



Universidad de Oviedo

ESCUELA SUPERIOR DE LA MARINA CIVIL DE GIJÓN

Trabajo Fin de Máster

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE
INCINERACIÓN DE UN BUQUE**

Para acceder al Título de Máster Universitario en

TECNOLOGÍAS MARINAS Y MANTENIMIENTO

Autor: Eduardo Rodríguez Díaz

Tutor: José Ángel Sirgo Blanco

Julio- 2018

Índice General

1. Introducción	1
1.1. Objetivos del TFM	2
2. Legislación	3
2.1. SOLAS	3
2.2. MARPOL	3
2.3. Resoluciones MEPC	8
3. Componentes básicos	10
3.1. Conceptos básicos	10
3.2. Elementos del sistema	11
4. Descripción del Sistema de Incineración	17
4.1. Descripción del sistema	17
4.2. Especificación de la función de cada elemento	17
4.2.1. Incinerador	17
4.2.2. Bombas	18
4.2.3. Válvulas	19
4.2.4. Detector de llama	21
4.2.5. Extractor de gases	21
4.3. Mantenimiento	21
5. Automatización	24
5.1. Introducción	24
5.2. Norma IEC 61131-3	25
5.3. Programación	26
5.4. Programación del sistema	26
5.4.1. Ciclo de funcionamiento	26
5.4.2. Variables de entradas y salidas	27
5.5. Sensores y actuadores	29
5.6. Visualización del panel de control	29
5.7. Visualización del esquema	31
5.8. Visualización del panel de simulación de errores	32
5.9. Manejo del simulador	33
6. Conclusiones	36
7. Referencias Bibliográficas	37
7.1. Páginas Web	37
7.2. Libros	37
7.3. Programas	37
Anexo I: Programación	38
1. Variables Globales	39
2. Simulación de Combustible	41
3. Simulación de Temperatura	45
4. Errores	47

5. Programación de Incineración	48
6. Programación de luces	50

1. Introducción

Los residuos producidos por el propio buque o por sus tripulantes generan inconvenientes ya sea por higiene o por el espacio que ocupan, para ello la IMO (Organización Marítima Internacional) ha puesto a nuestra disposición dentro de las instalaciones portuarias recogida de estos residuos. Pero a veces cuando un buque navega durante un largo recorrido estos residuos son difíciles de eliminar sino se tiene a bordo una instalación para su eliminación.

El uso de automatismos hoy en día está muy extendido a todos los ámbitos ya que todos los procesos industriales están automatizados. Un autómatas programable es capaz de combinar múltiples posibilidades de control y regulación secuencial y puede utilizarse insertando un sistema de control de procesos distribuidos lo que los hace especialmente útiles en procesos industriales que exigen gran control y supervisión. Además, un autómatas nos permite registrar los fallos, facilitando también el diagnóstico de averías y las tareas de mantenimiento y también nos supone una gran efectividad de coste para la empresa ya que se reducirá el número de trabajadores o que estos tengan más tiempo libre para hacer otros trabajos.

Durante los últimos años, muchos procesos dentro de los buques han sido automatizados y muchas de las labores de mantenimiento se han externalizado, incluso se están desarrollando tecnologías para realizar el seguimiento y proporcionar asistencia desde tierra. Pero la automatización de los sistemas no exime de la obligación de supervisar y de la responsabilidad de tomar decisiones a bordo sobre el proceso que ha sido automatizado.

Para la realización de la automatización del sistema de incineración se han analizado los distintos elementos que los forman, como los procedimientos que debe realizar cada mecanismo dentro del buque y se ha desarrollado un programa con el software CodeSys. Este programa se ha realizado en condiciones de navegación normal para un buque de carga. En este programa se puede visualizar los parámetros más importantes del sistema en la pantalla interactiva la cual permite el diálogo hombre-máquina.

1.1. Objetivos del TFM

El objetivo del trabajo es el desarrollo de un ejemplo de automatización y control mediante PLCs (Programmable Logic Controllers) del sistema de incineración de un buque. Además del estudio de todos los elementos que con lleva su funcionamiento tanto el esquema de conexión entre ellos como su identificación. Todo ello aplicando los resultados de aprendizaje del grado, del máster y del tiempo embarcado.

La memoria se estructura de la siguiente forma:

El capítulo 2 recoge todo lo relacionado sobre la legislación de donde son los lugares correspondientes para poder poner nuestra planta en funcionamiento. El capítulo 3 trata sobre conceptos básicos comunes al sistema de incineración y a otros sistemas que componen un buque, poniendo un mayor énfasis en los aspectos relacionados con el primero. El capítulo 4 se centra más en el sistema en sí, tanto conceptual como descriptivamente. En el capítulo 5 se dedica a la automatización del sistema y al programa desarrollado con el software CodeSys. Por último, se recogen las conclusiones sobre el trabajo de final de máster, la bibliografía, la programación del sistema y la simbología.

2. Legislación

La utilización del sistema de incineración sirve para prevenir su arrojó fuera de las instalaciones del buque, así como para prevenir enfermedades abordo. Por ello, existen instituciones para regular y vigilar a todas las empresas para que éstas sepan cómo deben utilizar adecuadamente este sistema y otros más para el cuidado del medio ambiente y de la tripulación.

Hoy en día existen varios convenios y resoluciones realizados por instituciones mundiales que regulan las instalaciones de cada buque (si estos buques están abanderados en un estado miembro de la OMI).

Por lo tanto, el sistema de incineración debe de cumplir:

- Convenio SOLAS
- Convenio MARPOL
- Resolución MEPC

2.1. SOLAS

El código para la seguridad de la vida humana en la mar SEVIMAR o SOLAS (del inglés, Safety of Life at Sea) en vigor desde 1974 establecido a causa del hundimiento del transatlántico británico Titanic y renovado cada cuatro años el día 1 de Julio. Como su nombre indica este convenio está relacionado con los dispositivos de seguridad, salvamento y evacuación en un buque. Este convenio está dirigido a todos los buques de tráfico comercial excepto los de transporte de madera o de carga de menos de 500 toneladas de arqueo bruto.

Capítulo II-2: Construcción- Prevención, detección y extinción de incendios. Dentro de este capítulo nos encontramos un apartado donde nos habla sobre la seguridad que debemos de tener si disponemos de una planta de incineración.

2.2. MARPOL

Convenio internacional para prevenir la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos, firmado en Londres en 1954. Las causas por la que es cada vez más importante este convenio son a causa del aumento del transporte de hidrocarburos y productos químicos a través del mar (con el aumento del tamaño de dichos buques) y por accidentes como el Torrey Canyon (con 120 000 Tn de crudo derramado en 1967) o el Prestige (aquí en España en 2002).

Para nuestro caso el MARPOL exige un plan de gestión de basuras que tiene por objetivo la orientación de la tripulación con el manejo de residuos a bordo, todo ello recogido en el Anexo V del Convenio, el cual tiene como nombre "Basuras".

Si bien el Anexo V permite la descarga de algunos tipos de basuras, se aconseja que, siempre que sea posible, se almacenen o se incineren en sus lugares recomendados (instalaciones

receptoras en los puertos de llegada o instalaciones de incineración). Todo ello deberá ser registrado en el Libro de Registro de Basuras.

Reglas del Anexo V del Convenio Internacional "MARPOL 73/78".

REGLA 1: Definiciones

1) Por basuras se entiende toda clase de restos de víveres salvo el pescado fresco y cualesquiera porciones del mismo, así como los residuos resultantes de las faenas domésticas y trabajo rutinario del buque en condiciones normales de servicio, los cuales suelen echarse continua o periódicamente; este término no incluye las sustancias definidas o enumeradas en otros anexos del presente Convenio.

2) Tierra más próxima. La expresión "de la tierra más próxima" significa desde la línea de base a partir de la cual queda establecido el mar territorial del territorio de que se trate, de conformidad con el derecho internacional, con la salvedad de que, a los efectos del presente Convenio, a lo largo de la costa nordeste de Australia, "de la tierra más próxima" significará desde una línea trazada a partir de un punto de la costa australiana situado en latitud 11° S" longitud 142°08' E, hasta un punto de latitud 10° 35' S, longitud 141° 55' E; desde allí a un punto de latitud 10° 00' S, longitud 142° 00' E; y luego sucesivamente a:

Latitud 09° 10' S, longitud 143° 52' E

Latitud 09° 00' S, longitud 144° 30' E

Latitud 13° 00' S, longitud 144° 00' E

Latitud 15° 00' S, longitud 146° 00' E

Latitud 18° 00' S, longitud 147° 00' E

Latitud 21° 00' S, longitud 153° 00' E

Y finalmente, desde esta posición hasta un punto de la costa de Australia en latitud 24° 42' S, longitud 153° 15' E.

3) Por zona especial se entiende cualquier extensión de mar en la que, por razones técnicas reconocidas en relación con sus condiciones oceanográficas y ecológicas y el carácter particular de su tráfico marítimo, sea necesario adoptar procedimientos especiales obligatorios para prevenir la contaminación del mar por las basuras. Son zonas especiales las enumeradas en la regla 5 del presente anexo.

REGLA 2: Ámbito de aplicación.

A menos que se prescriba expresamente otra cosa, las disposiciones del presente anexo se aplicarán a todos los buques.

REGLA 3: Descarga de basuras fuera de las zonas especiales.

1) A reserva de lo dispuesto en las reglas 4, 5 y 6 del presente anexo: a) Se prohíbe echar al mar toda materia plástica, incluidas, sin que la enumeración sea exhaustiva, la cabuyería y redes de pesca de fibras sintéticas y las bolsas de plástico para la basura. b) Las basuras indicadas a continuación se echarán tan lejos como sea posible de la tierra más próxima, prohibiéndose en todo caso hacerlo si la tierra más próxima se encuentra a menos de: i) 25 millas marinas, cuando se trate de tablas y forros de estiba y materiales de embalaje que

puedan flotar; ii) 12 millas marinas, cuando se trate de los restos de comidas y todas las demás basuras, incluidos productos de papel, trapos, vidrios, metales, botellas, loza doméstica y cualquier otro desecho por el estilo. c) Las basuras indicadas en el inciso ii) del apartado b) de la presente regla podrán ser echadas al mar siempre que hayan pasado previamente por un desmenuzador o triturador y ello se efectúe tan lejos como sea posible de la tierra más próxima pudiéndose en todo caso hacerlo si la tierra más próxima se encuentra a más de 3 millas marinas. Dichas basuras estarán lo bastante desmenuzadas o trituradas como para pasar por cribas con mallas no mayores que 25 mm.

2) Cuando las basuras estén mezcladas con otros residuos para los que rijan distintas prescripciones de eliminación o descarga se aplicarán las prescripciones más rigurosas.

REGLA 4: Prescripciones especiales para la eliminación de basuras.

1) A reserva de lo dispuesto en el párrafo 2) de esta regla se prohíbe echar al mar cualquier material reguladas por el presente anexo desde las plataformas, fijas o flotantes, dedicadas a la exploración, explotación y consiguiente tratamiento, en instalaciones mar adentro, de los recursos minerales de los fondos marinos, y desde todo buque que se encuentre atracado a dichas plataformas o esté a menos de 500 m. de distancia de estas.

2) Los restos de comida previamente pasados por un desmenuzador o triturador podrán echarse al mar desde tales plataformas, fijas o flotantes, cuando estén situadas a más de 12 millas de tierra y desde todo buque que se encuentre atracado a dichas plataformas o esté a menos de 500 m. de estas. Dichos restos de comida estarán lo bastante desmenuzados o triturados como para pasar por cribas con mallas no mayores que 25 mm.

REGLA 5: Eliminación de basuras en las zonas especiales.

1) A los efectos del presente Anexo las zonas especiales son la zona del mar Mediterráneo, la zona del mar Báltico, la zona del mar Negro, la zona del mar Rojo, la zona de los Golfos, la zona del mar del Norte, la zona del Antártico y la región del Gran Caribe, incluidos el golfo de México y el mar Caribe, según se definen a continuación:

2) A reserva de lo dispuesto en la regla 6 del presente anexo:

a) Se prohíbe echar al mar (en las zonas especiales): i) Toda materia plástica, incluidas, sin que la enumeración sea exhaustiva, la cabuyería y redes de pesca de fibras sintéticas y las bolsas de plástico para la basura; ii) Todas las demás basuras, incluidos productos de papel, trapos, vidrios, metales, botellas, loza doméstica, tablas y forros de estiba y materiales de embalaje.

b) A excepción de lo dispuesto en el apartado c) del presente párrafo, la evacuación en el mar de restos de comida se efectuará tan lejos como sea posible de la tierra más próxima, pero en ningún caso a distancia menor a 12 millas marinas de la tierra más próxima.

c) La evacuación en la zona del Gran Caribe de restos de comida que hayan pasado previamente por un desmenuzador o triturador se efectuará tan lejos como sea posible de la tierra más próxima, pero en ningún caso, a distancia menor que 3 millas marinas de la tierra más próxima. Dichos restos de comida estarán lo bastante desmenuzados o triturados como para pasar por cribas con mallas no mayores a 25 millas.

3) Cuando las basuras estén mezcladas con otros residuos para los que rijan distintas prescripciones de eliminación o descarga se aplicarán las prescripciones más rigurosas.

4) Instalaciones y servicios de recepción en las zonas especiales:

a) Los Gobiernos de las Partes en el Convenio que sean ribereñas de una zona especial se comprometen a garantizar que en todos los puertos de la zona especial se establecerán lo antes posible instalaciones y servicios adecuados, de conformidad con la regla 7 del presente anexo, teniendo en cuenta las necesidades especiales de los buques que operen en esas zonas.

b) Los Gobiernos de las Partes interesadas notificarán a la Organización las medidas que adoptar en cumplimiento del apartado a) de esta regla. Una vez recibidas suficientes notificaciones, la Organización fijará la fecha en que empezarán a regir las prescripciones de esta regla para la zona en cuestión. La Organización notificará a todas las Partes la fecha fijada con no menos de doce meses de antelación.

c) A partir de esa fecha, todo buque que toque también en puertos de dichas zonas especiales en los cuales no se disponga todavía de las citadas instalaciones cumplirá plenamente con las prescripciones de esta regla.

