



**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE CONCEPCION - REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**AUTOMATIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALARMA  
PARA EMBARCACIONES DE ALTA MAR**

Trabajo de Titulación para optar al  
Título De Técnico Universitario en  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

Alumno:  
Matías Araneda Moya

Profesor Guía:  
Iván Acencio Barrientos

## **RESUMEN**

La automatización y la electricidad en las embarcaciones marinas a ido creciendo sustancialmente a través de los años con la implementación de nuevas tecnologías, no solo en barcos pertenecientes a fuerzas armadas, sino que las nuevas tecnologías han ido tomando más protagonismo a la hora de automatizar, por ejemplo, un barco pesquero o un buque de carga de contenedores. Esto a llegado a tal punto que hoy vemos embarcaciones que son verdaderas maravillas de la automatización pudiendo tener un sin fin de equipos y funcionamientos autónomos.

Para lograr lo anteriormente mencionado las diferentes empresas pertenecientes al rubro naviero, así como aquellas que han querido incursionar en el mismo, han debido crear y/o mejorar sus equipos adaptándose a las exigencias que las condiciones de altamar demanda. En esta implementación, y tomando en cuenta lo anterior, se decidió trabajar con equipos de la empresa ComAp los cuales poseen herramientas y productos especializados y certificados en el ámbito naviero.

ComAp ofrece, para automatizar el sistema de alarma de una embarcación, el IntelliDrive DCU Marine un controlador inteligente diseñado para el monitoreo de alarmas y control de motores.

Para relacionar lo anterior con la carrera de Automatización y Control es que se decidió proponer e implementar un sistema de alarmas que tiene como centro o cerebro el IntelliDrive DCU Marine el cual es aplicable a cualquier embarcación de alta mar.

## **INDICE DE MATERIAS**

RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN .....	7
SIGLAS.....	8
DESCRIPCION DE LA PROBLEMÁTICA.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
ALCANCE.....	10
CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO.....	11
1. TOPOLOGIA DE RED.....	12
1.1 GRADO DE PROTECCIÓN IP .....	12
1.2 CABLES .....	15
1.2.1 Belden .....	15
1.2.2 Lapp cable .....	15
1.3 INTELIDRIVE DCU MARINE .....	16
1.3.1 Conexión de entradas binarias y salidas.....	19
1.3.2 Conexión de entradas análogas .....	20
1.4 ID-COM .....	20
1.5 IG RA15 .....	21
1.6 INTELI IO8/8.....	23
1.7 INTELI AIN8.....	25
1.8 I-LB+.....	28
CAPITULO 2: COMUNICACIÓN Y PROGRAMACIÓN.....	30
2. CAN BUS .....	31
2.1 TIPOS DE CAN BUS.....	31
2.2 CAPA FÍSICA DEL CAN BUS .....	32
2.3 FORMATO DE LAS TRAMAS CAN BUS .....	33
2.4 CABLES Y CONECTORES CAN BUS .....	34
2.5 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN .....	34
2.5.1 Compuerta AND .....	35
2.5.2 Compuerta OR .....	36
2.5.3 Compuerta XOR .....	36
2.5.4 Negación de compuertas .....	36
2.5.5 Compuerta delay .....	36
2.6 PROGRAMACIÓN .....	37
CAPITULO 3: MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA .....	49
3. CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO PRINCIPAL.....	50
3.1 MONTAJE.....	56
3.2 CANALIZACIÓN DE CABLEADO RELEVANTE.....	60
3.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....	61
CONCLUSIONES .....	63

## **INDICE DE FIGURAS**

### CAPITULO 1: marco teórico

Figura 1-2 protección IP.....	13
Figura 1-3 cable Top Cable.....	16
Figura 1-4 DCU Marine.....	17
Figura 1-5 DCU Marine parte posterior.....	18
Figura 1-6 Conexión de entradas y salidas binarias ID-DCU.....	19
Figura 1-7 Conexión de entradas análogas.....	20
Figura 1-8 ID-COM.....	20
Figura 1-9 ID-COM conexión y terminales.....	21
Figura 1-10 IG-RA15.....	22
Figura 1-11 INTELI I8/8.....	24
Figura 1-12 direccionamiento y terminales.....	24
Figura 1-13 INTELI AIN8.....	25
Figura 1-14 direccionamiento y terminales.....	26
Figura 1-15 terminales análogos.....	26
Figura 1-16 conexión por medio de tres hilos.....	27
Figura 1-17 conexión por medio de dos hilos.....	27
Figura 1-18 conexión sensores activos.....	27
Figura 1-19 conexión sensores pasivos.....	28
Figura 1-20 conexión señales de voltaje.....	28
Figura 1-21 I-LB+.....	29

### CAPITULO 2: programación y comunicación

Figura 2-1 Rango de voltaje de capa física de CAN bus.....	32
Figura 2-2 Forma de la trama CAN bus en bits.....	33
Figura 2-3 Conector Db-9.....	34
Figura 2-4 Compuerta AND/OR programa DriveConfig.....	35
Figura 2-5 Compuerta XOR programa DriveConfig.....	36
Figura 2-6 Compuerta tipo DELAY programa DriveConfig.....	37
Figura 2-7 Pagina inicial de Inteli monitor.....	38
Figura 2-8 Opción TOOLS para abrir el programa DriveConfig.....	38
Figura 2-9 sección para agregar los módulos a utilizar.....	39
Figura 2-10 menú inicial de la Sección I/O.....	39
Figura 2-11 Detalle de una de las entradas binarias de un módulo de expansión.....	40
Figura 2-12 Salida binaria HORN.....	41
Figura 2-13 Configuración de una entrada análoga.....	41
Figura 2-14 Plantilla de trabajo PLC EDITOR hoja de programación 1.....	42
Figura 2-15 Plantilla de trabajo PLC EDITOR hojas de programación 2 y 3.....	43
Figura 2-16 Asignación de entradas y salidas.....	43
Figura 2-17 Configuración de la compuerta AND/OR.....	44
Figura 2-18 Configuración de la compuerta delay o retardo.....	45
Figura 2-19 Icono para escribir en el controlador.....	45
Figura 2-20 Menú del programa InteliMonitor.....	45
Figura 2-21 Pantalla de la opción PLC monitor.....	46
Figura 2-22 pantalla inicial de la opción valores.....	46
Figura 2-23 icono editor de diagrama.....	47
Figura 2-24 vista inicial de la sección editor de diagrama.....	47
Figura 2-25 pantalla de control de generadores y grupo de alarmas.....	47
Figura 2-26 pantalla de alarmas generales.....	48
Figura 2-27 pantallas de lecturas análogas.....	48

## CAPITULO 3: montaje y puesta en marcha

Figura 3-1 Tablero Rittal de 600 mm de largo por 400 mm de ancho.....	50
Figura 3-2 Riel Din. ....	50
Figura 3-3 Bandeja plástica 60 mm de alto por 60 mm de ancho,.....	51
Figura 3-4 Interruptor automático Mitsubishi.....	51
Figura 3-5 Relé de protección de 24 VDC.....	52
Figura 3-6 Borne phoenix contact. ....	52
Figura 3-7 Disposición inicial del tablero de alarma. ....	53
Figura 3-8 Controlador instalado en la puerta del tablero.....	53
Figura 3-9 puerta del tablero, vista desde la parte posterior. ....	54
figura 3-10 Bornera con fusible de protección.....	54
Figura 3-11 vista final del tablero de alarma. ....	55
Figura 3-12 Medidas de prensas estopa tipo PG. ....	56
Figura 3-13 Angulo de acero inoxidable.....	56
Figura 3-14 Soldadura de ángulos en forma de marco. ....	57
Figura 3-15 perno de cabeza hexagonal 3/8 pulgada. ....	57
Figura 3-16 Caja estanca PLEXO. ....	57
Figura 3-17 Buzzer sonoro.....	58
Figura 3-18 anunciador remoto IG-RA15 montado en camarote motorista. ....	58
Figura 3-19 anunciador remoto IG-RA15 montado en puente de gobierno. ....	59
Figura 3-20 Baliza de color amarillo. ....	59
Figura 3-21 sirena. ....	60
Figura 3-22 tablero de alarma en proceso de pruebas.....	61
Figura 3-23 bornera de entradas digitales. ....	62

**ÍDICE DE TABLAS**

Tabla 1 nivel de protección primer dígito. ....	13
Tabla 2 nivel de protección segundo dígito. ....	14
Tabla 3 características cables Can Bus. ....	15
Tabla 4 datos técnicos DCU Marine. ....	19
Tabla 5 datos técnicos ID-COM.....	21
Tabla 6 datos técnicos IG-RA15. ....	22
Tabla 7 cable de comunicación IG-RA15. ....	23
Tabla 8 datos técnicos INTELI I8/8.....	24
Tabla 9 datos técnicos INTELI AIN8. ....	26
Tabla 10 datos técnicos I-LB+. ....	29

## **INTRODUCCIÓN**

La industria marina, al igual que la que se conoce mayoritariamente y que se da en tierra, necesita de sistemas automatizados que brinden la confianza para la realización de las diversas tareas que se realizan una vez que el barco esta en operaciones en altamar.

Los niveles de seguridad asociado a la velocidad de detección y aviso, tanto de las condiciones de operación como de las alarmas de fallas posibles dentro de la navegación, requieren que los sistemas automatizados en un barco tengan niveles de seguridad y confiabilidad que tanto el personal embarcado como la carga se mantengan a salvo a pesar de las condiciones adversas que puede ofrecer el clima en momentos específicos de la ruta.

La empresa ComAp diseña y fabrica productos de control para la generación de energía y control de motores, junto con los accesorios y los softwares asociados. Esta empresa es líderes en el suministro de productos y soluciones de control electrónico inteligente que son altamente flexibles, intuitivos y escalables. Así es como, basados en las características ya mencionadas, se decidió apoyarse en los productos de esta empresa para poder construir y entregar al cliente un sistema seguro, flexible y adaptativo a las condiciones, siempre cambiantes, presentes a la hora de navegar en alta mar.

El conjunto de equipos que se utilizarán para la implementación y que serán detallados más adelante, fueron elegidos por ciertas características de operación y diseño que los hacen ideales para embarcaciones. Para empezar, físicamente hablando, son equipos robustos, con un grado de protección alto ante ciertos agentes externos, además son fáciles de cablear y adaptables a la hora de conectar sus entradas o salidas, su alimentación o su comunicación ya que traen ciertas protecciones ante los errores de conexión. Por otro lado, su versatilidad a la hora de programar, la simpleza de su software y posibilidad que da a la interacción con el usuario lo hacen, al controlador y sus equipos asociados, una alternativa ideal para aplicarse bajo estas condiciones.

En la primera parte de esta implementación se presentarán los objetivos, tanto principales como específicos, los alcances y la problemática que nos lleva a buscar una solución mejorada y más autónoma.

Siguiendo con el segundo capítulo, ya se entra de fondo a todo lo relacionado al marco teórico, ósea todo lo que se debe tener en cuenta y todo lo que se debe saber para trabajar con estos equipos.

En el tercer capítulo se aborda completamente todo lo relacionado al software de programación, los conocimientos y los detalles a tener en cuenta a la hora de hacer el proceso lógico que será necesario para el funcionamiento del sistema.

El ultimo capitulo se detalla todo lo relacionado al montaje y la puesta en marcha, que son lo más importante dentro de este proyecto, ya que al ser esta una implementación será fundamental dar garantías de que el sistema funciona y que, en este caso, ya opera en ciertas embarcaciones.

## SIGLAS

mm	:	milímetros.
mm <sup>3</sup>	:	milímetros cúbicos.
kN/m <sup>2</sup>	:	kilo Newton por metro cuadrado.
KBd	:	kilos Baudios o kilo bits por Segundo.
V	:	voltaje o volts.
mV	:	mili volts.
VDC	:	voltaje continuo.
°C	:	grados Celsius.
A	:	amperes.
mA	:	mili amperes.
g	:	gramos.
Ω	:	ohm.
kΩ	:	kilo ohm.
Hz	:	Hertz.

## **DESCRIPCION DE LA PROBLEMATICA**

Dentro del rubro de la electricidad en embarcaciones de alta mar, la automatización está presente en varios aspectos. Se aplica en el sistema de navegación o de gobierno, en el mecanismo de propulsión, pero sobre todo en los variados sistemas de alarma que hay dentro de un barco. basado en esta última frase, "variados sistemas de alarma", es que veo una problemática, ya que, la persona encargada del funcionamiento de la nave y por tanto del control de las alarmas, conocido en el rubro como motorista, debe monitorear y prestar atención a distintos puntos de alarma distribuidos en la embarcación, por ejemplo alarmas de motor principal en general, de los generadores, de las sentinas, alarmas de la planta de frío, de los nivel de estanques, de las puertas y salas estancas, etc.

En base a lo descrito anteriormente es que propuse como solución diseñar, construir e instalar un tablero, dirigido por un controlador inteligente, el cual pueda agrupar y direccionar la mayor cantidad de alarmas según permitan las normas navieras. Todo esto con el fin de tener mayor control de estas y agruparlas en un punto de trabajo y monitoreo.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un sistema automatizado, mejorado y moderno que agrupe todo tipo de alarmas presentes en una embarcación de alta mar.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Levantamiento de las condiciones actuales de los sistemas de alarmas de un barco de altamar.
- Búsqueda y estudio del controlador apropiado que cumpla con las exigencias marinas.
- Elaboración de planos eléctricos y de control del tablero.
- Construir un tablero donde se agrupen todas las entradas y salidas, tanto binarias como análogas y todo lo que demande instalar un PLC adecuado para la tarea.
- Crear el programa correspondiente para el PLC y una pantalla para el usuario donde este pueda interactuar con el sistema y estar al tanto del monitoreo del controlador.

**ALCANCE**

Construcción, instalación y conexión de tablero de control para sistema de alarmas en pesqueros de altamar.

**CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO**

## 1. TOPOLOGIA DE RED

Una topología de red es un mapa físico de la distribución y conexión de varios elementos o equipos, los cuales se comunican e intercambian datos entre sí, por medio de la red que ellos mismos forman.

En esta implementación la topología de red requerida por el sistema se conoce como dayse chain, encadenado o cadena margarita el cual es un método de conexión de dispositivos en paralelo.

Este tipo de topología parte en un controlador donde por lo general el primero siempre es el maestro o el principal, luego pasa a un segundo equipo y a continuación directamente a un tercero sin tener que volver al principal.

Esta topología de red posee la ventaja de ser sencilla, rápida de cablear y de fácil aplicación para ramas seriales. Sin embargo, una de sus principales desventajas es que, si falla algún equipo, sea cual sea, la línea de comunicación dejara fuera de operación a todos aquellos que vengan a continuación del equipo que ha fallado.

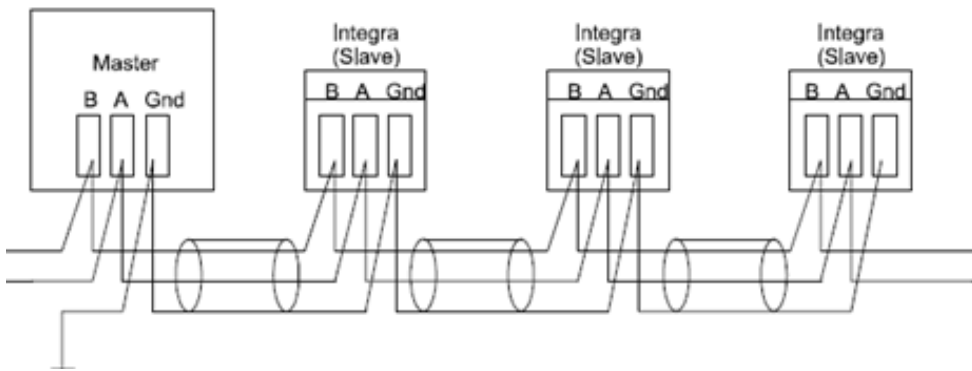


Figura 1-1 conexión dayse chain.

