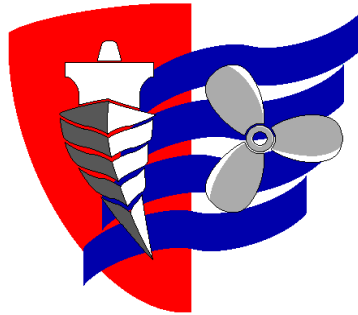


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO DE UN MÓDULO AUTÓNOMO DE
ADQUISICIÓN DE DATOS PARA
SUPERVISIÓN DEL POTENCIAL DE
CORROSIÓN DEL ACERO EN AGUAS
NATURALES**

(Autonomous data logger design for corrosion
potential monitoring of steel in natural water)

Para acceder al Título de

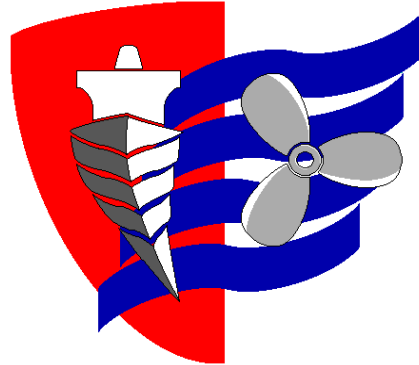
INGENIERÍA MARÍTIMA

Autor: Emilio Cicuendez Simonneau

Director: Manuel Alfredo Girón Portilla

Julio - 2017

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO DE UN MÓDULO AUTÓNOMO DE
ADQUISICIÓN DE DATOS PARA
SUPERVISIÓN DEL POTENCIAL DE
CORROSIÓN DEL ACERO EN AGUAS
NATURALES**

**(Autonomous data logger design for corrosion
potential monitoring of steel in natural water)**

Para acceder al Título de

INGENIERÍA MARÍTIMA

Julio- 2017

ÍNDICE

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. GENERAL.....	9
1.1.1. TÍTULO	9
1.1.2. DESTINATARIO	9
1.1.3. OBJETO DEL PROYECTO O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1.4. MOTIVOS QUE DAN LUGAR A ESTE PROYECTO.....	10
1.2. ESTUDIO DE LA CORROSIÓN.....	10
1.3. PROBLEMAS DE LA CORROSIÓN	11
1.3.1. FACTORES CONTROLADORES DE LOS MECANISMOS DE LA CORROSIÓN EN AGUAS NATURALES.	11
1.3.2. CORROSIÓN EN EL ACERO SUMERGIDO.....	15
2. METODOLOGÍA.....	17
2.1. EL USO Y EL FUNCIONAMIENTO DEL PLC	17
2.1.1. SUPERVISIÓN, PARÁMETROS DE CONTROL Y COMUNICACIONES.	17
2.1.2. CAPACIDADES DE LAS INSTALACIONES CON PLC	17
2.1.3. FUNCIONAMIENTO DEL PLC	18
Ejecución del programa.....	19
2.1.4. CONFIGURACIÓN FÍSICA.....	22
2.1.5. PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE CONVERSIÓN.....	25
2.1.6. PROCESOS DE MUESTREO DE LA CONVERSIÓN A/D	25
2.2. COMPONENTES EMPLEADOS.....	27
2.2.1. PLACA ARDUINO NANO 328 ATMEGA	27
2.2.2. LECTOR DE TARJETAS SD.....	28
2.2.3. ELECTRODO DE CLORURO DE PLATA.....	28
2.2.4. Sonda de temperatura.....	32
2.2.5. RELOJ PARA LA CPU	33
2.2.6. ALIMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO	34
2.2.7. AMPERÍMETRO.....	35

2.3. PROTECCIÓN DE LOS COMPONENTES	36
2.3.1. CAJA ELÉCTRICA ESTANCA	36
2.3.2. CAJA SUMERGIBLE.....	37
2.3.3. CARCASA PROTECTORA DEL ELECTRODO	39
2.4. ALMACENAMIENTO DE DATOS	42
2.5. RECUPERACIÓN DE DATOS.....	44
<u>3. DESARROLLO</u>	<u>46</u>
3.1. OBJETIVOS DEL DISPOSITIVO.....	46
3.2. MUESTREO DE DATOS	47
3.3. ALMACENAMIENTO DE DATOS	49
<u>4. CONCLUSIONES.....</u>	<u>51</u>
<u>5. PRESUPUESTO</u>	<u>55</u>
5.1. COMPONENTES DEL PLC Y APARAMENTA DE MEDIDA	55
5.2. CARCASA SUMERGIBLE DEL PLC	56
5.3. CARCASA PROTECTORA DE Sonda	56
5.4. EJECUCIÓN Y MECANIZACIÓN.....	57
5.5. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	57
<u>6. ANEXOS</u>	<u>59</u>
6.1. PLANOS Y HOJAS DE CARACTERÍSTICAS.....	61
6.1.1. ESQUEMA DE CONEXIONADO	61
6.1.2. PLANO DEL PROTOTIPO SUMERGIBLE	62
6.1.3. PLANO DE LA Sonda ELECTRODO	64
6.2. SKETCHES Y LIBRERÍAS EMPLEADOS	66
6.2.1. EL SKETCH Y SU LENGUAJE.....	66
6.2.2. SKETCH DEL MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE DATOS EMPLEADO	66

6.2.3. LIBRERÍAS UTILIZADAS EN EL PROGRAMA	70
Timelib.h - Módulo DS1302	70
DallasTemperature.h - Módulo DS18B20.....	71
Narcoleptic.h	81
6.3. NORMATIVA APLICABLE.....	85
6.3.1. PRECISIÓN EN APARATOS ELÉCTRICOS DE MEDIDA.....	85
6.3.2. NORMATIVA APLICABLE A LA CARCASA PROTECTORA	86
<u>7. BIBLIOGRAFÍA.....</u>	<u>89</u>
7.1. LIBROS.....	89
7.2. PÁGINAS WEB.....	90

RESUMEN

Durante los últimos años ha habido un auge de computadoras de placa reducida gracias, en su mayoría, a plataformas como Arduino, Raspberry Pi, etc...

La versatilidad, su bajo coste y libre acceso a código y librerías, hace de estas plataformas una opción muy interesante para el usuario, pudiendo construir sus propios proyectos aun sin tener grandes conocimientos en informática o electrónica.

En el presente documento se describe el desarrollo e implementación de un registrador de datos automático realizado sobre Arduino, el cual recibirá los datos de un electrodo de cloruro de plata para guardarlos en una tarjeta SD para posterior análisis.

PALABRAS CLAVE

Corrosión, supervisión, registrador de datos, autómatas, Arduino, sumergible, parámetros físicos.

SUMMARY

Over the past few years, there has been a proliferation of Single Board Computers due to platforms like Arduino and Raspberry Pi, etcetera.

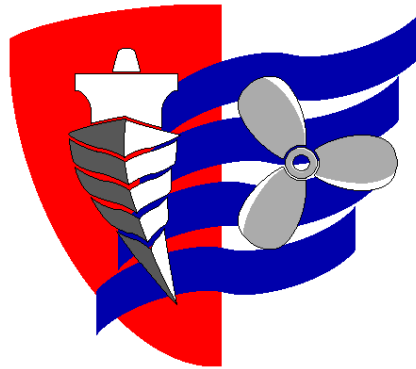
Its versatility, low cost and free access to code and libraries, becomes it in an interesting option for the user, being able to build their own projects, although not having a big knowledge in computer science or electronics.

This document describes the development and implementation of an autonomous datalogger for Arduino. These device receives data from a silver chloride electrode for storage on an SD card for further analysis.

KEYWORDS

Corrosion, monitoring, data logger, PLC, Arduino

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 9

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. GENERAL

1.1.1. TÍTULO

Diseño de un módulo autónomo de adquisición de datos para supervisión del potencial de corrosión del acero en aguas naturales.

1.1.2. DESTINATARIO

El destinatario del presente proyecto es la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, donde se presentará como Trabajo Fin de Grado al objeto de obtener el título de Grado en Ingeniería Marítima.

1.1.3. OBJETO DEL PROYECTO O PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objeto del presente proyecto es apoyarse en la tecnología más avanzada para unos resultados que nos permitan obtener un diagnóstico mediante un dispositivo para la recogida de datos físicos.

Aunque existen varias posibilidades para este cumplir con este objetivo, se opta por trabajar con el Arduino. Se trata de un dispositivo muy económico para el que se han usado componentes totalmente accesibles y de bajo coste, así como software libre.

El prototipo recoge un conjunto de parámetros que podrán ser utilizados en diferentes ámbitos y con diversos propósitos. Además, con él, se quiere mostrar que es posible obtener dispositivos de monitorización de bajo coste y con una aceptable funcionalidad.

Por tanto, este Trabajo Fin de Grado es fruto del interés de su autor por el diseño y creación de dispositivos móviles en general, y de aquellos en particular destinados a la monitorización de parámetros físicos, junto al interés por la automatización.

Todo ello, unido al hecho de que los dispositivos con parecida funcionalidad ya existentes tienen un coste demasiado elevado como para que dicho centro

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 10

pueda disponer de varios de ellos, acabó por impulsar definitivamente el desarrollo de este trabajo.

1.1.4.MOTIVOS QUE DAN LUGAR A ESTE PROYECTO

El motivo principal que da lugar a este proyecto es combinar dos materias que me atraen como son lo naval y lo eléctrico.

Aunque a priori no parece guardar relación, la electricidad en el sector marítimo es algo fundamental, pues la corrosión es un fenómeno electroquímico generado por la acción galvánica, y en ocasiones agravado por los sistemas de protección de la embarcación y la combinación de sistemas eléctricos.

Por ello, otro de los motivos por el cual se genera este proyecto es el de intentar paliar los enormes costes económicos que el factor de la corrosión por acción galvánica, registrando los potenciales generados en este medio hostil con un autómata de bajo coste, el cual sería el embrión de un proyecto más detallado.

En definitiva, espero plasmar en este trabajo una fusión de mis conocimientos como Ingeniero Marítimo y como Ingeniero Técnico Industrial Eléctrico.

1.2. ESTUDIO DE LA CORROSIÓN

La corrosión es un fenómeno natural, por medio del cual los sistemas químicos expresan su tendencia hacia una estado de equilibrio estable, pudiéndose definir este fenómeno de varias maneras, dependiendo de cada uno de los investigadores y de manera especial del campo y objetivo de sus investigaciones, la tendencia en las definiciones es la de resaltar los fenómenos más relevantes que afectan a cada una de las facetas investigadas, siendo por tanto la definición más apropiada la dependiente del alcance que se le quiera dar, citamos a continuación las siguientes:

- 1) **“Destrucción o deterioro de un material a causa de su reacción con el medio ambiente”**
- 2) **“Destrucción de los materiales por medios cualesquiera, excepto mecánicos”**

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 11

3) “Proceso inverso de la Metalurgia extractiva, en virtud del cual los materiales metálicos tienden a volver al estado combinado o natural, en el que se encuentran en la naturaleza”

Como ya se ha indicado la definición más apropiada depende del alcance que se le quiera dar, la última solo es aplicable a metales y aleaciones, la primera a todo sólido metálico o no. Dado que en este proyecto se pretende exponer y estudiar exclusivamente la corrosión metálica, es la definición (3) la que mejor se adapta al presente caso.

1.3. PROBLEMAS DE LA CORROSIÓN

1.3.1. FACTORES CONTROLADORES DE LOS MECANISMOS DE LA CORROSIÓN EN AGUAS NATURALES.

I. Salinidad.

De unos mares a otros, las variaciones en la salinidad no son muy acusadas. La salinidad del mar está comprendida entre 33 - 37 ‰, dependiendo del lugar geográfico y de las condiciones climatológicas.

Después de estudios realizados a este respecto podemos concluir diciendo que débiles variaciones en la salinidad del agua de mar no parecen producir cambios apreciables en la corrosión del acero sumergido en este medio.

II. Temperatura.

La temperatura del agua de mar varía en función de la estación del año y de la posición geográfica del lugar. Los valores oscilan entre -2°C y 35°C.

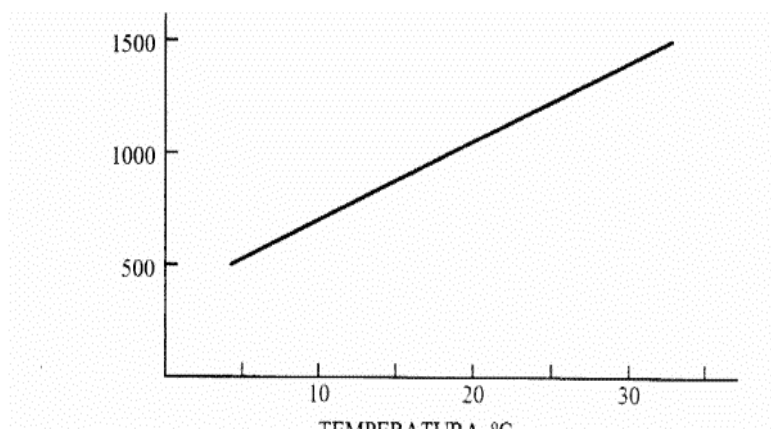


Figura 1: Velocidad de corrosión en función de la temperatura.
Fuente: González, (1989)

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 12

Las velocidades de corrosión, previsiblemente más elevadas en aguas calientes tropicales, se van amortiguando por la existencia en este tipo de aguas de abundante crecimiento de organismos marinos, lo que lleva consigo una reducción del oxígeno en la superficie metálica.

III. Oxígeno.

Debido al alto pH del agua de mar, el agente oxidante es por excelencia el oxígeno disuelto.

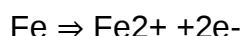
La reducción del oxígeno disuelto está directamente relacionado con el proceso de oxidación del metal, y por lo tanto, todos los factores que influyen en la relación de oxígeno con la superficie del metal, influirán en el comportamiento de la corrosión.

Las velocidades de corrosión para los aceros de los buques son más severas cuando el sistema tiene oxígeno en abundancia.

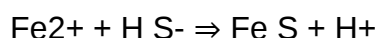
IV. Azufre.

Para una aleación férrea y en una zona donde actúe una colonia bacterial, como es el casco de un buque, la picadura que está formándose se cubre con FeS como producto de corrosión.

En la zona de la picadura, la reacción anódica genera iones ferrosos:



Y estos iones reaccionan después con iones de sulfuro de hidrogeno:



El resultado es que se forma más FeS, junto con iones H⁺, que hace descender el pH. Todo esto hace que la picadura siga creciendo.

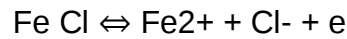
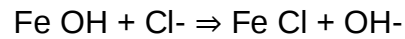
Se ha estudiado que la presencia de sulfuro de hidrógeno H₂S, en el electrolito, promueve el crecimiento de grietas en los cascos debido a la aparición de picaduras.

V. Cloruros.

Un alto contenido de cloruros puede bajar el potencial del metal y, de este modo, incrementar la posible reacción de corrosión.

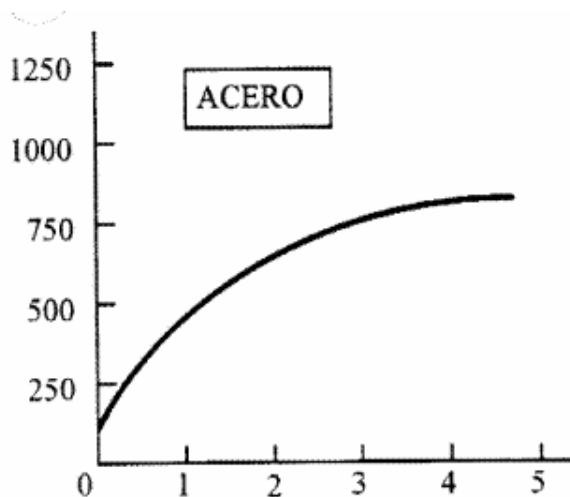
TRABAJO FIN DE GRADO	REF: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 13

Para el caso de aleaciones férreas, el mecanismo de disolución del hierro en soluciones concentradas de iones cloruro, obedece a la siguiente secuencia de ecuaciones:



VI. Velocidad de flujo.

El movimiento del agua de mar al afectar al transporte de oxígeno a las zonas catódicas, y a la eliminación de los productos de corrosión, puede contribuir en la magnitud del proceso corrosivo.



Gráfica 1

Figura 2: Velocidad de corrosión.

Fuente: González,(1989)

Conforme aumenta la velocidad, aumenta la probabilidad de que aparezcan fenómenos de la corrosión-erosión por turbulencias que aceleran notablemente el proceso corrosivo.

VII. Profundidad.

La velocidad máxima de corrosión del casco del buque se presenta en la zona de salpicaduras. Esto es debido a que el metal en esta zona, está

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 14

continuamente mojado por una delgada capa de agua de mar, altamente aireada.

Las burbujas de aire disuelto en el agua de mar tiende a hacerla mas destructiva, al eliminar las películas de protección y recubrimientos.

VIII. Corrosión por organismos microbiológicos.

El factor biológico puede tener una influencia importante en el fenómeno de la corrosión marina, siendo decisivo en el casco de los barcos, en donde, además de originar corrosiones en el casco, ofrece impedimentos a su movimiento.

La existencia del fouling en los fondos del casco de un buque es perjudicial, no solo para la integridad del acero, pues una vez que los organismos incrustados se desprenden se llevan con ellos las capas de pintura dejando el metal al descubierto, sino también para el desplazamiento del barco, por el aumento del coeficiente de fricción respecto al agua de mar.

La fijación del fouling es también función de la naturaleza del metal expuesto, siendo abundante al tratarse del hierro.

El fouling puede tener varios efectos en la corrosión del casco del buque:

1) Da lugar al funcionamiento de pilas de aireación diferencial:

Representación gráfica de una pila de aireación diferencial

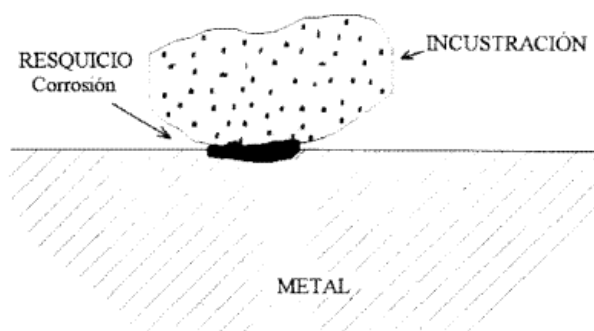


Figura 3: Pila de aireación diferencial.

Fuente: González,(1989)

2) Los productos de segregación de la vida animal influyen en los procesos de corrosión.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 15

- 3) Puede hacer variar la velocidad de reacción de corrosión.
- 4) Dicho fouling, puede producir sulfuros, cambiando la reacción catódica de reducción de oxígeno, por la de reducción de azufre.

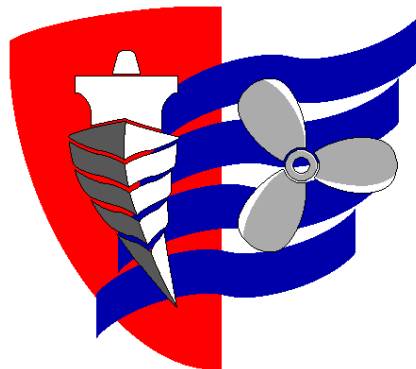
El fouling en el caso del acero inoxidable en el agua de mar, puede aumentar el peligro de corrosión por picaduras.

