones en caso de que fuera necesario o de que el funcionamiento del sistema de control no fuera aceptable.

4.2.1.4.- Comienzo, ritmo y orden de ejecución de los trabajos

El Ingeniero Técnico dará comienzo a los trabajos en el plazo previamente estipulado mediante reunión con el Director del Proyecto, desarrollándolos en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro de los plazos previstos.



4.2.1.5.- Prórroga por causa de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Ingeniero Técnico éste no pudiese comenzar los trabajos, o tuviese que suspenderlos, o no le fuera posible terminarlos en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de los mismos. Para ello, el constructor expone al promotor la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los trabajos acordados, razonando con su debida causa la prórroga que éste solicita.

4.2.1.6.- Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y las órdenes e instrucciones que bajo responsabilidad del proyectista se ejecuten dentro de las limitaciones presupuestarias.

4.2.1.7.- Trabajos y materiales defectuosos

El Ingeniero Técnico debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las “Condiciones Generales y Particulares de índole Técnica” del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Para ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del prototipo, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los materiales empleados o los aparatos colocados, sin que exima de la responsabilidad el control que compete al promotor.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero Técnico advierta vicios o defectos en los trabajos citados, o que los materiales o aparatos



empleados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados estos, y para verificarse la recepción definitiva del sistema, podrá disponer que las partes defectuosas sean rehechas de acuerdo con lo contratado.

4.2.1.8.- Procedencia de los materiales y aparatos

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezcan conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Ingeniero Técnico deberá realizar una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indique todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

4.2.1.9.- Recepción del proyecto

Como mínimo cinco días antes de dar fin a los trabajos, el Ingeniero Técnico comunicará al Director del Proyecto la proximidad de su terminación a fin de convenir la fecha para su recepción provisional. Esta se realizará con la intervención de ambas partes contratantes, en la cual se practicará un detenido reconocimiento de los trabajos, comprobándose en profundidad la garantía del correcto funcionamiento del mismo mediante ensayos pertinentes y la correcta ejecución de los documentos que lo componen.

Una vez comprobados la correcta adecuación a los objetivos proyectados, el Director del Proyecto dará el visto bueno del Proyecto.



4.2.2.- Condiciones generales económicas

4.2.2.1.- Principio general

Todos los que intervienen en el proceso de fabricación tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigir las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

4.2.2.2.- Composición de los precios unitarios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial. En el presente documento se presentan los citados a continuación.

Costes directos

- La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales que queden integrados en la unidad de la que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los gastos de personal y energía que tengan lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.

Costes indirectos

Gastos del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos se cifrarán en un 2% de los costes directos.



Gastos Generales

Los Gastos Generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un 13% de la suma de los costes directos e indirectos.

Beneficio Industrial

El Beneficio Industrial del Contratista se establece en el 6% sobre la suma de las partidas anteriores.

Precio de Ejecución Material

Se denominará Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial y los Gastos Generales.

Precio de Contrata

El Precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

El IVA repercute sobre esta suma pero no integra el precio.

4.2.2.3.- Mejoras de los trabajos libremente ejecutados

Cuando el Ingeniero Técnico introdujese en la instalación y sin pedírsela, cualquier modificación que considere beneficiosa a su juicio, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.



4.2.2.4.- Penalizaciones

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un 3 por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de Obra, siendo la suma resultante descontada y retenida.

4.2.2.5.- Conservación de los materiales

El Ingeniero Técnico estará obligado a mantener en perfecto estado los materiales y equipos cedidos o adquiridos por el promotor para la realización del prototipo durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva. Todo daño en dichos equipos deberá correr a su cuenta y gasto.

De igual forma, si alguno de ellos resultara siniestro, éste deberá reponerlo por otro igual o de superiores características antes de la recepción y abono de los trabajos. Condiciones, todas ellas, que serán estipuladas en el momento de la entrega de los materiales mediante acuerdo entre las partes.

4.2.3.- Condiciones Generales Legales

4.2.3.1.- Documentos

En este apartado se realiza una descripción de los documentos que conforman el presente proyecto, así como las características intrínsecas al desarrollo documental.

