



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

**SISTEMA DE GESTIÓN DOMÓTICA PARA OPTIMIZAR EL
CONSUMO ENERGÉTICO DE UNA VIVIENDA**



Memoria Económica

Autor/a: Judit Pérez Pérez

Director/a: Manuel Andrés Manzanares Brotons

Convocatoria: Enero 2023

Índice

1. Introducción	1
2. Coste de la ingeniería	2
3. Coste del prototipo.....	4
4. Coste de una producción seriada.....	7
5. Coste del prototipo de pruebas	9

1. Introducción

En esta sección de la memoria se detallan todos y cada uno de los importes de las partidas económicas del proyecto. Se reflejarán tanto los costes directos como los costes indirectos tras la realización del diseño de un sistema de gestión domótica para optimizar el consumo energético de la vivienda donde se instala.

Los costes directos hacen referencia al importe total de la adquisición de todos los componentes electrónicos usados en el sistema domótico mientras que los costes indirectos hacen referencia al importe por el tiempo dedicado por parte del proyectista en el diseño del sistema (tanto el hardware como el software), en el montaje del hardware y en la confección de la documentación entre otras acciones. Además, dentro de los costes indirectos también se tendrá en cuenta un importe que corresponde a los gastos generales y a la amortización de equipos.

Para calcular el coste total, la memoria económica se ha dividido en varios apartados donde se calculará por separado el coste de la ingeniería, el coste del prototipo y el coste una producción seriada donde se intentará concretar el coste de una unidad de producción. Además, se ha añadido un último apartado donde se detalla el coste del prototipo de pruebas realizado en este proyecto.

2. Coste de la ingeniería

El coste de la ingeniería hace referencia al tiempo que dedica el proyectista para realizar cada una de las etapas del proyecto. Los costes de ingeniería se han dividido en las siguientes etapas:

- Estudio de la viabilidad del proyecto y búsqueda de información: tiempo dedicado a la búsqueda de información relacionada con la domótica y a comprobar que se dispone de todos los medios necesarios para la realización de este proyecto.
- Diseño del hardware y del software: tiempo dedicado a la búsqueda y adquisición de los componentes necesarios para este proyecto, así como el tiempo dedicado a la selección del software de programación y al autoaprendizaje de los distintos programas / softwares usados.
- Montaje del hardware: tiempo dedicado al conexionado físico de todos los componentes que forman parte del sistema domótico y a fabricar las placas PCB necesarias.
- Programación del sistema domótico (software): tiempo dedicado a programar todas las funcionalidades que el sistema de gestión domótica será capaz de realizar.
- Diseño de la aplicación móvil: tiempo dedicado a la realización del diseño y a la programación necesaria para crear una aplicación móvil desde la que se pueda controlar el sistema domótico a distancia.
- Pruebas funcionales: tiempo dedicado a las comprobaciones de los códigos realizados con los distintos componentes que forman el sistema domótico.
- Confección de la documentación: el tiempo dedicado a la descripción de todos los componentes utilizados, a la realización de los esquemas de conexión de los distintos elementos de la instalación domótica, a la realización de los circuitos impresos del prototipo, así como una redacción detallada de todas las funcionalidades programadas que el sistema domótico es capaz de realizar.

Para el cálculo de estos costes se ha tenido en cuenta el salario promedio de un ingeniero junior en España en 2023^[1]. Se calcula que cobrarían unos 24.000 € al año, lo que significaría unos 12,31 €/hora aproximadamente.

^[1]Salario para Ingeniero Junior en España - Salario Medio. (n.d.). Retrieved January 01, 2023, from <https://es.talent.com/salary?job=Ingeniero+junior>

En la Tabla 1 se detallan todas las etapas desarrolladas para la realización de este proyecto, así como el número de horas dedicadas a cada una de ellas. Con estos datos y teniendo en cuenta que, en nuestro caso se ha usado un precio de 12 €/hora, se ha obtenido un coste de ingeniería total de 8.280€.