1.3.2. CORROSIÓN EN EL ACERO SUMERGIDO.

En una lámina de acero se encuentran multitud de irregularidades y defectos, pudiéndose citar entre otros los siguientes:

- a) Las capas de pinturas no son totalmente impermeables y presentan poros y defectos.
- b) Las uniones soldadas.
- c) Zonas en las que pueda existir un par galvánico (e.g. hélice - casco).
- d) Pilas locales de corrosión
- e) Fenómenos de cavitación.
- f) Roces en las que se levanta pintura.
- g) Zonas sin pintar por su inaccesibilidad en la etapa de pintado.
- h) Baja calidad de las capas de pintura o deficiente aplicación.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



METODOLOGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 17

2. METODOLOGÍA

2.1. EL USO Y EL FUNCIONAMIENTO DEL PLC

2.1.1. SUPERVISIÓN, PARÁMETROS DE CONTROL Y COMUNICACIONES.

La supervisión de los distintos estados del proceso y dar nuevas órdenes o parámetros, se puede realizar mediante interfaces de comunicación del PLC como comunicación con PC, buses de campo, redes locales, pantallas HMI (Interface Hombre Maquina), bases de datos, teléfono móvil, etc...

En el caso más simple, el PLC recibe las señales que provienen de los sensores por las líneas de entrada, y las ordenes generadas de control son enviadas a los actuadores por mediante las líneas de salida.

Los dispositivos de Supervisión HMI (Interface Hombre Máquina), permiten transferir la programación al PLC, dar órdenes de control, conocer los estados y realizar la supervisión del proceso.

Los PLC pueden formar parte de sistemas complejos, y estar en comunicación entre ellos, con ordenadores y bases de datos mediante redes de comunicación.

2.1.2. CAPACIDADES DE LAS INSTALACIONES CON PLC

Presentan importantes ventajas innovadoras en cuanto a:

- Substitución de control cableado por programado, y posibilidad de realización de tareas complejas.
- Almacenamiento de datos del proceso para su análisis y gestión de la producción.
- Comunicaciones entre diferentes elementos del sistema, Buses de Campo, LAN, WAN.
- Control integral de procesos y maquinaria en tiempo real, con capacidad de comunicación, supervisión y almacenamiento de información en bases de datos (i.e. Scada).

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 18

- Aumentar la seguridad en realizar las distintas tareas.
- Mejora de la eficiencia energética.
- Reducción de costos de instalación y mantenimiento.
- Menores tiempos en la ejecución del proyecto.
- Reducción de componentes y cableado.

Existen distintos niveles de PLC's, y módulos de aplicación específicos, con capacidad poder realizar tareas más complejas, mayor número de entradas salidas, comunicaciones y redes de trabajo, contadores rápidos, convertidores de señal, módulos de otras tareas específicas y velocidad de proceso, etc...

2.1.3. FUNCIONAMIENTO DEL PLC

El PLC, consta básicamente del procesador CPU (Unidad Central de Proceso) que dispone de decodificador de instrucciones, el cual interpreta y ejecuta cada una de las instrucciones del programa, y genera su correspondencia secuencia de señales de control sobre el sistema.

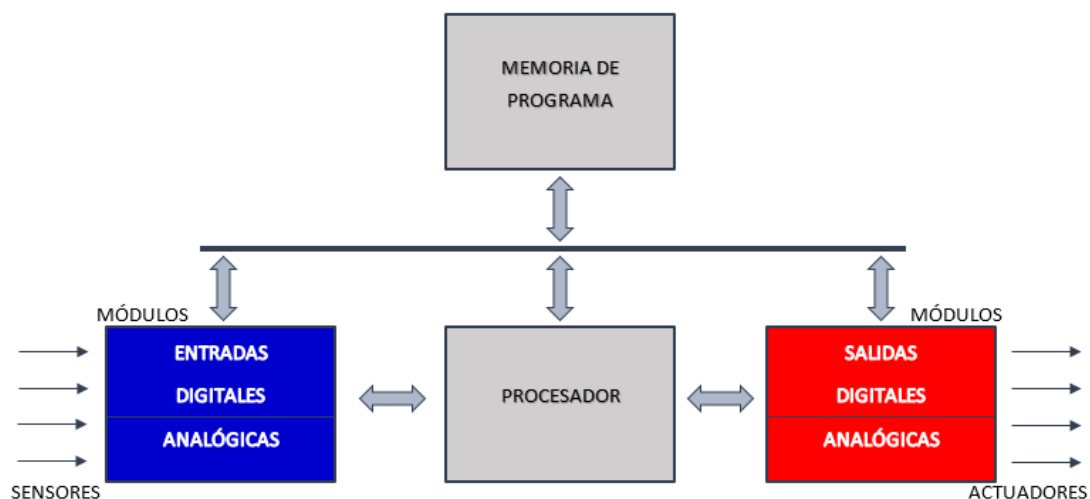


Figura 4. Funcionamiento del PLC.

Fuente: Propia

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 19

El programa con las instrucciones a realizar a ejecutar se guarda en la memoria PROM (EPROM, EEPROM), este programa una vez cargado en memoria permanece guardado, incluso cuando el PLC no tiene tensión de alimentación.

Para modificarlo se tiene que borrar y cargar un nuevo programa.

Los datos obtenidos durante el proceso se guardan en la memoria RAM durante el tiempo de proceso, pero se pierden al desconectar la alimentación.

En caso que se tengan que guardar almacenados se debe disponer de otra memoria EEPROM Los dispositivos de entrada y salida, son los periféricos que comunican con el exterior, permiten el tratamiento de señales digitales, y de las analógicas mediante los convertidores A/D y D/A.

De acuerdo a su funcionalidad el PLC, pueden disponer de una amplia gama de módulos para aplicaciones como, contadores, temporizadores, convertidores, comunicaciones y otros módulos de funciones específicas.

EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

Este proceso se realiza de forma cíclica, y consta de las siguientes fases

Fase 1: Entrada

Adquisición de estados, consulta el estado de todas las entradas y los guarda almacenadas en la memoria, pudiendo ser consultados durante toda la ejecución del ciclo de trabajo.

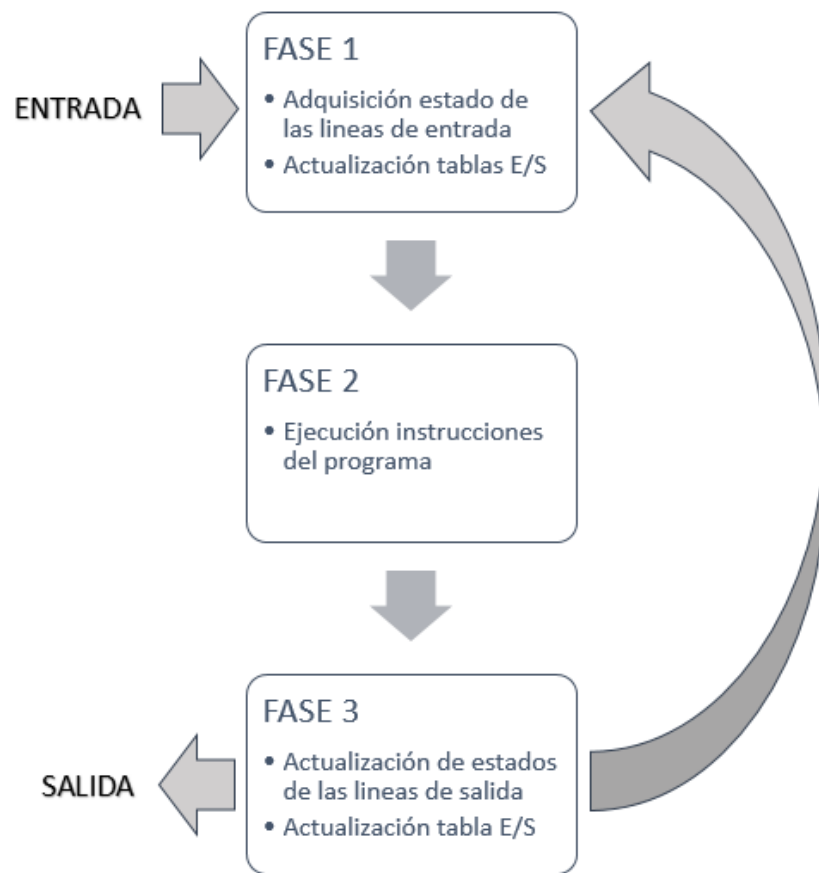


Figura 5. Fases de ejecución del programa.

Fuente: Propia

Fase 2: Decodificación y ejecución del programa

El programa guardado en la memoria de programa es ejecutado, de acuerdo con el estado de las señales de entrada y los datos guardados en la memoria de datos, obtenidos como resultado del proceso de ciclos anteriores.

Las instrucciones de programa se guardan en posiciones de memoria, organizadas de forma secuencial, El procesador de la CPU consta de un Contador de Programa, el cual se encarga de seleccionar secuencialmente las instrucciones del programa a ejecutar.

Cada instrucción secuencial mente seleccionada se carga en el registro de instrucciones de la CPU, y su decodificador de instrucciones genera la correspondiente secuencia de microinstrucciones.

Cada microinstrucción consta de su propia señal de control, la cual actúa ejecutando la correspondiente acción física sobre los circuitos electrónicos del PLC.

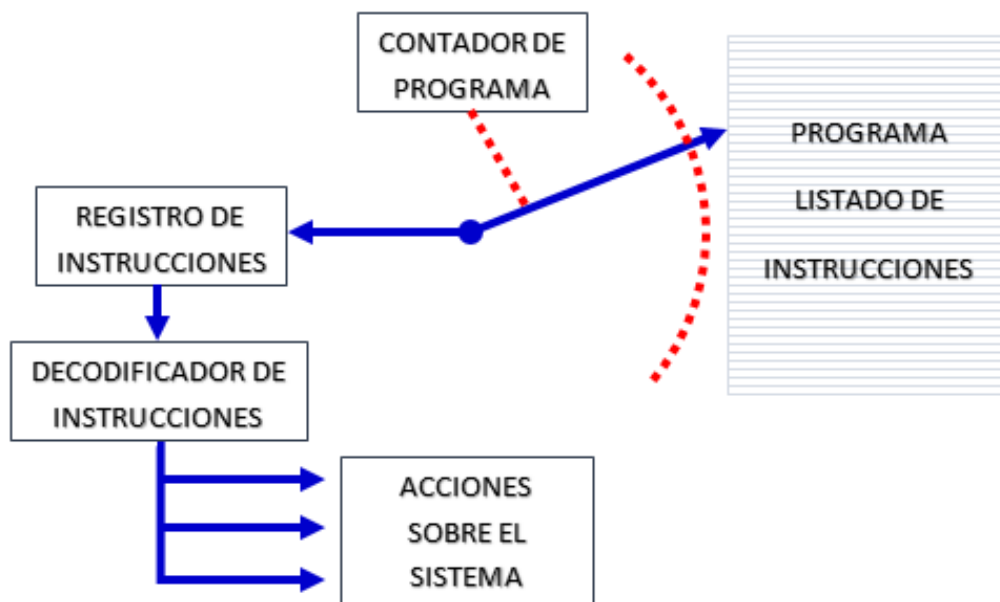


Figura 6. Decodificación y ejecución del programa.

Fuente: Propia

Lectura secuencial del programa y decodificación de instrucciones.

Fase 3: Órdenes de salida.

Los resultados obtenidos en la ejecución de ciclo de trabajo y que corresponden a señales de salida son colocados y guardados en sus respectivas líneas de salida, y a continuación se inicia de un nuevo ciclo de trabajo.

Cada ciclo de trabajo debe tener duración la duración más corta posible, para permitir una rápida respuesta del sistema. Se puede considerar un tiempo de ciclo, del orden de milisegundos.

Este tiempo depende del número de instrucciones de programa, por la que se debe procurar su optimización utilizando el menor número posible.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 22

La mayor frecuencia del Oscilador y velocidad del procesador del PLC disminuye el tiempo de ciclo. Para aplicaciones con funciones complejas, se utilizaran procesadores de la CPU, con capacidad de cálculo.

La lógica programable está basada en el tratamiento de señales binarias, estas se pueden presentar de forma unitaria, y en asociaciones, formando estructuras de Números Binarios.

2.1.4. CONFIGURACIÓN FÍSICA

Módulos que integran el sistema

- CPU, Unidad Central de Proceso, es la parte de mayor importancia del PLC, incorpora un microprocesador que se encarga del control y gestión de todo el sistema.
- Periféricos de Entrada / Salida Digital
- Periféricos de Entrada /Salida Analógica
- Periféricos de tarea especializada. Existen también gran variedad de módulos de aplicaciones específicas, como contadores rápidos, transductores para señales de entrada, drivers para señales de salida, adaptadores de comunicación, etc.
- Fuente de alimentación, a partir de la señal alterna de la línea de entrada, realizadas la rectificación y estabilización, suministra las tensiones de Corriente Continua que requieren los distintos módulos del PLC

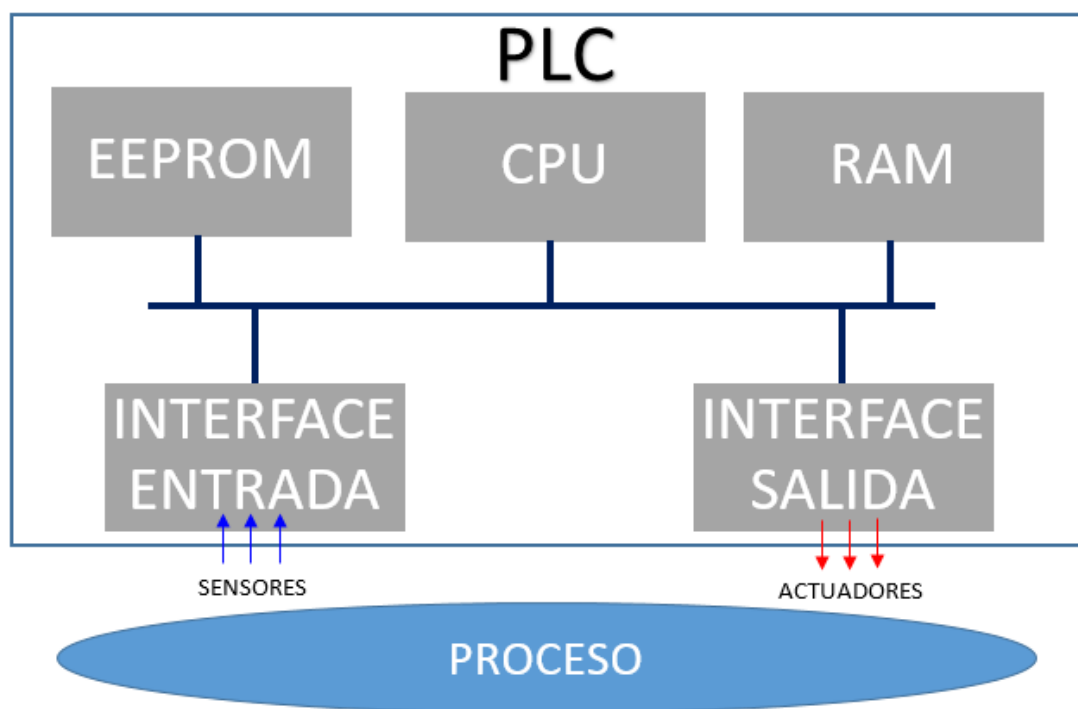


Figura 7. Módulos que componen la arquitectura básica de un PLC.

Fuente: Propia

Tipos de CPU

El módulo de la CPU compacta, Integra puede integrar la fuente de alimentación FA, la propia CPU y los Periféricos de E/S, generalmente en muchos casos en estructura de PLC's de gama media y baja, Para ampliar con otros módulos, se conectan mutuamente mediante las líneas específicas del BUS interno de expansión.

Del mismo modo en los PLC no compactos, la CPU se conecta con los diferentes módulos mediante el BUS de expansión.

Conversion Analógica / Digital

La mayoría de las variables físicas son de tiempo continuo, a las cuales se las denominan señales analógicas. Su valor de conversión a palabras codificadas binarias se realiza mediante convertidores Analógicos/Digitales.

ENTRADA DE SEÑAL ANALÓGICA

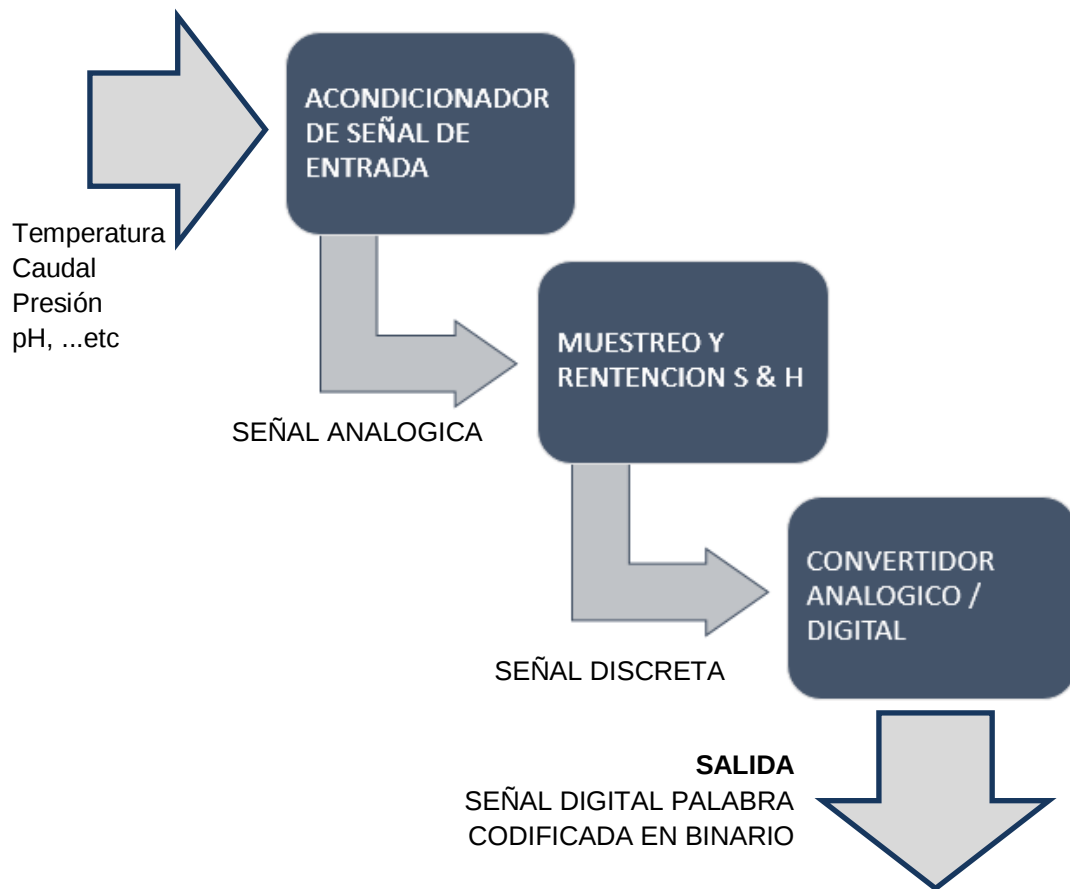


Figura 8. Codificación de señales.

Fuente: Propia

Para ser tratadas por sistemas con microcontrolador, cada cierto intervalo de tiempo, son muestreadas en tiempo discreto y mediante los convertidores A/D, cuantificada y codificadas en palabras binarias.

Del mismo modo, para la obtención de señales analógicas a partir de palabras binarias, el proceso se realiza mediante los convertidores D/A.

PROCESOS DE CONVERSION DE SEÑALES



TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017
	REV: 00
	PAG: 25



Figura 9. Orden de proceso de señales.

