



**Universidad
Europea**

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

**ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO
ÁREA INGENIERÍA PRODUCTORA**

**GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
AUTOMÁTICA**

ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

**EQUIPO DE REGASIFICACIÓN PORTATIL PARA
INSTALACIONES DE GNL**

Alumno: D. ÁLVARO PINTO GARCÍA

Director: D. DANIEL GARCÍA MARTÍNEZ

DICIEMBRE 2022

TÍTULO: EQUIPO DE REGASIFICACIÓN PORTATIL PARA INSTALACIONES DE GNL

AUTOR: ÁLVARO PINTO GARCÍA

DIRECTOR DEL PROYECTO: DANIEL GARCÍA MARTÍNEZ

FECHA: 12 de diciembre de 2022

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fin de grado es darle solución a una situación de emergencia en la que pueda verse afectado el suministro gas natural a un municipio o parte de ello por tiempo prolongado, zona industrial o cliente crítico (hospitales, residencias...) entre otros, ya que actualmente hay una gran cantidad de municipios suministrados con gas natural a través de plantas de gas natural licuado (GNL), y algunos de ellos con un número importante de puntos de suministro, por encima de 1000 puntos.

Para ello, se estudiará el diseño y la fabricación de un regasificador portátil de GNL, el cual facilitara las labores de recuperación del servicio de suministro de gas natural, pudiéndose transportar e instalar de una forma sencilla en el punto de la emergencia, pudiendo ser alimentado por medio del propio tanque de la planta de GNL del municipio o de un camión cisterna criogénico.

La característica a destacar del proyecto será el uso de una regasificación forzada mediante un vaporizador de GNL (intercambiador carcasa-tubos) con agua caliente procedente del módulo de calderas, lo cual facilitará elevar la temperatura, sea cual sea la temperatura exterior, para su posterior inyección a la red a presión de suministro, antes de esto se realizará una regulación previa y una odorización con THT (tetrahidrotiofeno) al gas natural resultante.

Asimismo, se justificará y se valorará los materiales y el equipamiento necesario para realizar la fabricación como para su puesta en servicio.

Palabras clave: GNL, gas natural, cisterna, suministro, regasificador, red.

ABSTRACT

The main objective of this final degree project is to provide a solution to an emergency situation in which the natural gas supply to a municipality or part of it may be affected for a prolonged period of time, industrial area or critical customer (hospitals, residences...) among others, as there are currently a large number of municipalities supplied with natural gas through liquefied natural gas (LNG) plants, and some of them with a significant number of supply points, over 1000 points.

To this end, the design and manufacture of a portable LNG regasification unit will be studied, which will facilitate the work of recovering the natural gas supply service. It can be easily transported and installed at the point of emergency, and can be fed by means of the municipality's own LNG plant tank or a cryogenic tanker truck.

The main feature of the project will be the use of forced regasification by means of an LNG vaporiser (shell-and-tube exchanger) with hot water from the boiler module, which will enable us to raise the temperature, whatever the outside temperature, for subsequent injection into the network at supply pressure, before this which the resulting natural gas will be pre-regulated and odourised with THT (tetrahydrothiophene).

Likewise, the materials and equipment necessary to carry out the manufacture and commissioning will be justified and assessed.

Key words: Lng, natural gas, tanker, supply, regasifier, network.

Índice

Contenido

RESUMEN	3
ABSTRACT.....	4
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Planteamiento del problema.....	8
1.2 Objetivos del proyecto	9
1.3 Estructura del proyecto.....	9
Capítulo 2. MEMORIA	11
2.1 Objeto:	11
2.2 Alcance:	11
2.3 Antecedentes:	11
2.4 Disposiciones legales y normas aplicadas:	21
2.5 Programas de cálculo:.....	22
2.6 Requisitos de diseño:	22
2.7 Resultados finales:	23
Capítulo 3. CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE TRABAJO.....	43
Capítulo 4. ANEXOS	45
4.1 Anexo I Cálculos justificativos de los elementos diseñados para el regasificador portátil.	45
4.2 Anexo II Ficha de los datos de los fabricantes de los elementos para el regasificador portátil.	54
Capítulo 5. PLANOS.....	75
Capítulo 6. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	81
6.1. Condiciones generales	81
6.2. Materiales, equipos y servicios.....	82
6.3. Las pruebas.....	83
6.4. Entrega de documentación	83
Capítulo 7. PRESUPUESTO.....	85