### 1.1 GRADO DE PROTECCION IP

Los grados de protección IP hacen referencia a una normativa internacional, que indica el nivel de protección de los equipos eléctricos o electrónicos frente a la entrada de agentes externos.

La IEC, establece una normativa para clasificar los diferentes grados de protección de los recubrimientos de equipos eléctricos y electrónicos frente a agentes externos, especialmente factor humano o agentes medioambientales o frente a la entrada de cuerpos sólidos y líquidos.

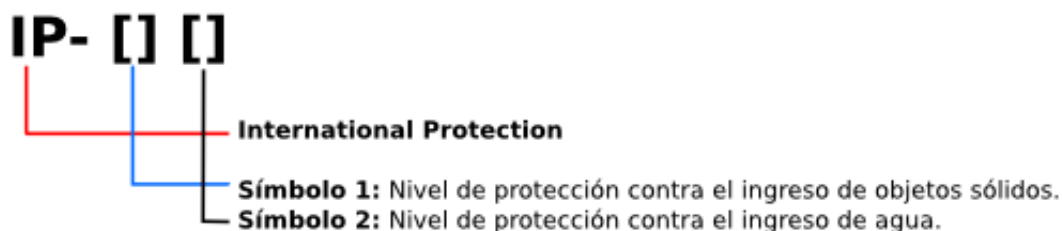


Figura 1-2 protección IP.

En base lo que muestra la imagen vemos que las letras IP hacen referencia a la frase en inglés ingress protection la cual siempre está presente a la hora de mencionar este tipo de protección. Por otra parte, el primer dígito hace referencia a la protección del equipo frente a la entrada de elementos sólidos (puede ir de 0 a 6) y el segundo dígito hace referencia a la protección del equipo frente a la entrada de agua (puede ir de 0 a 8).

Como regla general podemos decir que cuanto más alto el grado de protección IP, más protegido y aislado está el equipo frente a agentes externos.

A continuación, se tabulan los niveles de protección correspondientes al primer dígito:

Nivel	Descripción
0	Sin protección.
1	Protegido contra la entrada de elementos sólidos de hasta 50mm.
2	Protegido contra la entrada de elementos sólidos de hasta 12,5mm
3	Protegido contra la entrada de elementos sólidos de hasta 2,5mm.
4	Protegido contra la entrada de elementos sólidos de hasta 1mm.
5	Protegido contra la entrada de polvo (la cantidad que entra no interfiere con el funcionamiento del dispositivo).
6	Totalmente protegido contra la entrada de polvo.

Tabla 1 nivel de protección primer dígito.

Ahora, en la siguiente tabla se presentan los niveles de protección pertenecientes al segundo dígito:

Nivel	Descripción
0	Sin protección.
1	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, desde 200mm de altura respecto del equipo, durante 10 minutos.
2	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, durante 10 minutos (a

	razón de 3-5mm <sup>3</sup> por minuto). Dicha prueba se realizará 4 veces a razón de una por cada giro de 15° tanto en sentido vertical como horizontal, partiendo cada vez de la posición normal de trabajo.
3	No debe entrar el agua nebulizada en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 11 litros por minuto y a una presión de 800-100 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
4	No debe entrar el agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 800-100 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
5	No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una presión 30 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros.
6	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 100 kN/m <sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros.
7	El equipo debe soportar sin filtración alguna la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.
8	El equipo debe soportar sin filtración alguna la inmersión completa y continua a la profundidad y durante el tiempo que especifique el fabricante del producto con el acuerdo del cliente, pero siempre que resulten condiciones más severas que las especificadas para el valor 7.

Tabla 2 nivel de protección segundo dígito.

Para ejemplificar lo anterior tomaremos el grado de protección del INTELIDRIVE DCU MARINE el cual posee un IP de 65. Por lo tanto, su nivel de protección en el primer dígito sería “totalmente protegido contra la entrada de polvo” y el nivel de protección en el segundo dígito sería “No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una presión 30 kN/m<sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros”.

## 1.2 CABLES

Una de las cosas más importantes a la hora de hacer esta implementación, diseñar un tablero y montar los equipos es el tipo de cable que vamos a utilizar para alambrear todo el sistema. Bajo esta consigna es que se considera importante detallar el tipo de cable que se va a usar para alambrear la alimentación de los equipos, las señales de entrada y salida tanto binarias como análogas, la comunicación, las protecciones, las salidas a borneras, etc.

La comunicación es por medio de CAN BUS y el fabricante detalla los siguientes parámetros para la buena transmisión de los datos:

Cable CAN bus a 250 KBd.	200 metros.
Cable CAN bus a 50 KBd.	900 metros.
Resistencia nominal del cable.	120 ohm.
Tipo de cable.	Par trenzado aterrizado.

Tabla 3 características cables Can Bus.

Para la comunicación entre módulos de expansión, controladores y otros equipos el fabricante además entrega un listado de cables que son apropiados y que aseguran una correcta transmisión de los datos, estos cables cumplen con los blindajes y son apropiados para las distancias requeridas.

### 1.2.1 Belden

- 3082A DeviceBus for Allen-Bradley DeviceNet.
- 3083A DeviceBus for Allen-Bradley DeviceNet.
- 3086A DeviceBus for Honeywell SDS.
- 3087A DeviceBus for Honeywell SDS.
- 3084A DeviceBus for Allen-Bradley DeviceNet.
- 3085A DeviceBus for Allen-Bradley DeviceNet.
- 3105A Paired EIA Industrial RS485 cable.

### 1.2.2 Lapp cable

- Unitronic BUS DeviceNet Trunk Cable.
- Unitronic BUS DeviceNet Drop Cable.
- Unitronic BUS CAN.
- Unitronic-FD BUS P CAN UL/CSA.

Por otro lado, tenemos el tipo de cableado que vamos a utilizar para la conexión interna tanto de equipos, protecciones, entradas, salidas, borneras, etc. El cual será siempre el mismo y solamente ira variando en dimensiones y colores para así cumplir con ciertos estándares y buenas prácticas a la hora de alambrar un tablero.

Basados en lo anterior es que se decidió usar cables de la marca TOPCABLE los cuales cumplen con los requerimientos tanto de protección, así como con ciertas exigencias marinas y tiene las certificaciones adecuadas para este trabajo.

Los cables de la marca TOPCABLE además de estar certificados para usarse en embarcaciones marinas cumplen con ser libres de halógenos, con baja emisión de humo y no propagadores de incendios, es un cable certificado como flexible con una temperatura máxima de conducción de 70°C y una temperatura máxima en cortocircuito de 160°C



Figura 1-3 cable Top Cable.

### 1.3 INTELIDRIVE DCU MARINE

Es un controlador de motores especializado para aplicaciones marinas. Controla, supervisa y protege el motor en los modos operativos de velocidad simple (auxiliar) o variable (propulsión).

Además de esto el equipo posee la capacidad de desempeñarse como central de alarmas entregando todas las facilidades para diseñar un sistema de esas características. Lo que lo convierten en un controlador de gran capacidad, versátil y eficiente.

Como se detalla más adelante el INTELIDRIVE DCU MARINE posee 14 entradas binarias, 14 salidas binarias y 8 entradas análogas pudiendo expandir esa capacidad con la incorporación de módulos de expansión.

El ID-DCU utiliza el protocolo de comunicación CAN bus para transmitir la información con sus diversos módulos de comunicación, esto lo hace gracias a la extensión ID-COM, que será estudiada más adelante. Ahora bien, para la comunicación a un computador el controlador entregara la posibilidad de conectarse directamente a un PC por medio del estándar RS-232 y conector tipo Db-9. Sin embargo, a la hora de formar una red con otros equipos, ComAp ofrece diversos módulos que nos darán la opción de llegar a un PC por medio de cable Ethernet, RS-232, USB o incluso vía internet. En esta aplicación en particular usaremos el modulo I-LB+ al cual llegaremos, desde el ID-DCU, por medio de cable de comunicación a su entrada CAN bus y este equipo nos permitirá tener una salida hacia el PC vía USB.

Con el controlador conectado a un computador, ComAp nos entrega dos softwares de programación y monitoreo. El primero se usará para la programación, asignación y configuración de variables, para agregar y configurar módulos de expansión, etc. Este software lleva por nombre DriveConfig. El segundo se utiliza para el monitoreo de las variables, control de valores, nos entrega un historial, nos permite diseñar pantallas de interacción con el usuario de manera personalizada, etc. Este software lleva por nombre InteliMonitor.

Otros detalles que merecen nuestra atención son por ejemplo que a la hora de sumar módulos de expansión ID-DCU requiere una resistencia de terminación la cual tiene un valor de 120 ohm con la particularidad de que en embarcaciones marinas esta solo se agrega en un extremo del sistema. Otro detalle relevante es que para programar el controlador se requiere tener conocimiento en el lenguaje de programación conocido como compuertas lógicas, esto último se explicara en el capítulo de programación y trabajo con el software.

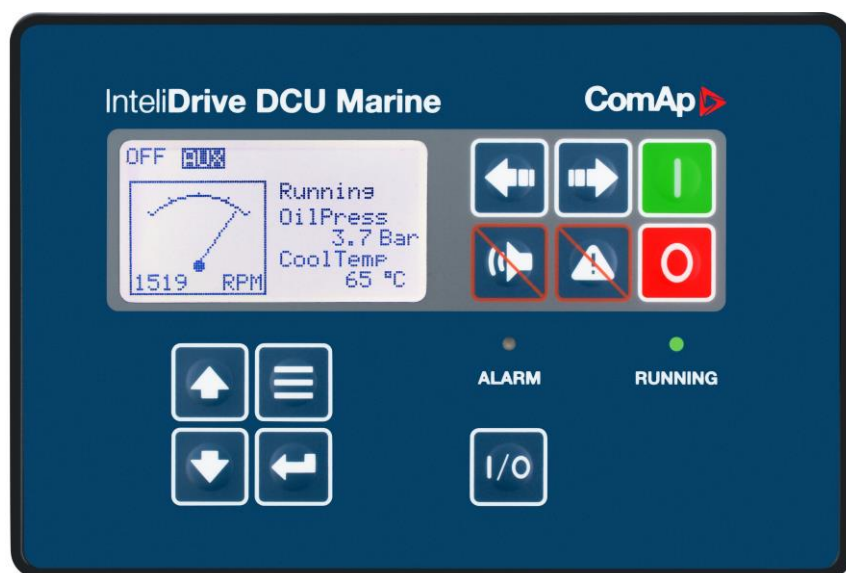


Figura 1-4 DCU Marine.

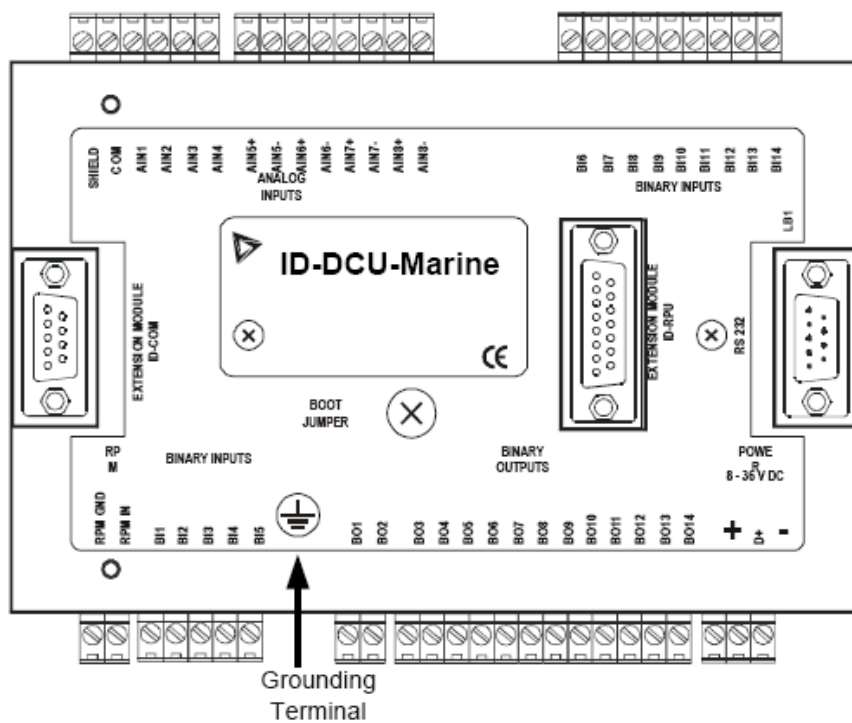


Figura 1-5 DCU Marine parte posterior.

<b>Datos generales</b>	
Alimentación nominal.	24 VDC.
Rango de alimentación.	8 – 36 VDC.
Corriente de alimentación en función del voltaje suministrado.	0.34 A. a 8 VDC. 0.12 A. a 24 VDC. 0.09 A. a 36 VDC.
Temperaturas de operación.	-20 a +70 °C.
Tiempo de retención de datos de memoria.	10 años.
Grado de protección.	IP65.
Dimensión.	(183×123×47 mm).
Peso.	800 g.
<b>entradas binarias</b>	
Numero de entras binarias.	14.
Impedancia de entradas binarias.	4.7 kΩ.
Rango para el voltaje de entrada.	0-36 VDC.
<b>salidas binarias</b>	
Número de salidas binarias.	14.
Corriente máxima en salida BO1-BO2.	1A.
Corriente Máxima en salida BO3-BO14.	0.5A.
<b>Entradas análogas grupo 1 (AI1 – AI4)</b>	
Número de entradas.	4 unipolar.
Resolución.	10 bits.
Tipo de lectura.	V, Ω, mA.

Resistencia máxima de entrada.	2500 $\Omega$ .
Voltaje máximo de entrada.	4.0 V.
Corriente máxima de entrada.	0 – 20 mA.
<b>Entradas análogas grupo 2 (AI5– AI8)</b>	
Entradas análogas.	4 unipolar.
Resolución.	Sobre 16 bits.
Tipo de lectura.	V, $\Omega$ , mA, thermocouple.
Resistencia máxima de entrada.	2500 $\Omega$ .
Voltaje máximo de entrada.	$\pm$ 1000 mV. ó 100 mV. ó 5 V.
Corriente máxima de entrada.	$\pm$ 0 – 20 mA. activo. 0 – 20 mA. pasivo.

Tabla 4 datos técnicos DCU Marine.

### 1.3.1 Conexión de entradas binarias y salidas

En lo que respecta a las entradas binarias y como se aprecia en la imagen que sigue a continuación, un lado de la conexión debe ir a la entrada binaria del equipo y el otro lado de la conexión siempre debe ir conectado al negativo de la alimentación.

Por otro lado, en lo que respecta a las salidas binarias esta debe ir conectadas por un lado al positivo de la alimentación y por el otro lado conectado a la salida binaria, además el fabricante recomienda colocar un diodo de protección en paralelo a la salida para proteger la carga.

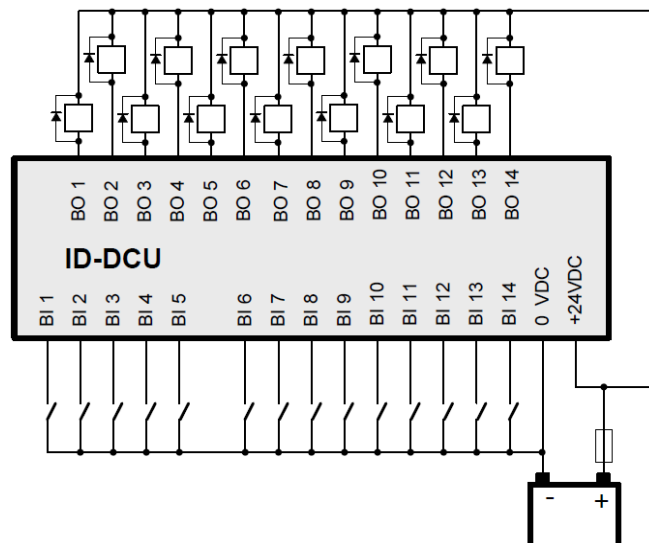


Figura 1-6 Conexión de entradas y salidas binarias ID-DCU.