Fuente: Propia

Los circuitos acondicionadores adaptan las señales eléctricas a valores normalizados, normalmente tensiones de 0 a 5V e intensidades de 4 a 20mA.

2.1.5. PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE CONVERSIÓN

Resolución: Es la variación del mínimo valor de la señal analógica, que corresponde al Bit de menor peso de la palabra binaria. La resolución de los convertidos se suelen expresar en Bits, en nuestro caso serán 10 bits. Esto es, que por ejemplo para nuestro convertidor de 10 bits y entrada de 0 a 5V, la salida del binario natural tendrá resolución de $5000/(2^{10}) = 4,88 \text{ mV/Bit}$.

Tiempo de conversión: Es el tiempo transcurrido, desde el inicio de la conversión hasta el final de la misma, en el cual se ha obtenido la palabra digital codificada. Depende del tipo de contador, de la frecuencia de trabajo y del número de Bits. Para altas velocidades y convertidores de mayor número de Bits, se debe trabajar con frecuencias de oscilador elevadas, y convertidores del tipo de aproximaciones sucesivas.

Rango de valores de las señales analógicas: Como se ha indicado anteriormente en la descripción del dispositivo, los valores normalizados de tensiones oscilan de 0 a 5V y de 4 a 20mA para las intensidades. En el caso de este proyecto, el rango a medir irá desde los 500mV a los 1500mV.

Códigos de salida: Son cada una de las diferentes codificaciones que la palabra binaria de salida pueda presentar, como BN, BCD, GRAY...

2.1.6. PROCESOS DE MUESTREO DE LA CONVERSIÓN A/D

Muestreo de la señal analógica cada cierto intervalo de tiempo y mantenerla guardada para su cuantificación.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 26

Cuantificación, el convertidor A/D realiza la conversión de la señal Analógica a Digital.

Codificación, asignación a cada una de las muestras cuantificadas una palabra en un determinado código binario.

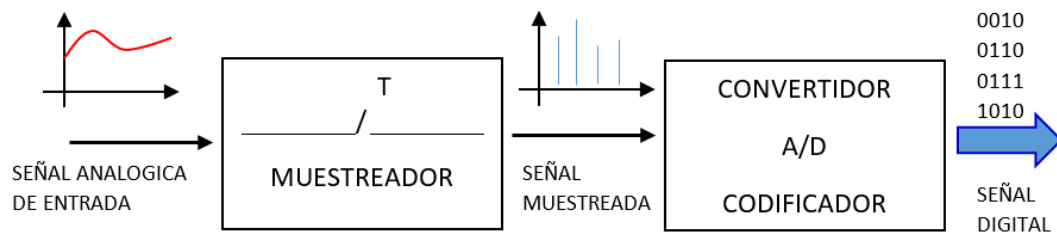


Figura 10. Codificación de la señal.

Fuente: Propia

Supongamos para un convertidor A/D de 12 Bits y señal analógica de 0 a +10V, el valor mínimo de 0V corresponde a la palabra binaria 0000 0000 0000, y el valor máximo a 1111 1111 1111 en Binario Natural.

La resolución, o valor analógico mínimo correspondiente a un Bit sería de 2,44mV.

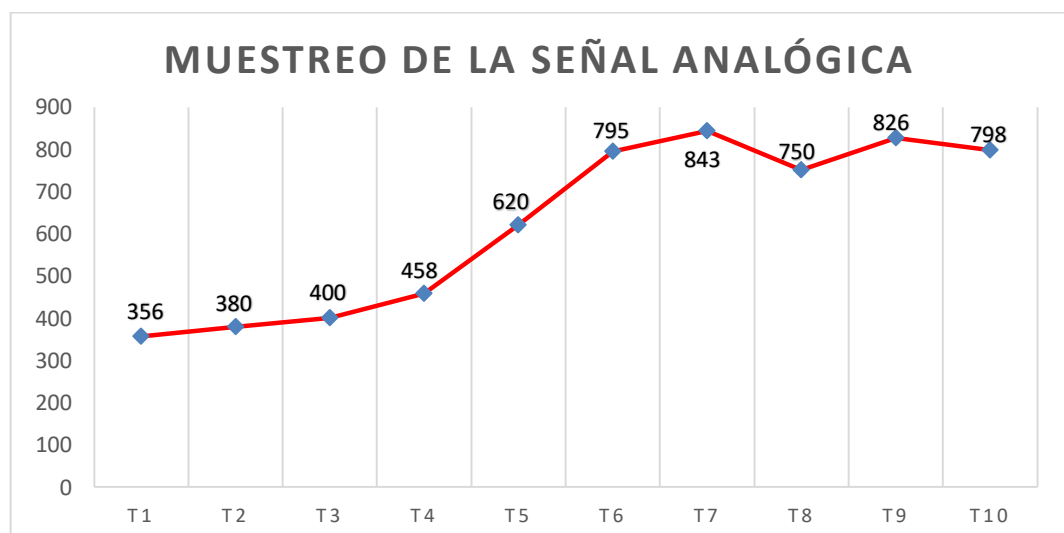


Figura 11. Muestreo de una señal.

Fuente: Propia

La señal discreta, son los valores que corresponden a la señal analógica en cada uno de los instantes de tiempo de muestro T. La señal continua en cada cierto tiempo se toma una muestra de su valor y se mantiene memorizada en forma analógica, para su posterior conversión a digital. Para que la señal analógica pueda ser tratada mediante un procesador digital, se realiza la conversión de señal analógica a una palabra digital de n Bits.

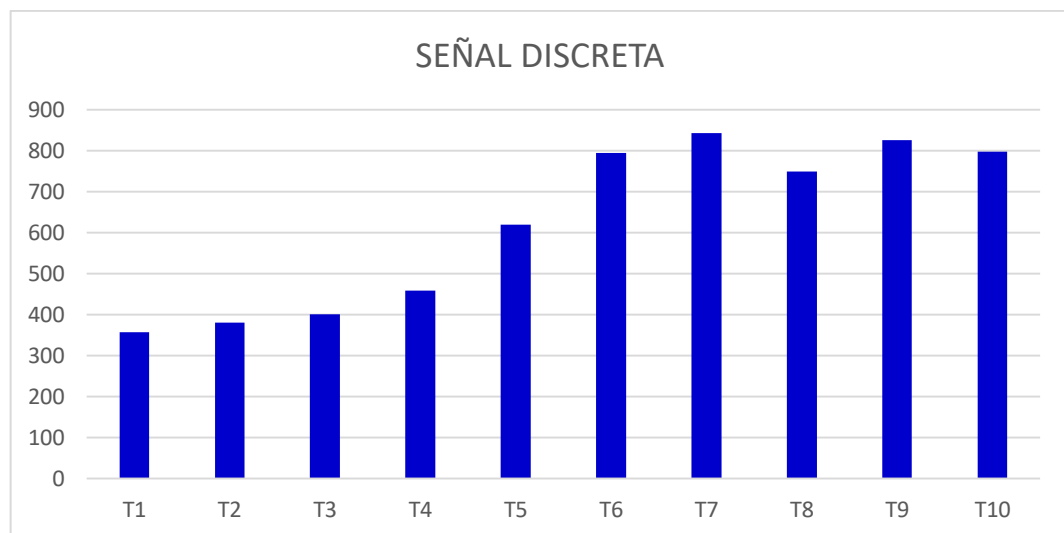


Figura 12. Datos obtenidos de la señal.

Fuente: Propia

2.2. COMPONENTES EMPLEADOS

2.2.1. PLACA ARDUINO NANO 328 ATMEGA



Figura 13. Placa de arduino NANO.

Fuente: Propia

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 28

- Voltaje operacional 5V
- Pines digitales de E/S 14
- Salidas PWM 6
- Entradas analógicas 8
- Corriente suministrada por un pin 40 mA
- Memoria flash 32 KB
- Memoria usada para el bootloader 2 KB
- SRAM 2 KB
- EEPROM 4 KB
- Velocidad del reloj 16 Mhz

2.2.2. LECTOR DE TARJETAS SD

Se trata de un módulo adaptador para poder almacenar los datos en una tarjeta microSD. Su interface de comunicación entre el microcontrolador y la tarjeta SD se realiza mediante el SPI, siglas de Serial Peripheral Interface.



Figura 14. Lector de tarjetas microSD

Fuente: Propia

2.2.3. ELECTRODO DE CLORURO DE PLATA

Con este dispositivo se permite la toma de mediciones individualizadas de potencial respecto de la muestra sumergida junto con el electrodo.

Siguiendo la línea de realizar el dispositivo con un bajo coste, entre las múltiples opciones que hay para crear un electrodo se escoge por su sencillez tanto a la hora de encontrar el producto como de fabricarlo con los medios disponibles.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 29



Figura 15. Sonda electrodo final con carcasa protectora.

Fuente: propia

Para esta sonda de referencia, se opta por fabricarlo en cloruro de plata (AgCl) con los medios de la ETS de Náutica. Su preparación se realiza fundiendo el compuesto preparado de la sal en un tubo de vidrio, elevando la temperatura hasta unos 500°C e introduciendo un alambre de plata en el AgCl fundido. Para ello se centra con un dispositivo adecuado hasta dejar solidificar la sal en torno al hilo.



Figura 16. Tubos de ensayo con el compuesto e hilos de plata.

Fuente: propia

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 30

En la figura, se muestran los dos tubos empleados junto a los conductores de plata. Para fundir el AgCl de los tubos, se utilizó un horno de mufla perteneciente a la ETS de Náutica con las pertinentes medidas preventivas de seguridad.



Figura 17. Probeta con el cloruro de plata en el horno de mufla.

Fuente: Propia

El compuesto se mantiene dentro hasta alcanzar los 500°C, temperatura suficiente para que se fundan las sales quedando la mezcla homogénea en todos sus puntos y poder introducir el conductor de plata en su interior como se aprecia en la figura 18.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 31



Figura 18. Conductor de plata introducido mientras se enfría el compuesto.
Fuente: Propia

Pasado un corto tiempo y todavía caliente, se puede quebrar el cristal con un chorro de agua fría y aislar el extremo del alambre plata descubierto para que no falsee las lecturas de potencial.



Figura 19: Rotura del cristal para sacar la sonda.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 32

Fuente propia.

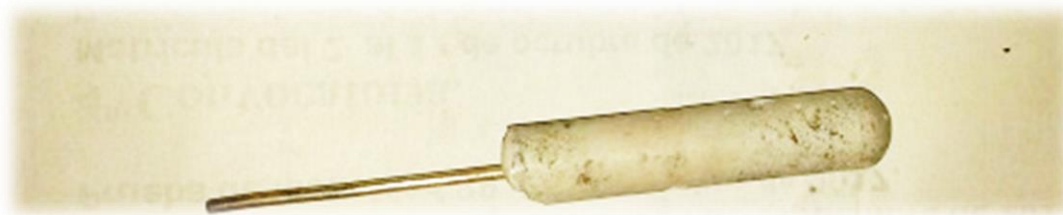


Figura 20: Aspecto del electrodo de referencia terminado. Fuente propia.

El AgCl debe estar exento de AgNO_3 y contener un 1% de KCl para mejorar la conductividad. El electrodo así construido, sumamente robusto, es ideal para los trabajos en agua de mar. Aun así, la sonda se protegerá de la intemperie con una carcasa a medida que permita el paso del agua, como se describirá en el apartado 2.3.3.

2.2.4.SONDA DE TEMPERATURA

Para el prototipo se elige el sensor sumergible DS18B20 de Dallas Instruments por estar ya pre-cableada e impermeabilizada en esta versión. Dado que va a estar en el agua de mar, su cable de PVC no va a sobrepasar su temperatura máxima recomendada de 100°C . Debido a que son digitales, no sufre ninguna degradación de la señal incluso en largas distancias. Cada sensor posee un identificador único de 64 bits grabado en fábrica para diferenciarlos.



Figura 21: Sonda de temperatura DS18B20 empleada.

Fuente propia.

- Tubo de acero inoxidable de 6 mm de diámetro y 30 mm de largo.
- Contiene un sensor de temperatura DS18B20.
- Rango de temperatura: -55 a 125° C.
- Resolución de 9 a 12 bit seleccionable.
- Usa el interface 1-Wire (Solo necesita un pin digital para su lectura).
- ID única de 64 bit grabada en fábrica.
- Multiples sensores se pueden usar en un único pin digital.
- Tolerancia de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ en el rango de -10°C a $+85^{\circ}\text{C}$
- Tiempo de medición menor a 750 ms.
- Funciona de 3v a 5.5v.

2.2.5.RELOJ PARA LA CPU

Proporciona la hora y la fecha de la toma de la muestra a fin de conocer factores como el tiempo de muestreo y el estado de la marea. Se instala un reloj modelo DS1302 con alimentación por pila CR2032 de 3,3V, el cual una vez puesto en hora no pierde su configuración hasta el nuevo cambio de pila.



Figura 22: Reloj para Arduino.

Fuente propia.

- Proporciona año, mes, día, hora, minuto y segundo actual.
- RAM interna: 31x8
- Alimentación: 2-5.5v DC

2.2.6.ALIMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

Para la portabilidad y autonomía de nuestro prototipo, dentro de la misma caja protectora se alojan baterías LiPO de 8800mAh, correspondientes a uno de los muchos modelos conocidos como powerbank ideado para alimentar y/o recargar dispositivos a 5V.



Figura 23: Powerbank utilizado para el prototipo inicial.

Fuente propia.

Teniendo en cuenta que el consumo medio del autómatas escogido es de unos 34mA según hoja de características, en un principio el tiempo entre reposición de baterías será:

$$\frac{8800 \text{ mAh}}{34 \text{ mA}} = 258,82 \text{ h}$$

O lo que es lo mismo,

$$258,82 \text{ h} \div 24 \text{ h por día} = 10,78 \text{ días}$$

Como veremos más adelante en el capítulo 3.2., esta autonomía mejora notablemente disminuyendo su consumo nominal, autonomía que también puede incrementarse con baterías de mayor capacidad siempre y cuando entren en el interior de la carcasa diseñada.

Para que esta alimentación sea constante a 5V en PLC y garantice su funcionamiento, el powerbank dispone entre batería y toma para alimentar el PLC un módulo de incremento de voltaje que proporcione la tensión constante a la placa.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 35



Figura 24: Módulo incremento de voltaje de 1-5v dc a 5v dc.

Fuente: Cortesía de Electro SDR.

- Material: PCB
- Voltaje de entrada: 1 ~ 5V
- Voltaje de salida: 5 V
- Corriente de salida: 500mA
- Dimensiones: 3,6 cm x 2,0 cm x 0,9 cm
- Peso: 6 g

2.2.7.AMPERÍMETRO

Como amperímetro se instala el ACS71, sensor de reducido tamaño que mide la corriente utilizando el efecto Hall, y devuelve un valor de tensión entre 0 y 5V proporcional a la intensidad que circula.

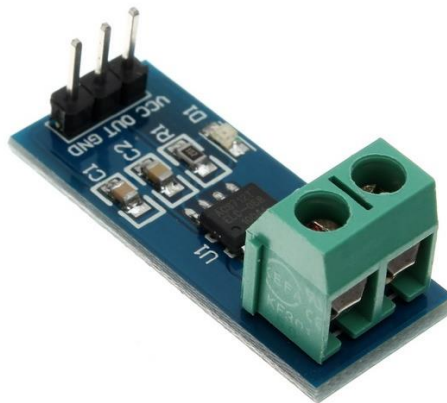


Figura 25: Amperímetro acs71 para Arduino.

Fuente propia.

- Pin de alimentacion 5V power supply
- Medida positiva y negativa de 20A correspondiente a un valor de salida analógica de 1000mV/A
- Tamaño de la placa PCB: 31 (mm) x13 (mm);

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 36

2.3. PROTECCIÓN DE LOS COMPONENTES

2.3.1. CAJA ELÉCTRICA ESTANCA

En el primer prototipo realizado se emplea una caja estanca con protección IP66 (véase figura), con la que se pretendía colocar el dispositivo en tierra y a la intemperie desde el que poder tener fácil acceso y poder calibrar las medidas. Desde esta caja salen 3 cables convenientemente apantallados para evitar el “ruido” en las mediciones, los cuales tomarían potencial entre ánodo y cátodo y temperatura del agua.

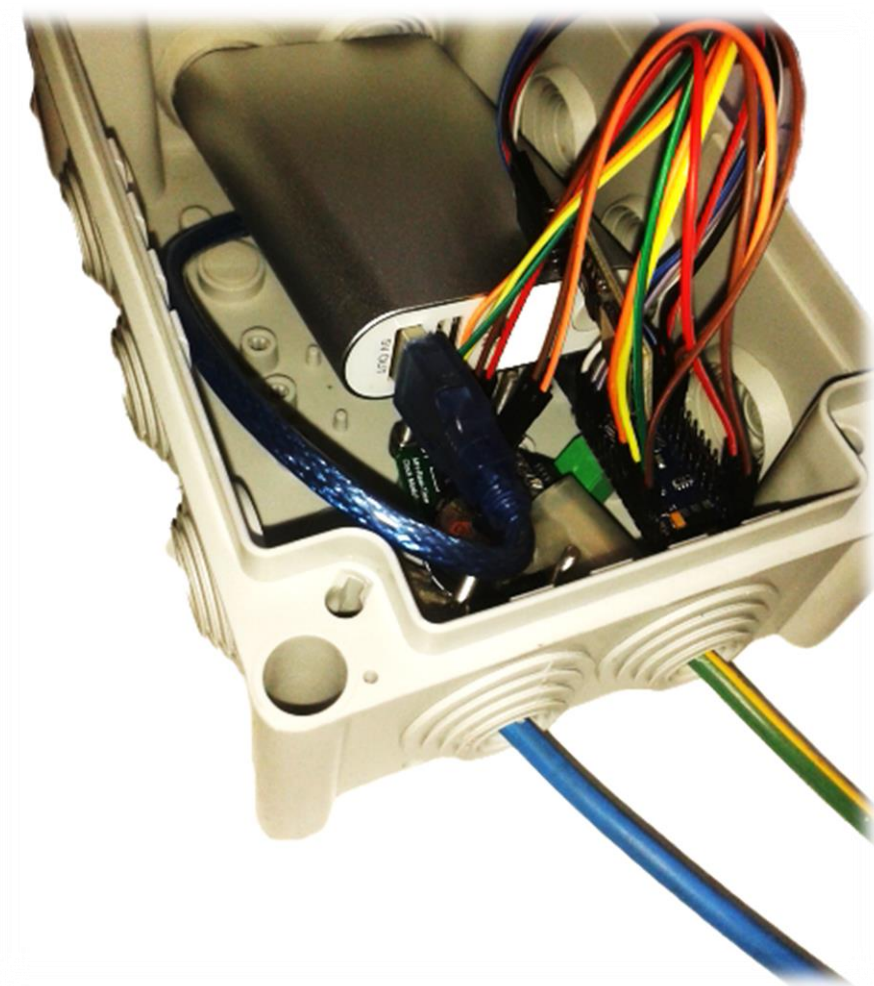


Figura 26: Caja eléctrica estanca para prototipo inicial.

Fuente propia.

La sonda electrodo saldría por el cable azul y la conexión a masa por el cable amarillo y verde, fijándose este último a la plancha de acero mediante tornillo

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 37

y arandelas de goma al terminal faston del cable. Igualmente saldría la sonda a través de otro de sus conos identificada por su cable negro.



Figura 27: Terminal de masa de 6mm para atornillar a la chapa.

Fuente propia

Debido a la problemática que tiene apantallar los cables de forma que sean resistentes a los ciclos de estrés producidos por el movimiento constante del agua, y a posibles actos de vandalismo, se decide realizar una protección totalmente estanca y sumergible que tome las medidas unida a la muestra a ensayar, tal como describiremos en el siguiente apartado.