5) No obstante lo dispuesto en el párrafo 4) de la presente regla, en la zona del Antártico se aplicarán las siguientes normas:

a) Los Gobiernos de las Partes en el Convenio cuyos puertos sean utilizados por buques en viajes de ida y vuelta a la zona del Antártico se comprometen a garantizar que, tan pronto como sea factible, se provean instalaciones adecuadas para la recepción de todas las basuras procedentes de todos los buques, sin causar demoras innecesarias, y de acuerdo con las necesidades de los buques que las utilicen.

b) Los Gobiernos de las Partes en el Convenio comprobarán que todos los buques que tengan derecho a enarbolar su pabellón, antes de entrar en la zona del Antártico, tienen capacidad suficiente para retener a bordo todas las basuras mientras operen en la zona, y han concertado acuerdos para descargar dichas basuras en una instalación de recepción después de salir de la zona.

REGLA 6: Excepciones.

Las reglas 3, 4 y 5 del presente anexo no se aplicarán:

a) A la eliminación, echándolas por la borda, de las basuras de un buque cuando ello sea necesario para proteger la seguridad del buque y de las personas que lleve a bordo o para salvar vidas en el mar.

b) Al derrame de basuras resultantes de averías sufridas por un buque o por sus equipos siempre que antes y después de producirse la avería se hubieran tomado toda suerte de precauciones razonables para atajar o reducir a un mínimo tal derrame.

c) A la pérdida accidental de redes de pesca de fibras sintéticas, siempre que se hubieran tomado toda suerte de precauciones razonables para impedir tal pérdida.

REGLA 7: Instalaciones y servicios de recepción.

1) Los Gobiernos de las Partes en el Convenio se comprometen a garantizar que en los puertos y terminales se establecerán instalaciones y servicios de recepción de basuras con capacidad adecuada para que los buques que las utilicen no tengan que sufrir demoras innecesarias.

2) Los Gobiernos de las Partes notificarán a la Organización, para que ésta lo comunique a las Partes interesadas, todos los casos en que las instalaciones y servicios establecidos en cumplimiento de esta regla les parezcan inadecuados.

REGLA 8: Requerimientos operacionales en Port State Control.

1) Un buque cuando esté en un puerto de cualquier Parte, está sujeto a inspecciones por parte de Oficiales debidamente autorizados por la Parte concerniente a los requisitos operacionales bajo este Anexo, donde haya indicios claros que el Capitán o la tripulación no están familiarizados con los procedimientos esenciales a bordo relativos a la prevención de la polución por basuras.

2) En las circunstancias descritas en el párrafo 1) de esta Regla la Parte tomará cualquier camino que le asegure que el buque no saldrá hasta que la situación haya sido puesta de acuerdo con los requerimientos de este Anexo.

3) Los procedimientos relativos al PORT STATE CONTROL prescritos en el artículo 5 del presente Convenio, se aplicarán a esta Regla.

4) Nada de esta Regla constituirá límite a los derechos y obligaciones de los controles llevados a cabo por una de las Partes de los requerimientos operacionales específicamente previstos en el presente convenio.

REGLA 9: Rótulos, planes de gestión de basuras y mantenimiento de registros de basuras.

1) a) En todo buque de eslora igual o superior a 12 m. se colocarán rótulos en los que se notifiquen a la tripulación y a los pasajeros las prescripciones sobre eliminación de basuras que figuran en las reglas 3 y 5 del presente anexo, según proceda.

b) Los rótulos estarán redactados en el idioma oficial del Estado cuyo pabellón el buque esté autorizado a enarbolar, y, en el caso de los buques que realicen viajes a puertos o terminales mar adentro que estén bajo jurisdicción de otras Partes en el Convenio, en inglés o francés.

2) Todo buque de arqueo bruto igual o superior a 400 toneladas y todo buque que esté autorizado a transportar 15 personas o más tendrá un plan de gestión de basuras que la tripulación deberá cumplir. Dicho plan incluirá procedimientos escritos para la recogida, el almacenamiento, el tratamiento y la evaluación de basuras, incluida la manera de utilizar el equipo de a bordo. También se designará en él a la persona encargada de su cumplimiento. Dicho plan se ajustará a las directrices que elabore la Organización y estará escrito en el idioma de trabajo de la tripulación.

3) Todo buque de arqueo bruto igual o superior a 400 toneladas y todo buque que esté autorizado a transportar 15 personas o más, que realice viajes a puertos o terminales mar adentro que estén bajo la jurisdicción de otras Partes en el Convenio, y toda plataforma fija o flotante empleada en la exploración y explotación del fondo marino llevará un Libro registro de basuras. Este Libro, sea o no sea parte del diario oficial de navegación, se ajustará al modelo especificado en el apéndice del presente anexo:

a) Todas las operaciones de descarga o incineración que se hayan llevado a término se anotarán en el Libro registro de basuras y llevarán la firma de un oficial del buque en la fecha en que se realizó la incineración o descarga. Cuando se complete una página del libro registro de basuras, el capitán del buque la firmará. Las anotaciones en el Libro registro de basuras

se harán en un idioma oficial del Estado cuyo pabellón el buque esté autorizado a enarbolar, y en inglés o francés. Las anotaciones en un idioma oficial del Estado cuyo pabellón el buque esté autorizado a enarbolar prevalecerán en caso de controversia o discrepancia.

b) Cada anotación de incineración o descarga incluirá la fecha, la hora, la situación del buque, la descripción de las basuras y la cantidad estimada de basuras incineradas o descargadas.

c) El Libro registro de basuras se conservará a bordo del buque en un lugar que permita su inspección en un tiempo razonable. Dicho documento se conservará durante un periodo de dos años después de que se haya hecho la última anotación en el registro.

d) En los casos de eliminación, derrame o pérdida accidental a los que se hace referencia en la regla 6 de este anexo, se anotarán en el Libro registro de basuras las circunstancias y motivos de la descarga.

4) La Administración podrá eximir de las prescripciones relativas al Libro registro de basuras: a los buques que realicen viajes de 1 hora como máximo y que estén autorizados a transportar 15 personas o más; y a las plataformas fijas o flotantes que estén dedicadas a la exploración y explotación del fondo marino.

5) La autoridad competente del gobierno de una Parte en el Convenio podrá inspeccionar el Libro registro de basuras a bordo de cualquier buque al que se aplique el presente anexo mientras el buque esté en uno de sus puertos o terminales mar adentro y podrá sacar copia de cualquier anotación que figure en dicho Libro y exigir al capitán del buque que certifique que es una copia auténtica. Toda copia que haya sido certificada por el capitán del buque como copia auténtica de una anotación del Libro registro de basuras será admisible en cualquier procedimiento judicial como prueba de los hechos consignados en la misma. La inspección del Libro registro de basuras y la extracción de copias certificadas por la autoridad competente con arreglo a lo dispuesto en este párrafo se harán con toda la diligencia posible y sin causar demoras innecesarias al buque.

6) En el caso de los buques construidos antes del 1 de julio de 1997, esta regla se aplicará a partir del 1 de julio de 1998.

2.3. Resoluciones MEPC

El comité de protección del medio marino (MEPC) o en inglés Marine Environment Protection Committee es uno de los cinco comités más importantes dentro de la OMI. Este comité junto al MSC (comité de seguridad marino) son ayudados por otros 7 subcomités de los cuales sus presidentes son elegidos por los estados miembros que están compuesto la OMI.

El MEPC está encargado de todo lo relacionado con la prevención y el control de la contaminación de los buques y en particular a la aceptación y modificación de las convenciones y otras normas y medidas para asegurar su cumplimiento.

Algunas de las leyes más importantes aprobadas son:

- Ley de Navegación (DL N° 2222 de 1978): establece los aspectos generales respecto a la contaminación de las aguas marinas. De este modo, el artículo 142 de la Ley, prohíbe absolutamente, entre otras, arrojar cualquier tipo derivado del petróleo, o aguas que contengan materias nocivas o peligrosas de cualquier especie, que

ocasionen daños en las aguas sometidas a jurisdicción nacional. La autoridad responsable de cautelar la ley es la Dirección de Territorio Marítimo.

- Reglamento para el Control de la Contaminación Acuática (Decreto Nº 1, 6 de enero de 1992): este reglamento, “establece el régimen de prevención, vigilancia y combate de la contaminación en las aguas del mar, puertos, ríos y lagos sometidos a la jurisdicción nacional”, determinando entre otras cosas: las condiciones para las descargas de las aguas de sentinas no contaminadas con hidrocarburos (artículo 32); las disposiciones que deberán cumplir los que realicen achique aguas de sentinas de los espacios de máquinas (artículo 79), prohíbe la descarga de hidrocarburos o de mezclas oleosas, a toda nave o artefacto naval, en aguas interiores, puertos y canales, salvo que se trate exclusivamente de descargas de aguas de las sentinas de los espacios de máquinas, no contaminadas con hidrocarburos (artículo 36).

Y dentro de España la legislación donde recoge todo a cerca de la contaminación en el medio marino se encuentra:

- Ley Orgánica 10/1995, del Código Penal (BOE de 04-11-1995).
- Ley 27/1992, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (BOE 283, de 25-11-92).
- Real Decreto 1621/1997, por el que se aprueba el reglamento para el control del cumplimiento de la Normativa Internacional sobre Seguridad Marítima, Prevención de la Contaminación y Condiciones de Vida y Trabajo en los Buques Extranjeros que utilicen puertos o instalaciones situadas en aguas jurisdiccionales españolas.
- Ley 62/1997, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.
- Real Decreto 768/1999, por el que se aprueba el reglamento para el Control del Cumplimiento de la Normativa Internacional sobre Seguridad Marítima, Prevención de la Contaminación y Condiciones de Vida y Trabajo en los Buques Extranjeros que utilicen Puertos o Instalaciones situadas en Aguas Jurisdiccionales Españolas (BOE de 21-05-99).
- Real Decreto 1828/2000, por el que se modifica el Reglamento para el control del cumplimiento de la normativa internacional sobre seguridad marítima, prevención de la contaminación y condiciones de vida y trabajo en los buques extranjeros que utilicen puertos o instalaciones situados en aguas jurisdiccionales españolas (BOE 265, de 04-11-00).
- Real Decreto 1249/2003, sobre formalidades de información exigibles a los buques mercantes que lleguen a los puertos españoles y salgan de éstos.

3. Componentes básicos

En este apartado se hablará sobre algunos conceptos básicos y elementos generales que tienen nuestra instalación y demás instalaciones, las cuales hay que tener en cuenta dentro de un buque.

3.1. Conceptos básicos

Presión

La presión es la relación entre la fuerza y la superficie sobre la que se aplica ($P=F/S$), cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal (Pa), que equivale a ejercer un Newton sobre un metro cuadrado. A causa de que es una unidad muy pequeña se suele usar el bar ($1\text{bar}=10^5 \text{ Pa}$).

La presión atmosférica es la que el aire atmosférico ejerce sobre la superficie de la Tierra. A 20°C , con un 65% de humedad y al nivel del mar, la presión atmosférica equivale a 1,013 bar. Cuanta más altura, menos presión. La presión relativa es la indicada por los instrumentos de medida en los sistemas de aire comprimido. La presión absoluta es la atmosférica y la relativa sumadas.

El vacío se da cuando el valor de la presión en un contenedor es inferior a la atmosférica y se nombra vacío absoluto si la presión atmosférica y la absoluta son cero.

Líquidos

Energías del fluido: un líquido puede tener tres clases de energía (altura), o la capacidad para ceder energía mecánica:

- Altura potencial.
- Altura cinética
- Altura de presión

Teorema de Bernoulli nos dice suponiendo caudal constante, que no existen pérdidas por rozamientos y no se aporta energía mecánica exterior el Teorema de Bernoulli se puede enunciar como que: La suma de las tres clases de altura (energías) de un fluido en cualquier punto de un sistema es la misma que en cualquier otro punto del mismo.

siendo:

$$h + \frac{\dot{x}^2}{2g} + \frac{P}{\rho g} = cte$$

h = altura elevación, m
 x = velocidad del fluido, m/s
 P = presión del fluido; Pa = N/m²
 ρ = densidad del fluido, kg/m³
 g = aceleración de la gravedad, 9,806 m/s²

También hay problemas en los líquidos como la cavitación que es un fenómeno que origina ruido y vibraciones, se produce por ejemplo en una bomba cuando la presión en la tubería de aspiración desciende por debajo de la de saturación del líquido, y se produce la revaporización de éste y la formación de burbujas. Estas burbujas son arrastradas por la corriente del fluido y cuando llega a zonas de presiones superiores se vuelven a condensar bruscamente. Esto origina el ruido y las vibraciones mencionada anteriormente. Este fenómeno es mayor según aumenta el tamaño de bomba.



Ilustración 1: Parte de bomba rotativa afectada por la cavitación

El picado debido a la cavitación es menos intenso en los líquidos más viscosos a causa del efecto de amortiguación que produce la alta viscosidad.

Unas pérdidas excesivas en la aspiración, altas temperaturas y una altura estática insuficiente contribuyen a que aparezca este fenómeno de cavitación.

3.2. Elementos del sistema

Estanqueidad

Se puede definir a la estanqueidad como el sistema a utilizar para mantener a un fluido en su continente o en el camino por donde se desea que circule sin que contamine a, o sea contaminado por, la atmósfera que lo envuelve.

De forma genérica los sistemas de sellado se pueden dividir en dos categorías:

- a) Cierres estáticos: donde el sellado tiene lugar entre superficies sin movimiento relativo una a la otra (una junta entre bridas).
- b) Cierres dinámicos: donde el sellado tiene lugar entre superficies que tienen movimiento relativo (por ejemplo, una empaquetadura en una bomba). Los cierres dinámicos se pueden dividir además en dos categorías principales:
 - 1) Cierres de contacto, donde existe una fricción de superficies.
 - 2) Cierres sin fricción de superficies. A este grupo pertenecen los cierres mecánicos, ésta se efectúa entre dos caras que incorpora el cierre en su diseño.

Existen también tipos de cierre que no concuerdan exactamente con las definiciones básicas de cierres estáticos o dinámicos. Estos cierres se pueden aplicar en lugares con movimientos limitados de las superficies a sellar. Estos tipos se pueden llamar cierres semiestáticos o flexibles.