### 1.3.2 Conexión de entradas análogas

Como detalla la imagen que viene a continuación, la conexión de las entradas análogas se configura por medio de la conexión de un puente o jumper en la parte interna del controlador.

El puente colocado entre el pin 1 y el pin 2 nos configura la entrada para medidas de corriente. El puente entre en pin 3 y 2 nos configura la entrada para medidas de voltaje como por ejemplo para sensores tipo Termocupla. Un puente entre el pin 3 y el pin 4 nos configura la entrada para medidas resistivas.

Es importante mencionar que para estas últimas dos configuraciones las conexiones solo pueden hacerse desde el pin AI5+ al pin AI8+.

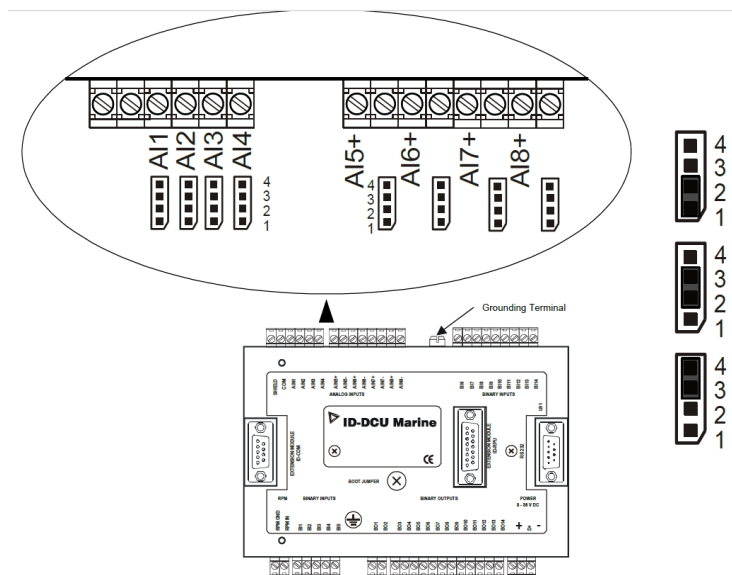


Figura 1-7 Conexión de entradas análogas.

## 1.4 ID-COM

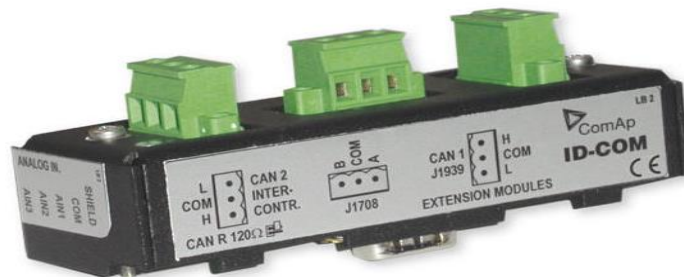


Figura 1-8 ID-COM.

Es una interfaz de comunicación IntelliDrive que entrega dos líneas de comunicación, CAN 1 y CAN2, para controladores, módulos de expansión o pantalla remota y además entrega una línea de datos J1708 / 1587 para la redundancia síncrona. ID-COM se monta directamente en la caja de ID-DCU.

Es importante mencionar que ID-COM posee su propia resistencia de terminación, la cual tiene un valor de 120 ohm, como lo demanda el ID-DCU. Por lo tanto, es importante que antes de conectar este equipo a nuestro controlador desactivemos la resistencia de terminación del INTELIDRIVE DCU MARINE.

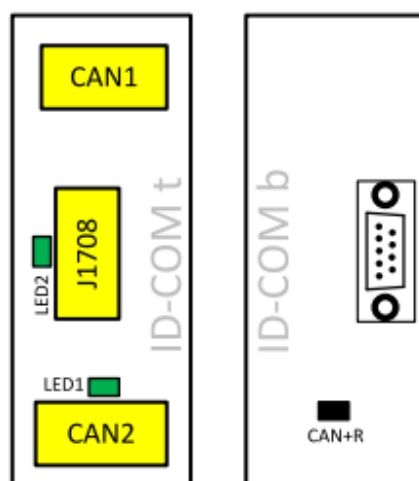


Figura 1-9 ID-COM conexión y terminales.

Alimentación nominal.	Tomada directamente desde ID-DCU Marine.
Corriente de consumo.	0.1 A.
Temperatura de operación.	- 30 °C a + 70 °C.
Dimensiones.	105 × 40 × 25 mm.

Tabla 5 datos técnicos ID-COM.

### 1.5 **IG RA15**

Este es otro equipo que nos ofrece ComAp para mejorar el rendimiento y la eficiencia de nuestro controlador central. El IG RA15 tiene la función de ser un anunciador remoto de alarmas.

En función de que trabajamos en barcos de altamar, se debió tomar en consideración todos los ruidos externos presentes dentro de una embarcación y se llegó a la conclusión

de que al tener el sistema de alarmas en la sala de máquinas sería muy complejo oír o detectar una alerta sonora por una alarma activada. Por lo cual se tomó la decisión de instalar estos equipos, uno en el comedor principal, otro en el camarote del encargado de la sala de máquinas y por ultimo uno en el puente del barco.

Este módulo de extensión se agrega en el software de programación y funciona como salidas binarias. Es importante decir que dentro de un barco hay un sin fin de alarmas y este equipo solo posee 15 salidas disponibles, sin embargo como nuestro programa y la asignación de la alarmas deben llevar un orden lógico es que tenemos la posibilidad de agruparlas en puntos más generales, por ejemplo el motor principal de un barco puede tener más de 20 alarmas sin embargo en el IG RA15 solos se apreciara un led en alerta que indicara alarma en el motor principal lo cual informara a la tripulación y ellos se dirigirán a la sala de máquinas donde, en la pantalla interactiva del PC, podrán ver el detalle por el cual se activó ese grupo de alarma.

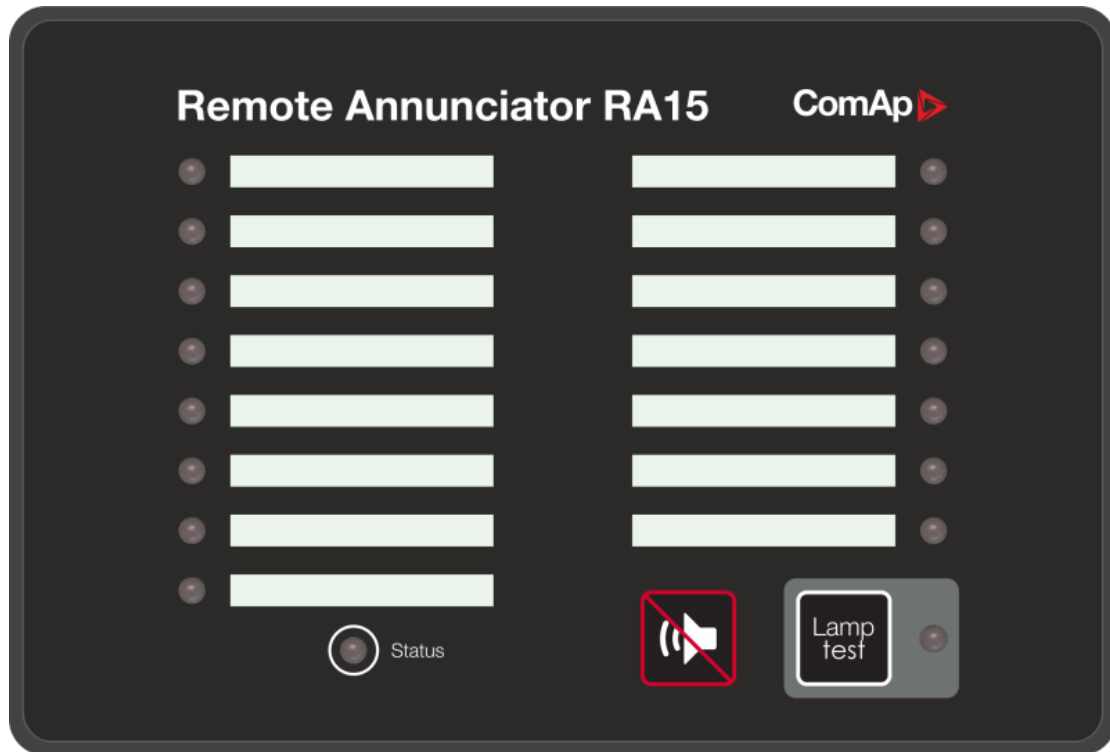


Figura 1-10 IG-RA15.

Voltaje de alimentación.	8-36 VDC.
Temperatura de operación.	-20 °C a +70 °C.
Grado de protección.	IP65.
Dimensiones.	180×120×55mm.
Peso.	950 g.
Salidas disponibles.	15.

Tabla 6 datos técnicos IG-RA15.

Un detalle a tener en consideración es el cable de comunicación, el cual debe ser un cable CAN bus que cumpla con las exigencias de distancia y protección, ya que al estar estos equipos ubicados a distancia del ID-DCU el cableado deberá pasar por otras secciones del barco para llegar a los anunciadores remotos.

Distancia máxima.	200 M.
Velocidad de transmisión de datos.	250 KBd.
Resistencia de terminación.	120 $\Omega$ .
Tipo de cable.	Par trenzado apantallado.

Tabla 7 cable de comunicación IG-RA15.

### 1.6 **INTELI IO8/8**

El módulo INTELI IO8/8 es un módulo de expansión equipado con entradas binarias, salidas binarias y salidas analógicas. El módulo se puede utilizar para los controladores ID-DCU, InteliMains-NT, InteliGen-NT e InteliSys-NT.

Una de las cosas a destacar de este módulo de expansión es que a pesar de que su nombre está definido como IO8/8, ósea 8 entradas binarias y 8 salidas binarias, ComAp nos da la posibilidad, mediante una activación física, de transformar las 8 salidas binarias en 8 entradas binarias con lo que podemos expandir la cantidad de señales que se pueden hacer llegar a nuestro controlador central y así también reducimos la cantidad de módulos de expansión necesarios para llegar al número de entradas binarias pedidas por el cliente y también reducimos el espacio que se ocupara dentro del tablero.

Estos módulos de expansión se conectan al controlador mediante la topología daisy chain y para poder comunicarse con la expansión adecuada es que el controlador le asigna a cada módulo un direccionamiento mediante el movimiento físico de un potenciómetro dentro del módulo de expansión. Cuando la comunicación se haya establecido y esté funcionando correctamente es que sobre los terminales donde se conecta el cable de comunicación veremos un parpadeo rojo intenso.



Figura 1-11 INTELI I8/8.

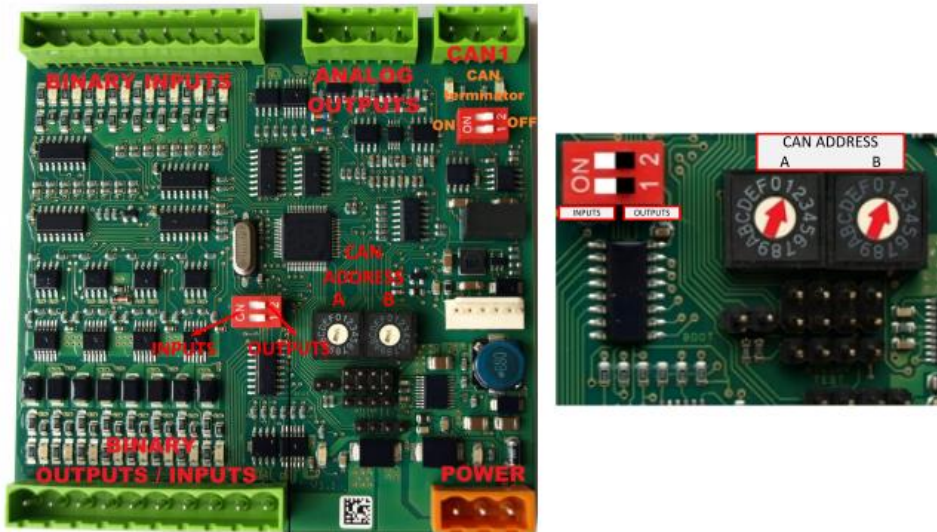


Figura 1-12 direccionamiento y terminales.

Voltaje de alimentación.	8 a 36 V DC.
Corriente de consumo.	35 mA a 24V. 100 mA a 8 V.
Temperatura de operación.	- 30 °C a + 70 °C.
Grado de protección.	IP20.
Dimensiones.	110 × 110 × 46 mm.
Peso.	240 gramos.
<b>Entradas binarias</b>	
Resistencia en las entradas.	4400 Ω.
Rango de voltaje para las entradas.	0 a 36V DC.
<b>Salidas binarias</b>	
Máximo voltaje.	500 mA.
Máxima corriente.	36V DC.

Tabla 8 datos técnicos INTELI I8/8.

## 1.7 INTELI AIN8

El módulo INTELI AIN8 es un módulo de extensión equipado con entradas analógicas y entrada de impulsos.

El módulo se puede utilizar para los controladores ID-DCU, IntelliMains-NT, IntelliGen-NT e IntelliSys-NT.

Esta expansión posee la particularidad de que es configurable para variados tipos de estradas análogas solamente siguiendo los pasos de conexión y asignando la configuración adecuada en el software de programación.

Al igual que los módulos de expansión binarios este equipo se conecta al controlador central por medio de la topología dayse chain y para que el PLC pueda identificarlo se le debe establecer una dirección configurable físicamente mediante el movimiento de un potenciómetro en el interior del módulo.

Una de las particularidades de estos equipos de expansión es que dentro de la topología de bus se pueden combinar tanto módulos análogos como binarios en orden aleatorio pero las direcciones son independientes ya que el INTELIDRIVE DCU MARINE posee la capacidad de ver la diferencia entre un módulo binario y uno análogo.



Figura 1-13 INTELI AIN8.

Datos generales	
Voltaje de alimentación.	8 a 36 V DC.
Corriente de consumo.	35 mA a 24 V. 100 mA a 8 V.
Temperatura de trabajo.	- 30 °C a + 70 °C.
Grado de protección.	IP20.

Entradas análogas	
Voltaje.	0-10 V.
Corriente.	±20 mA.
Resistencia.	0- 10 kΩ Pt100, Pt1000, Ni100, Ni1000.

Tabla 9 datos técnicos INTELI AIN8.



Figura 1-14 direccionamiento y terminales.

Como se mencionó anteriormente este módulo se puede configurar para leer diferentes tipos de entradas análogas solamente haciendo la conexión adecuada y agregándolo en el software de programación. A continuación, se detalla cómo se deben hacer las conexiones basados en el tipo de lectura análoga.

Cada entrada análoga posee cuatro pines de conexión los cuales se asignan de la siguiente forma:



Figura 1-15 terminales análogos.

Tomando en cuenta lo anterior tenemos 5 tipos de conexión, la primera es para cualquier equipo o señal que trabaje por medio de la conexión de 3 hilos por ejemplo Pt100, Pt1000, Ni100, Ni1000, 0 – 250 $\Omega$ , 0 – 2400 $\Omega$ , 0 – 10k $\Omega$ .

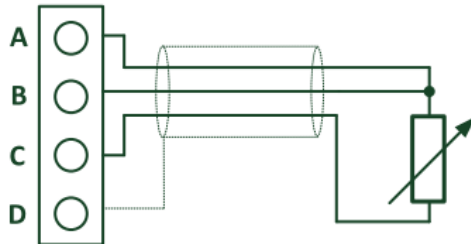


Figura 1-16 conexión por medio de tres hilos.