2.3.2.CAJA SUMERGIBLE

Para evitar los problemas mencionados del apartado anterior se estudia la posibilidad de tener la carcasa unida a la propia chapa objeto del estudio. Se trata de una caja estanca realizada en el taller de la E.T.S de Náutica a partir de una lámina de metacrilato de 12 mm de espesor. A dicho recipiente se le dota de unas medidas de 160 x 85 x 56 mm para alojar los dispositivos descritos en los apartados anteriores.



Figura 28: Carcasas realizadas a partir de la lámina de metacrilato.

Fuente propia.

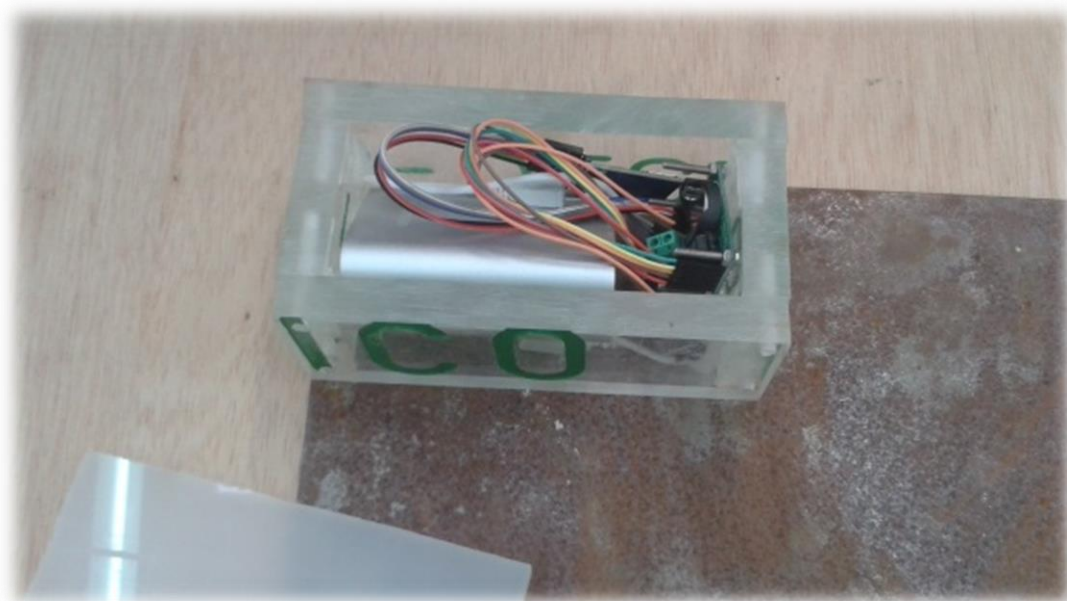


Figura 29: Posición de la caja estanca sumergible en la lámina de metal.

Fuente propia.

Su parte inferior va pegada directamente a la chapa de metal objeto del ensayo, de forma que se accede a ella directamente para obtener uno de los polos del par galvánico. Su estanqueidad es proporcionada por el propio adhesivo, evitando introducir otras fijaciones metálicas, como tornillos, que creen nuevos pares. Además, se evita el segundo cable de masa, pegando el terminal directamente sobre la chapa mediante resina epoxi.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 39

En su parte superior para poder acceder a su interior con la mayor estanqueidad posible, se la dota de una goma haciendo de junta en su parte superior quedando prisionera entre caja y tapa asegurada por un rosario de 14 tornillos de métrica 5. Dichos tornillos roscan directamente sobre la lámina de metacrilato que previamente ha sido taladrada y mecanizada.

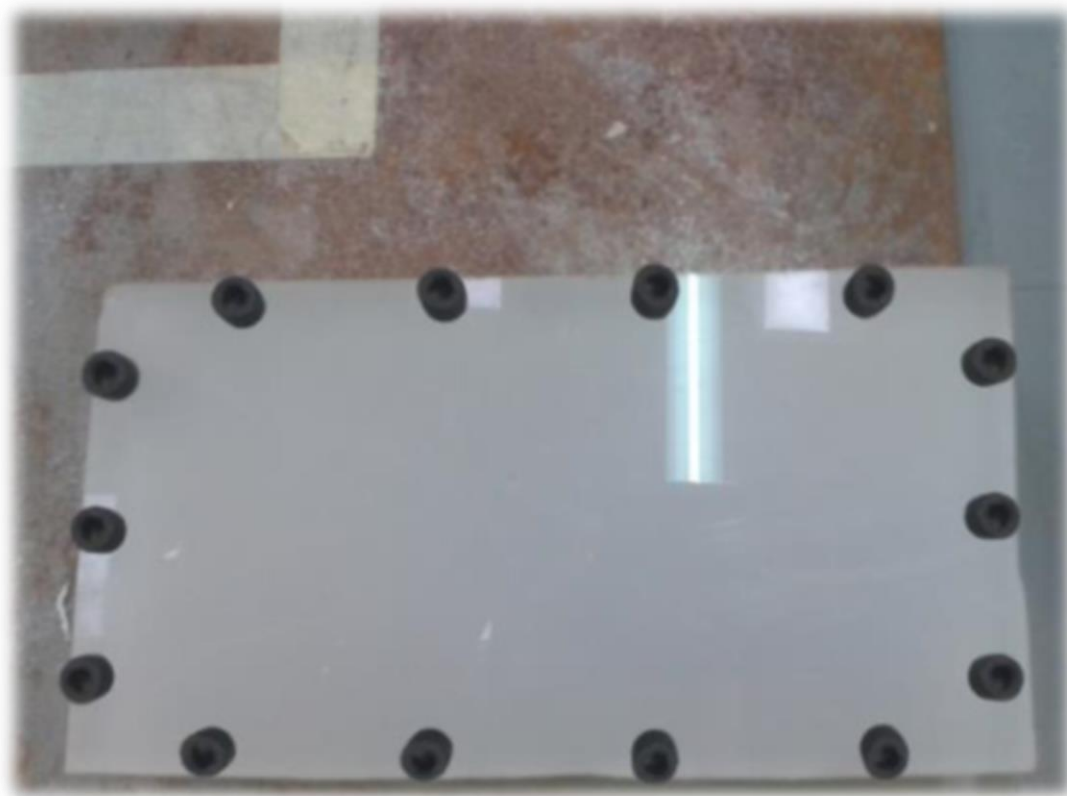


Figura 30: Rosario de tornillos Allen de cabeza cilíndrica.

Fuente propia.

2.3.3. CARCASA PROTECTORA DEL ELECTRODO

Como ya se adelantó en el apartado 2.2.3., la sonda de cloruro de plata aunque ha sido concebida con la suficiente resistencia para el medio en el que ha de realizar las medidas, se la dota de una carcasa que permita el paso del agua, con el fin de alargar su vida.

La protección se realiza a medida en el taller de la E.T.S. de Náutica mecanizando tubo rígido roscado de PVC usado en industria para canalización de cables.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 40

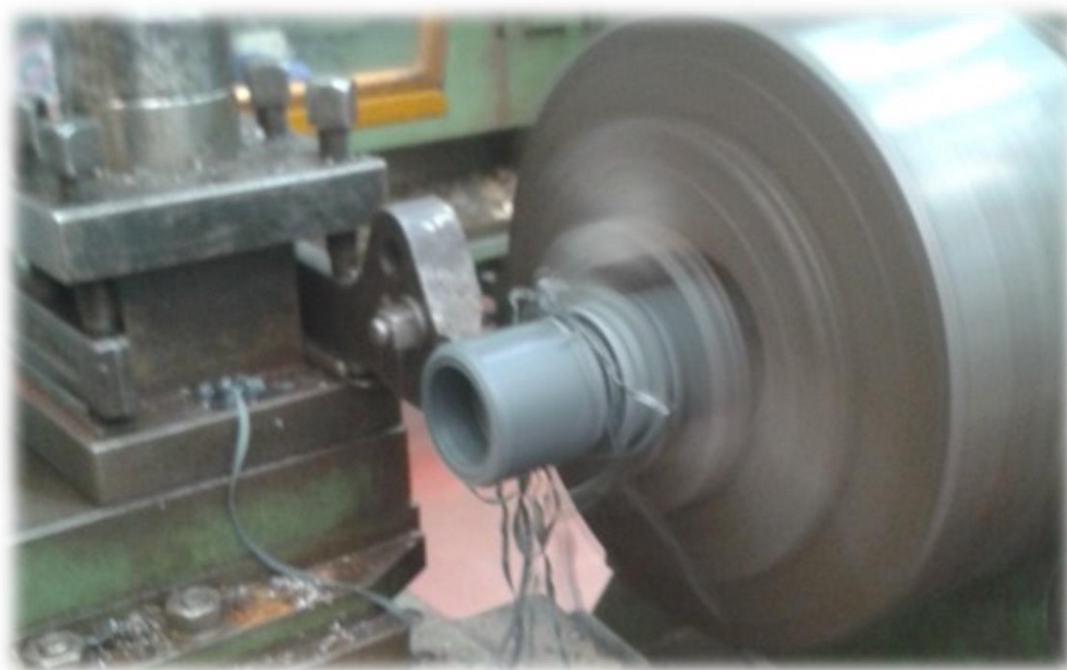


Figura 31: Mecanizado de la carcasa para el electrodo.

Fuente propia.

La sección frontal, donde se aloja la parte descubierta del electrodo tiene un diámetro interior de 46mm con una abertura en su parte posterior de 38mm de diámetro. A ella se ensambla con adhesivo un tubo de 30mm mecanizado en el torno para instalar el electrodo, al que se realizan 16 taladros de 6mm que permiten el paso del agua por los laterales.



Figura 32: Montaje de la carcasa

Fuente propia

En la parte trasera de este tubo sobresaldrá el hilo de plata para poder soldar el cable que comunicará con el PLC.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 41



Figura 33: Diseño CAD de la carcasa para el electrodo junto a fotografías de la parte frontal y trasera una vez realizada.

Fuente propia.

Por último, a este tubo situado en el medio, se le acopla un tapón de PVC con un taladro en su centro de donde saldrá el conductor unido al hilo de plata y sellando el conducto por silicona, dando así estanqueidad a la soldadura.



Figura 34: Soldadura del electrodo de referencia al conductor

Fuente propia.

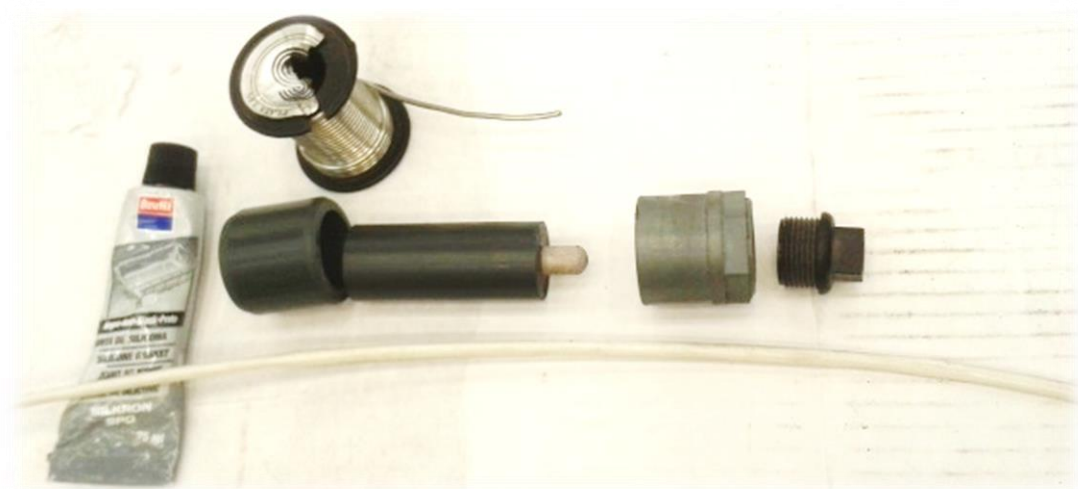


Figura 35: Componentes de la carcasa del electrodo referencia.

Fuente propia.

2.4. ALMACENAMIENTO DE DATOS

El almacenamiento de datos es algo esencial para nuestro prototipo debido a que gracias a dichos datos podremos obtener un historial de la evolución del potencial de corrosión en la chapa. A pesar de poder realizar comunicaciones inalámbricas con este PLC, se prefiere guardarlos en una tarjeta SD debido al importante incremento de consumo que sufriría al instalar cualquier tipo de comunicación inalámbrica.

En la búsqueda del medio de almacenamiento de datos más adecuado podemos encontrar varias soluciones entre los que podemos citar:

Memorias EEPROM: Este tipo de memoria es muy común e incluso muchos microcontroladores incorporan una dentro de su mismo encapsulado, permitiendo realizar escrituras y lecturas en ellas de una forma muy sencilla. Sin embargo, suelen ser de muy poca capacidad, del orden de KBs, por lo que la cantidad de datos que podríamos almacenar sería pequeña.

Microdrives: Es una evolución de los discos duros convencionales hacia una miniaturización del dispositivo. Usado en dispositivos como por ejemplo el reproductor de audio Ipod de Apple, son descartados en los dispositivos alimentados con baterías por su gran coste y consumo de energía. Estos dispositivos han logrado llegar al orden de los cientos de gigabytes.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: METODOLOGÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 43

Memorias FLASH: Este tipo de memoria es la más usada actualmente debido a que ofrece una gran velocidad en el acceso a los datos y dispone de varias interfaces para el acceso a la información. La relación capacidad/precio también es una ventaja, debido a que en la actualidad se ofrecen capacidades en el orden de los gigabytes por precios que no superan los 5 euros.

Viendo estas posibles opciones y considerando los datos de la Tabla 1, nos decantaremos por las memorias FLASH. En concreto, por una tarjeta SD, la cual en su interior lleva una memoria FLASH pero ofrece una interfaz SPI. Esta interfaz es muy sencilla de utilizar ya que la mayoría de microcontroladores poseen un módulo de comunicación de esta interfaz. La capacidad de la tarjeta limitará el tamaño del historial a guardar. Sin embargo, si suponemos el caso más pesimista que es guardar 1 kibibyte de información en la tarjeta por segundo en una tarjeta de 4 gibibytes, esta podría estar guardando información del prototipo durante 48 días hasta llenar su capacidad.

Tabla 1. Comparación entre diferentes tipos de memoria para almacenamiento.

Fuente: Propia

	Capacidad	Consumo	Relación capacidad/precio
EEPROM	BAJA	BAJO	ALTA
Microdrives	ALTA	ALTO	MEDIA
FLASH	MEDIA	BAJO	BAJA

Por esta razón se opta por instalar el lector de tarjetas SD descrito en el apartado 2.2.2, el cual proporciona una capacidad suficiente con un consumo de energía mínimo, dotando así de mayor autonomía al dispositivo.

2.5. RECUPERACIÓN DE DATOS

Dado que por los motivos anteriormente expuestos se descarta colocar una comunicación inalámbrica en favor de optimizar la autonomía del dispositivo, se opta por incorporar una memoria tipo flash en el interior del dispositivo.

Para la recuperación de los datos grabados en la tarjeta SD, del interior de la caja descrita en el apartado 2.3.2, ha de abrirse la tapa superior de la carcasa protectora retirando los 14 tornillos que mantienen la caja estanca por la junta de goma.

La lectura de la tarjeta una vez extraída puede realizarse en cualquier dispositivo que pueda leer un archivo de extensión “*.txt”, también conocido como bloc de notas, desde el cual puede exportarse a otros formatos como hojas de cálculo con los que realizar operaciones y gráficas.

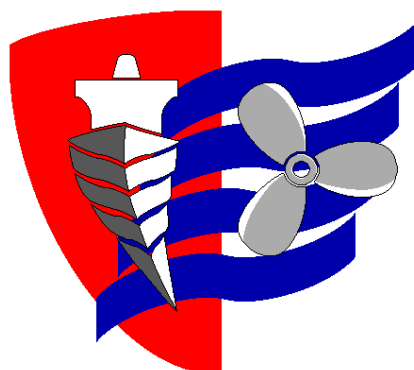
Fecha	Hora	V (mV)	I mA	Temp °C
04/03/2017	10:27:32	0,435	0,009	19,9
04/03/2017	11:27:32	0,435	0,009	18,4
04/03/2017	12:27:32	0,435	0,009	16,7
04/03/2017	13:27:32	0,438	0,009	14,5
04/03/2017	14:27:32	0,438	0,009	12,8
04/03/2017	15:27:32	0,438	0,009	12,9
04/03/2017	16:27:32	0,438	0,009	13,3
04/03/2017	17:27:32	0,438	0,009	13,2
04/03/2017	18:27:32	0,438	0,009	13,3
04/03/2017	19:27:32	0,438	0,009	13,8
04/03/2017	20:27:32	0,438	0,009	13,8
04/03/2017	21:27:32	0,438	0,009	13,9
04/03/2017	22:27:32	0,438	0,009	13,8
04/03/2017	23:27:32	0,438	0,009	14,1
05/03/2017	0:27:32	0,438	0,009	14,4
05/03/2017	1:27:32	0,438	0,009	14,7
05/03/2017	2:27:32	0,438	0,009	14,4
05/03/2017	3:27:32	0,438	0,009	14,1
05/03/2017	4:27:32	0,438	0,009	13,7
05/03/2017	5:27:32	0,438	0,009	13,6
05/03/2017	6:27:32	0,438	0,009	13,5

Figura 36: Muestra del editor de texto generado por el programa de Arduino.

Fuente propia.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: DESARROLLO	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 45

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



DESARROLLO

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: DESARROLLO	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 46

3. DESARROLLO

3.1. OBJETIVOS DEL DISPOSITIVO

La razón de ser del control de corrosión se deriva de la enorme cuantía de las pérdidas generadas por la corrosión y de la posibilidad de reducirlas sustancialmente por métodos ya conocidos de protección y control. Este control se puede adoptar de múltiples maneras, respondiendo a la amplia casuística de los fenómenos de corrosión posibles.

El método considerado destaca por su simplicidad en cuanto a una duración de la medida prácticamente instantánea y la rápida respuesta a cualquier cambio además de su facilidad de interpretación. Por estas razones:

1. El prototipo debe ser el resultado de un proceso de diseño previo adecuado a las características que se le requieren.
2. El prototipo debe recoger los siguientes datos:
 - Tensión
 - Temperatura
 - Tiempo
 - Intensidad de corriente
3. El prototipo debe almacenar todos los datos recogidos, de acuerdo con unas especificaciones temporales, para su posterior tratamiento.
4. El prototipo debe tener una cierta autonomía, y en consecuencia se buscará minimizar el consumo.
5. El prototipo debe ser resistente, no debe deteriorarse ni sufrir perturbaciones a causa de los efectos climatológicos, dado que estará a la intemperie y sumergido en el agua.
6. El prototipo debe tener un coste lo suficientemente bajo como para que pueda plantearse su producción.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: DESARROLLO	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 47

Otro apartado importante que no debemos olvidar es la elección del microcontrolador a usar para la realización del prototipo. En este caso se va a usar una placa Arduino Nano 328, provista de un microcontrolador Atmel ATmega328. Este microcontrolador dispone de suficiente memoria para almacenar todo el software que implementemos para el presente proyecto. Las características principales de este microcontrolador las podemos encontrar en el apartado 2.2.1. Entre los aspectos más relevantes e importantes que nos ha ayudado a decantarnos por esta plataforma es la cantidad de librerías disponibles en la red ofrecidas libremente por la comunidad de usuarios de esta plataforma y el bajo consumo que ofrece esta placa frente a otras de la misma familia y similares características.