Capítulo 8. ESTUDIOS DE ENTIDAD PROPIA	91
BIBLIOGRAFÍA.....	93

Índice de Figuras

Ilustración 1: La red de básica de gaseoductos de la Península. Fuente [19]	14
Ilustración 2: Cadena básica de GNL. Fuente [20]	14
Ilustración 3: Inflamabilidad del GNL. Fuente [21]	16
Ilustración 4: Izq. Placa ADR de GNL. Fuente [22]. Dcha. Cisterna de GNL. Fuente Propia	17
Ilustración 5: Izq. Válvula de frío intercambiador. Fuente Propia. Ctro y Dcha. Intercambiador e intercambiador con hielo. Fuente Propia.....	18
Ilustración 6: Regasificador forzado. Fuente [23].....	18
Ilustración 7: Sistema odorización con THT por arrastre. Fuente Propia	19
Ilustración 8: Izq. PLC de planta. Fuente Propia. Ctro y Dcha. Interior Cuadro PLC. Fuente Propia	20
Ilustración 9: Sistema SCADA. Fuente Propia.....	21
Ilustración 10: Valvula YTA 70. Fuente [24]	27
Ilustración 11: Valvula mariposa-lug. Fuente [25].....	28
Ilustración 12: Regulador DBM. Fuente [26]	29
Ilustración 13: Manómetro Glicerina. Fuente [34]	29
Ilustración 14: VES VS/AM 56. Fuente [27]	30
Ilustración 15: Señal combinada inflamable + no fumar. Fuente [29].....	32
Ilustración 16: Central de alarma de gas CA-4. Fuente [30].....	33
Ilustración 17: Sensor remoto de gas modelo "S/3-2". Fuente [31].....	34
Ilustración 18: Curva de especificaciones Grundfos / Magna1 D 40-150F. Fuente [28].....	50

Índice de Tablas

Tabla 1: Composición volumétrica Gas Natural. Fuente Propia.....	12
Tabla 2: Características del Gas Natural. Fuente Propia.....	13
Tabla 3: Propiedades del GNL. Fuente Propia.....	15
Tabla 4: Características algunos gases combustibles. Fuente Propia.....	16
Tabla 5: Niveles de protección de elementos Fuente [32].....	39
Tabla 6: Requisitos de los conductos. Fuente [33].....	42
Tabla 7: Potencia eléctrica a instalar. Fuente Propia.....	53
Tabla 8: Presupuesto. Fuente Propia, base de precios de los diferentes fabricantes de elementos y generador de precios de CYPE Ingenieros S.A.[37].....	85
Tabla 9: Diagrama de Gantt. Fuente Propia.....	91
Tabla 10: Retorno de Inversión. Fuente Propia.....	92

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto surge de más 8 años de trabajo en el sector energético y más concretamente en labores de urgencia dentro de los servicios técnicos como operario de intervención. El especial interés suscitado por el Gas Natural Licuado (GNL) en cuestión y la posibilidad de ampliar los conocimientos sobre fluidos, termodinámica, mecánica y electrónica aplicada al mundo energético, han sido la motivación principal para comenzar a estudiar y diseñar una solución a este problema.

Por otro lado, al rodearme de personal especializado en plantas de GNL junto con las formaciones recibidas en Urgencias de Red de gas natural y actuaciones llevadas a cabo en las mismas, me otorgan una visión más específica sobre este producto.

En este trabajo se estudia la solución a los diferentes problemas de urgencia o emergencia que podamos encontrar en el suministro de gas natural, ya sea por causas en el interior de una planta satélite de regasificación de GNL o por un problema en la red de suministro a un municipio o una parte del mismo. Consiguiendo minimizar el trastorno que ello pudiera causar a los consumidores de gas natural.

1.1 Planteamiento del problema

El siguiente proyecto se redacta para dar solución a la problemática que resulta la falta de suministro de gas natural a un municipio.

Para ello se analizará el diseño y fabricación de un elemento que servirá para restablecer el suministro o ayudar para que el mismo no cese en los hogares o industrias, con ayuda de cálculos y de normativas vigentes para que el proyecto sea viable y pueda así, llegar a su posterior fabricación y uso en un futuro si fuese necesario.

Los problemas que podríamos subsanar serían los siguientes:

Gasificar GNL en una planta en la que surja cualquier incidencia en el depósito, regasificadores, válvulas, fugas en puntos que no se puedan resolver fácilmente, etc. etc.

Recalentar gas si se produce un fallo en el recalentador de una planta (puenteando el gasificador existente, si fuese posible).

Suministrar gas en apoyo a una planta de GNL por falta de capacidad de esta, en cualquier Municipio.

Ante épocas largas de inviernos en los que los regasificadores se saturan de hielo y no son capaces de gasificar lo suficiente. Este equipo al ser de regasificación forzada (Es un intercambiador por agua caliente que se calienta con calderas a gas natural) no afectándole así las adversidades de la climatología.