Continuando con los tipos de conexión tenemos cualquier equipo o se señal que se entregue por medio de la conexión de dos hilos por ejemplo Pt100, Pt1000, Ni100, Ni1000, 0 – 250 $\Omega$ , 0 – 2400 $\Omega$ , 0 – 10K $\omega$ .

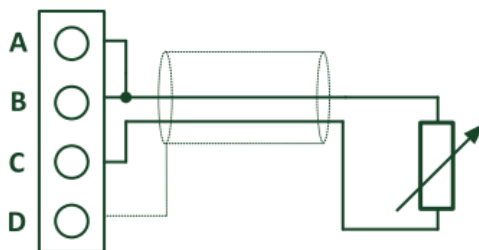


Figura 1-17 conexión por medio de dos hilos.

La siguiente imagen hace referencia a la conexión para sensores activos por ejemplo  $\pm 20\text{mA}$ , 4 – 20mA.

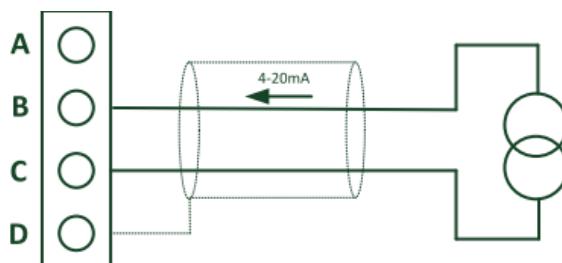


Figura 1-18 conexión sensores activos.

A continuación, vemos la conexión para sensores del tipo pasivo por ejemplo 0 – 20mA, 4 – 20mA.

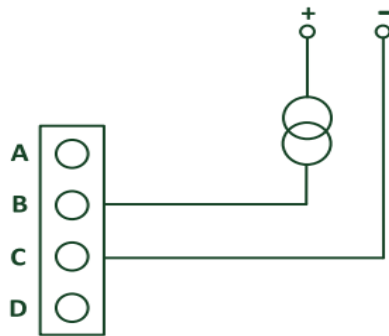


Figura 1-19 conexión sensores pasivos.

Y por último se presenta la conexión para señales con rango de voltaje por ejemplo  $\pm 1$  V, 0 – 2,5 V, 0 – 5 V, 0 – 10 V.

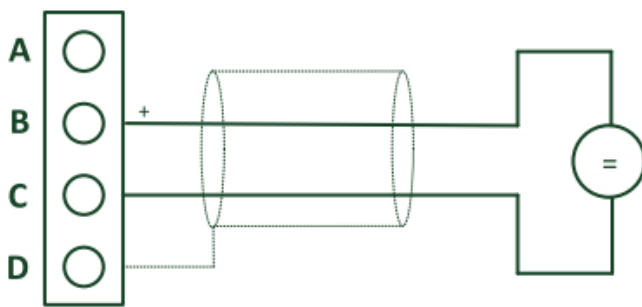


Figura 1-20 conexión señales de voltaje.

### 1.8 I-LB+

Es un módulo de comunicación central que permite unir todos los dispositivos conectados a través de CAN bus. Este equipo nos permitirá agrupar todos los controladores en un solo punto y nos entregará una conexión rápida y fácil a un computador por medio de un cable USB, sin embargo, también nos da la posibilidad de hacerlo por medio de los estándares RS-232 Y RS-485.

Es importante en este punto mencionar que los controladores, para unirse a esta unidad, deben seguir la misma topología que se usa para conectar los módulos de expansión a un PLC central ósea deben unirse bajo el concepto de la topología daisy chain.

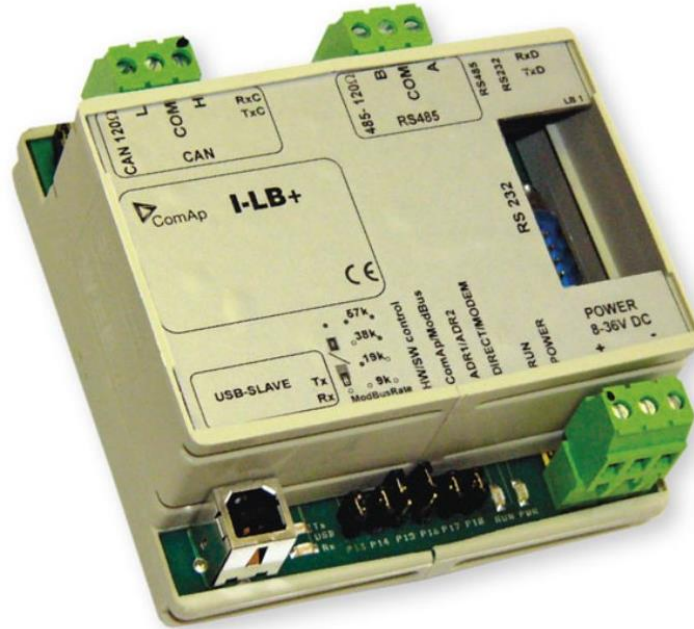


Figura 1-21 I-LB+.

Voltaje de alimentación.	8 a 36 V DC.
Corriente de consumo.	100 Ma. a 24 V.
Dimensiones.	95 × 96 × 43 mm.
Temperatura de trabajo.	- 30 °C a + 70 °C.
Conexión con el controlador.	CAN.
Conexión con el PC.	RS232, RS422, RS485, USB.

Tabla 10 datos técnicos I-LB+.

**CAPITULO 2: COMUNICACIÓN Y PROGRAMACIÓN**

## 2. CAN BUS

Una de las cosas más importantes a la hora de llevar a cabo una implementación de este tipo es tener conocimiento de la forma en cómo se comunican estos equipos, con comunicación nos referimos a la forma en que estos intercambian información para poder cumplir con la programación que hemos de darle. ComAp implementa un protocolo único de comunicación para todos sus equipos, este protocolo se conoce como CAN bus.

El CAN bus, o por sus siglas en inglés Controller Area Network, desarrollado por la compañía Robert Bosch GmbH en 1986, es un protocolo de comunicación ampliamente utilizado en entornos y sistemas con requisitos de tiempo real. La implementación de este modelo de comunicación supuso un avance en cuanto a la cantidad de conexiones entre dispositivos que eran necesarios para mantener todos los elementos comunicados, ya que el protocolo CAN emplea un único bus de comunicaciones, compartido por todos los dispositivos y evita la necesidad de establecer una conexión punto a punto con cada uno de ellos.

Algunas de las características del protocolo CAN bus son:

- Posee herramientas para la detección de errores en la transmisión, así como la capacidad de retransmisión automática de las tramas erróneas.
- Capacidad de discernir entre errores puntuales en la transmisión, o errores producidos por el fallo de un nodo, tiene la capacidad de desconectarlo para evitar que el fallo sature la red.
- Priorización del mensaje y garantía en los tiempos de latencia en la entrega del mismo, esta es una de las características por las que este protocolo de comunicación es ampliamente utilizado en el ámbito de los sistemas de tiempo real.
- Garantías en la consistencia de los datos. Se considera un sistema robusto en cuanto a la consistencia de estos.
- Flexibilidad en la configuración de la red, tanto en el número de nodos, como en la de los dispositivos de los mismos, pudiendo añadirse o quitarse nodos de forma dinámica sin afectar el protocolo. Pueden conectarse hasta 110 nodos a una red Can.
- Puede funcionar como un sistema multimaestro.

### 2.1 TIPOS DE CAN BUS

Es importante además tener conocimiento de que existen dos tipos de protocolo CAN bus según la organización internacional para la estandarización (ISO). Un CAN bus de alta velocidad (ISO 11898-2) el cual usa un único bus lineal con una resistencia de

terminación de 120 Ohm para evitar reflexiones que puedan perturbar la comunicación, en esta configuración la velocidad de transmisión es hasta 1 Mbit/s y un CAN bus de baja velocidad tolerante a fallos (ISO 11898-3) el cual puede usar un bus lineal, un bus estrella o la combinación de ambos con una resistencia de terminación en cada nodo con un valor equivalente a un cuarto del valor de la resistencia final y que admite una velocidad de 125 Kbit/s.

## 2.2 CAPA FISICA DEL CAN BUS

La transmisión de señales en un bus CAN se lleva a cabo a través de dos cables trenzados. Las señales de estos cables se denominan CAN\_H (CAN high) y CAN\_L (CAN low) respectivamente. El bus tiene dos estados definidos: estado dominante y estado recesivo. En estado recesivo, los dos cables del bus se encuentran al mismo nivel de tensión, mientras que en estado dominante hay una diferencia de tensión entre CAN\_H y CAN\_L de al menos 1,5 V. este modo de comunicación tiene como objetivo proporcionar una mayor protección frente a interferencias electromagnéticas.

Esta ultima protección viene dada, debido a que la lectura de los bits se basa en la diferencia de voltaje en los cables trenzados, por lo que, en caso de verse sometida a una influencia magnética, a pesar de la variación de la señal en los cables, la diferencia de voltaje se mantiene constante.

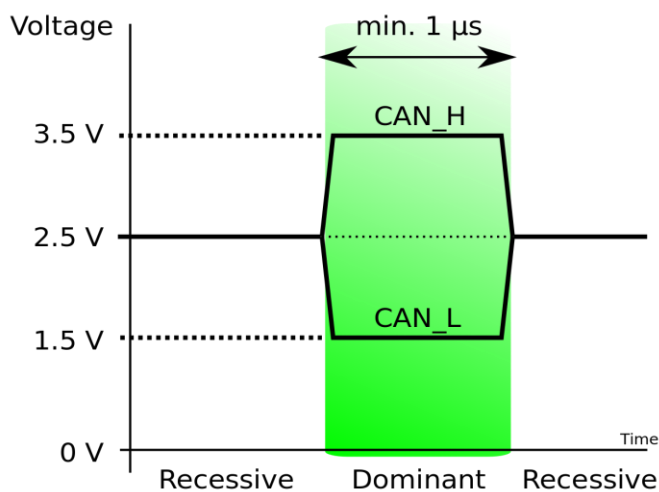


Figura 2-1 Rango de voltaje de capa física de CAN bus.

## 2.3 FORMATO DE LAS TRAMAS CAN BUS

El protocolo CAN contempla diferentes formatos de tramas, cada una orientada a un propósito específico dentro del funcionamiento del protocolo, las más importantes para un correcto funcionamiento del protocolo son:

- Tramas de datos: tramas utilizadas para el paso de información entre nodos, que puede ser enviada o recibida por uno o varios de ellos.
- Tramas de error: tramas utilizadas cuando algún nodo de la red detecta un error en alguno de los mensajes transmitidos por otros nodos.
- Tramas de petición remota: son utilizadas para el envío de información a otro nodo. Se envía una trama con el identificador del nodo del que se requiere información, este lo recibe y devuelve la información con una trama de datos.
- Tramas de sobrecarga: es una trama enviada por el nodo cuando este está sobrecargado, lo que provoca que el bus incluya un retardador extra entre las tramas.

Cuando el bus está en reposo, en otras palabras, no hay envío de tramas, se mantiene de forma constante un nivel recesivo en el bus. Cuando se tiene que enviar un mensaje se separan las tramas con un espacio llamado inter-trama, compuesto por 3 bits recesivos.

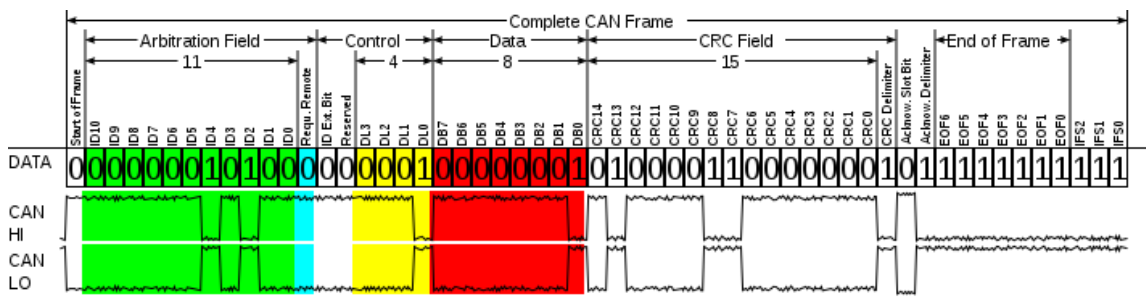


Figura 2-2 Forma de la trama CAN bus en bits.

Las tramas se inician con un único bit dominante, empleado para la sincronización con el resto de nodos. Posteriormente se encuentra el campo del identificador, que aparte de servir como identificador del nodo, también representa la prioridad de la trama en la red. Conociendo los identificadores de todas las tramas que intentan ser transmitidas, se puede establecer de manera determinista el orden en el que son transmitidas. Así, una trama CAN con identificador más bajo (mayor número de bits dominantes en las primeras posiciones) tiene más prioridad que una trama con identificador más alto. En el formato estándar está compuesta por 11 bits, terminado con un bit adicional empleado para diferenciar entre tramas de datos (valor 0), o tramas de petición remota (valor 1).

En el **campo de control**, los dos bits iniciales están reservados para un uso futuro, y posteriormente se encuentran cuatro bits, que definen el tamaño del campo de datos de la

trama que se encuentra a continuación. La parte de la trama coloreada en rojo en la imagen anterior, que tiene por título “trama de datos CAN bus” es el campo de datos, que puede abarcar desde los 0 bits a los 8 bits.

Por último, se encuentra el **campo de CRC** (Código de redundancia cíclica), que se encarga de asegurar la integridad de los datos enviados. La trama termina con un bit recesivo para el delimitador CRC y el fin de trama o **EOF**, consistente en 7 bits recesivos sucesivos. La trama debe contener al final de la misma el espacio reglamentario entre tramas, compuesto por 3 bits recesivos.

## 2.4 CABLES Y CONECTORES CAN BUS

Los distintos nodos de un bus CAN deben estar interconectados mediante un par de cables trenzados con una impedancia característica de  $120\ \Omega$ , puede ser cable apantallado o sin apantallar. El cable trenzado proporciona protección frente a interferencias electromagnéticas externas. Y si, además, está apantallado, la protección será mayor, pero a cambio de un incremento en el costo del cable.

El estándar CAN, a diferencia de otros estándares como el USB, no especifica ningún tipo de conector para el bus y por lo tanto cada aplicación puede tener un conector distinto. Sin embargo, hay varios formatos comúnmente aceptados como el conector Db-9.

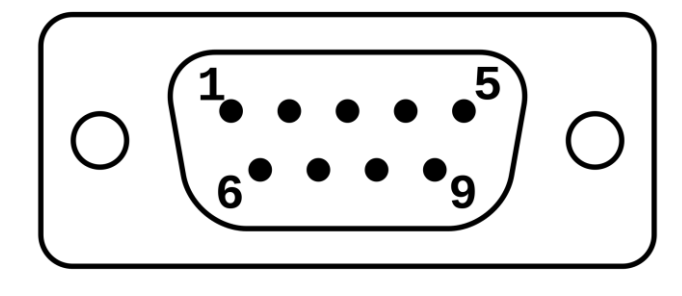


Figura 2-3 Conector Db-9.

## 2.5 LENGUAJE DE PROGRAMACION

Antes de entrar de lleno en lo que es la programación de nuestro controlador debemos tener conocimiento del lenguaje que usa para interactuar con el programador. En este caso el DCU MARINE se programa con el lenguaje conocido como compuertas lógicas o funciones lógicas.

Las funciones lógicas son dispositivos utilizados en Electrónica Digital que trabajan con estados lógicos tanto en sus entradas como en salidas. Cada compuerta tiene asociada una tabla verdadera, que expresa en forma escrita el estado de su salida para cada combinación posible de estados en sus entradas.