A continuación se incluyen los detalles más significativos de cada uno de los parámetros considerados. Para cada uno de ellos se describe su diseño, las características de la simulación y los aspectos relevantes de la implementación.

3.2. MUESTREO DE DATOS

Como se comentó en el apartado 2.1.6, la resolución será la división del rango de tensión a medir entre el número de bits. En nuestro caso, al querer muestrear una tensión entre 0 y 5V entre los 10 Bit de nuestro procesador, tendríamos una resolución de:

$$5\text{ V} \div (2^{10}\text{ Bits}) = 0,00488\text{ V} = 4,88\text{ mV}$$

Como las magnitudes que deseamos medir son analógicas, por ello necesitamos un sistema que pase de analógico a digital, el cual llamaremos ADC (Analog digital coverter), módulo con el cual Arduino cuenta.

La tierra, GND en el Arduino, es como el cable negativo o común (COM) de un polímetro, que en nuestro caso, esta tierra será la chapa de acero, siendo esta el ánodo del medidor y el electrodo de cloruro de plata el cátodo.

Para medir la tensión en la rutina loop(), utilizamos la función analógica analogRead(A0), para leer la entrada analógica 0 en este caso. El valor que nos devuelve, es un entero dentro del rango de 0 a 1023, por dicho motivo lo

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: DESARROLLO
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017
	REV: 00
	PAG: 48

debemos ajustar en la ventana de 0 a 5 V que, es el margen de Arduino. Dicho valor leído lo multiplicamos por el nivel real de alimentación y lo dividimos por 1024.

Dado que pueden existir ciertas oscilaciones en la medida, se contempla que en la medición se realicen 5 muestras en el mismo segundo, las cuales se introducen en un “array” o conjunto de valores, para posteriormente anotar como valor final su media y reducir su error aleatorio.

De igual forma, se asignarían a los demás parámetros analógicos como la intensidad y la temperatura a otras entradas analógicas del PLC.

El tiempo de muestreo, es el tiempo que transcurre entre dos mediciones consecutivas. Es fundamental para la adquisición de datos y se suele expresar en frecuencia. Dicha frecuencia tendrá un periodo de 3.600.000 milisegundos tal como mide el PLC seleccionado, o lo que es más fácil de interpretar, 3.600 segundos, es decir, una hora.

Para un ahorro de energía más eficiente, se utilizará una librería que haga de timer o temporizador, la cual hará una interrupción en el hardware cuando no requiera usarse. Mediante esta función "Sleep Mode and turn off devices" solo deja en activo la CPU, pasando a consumir 9,91mAh en vez los constantes 40mAh que se mencionan en el apartado 2.2.6.

Si tenemos en cuenta que se deja 10 minutos de margen encendido para que haga las operaciones de muestreo y guardado en la memoria SD, es decir, un sexto de la hora, con este modo se tiene un consumo por hora de:

$$5h/6 \times 9.91mA + h/6 \times 40mA = 14,92mAh$$

Por tanto, si consideramos la plena capacidad de sus baterías de 8800mA, su duración estimada será de:

$$8800mAh \div 14,92mA = 589,8h$$

O lo que es lo mismo:

$$5589,8h \div 24 h/día = 24,57 días$$

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: DESARROLLO	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 49

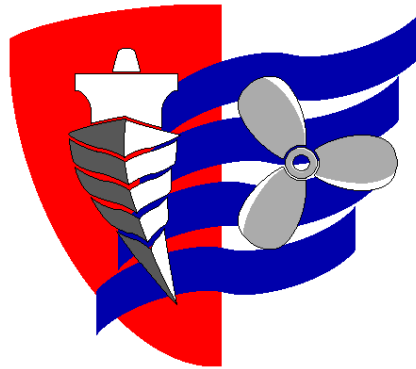
3.3. ALMACENAMIENTO DE DATOS

El programa realizado abre en cada muestreo un archivo tipo bloc de notas llamado “valores.txt”, en el cual realiza las anotaciones de los valores, ya convertidos, recogidos en las entradas analógicas. Una vez anotados, el programa guarda y cierra el archivo con objeto de evitar posibles errores de escritura o pérdida de datos.

De no existir el archivo, bien por ser una tarjeta nueva o haberse dañado, el programa crea automáticamente un nuevo archivo con el mismo nombre.

Para poder interpretar estos valores dentro del archivo hay que tener en cuenta que cada muestreo graba los valores separados por una tabulación y finaliza con un retorno de carro y salto de línea. De esta forma, en el bloc de notas se crea una especie de tabla en la que recoge los valores de las diferentes medidas puestos en columnas. Esto nos facilitara el trabajo y la creación de gráficas a la hora de importarlo a una hoja de cálculo, en la cual podremos meter por columnas los datos del potencial, intensidad de corriente, temperatura, fecha y tiempo línea por línea.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



CONCLUSIONES

4. CONCLUSIONES

En la tabla 2 de resultados y comparación, se indican los valores tomados de las mediciones realizadas por un patrón, o medidor de corrosión homologado, y empleado por el tutor para muestreos similares a las que se quiere dar al dispositivo creado del presente proyecto.

La duración de las mediciones se realizaron para la exposición de una chapa metálica para construcciones metálicas 1118 de 420mm de ancho por 420mm de largo con un espesor de 3mm. Sumergida en aguas salobres, transcurre un tiempo de una hora con el dispositivo tomando muestras a intervalos de 10 minutos con el fin de compararlas con las obtenidas del medidor patrón y ver su diferencia.

Tabla 2. Resultados de la comparación entre medidas del dispositivo y medidor homologado.

Fuente: Propia

<i>Medición</i>	<i>Dispositivo del proyecto</i>	<i>Medidor homologado</i>	<i>Diferencia</i>
1	0.435 V	0,438 V	0,003 V
2	0.435 V	0,438 V	0,003 V
3	0.435 V	0,438 V	0,004 V
4	0.438 V	0,442 V	0,004 V
5	0.437 V	0,442 V	0,004 V

De los resultados obtenidos su diferencia media es:

$$\overline{Diferencia} = \frac{0,003 + 0,003 + 0,004 + 0,004 + 0,004}{5} = 0,004 \text{ V}$$

Si esta diferencia de tensión entre ambos medidores se aplica a la medida de la media del aparato patrón, obtenemos que el error porcentual es:

$$Error = \frac{0.004}{0.440} \times 100 = 0.845\%$$

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: CONCLUSIONES	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 52

Por tanto, según la tabla de clases de precisión para aparatos eléctricos de medida del anexo 6.3.1 podemos sacar su error del aparato y el error porcentual:

Teniendo en cuenta que según esta tabla y el tanto por ciento de error, el medidor entraría dentro de la clase 1,

$$\begin{aligned} \text{Error del aparato} &= \frac{\pm \text{Error del aparato} \times \text{Valor máximo de escala}}{100} = \frac{\pm 1 \times 5 \text{ V}}{100} \\ &= 0.05 \text{ V} \end{aligned}$$

Si las mediciones se van a efectuar para un rango entorno a los 0.5 V,

$$\text{Error porcentual} = \frac{\text{Error del aparato} \times 100\%}{\text{Medición}} = \frac{0.05 \text{ V} \times 100\%}{0.5 \text{ V}} = 10\%$$

Teniendo en cuenta que el valor de medición va a efectuarse en un campo de medida de 1/10 de la escala del aparato, el error del aparato puede ser 10 veces aquél, por tanto estaría dentro de la clase 1 según la VDE 0410.

De este error obtenido, deducimos que puede tener una precisión aceptable para:

- Automatización de la técnica.
- Proporcionar conocimiento del estado de corrosión o de la velocidad de corrosión.
- Proporcionar datos sobre las relaciones entre los procesos de corrosión y las variables de servicio.

Por tanto, los principales campos a los que se pueden aplicar este control de la corrosión básico compuesto de sensor o probeta e instrumento de medida serian:

- Como herramienta de diagnosis.
- Para conocer la operatividad de la solución.
- Para proporcionar información a producción de la administración de una empresa.
- Como parte de sistemas más amplios de control o de organización.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: CONCLUSIONES	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 53

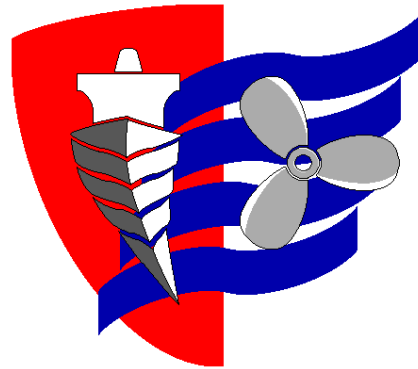
Todos estos campos señalados encajan en dos categorías más amplias, según el objetivo primario perseguido sea la diagnosis de una situación nueva o controlar el comportamiento de un sistema conocido.

Sea cual sea la decisión adoptada a la que aplicar esta monitorización, el registro de potencial eléctrico que realiza el PLC resulta capaz de dar una medición individual e instantánea y reaccionar a los cambios con suficiente rapidez. Además, su sencillez en la programación facilita enormemente la introducción de medidas correctoras y muestreos adicionales con un bajo coste.

Por tanto, se puede concluir que es un dispositivo que podría emplazarse en toda aquella instalación que sea susceptible de padecer corrosión y se quiera ejercer un control o diagnosis sobre ella, dado que:

- ❖ Se ha desarrollado un módulo electrónico de pequeño tamaño capaz de adosarse a la propia probeta a ensayar, permitiendo la toma de datos con el material de ensayo sumergido.
- ❖ El modulo permite el muestreo de datos de forma continuada durante un periodo de tiempo prolongado sin necesidad de atención técnica frecuente o diaria por parte del personal.
- ❖ Se trata de un equipo de bajo coste que sea desarrollado con productos tecnológicos adquiridos en el mercado electrónico libre, lo que permite extender su fabricación a múltiples equipos a disposición de los ensayos.
- ❖ Los datos registrados presentan un formato que permite la obtención directa de gráficos que muestra el comportamiento de la probeta ensayada.
- ❖ El modulo y sus condiciones de estanqueidad determinan y permiten la realización de ensayos a diferente profundidad en el entorno marino.
- ❖ Se ha permitido en el diseño la capacidad del módulo para ser reprogramado y adaptado a diferentes ensayos, con lo que el equipo dispone de una posibilidad de utilización ilimitada.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PRESUPUESTO

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 55

5. PRESUPUESTO

5.1. COMPONENTES DEL PLC Y APARAMENTA DE MEDIDA

Partida	Unidad	Descripción	Total mediciones	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
1.1	U	Arduino Nano V3.0 ATmega328P	1	9.95	9.95
1.2	U	Adaptador microSD SPI para Arduino	1	3.95	3.95
1.3.1	g	Cloruro de plata en polvo 150 µm	20	1.8	36
1.3.2	mm	Conductor 1.5mm ² x 100 mm Ag	100	0.24	24
1.4	U	Sonda Sensor de temperatura DS18B20 sumergible	1	3.25	3.25
1.5	U	Módulo RTC DS1302	1	2.95	2.95
1.6	U	Batería 5V 8800mAh	1	17.5	17.5
1.7	U	Amperímetro para Arduino ACS71	1	2.45	2.45
1.8	U	Conectores Dupont	12	0.10	1.20
1.9	U	Clema de conexión 4mm	4	0.05	0.20
El precio de esta tabla es de ciento uno con veinticinco euros					101.25 €

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 56

5.2. CARCASA SUMERGIBLE DEL PLC

Partida	Unidad	Descripción	Total mediciones	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
2.1	mm ²	Lámina de metacrilato de 12mm	199.3	0.12	23.9
2.2	U	Racor para presurizar	1	9	9
2.3	U	Tornillos M5x50 Inox.	14	0.06	0.84
2.4	cm ³	Silicona Sikaflex CC	85.7	0.03	2.57
2.5	U	Junta klinger de goma de estanqueidad 3mm	1	1	4.5
El precio de esta tabla es de cuarenta con cincuenta y siete euros					40.57 €

5.3. CARCASA PROTECTORA DE Sonda

Partida	Unidad	Descripción	Total mediciones	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
2.1	U	Tapón roscado macho de PVC 3/8"	1	0.42	0.42
2.2	U	Manguito de unión PVC rígido para 32mm	1	0.52	0.52
2.3	mm	Barra de PVC macizo Ø38mm 1.44g/cm ³	12	0.13	1.56
2.4	cm ³	Silicona Sikaflex CC	22.68	0.03	0.68

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 57

El precio de esta tabla es de 2 con 50 euros	2.50 €
--	--------

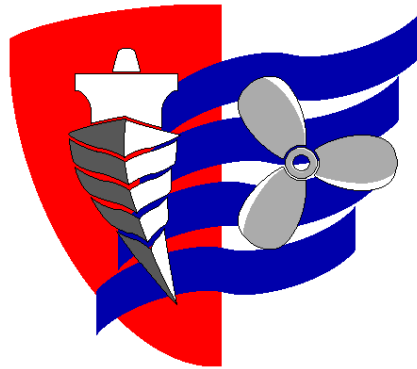
5.4. EJECUCIÓN Y MECANIZACIÓN

Partida	Unidad	Descripción	Total mediciones	Precio Unitario (€)	Precio Total (€)
2.1	Min	Corte de metacrilato	15	20€/h	5
2.2	Min	Fresado de la caja	30	30€/h	15
2.3	Min	Taladros	15	20€/h	5
2.4	Min	Roscado	30	20€/h	10
2.5	Min	Mecanizado de tubo	15	30€/h	7.50
El precio de esta tabla es de cuarenta y dos con cincuenta euros					42.50

5.5. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Capítulo 1: Componentes del PLC y aparamenta de medida.....	101,25 €
Capítulo 2: Carcasa... sumergible del PLC.....	40,57 €
Capítulo 3: Carcasa protectora de sonda.....	2,50 €
Capítulo 4: Ejecución y mecanización.....	42,50 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M.).....	187,06 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6% sobre P.E.M.).....	11,22 €
GASTOS GENERALES (13% sobre P.E.M).....	24,32 €
Suma de G.G. + B. I.....	233,83 €
BASE IMPONIBLE.....	222,60 €
I.V.A. (21% sobre P.E.M).....	46,75 €
PRESUPUESTO DE LICITACIÓN.....	269,35 €
El precio de licitación del proyecto es de doscientos sesenta y nueve euros con treinta y cinco céntimos.	