Tabla 1: Coste de la ingeniería con un proyectista “junior”. (Fuente: elaboración propia)

Etapas realizadas	Tiempo invertido (horas)	Precio (€)
Estudio de la viabilidad del proyecto y búsqueda de información (aprendizaje)	60	720
Diseño del hardware y del software	110	1320
Montaje del hardware	30	360
Programación del sistema domótico (software)	200	2400
Diseño de la aplicación móvil	60	720
Pruebas funcionales	30	360
Confección de la documentación	200	2400
Total (IVA incluido):	690	8280

Si se hubiera tenido en cuenta el salario promedio de un ingeniero “senior” al tener un mayor conocimiento del tema por su experiencia, el tiempo invertido será inferior pero el precio por hora será superior (16 €) obteniendo un coste de ingeniería total de 6.720 €.

Tabla 2: Coste de la ingeniería con un proyectista “senior”. (Fuente: elaboración propia)

Etapas realizadas	Tiempo invertido (horas)	Precio (€)
Estudio de la viabilidad del proyecto y búsqueda de información (aprendizaje)	30	480
Diseño del hardware y del software	70	1120
Montaje del hardware	20	320
Programación del sistema domótico (software)	80	1280
Diseño de la aplicación móvil	40	640
Pruebas funcionales	30	480
Confección de la documentación	150	2400
Total (IVA incluido):	420	6720

3. Coste del prototipo

En este apartado se refleja el coste total de los componentes que se usaran en el sistema de gestión domótica de una vivienda.

En la Tabla 3 se listan todos los componentes necesarios para la instalación del sistema domóticos agrupados en 6 categorías: microcontrolador, sensores, actuadores, comunicación, fuente de alimentación y otros componentes. En la tabla se detalla el número de unidades adquirido de cada dispositivo, el precio de la unidad sin IVA y el precio total.

Tabla 3: Coste del prototipo. (Fuente: elaboración propia)

PROTOTIPO COMERCIAL			
Componentes	Unidades	Precio/Unidad (€) (sin IVA)	Precio total (€)
<i>Microcontrolador</i>			
Atmel ATmega2560	1	19,75	19,75
<i>Sensores del sistema domótico</i>			
Detector de movimiento PIR 360º Pack 4 ud.	2	39,63	79,26
Sensores fotorresistivos (LDR)	4	0,35	1,4
Sensor de nivel de agua	3	6,5	19,5
Sensor Hall A3144	3	0,05	0,15
Finales de carrera	6	3,35	20,1
Sensor de temperatura / humedad (DHT22)	1	1,95	1,95
Detector de humo	1	24,79	24,79
Sensor de corriente ACS712	1	1,01	1,01
<i>Actuadores del sistema domótico</i>			
Cerradura electromagnética	1	46,27	46,27
Bombillas LED de bajo consumo	8	1,65	13,2
Motor tubular	3	34,54	103,62
Motor para ventana estándar	3	78,1	234,3
Chimenea eléctrica	1	149,5	149,5
Radiador eléctrico	2	199,91	399,82
Aire acondicionado	1	247,1	247,1
Alarma sonora	1	0,84	0,84
Relés de 4 canales	7	3,3	23,1
Shield de la pantalla LCD + pulsadores	1	2,91	2,91
Teclado matricial 4x3	1	1,89	1,89
<i>Comunicación</i>			
Módulo Bluetooth HC-12	1	2,36	2,36

Fuente de alimentación			
Fusible 0,5 A / 250 Vac	1	0,2	0,2
Varistor 10D561K	1	0,46	0,46
Condensador 0,1 uF	1	0,11	0,11
Condensador 220 uF	1	0,46	0,46
Inductancia 10 mH	1	3,65	3,65
Convertidor AC / DC, HLK-PM01	1	3,95	3,95
Otros componentes			
Resistencias	17	0,02	0,34
LEDs	4	0,4	1,6
Pulsadores	1	0,61	0,61
Multiplexor / Demultiplexor (CD74HC4067)	2	0,94	1,88
Registro de desplazamiento (74HC59)	2	0,86	1,72
Real Time Clock (DS3231)	1	6,61	6,61
Transformador 230V/5V	1	3,95	3,95
Puente rectificador de Graetz	1	0,38	0,38
Condensador de 220 uF	1	0,46	0,46
Condensador 100 nF	5	0,11	0,55
Condensador 1 nF	1	0,1	0,1
Cristal 16 MHz	1	0,7	0,7
Conectores	19	0,48	9,12
Placas PCB	5	9,8	49
		Total:	1.478,67
		21% de IVA	310,52
		Importe total:	1.789,19