Los sistemas de estanqueidad se clasifican en tres sistemas básicos:

- Juntas planas: los materiales para juntas cumplen una misión crítica en el sellado de fluidos, su función principal consiste en llenar las irregularidades de las superficies de sellado. Existen diversos tipos de materiales en este segmento, y sus características principales son la capacidad de resistir la temperatura, presión y fluido de la aplicación y recuperación.



Ilustración 2: Diferentes tipos de juntas planas

Los tres tipos más importantes de las juntas planas son la junta blanda de goma, la junta semi-metálica y la junta metálica, las cuales se elegirán dependiendo a que aplicaciones las queremos destinar.

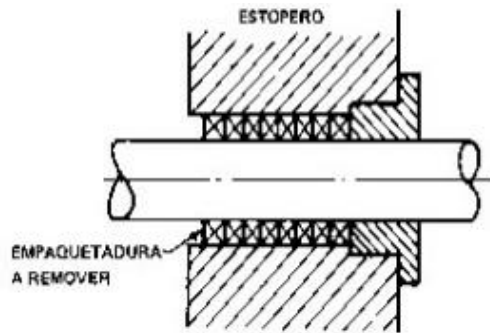


Ilustración 3: Empaquetadura

- Empaquetaduras: se puede definir a las empaquetaduras como aquel material de sellado que instalado en un equipo ofrece condiciones controladas de fuga nula o estabilizada, con el ideal de que se cumplan durante largos períodos de tiempo sin ajustes o mantenimiento. Las empaquetaduras pertenecen al tipo de cierres de contacto y dentro de estos al de compresión.

- Cierres o sellos mecánicos: se utilizan cuando hay que asegurar la estanqueidad entre dos superficies en movimiento relativo (rotación) lubricadas por una película líquida. Puede darse el caso que una ínfima parte de la película puede salirse de las caras de fricción a este caudal se llama fuga o consumo del cierre.

La fricción, a nivel de la película, produce energía térmica que eleva la temperatura de las caras de fricción, la película en sí misma, y el fluido que les rodea. Por ello para asegurar una vida óptima de las superficies de fricción del cierre, la película debe ser estable y líquida.

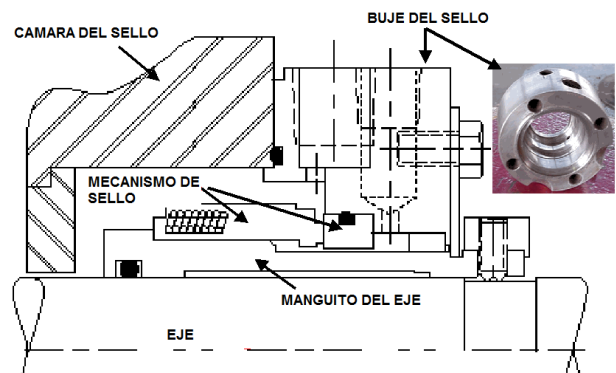


Ilustración 4: Sello mecánico

Líneas de tubería

Se denomina tubería al conjunto de elementos (tubos), de diferentes materiales, que tienen por misión el transporte, de forma eficiente, de fluidos. Los tubos se clasifican en función de su diámetro nominal y de su espesor.

Los tipos uniones de unos tubos con otros, con la finalidad de conformar los sistemas de tuberías son: fijas (soldadas) y desmontables (bridas, roscadas o por presión).



Ilustración 5: Diferentes tipos de bridas

Las tuberías de tipo desmontables son muy utilizadas, ya que nos permiten un manejo con ellas mayor que las fijas, a causa de problemas con las expansiones, contracciones y vibraciones (los cuales son muy normales en las instalaciones).

- Las bridas: son accesorios para conectar tubos a estos con equipos (bombas, tanques, etc.) o accesorios (codos, válvulas, etc.). Esta unión se hace por medio de dos bridas, una perteneciente a la tubería y la otra al equipo. La principal ventaja de las uniones con bridas radica en el hecho de que, al estar unidas por pernos, permite el rápido montaje y desmontaje a objeto de realizar reparaciones o mantenimiento.

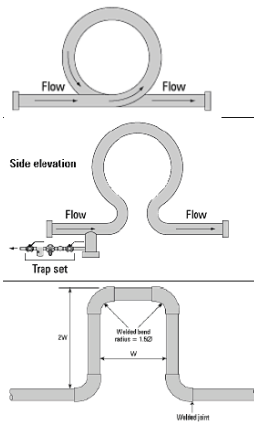


Ilustración 6: Liras de dilatación

- Compensadores de dilatación: dentro de este tipo de uniones están las liras de dilatación y las juntas de expansión. Mientras que las primeras se construyen mediante el conformado de los propios tubos de la tubería, las segundas son elementos de fabricación más compleja y que disponen de elementos especiales para compensar las dilataciones.

-Las liras de dilatación tienen como principal misión absorber las variaciones longitudinales de las tuberías. Su elasticidad, les permite absorber, de forma parcial, las vibraciones de las tuberías. Dentro de las liras de dilatación se pueden clasificar en varios apartados dependiendo de la forma (que esta depende para que finalidad se desea) que son: de lazo completo, omega y de lazo de expansión.

-Las juntas de expansión son equipos especiales colocados en las líneas de tuberías y alineados con ellas con objeto de absorber movimientos axiales, transversales y angulares de dilatación. Su objetivo es el de minimizar esfuerzos en conexiones próximas a equipos delicados como bombas, filtros, etc.

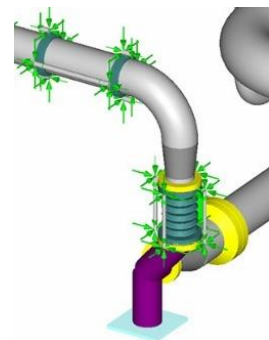


Ilustración 7: Juntas de expansión

A los sistemas de tuberías se les suele dotar normalmente de diferentes tipos de soportes con la finalidad de compensar las dilataciones térmicas, las cargas dinámicas y los desplazamientos a los que pueden estar sometidos. En un buque, debido a los movimientos propios del medio, los sistemas de tuberías deben de ir sujetos a cuadernas y mamparos a través de estos soportes. Los más importante son:

- Los soportes de carga constante se instalan con el objetivo de compensar los desplazamientos verticales causados por la expansión térmica. Gracias a esto soportes las cargas correspondientes a la tubería son absorbidas y transferidas de forma constante, sin desviaciones significativas a lo largo de todo el recorrido. Este tipo de soporte presentan una fácil instalación, manejo y fiabilidad y seguridad operacional.

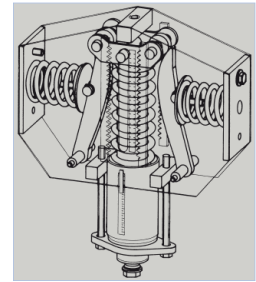


Ilustración 8: soporte de carga constante

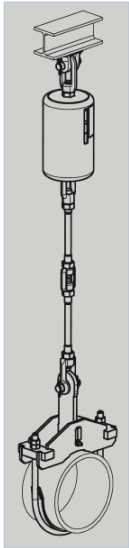


Ilustración 9: Soporte de carga variable

- Los soportes de carga variable se emplean con el objetivo de compensar ligeros desplazamientos verticales de la tubería. Se pueden fabricar para distintas configuraciones, colgante, apoyado, restricciones elásticas...
- Los amortiguadores hidráulicos, los absorbedores de energía y las restricciones mecánicas son componentes dinámicos cuya función es la de proteger la tubería o sus elementos de posibles daños producidos por efectos dinámicos inesperados. Estos efectos pueden ser debidos a causas internas (disparos de válvulas, golpes de ariete, rotura de tuberías...) o externas (olas, impactos, golpes de viento...).
- Los soportes de rodillo y cunas se diseñan con el fin de permitir los desplazamientos térmicos normales de sistemas de tuberías horizontales de gran longitud. Para tuberías de grandes diámetros, y especialmente cuando los fluidos que transportan y el aislamiento dan lugar a grandes cargas, los soportes de rodillo constituyen la solución ideal.
- Los soportes criogénicos son de aplicación en procesos industriales para la producción, transporte y distribución de gases licuados, como propano o butano (LPG), metano (LNG), etileno, etc. Se fabrican con materiales adecuados para cargas específicas y cubren el rango de temperaturas desde la del ambiente hasta los -196°C .
- Los pernos de anclaje se emplean en la fijación de estructuras y equipos al suelo. Son elementos fabricados roscados añadiendo, según los tipos, tuercas de fijación, arandelas, o placas de anclaje. Pueden fabricarse de muy diferentes formas según las normas ISO.

Termómetros

La temperatura es una variable escalar que está relacionada con la energía interna (energía cinética) de las moléculas de un cuerpo. Constituye uno de los parámetros que más frecuentemente se determina en los procesos industriales.

El termómetro es el instrumento más empleado a nivel industrial para la medición de temperatura. Desde su invención ha evolucionado mucho, principalmente a partir del desarrollo de los termómetros electrónicos digitales.

Las escalas de temperaturas se clasifican en dos categorías: absolutas y relativas.

Absolutas: son las que parten del cero absoluto, que es la temperatura teórica más baja posible, y corresponde al punto en el que las moléculas y los átomos de un sistema tienen la mínima energía térmica posible.

Relativas: son las que se comparan con un proceso fisicoquímico establecido que siempre se produce a la misma temperatura.

Según el principio en el que se basan, los termómetros se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Termómetros de contacto: los cuales como su nombre indica, determinan la temperatura teniendo contacto con el cuerpo, o colocados dentro del ambiente donde se debe de realizar la medición. Utilizados normalmente dentro de los tanques.
- Termómetros sin contacto: estos termómetros determinan la temperatura del cuerpo a distancia, y se basan en la determinación de alguna característica del cuerpo que cambie con la temperatura sin hacer contacto con él. Aquellos que se usan para medir temperaturas altas y medianamente altas (superiores a los 600 °C) se denominan pirómetros. En general son aparatos ópticos más complejos y su uso es más especializado como por ejemplo la medición de algún punto exterior de un tanque o de alguna línea.
- Cámaras termográficas: Estas cámaras se utilizan mucho para los mantenimientos ya que se utiliza sin tener que parar el equipo, en nuestro caso es muy útil para revisar el buen funcionamiento del incinerador.



Ilustración 10: Termómetro sin contacto

Caudalímetros

Un caudalímetro es un equipo que sirve para medir flujo de fluidos en tuberías. Se puede emplear para medir:

- El caudal volumétrico (litros/hora)
- El caudal másico (Kg/hora)
- El volumen (litros) o la masa (kilogramos) de un fluido (líquido o gas) que pasa por un punto determinado de la tubería que lo contiene.

Existen numerosos tipos de caudalímetros para medir flujo en sistemas de tuberías. En general estos aparatos se pueden clasificar en dos grandes grupos, medidores volumétricos y másicos:

- Los medidores volumétricos determinan el caudal en volumen del fluido. Hay que señalar que la medida de caudal en la industria se efectúa principalmente con elementos que dan lugar a una presión diferencial al paso del fluido. Es el más utilizado

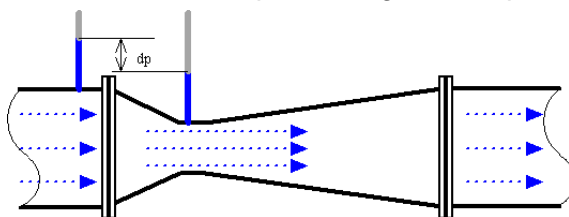


Ilustración 11: Caudalímetro volumétrico tipo Venturi

en las labores de medida en la sala de máquinas. Dentro de estos tipos se pueden clasificar dependiendo de cómo se haga la medida. Son los que debemos de utilizar para dejar registrado la cantidad de sludge hemos incinerado a bordo durante el tiempo de funcionamiento del incinerador.

- Los medidores másicos Si bien en la industria normalmente se emplean medidores volumétricos para medir el caudal, a menudo interesa aprovechar las características medibles de la masa (por ejemplo, para saber cuánta carga estamos trasegando en determinado tanque).

4. Descripción del Sistema de Incineración

4.1. Descripción del sistema

La función principal de este trabajo es el control automatizado de la incineración de residuos producidos en un buque.

El tanque de lodos recoge todos los residuos producidos por las depuradoras, además de aceites arrojados en él. De ahí pueden tomar dos vías: una que va en dirección al separador de sentinas y otra donde van al tanque de incineración. Nosotros vamos a coger la segunda. Cuando están los residuos en este tanque estos se calientan ya puede ser con un serpentín de vapor o por una resistencia eléctrica y se mantienen en ese lugar hasta que tengan una temperatura de 240°C y tenga el tanque una cierta cantidad. Después son expulsados en el incinerador ya estando este a una temperatura inicial de 640°C.

El incinerador se precalentará con un “mechero” donde será expulsado fuel oil o diesel oil dependiendo de las cantidades de cada uno abordo y del coste del producto (siempre se elige el fuel oil por su coste). Este mismo fuel oil o diesel oil es el mismo producto que utilizamos para navegar (si en su caso nos encontrásemos en un buque a gas utilizaremos este otro combustible).

El incinerador justo cuando arranca, la válvula de compuerta de la chimenea se cerrará para aumentar en el interior del incinerador la presión, (así le costará menos trabajar en elevar su temperatura). Cuando este empieza a quemar residuos la válvula de compuerta se ira abriendo poco a poco (hasta cierto grado) dejando escapar rápidamente los humos de su interior.

4.2. Especificación de la función de cada elemento

4.2.1. Incinerador

Los incineradores son aquellos aparatos que, instalados a bordo de los buques van a permitir la eliminación de todos aquellos residuos que no han podido ser eliminados ni en el caso de emplear depuradoras especiales. El sistema de incineración de residuos está basado en una cámara de combustión, la cual está dotada con un quemador alimentado con combustible.

La combustión se da en la cámara de combustión. Los componentes sólidos se introducen en la cámara de combustión por la puerta de carga. Existe una presión negativa en la cámara de combustión que evita el peligro de una posible salida de llama. Los gases de escape son aspirados a través de la chimenea de gases que incorpora y conducidos a la chimenea.

El incinerador está compuesto por un quemador, un panel de control, un ventilador de los gases de escape, una bomba de dosificación y por paredes refractarias. Además, existen numerosos sistemas de seguridad que controlan temperaturas, presiones y una fotocélula para el control de llama del quemador.