Suministrar gas en cualquier parte del territorio (No necesariamente en una planta de GNL) desde una cisterna de GNL, ante cualquier incidencia que ocasione un defecto de suministro en un Municipio o parte de este, por un tiempo prolongado (casos como los ocurridos en Sevilla o Tarragona, en la que semejantes riadas en sendos ríos, el Río Guadalquivir y el Río Franacolí, afectaron la tubería que suministraba a la población de La Algaba y a la de L'espluga de Francolí respectivamente, dejando sin suministro los municipios durante horas), con los trastornos que ello conlleva para los usuarios.

Para intervenciones en la red con afección a zonas industriales, hospitales, residencias o un número importante de usuarios, los cuales dependen directamente de un suministro ininterrumpido.

1.2 Objetivos del proyecto

Por lo tanto, el objetivo fundamental del siguiente proyecto es la de diseñar y calcular un sistema de regasificación GNL autónoma y portátil para una situación en caso de urgencia o emergencia, y de esta manera conseguir restablecer o directamente no llegar a desabastecer de suministro de gas natural a un municipio, pudiendo ser desplazado de manera rápida para ocasionar el menor trastorno posible.

1.3 Estructura del proyecto

El proyecto sigue los términos básicos establecidos en la norma **UNE 157001:2014** [1], "Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico".

En este sentido el proyecto seguirá la siguiente estructura:

- Resumen: Breve explicación del motivo del estudio y de la solución propuesta para solventar el problema.

- Capítulo 1. Introducción. Este capítulo será el prólogo donde se va introduciendo el desarrollo del proyecto.
- Capítulo 2. Memoria. Capítulo donde se enumerarán todas las especificaciones fundamentales del proyecto en cuanto a los materiales o elementos necesarios en una Planta Satélite de Regasificación (PSR), así como la justificación del cumplimiento de la normativa que les es de aplicación a lo que estudiamos como solución técnica propuesta, módulo completo de regasificación-regulación.
- Capítulo 3. Conclusiones y futuras líneas de trabajo. Exposición de las ideas fundamentales a las que se han llegado después de haber considerado los puntos principales tratados en el proyecto y las posibles modificaciones que se podrían llegar a añadir a posteriori.
- Capítulo 4. Anexos. En este capítulo se incluirán tanto las fichas técnicas de los diferentes materiales usados en la creación del regasificador portátil como de los cálculos justificativos de la solución propuesta.
- Capítulo 5. Planos. En este capítulo se representará gráficamente dónde se ubican los elementos del módulo de calderas y de los elementos del módulo de regasificación-regulación.
- Capítulo 6. Pliego de Condiciones. Capítulo donde se precisarán las especificaciones de los elementos de ambos módulos además concretar cuál es la normativa que les es de aplicación actualmente, las pruebas que se realizan previa a su entrega y la documentación a entregar a su finalización.
- Capítulo 7. Presupuesto. Presentación de un listado con las unidades o diámetros necesarios en ambos módulos, así como una valoración económica de los mismos.
- Capítulo 8. Estudios de entidad propia. Capítulo en el que se enmarca el Diagrama de Gantt en el que se indica la secuencia del proyecto
- Bibliografía. Exposición de las referencias bibliográficas que han sido de utilidad a la hora de la redacción del proyecto.

Capítulo 2. MEMORIA

2.1 Objeto:

El propósito del siguiente proyecto, como ya se apuntó en la introducción es la de diseñar un sistema de regasificación portátil de GNL de manera autónoma como solución a una falta de suministro de gas natural a un municipio, para ello se tendrá que definir y especificar los requisitos y condiciones que tienen que cumplir según la normativa y que les son de aplicación en materia de seguridad, justificando cada uno de los sistemas propuestos a través de cálculos, además de realizar una valoración económica tanto de los materiales y del equipamiento necesario como de los trabajos de la instalación y puesta en servicio de los sistemas de regasificación, regulación y medida, odorización.

2.2 Alcance:

El alcance del siguiente proyecto es la de diseñar un sistema de regasificación de GNL portátil en caso de no poder disponer de una planta de GNL o de hacer llegar el suministro de gas natural de forma entubada a un municipio, donde se tendrá que definir los requisitos y condiciones según normativa, realizando los cálculos justificativos para ello, adicionalmente se realizará una valoración económica de los materiales y del equipamiento además de los trabajos a ejecutar para su puesta en servicio.

2.3 Antecedentes:

Este estudio trata de dar solución al problema que ocasiona actualmente la falta de suministro al consumidor, ya que, el momento cliente es de las cuestiones más tenidas en cuenta por las empresas y a su vez de las más valoradas por el cliente en cuestión.

El planteamiento que se ha tenido en cuenta para este TFG no se enfoca en un entorno macroeconómico, sino al simple hecho de solventar la falta de suministro de gas natural en una población y así conseguir una mejora en la calidad del servicio.

Actualmente, por la sucesión de acontecimientos que se están produciendo, se conoce aún más los problemas que se generan cuando un país exportador de gas natural limita el suministro a países vecinos. Por ello sabemos de la importancia que tiene disponer de una energía como es esta.