El comportamiento en los resultados que otorgara cada compuerta, dependerá del valor booleano que tenga en cada una de sus entradas. A continuación, detallare las más utilizadas y que son parte del programa que se diseñara para cumplir con los requisitos de esta implementación.

Las compuertas lógicas trabajan en dos estados, "1" o "0", los cuales pueden asignarse a la lógica positiva o lógica negativa. El estado 1 tiene un valor de 5v como máximo y el estado 0 tiene un valor de 0v como mínimo, estas lógicas se explican a continuación:

- La lógica positiva es aquella que con una señal en alto se acciona, representando un 1 binario y con una señal en bajo se desactiva. representado un 0 binario.
- La lógica negativa proporciona los resultados inversamente, una señal en alto se representa con un 0 binario y una señal en bajo se representa con un 1 binario.

Además, es importante tener en cuenta, que las compuertas lógicas, no solo responden a funciones booleanas, sino que también podemos ver compuertas con otro tipo de funciones como por ejemplo funciones matemáticas de suma, resta o algo más complejo, así como también funciones de retardos, delay o timer. Podemos ver compuertas con funciones PID o con funciones de histéresis. A continuación, detallo algunas de las compuertas presentes en el programa y que utilizare para crear el proceso lógico.

### 2.5.1 Compuerta AND

Con dos o más entradas, esta compuerta realiza la función booleana de la multiplicación. Su salida será un "1" cuando todas sus entradas también estén en nivel alto. En cualquier otro caso, la salida será un "0". Se asocia a la multiplicación ya que el resultado de multiplicar entre si diferentes valores binarios solo darán como resultado "1" cuando todos ellos también sean 1.

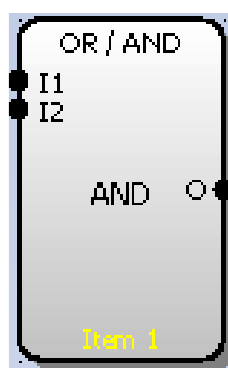


Figura 2-4 Compuerta AND/OR programa DriveConfig.

### 2.5.2 Compuerta OR

La función booleana que realiza la compuerta OR es la asociada a la suma, esta compuerta presenta un estado alto en su salida cuando al menos una de sus entradas también está en estado alto. En cualquier otro caso, la salida será 0. Tal como ocurre con las compuertas AND, el número de entradas puede ser mayor a dos.

### 2.5.3 Compuerta XOR

La compuerta OR vista anteriormente realiza la operación lógica correspondiente al O inclusivo, es decir, una o ambas de las entradas deben estar en 1 para que la salida sea 1. En la función XOR en cambio dice que para que la salida seas 1 las entradas deben ser siempre diferentes entre sí.

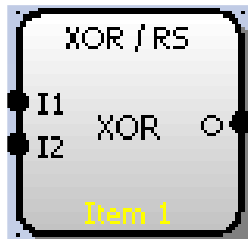


Figura 2-5 Compuerta XOR programa DriveConfig.

### 2.5.4 Negación de compuertas

Cualquier compuerta lógica se puede negar, esto es, invertir el estado de su salida, simplemente agregando una compuerta NOT que realice esa tarea. Debido a que es una situación muy común, se fabrican compuertas que ya están negadas internamente. Este es el caso de la compuerta NAND que es simplemente la negación de la compuerta AND, está el caso de la compuerta NOR que es la negación de la compuerta OR o el caso de la NXOR que es la negación de la compuerta XOR. Esto modifica su tabla de verdadera, de hecho, la invierte quedando que la salida solo será un 0 cuando todas sus entradas estén en 1. La negación se expresa gráficamente con un pequeño círculo en su salida de la compuerta.

### 2.5.5 Compuerta delay

Como se mencionó al inicio de este ítem, este lenguaje de programación no solo cumple con lógicas booleanas, sino que también posee otro tipo de compuertas, que varían según el programa que se utilice, en este caso una de las compuertas que se utilizó nos daba la opción de generar un retardo en la activación de la salida.

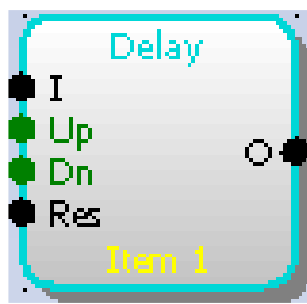


Figura 2-6 Compuerta tipo DELAY programa DriveConfig.

## 2.6 PROGRAMACIÓN

En punto se debe hacer, en base a lo que demanda el controlador, una diferenciación entre el software de programación y el software de diseño de pantallas y control que interactúa con el usuario. El primer software del que se hace mención se llama DRIVECONFIG y nos permitirá diseñar el control del proceso, asignar equipos, configurar entradas y salidas tanto binarias como análogas, crear, usando el lenguaje de programación descrito anteriormente, el control de las variables de entrada y definir las salidas.

El segundo software del que se hace mención lleva por nombre InteliMonitor, en el diseñaremos las pantallas que interactúan con el usuario, además este software nos permite ver valores del momento, monitoreo de variables, activación tanto de salidas como de entradas en la opción que entrega para ver el comportamiento del programa y además entrega la opción de tener un historial detallado del funcionamiento de la red que tenemos en marcha.

Es importante saber que ambos softwares de programación son totalmente gratuitos y descargables desde la página oficial de ComAp. Para empezar a programar lo primero es tener conectado un InteliDrive DCU Marine mediante un conector DB9, como demanda el estándar de comunicación CAN bus, a un computador. En un segundo paso debemos poner en operación el InteliMonitor, como se muestra en la imagen que sigue a continuación debemos dar clic en el símbolo mas de color rojo en la sección Sites para poder crear una nueva página de trabajo y luego clic en el símbolo mas de color rojo ubicado a la derecha para poder ir agregando y direccionando los equipos, que en este caso son tres, uno especial para alarmas y dos para el control de generadores.

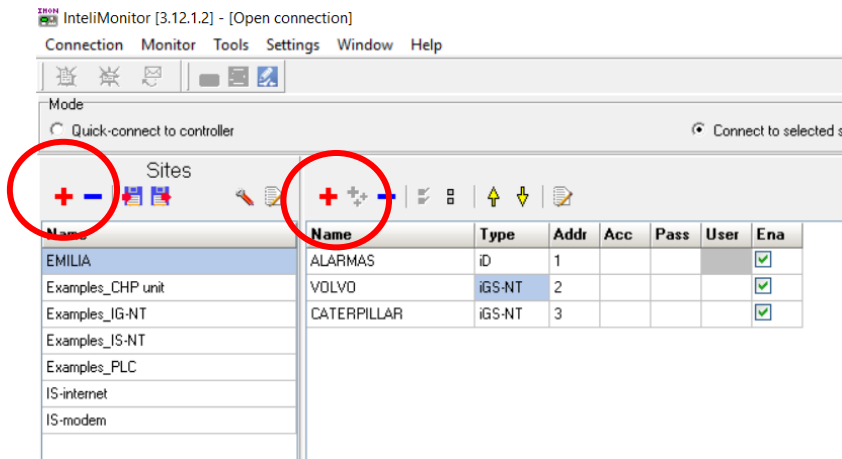


Figura 2-7 Pagina inicia de Inteli monitor

Como se ve en la imagen superior llamamos a nuestra página de trabajo principal EMILIA que es el nombre de la embarcación donde haremos la implementación, así como también nombramos las páginas correspondientes a los generadores por sus respectivas marcas y nombramos como alarmas la página de trabajo donde utilizaremos el DCU Marine. Una vez configurados estos parámetros damos clic a la opción Open Connection ubicada en la misma página en la parte inferior derecha.

Una vez hecho este último paso por defecto el programa desplegará una pantalla en blanco donde en la parte superior ubicaremos la opción llamada tools que nos dará acceso al segundo programa con el cual configuraremos el DCU Marine.

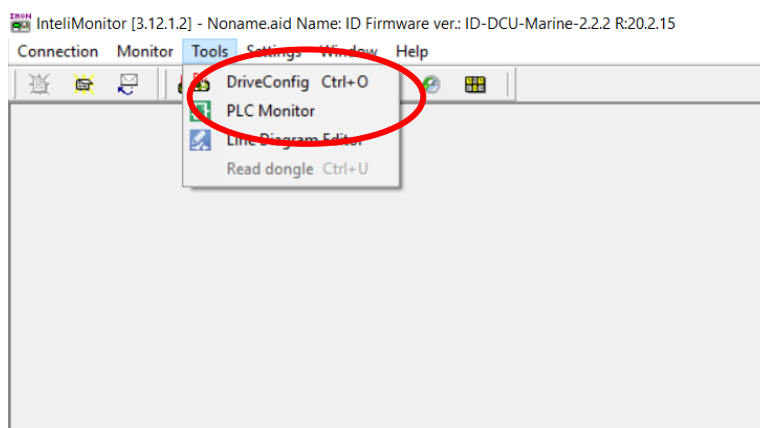


Figura 2-8 Opción TOOLS para abrir el programa DriveConfig.

Una vez abierto este programa se nos desplegará un primer menú, como se muestra en la imagen que sigue a continuación donde podemos agregar el controlador principal, módulos de entrada binarios y análogos, así como módulos de salida análogos o binarios.

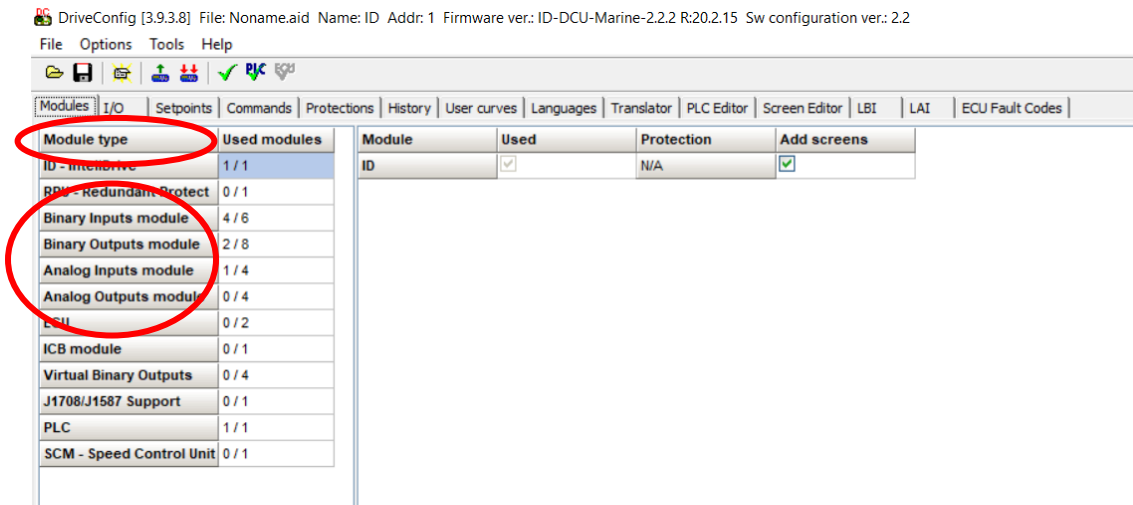


Figura 2-9 sección para agregar los módulos a utilizar

Ya con los módulos necesarios para esta implementación pasamos a la siguiente pestaña que se ve en la parte superior izquierda designada como I/O, donde configuraremos cada una de las entradas y salidas en forma particular dependiendo de su tipo o su importancia para la embarcación.

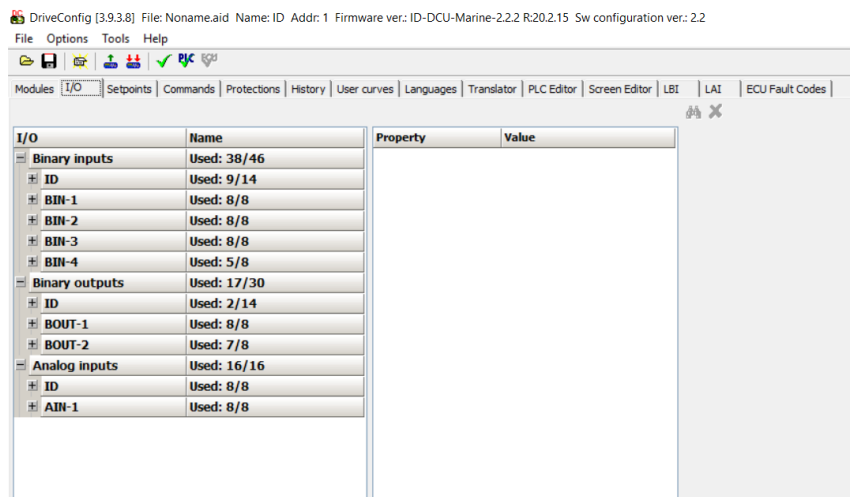


Figura 2-10 menú inicial de la Sección I/O

Continuando en la misma página ahora toca detallar como configurar cada una de las entradas o salidas según su tipo, por ejemplo, para configurar las entradas binarias o binary inputs como de aprecia en la imagen anterior, primero debemos hacer clic sobre alguna, ya sea del ID (que corresponde a las entradas del controlador central) o de las BIN (que corresponden a los módulos extras que se han agregado) en la imagen que viene a continuación se aprecia con más detalle.

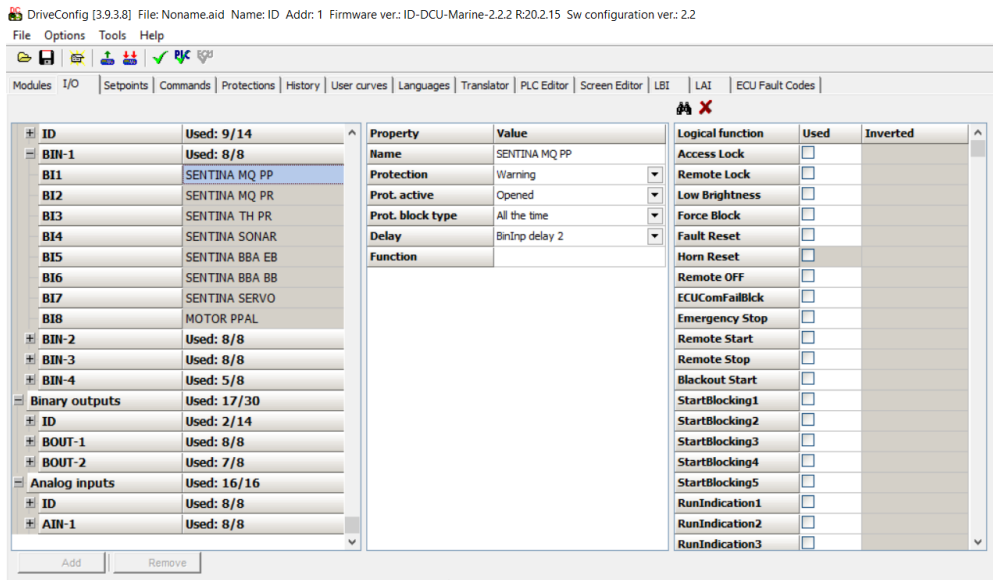


Figura 2-11 Detalle de una de las entradas binarias de un módulo de expansión

En la imagen anterior podemos ver que a la izquierda tenemos el árbol de entradas y salidas disponibles para elegir cualquiera de ellas, a la derecha tenemos algunas entradas configuradas por defecto que trae el DCU Marine y en el centro vemos la configuración de la entrada en particular. En este caso tenemos seleccionado del módulo de expansión 1 la entrada binaria número 1 la cual es nombrada como SENTINA MAQ. POPA. Como se dijo en la parte central de esta plantilla de trabajo podemos editar el nombre de la entrada, asignarle un nivel de importancia, configurando el tipo de protección, si queremos que la entrada sea cerrada o abierta y también podemos agregar algún tipo de retardo en su activación.