Cabe mencionar que los precios unitarios que se han usado en el cálculo del coste total pueden variar según el proveedor o según el modelo escogido del componente pudiendo haber una gran diferencia en el coste final.

El coste total del material necesario para la realización del prototipo comercial es de 1.789,19 € (el IVA está incluido). A este importe total hay que añadirle los gastos indirectos que se han calculado suponiendo una situación en la que el proyectista dispone de un despacho o laboratorio el cual está sujeto a unos gastos generales (agua, luz, alquiler, etc.) y otros de amortización de equipos concretos. En la Tabla 4 se listan estos costes indirectos los cuales acaban siendo de 1.493 €.

Tabla 4: Costes indirectos para la realización del prototipo comercial. (Fuente: elaboración propia)

Costes indirectos	
Gastos	Precio (€)
Licencias programas (Microsoft Office, EAGLE)	343
Amortización equipos	50
Alquiler	1100
Total (IVA incluido):	1493

Por lo tanto, el precio total (con el IVA incluido) para realizar el sistema de gestión domótica de una vivienda es de 11.562,19 €. En la Tabla 5 se resumen todos los costes calculados previamente, así como el coste total del prototipo.

Tabla 5: Costes totales del prototipo. (Fuente: elaboración propia)

Tipo de coste	Precio (€)
Costes de la ingeniería	8280
Coste del prototipo (materiales)	1789,19
Costes indirectos	1493
Total (IVA incluido):	11562,19

4. Coste de una producción seriada

En este apartado se detallará el coste aproximado del diseño del prototipo comercial propuesto en una producción seriada. Para ello se determinará el coste unitario del prototipo sin tener en cuenta el coste de todos los sensores y actuadores que se instalarán en la vivienda.

Para el cálculo de estos costes se ha tenido en cuenta el salario promedio de un ingeniero en España en 2023^[2]. Se calcula que cobrarían unos 30.000 € al año, lo que significaría unos 15,38 €/hora aproximadamente.

Para el prototipo comercial se han realizado dos circuitos impresos: uno de ellos es el que corresponde al mando de control desde el que se podrá seleccionar el modo de funcionamiento del sistema domótico y controlar todos los actuadores en modo manual, mientras que el otro es una placa en la que se incluirían todos aquellos componentes necesarios para el correcto funcionamiento de los distintos sensores y actuadores. Esta segunda placa se ha diseñado en varias placas separadas para simplificar el cableado ya que es mejor que las líneas de distribución de los 230 V no tengan mucha longitud.

En la Tabla 6 se detalla el número de horas dedicadas al montaje del hardware y a las pruebas funcionales. Además, se ha añadido el coste de todos los componentes que estarán soldados en las distintas placas creadas. Con estos datos y teniendo en cuenta que, en nuestro caso se ha usado un precio de 16 €/hora, se ha obtenido un coste por unidad total de 937,61 €.

Tabla 6: Coste unitario de la fabricación del prototipo comercial. (Fuente: elaboración propia)

Tareas		Tiempo invertido (horas)	Precio (€) (sin IVA)	Precio (€) (con IVA)
Montaje del hardware		20	-	320
Pruebas funcionales		30	-	480
Material de una unidad	Atmel ATmega2560	-	19,75	23,90
	Shield de la pantalla LCD + pulsadores	-	2,91	3,52
	Teclado matricial 4x3	-	1,89	2,29
	Relés de 4 canales	-	23,1	27,95
	Resistencias	-	0,34	0,41
	LEDs	-	1,6	1,94
	Pulsadores	-	0,61	0,74