Como ejemplo, aumentar las compras de gas natural licuado es la opción que ha tomado Europa para frenar la escalada de precios de la energía durante la guerra de Rusia y Ucrania.

Es este trabajo de fin de grado se analiza más concretamente los casos de fallo en el suministro por problemas puntuales dentro de un municipio, ya que hemos comprobado que el GNL ha sido la solución a un país, mediante el transporte marítimo como son los buques metaneros, determinamos que para un municipio lo es de igual forma aunque por transporte terrestre.

El gas que se recibe y que será en forma líquida a través de un camión con una cisterna criogénica y que se devolverá a su estado inicial para poderlo inyectar a la red de consumo domestico o industrial va a ser, como ya se ha hablado previamente, Gas Natural.

Posteriormente se procede a comentar características que se deben de conocer antes de ponerse a trabajar con un gas nocivo e inflamable como es el Gas Natural.

El Gas Natural tiene una composición volumétrica de:

Tabla 1: Composición volumétrica Gas Natural. Fuente Propia.

	Tipo 1	Tipo 2
Metano (CH ₄)	85,2 %	91,4 %
Etano (C ₂ H ₆)	13,6 %	7,2 %
Hidrocarburos superiores	0,4 %	0,8 %
Nitrógeno (N ₂)	0,8 %	0,6 %

Las características de Gas Natural son:

Tabla 2: Características del Gas Natural. Fuente Propia.

	Tipo 1	Tipo 2
Poder Calorífico Superior(PCS)	10.500 kcal/m ³ (s)	10.130 kcal/m ³ (s)
Poder Calorífico Inferior (PCI)	9.450 kcal/m ³ (s)	9.120 kcal/m ³ (s)
Densidad relativa respecto aire	0,62	0,60
Índice de Woobe	55,46 MJ/m ³ (s)	54,68 MJ/m ³ (s)

El Gas Natural pertenece a la segunda familia de acuerdo con la norma **UNE EN 437** [2]. Es incoloro, no corrosivo, no tóxico, gaseoso a temperatura ordinaria y licuable por enfriamiento bajo presión en un recipiente cerrado. Esta presión es la tensión de vapor del Gas Natural a la temperatura a la que se encuentra.

Como puede observarse en la anterior tabla, la densidad relativa del Gas Natural es inferior a la unidad, lo que supone que el gas natural es más ligero que el aire, a diferencia de los Gases Licuados del Petróleo (GLP).

Es inodoro y por tanto para que pueda ser detectable es necesario odorizarlo mediante THT.

El THT es lo que se conoce comúnmente como el “olor” del gas natural, un compuesto de azufre orgánico con un olor intenso y fácil de detectar, el cual y se percibe nos alerta presencia de gas de forma casi instantánea.

La red de básica de gaseoductos de la Península Ibérica sería:

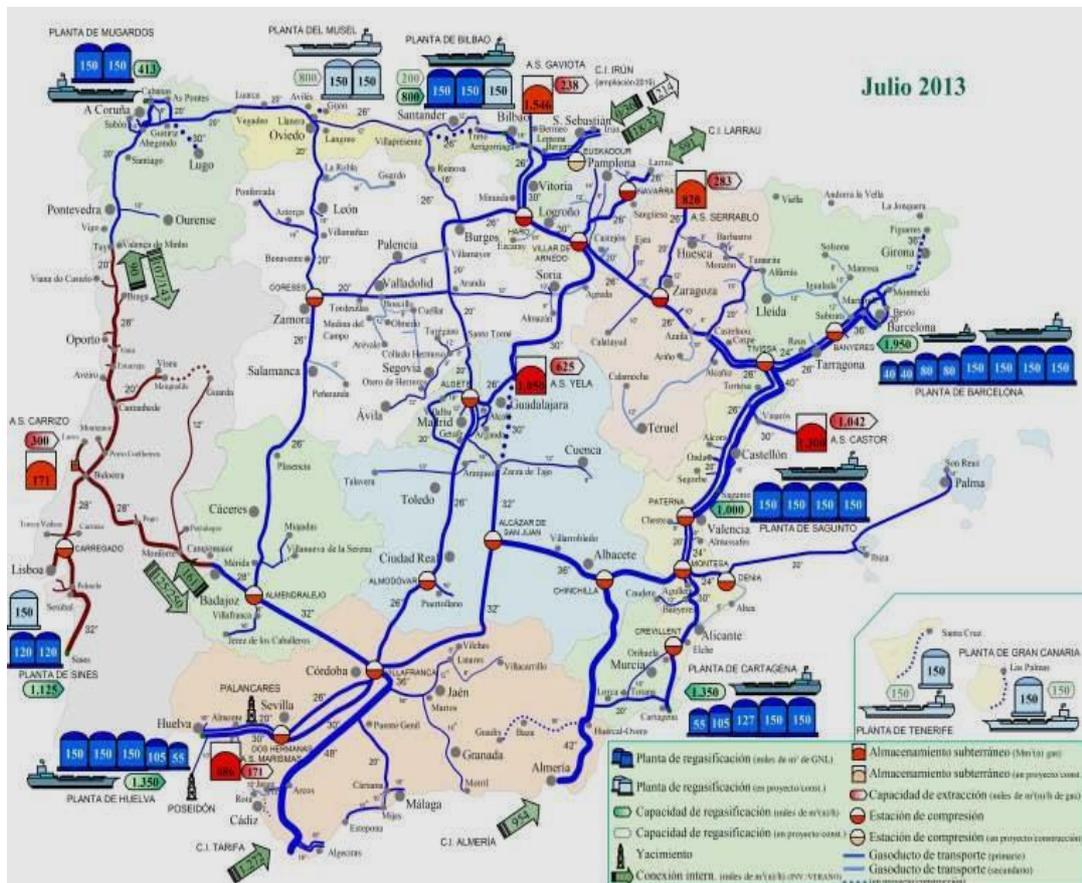


Ilustración 1: La red de básica de gaseoductos de la Península. Fuente [19]

La cadena básica de GNL se podría resumir con esta imagen:



Ilustración 2: Cadena básica de GNL. Fuente [20]

La ilustración que observamos no hace un pequeño resumen de los procesos que se realizan desde que se extrae el gas natural en estado gaseoso, pasando por su licuefacción para su fácil

almacenaje en estado líquido y su posterior vaporización para devolverlo al estado gaseoso de nuevo, para que de este modo llegue a todos los hogares e industrias.

En el interior del depósito criogénico y en la instalación, en su parte criogénica, el gas natural se trata en su forma líquida, como GNL a $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ aproximadamente. En este estado, el GNL tiene las siguientes propiedades particulares:

Tabla 3: Propiedades del GNL. Fuente Propia.

Peso Específico a $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$	460 kg/m ³
Capacidad de gasificación: 1 m ³ de G.N.L. proporciona 570 Nm ³ de G.N.	
Entalpía de cambio de fase entre líquido a $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ y gas a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (presión bar).....	220 kcal/kg.
Calor específico medio del gas entre $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $0\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,48 kcal/kg. $^{\circ}\text{C}$
Viscosidad del líquido a $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,1412 cP
Viscosidad del boil-off a $-157\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,0048 cP
Viscosidad del gas natural a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$	0.0103 cP
Densidad del líquido (GNL) a $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,46 kg./l.

Cuando hablamos de GNL hacemos referencia a gas natural (>75%CH₄ y >5% N₂) en estado líquido. Como ya comentamos anteriormente para que su estado se mantenga en modo líquido hace falta temperaturas del orden de $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$.

En este caso sigue siendo inodoro, incoloro pero además es un líquido transparente que no es corrosivo ni tóxico.

Debido a su baja temperatura observamos que es sumamente frío, por lo tanto a presión atmosférica su punto de ebullición descenderá hasta los $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$, siendo a esta temperatura el vapor más denso que el aire.

También observamos que cantidades pequeñas de GNL se convierten en volúmenes muy grandes de gas, ya que, tiene una relación de **1m³ GNL \approx 600 m³ de Gas Natural (GN)**.

Con respecto a su inflamabilidad cabe destacar un límite inferior de explosividad (LIE) del 5% y un límite superior de explosividad (LSE) del 15%

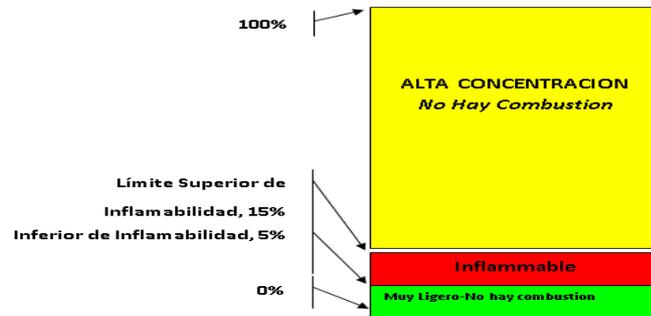


Ilustración 3: Inflamabilidad del GNL. Fuente [21]

Tabla 4: Características algunos gases combustibles. Fuente Propia.

	LÍMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD	LÍMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD	PCS	MÁXIMA VELOCIDAD INICIAL DE LA LLAMA
MONÓXIDO DE CARBONO	10,9%	74,0%	2.800	45 cm/s
HIDRÓGENO	4,0%	77,0%	2.900	218 cm/s
METANO	4.4 %	17,0 %	9.030	41 cm/s
ETANO	2.50%	15,5 %	15.910	40 cm/s
PROPANO	2,37%	9,5 %	24.000	32 cm/s
BUTANO	1,4%	9.3%	35.000	33 cm/s
ETILENO	2.31%	36,0%	14.250	70 cm/s
ACETILENO	2,5%	80,0%	13.350	145 cm/s
GAS NATURAL	5%	15%	10.000	35 cm/s
GAS CIUDAD 1980	5,8%	45,6%	4.200	70 cm/s

Para su transporte terrestre el GNL es necesario hacerlo mediante Cisternas monocasco de acero con aislamiento de poliuretano y envoltorio de aluminio o Cisternas de doble casco de acero con aislamiento de perlita y vacío según la ADR 2021 [3]



Ilustración 4: Izq. Placa ADR de GNL. Fuente [22]. Dcha. Cisterna de GNL. Fuente Propia

2.3.1 Descripción Planta Satélite de Regasificación

Las plantas satélites de regasificación (PSR) son las encargadas de suministrar gas natural a los núcleos urbanos o empresas distantes de las redes de distribución entubadas.

Dentro de las mismas el proceso a seguir será el de almacenamiento de GNL, regasificación, odorización con THT y su posterior distribución a la red de gas natural.

Una PSR se compone de:

- Zona de cargas: por la cual el camión realiza la descarga al depósito de la planta.
- PPR descarga: puesta en presión rápida, para igualar presiones y acelerar la descarga.
- PPR tanque: puesta en presión rápida, para igualar presiones y acelerar la descarga.
- Depósito: lugar de almacenamiento del GNL en la planta.
- Cubeto: habitáculo capaz de albergar la totalidad de GNL de la instalación en su interior.
- Vaporizadores: los encargados de pasar el GNL a estado gaseoso de forma atmosférica.

- Intercambiador: encargado de pasar el GNL a estado gaseoso de manera forzada por agua caliente por calderas.
- ERM y odorización: encargado de regular la presión gas natural a presión suministro e imprimir THT en la parte de gas.
- Calderas: modulo que transfiere agua caliente al intercambiador.

Los **regasificadores atmosféricos** se componen de tubos de aletas de aluminio .

La manera de trabajar es intercambiandose mediante cambios programados, para intentar que durante el tiempo que la sección no trabaje se pueda lograr el descongelamiento sufrido mediante su funcionamiento anterior.

El mayor problema que se encuentra en este tipo de regasificación es el hielo que se produce sobre ellos, por lo tanto, es aconsejable el disponer de un intercambiador forzado de apoyo que asegure la temperatura minima deseable a la salida.

A la salida disponemos como seguridad de una valvula e frio, que simplemente cierra el circuito para no inyectar a la red gas con una temperatura muy baja.



Ilustración 5: Izq. Válvula de frio intercambiador. Fuente Propia. Ctro y Dcha. Intercambiador e intercambiador con hielo. Fuente Propia

Los **Regasificador forzados** son intercambiadores de calor que disponen de GNL por un haz tubular y con agua caliente por el interior de su envolvente. Esa agua se calentará mediante una sala de calderas que se encontrará en el interior de la PSR. De este tipo de intercambiadores hablaremos más adelante en el proyecto ya que será un pilar importante.

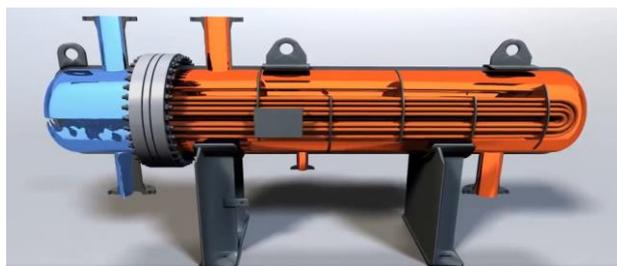


Ilustración 6: Regasificador forzado. Fuente [23]

La **Sala de calderas** es una instalación que usa el gas natural de la planta para producir agua caliente que posteriormente suministrará a los intercambiadores forzados de GNL/ agua caliente.

Se tendrá en cuenta que si la potencia útil nominal es (<70kW) deberá cumplir lo establecido en la **UNE 60601** [4].

Dispondrá de detectores que activarán la electroválvula asociada en caso de fuga de gas para así cortar el suministro de gas a la sala de calderas.

ERM y odorización es la encargada de filltar, regular y estabilizar la presión a la que sale el gas natural.

Podrá disponer de dos líneas más un by-pass manual en paralelo en casa de que sea necesario su uso.

Como sistema de seguridad dispondremos de valvula de máxima presión que actuará si la regulación no se está realizando según lo previsto.

Esta misma estación de regulación albergará el modulo de odorización encargado de inyectar THT antes de la red para así poder detectar las fugas más rápidamente.