Siguiendo con la programación pasamos a la configuración de las salidas binarias, donde solo podemos configurar el nombre y si es que lo deseáramos asignarle o usar alguna de las salidas preconfiguradas que trae el DCU Marine. En este punto es importante destacar que la única salida binaria física que tenemos en el sistema es la que llevar por nombre HORN que corresponde a la sirena y luz que serán la señal de que una alarma está activa, las otras salidas que están configuradas en los módulos de expansión son de salida tipo memoria ósea que no poseen manifestación física y las usamos para crear las salidas que irán a los repetidores o anunciadores remotos IG RA15 que están distribuidos en las partes más importantes de la embarcación.

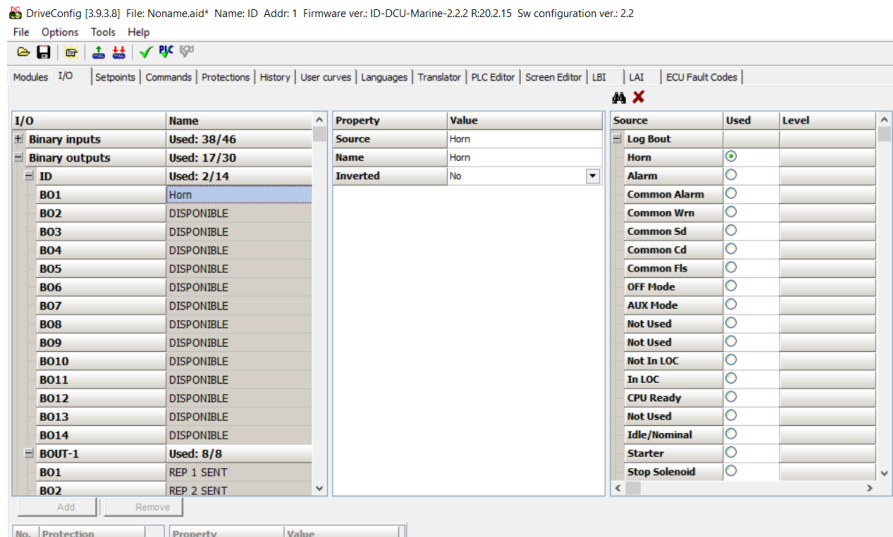


Figura 2-12 Salida binaria HORN

Como se ve en la imagen anterior tenemos seleccionada salida física HORN que representa la sirena y baliza de alarma y la cual usa una opción predeterminada que trae el DCU Marine por defecto y más abajo, en la misma imagen, vemos el módulo de salida binaria 1 donde la primera salida corresponde a un repetidor de la sentina de SALA MAQ. POPA.

Por ultimo en esta plantilla debemos configurar las entradas análogas donde podremos, como se aprecia en la siguiente imagen, darle un nombre a la entrada y configurar su unidad de medida, tipo de sensor, resolución, rango y tipo de protección para la entrada.

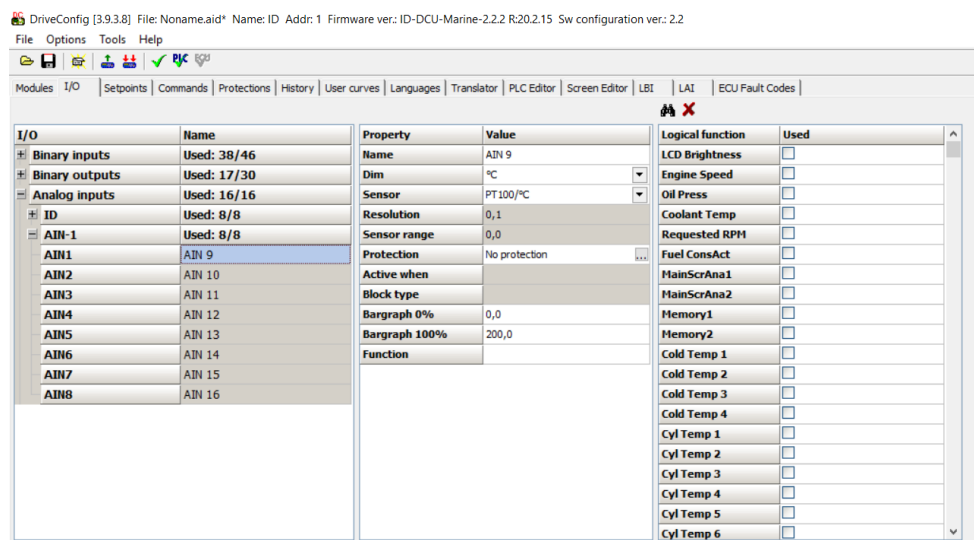


Figura 2-13 Configuración de una entrada análoga.

En la imagen anterior vemos la configuración de una entrada análoga, en este caso la entrada número uno del módulo de expansión 1. Esta entrada está configurada con una unidad de medida en grados Celsius y un tipo de sensor PT 100.

Una vez hechas todas esas configuraciones pasamos a la plantilla de trabajo llamada PLC EDITOR donde configuraremos, usando todas las entradas y salidas anteriores un control de flujo apropiado para la implantación que estamos desarrollando.

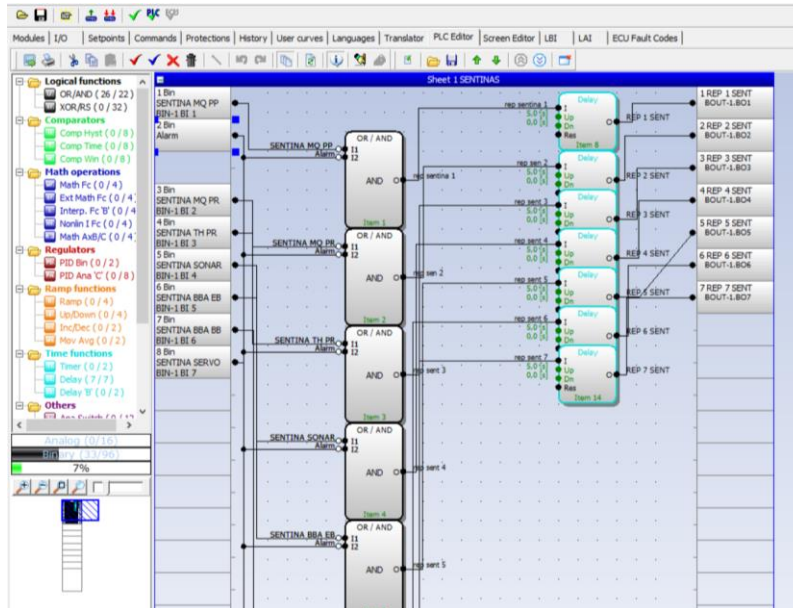


Figura 2-14 Plantilla de trabajo PLC EDITOR hoja de programación 1.

Como se aprecia en la imagen anterior, vemos que a la izquierda tenemos todas las funciones lógicas que no entrega el programa para poder configurar un proceso. En el centro tenemos la parte de programación, donde podemos trabajar en una sola plantilla o ir agregando más para darle un orden al programa final. En el lado izquierdo de la plantilla de programación podemos agregar las entradas que hemos configurado previamente, en el centro tenemos el trabajo con las compuertas lógicas y en el lado derecho podemos agregar las salidas que hemos diseñado en los pasos anteriores.

La primera plantilla de programación corresponde a las sentinas, que son las partes donde primero ingresa el agua a la embarcación, en la sección de compuertas lógicas además de tener una compuerta AND, donde participa la entrada asignada y la entrada de alarma que es permanente en su estado lógico, tenemos un retardo o delay ya que el movimiento del agua podría activar el sensor a pesar de que el nivel sea bajo, por tanto se le da un retardo para que luego de cierto tiempo activado el sensor active la salida correspondiente.

En las entradas que viene a continuación esta configuración no es necesaria ya que la señal de activación será única y no será altera por los movimientos de la embarcación. Además, como se muestra en la siguiente imagen en la sección de funciones lógicas se agrega la compuerta OR ya que la entrada alarma es común para todas las demás entradas de la hoja de programación y por ende la salida solo será activada por el cambio de estado lógico en alguna de las entradas en particular.

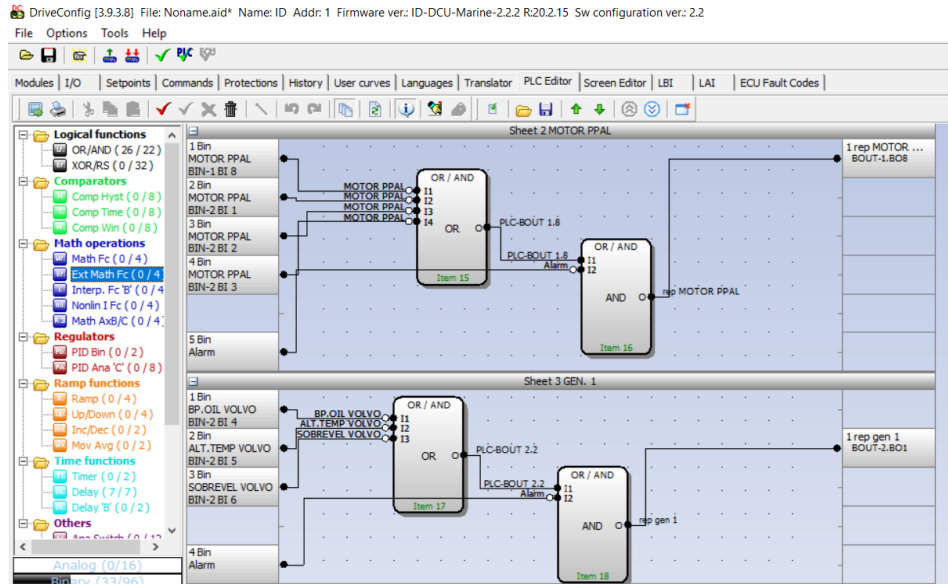


Figura 2-15 Plantilla de trabajo PLC EDITOR hojas de programación 2 y 3.

Ahora bien, para asignar las entradas y salidas debemos hacer clic en algún recuadro vacío en la hoja de programación, recordando que a la izquierda se asignan las entradas y a la derecha se asignan las salidas.

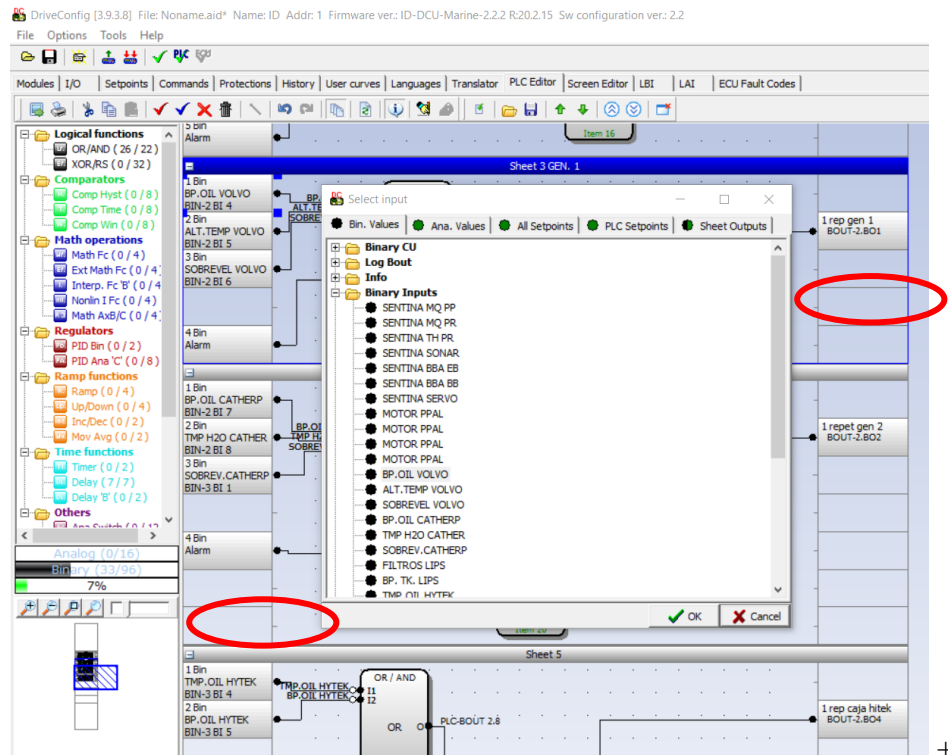


Figura 2-16 Asignación de entradas y salidas.

Si nos fijamos en la imagen anterior vemos el menú que se delegara si hacemos clic en los recuadros vacíos por el lado de las entradas, en este cuadro que se ha desplegado podremos seleccionar la entrada, que ya hemos configurado previamente, y una vez

presionado el botón de OK se asignara al recuadro que habíamos marcado. En el caso de las salidas el cuadro es similar solo que primero nos pedirá seleccionar de forma particular si la salida en análoga o binaria.

En el caso de la configuración de las compuertas, esta será de forma particular dependiendo de la compuerta, por ejemplo, la compuerta AND/OR se configura como muestra la siguiente imagen. Primero debemos arrastrar la compuerta a la hoja de programación y luego darle clic, el cuadro que se desplegará nos permitirá configurar el número de entradas para la compuerta (máximo 8 entradas) también podremos definir si deseamos una compuerta AND u OR además tendremos la opción de decir si queremos la salida invertida o de forma normal.

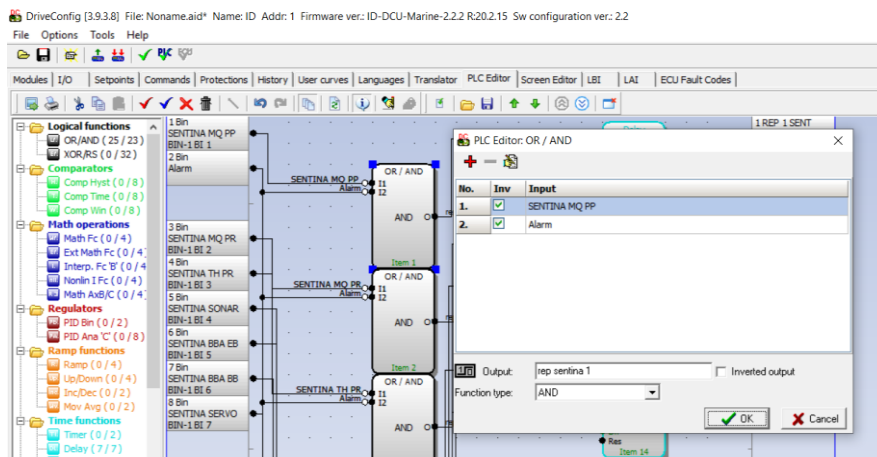


Figura 2-17 Configuración de la compuerta AND/OR.

Por último, es importante dar el detalle de la configuración de la compuerta tipo delay o retardo, esta al igual que las demás debe ser arrastrada a la hoja de programación y al darle clic veremos la opción de configurar la entrada que necesitamos también podremos configurar el tiempo de encendido y apagado de compuerta y por último la salida a la que deseamos llegar, todo esto se aprecia en la siguiente imagen.

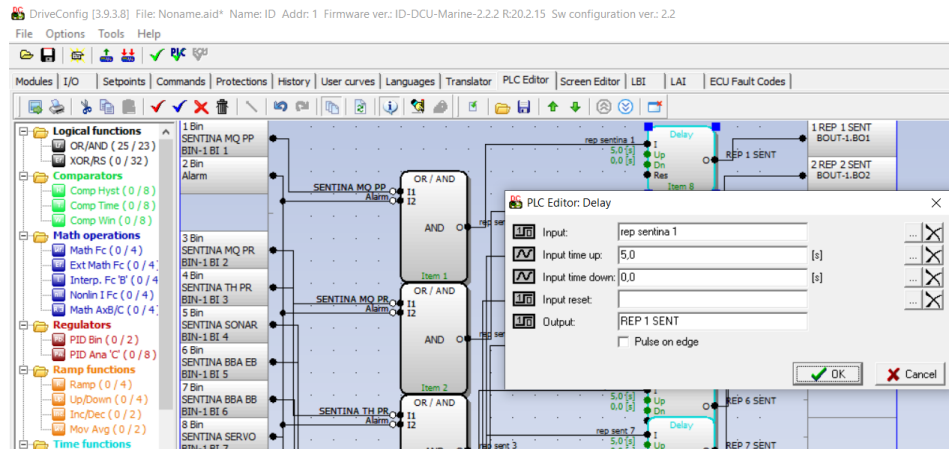


Figura 2-18 Configuración de la compuerta delay o retardo.