^[2]Salario para Ingeniero en España - Salario Medio. (n.d.). Retrieved January 01, 2023, from <https://es.talent.com/salary?job=ingeniero>

	Multiplexor / Demultiplexor (CD74HC4067)	-	1,88	2,27
	Registro de desplazamiento (74HC59)	-	1,72	2,08
	Condensador de 220 uF	-	0,46	0,56
	Condensador 100 nF	-	0,55	0,67
	Condensador 1 nF	-	0,1	0,12
	Cristal 16 MHz	-	0,7	0,85
	Conectores	-	9,12	11,04
	Placas PCB	-	49	59,29
	Total:			937,61

En el caso de querer realizar una fabricación seriada del mismo prototipo con las mismas características el precio unitario sería bastante inferior. El precio final se calcularía mediante la Ecuación 1.

$$Coste_{ud.} = IMH + IPF + IMU + \frac{Q}{n} \quad [1]$$

Donde:

- IMH: importe por el tiempo dedicado al montaje del hardware.
- IPF: importe por el tiempo dedicado a pruebas funcionales.
- IMU: importe del material de una unidad.
- Q: amortización sobre una unidad de producción del coste total del prototipo.
- n: unidades producidas.

Por ejemplo, para un edificio formado por 30 apartamentos con la misma distribución interior si se quisiera realizar una producción en serie, el coste de 1 unidad sería de 1.271,02 €, tal como se muestra en la Ecuación 2:

$$Coste_{ud.} = 320 + 480 + 137,61 + \frac{6720 + 1789,19 + 1493}{30} \quad [2]$$

$$Coste_{ud.} = 1271,02 \text{ €} \quad [3]$$

Este valor es muy inferior a los 10.130,61 € que costaría fabricar un único prototipo, por lo tanto, con la fabricación seriada se consigue un gran ahorro económico ya que el coste de la ingeniería. Aunque hay que tener en cuenta que con la fabricación seriada todos los prototipos fabricados son idénticos y, por lo tanto, se tendrán que instalar en viviendas muy parecidas ya que el número de componentes que se podrán controlar con el sistema domótico estará predefinido.

5. Coste del prototipo de pruebas

En este apartado se refleja el coste total de los componentes que se han usado para la realización del prototipo de pruebas.

En la Tabla 7 se listan todos los componentes adquiridos para la realización del prototipo de pruebas y se detalla el número de unidades adquirido de cada dispositivo, el precio de la unidad sin IVA y el precio total. El coste total del prototipo de pruebas es de 147,06 € (el IVA está incluido).

Tabla 7: Coste del prototipo de pruebas. (Fuente: elaboración propia)

PROTOTIPO DE PRUEBAS			
Componentes	Unidades	Precio/Unidad (€) (sin IVA)	Precio total (€)
<i>Microcontrolador</i>			
Arduino Mega 2560 Rev3	1	38	38
<i>Sensores</i>			
Sensor de nivel de agua	1	6,5	6,5
Fotorresistor LDR 50-100K 100MW	1	0,35	0,35
Sensor DHT11	1	4,25	4,25
Sensor PIR HC-SR501	1	4,26	4,26
<i>Actuadores</i>			
Shield de la pantalla LCD + pulsadores	1	8,08	8,08
Ventilador 60x60x25mm 12V	1	4,96	4,96
Teclado matricial 4x3	1	4,54	4,54
Motor paso a paso + driver ULN2003	1	7,9	7,9
Servomotor 5-6V 360º	1	7,95	7,95
Servomotor 9G 180º	1	5,95	5,95
Módulo 2 relés 5V	1	6,9	6,9
LEDs	6	0,4	2,4
Buzzer	1	0,84	0,84
<i>Comunicación</i>			
Módulo Bluetooth HC-05	1	12,37	12,37
<i>Otros componentes</i>			
Resistencias	9	0,02	0,18
Pulsador	1	0,61	0,61
Potenciómetro	1	0,55	0,55
Real Time Clock (DS1302)	1	4,95	4,95
Total:			121,54
21% de IVA			25,52
Importe total:			147,06