El tetrahidrotiofeno – THT (C_4H_8S) se inyecta mediante dos opciones:

- por arrastre: en la que se hace pasar THT por cierta partes de gas natural.
- por bomba: en el que se dosifica la mezcla según el caudal medido.



Ilustración 7: Sistema odorización con THT por arrastre. Fuente Propia

En la planta también dispone de cuadro de control PLC, conectado a los elementos de control que requieren control y que disponen de señal de aviso de avería.



¹Ilustración 8: Izq. PLC de planta. Fuente Propia. Ctro y Dcha. Interior Cuadro PLC. Fuente Propia

Las señales se envían directamente al Despaching donde los técnicos observarán las alarmas en el SCADA y que posteriormente pondrán en conocimiento del Centro de Control para que derive a los recursos de urgencia necesarios para atender la posible avería.

Unos de los ejemplos de alarmas posibles:

- Nivel mínimo/máximo de GNL en tanque
- Presión máxima/mínima en tanque
- Tº salida GNL de regasificadores
- Alarma detección de gas en sala de calderas
- Indicador funcionamiento de bombas impulsión agua
- Alarma por temperatura o presión en estación de regulación
- Alarma por fallo de operación del PLC
- Alarma por disparo del sistema de cierre (válvula de corte por frío)

¹ *(Las fotos que se adjuntan pertenecen a cuadros de PLC de cualquier PSR, los cuales son similares a los que se necesitan para este proyecto, ya que, las comunicaciones son las mismas y se concentrarán en el SCADA de Despaching del mismo modo que en una PSR)

- Alarma por temperatura del agua de retorno de calderas
- Alarma por falta de alimentación eléctrica a planta
- Alarma por salto del grupo electrógeno

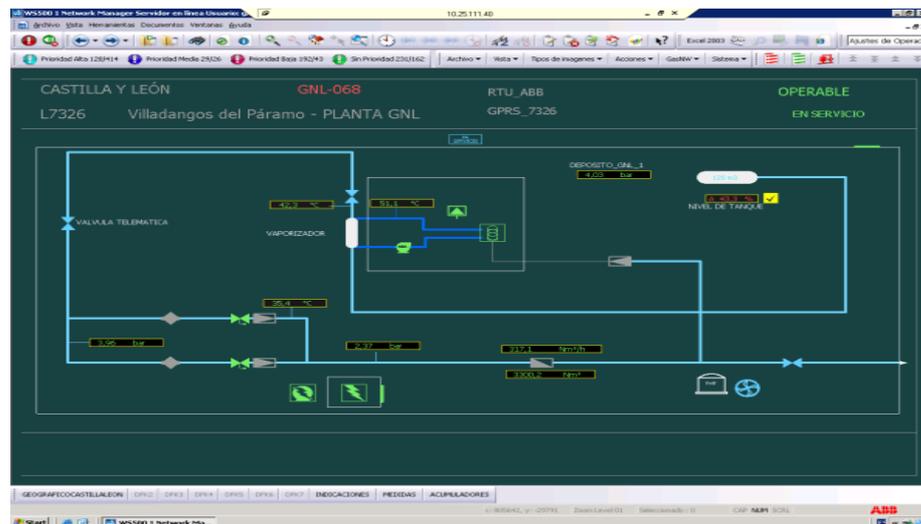


Ilustración 9: Sistema SCADA. Fuente Propia

2.4 Disposiciones legales y normas aplicadas:

La legislación y las normativas vigentes aplicables tenidas en cuenta para el diseño de la instalación son:

- UNE-EN 1160, Instalaciones y equipos para GNL. Características generales del GNL.
- UNE-EN 1473, Instalaciones y equipos para GNL. Diseño de las instalaciones terrestres.
- UNE-EN 13645, Instalaciones y equipamiento para GNL. Diseño de instalaciones terrestres con capacidad de almacenamiento comprendida entre 5 t. a 500 t.
- UNE-EN ISO 16903:2016, Industrias del petróleo y del gas natural. Características del GNL que influyen en el diseño y en la selección de los materiales.
- UNE-EN 50089, Particiones de resina moldeada para aparata de alta tensión bajo envolvente metálica en atmósfera de gas.
- UNE-EN-60079, Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas.
- UNE-EN 60079-1:2015, Atmósferas explosivas. Parte 1: Protección del equipo por envolventes antideflagrantes "d".