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ANEXOS

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 59

6. ANEXOS

PLANOS Y CONEXIONADO

SKETCHES Y LIBRERÍAS EMPLEADOS

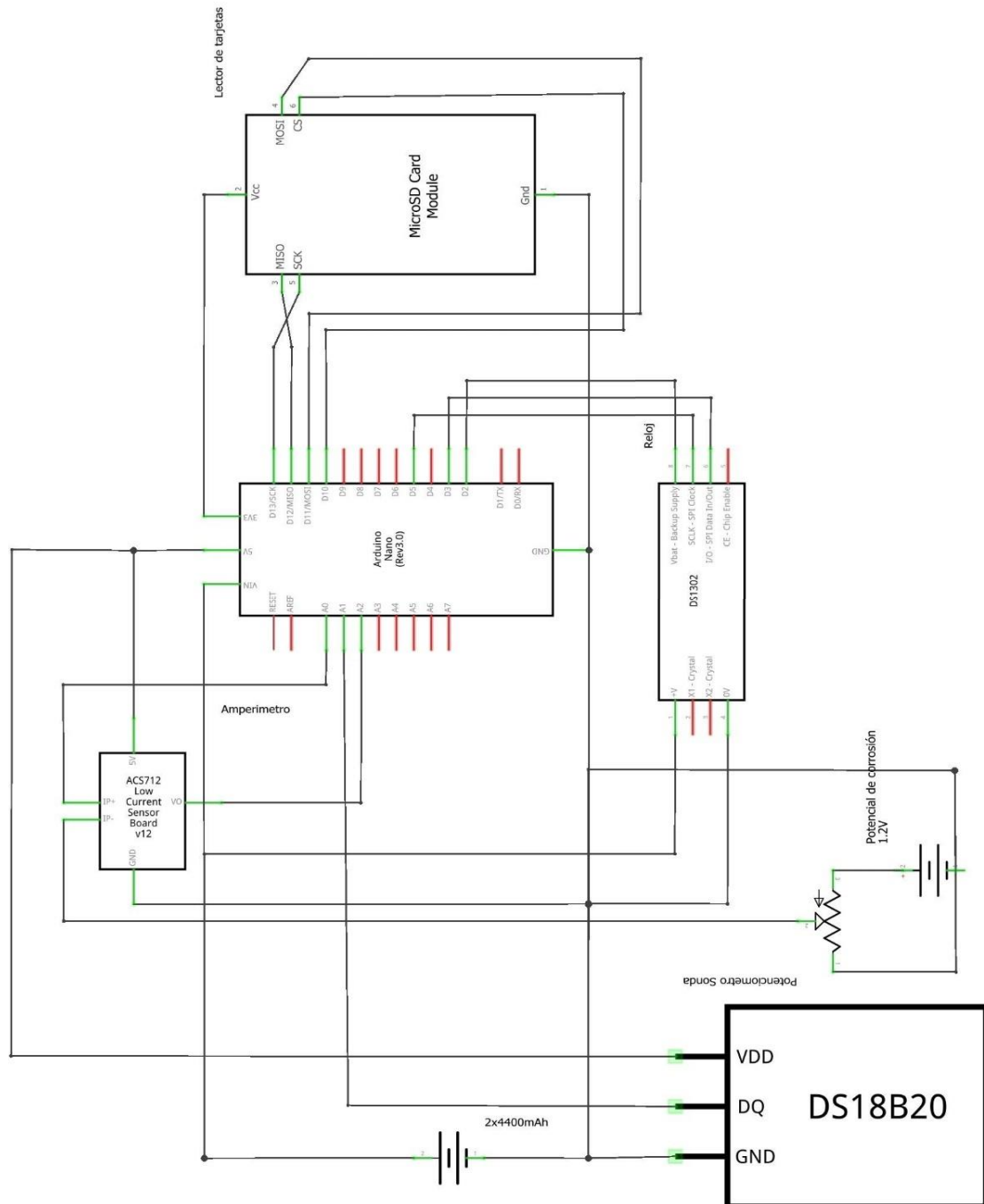
NORMATIVA APLICABLE

ANEXO I

PLANOS Y CONEXIONADO

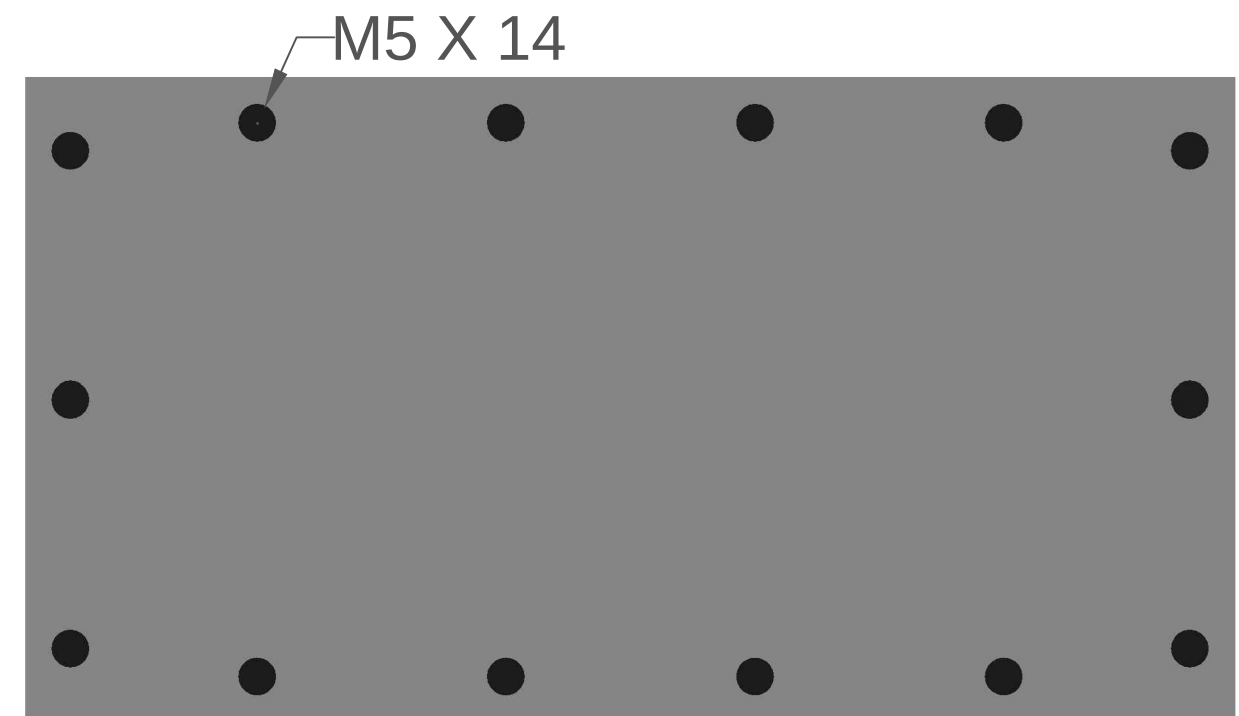
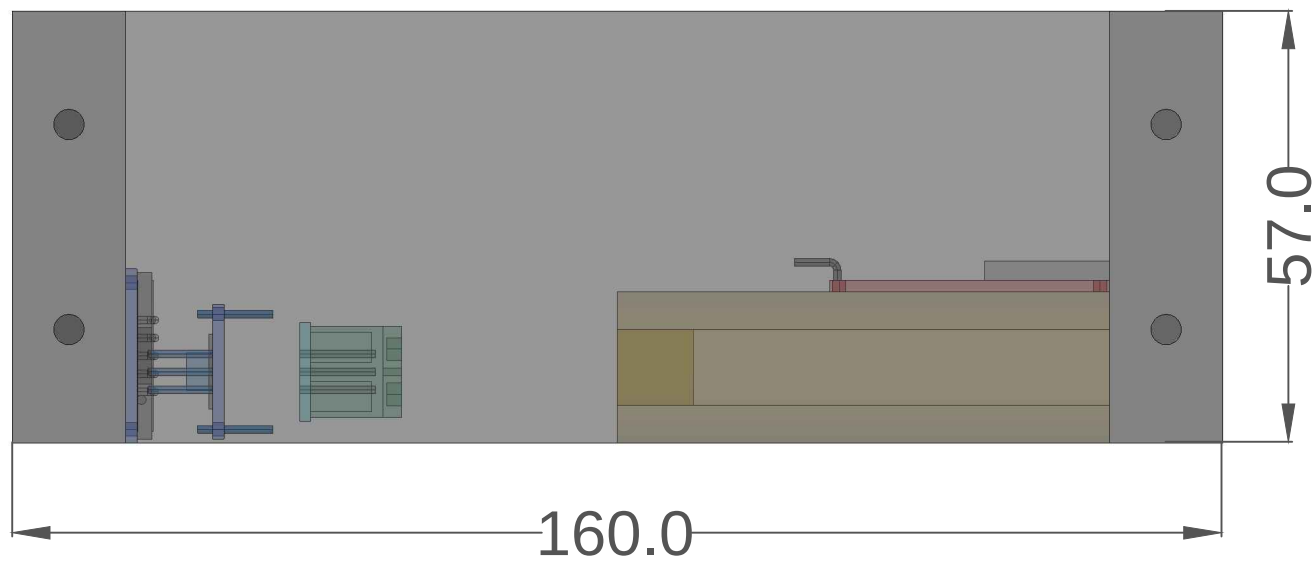
6.1. PLANOS Y HOJAS DE CARACTERÍSTICAS.

6.1.1. ESQUEMA DE CONEXIONADO

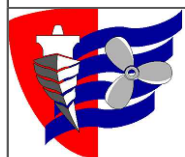
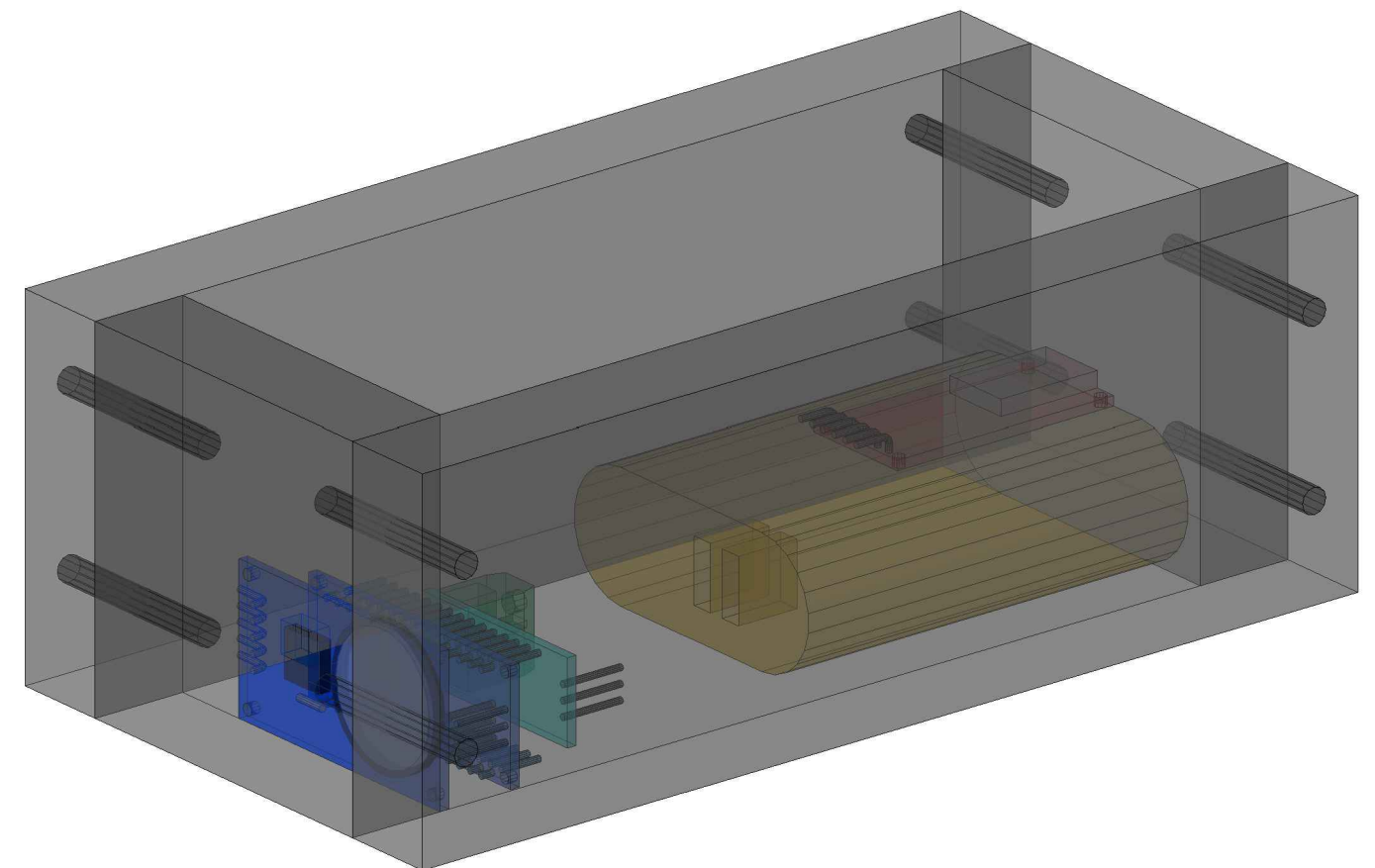
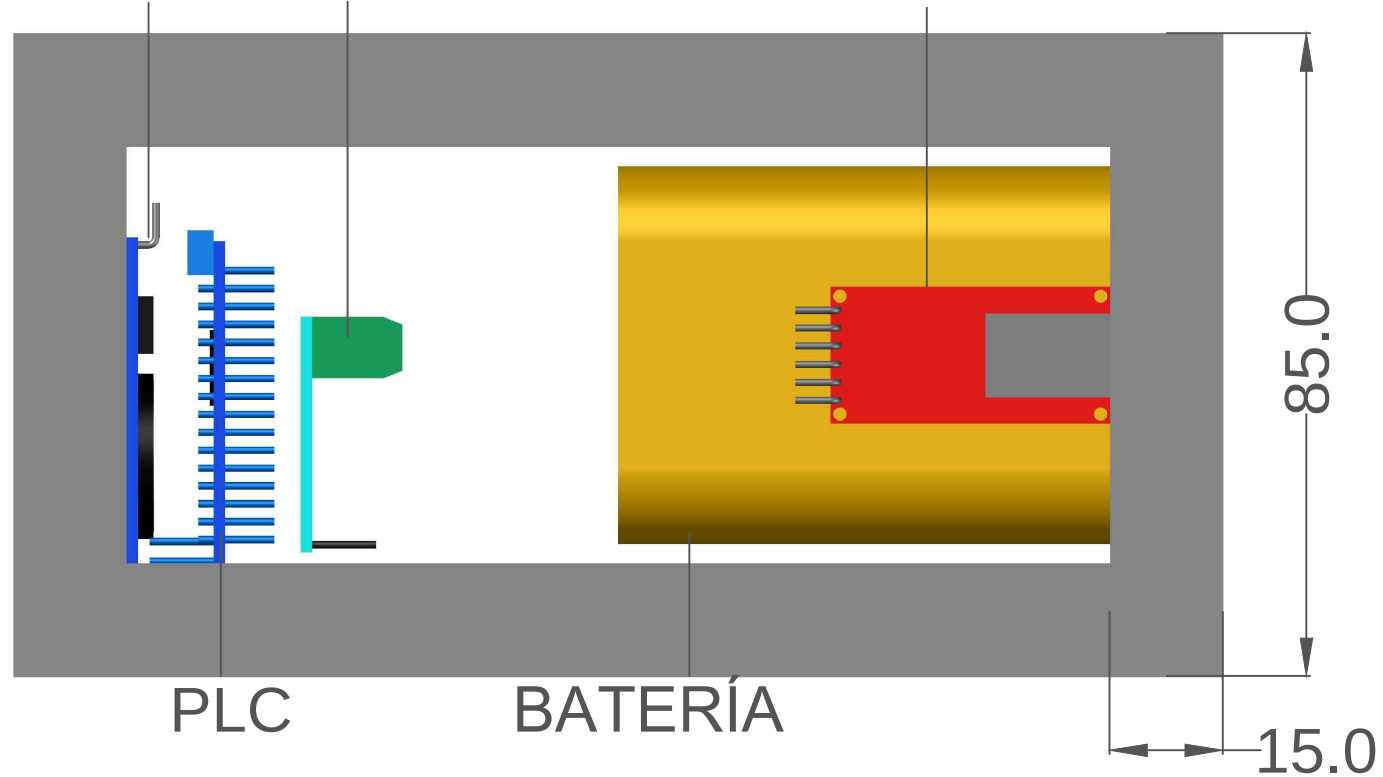


COTAS EN MM

1:1



RELOJ AMPERÍMETRO LECTOR SD



E.T.S. NAÚTICA
Universidad de Cantabria

AUTOR DE PROYECTO:
EMILIO CICUÉNDEZ SIMONNEAU

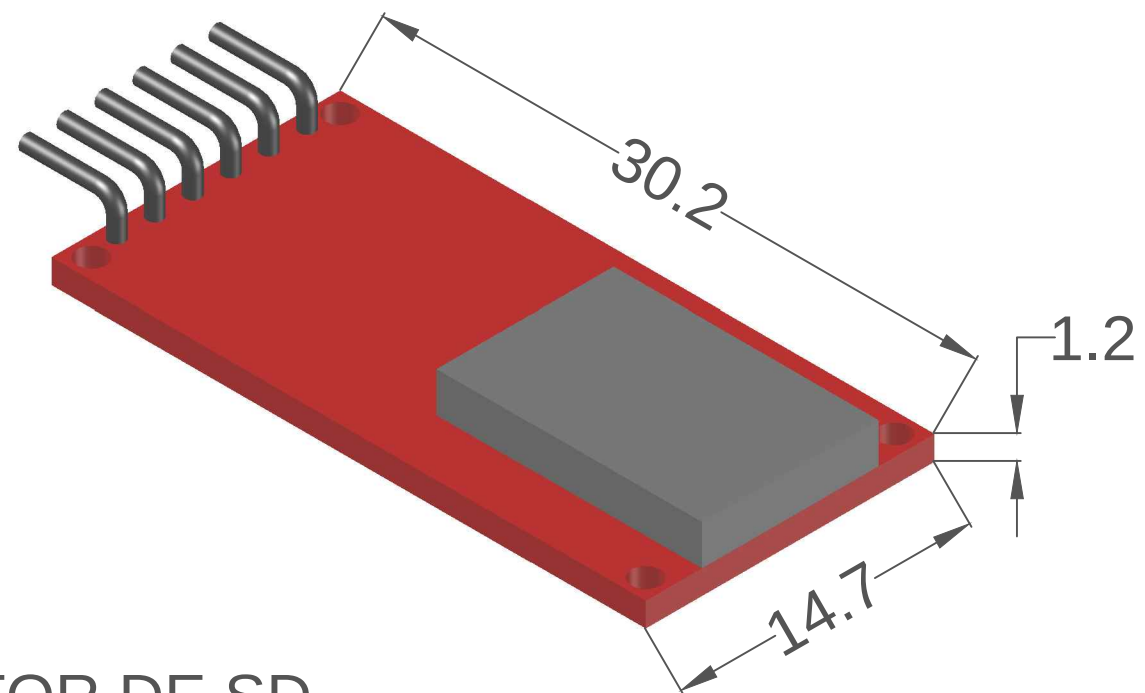
TÍTULO DE PROYECTO:
DISEÑO DE UN MÓDULO AUTÓNOMO DE ADQUISICIÓN DE DATOS
DEL POTENCIAL DE CORROSIÓN DE ACERO EN AGUAS NATURALES