La cámara de combustión dispone de una entrada de aire de refrigeración y una entrada de aire secundario para combustión. Éste es introducido en la cámara de combustión aspirado del local donde se encuentre el incinerador, a través de aberturas en el refractario y pared interior del incinerador.

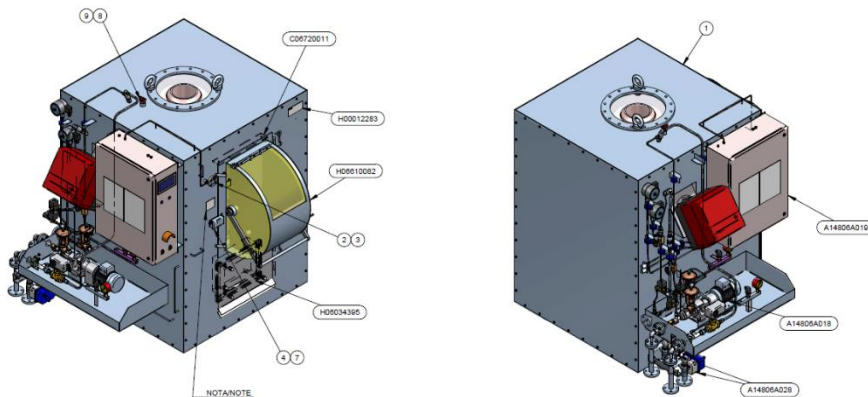


Ilustración 12: Incinerador

Los cuadros eléctricos incorporan fusibles, arrancadores, termostatos para temperatura máxima de gas y un regulador termostato para controlar las diversas etapas del quemador.

Para su utilización el incinerador se carga con residuos sólidos, se cierra la puerta y se arranca el incinerador. Puede incinerar tantos sólidos como lodos hasta completar el ciclo de incineración. Si consta de puerta de carga continua, se podrá cargar sólidos sin necesidad de esperar a que se enfríe la unidad, sino solo hay que esperarse a que la unidad se enfríe para retirar las cenizas estériles para su limpieza.

4.2.2. Bombas

Una bomba es una máquina que transforma la energía mecánica de entrada en energía hidráulica útil de salida, en forma de suministro de caudal.

Las bombas que vamos a utilizar en nuestro sistema es una bomba de pistón para el tanque de fuel oil y el tanque del incinerador, y otra bomba de tornillo para el tanque de sludge.

- Bombas de pistón: es una bomba de tipo alternativo, las más usuales existen válvulas de aspiración y de impulsión que regulan el movimiento del líquido a través de la cámara de trabajo que, mientras se está llenando, la válvula de aspiración permanece abierta y la de impulsión cerrada, invirtiéndose la posición de las válvulas durante el desalojo o impulsión del líquido; estas válvulas sólo se abren por la acción del gradiente de presiones, y se cierran por su propio peso o por la acción de algún mecanismo con muelle. Según el número de cámaras de trabajo se dividen en bombas de simple efecto, y de doble efecto.

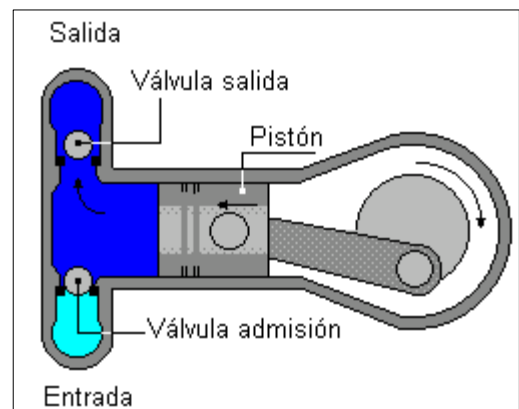


Ilustración 13: Bomba de pistón

- Bombas de tornillo: estas bombas (de tipo rotativo), al igual que las de cavidades progresivas, confinan el fluido entre un tornillo (entre dos filetes consecutivos) y una carcasa o envolvente que emana con las aristas del tornillo a medida que éste gira.

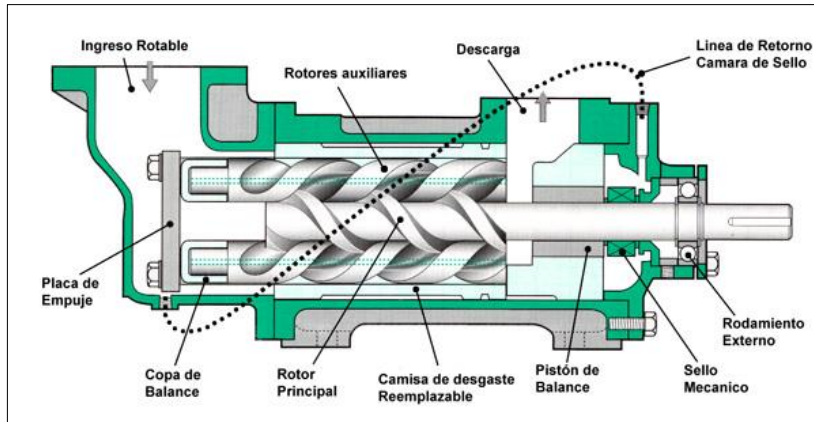


Ilustración 14: Bomba de tornillo

Para aplicaciones de saneamiento es el llamado “tornillo de Arquímedes” utilizado para elevar grandes caudales de fluidos a pequeñas alturas; suele ser de entrada y salida no confinada: toma de un tanque o canal abierto y lo envía a otro a nivel superior. Es utilizado, principalmente, en instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

4.2.3. Válvulas

Las válvulas son dispositivos mecánicos cuya función es la de controlar los fluidos en un sistema de tuberías. El Comité Europeo de Normalización (CEN) en su Norma EN-736-2 define las válvulas como aquel componente de tuberías que permite actuar sobre el fluido por apertura, cierre u obstrucción parcial de la zona del paso o por derivación o mezcla del mismo.

Las válvulas industriales, en función de su propósito de aplicación se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Cierre: Su misión es interrumpir, cuando sea preciso, el flujo de la línea de forma total.
- Retención: Su misión es impedir que el flujo no retroceda hacia la zona presurizada cuando esta decrece o desaparece.
- Regulación: Su misión es modificar el flujo en cuanto a cantidad, desviarlo, mezclarlo o accionarlo de forma automática.
- Seguridad: Utilizadas para proteger equipos y personal contra la sobre presión.

Ahora bien, dentro de cada tipo de válvulas vamos a escoger válvulas de regulación para poder modificar desde la automatización sus valores.

Estas válvulas también llamadas válvulas de control, son aquellas que se emplean para modificar el caudal, la presión o el nivel de un sistema. Las válvulas de regulación más habituales son las accionadas por una fuente de energía externa (eléctrica o neumática). Estas válvulas se consideran como el elemento final del sistema de control por donde el fluido circula y normalmente son empleadas en procesos donde sea necesaria la realización de movimientos continuos y de regulación precisa.

Por supuesto no todas las válvulas de regulación son accionadas por las fuentes de energía externa, las válvulas de accionamiento manual que posean un obturador caracterizado, cónico

o parabólico también serían consideradas como de regulación. En cambio, las válvulas autoaccionadas se consideran válvulas de apertura y cierre (on/off), ya que no permiten modificaciones parciales del fluido, aunque la función que realicen dentro del sistema sea la de “controlar” un proceso.

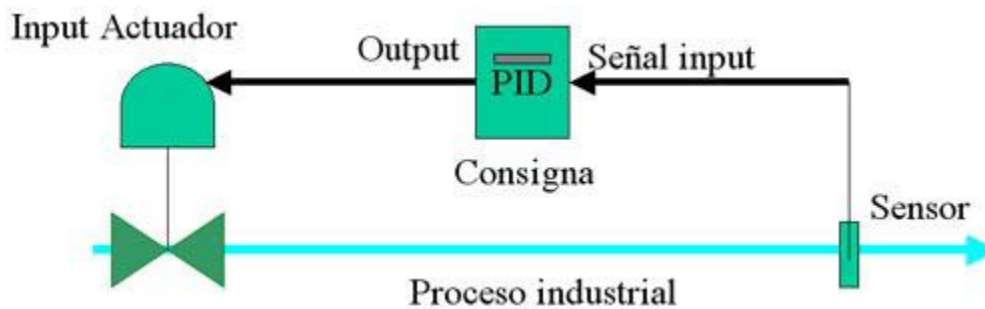


Ilustración 15: Actuación en una válvula de regulación

Las válvulas de control no se pueden entender sin el llamado “lazo de control” que compone el sistema. Este lazo se compone de un controlador electrónico que recoge la señal de entrada (parámetros de control deseados); el actuador de la válvula, la válvula en sí misma y el elemento sensor del sistema. El parámetro deseado a controlar se introduce en el controlador, el parámetro real medido en el sistema es alimentado al controlador, si estos parámetros no coinciden genera una señal de error que transfiere la acción al actuador de la válvula ejerciendo el cierre (disminución de caudal) u apertura (aumento de caudal). El elemento sensor instalado aguas debajo de la válvula mide el caudal y emite la señal al controlador completando el lazo cerrado.

Además de las válvulas de control se utilizarán por seguridad en los tanques, válvulas de alivio de seguridad estas son dispositivos autoaccionados por el fluido que previenen la sobrepresión en recipientes presurizados, líneas y otros equipos generales. Las válvulas suelen ser diseñadas en ángulo de 90° para facilitar la evacuación del fluido del sistema. Las válvulas se componen de un muelle tarado a una determinada presión de disparo por encima de la cual actuara liberando el fluido del sistema una vez producida la evacuación del fluido y la presión de ejercicio restablecida en el sistema vuelven a su posición inicial cerrada.



Ilustración 16: Válvula de seguridad

La utilización de válvulas de seguridad es fundamental en recipientes presurizados ya que los fluidos compresibles provocarían, en caso de aumento de presión por encima de la soportada en el diseño, la deformación o rotura de estos con el peligro para personas y propiedades que ello con lleva.

4.2.4. Detector de llama

El detector de llama es un sensor que sirve como dispositivo de seguridad. Cuando el incinerador se enciende, el sensor de llama capta la luz de la combustión y envía una señal a la placa de control principal del incinerador e indica que está en funcionamiento correctamente el incinerador. Pero si en su funcionamiento normal el sensor no capta la luz este dejara de enviar la señal dando un error, con lo cual produciendo una parada de emergencia.

Cada cierto tiempo se debe limpiar el sensor por la parte donde capta la luz, ya que a causa de ceniza o restos de materiales puede taponarlo y que este de error.



Ilustración 17: Detector de llama

4.2.5. Extractor de gases

La extracción de gas del incinerador se lleva a cabo mediante un ventilador axial centrífugo, accionado por un motor eléctrico, que está acoplado al eje por medio de correas. El ventilador absorbe los gases de escape que se producen en la combustión y produce un vacío que conduce a una circulación de aire frío de bastante importancia para el sistema. El vacío producido mezclará el gas de escape con el frío, produciendo un efecto refrigerante, que evita la formación de dioxinas.

Algunas de sus características son: el eje está fijado a un panel de enfriamiento externo para evitar la transmisión de calor fuerte, protegiendo así los cojinetes. El impulsor del ventilador es de chapa de acero resistente a altas temperaturas. El eje está provisto de un corredor de enfriamiento exterior para evitar la fuerte transmisión de calor, protegiendo así los rodamientos.

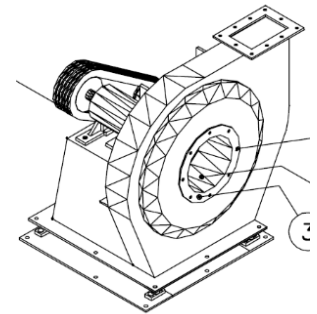


Ilustración 2: Extractor de gases

Para controlar la temperatura de los gases de escape, el sistema está equipado con termopar instalado en el conducto de extracción a 2,5 metros como mínimo de la salida de gases de la cámara de incineración. Además, se instala un amortiguador en el conducto de los gases de escape, donde su función es controlar el vacío en cámara de combustión.

4.3. Mantenimiento

El mantenimiento que se debe realizar a un incinerador no es muy complicado (o muy largo), pero aun así se debe de tener cuidado como en cualquier tipo de mantenimiento a bordo de un buque. Este mantenimiento se divide 4 componentes del incinerador.

-Cuerpo del Incinerador: Se deberá de realizar una limpieza del cada vez que incineremos productos. Además, cada dos meses deberemos de revisar el estado de las paredes refractarias que tiene, para ello podríamos utilizar además del ojo humano, una cámara termográfica cuando este encendido y veremos en qué zonas son las que sufren más.

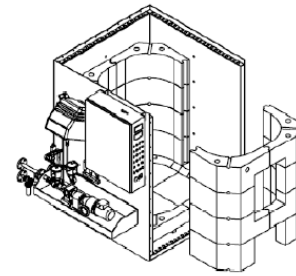


Ilustración 19: Placas refractarias y cuerpo del incinerador

-Quemador: Se deberá de limpiar cada dos o tres semanas (dependiendo del uso de él), para ello se deberá de desmontar por completo la lanza y sacarla fuera del incinerador para poderla limpiar correctamente.

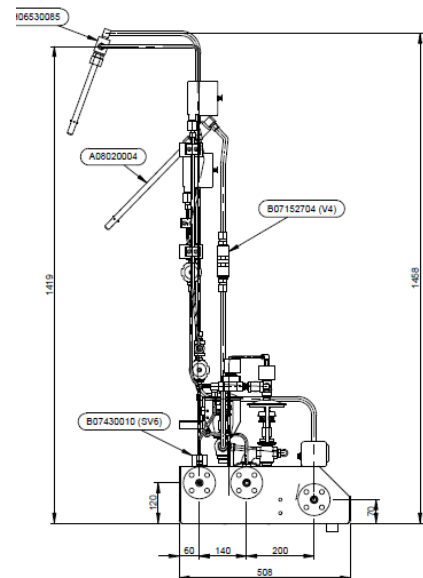


Ilustración 20: Quemador del Incinerador

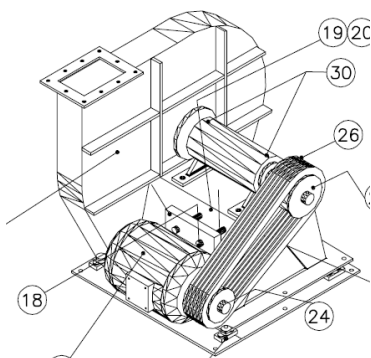


Ilustración 21: Extractor de Gases

-El ventilador de los gases de escape: se verificará cada 3000 horas el estado de la cinta de transmisión, además de una limpieza.