- Documento N° 1: Memoria Descriptiva

La memoria del proyecto recoge los pasos que se deben dar para la realización del mismo. Comienza con una breve introducción sobre la necesidad original que impulsó la elaboración del proyecto, tras lo cual se realiza un análisis sobre



las nociones teóricas que lo respaldan, se expondrán las soluciones adoptadas entre las diversas posibles, para finalmente realizar las pruebas y ensayos para la comprobación y análisis del funcionamiento y extracción de conclusiones.

- Documento N° 2: Memoria de Cálculo

Se trata de un documento de referencia, sobre el que se exponen los criterios que serán considerados en la realización del proyecto, así como la justificación y desarrollo de las soluciones tomadas y ensayos realizados sobre el sistema de control.

- Documento N° 3: Pliego de Condiciones

Se trata del presente documento que describe las condiciones económicas, facultativas, legales y técnicas a satisfacer para la correcta realización del proyecto.

- Documento N° 4: Mediciones y Presupuesto

Recoge la cantidad económica a la que asciende la realización del proyecto, así como las partidas necesarias para llevar a cabo su objetivo.

- Documento N° 5: Planos

Se exponen los diagramas de flujo de la programación de cada uno de los algoritmos de control estudiados, así como los bloques o subrutinas necesarias para haberlos llevado a cabo. También incluye un plano del autómata en sí.

4.2.3.2.- El Ingeniero Técnico: Proyectista y Contratista

El Contratista o Fabricante debe estar legalmente autorizado para la fabricación y programación de dispositivos electrónicos, así como de disponer de instalaciones y maquinaria necesaria para la correcta fabricación del dispositivo objeto del presente Proyecto. De igual forma, el Proyectista también debe disponer de los conocimientos y requisitos para la redacción y diseño de proyectos basados en el diseño de prototipos software y hardware.



En la realización del presente proyecto, las facultades de Proyectista y Contratista recaen sobre la misma persona, el Ingeniero Técnico, el cual satisface con solvencia los requisitos para la redacción y fabricación del Proyecto.

4.2.3.3.- Adjudicación

El sistema de adjudicación del Proyecto será el de Adjudicación Directa por parte del Director del Proyecto, el cual cumplirá las funciones de gestión y control de la realización del mismo.

4.2.3.4.- Responsabilidad del Ingeniero Técnico

Durante la ejecución del Proyecto, el Ingeniero Técnico se verá obligado a hacer frente al gasto de los materiales y restantes gastos necesarios para la realización de los trabajos, salvo en aquellos casos en los alguno de ellos fuera cedido o prestado por el Director del Proyecto.

Así mismo, debe realizar los trabajos con una buena calidad en su elaboración, pudiéndose rechazar el prototipo si a su entrega se observara mala calidad de ejecución.

4.3.- Pliego de condiciones particulares

4.3.1.- Herramientas software

4.3.1.1.- Listado de componentes

Dentro de las herramientas software necesarias para la ejecución del proyecto, se han incluido tanto las de programación del algoritmo de control como las necesarias para su visualización y para la realización de la documentación adjunta. Son los siguientes:



- Sistema operativo Windows XP o superior instalado en PC.
- Entorno de desarrollo Lego Bricx Command Center v3.3.
- Entornos de desarrollo Matlab y Simulink, para la programación y análisis del algoritmo de control Velocidad/Seguimiento.
- Catia V5R18, para el diseño y elaboración de los planos.
- Paquete ofimático Microsoft Office 2010, para el desarrollo de la documentación necesaria.
- Microsoft Visual Studio 2010 express para crear el entorno de control del mando a distancia

4.3.1.2.- Funcionalidad y rendimiento

La función de los algoritmos de control diseñados debe cumplir suficientemente con las requeridas por el sistema y descritas en los documentos Memoria Descriptiva y Memoria de Cálculo del presente Proyecto.

En el diseño y realización del software se debe tener muy en cuenta la utilización de funciones y algoritmos que consuman los mínimos recursos posibles.

4.3.1.3.- Atributos

- *Mantenimiento y modificación:* El software debe estar correctamente documentado con comentarios, explicaciones, diagramas de flujo, etc. de forma que cualquier persona que desee realizar un mantenimiento o modificación en el mismo le sea posible con total claridad.
- *Seguridad:* Se debe evitar que ningún fallo del software pueda llevar al usuario del sistema a una situación de peligro.
- *Universalidad:* Se deben usar en el software un lenguaje de programación y funciones que puedan ser de fácil exportación a otros sistemas similares.