TÍTULO DE PLANO:
CAJA SUMERGIBLE
PLANO 1/3

FECHA:
JUNIO
2017

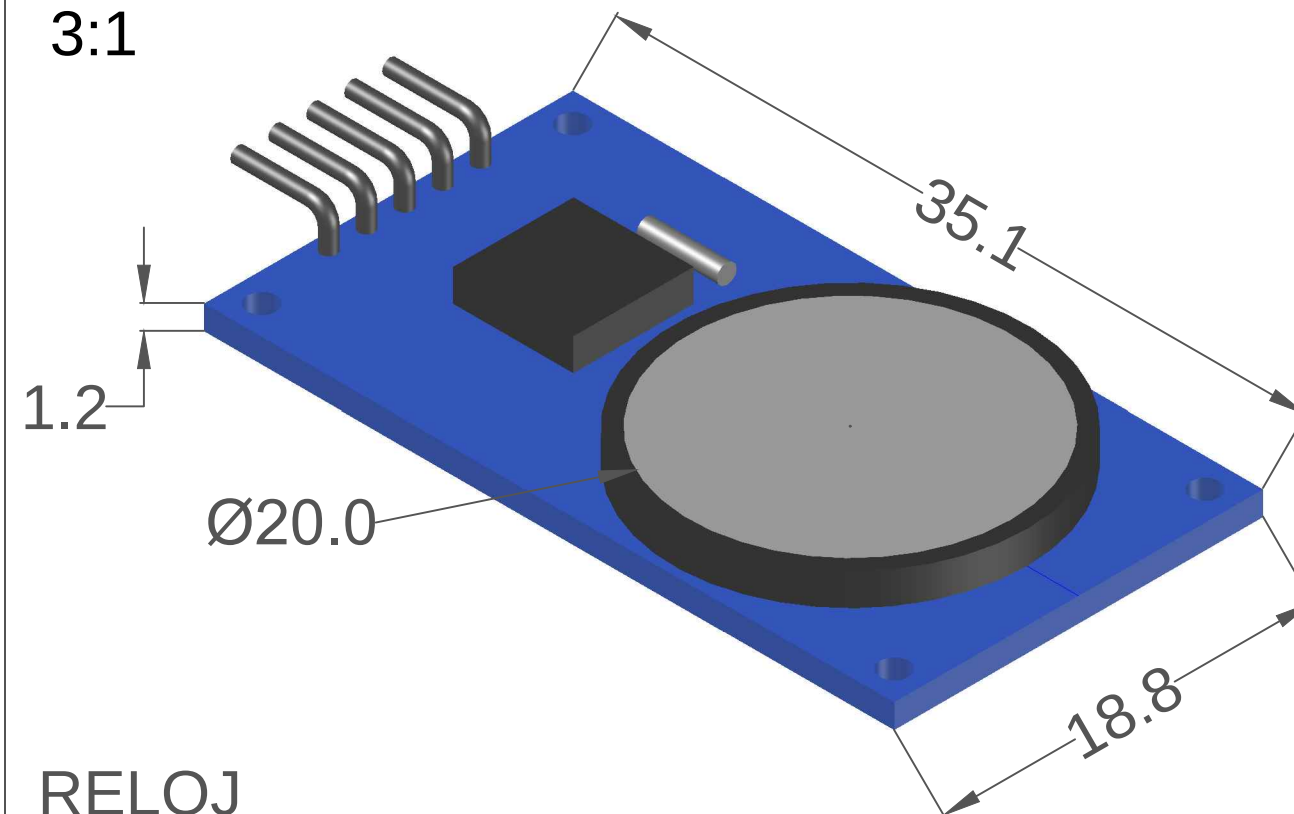
3:1

COTAS EN MM



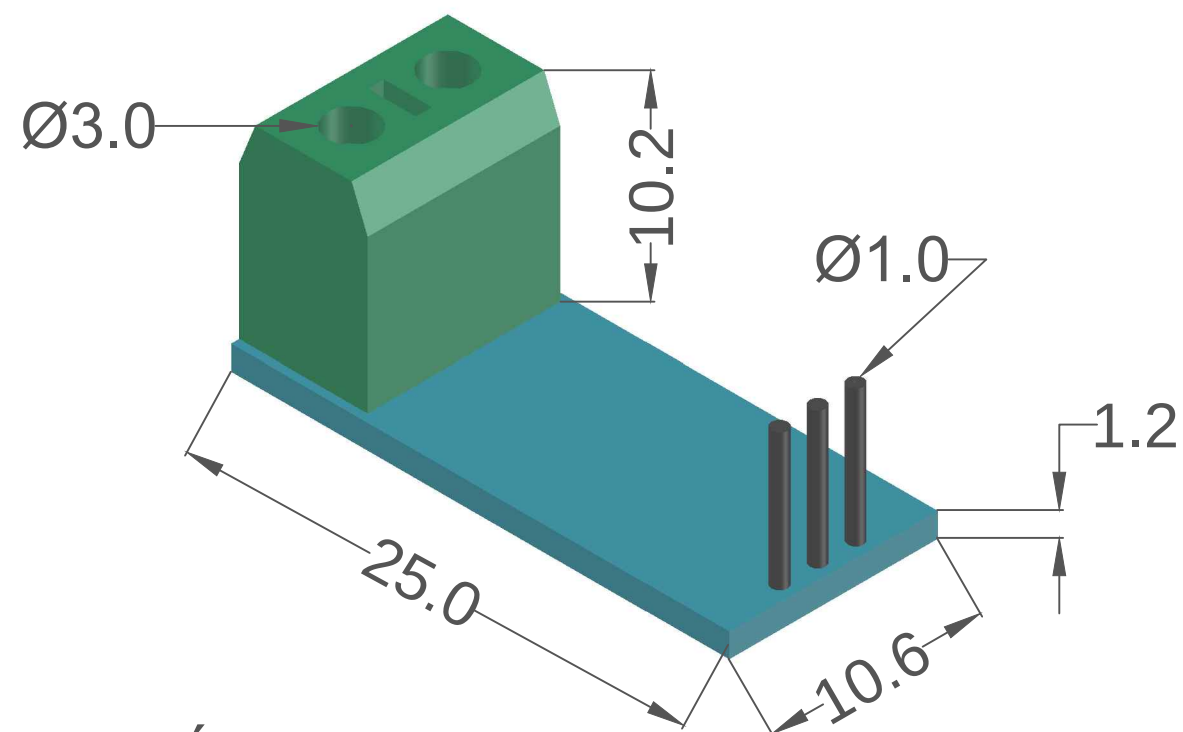
LECTOR DE SD

3:1



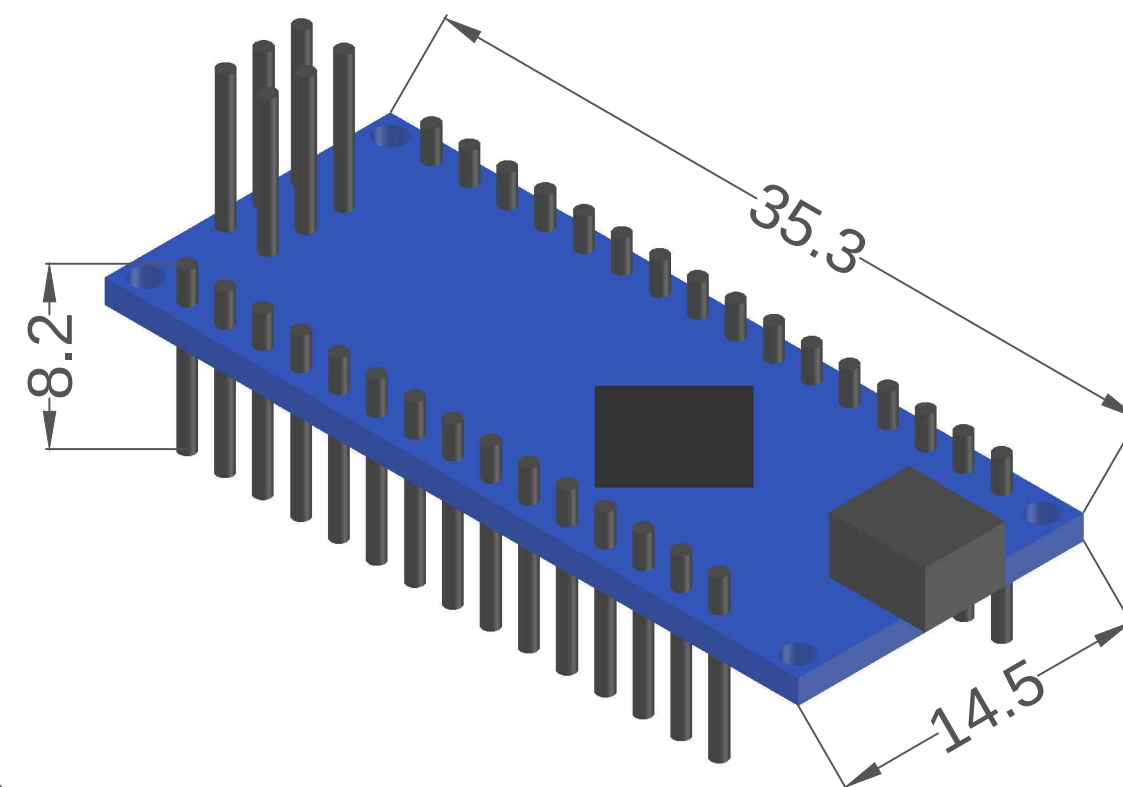
RELOJ

3:1

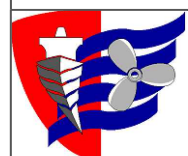


AMPERÍMETRO

3:1



PLC



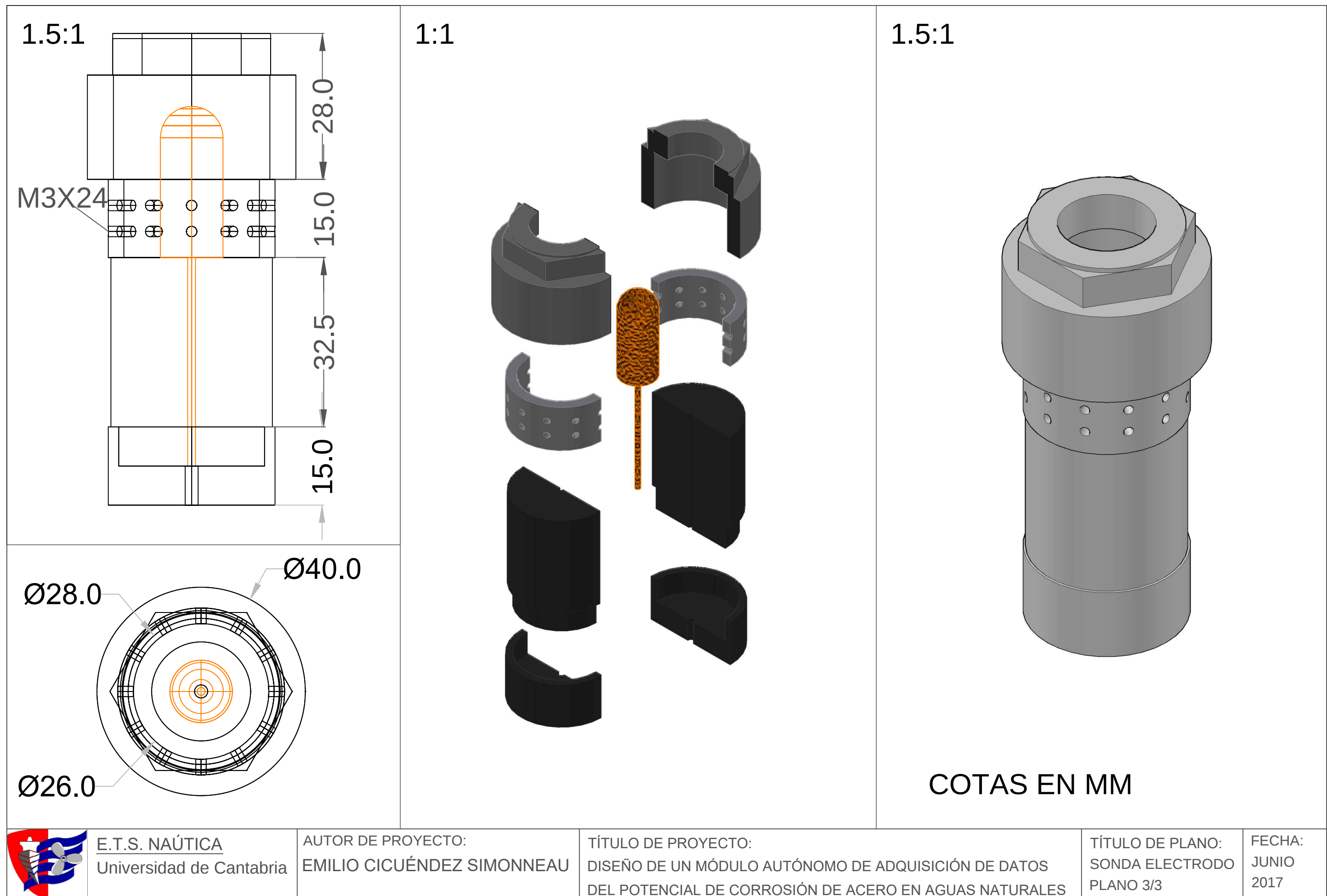
E.T.S. NAÚTICA
Universidad de Cantabria

AUTOR DE PROYECTO:
EMILIO CICUÉNDEZ SIMONNEAU

TÍTULO DE PROYECTO:
DISEÑO DE UN MÓDULO AUTÓNOMO DE ADQUISICIÓN DE DATOS
DEL POTENCIAL DE CORROSIÓN DE ACERO EN AGUAS NATURALES

TÍTULO DE PLANO:
COMPONENTES
PLANO 2/3

FECHA:
JUNIO
2017



ANEXO II

SKETCHES Y LIBRERÍAS EMPLEADOS

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 66

6.2. SKETCHES Y LIBRERÍAS EMPLEADOS

6.2.1. EL SKETCH Y SU LENGUAJE

El programa o “sketch”, que es la palabra que utiliza la comunidad Arduino para designarlo, está basado en el mítico lenguaje C. Este lenguaje, es en el que se ha desarrollado los sistemas operativos UNIX, Linux, y cientos de sistemas, programas y aplicaciones de ordenador. El lenguaje del Arduino es una versión reducida y mucho más sencilla de manejar que el lenguaje C. El objetivo de este lenguaje es poder programar de una manera intuitiva concentrándose en lo que se desea hacer más que en la manera de hacerlo.

Arduino fue desarrollado originalmente en el Interactive Design Institute en Ivrea (Italia) donde los estudiantes estaban familiarizados con un lenguaje llamado Processing. Este lenguaje estaba orientado a estudiantes de arte y diseño y utilizaba un entorno de desarrollo visual e intuitivo en el cual se basó el entorno de desarrollo del Arduino y su lenguaje de programación.

Trabajar con un Arduino consiste fundamentalmente en interactuar con los diferentes puertos de entrada y salida del Arduino. A fin de evitar al programador el engorro y la complejidad de programar estos puertos (ya sean analógicos, digitales o de cualquier otro tipo) el lenguaje de Arduino usa una serie de librerías (de las cuales no hay que preocuparse ya que forman parte del lenguaje). Estas librerías te permiten programar los pins digitales como puertos de entrada o salida, leer entradas analógicas, controlar servos o encender y apagar motores de continua. La mayor parte de estas librerías de base (“core libraries”) forman parte de una macro librería llamada Wiring desarrollada por Hernando Barragán.

6.2.2. SKETCH DEL MÓDULO DE ADQUISICIÓN DE DATOS EMPLEADO

En este anexo se incluyen todos los archivos de programación (de creación propia) que puedan orientar a la programación del módulo y sus ajustes.

```
#include <OneWire.h>
```

```
#include <Time.h> //librerías del reloj
```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 67

```
#include <TimeLib.h>
```

```
#include <DS1302RTC.h>
```

```
#include <Narcoleptic.h> //libreria para ahorro de consumo
```

```
#include <SD.h> //librerias para escritura de datos en la SD
```

```
#include <SPI.h>
```

```
const int chipSelect = 10;
```

```
#include <DallasTemperature.h> //libreria de la sonda de temperatura
```

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
    pinMode(12,OUTPUT); // Pin CS
```

```
    if(!SD.begin(chipSelect)){
```

```
        Serial.println("Error en lectura de tarjeta.");
```

```
        return;
```

```
const int numReadings=5; // Muestreos para potencial
```

```
int readings[numReadings]; // Lecturas de la entrada analogica
```

```
int index = 0; // El indice de la lectura actual
```

```
int total = 0; // Total
```

```
int average = 0; // Promedio
```

```
    for (int thisReading = 0; thisReading < numReadings; thisReading++)
```

```
        readings[thisReading] = 0;
```

```
    }
```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 68

}

```

void loop() {

    float pot, amp, temp; // potencial, intensidad y temperatura

    float potmed; // potencial medio

    pot=analogRead(A0); //lectura de tension en A0
    amp=analogRead(A1); //lectura de intensidad en A1
    temp=analogRead(A2); //lectura de temperatura en A2


    total= total - readings[index]; // Resta la ultima lectura
    readings[index] = analogRead(pot); // Lee del sensor
    total= total + readings[index]; // Añade la lectura al total
    index = index + 1; // Avanza a la proxima posicion del array


    if (index >= numReadings)

        index = 0;


    potmed = total / numReadings; //Calculo de la media


    File dataFile = SD.open("valores.txt", FILE_WRITE); //Fichero de datos
    if(dataFile){ //Si el fichero es correcto, escribir en el

        dataFile.print("Fecha"); //encabezado de los datos
        dataFile.print("\t");
        dataFile.print("Hora");
        dataFile.print("\t");
        dataFile.print("V (mV)");
    }
}

```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 69

```

dataFile.print("\t");

dataFile.print("I (mA)");

dataFile.print("\t");

dataFile.println("Temp °C");


dataFile.print(day); //valores de muestreo

dataFile.print("\t");

dataFile.print(hour);

dataFile.print("\t");

dataFile.print(potmed,3);

dataFile.print("\t");

dataFile.print(amp,3);

dataFile.print("\t");

dataFile.print(temp,1);


delay(60000); //espera de 6*10^4ms = 10 minutos


dataFile.close(); //Cerrar y guardar archivo

Serial.println("Guardado correcto.");

}else{

    Serial.println("Error en la escritura.");

}

Narcoleptic.delay(3000000); //Espera de 3*10^6ms = 50 minutos

}

```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 70

6.2.3. LIBRERÍAS UTILIZADAS EN EL PROGRAMA

TIMELIB.H - MÓDULO DS1302

Con las conexiones hechas ya sea dentro del presente proyecto o en una placa aparte, se procede a la configuración inicial del módulo. Es necesario llevar a cabo un proceso de asignación de fecha y hora. Esta información será almacenada en el circuito integrado y se mantendrá en el tiempo gracias a la pila con la que cuenta el dispositivo.

El código para puesta de la hora y fecha es el siguiente:

```
#include <Wire.h>
```

```
DS1302 Clock;
```

```
void setup() {
```

```
    // Se inicial la interfaz I2c
```

```
    Wire.begin();
```

```
    // Se inicia la Comunicación Serial
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
    //Se establece el modo horario en 12 horas (false = 24h)
```

```
    Clock.setClockMode(true);
```

```
    //Se establece el año
```

```
    Clock.setYear((byte)(14));
```

```
    //Mes
```

```
    Clock.setMonth((byte)05);
```

```
    //Dia de la semana (no lo estoy considerando)
```

```
    //Clock.setDoW((byte)dia);
```

```
    //Día
```

```
    Clock.setDate((byte)22);
```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 71

```
//Hora

Clock.setHour((byte)8);

//Minutos

Clock.setMinute((byte)11);

//Segundos

Clock.setSecond((byte)0);

}

void loop() {

}
```

DALLASTEMPERATURE.H - MÓDULO DS18B20

```
#ifndef OneWire_h

#define OneWire_h

#include <inttypes.h>

#if ARDUINO >= 100

#include "Arduino.h"    // for delayMicroseconds, digitalPinToBitMask, etc

#else

#include "WProgram.h"    // for delayMicroseconds

#include "pins_arduino.h" // for digitalPinToBitMask, etc

#endif

#ifndef ONEWIRE_SEARCH

#define ONEWIRE_SEARCH 1

#endif

#ifndef ONEWIRE_CRC
```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 72

```

#define ONEWIRE_CRC 1

#endif

#ifndef ONEWIRE_CRC8_TABLE

#define ONEWIRE_CRC8_TABLE 1

#endif

#ifndef ONEWIRE_CRC16

#define ONEWIRE_CRC16 1

#endif

#ifndef FALSE

#define FALSE 0

#endif

#ifndef TRUE

#define TRUE 1

#endif

#if defined(__AVR__)

#define                                     PIN_TO_BASEREG(pin)
(portInputRegister(digitalPinToPort(pin)))

#define PIN_TO_BITMASK(pin)             (digitalPinToBitMask(pin))

#define IO_REG_TYPE uint8_t

#define IO_REG_ASM asm("r30")

#define DIRECT_READ(base, mask)        (((*(base)) & (mask)) ? 1 : 0)

#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask)  ((*((base)+1)) &= ~(mask))

#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask) ((*((base)+1)) |= (mask))

#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask)   ((*((base)+2)) &= ~(mask))

#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask)  ((*((base)+2)) |= (mask))

```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 73

```

#elif defined(__MK20DX128__) || defined(__MK20DX256__) ||
defined(__MK66FX1M0__) || defined(__MK64FX512__)

#define PIN_TO_BASEREG(pin)      (portOutputRegister(pin))

#define PIN_TO_BITMASK(pin)      (1)

#define IO_REG_TYPE uint8_t

#define IO_REG_ASM

#define DIRECT_READ(base, mask)  (*((base)+512))

#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask)  (*((base)+640) = 0)

#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask)  (*((base)+640) = 1)

#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask)  (*((base)+256) = 1)

#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask)  (*((base)+128) = 1)

#elif defined(__MKL26Z64__)

#define PIN_TO_BASEREG(pin)      (portOutputRegister(pin))

#define PIN_TO_BITMASK(pin)      (digitalPinToBitMask(pin))

#define IO_REG_TYPE uint8_t

#define IO_REG_ASM

#define DIRECT_READ(base, mask)    ((*((base)+16) & (mask)) ? 1 : 0)

#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask)  (*((base)+20) &= ~(mask))

#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask)  (*((base)+20) |= (mask))

#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask)  (*((base)+8) = (mask))

#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask)  (*((base)+4) = (mask))

#elif defined(__SAM3X8E__)

#define PIN_TO_BASEREG(pin)      (&(digitalPinToPort(pin)->PIO_PER))

#define PIN_TO_BITMASK(pin)      (digitalPinToBitMask(pin))

#define IO_REG_TYPE uint32_t

#define IO_REG_ASM

```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 74

```

#define DIRECT_READ(base, mask)      (((*((base)+15)) & (mask)) ? 1 : 0)

#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask)  ((*((base)+5)) = (mask))

#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask) ((*((base)+4)) = (mask))

#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask)  ((*((base)+13)) = (mask))

#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask) ((*((base)+12)) = (mask))

#ifndef PROGMEM

#define PROGMEM

#endif

#ifndef pgm_read_byte

#define pgm_read_byte(addr) (*(const uint8_t *)(addr))

#endif

#elif defined(__PIC32MX__)

#define                                     PIN_TO_BASEREG(pin)
(portModeRegister(digitalPinToPort(pin)))

#define PIN_TO_BITMASK(pin)             (digitalPinToBitMask(pin))

#define IO_REG_TYPE uint32_t

#define IO_REG_ASM

#define DIRECT_READ(base, mask)          (((*(base+4)) & (mask)) ? 1 : 0)
//PORTX + 0x10

#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask)    ((*((base+2)) = (mask))
//TRISXSET + 0x08

#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask)   ((*((base+1)) = (mask))
//TRISXCLR + 0x04

#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask)     ((*((base+8+1)) = (mask))
//LATXCLR + 0x24

#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask)    ((*((base+8+2)) = (mask))
//LATXSET + 0x28

```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 75

```

#elif defined(ARDUINO_ARCH_ESP8266)

#define PIN_TO_BASEREG(pin)          ((volatile uint32_t*) GPO)

#define PIN_TO_BITMASK(pin)          (1 << pin)

#define IO_REG_TYPE uint32_t

#define IO_REG_ASM

#define DIRECT_READ(base, mask)      ((GPI & (mask)) ? 1 : 0)
//GPIO_IN_ADDRESS

#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask) (GPE &= ~(mask))
//GPIO_ENABLE_W1TC_ADDRESS