-Bomba de dosificación: Cada 10 000 horas hay que cambiarle los rodamientos, además de cada año se debe revisar si el estator de la bomba está funcionando correctamente (está bien lubricado).

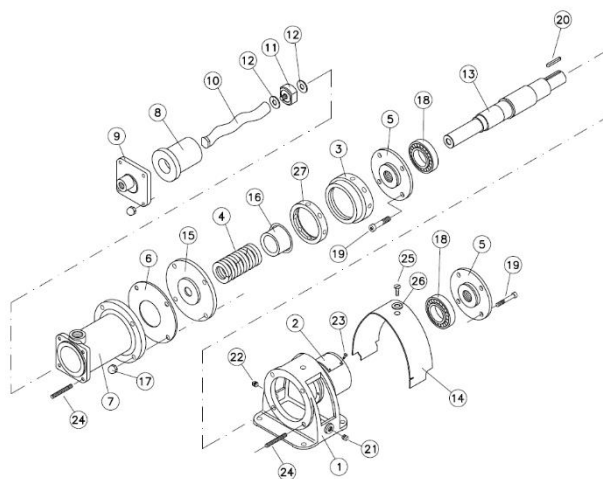


Ilustración 22: Bomba de dosificación

-Tanque del Sludge del Incinerador: Se deberá de vaciar y limpiar una vez cada 8 o 10 meses teniendo énfasis en la limpieza del serpentín de vapor o de la resistencia, ya que pueden estar con una capa de suciedad la cual dificultara el calentamiento del tanque.

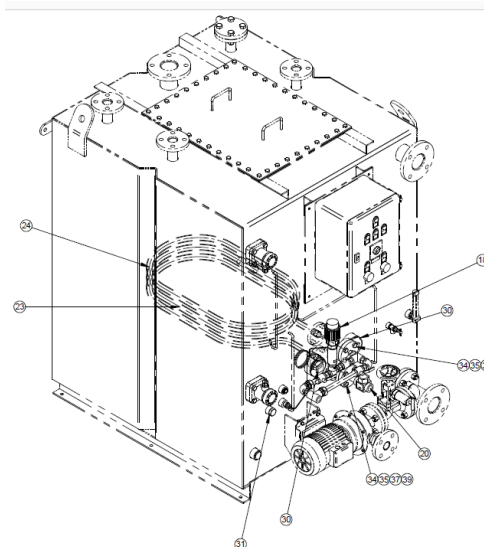


Ilustración 23: Tanque externo del Incinerador

5. Automatización

5.1. Introducción

Sistema: es cualquier entidad compleja constituida por un conjunto de elementos que guardan entre sí una relación de influencia, formando un entramado que asocia unos elementos con otros.

Automática: es la disciplina que trata de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la ejecución de una tarea física o mental previamente programada.

Esto simplifica el trabajo, facilita los cambios, proporciona una mayor seguridad en el desempeño del trabajo y economiza materia y energía.

Componentes de un sistema automatizado:

- **Sensores:** recogen la información de las máquinas o proceso y se la pasan al controlador.
- **Unidad de control:** es el “cerebro” que gestiona las entradas y salidas.
- **Preaccionadores:** son el punto de unión entre la parte de control y la parte de potencia. Por ejemplo, son preaccionadores los relés, contactores, válvulas distribuidoras...
- **Accionadores:** son los que realmente realizan la operación, como los motores, cilindros neumáticos...
- **Diálogo hombre - máquina:** sirve de interfaz entre el sistema y la persona.

La estructura general de cualquier sistema automatizado es:

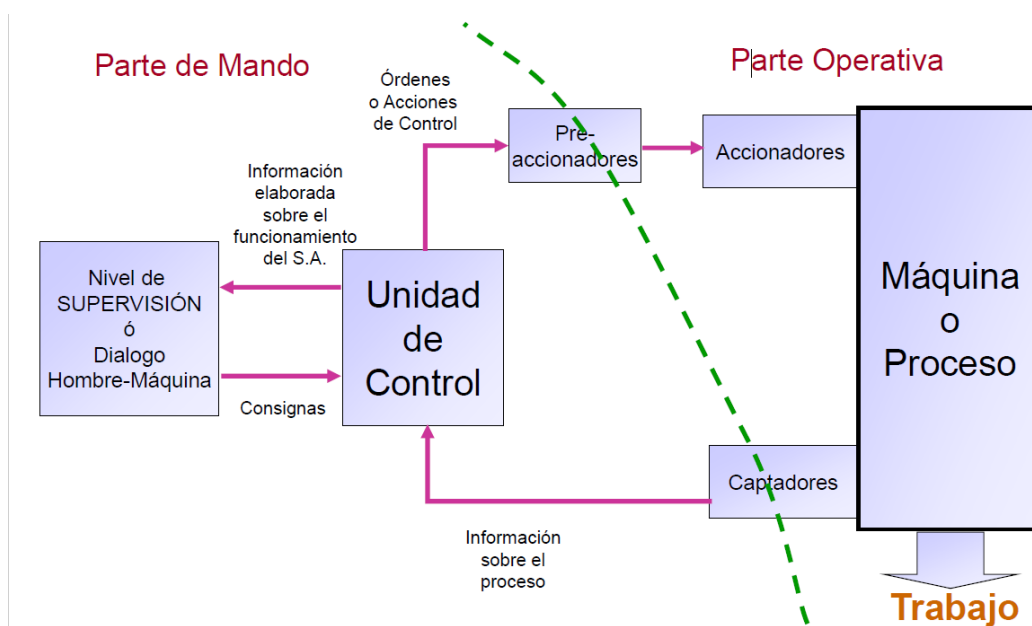


Ilustración 24: Esquema de un sistema automatizado

Un autómata programable (PLC por sus siglas en inglés) tiene un ciclo de trabajo llamado ciclo de SCAN, que se compone de cuatro pasos:

- Lectura de entradas del controlador lógico.
- Ejecución del programa de control.
- Escritura de las salidas.
- Tareas internas del PLC.

Se suceden siempre linealmente y, por ejemplo, si cambia el estado de una entrada mientras se ejecuta el programa de control, este nuevo estado no será tenido en cuenta hasta que empiece el nuevo ciclo.

5.2. Norma IEC 61131-3

La norma IEC 61131-3 es la norma que intenta unificar el sistema de programación de todos los autómatas en un único estándar internacional.

Dentro de esta norma, se define la arquitectura para la organización e interacción de tareas de los autómatas: "Cada controlador tendrá una configuración particular (incluyendo las características del hardware), dentro de la cual se definen una o varias tareas. Estas tareas son las encargadas de controlar la ejecución de un programa (por ejemplo, que el programa se ejecute de forma cíclica). A su vez, un programa es una interacción de bloques funcionales y funciones, con capacidad para intercambiar datos. Funciones y bloques funcionales son partes básicas de construcción de programa, que contienen una declaración de datos y variables y un conjunto de instrucciones".

Al conjunto de programas, bloques funcionales y funciones se les acoge bajo la denominación de Unidades de Organización de Programas o POU's:

- Funciones: pueden ser funciones estándar (suma, resta...) o definidas por el usuario. Una función no contiene información de estado interno, es decir, siempre dará la misma salida para los mismos parámetros de entrada. Las funciones estándar vienen recogidas en bibliotecas disponibles en los diferentes lenguajes de programación.
- Bloques funcionales: contienen instrucciones, datos y pueden guardar valores de variables. Es el caso de un controlador PID que una vez definido podrá ser usado tantas veces como se quiera en el programa e incluso en diferentes programas.
- Programas: son un conjunto lógico de todos los elementos y construcciones del lenguaje de programación que son necesarios para el tratamiento de señal requerido en el control de una máquina o proceso mediante autómatas programables. Contienen datos, variables, código interno e instancias de funciones y bloques funcionales.

La norma define los lenguajes de programación, dos de ellos textuales y tres gráficos:

- Lista de instrucciones (IL)
- Texto estructurado (ST)
- Diagrama de bloques funcionales (FBD)

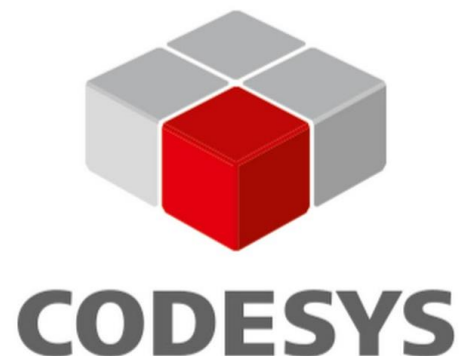
- Diagrama de escalera (LD)
- Lenguaje de diagramas funcionales secuenciales (Sequential Function Chart - SFC)

La elección de un lenguaje u otro dependerá entre otros factores de la estructura del sistema del control y el problema que se atiende, optándose generalmente por aquel que resulte más cómodo al usuario.

5.3. Programación

La programación de un autómatas se realiza mediante periféricos, como puede ser un PC, una consola de programación o un grabador EPROM. En nuestro caso utilizaremos la aplicación CODESYS versión 2.3.9.38

El CODESYS es un software de automatización basado en la norma IEC 61131-3 que permite la parametrización y programación estandarizada de unidades de control, configurar buses de entrada y salida, y visualizar y controlar procesos. Donde lo podemos encontrar en el sitio web: <https://www.codesys.com/>



5.4. Programación del sistema

5.4.1. Ciclo de funcionamiento

En este apartado explicaremos el ciclo de funcionamiento del sistema realizado con el programa CodeSys.

Lo primero de todo para que funcione el sistema de incineración debe de estar el botón de arranque en ON y la parada de emergencia desactivada (los cuales están situados en la parte de control), además de que uno o varios de los tanques de residuos o de sludge esté por encima de un cierto nivel, el cual es:

- Sludge más del 50% de capacidad.
- Papel más del 50% de capacidad.
- Comida más del 25% de capacidad.
- Plástico más del 45% de capacidad.
- Sustancias Peligrosas más del 20% de capacidad.

Los tanques de residuos tienen en su parte superior un indicador de nivel el cual se puede variar en el simulador para comprobar el funcionamiento de los mismos. Estos cuando superan su límite debidamente programado se abre una trampilla la cual gracias a la gravedad cae dentro del incinerador (previamente calentado).

El tanque de sludge tiene también un indicador de nivel, donde se puede variar como los anteriores. Los sensores de nivel del tanque son de tipo boya. Este tanque esté calentado continuamente por vapor de las calderas (como los tanques de fuel oil del buque). Cuando llega a un cierto nivel este lo bombea a un tanque más pequeño donde es precalentado a una temperatura mayor (de 220-240°C) por una resistencia o por un serpentín de vapor y este de nuevo cuando llega a un límite de nivel se bombea al incinerador previamente calentado.

El incinerador al arrancar el simulador partirá de una temperatura ambiente de 20°C y cuando detecte de que uno de los tanques de residuos o de sludge necesite incinerarse, este empezará a pedirle a la bomba de fuel oil del buque suministro para poder quemar y así calentar la cámara de incineración para poder quemar el residuo que se desee. Las temperaturas de calentado son:

Para el sludge de más de 640°C

Para el papel de más de 100°C

Para la comida de más de 320°C

Para el plástico de más de 1100°C

Para las sustancias peligrosas de más de 1100°C

El incinerador tiene equipado además unos niveles por boya para que este conozca la capacidad de basura que está quemando, lo cual quedara registrado para luego más tarde el operario lo apunte en el libro de registro.

Luego cuando estos tanques llegan a nivel 0 y el incinerador halla quemado todo, este parara de gastar fuel oil y dejara que todos los gases de escape se liberen al exterior y metiendo gracias al ventilador aire frio bajando así la temperatura dentro de la cámara, para que horas después el operario pueda abrirlo y sacarle las cenizas de su interior.

El simulador contiene además un apartado de simulación de errores más comunes que se producen en un sistema de incineración, los cuales son: fallo por bombas y fallo por llama, cuando estos se producen el sistema dará un error dando así una parada de emergencia general.

5.4.2. Variables de entradas y salidas

Variables de entrada

El programa cuenta con variables de entrada asociadas a interruptores, sensores de temperatura, de nivel y de llama.

Botones

Hay dos interruptores en el programa: una seta de parada de emergencia (IxPARADA_DE_EMERGENCIA) y otro para un arranque manual del incinerador (IxARRANQUE_DEL_SISTEMA).

Detectores de nivel

En total hay catorce detectores de nivel:

- Tres de ellos se encuentran en el tanque de sludge donde nos proporcionaran la información de los niveles cuando se encuentren al 5, 50 y 75% de la capacidad.
- Dos de ellos están en el tanque del Incinerador y nos darán los valores de 10 y 65%.
- Cuatro se localizarán en el incinerador (0, 15, 90, 98% de su capacidad).
- Uno se localizará en el tanque de FO (5% de su capacidad).
- Luego habrá un indicador con el porcentaje exacto de nivel que llevará en ese instante en cada tanque de residuos (papel, comida, plásticos, sustancias peligrosas).

Detector de llama

Nos encontramos con un detector de llama dentro del incinerador el cual nos indicara si el mechero del incinerador está quemando fuel oil.

Sensores de temperatura

En total hay dos sensores de temperatura que corresponden a la temperatura interior del tanque incinerador y del propio incinerador.

Variables de salida

Como variables de salida contamos con el accionamiento de luces, válvulas y bombas.