4.3.2.- Herramientas hardware

4.3.2.1.- Listado de componentes

Los recursos hardware necesarios para el desarrollo del presente proyecto son los siguientes:

- Kit de montaje Lego Mindstorms NXT 2.0. El dispositivo de pruebas cuenta con los siguientes elementos:
 - Un brick microcontrolador NXT 2.0 con periféricos
 - Un sensor giróscopo
 - Dos servomotores
 - Una estructura de montaje del dispositivo
 - Tres cables de conexión entre los anteriores elementos con clavijas RJ12
 - Un cable de conexión USB – mini USB
 - Una batería Lego
 - Un cargador de batería
- Ordenador personal, para diseño y programación de los algoritmos de control y análisis de los ensayos realizados.

4.3.2.2.- Condiciones previas

El Director del Proyecto, en la adjudicación del proyecto y entrega de materiales, facilitará al Ingeniero Técnico la mayor parte de la documentación necesaria para poder comenzar la ejecución del proyecto. El proyectista será el encargado de buscar el resto de documentación que considere oportuna y necesaria para la ejecución completa del sistema.



4.3.3.- Condiciones de funcionamiento

4.3.3.1.- Instalación de equipos

Ninguno de los dispositivos de nuestro sistema requiere de una instalación específica para su funcionamiento. Sólo es necesario que el prototipo se encuentre estructurado según la mejor disposición para el proyecto, comprobar que la batería esté cargada y que la conexión entre los periféricos y el ordenador de trabajo sea correcta.

4.3.3.2.- Descripción del sistema

El objetivo del presente proyecto es el planteamiento, diseño y programación de un Sistema de Control en constante equilibrio sobre dos ruedas. La misión del autómata es ser capaz de moverse con las órdenes deseadas manteniendo un equilibrio estable en todo momento. Para analizar la eficacia y eficiencia de dicho sistema de control, será implementado en un dispositivo de pruebas para estudiar posteriormente los resultados obtenidos y poder obtener conclusiones.

4.4.- Marco normativo legal

4.4.1.- Legislación de ámbito europeo

- Directiva 2003/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 8 de Julio de 2003 por la que se modifica la Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos o electrónicos (RAEE).
- Directiva 2002/95/CE de 27 de Enero de 2003, sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, RoHS (Restriction of Hazardous Substances).



4.4.2.- Legislación de ámbito nacional

- Ley 21/1992 del 16 de Julio, de Industria, B.O.E. N° 176, publicado el 23/7/1992.
- Real Decreto 2200/1995 del 28 de Diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la infraestructura para la calidad y la Seguridad Industrial, B.O.E. N° 32, publicado el 6/2/1996.
- Real Decreto 208/2005 del 25 de Febrero, sobre aparatos electrónicos y eléctricos y la gestión de sus residuos.

4.4.3.- Legislación de ámbito autonómico

- Ley 7/1994 del 18 de Mayo, de Protección Ambiental, BOJA N° 79, publicado el 31/5/1994.
- Decreto 73/2012 del 22 de Marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía, BOJA N° 81, publicado el 26/04/2012.
- Decreto 218/1999 del 26 de Octubre, por el que se aprueba el Plan Director Territorial de Gestión de Residuos Urbanos de Andalucía, BOJA N°234, publicado el 18/11/1999.

4.4.4.- Normas

- Norma UNE 157001 – febrero 2002, criterios generales para la elaboración de proyectos.
- Norma UNE-EN 60950 – enero 2012, equipos de Tecnología de la Información. Seguridad.
- Norma UNE-EN ISO 10218 – mayo 2012, robots y dispositivos robóticos. Requisitos de seguridad para robots industriales.
- Norma UNE-EN 775:1996 – marzo de 1996, robots manipuladores industriales. Seguridad.



- Normativa internacional ISO 10218:1992, consideraciones de seguridad para el diseño, construcción, programación, operación, uso, reparación y mantenimiento de robots.
- Normativa americana ANSI/RIA R15.06-1999, revisión de la normativa ANSI/RIA R15.06-1992, referente a la mejora de seguridad del personal en el uso de sistemas robot industriales.