#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask) (GPE |= (mask))
//GPIO_ENABLE_W1TS_ADDRESS

#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask) (GPOC = (mask))
//GPIO_OUT_W1TC_ADDRESS

#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask) (GPOS = (mask))
//GPIO_OUT_W1TS_ADDRESS

#elif defined(__SAM21G18A__)

#define                                     PIN_TO_BASEREG(pin)
portModeRegister(digitalPinToPort(pin))

#define PIN_TO_BITMASK(pin)          (digitalPinToBitMask(pin))

#define IO_REG_TYPE uint32_t

#define IO_REG_ASM

#define DIRECT_READ(base, mask)      (((*((base)+8)) & (mask)) ? 1 : 0)

#define DIRECT_MODE_INPUT(base, mask) ((*((base)+1)) = (mask))

#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, mask) ((*((base)+2)) = (mask))

#define DIRECT_WRITE_LOW(base, mask) ((*((base)+5)) = (mask))

#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, mask) ((*((base)+6)) = (mask))

#elif defined(RBL_NRF51822)

```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 76

```

#define PIN_TO_BASEREG(pin)      (0)

#define PIN_TO_BITMASK(pin)      (pin)

#define IO_REG_TYPE uint32_t

#define IO_REG_ASM

#define DIRECT_READ(base, pin)    nrf_gpio_pin_read(pin)

#define DIRECT_WRITE_LOW(base, pin)  nrf_gpio_pin_clear(pin)

#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, pin) nrf_gpio_pin_set(pin)

#define DIRECT_MODE_INPUT(base, pin) nrf_gpio_cfg_input(pin,
NRF_GPIO_PIN_NOPULL)

#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, pin) nrf_gpio_cfg_output(pin)

#define __arc__ /* Arduino101/Genuino101 specifics */

#include "scss_registers.h"

#include "portable.h"

#include "avr/pgmspace.h"

#define GPIO_ID(pin)              (g_APinDescription[pin].ulGPIOId)

#define GPIO_TYPE(pin)
(g_APinDescription[pin].ulGIPIOType)

#define GPIO_BASE(pin)
(g_APinDescription[pin].ulGPIOBase)

#define DIR_OFFSET_SS            0x01

#define DIR_OFFSET_SOC           0x04

#define EXT_PORT_OFFSET_SS       0x0A

#define EXT_PORT_OFFSET_SOC      0x50

#define PIN_TO_BASEREG(pin)      ((volatile                uint32_t
*)g_APinDescription[pin].ulGPIOBase)

#define PIN_TO_BITMASK(pin)      pin

#define IO_REG_TYPE              uint32_t

```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 77

```
#define IO_REG_ASM
```

```
static inline __attribute__((always_inline))
```

```
IO_REG_TYPE directRead(volatile IO_REG_TYPE *base, IO_REG_TYPE
pin)
```

```
{
```

```
    IO_REG_TYPE ret;
```

```
    if (SS_GPIO == GPIO_TYPE(pin)) {
```

```
        ret = READ_ARC_REG(((IO_REG_TYPE)base +
EXT_PORT_OFFSET_SS));
```

```
    } else {
```

```
        ret = MMIO_REG_VAL_FROM_BASE((IO_REG_TYPE)base,
EXT_PORT_OFFSET_SOC);
```

```
    }
```

```
    return ((ret >> GPIO_ID(pin)) & 0x01);
```

```
}
```

```
static inline __attribute__((always_inline))
```

```
void directModeInput(volatile IO_REG_TYPE *base, IO_REG_TYPE pin)
```

```
{
```

```
    if (SS_GPIO == GPIO_TYPE(pin)) {
```

```
        WRITE_ARC_REG(READ_ARC_REG((((IO_REG_TYPE)base) +
DIR_OFFSET_SS)) & ~(0x01 << GPIO_ID(pin)),
((IO_REG_TYPE)(base) + DIR_OFFSET_SS));
```

```
    } else {
```

```
        MMIO_REG_VAL_FROM_BASE((IO_REG_TYPE)base,
DIR_OFFSET_SOC) &= ~(0x01 << GPIO_ID(pin));
```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 78

```

    }

}

static inline __attribute__((always_inline))
void directModeOutput(volatile IO_REG_TYPE *base, IO_REG_TYPE pin)
{
    if (SS_GPIO == GPIO_TYPE(pin)) {
        WRITE_ARC_REG(READ_ARC_REG(((IO_REG_TYPE)(base) +
DIR_OFFSET_SS)) | (0x01 << GPIO_ID(pin)),
        ((IO_REG_TYPE)(base) + DIR_OFFSET_SS));
    } else {
        MMIO_REG_VAL_FROM_BASE((IO_REG_TYPE)base,
DIR_OFFSET_SOC) |= (0x01 << GPIO_ID(pin));
    }
}

static inline __attribute__((always_inline))
void directWriteLow(volatile IO_REG_TYPE *base, IO_REG_TYPE pin)
{
    if (SS_GPIO == GPIO_TYPE(pin)) {
        WRITE_ARC_REG(READ_ARC_REG(base) & ~(0x01 <<
GPIO_ID(pin)), base);
    } else {
        MMIO_REG_VAL(base) &= ~(0x01 << GPIO_ID(pin));
    }
}

static inline __attribute__((always_inline))

```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 79

```

void directWriteHigh(volatile IO_REG_TYPE *base, IO_REG_TYPE pin)
{
    if (SS_GPIO == GPIO_TYPE(pin)) {
        WRITE_ARC_REG(READ_ARC_REG(base) | (0x01 << GPIO_ID(pin)),
base);
    } else {
        MMIO_REG_VAL(base) |= (0x01 << GPIO_ID(pin));
    }
}

#define DIRECT_READ(base, pin)          directRead(base, pin)
#define DIRECT_MODE_INPUT(base, pin)    directModeInput(base, pin)
#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, pin)   directModeOutput(base, pin)
#define DIRECT_WRITE_LOW(base, pin)     directWriteLow(base, pin)
#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, pin)    directWriteHigh(base, pin)

#else

#define PIN_TO_BASEREG(pin)             (0)
#define PIN_TO_BITMASK(pin)             (pin)
#define IO_REG_TYPE unsigned int
#define IO_REG_ASM

#define DIRECT_READ(base, pin)          digitalRead(pin)
#define DIRECT_WRITE_LOW(base, pin)     digitalWrite(pin, LOW)
#define DIRECT_WRITE_HIGH(base, pin)    digitalWrite(pin, HIGH)
#define DIRECT_MODE_INPUT(base, pin)    pinMode(pin,INPUT)
#define DIRECT_MODE_OUTPUT(base, pin)    pinMode(pin,OUTPUT)

```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 80

#warning "OneWire. Fallback mode. Using API calls for pinMode,digitalRead and digitalWrite. Operation of this library is not guaranteed on this architecture."

#endif

class OneWire

{

private:

IO_REG_TYPE bitmask;

volatile IO_REG_TYPE *baseReg;

#if ONEWIRE_SEARCH

unsigned char ROM_NO[8];

uint8_t LastDiscrepancy;

uint8_t LastFamilyDiscrepancy;

uint8_t LastDeviceFlag;

#endif

public:

OneWire(uint8_t pin);

uint8_t reset(void);

void select(const uint8_t rom[8]);

void skip(void);

void write(uint8_t v, uint8_t power = 0);

void write_bytes(const uint8_t *buf, uint16_t count, bool power = 0);

uint8_t read(void);

void read_bytes(uint8_t *buf, uint16_t count);

uint8_t read_bit(void);

void depower(void);

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 81

```
#if ONEWIRE_SEARCH
```

```
    void reset_search();
```

```
    void target_search(uint8_t family_code);
```

```
    uint8_t search(uint8_t *newAddr, bool search_mode = true);
```

```
#endif
```

```
#if ONEWIRE_CRC
```

```
#if ONEWIRE_CRC16
```

```
    static bool check_crc16(const uint8_t* input, uint16_t len, const uint8_t*
inverted_crc, uint16_t crc = 0);
```

```
#endif
```

```
#endif
```

```
};
```

```
#endif
```

```
NARCOLEPTIC.H
```

```
/**
```

```
* Narcoleptic - A sleep library for Arduino
```

```
* Copyright (C) 2010 Peter Knight (Cathedrow)
```

```
* This program is free software: you can redistribute it and/or modify it under
the terms of the GNU General Public License as published by the Free
Software Foundation, either version 3 of the License, or (at your option) any
later version.
```

```
* This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT
ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY
or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.
```

```
*See the GNU General Public License for more details.
```

```
* You should have received a copy of the GNU General Public License
```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 82

* along with this program. If not, see <<http://www.gnu.org/licenses/>>.

*/

```
#include <avr/io.h>
```

```
#include <avr/interrupt.h>
```

```
#include <avr/common.h>
```

```
//#include <util/delay.h>
```

```
#include <avr/wdt.h>
```

```
#include <avr/sleep.h>
```

```
#include "Narcoleptic.h"
```

```
SIGNAL(WDT_vect) {
```

```
    wdt_disable();
```

```
    wdt_reset();
```

```
#if    defined(__AVR_ATtiny85__)    ||    defined(__AVR_ATtiny45__)    ||
defined(__AVR_ATtiny25__)
```

```
    WDTCR &= ~_BV(WDIE);
```

```
#else
```

```
    WDTCSR &= ~_BV(WDIE);
```

```
#endif
```

```
}
```

```
void NarcolepticClass::sleep(uint8_t wdt_period) {
```

```
    wdt_enable(wdt_period);
```

```
    wdt_reset();
```

```
#if    defined(__AVR_ATtiny85__)    ||    defined(__AVR_ATtiny45__)    ||
defined(__AVR_ATtiny25__)
```

```
    WDTCR |= _BV(WDIE);
```

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 83

```
#else
```

```
    WDTCSR |= _BV(WDIE);
```

```
#endif
```

```
    set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN);
```

```
    sleep_mode();
```

```
    wdt_disable();
```

```
#if defined(__AVR_ATtiny85__) || defined(__AVR_ATtiny45__) ||
defined(__AVR_ATtiny25__)
```

```
    WDTCSR &= ~_BV(WDIE);
```

```
#else
```

```
    WDTCSR &= ~_BV(WDIE);
```

```
#endif
```

```
}
```

```
void NarcolepticClass::delay(int32_t milliseconds) {
```

```
    while (milliseconds >= 8000) { sleep(WDTO_8S); milliseconds -= 8000; }
```

```
    if (milliseconds >= 4000) { sleep(WDTO_4S); milliseconds -= 4000; }
```

```
    if (milliseconds >= 2000) { sleep(WDTO_2S); milliseconds -= 2000; }
```

```
    if (milliseconds >= 1000) { sleep(WDTO_1S); milliseconds -= 1000; }
```

```
    if (milliseconds >= 500) { sleep(WDTO_500MS); milliseconds -= 500; }
```

```
    if (milliseconds >= 250) { sleep(WDTO_250MS); milliseconds -= 250; }
```

```
    if (milliseconds >= 125) { sleep(WDTO_120MS); milliseconds -= 120; }
```

```
    if (milliseconds >= 64) { sleep(WDTO_60MS); milliseconds -= 60; }
```

```
    if (milliseconds >= 32) { sleep(WDTO_30MS); milliseconds -= 30; }
```

```
    if (milliseconds >= 16) { sleep(WDTO_15MS); milliseconds -= 15; }
```

```
}
```

ANEXO III

NORMATIVA APLICABLE

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 85

6.3. NORMATIVA APLICABLE.

6.3.1. PRECISIÓN EN APARATOS ELÉCTRICOS DE MEDIDA

Como todo aparato portátil, son instrumentos que por el hecho de ser portátiles no pueden ser de gran precisión. Se destinan a realizar mediciones esporádicas en distintos puntos de circuitos eléctricos. Son fáciles de transportar y sus bornes están dispuestos para realizar una conexión rápida y cómoda. Por lo general son montados en cajas de material aislante pero no por ello dejan de ser susceptibles a otras interferencias.

Este prototipo pertenece a los aparatos de medida electrónicos digitales, siendo instrumentos estáticos formados por circuitos complejos que comprenden uno o varios convertidores analógicos-digitales.

Precisión: La clase de precisión de los instrumentos analógicos de medida indica el error máximo expresa en porcentaje del valor final de la escala, para cualquier medida efectuada en las denominadas condiciones de referencia.

Así, un voltímetro de 5V e índice de clase 1,5 garantiza que las medidas realizadas con él vendrán efectuadas de un error del 0,075V.

La precisión se caracteriza por el error reducido, que es el cociente, expresado en tanto por ciento, entre el error absoluto del instrumento y el valor máximo que puede medirse con el aparato (alcance). El error reducido se utiliza para agrupar los instrumentos de medida en clases de precisión. Existen siete clases de precisión:

0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2,5 - 5

Se consideran aparatos de precisión los que llegan hasta la clase 0,5, siendo aceptables como medidores los que llegan hasta la clase 5 según la norma VDE 0410.

Un instrumento con clase 1 tiene un error de un 1% sobre su fondo de escala.

Ejemplo: Un voltímetro con clase 1, conectado de forma que su alcance es 20 V, tiene un error máximo absoluto para toda la escala de: $\pm 0,01 \times 20 \text{ V} = \pm 0,2 \text{ V}$

En nuestro caso, debemos medir un rango de 5V con una imprecisión de 4,88mV ~5mV, por tanto estaríamos hablando de un aparato de clase 0,1. Si a esto le sumamos otros tipos de errores como los del aparato de medida, la influencia del medio ambiente, temperatura, debidos al circuito de medida, al consumo propio, etc...

Estos errores del aparato se dan en porcentaje del valor máximo de la escala del aparato. Según tales errores, los aparatos de medida se subdividen en distintas clases de precisión:

Tabla 3: Clases de precisión de aparatos electricos de medida.

Fuente: Senner, A. (1978).

	Aparatos de precisión			Aparatos industriales			
CLASE	0.1	0.2	0.5	1	1.5	2.5	5
ERROR DEL APARATO	±0.1%	±0.2%	±0.5%	±1%	±1.5%	±2.5%	±5%
ERROR AMBIENTAL	±0.1%	±0.2%	±0.5%	±1%	±1.5%	±2.5%	±5%

6.3.2. NORMATIVA APLICABLE A LA CARCASA PROTECTORA

El grado de protección IP (del inglés: Ingress Protection) hace referencia a la norma internacional IEC 60529 Degrees of Protection utilizada con frecuencia en los datos técnicos de equipamiento eléctrico o electrónico, en general de uso industrial como sensores, medidores, controladores, etc. Esta norma especifica un sistema efectivo para clasificar los diferentes grados de protección aportados a los mismos por los contenedores que protegen los componentes que constituyen el equipo.

Este estándar ha sido desarrollado para calificar de una manera alfa-numérica a equipamientos en función del nivel de protección que dichos materiales contenedores proporcionan contra la entrada de materiales extraños. Mediante la asignación de diferentes códigos numéricos, el grado de

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: ANEXOS	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 87

protección del equipamiento puede ser identificado de manera rápida y con facilidad.

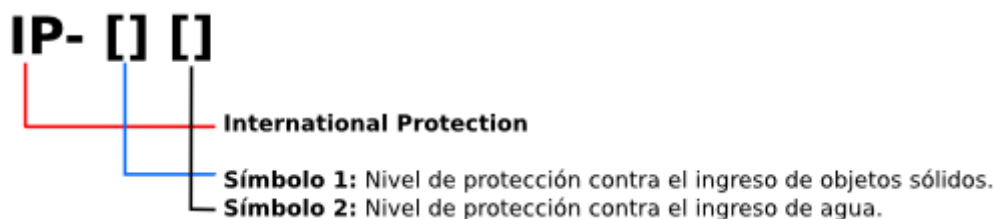


Figura 37: Nomenclatura de grados de protección.

Fuente: Norma CEI 60529

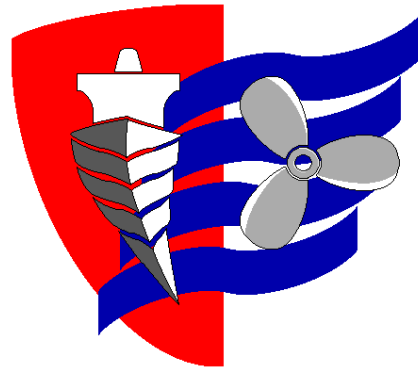
En el primer prototipo descrito en el apartado 2.3.1 se utiliza una caja eléctrica protectora con un grado IP66. Según el estándar IEC 60529, esto quiere decir que para estos dígitos el equipo certificado debe cumplir con alguna de las siguientes condiciones:

- [1] Protección fuerte contra polvo: El polvo no debe entrar bajo ninguna circunstancia.
- [2] Chorros muy potentes de agua: No debe entrar el agua arrojada a chorros (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 12,5 mm de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto y a una presión de 100 kN/m² durante no menos de 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros

Para nuestra carcasa sumergible correspondería como mínimo una protección IP68, lo que significa que debe cumplir con las condiciones:

- [1] Protección fuerte contra polvo: El polvo no debe entrar bajo ninguna circunstancia.
- [2] El equipamiento eléctrico / electrónico debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa y continua a la profundidad.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



BIBLIOGRAFÍA

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: BIBLIOGRAFÍA
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017
	REV: 00
	PAG: 89

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1. LIBROS

- González Fernández, J. A. (1989). "Control de la corrosión: estudio y medida por técnicas electroquímicas". Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, Madrid.
- Feliu, S. & Andrade, M.C. (1991). "Corrosión y Protección Metálicas. Vol. I". Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- González Fernández, J. A.. (1984). "Teoría y Práctica de la Lucha Contra la Corrosión". Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, Madrid.
- Girón Portilla, M. A. "Apuntes de Técnicas de Mantenimiento". Dpto. de Ciencias y Técnicas de la Navegación y Construcción Naval. Universidad de Cantabria.
- Monk, S. (2012). "30 proyectos con Arduino". Ed. Estribor.
- Gertz, E. & Di Justo, P. (2012). "Environmental monitoring with Arduino". Ed. Sebastopol (CA)
- Senner, A. (1978). "Principios de electrotecnia". Ed. Reverté.
- Report of the Committee on Corrosion and Protection (presidido por T. P. Hoar). Dept. of Trade and Industry. HMSO. Londres, 1971.
- M.Pourbaix: Lecciones de corrosión electroquímica. Ed. Instituto Español de la Corrosion, Madrid, 1987.
- S. Feliu: Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión. Ed. C.S.I.C Madrid, 1984.
- S. Feliu: Corrosion y tratamiento de aguas en instalaciones de fontanería, calefacción y aire acondicionado, Ed. INDEX, Madrid-Barcelona, 1980.
- E. Otero: Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión. Ed. C.S.I.C., Madrid, 1984.

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: BIBLIOGRAFÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 90

7.2. PÁGINAS WEB

<http://globallast.imo.org/> [Consultado: marzo 2017]

<https://arduino.cc> [Consultado: marzo 2017]

<http://panamahitek.com> [Consultado: abril 2017]

<http://prometec.net> [Consultado: abril 2017]

<http://electrosdr.com/es/> [Consultado: marzo 2016]

<http://velleman.eu> [Consultado: mayo 2017]

<http://es.rs-online.com> [Consultado: mayo 2017]

TRABAJO FIN DE GRADO	REF: BIBLIOGRAFÍA	
INGENIERÍA MARÍTIMA	FECHA: 16/06/2017	
	REV: 00	PAG: 91

Aviso responsabilidad UC

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.”