Las luces son:

- QxALARMA_ALTO_NIVEL_INCI: Luz de alto nivel en el Incinerador (>98%)
- QxALARMA_BAJO_NIVEL_FO: Luz de bajo nivel de FO (<5%)
- QxALARMA_ALTO_NIVEL_PAPER: Luz de alto nivel de Papel (>50%)
- QxALARMA_ALTO_NIVEL_FOOD: Luz de alto nivel de Comida (>25%)
- QxALARMA_ALTO_NIVEL_PLASTIC: Luz de alto nivel de Plásticos (>45%)
- QxALARMA_ALTO_NIVEL_DANGEROUS: Luz de alto nivel de Sustancias peligrosas (>20%)
- QxALARMA_BAJA_TEMP_INCI_TK: Luz de baja temperatura en el tanque del incinerador (<240°C)
- QxALARMA_BOMBA: Luz de error de bomba
- QxALARMA_LLAMA: Luz de error de llama del Incinerador

Las válvulas son:

- QxVALV_1_SLUDGE: válvula entre el Tk de Sludge y el Tk de Incineración
- QxVALV_2_INCI_TK: válvula entre el Tk de Incineración y el incinerador
- QxVALV_3_FO_TK: válvula entre el Tk de FO y el Incinerador
- QxVALV_4_TKS: válvula entre todos los tanques de residuos y el Incinerador
- QxVALV_5_PAPER: válvula entre el Tk de Papel y el Incinerador
- QxVALV_6_FOOD: válvula entre el Tk de Comida y el Incinerador
- QxVALV_7_PLASTIC: válvula entre el Tk de Plástico y el Incinerador

QxVALV_8_DANGEROUS: válvula entre el Tk de Sustancias Peligrosas y el Incinerador

QxVALV_9_INCI: válvula entre el incinerador y la chimenea*)

5.5. Sensores y actuadores

A continuación, se detallan los sensores y actuadores necesarios para automatizar el sistema de incineración de un buque.

- Diez boyas para detectar el nivel de distintos tanques (FO, Sludge, Tanque incinerador e Incinerador).
- Cuatro sensores de nivel para cada tanque de residuos.
- Dos bombas alternativas (para el tanque de FO y el tanque incinerador).
- Una bomba rotativa (para el tanque de sludge).
- Cuatro válvulas de control.
- Un detector de llama.
- Dos sensores de temperatura.
- Una seta de emergencia.
- Un interruptor de funcionamiento.
- Tres botones para simulación de fallos.

5.6. Visualización del panel de control

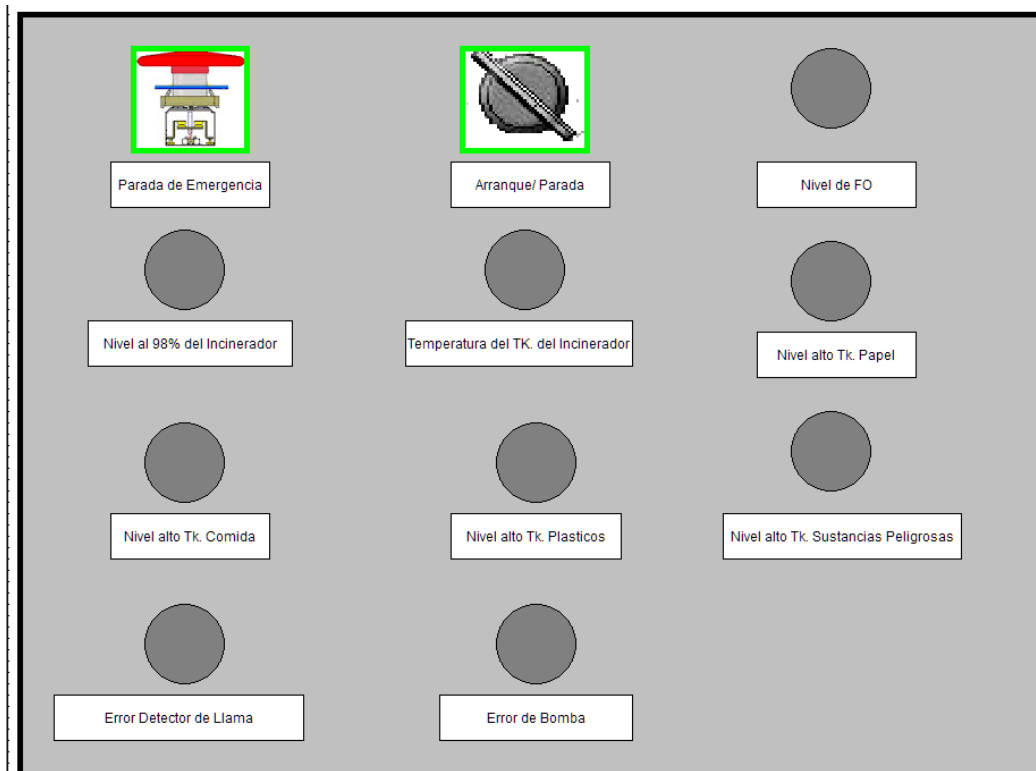


Ilustración 25: Panel de control del simulador

Aquí se muestra el panel del sistema, donde podremos interactuar con los interruptores para encender o apagar el sistema tanto como acción de trabajo como una acción de emergencia. También este panel nos informará con luces sobre el estado de diferentes partes del sistema.

Los interruptores cambiarán de color cada vez que se activen.

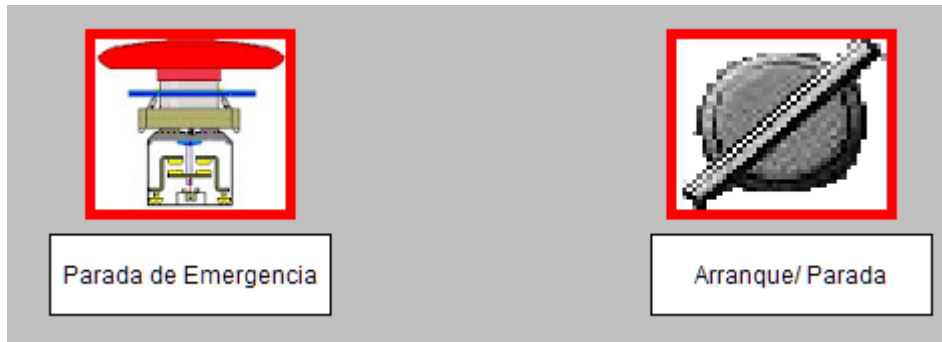
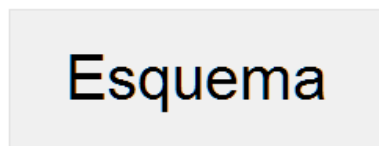


Ilustración 26: Interruptores

Además, en el propio control del programa habrá un botón que nos llevará a la parte de visualización del esquema.



5.7. Visualización del esquema

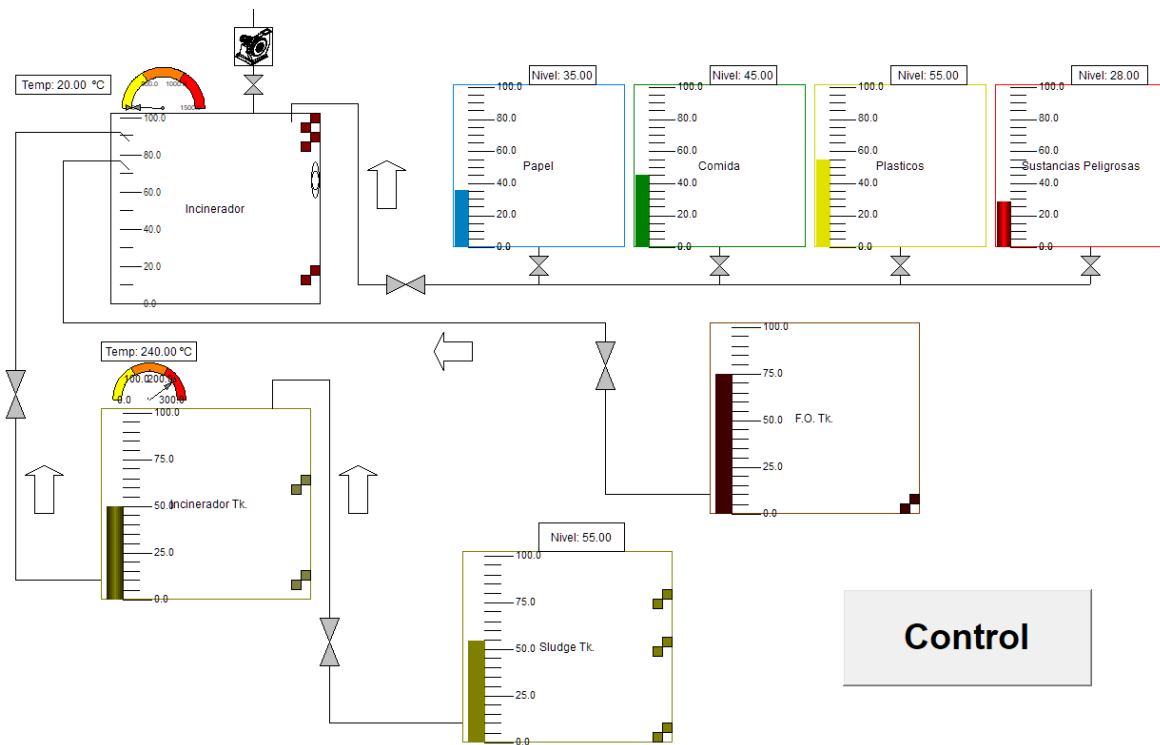


Ilustración 27: Esquema del simulador

En esta visualización se muestra el esquema de todo el sistema.

Donde podremos interactuar en los sensores de nivel de residuos y de sludge, y en los sensores de temperatura.



Ilustración 28: Sensores de nivel de los tanques de residuos

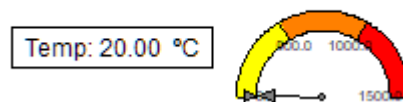


Ilustración 29: Sensor de temperatura del Incinerador

5.8. Visualización del panel de simulación de errores

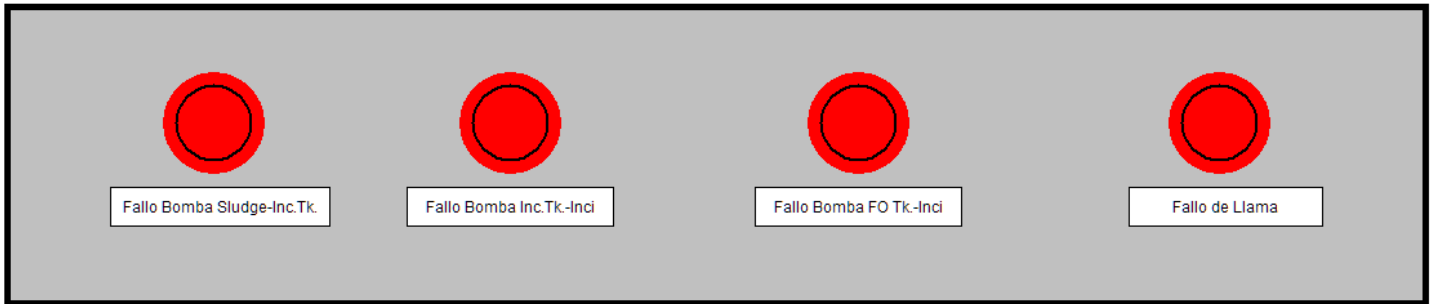
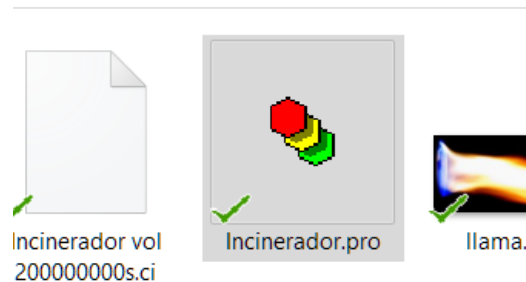


Ilustración 30: Panel de errores

En este panel de control se podrán simular los errores más frecuentes dentro del sistema de incineración. Para ello solamente hace falta pulsar el botón del error.

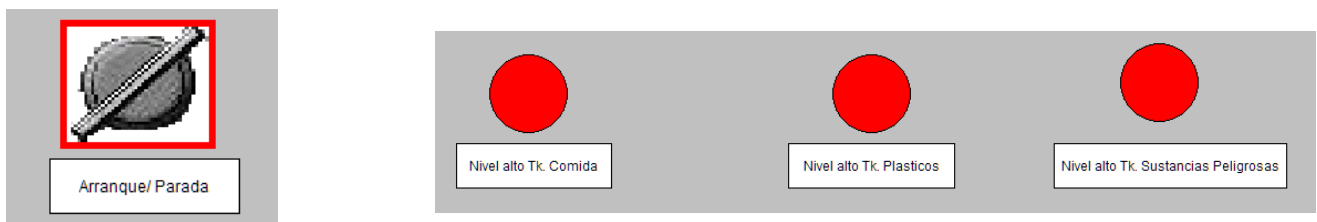
5.9. Manejo del simulador

Para el manejo del simulador se deberá de abrir el archivo Incinerador.pro con el programa CodeSys-Project.



Después le daremos en la parte de arriba del programa a Online>Login>Run para que este arranque.

Mas adelante para empezar con la programación iremos a la pestaña de visualización y pulsaremos el interruptor de arranque, el cual estará en rojo y al darle se volverá verde. Antes de darle podemos comprobar que las luces de nivel de los tanques de comida, plásticos y sustancias peligrosas están encendidas (por lo que nos indica que están a un nivel superior a lo deseado, donde lo podemos comprobar también pinchando en Planta y viendo sus niveles).



Planta

Una vez encendido pincharemos en **Planta** y veremos que al tener algunos niveles por encima de lo deseado el incinerador empezara a funcionar.

Lo primero que hará el programa será calentar el incinerador quemando fuel oil, por ello la temperatura empezará a elevarse y las válvulas correspondientes se abrirán. Cuando llegue a la temperatura requerida el producto (residuos o sludge) se arrojará dentro del incinerador.

Mas tarde cuando queme todo el producto que no deseábamos el ventilador empezara a enfriar el incinerador para que más tarde cuando este a temperatura ambiente el operario pueda recoger las cenizas si lo desea (la puerta del incinerador estará bloqueada hasta que el operario no apague el sistema).

Si lo deseamos podemos modificar los niveles de los tanques para realizar una simulación de lo que ocurre con el sistema.



Ilustración 31: Niveles de los tanques de residuos

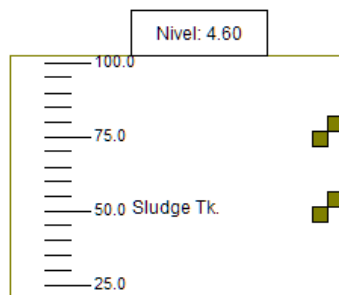


Ilustración 32: Nivel del tanque de Sludge

También podemos modificar el sensor de temperatura del incinerador y del tanque incinerador (los cuales no podremos pasarnos de unos valores concretos, antes mencionados).