Para finalizar todo este proceso de programación debemos escribir toda la configuración en el PLC para esto será necesario dar clic en la opción, ubicada en la parte superior del programa, denominada como write to controller o escribir en el controlador.

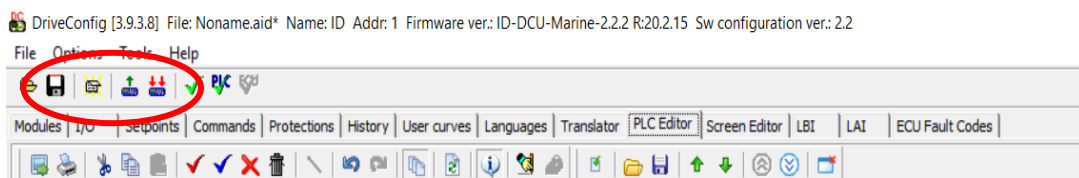


Figura 2-19 Icono para escribir en el controlador.

Por otra parte, debemos describir el funcionamiento del programa INTELIMONITOR el cual nos entrega una serie de herramientas para el control y monitoreo del sistema que hemos de crear.

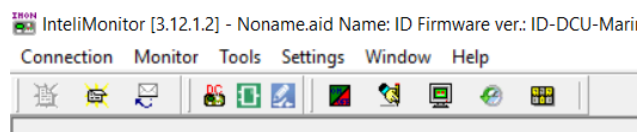


Figura 2-20 Menú del programa InteliMonitor.

Ya entrando en detalle de la barra que se muestra en la imagen anterior podemos obtener herramientas como un lector del funcionamiento del programa en condiciones reales, para ellos damos clic en el icono de color verde llamado PLC monitor el cual nos desplegará la siguiente pantalla.

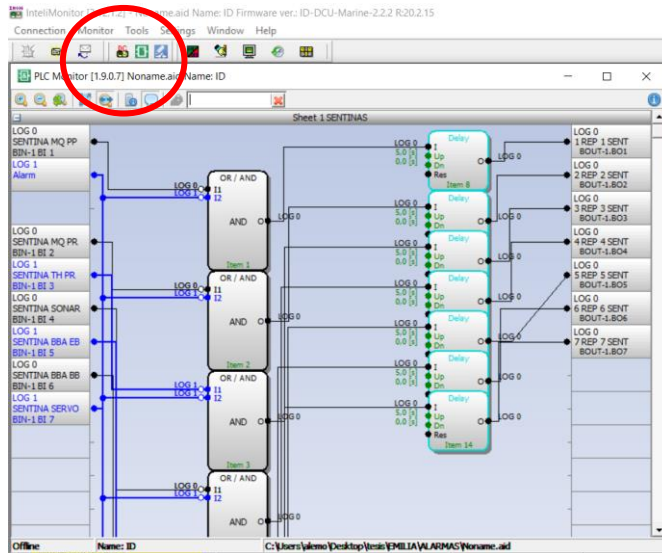


Figura 2-21 Pantalla de la opción PLC monitor.

Otra herramienta que nos entrega el software es la posibilidad de poder ver el comportamiento de ciertas variables en condiciones reales de funcionamiento para ellos damos clic en el icono de ventana de valores la cual nos desplegará la siguiente plantilla de trabajo, la cual nos dará la opción de desplazarnos por varios grupos de monitoreo pudiendo ver el detalle de cada uno.

Groups	Name	Value	Dimension
Basic Settings	BIN-1	00101011	...
Engine Values	BIN-2	11101101	...
Analog CU	BIN-3	11110010	...
Binary CU	BIN-4	11001111	...

Figura 2-22 pantalla inicial de la opción valores

Por ultimo INTELIMONITOR nos da la posibilidad de crear diferentes pantallas de trabajo para la interacción con el usuario. Accedemos a este editor dando clic en el icono editor de diagrama.

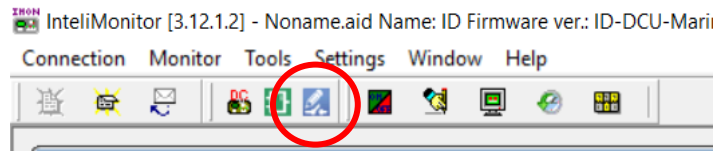


Figura 2-23 icono editor de diagrama.

Al darle clic a esa opción se nos desplegará una nueva pestaña donde podremos editar la plantilla que va a interactuar con el usuario.

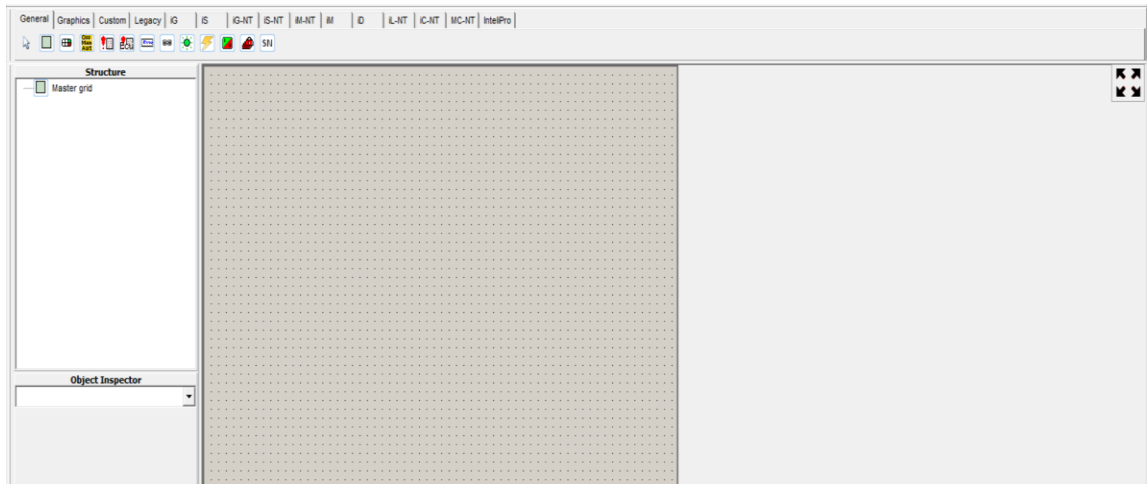


Figura 2-24 vista inicial de la sección editor de diagrama.

En esta implementación se solicitaron 3 pantallas para el contacto con el humano, la primera debía ser una general donde se pudiera ver un resumen de alarmas y tener el control de los dos generadores.

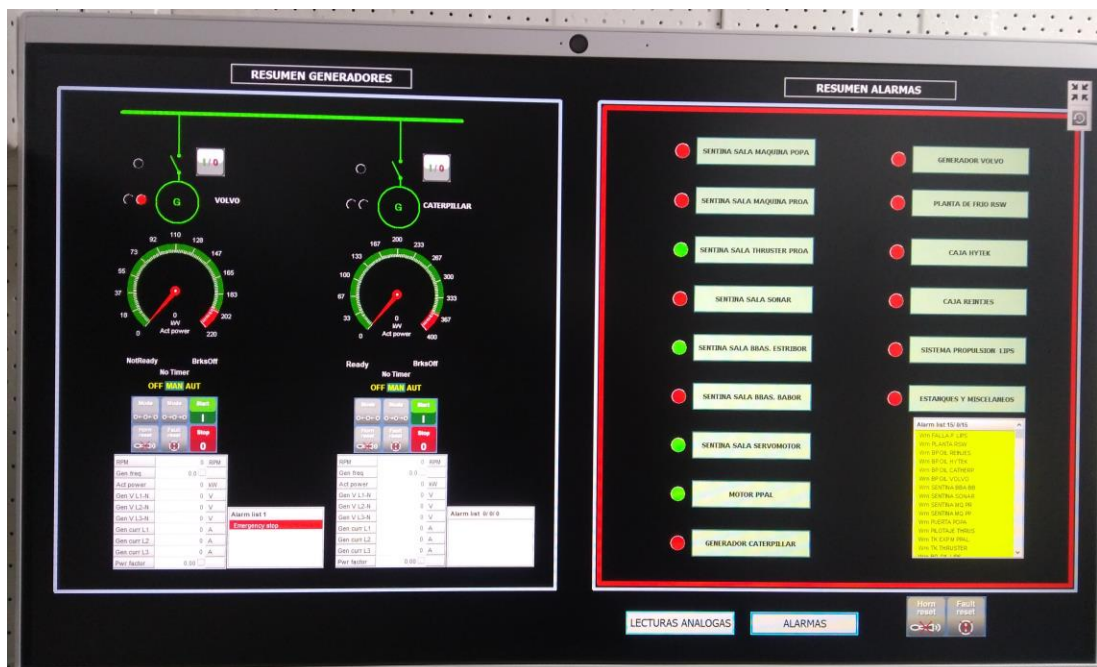


Figura 2-25 pantalla de control de generadores y grupo de alarmas

La segunda pantalla solicitada es una donde se puede ver el detalle en particular de cada alarma presente en el sistema.

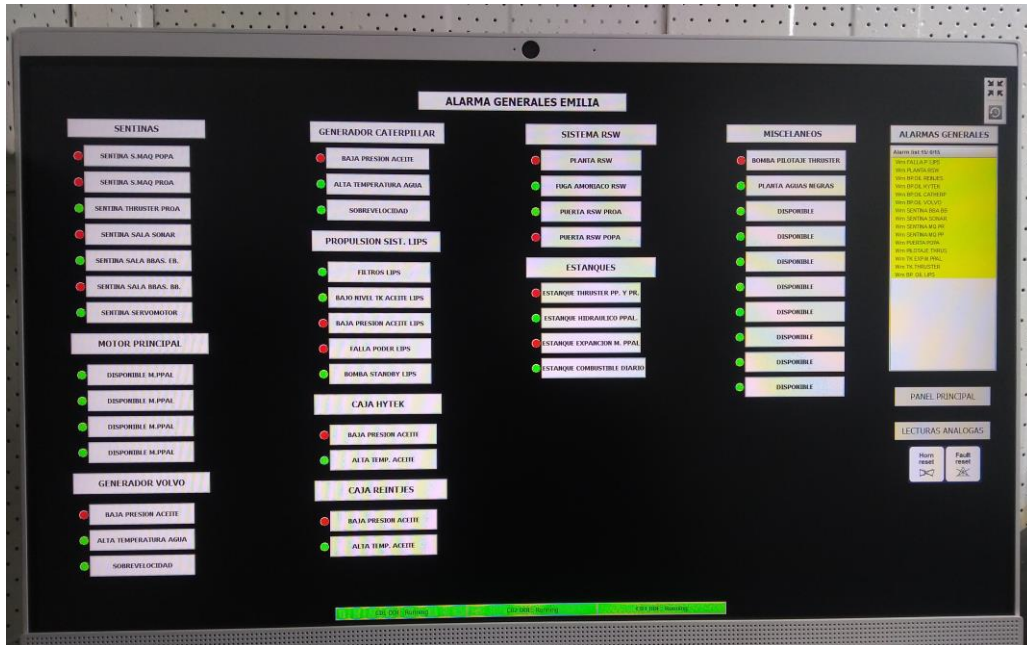


Figura 2-26 pantalla de alarmas generales.

Por último, la tercera pantalla fue solamente para lecturas análogas.

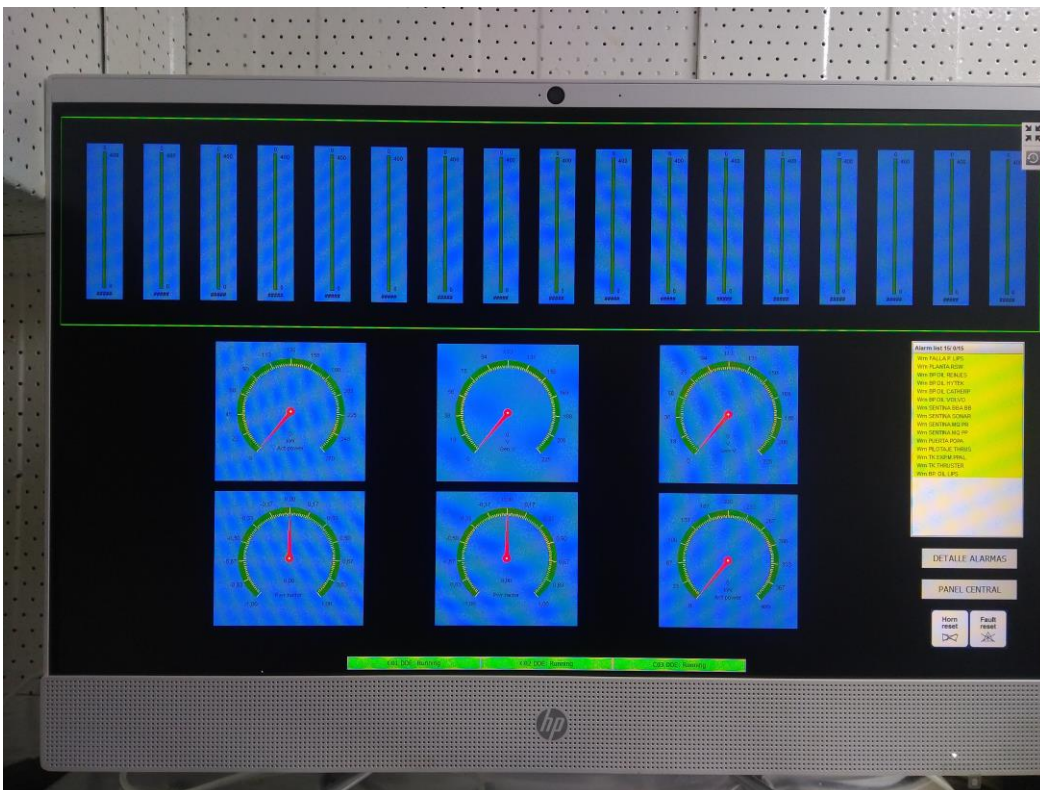


Figura 2-27 pantallas de lecturas análogas.

**CAPITULO 3: MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA**

### 3. CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO PRINCIPAL

Luego de haber terminado la programación del equipo se procedió con la construcción del tablero, se decidió usar un tablero marca RITTAL de 600 mm de largo por 400 mm de ancho que en su interior trae una placa metálica donde fueron montados todos los componentes.



Figura 3-1 Tablero Rittal de 600 mm de largo por 400 mm de ancho.

Dentro de esta placa y luego de definir el orden de los elementos se procedió a la instalación del riel DIN que es donde se montan los equipos, protecciones y borneras.



Figura 3-2 Riel Din.

Una vez hecho esto se montaron también las bandejas plásticas, por donde se canaliza el cableado interno, las cuales dan protección a los mismo ante agentes externos y posibles

daños. En este tablero se utilizó, principalmente bandeja de 40 mm. de ancho por 40 mm. de alto.



Figura 3-3 Bandeja plástica 60 mm de alto por 60 mm de ancho,

También es importante detallar que a modo de protección de sobre corriente se debió instalar un interruptor automático Mitsubishi de dos polos con corriente de ruptura de 2 amperes.



Figura 3-4 Interruptor automático Mitsubishi.

Además, se instalaron relés de 24 VDC. Para proteger las salidas binarias pasando estas últimas por la alimentación de la bobina del relé y usando un contacto del mismo para energizar la baliza y la sirena.