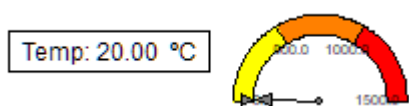


Ilustración 33: Sensor de Temperatura del Incinerador

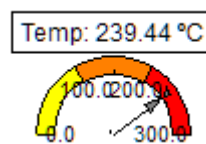
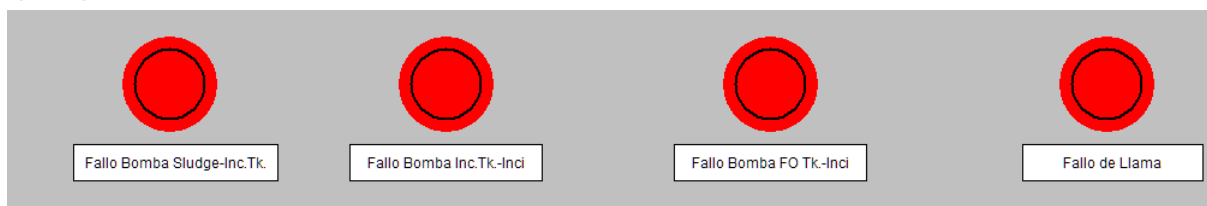


Ilustración 34: Sensor de Temperatura del Tk. Incinerador



Si estando funcionando y le damos a la seta de Parada de Emergencia, todo el sistema parará hasta que la seta no vuelva a su posición original y le demos de nuevo al interruptor de arranque del sistema.

Si queremos simular alguno de los errores como el de las bombas o el de llama, tendremos que ir a la pestaña de Simulacion_de_Errores y pulsar el botón en la bomba que deseemos que aparezca el error o el fallo de llama.



Esto dará un fallo en el sistema, activando la Parada de Emergencia. Hasta que no se pulse de nuevo el botón del error anteriormente pulsado y el estado la seta de Parada de Emergencia en off, el sistema no funcionara.

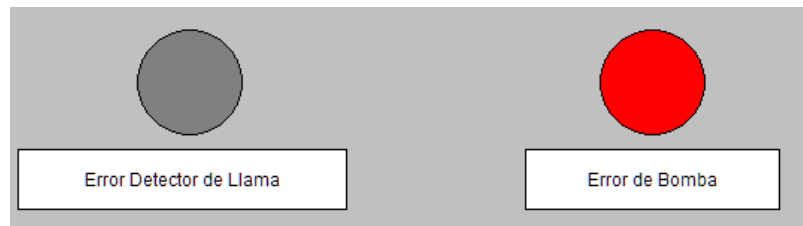


Ilustración 35: Luz de Errores



Ilustración 36: Seta de Parada de Emergencia activada

6. Conclusiones

La realización de este proyecto ha servido, además de para lograr el objetivo planteado de automatizar un sistema de incineración de un buque, para ampliar el aprendizaje sobre la programación de autómatas, equipos muy implantados en el mundo marino.

Todo este proyecto intenta resumir una parte de lo aprendido en el Grado en Marina y en el Máster de la Escuela Superior de la Marina Civil de Gijón. El resultado general ha sido satisfactorio ya que me ha permitido aplicar los conceptos adquiridos sobre automatización en un ejemplo de un proceso real de un buque.

Posibles ampliaciones del proyecto:

- Mejora de la simulación del sistema, incluyendo la recogida de datos geográficos del satélite del buque.
- Sustitución de las partes de la simulación del sistema por una maqueta con elementos reales.
- Automatización de la retirada y almacenamiento de las cenizas producidas en la combustión.

7. Referencias Bibliográficas

7.1. Páginas Web

Resoluciones MEPC:

http://www.prefectura naval.gov.ar/web/es/html/dpsn_lista_resoluc_mepc.php?Pagina=3&busc=&camp=

Quemadores de buques: <http://www.absorbentsonline.com/portable-incinerator-smart-ash.htm>

Cavitación en bombas:

http://www.interempresas.net/Componentes_Mecanicos/Articulos/34521-Cavitacion-en-el-bombeo-de-fluidos.html

Alfa laval: www.alfalaval.com

Sulzer: www.sulzer.com

Man Diesel & Turbo: www.mandieselturbo.com

Wartsila: www.wartsila.com

Autómata: http://isa.uniovi.es/docencia/ra_marina/cuatrim2/Temas/s7200.pdf

Módulos de entrada y salida:

http://isa.uniovi.es/docencia/ra_marina/cuatrim2/Temas/s7200.pdf

7.2. Libros

Seguridad de la Vida Humana en el Mar, SOLAS 1974 edición refundida de 2004. Organización Marítima Internacional. Londres, 2006.

Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, MARPOL 73/78 edición refundida de 2006. Organización Marítima Internacional. Londres, 2006.

3S: User Manual for PLC Programming with CoDeSys 2.3 (2007).

Manual del Incinerador del buque Panagia Thalassini, de Marflet Marine S.A.

Apuntes recogidos a lo largo del Grado de Marina y del Master.

7.3. Programas

CoDeSys 2.3.

Anexo I: Programación

1. Variables Globales

En este apartado aparecen todos los valores del programa.

VAR_GLOBAL

(*Salidas a válvulas*)

QxVALV_1_SLUDGE:BOOL;(*válvula entre el Tk de Sludge y el Tk de Incineración*)
QxVALV_2_INCI_TK:BOOL;(*válvula entre el Tk de Incineración y el incinerador*)
QxVALV_3_FO_TK:BOOL;(*válvula entre el Tk de FO y el Incinerador*)
QxVALV_4_TKS:BOOL;(*válvula entre todos los tanques de residuos y el Incinerador*)
QxVALV_5_PAPER:BOOL;(*válvula entre el Tk de Papel y el Incinerador*)
QxVALV_6_FOOD:BOOL;(*válvula entre el Tk de Comida y el Incinerador*)
QxVALV_7_PLASTIC:BOOL;(*válvula entre el Tk de Plástico y el Incinerador*)
QxVALV_8_DANGEROUS:BOOL;(*válvula entre el Tk de Sustancias Peligrosas y el Incinerador*)
QxVALV_9_INCI:BOOL;(*válvula entre el incinerador y el extractor de gases*)

(*Bombas*)

QxPUMP_1: BOOL; (*Bomba del Sludge*)
QxPUMP_2: BOOL; (*Bomba del Tk Incinerador*)
QxPUMP_3: BOOL; (*Bomba del FO*)

(*Sensores*)

IxNivel_INCI_1:BOOL;(*Nivel al 0% del incinerador*)
IxNivel_INCI_2:BOOL;(*Nivel al 15% del incinerador*)
IxNivel_INCI_3:BOOL;(*Nivel al 90% del incinerador*)
IxNivel_INCI_4:BOOL;(*Nivel al 98% del incinerador*)
IrTemp_INCI_5:REAL:=20; (*Temperatura del incinerador*)
IxDetector_INCI_6:BOOL; (*Detector de llama*)
IxLlama_INCI_7:BOOL; (*Sensor de Llama*)

IxNivel_INCI_TK_1: BOOL;(*Nivel al 10% del tk de incineración*)
IxNivel_INCI_TK_2:BOOL;(*Nivel al 65% del tk de incineración*)
IrTemp_INCI_TK_3:REAL:=240; (*Temperatura en el tk de incineración*)
IxBomba_INCI_TK_4:BOOL; (*Detección de Fallo en la Bomba entre el Tk de Incinerador y el Incinerador*)

IxNivel_SLUDGE_1: BOOL;(*Nivel al 5% del tk de sludge*)
IxNivel_SLUDGE_2:BOOL;(*Nivel al 50% del tk de sludge*)
IxNivel_SLUDGE_3: BOOL;(*Nivel al 75% del tk de sludge*)
IxBomba_SLUDGE_4:BOOL; (*Detección de Fallo en la Bomba entre el Tk de Incinerador y el Sludge Tk.*)

IxNivel_FO_TK_1: BOOL;(*Nivel al 5% del tk de FO*)
IxBomba_FO_TK_2:BOOL; (*Detección de Fallo en la Bomba entre el Tk de FO y el Incinerador*)

IxNivel_PAPER_1: BOOL;(*Nivel al 0% del tk de papel*)
IxNivel_PAPER_2:BOOL;(*Nivel al 50% del tk de papel*)

IxNivel_FOOD_1: BOOL;(*Nivel al 0% del tk de comida*)

IxNivel_FOOD_2:BOOL;(*Nivel al 25% del tk de comida*)

IxNivel_PLASTIC_1: BOOL;(*Nivel al 0% del tk de plásticos*)

IxNivel_PLASTIC_2:BOOL;(*Nivel al 45% del tk de plásticos*)

IxNivel_DANGEROUS_1: BOOL;(*Nivel al 0% del tk de sustancias peligrosas*)

IxNivel_DANGEROUS_2:BOOL;(*Nivel al 20% del tk de sustancias peligrosas*)

(*Botones*)

IxPARADA_DE_EMERGENCIA:BOOL;(*Parada de Emergencia del Sistema*)

IxARRANQUE_DEL_SISTEMA:BOOL;(*Arranque o Parada del Sistema*)

(*Salidas a indicadores Luminosos en el Control*)

QxALARMA_ALTO_NIVEL_INCI:BOOL;(*Mas de 98% en el Incinerador*)

QxALARMA_BAJO_NIVEL_FO:BOOL; (*Menos del 5% de FO*)

QxALARMA_ALTO_NIVEL_PAPER:BOOL;(*Mas del 50% de Papel*)

QxALARMA_ALTO_NIVEL_FOOD:BOOL;(*Mas del 25% de Comida*)

QxALARMA_ALTO_NIVEL_PLASTIC:BOOL;(*Mas del 45% de Plásticos*)

QxALARMA_ALTO_NIVEL_DANGEROUS:BOOL;(*Mas del 20% de Sustancias peligrosas*)

QxALARMA_BAJA_TEMP_INCI_TK:BOOL;(*Menos de 240°C en el tanque del incinerador*)

QxALARMA_BOMBA:BOOL; (*Error de bomba*)

QxALARMA_LLAMA:BOOL; (*Error de llama del Incinerador*)

(* Variables de simulación *)

rTemperatura_INCI: REAL:=20.0; (* valor entre 0.0 ..1200.0) *)

rTemperatura_INCI_TK:REAL:=240.0; (* valor entre 0.0 ..100.0) *)

rNivelINCI: REAL:=0.0;(*Incinerador*)

rNivelSLUDGE: REAL:=55.0;(*Sludge*)

rNivelINCI_TK: REAL:=50.0;(*Tk Incinerador*)

rNivelFO: REAL:=75.0;(*Tanque de FO*)

rNivelPAPER: REAL:=35.0;(*Papel*)

rNivelFOOD: REAL:=45.0;(*Comida*)

rNivelPLASTIC: REAL:=55.0;(*Plásticos*)

rNivelDANGEROUS: REAL:=28.0;(*Sustancias Peligrosas*)

END_VAR

2.Simulacion de Combustible

En este apartado se simulan los cambios de niveles entre los tanques.

(*Incinerador*)

```
IF QxVALV_2_INCI_TK THEN
  rNivelINCI:=rNivelINCI + 0.3;
  END_IF;
```

(*Nivel de llenado del Incinerador a través de la válvula 2 que viene del Tk. Incinerador*)

```
IF QxVALV_4_TKS THEN
  rNivelINCI:=rNivelINCI + 0.5;
  END_IF;
```

(*Nivel de llenado del Incinerador a través de la válvula 4 que procede de los tanque de residuos*)

```
IF rNivelINCI < 0.0 THEN
  rNivelINCI:=0.0;
  END_IF;
```

```
IF rNivelINCI > 100.0 THEN
  rNivelINCI:=100.0;
  END_IF;
```

(*Nivel máximo y mínimo del tanque*)

```
lxNivel_INCI_1:= (rNivelINCI = 0.0);
lxNivel_INCI_2 := (rNivelINCI >= 15.0);
lxNivel_INCI_3 := (rNivelINCI >= 90.0);
lxNivel_INCI_4:= (rNivelINCI >=98.0);
(*Sensores de nivel del Incinerador*)
```

(*Tk del Incinerador*)

```
IF QxVALV_1_SLUDGE THEN
  rNivelINCI_TK:=rNivelINCI_TK + 0.2;
  END_IF;
```

(*Nivel de llenado del Tk. Incinerador a través de la válvula 1 procedente del Tk. del Sludge*)

```
IF QxVALV_2_INCI_TK THEN
  rNivelINCI_TK:=rNivelINCI_TK - 0.5;
  END_IF;
```

(*Nivel de vaciado del Tk. Incinerador a través de la válvula 2 que se dirige al Incinerador*)

```
IF rNivelINCI_TK < 0.0 THEN
  rNivelINCI_TK:=0.0;
  END_IF;
```

```
IF rNivelINCI_TK > 100.0 THEN
  rNivelINCI_TK:=100.0;
  END_IF;
```

(*Nivel máximo y mínimo del tanque*)

```
lxNivel_INCI_TK_1:= (rNivelINCI_TK >= 10.0);
lxNivel_INCI_TK_2:= (rNivelINCI_TK >=65.0);
(*Sensores del Tk. Incinerador*)
```

(*Sludge Tk*)

IF QxVALV_1_SLUDGE THEN

 rNivelSLUDGE:=rNivelSLUDGE -0.9;

 END_IF;

(*Nivel de vaciado del Tk Sludge a través de la válvula 1*)

IF rNivelSLUDGE < 0.0 THEN

 rNivelSLUDGE:=0.0;

 END_IF;

IF rNivelSLUDGE > 100.0 THEN

 rNivelSLUDGE:=100.0;

 END_IF;

(*Nivel máximo y mínimo del tanque*)

IxNivel_SLUDGE_1:=(rNivelSLUDGE>=5.0);

IxNivel_SLUDGE_2:=(rNivelSLUDGE>=50.0);

IxNivel_SLUDGE_3:=(rNivelSLUDGE>=75.0);

(*Sensores de nivel del Tk. Sludge*)

(*FO Tk*)

IF QxVALV_3_FO_TK THEN

 rNivelFO:=rNivelFO -0.001;

 END_IF

(*Nivel de vaciado del Tk. Fuel Oil*)

IF rNivelFO < 0.0 THEN

 rNivelFO:=0.0;

 END_IF;

IF rNivelFO > 100.0 THEN

 rNivelFO:=100.0;

 END_IF;

(*Nivel máximo y mínimo del tanque*)

IxNivel_FO_TK_1:=(rNivelFO>=5.0);

(*Sensor de nivel del Tk. de FO*)

(*Paper Tk*)

IF QxVALV_5_PAPER THEN

 rNivelPAPER:=rNivelPAPER -0.9;

 END_IF

(*Nivel de vaciado del Tk de Papel a través de la válvula 5*)

IF rNivelPAPER < 0.0 THEN

 rNivelPAPER:=0.0;

 END_IF;

IF rNivelPAPER > 100.0 THEN

 rNivelPAPER:=100.0;

END_IF;
(*Nivel máximo y mínimo del tanque*)

IxNivel_PAPER_1:=(rNivelPAPER>=0.0);
IxNivel_PAPER_2:=(rNivelPAPER>=50.0);
(*Sensores del Tk. de Papel*)

(*Food Tk*)

IF QxVALV_6_FOOD THEN
 rNivelFOOD:=rNivelFOOD -0.9;
 END_IF
(*Nivel de vaciado del Tk de Comida a través de la válvula 6*)

IF rNivelFOOD < 0.0 THEN
 rNivelFOOD:=0.0;
 END_IF;
IF rNivelFOOD > 100.0 THEN
 rNivelFOOD:=100.0;
 END_IF;
(*Nivel máximo y mínimo del tanque*)

IxNivel_FOOD_1:=(rNivelFOOD>=0.0);
IxNivel_FOOD_2:=(rNivelFOOD>=25.0);
(*Sensores del Tk. de Comida*)

(*Plastic Tk*)

IF QxVALV_7_PLASTIC THEN
 rNivelPLASTIC:=rNivelPLASTIC -0.9;
 END_IF
(*Nivel de vaciado del Tk de Plástico a través de la válvula 7*)

IF rNivelPLASTIC < 0.0 THEN
 rNivelPLASTIC:=0.0;
 END_IF;
IF rNivelPLASTIC > 100.0 THEN
 rNivelPLASTIC:=100.0;
 END_IF;
(*Nivel máximo y mínimo del tanque*)

IxNivel_PLASTIC_1:=(rNivelPLASTIC>=0.0);
IxNivel_PLASTIC_2:=(rNivelPLASTIC>=45.0);
(*Sensores del Tk. de Plástico*)

(*Dangerous Tk*)

IF QxVALV_8_DANGEROUS THEN
 rNivelDANGEROUS:=rNivelDANGEROUS -0.9;
 END_IF
(*Nivel de vaciado del Tk de Sustancias Peligrosas a través de la válvula 8*)

```
IF rNivelDANGEROUS < 0.0 THEN
  rNivelDANGEROUS:=0.0;
  END_IF;
IF rNivelDANGEROUS > 100.0 THEN
  rNivelDANGEROUS:=100.0;
  END_IF;
(*Nivel máximo y mínimo del tanque*)
```

```
lxNivel_DANGEROUS_1:=(rNivelDANGEROUS>=0.0);
lxNivel_DANGEROUS_2:=(rNivelDANGEROUS>=20.0);
(*Sensores del Tk. de Sustancias Peligrosas*)
```

3. Simulación de Temperatura

En este apartado se simula el cambio de temperatura producido en el Incinerador y en el Tk. Incinerador.

(*Temperatura del Incinerador*)

IF QxVALV_3_FO_TK THEN

 lrTemp_INCI_5:=lrTemp_INCI_5 + 10;

 END_IF;

 (*Incremento de temperatura a causa de FO*)

IF QxVALV_4_TKS AND QxVALV_5_PAPER THEN

 lrTemp_INCI_5:=lrTemp_INCI_5 + 3;

 END_IF;

 (*Incremento de temperatura a causa de Papel*)

IF QxVALV_4_TKS AND QxVALV_6_FOOD THEN

 lrTemp_INCI_5:=lrTemp_INCI_5 + 0.5;

 END_IF;

 (*Incremento de temperatura a causa de Comida*)

IF QxVALV_4_TKS AND QxVALV_7_PLASTIC THEN

 lrTemp_INCI_5:=lrTemp_INCI_5 - 0.5;

 END_IF;

 (*Incremento de temperatura a causa de Plásticos*)

IF QxVALV_4_TKS AND QxVALV_8_DANGEROUS THEN

 lrTemp_INCI_5:=lrTemp_INCI_5 - 0.5;

 END_IF;

 (*Incremento de temperatura a causa de Sustancias Peligrosas*)

IF QxVALV_2_INCI_TK THEN

 lrTemp_INCI_5:=lrTemp_INCI_5 + 4;

 END_IF;

 (*Incremento de temperatura a causa de Sludge*)

IF QxVALV_9_INCI THEN

 lrTemp_INCI_5:=lrTemp_INCI_5 - 20;

 END_IF;

 (*Bajada de Temperatura a causa del Ventilador*)

IF lrTemp_INCI_5<20.0 THEN

 lrTemp_INCI_5:=20.0;

 END_IF;

IF lrTemp_INCI_5> 1200.0 THEN

 lrTemp_INCI_5 :=1200.0;

(*Nivel máximo y mínimo de Temperatura en el Incinerador*)

 END_IF;

(*Temperatura del Tk Incinerador*)

IF QxVALV_1_SLUDGE THEN

 lrTemp_INCI_TK_3:=lrTemp_INCI_TK_3 -0.01;

 END_IF;

IF lrTemp_INCI_TK_3<210.0 THEN

 lrTemp_INCI_TK_3:=210.0;


```
END_IF;
```

```
IF IrTemp_INCI_TK_3>240.0 THEN
```

```
(*Nivel máximo y mínimo de Temperatura en el Tk de Incinerador*)
```

```
IrTemp_INCI_TK_3:=240.0;
```

```
END_IF;
```

4. Errores

Simulación de los errores que se pueden producir en el sistema.

(*Fallos que se pueden simular*)

```
IF IxBomba_FO_TK_2 THEN QxALARMA_BOMBA:= TRUE;END_IF; (*Fallo de la bomba de FO*)
```

```
IF IxBomba_INCI_TK_4 THEN QxALARMA_BOMBA:= TRUE;END_IF; (*Fallo de la bomba del Tk Incinerador*)
```

```
IF IxBomba_SLUDGE_4 THEN QxALARMA_BOMBA := TRUE;END_IF;(*Fallo de la bomba de Sludge*)
```

```
IF IxLlama_INCI_7 THEN QxALARMA_LLAMA:=TRUE;END_IF; (*Fallo de llama en el Incinerador*)
```

```
IF QxALARMA_BOMBA THEN IxPARADA_DE_EMERGENCIA:=TRUE ;END_IF; (*Si hay fallo de bomba se apaga el sistema*)
```

5. Programación de Incineración

Programación de la incineración del sistema.

(*Control del nivel de los Tanques*)

```
IF (rNivelFOOD>25.0 OR rNivelPAPER>50.0 OR rNivelPLASTIC>45.0 OR rNivelDANGEROUS>20.0
OR rNivelINCI_TK>75) THEN QxVALV_3_FO_TK:=TRUE;
ELSIF (rNivelFOOD<25.0 OR rNivelPAPER<50.0 OR rNivelPLASTIC<45.0 OR
rNivelDANGEROUS<20.0 OR rNivelINCI_TK<75) THEN QxVALV_3_FO_TK:=FALSE;
END_IF;
```

(*Control del Extrator de humo*)

```
IF (rNivelFOOD<25.0 AND rNivelPAPER<50.0 AND rNivelPLASTIC<45.0 AND
rNivelDANGEROUS<20.0 AND rNivelINCI_TK<75 AND rNivelINCI<16) THEN
QxVALV_9_INCI:=TRUE;
END_IF;
IF QxVALV_3_FO_TK OR QxVALV_2_INCI_TK OR QxVALV_4_TKS OR IrTemp_INCI_5<=25 THEN
QxVALV_9_INCI:=FALSE;
END_IF;
```

(*Control del Nivel de vaciado y de temperatura en el interior del Incinerador*)

```
IF rNivelINCI>5 AND IrTemp_INCI_5>40 THEN rNivelINCI:=rNivelINCI -0.3;
END_IF;
```

(*Control de las Trampillas: Si una de las trampillas de los tanques se abre, entonces la trampilla principal del incinerador se abre*)

```
IF QxVALV_5_PAPER OR QxVALV_6_FOOD OR QxVALV_7_PLASTIC OR
QxVALV_8_DANGEROUS THEN QxVALV_4_TKS:=TRUE;
ELSIF NOT (QxVALV_5_PAPER OR QxVALV_6_FOOD OR QxVALV_7_PLASTIC OR
QxVALV_8_DANGEROUS) THEN QxVALV_4_TKS:=FALSE;
END_IF;
```

(*Control de Válvulas y Trampillas de los tanques de basura y sludge dependiendo de la temperatura actual del Incinerador*)

```
IF IrTemp_INCI_5>100 AND rNivelPAPER>50.0 THEN QxVALV_4_TKS:=TRUE;
QxVALV_5_PAPER:=TRUE;
ELSIF rNivelPAPER<=0.0 THEN QxVALV_5_PAPER:=FALSE;
END_IF;
```

(*Trampilla de Papel*)

```
IF IrTemp_INCI_5>320 AND rNivelFOOD>25.0 THEN QxVALV_4_TKS:=TRUE;
QxVALV_6_FOOD:=TRUE;
ELSIF rNivelFOOD<=0.0 THEN QxVALV_6_FOOD:=FALSE;
```

END_IF;

(*Trampilla de Comida*)

```
IF IrTemp_INCI_5>1100 AND (rNivelPLASTIC>45.0 OR rNivelDANGEROUS>20.0) THEN
QxVALV_4_TKS:=TRUE; QxVALV_7_PLASTIC:=TRUE; QxVALV_8_DANGEROUS:=TRUE;
  ELSIF (rNivelPLASTIC<=0.0 AND rNivelDANGEROUS<=0.0) THEN
QxVALV_7_PLASTIC:=FALSE; QxVALV_8_DANGEROUS:=FALSE;
  END_IF;
```

(*Trampilla de Plásticos y Sustancias Peligrosas*)

```
IF IrTemp_INCI_5>240 AND rNivelINCI_TK>75.0 THEN QxVALV_2_INCI_TK:=TRUE;
  END_IF;
```

(*Válvula del Tanque Incinerador*)

(*Control de Tanques de Papel y Comida para ahorrar FO*)

```
IF QxVALV_5_PAPER AND(NOT(QxVALV_6_FOOD OR QxVALV_7_PLASTIC OR
QxVALV_8_DANGEROUS)) AND (IrTemp_INCI_5>105) THEN QxVALV_3_FO_TK:=FALSE;END_IF;
```

```
IF QxVALV_6_FOOD AND(NOT(QxVALV_5_PAPER OR QxVALV_7_PLASTIC OR
QxVALV_8_DANGEROUS)) AND (IrTemp_INCI_5>321) THEN QxVALV_3_FO_TK:=FALSE;END_IF;
```

(*Si hay una parada de emergencia el sistema se apaga*)

```
IF IxPARADA_DE_EMERGENCIA THEN
  IxARRANQUE_DEL_SISTEMA:=FALSE;
  END_IF;
```

(*Arranque del Sistema*)

```
IF NOT IxARRANQUE_DEL_SISTEMA THEN
  QxVALV_1_SLUDGE:=FALSE; QxVALV_2_INCI_TK:=FALSE; QxVALV_3_FO_TK:=FALSE;
QxVALV_4_TKS:=FALSE; QxVALV_5_PAPER:=FALSE; QxVALV_6_FOOD:=FALSE;
QxVALV_7_PLASTIC:=FALSE; QxVALV_8_DANGEROUS:=FALSE;
  END_IF;
```

6. Programación de luces

Programación de las luces de alarma y de la simulación del tanque incineración.

(*Indicadores luminosos de Alarmas*)

QxALARMA_ALTO_NIVEL_INCI:=IxNivel_INCI_4;

(*Alarma de Alto Nivel en el Incinerador*)

QxALARMA_BAJO_NIVEL_FO:= NOT IxNivel_FO_TK_1;

(*Alarma de poco combustible de FO en el buque*)

QxALARMA_ALTO_NIVEL_PAPER:=IxNivel_PAPER_2;

(*Alarma de Alto Nivel de Papel*)

QxALARMA_ALTO_NIVEL_FOOD:=IxNivel_FOOD_2;

(*Alarma de Alto Nivel de Comida*)

QxALARMA_ALTO_NIVEL_PLASTIC:=IxNivel_PLASTIC_2;

(*Alarma de Alto Nivel de Plásticos*)

QxALARMA_ALTO_NIVEL_DANGEROUS:=IxNivel_DANGEROUS_2;

(*Alarma de Alto Nivel de Sustancias Peligrosas*)

QxALARMA_BAJA_TEMP_INCI_TK:=(IrTemp_INCI_TK_3<=20);

(*Alarma de Baja temperatura en el Tk Incinerador*)

QxALARMA_BOMBA:=IxBomba_INCI_TK_4 OR IxBomba_FO_TK_2 OR
IxBomba_SLUDGE_4; (*Alarma en una de las bombas de trasiego*)

QxALARMA_LLAMA:= IxLlama_INCI_7;

(*Alarma de ausencia de llama*)

(*Indicadores del esquema*)

IxLlama_INCI_7:=(IrTemp_INCI_5>=100);

(*Indicador de que está quemando residuo el Incinerador*)

(*Válvulas con bombas*)

QxVALV_1_SLUDGE:=QxPUMP_1;

QxVALV_2_INCI_TK:=QxPUMP_2;

QxVALV_3_FO_TK:=QxPUMP_3;

(*Control del nivel del tanque de Sludge*)

RS1(SET:=IxNivel_SLUDGE_2 , RESET1:=(NOT IxNivel_SLUDGE_1));

QxVALV_1_SLUDGE:=RS1.Q1;