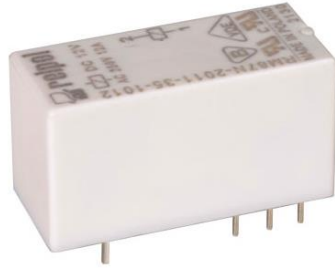


Figura 3-5 Relé de protección de 24 VDC.

Por último, se usaron bornes phoenix contact de libre mantención y de doble piso para la llegada de las señales de tipo binarias.

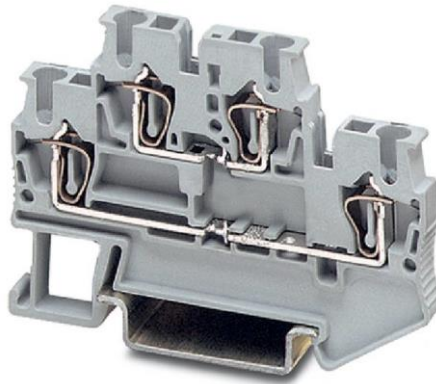


Figura 3-6 Borne phoenix contact.

Una vez que estuvo terminado todo este proceso y ya dada una primera distribución al montaje de los equipos, la placa interna del tablero quedo de la siguiente forma.



Figura 3-7 Disposición inicial del tablero de alarma.

En paralelo al cableado interno de la placa, al tablero se le hicieron una serie de cortes para poder ubicar el controlador principal en la puerta y una perforación para una botonera de contacto normalmente abierta, para dejar como reset local de las alarmas, como muestra la siguiente imagen.



Figura 3-8 Controlador instalado en la puerta del tablero.

Una vez terminado este último paso se hizo una canalización en la parte posterior de la puerta, con bandeja plástica de 30 mm de ancho por 30 mm de alto para poder llevar los cables del DCU Marine a bornes y también en paralelo se cortaron las tapas para las bandejas plásticas que fueron ubicadas en la parte posterior de la puerta del tablero.



Figura 3-9 puerta del tablero, vista desde la parte posterior.

A medida que el tablero fue tomando forma se hicieron varias redistribuciones de los equipos y componentes adicionales. Además, uno de los cambios más importantes que se hizo fue el hecho de que se colocaron, para proteger las entradas análogas, borneras con fusibles de protección.



figura 3-10 Bornera con fusible de protección.

Una vez cableado todo el tablero, internamente hablando, marcadas las borneras con números y colocadas todas las tapas de las bandejas plásticas la imagen final del tablero es la siguiente.



Figura 3-11 vista final del tablero de alarma.

Como se aprecia en la imagen anterior, en la parte inferior, el tablero trae una placa desmontable por donde ingresan todos los cables que traen las señales de alarma. Para darle un mejor aspecto visual y poder mantener el grado de protección que otorga el tablero se hacen perforaciones en la placa ya mencionada y se pasa el cable hacia adentro del tablero a través de los que se conoce como prensa estopa tipo PG las cuales van variando su tamaño en función del diámetro del cable, en este caso usamos PG de 13,5mm de 16mm y de 21mm.



Figura 3-12 Medidas de prensas estopa tipo PG.

### 3.1 MONTAJE

Uno de los momentos o procesos más importantes en esta implementación fue el subir y montar el tablero a bordo de la embarcación. Para iniciar se tuvo que hacer un marco con ángulo metálico, que tuviera las mismas dimensiones del tablero, ya que no está permitido por norma soldar estructuras metálicas a carcasa de la embarcación.

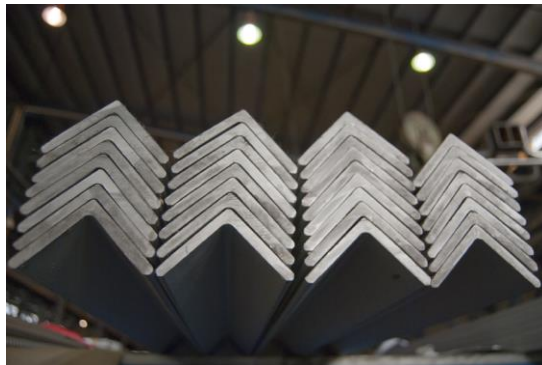


Figura 3-13 Angulo de acero inoxidable.

Se decidió usar ángulo metálico de 30mm, el cual además era inoxidable y como se muestra en imagen que sigue a continuación fue soldado en forma de marco para poder montarlo en la estructura de la embarcación, además en cada esquina se le hicieron perforaciones que estaba alineadas con el tablero.



Figura 3-14 Soldadura de ángulos en forma de marco.

Una vez termina la etapa anterior se llevó el tablero a bordo de la embarcación y fue sujeto a su marco con pernos inoxidables de cabeza hexagonal de medida 3/8 pulga con hilo de 1 mm, con su correspondiente turca y golilla plana y de presión, esto último es exigido debido a las vibraciones que circulan por la embarcación en maniobras de navegación.



Figura 3-15 perno de cabeza hexagonal 3/8 pulgada.

En este punto también es importante detallar el montaje de los anunciadores remoto IG-RA15 de los cuales se instalaron tres. Dos de ellos fueron colocados en cajas estanca de protección PLEKO



Figura 3-16 Caja estanca PLEKO.

Además, en esta misma caja estanca de protección fueron agregados dos buzzer sonoros en la parte lateral de la caja plástica



Figura 3-17 Buzzer sonoro.

Como se mencionó dos de estas cajas estancas se montaron de la forma ya detallada, una se ubicaba en el comedor principal y la segunda en el camarote del motorista o jefe de maquina



Figura 3-18 anunciador remoto IG-RA15 montado en camarote motorista.

el tercero fue montado en el puente de gobierno en la mesa de control, este anunciador fue colocado en una placa de aluminio, se hizo un calado en la mesa central de operación y se colocó el buzzer sonoro por debajo de la mesa.



Figura 3-19 anunciador remoto IG-RA15 montado en puente de gobierno.

Además de esto la baliza y la sirena sonora principales se ubicaron en un lugar estratégico de la sala de máquinas, donde pudieran ser vistas y oídas fácilmente. Fueron montadas sobre una placa de aluminio y cableadas hacia el tablero de alarma. Se utilizó una baliza de color amarillo como la norma lo demanda.



Figura 3-20 Baliza de color amarillo.

Una de las cosas más importantes a tener en cuenta cuando se instala una sirena en la sala de máquinas de una embarcación es que esta debe tener la potencia suficiente para hacerse escuchar por sobre el ruido generado por los motores y generadores que trabajan en navegación.



Figura 3-21 sirena.

### **3.2 CANALIZACIÓN DE CABLEADO RELEVANTE**

Una vez terminado todo lo relacionado montaje y conexiones internas, se procedió a realizar las primeras pruebas de funcionamiento con el tablero ya a bordo de la embarcación. Pero antes fue necesario darle alimentación de 24 VDC, esto se hizo canalizando un cable de  $2,5 \text{ mm}^2$  desde el tablero principal de 24 VDC ubicado en la sala de maquina a nuestro tablero de alarma.

Otra canalización importante fue la comunicación CAN Bus entre el tablero de alarma, los dos controladores asignados a los generadores y el equipo I-LB+ que nos permitiría hacer la conexión con el computador. Para esto se utilizó cable trenzado y apantallado de  $0,75 \text{ mm}^2$  es un cable con una protección muy alta ya que debemos evitar los ruidos magnéticos que pudieran dañar o alterar la señal transmitida. Además, debemos agregar que la pantalla de este cable debía ser aterrizada en un solo punto del tablero para evitar recirculaciones por la tierra de la embarcación.

Por ultimo nos queda detallar que el cable usado para transmitir las señales de tipo binario tenía una dimensión de  $1,5 \text{ mm}^2$  y además era un cable apantallado.

Para la alimentación y comunicación de los anunciadores remotos que estaban distribuidos por la embarcación se utilizaron los mismos cables detallados anteriormente. Un cable de  $2,5 \text{ mm}^2$  para la alimentación de estos equipos y un cable trenzado y apantallado de  $0,75 \text{ mm}^2$  para la comunicación.

### 3.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Una vez completados todos los procedimientos anteriores se dio inicio a las pruebas de funcionamiento, como se aprecia en la siguiente imagen, se puentearon todas las entradas binarias para poder simular la activación de una alarma y probar el funcionamiento desde el punto de entrada en el equipo hacia la bornera.

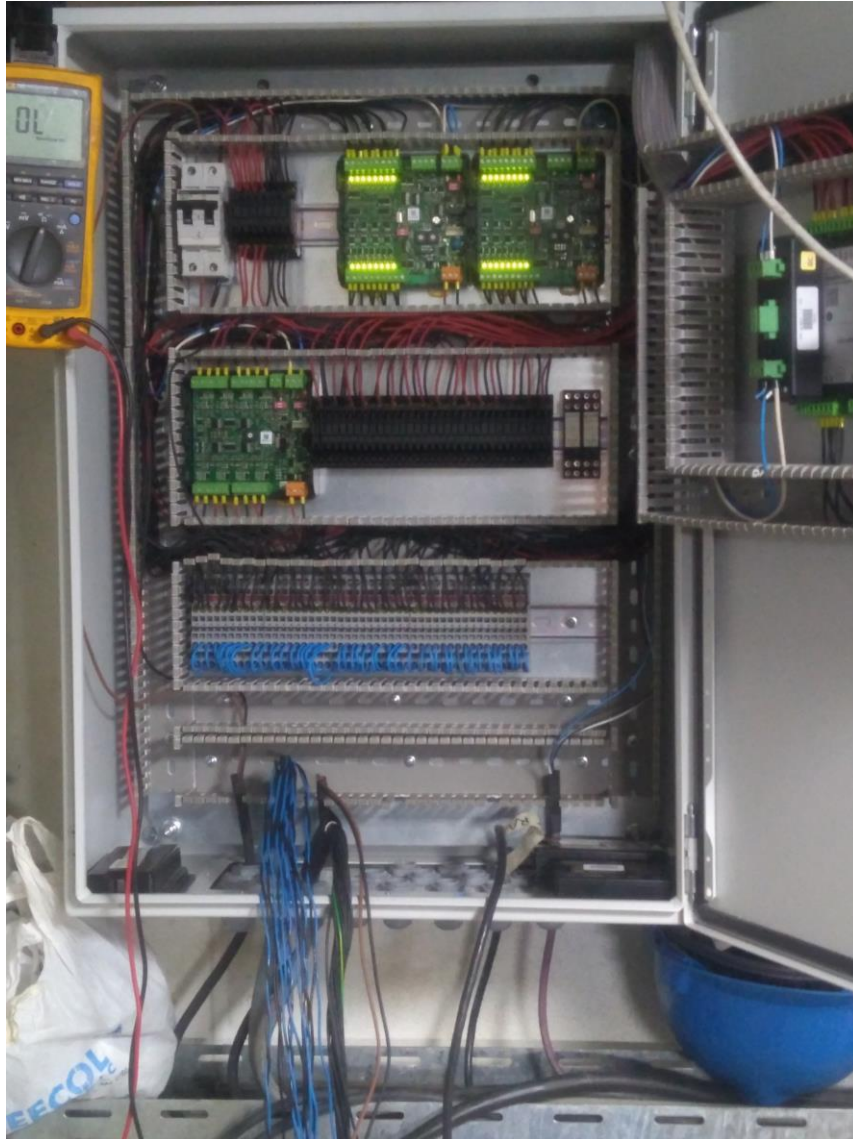


Figura 3-22 tablero de alarma en proceso de pruebas.

Una vez completada esta prueba y hecho las correcciones correspondientes en las asignaciones de las entradas se procedió a conectar las señales que vienen desde los sensores y elementos de protección como se aprecia en la siguiente imagen. se volvieron a realizar pruebas de funcionamiento, pero ahora la alarma era simulada desde el sensor mismo o desde el elemento de protección, se hicieron las configuraciones necesarias para dejar el funcionamiento de las entradas en orden y se dejó el sistema operativo.

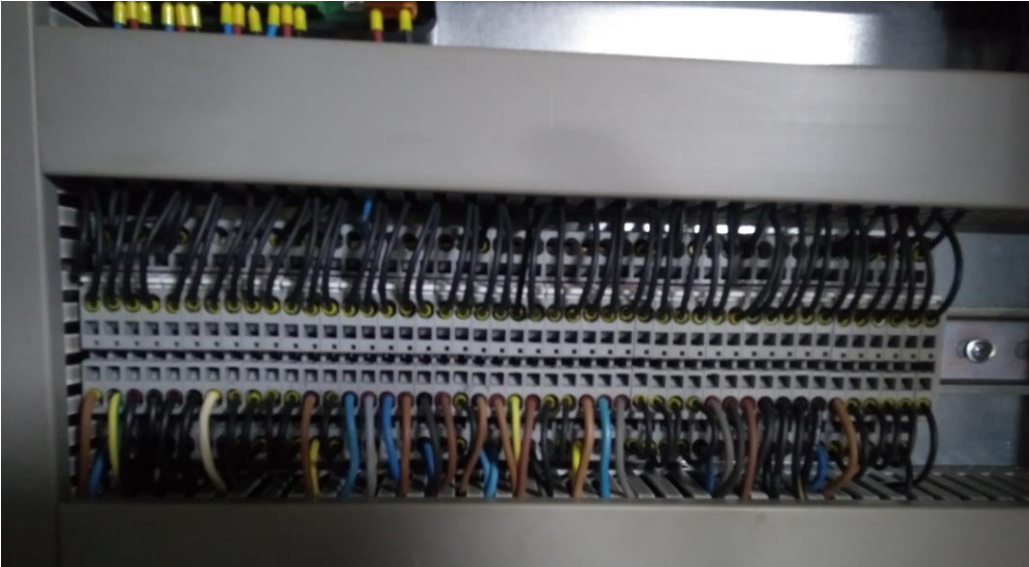


Figura 3-23 bornera de entradas digitales.

En la imagen anterior, lo que se aprecia hacia arriba de la bornera es el cableado que va hacia todas las entradas tanto del controlador principal como del módulo de expansión y lo que vemos hacia debajo de las borneras es el cableado que va a cada uno de los elementos de protección y a los sensores distribuidos por el barco.

## **CONCLUSIONES**

A medida que se fue llevando a cabo esta implementación, de principio a fin, hubo muestras de que el IntelliDrive DCU Marine es un equipo sólido, potente y de versatilidad muy útil para embarcaciones de altamar. Esto fue demostrado a la hora del montaje completo de su red, considerando el PLC como tal, módulos de expansión, anunciadores remotos y demás elementos necesarios para montar una red de protección y vigilancia dentro de la embarcación. También esto quedó demostrado a la hora de su programación ya que se manifestó, a través de sus dos softwares de programación, como un equipo sencillo y fácil de entender a la hora de trabajarlo y diseñar, con sus programas, un control de flujo para las alarmas de este barco.

Gracias a las grandes capacidades de este equipo se pudo cumplir con el objetivo principal el cual pedía crear un sistema moderno y automatizado donde se agruparían todas las alarmas de la embarcación, lo cual fue posible ya que con el IntelliDrive DCU Marine obtuvimos todas las herramientas necesarias para poder cubrir las áreas que cada una de las alarmas que el barco demandaba.

A pesar de que del estudio y análisis que fue necesario para esta implementación, y el trabajo que se hizo para elegir y estudiar un controlador relativamente nuevo dentro de la industria fue bastante, el aprendizaje logrado y la experiencia adquirida llevan a recomendar este equipo para futuras implantaciones del mismo tipo.

Por último, decir que, aunque existen posibles aplicaciones similares con otros equipos, el IntelliDrive DCU Marine es un controlador que está funcionando en el pesquero de altamar Emilia cumpliendo eficientemente con el control de las alarmas de la embarcación ya mencionada.