- UNE 21123, Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 1: Cables con aislamiento y cubierta de policloruro de vinilo.
- UNE 36582, Galvanizados para blindajes de conducciones eléctricas (tubo “Conduit”).
- UNE 60210:2018, Plantas satélite de gas natural (GNL).
- UNE 60250, Instalaciones de almacenamiento de gases licuados del petróleo (GLP) en depósitos fijos para su consumo en instalaciones receptoras.
- UNE-60311 / 2015, Canalizaciones de combustibles gaseosos con presión máxima de operación inferior o igual a 5 bar.
- UNE 60312, Estaciones de regulación para canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión de entrada no superior a 16 bar.
- UNE 60601, Salas de máquinas y equipos autónomos de generación de calor frío o para cogeneración, que utilizan combustibles gaseosos.
- UNE 60620-5, Instalaciones Receptoras de gas natural suministradas a presiones superiores a 5 bar. Grupos de regulación.
- UNE-60670, Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar.
- UNE 60670-3, Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Tuberías, elementos, accesorios y sus uniones.
- ITC-ICG 04, Plantas satélite de gas natural licuado.
- UNE-EN 61386-1:2008, Sistemas de tubos para conducción de cables.
- Directiva 2014/68/UE, relativa a la armonización de las legislaciones de los Estados miembros sobre la comercialización de equipos a presión.
- Directiva 2014/34/UE ATEX.

2.5 Programas de cálculo:

Para la realización de los diferentes cálculos del proyecto se ha empleado la hoja de cálculo de Microsoft Excel y Microsoft Project para realizar el diagrama de GANTT.

2.6 Requisitos de diseño:

En este apartado hablaremos de los elementos que serán necesarios para el diseño y la fabricación de nuestro regasificador portátil.

2.6.1 Distancias de seguridad

No existen distancias normalizadas para equipos móviles de vaporización. No obstante, los skids se ubicarán en zonas aseguradas mediante vallados de obra de altura mínima de 2,5m y a poder ser, en parcelas o terrenos convenidos con el Ayuntamiento donde el impacto vial y al ciudadano sea mínimo. El skid de calor (calderas) se separará del skid de vaporización (y de descarga de GNL) al menos 12 metros (depósitos con capacidad superior a 20 Tm e inferior a 40 Tm), como medida de seguridad ante posibles fugas de los elementos que vehiculan GNL.

En caso de que existan circunstancias de fuerza mayor que impidan poder cumplir con los 12 m de distancia entre el skid y cualquier otro elemento, instalación y/o equipo que pueda producir un incendio, será de aplicación la norma UNE 60210:2018 [6], no obstante se contemplan medidas adicionales de seguridad sustitutivas en el apartado “Medidas de Seguridad”.

2.7 Resultados finales:

2.7.1 Intercambiador de calor

Se ha diseñado un sistema de gasificación forzada para la inyección del gas natural a temperatura de utilización. Dicho sistema consiste fundamentalmente en un intercambiador de calor de carcasa y tubos en el que se gasifica el GNL y posteriormente se calienta el GN generado hasta una temperatura de 5 °C.

Este intercambiador de calor es un elemento con el que contaremos en stock por haberse desmantelado una PSR en el que se usaban estos intercambiadores forzados para la gasificación del GNL de la planta y actualmente se encuentra verificado para realizar el trabajo que se requiere en este proyecto.

Es un intercambiador cilíndrico y horizontal formado por un serpentín o recinto interior por el que circula el GNL / GN, y por una carcasa o recinto exterior por donde circula el agua caliente de manera constante, que aporta el calor necesario para el proceso de regasificación. Para la conexión del depósito de GNL (cisterna criogénica en la mayoría de nuestros casos de uso) con el intercambiador se utilizará un flexible o manguera criogénica, apta para GNL y de dimensión 3” (DN-90). La presión que empuja el GNL hacia la instalación de gasificación es proporcionada por la presión de la propia cisterna. El suministro/descarga del GNL desde la cisterna hacia el módulo de gasificación será por diferencia de presión. Este sistema no está diseñado para camiones cisternas

con bomba.

Como fluido caloportador, este intercambiador utilizará agua caliente, en circuito cerrado. La capacidad necesaria será de 1.000 Nm³/h² (Normal Metro Cúbico) a una presión de servicio inferior a 5bar con una temperatura de salida de 5 °C. Este gasificador se va a sobredimensionar hasta 2.500 Nm³/h para garantizar un calentamiento eficaz del gas antes de emisión a la red de distribución, absorbiendo posibles puntas no previstas durante sus períodos provisionales de utilización. La misión principal del intercambiador de calor es que la temperatura de emisión a la salida del gasificador no esté por debajo de la temperatura de disparo de seguridad de Baja Temperatura. El material con el que se ha realizado su fabricación es acero inoxidable AISI-304L, con una capacidad de 130L (volumen de carcasa) que aguantará hasta los 100°C y 12bar de presión. Los tubos tienen una capacidad de 30L y soportarán temperaturas de entre -200°C y 50°C y 10 bar de presión.

2.7.2 Instalación de producción de agua caliente

La producción de agua caliente para regasificación del GNL se realizará mediante una Unidad Térmica de Cubierta (UTC). La UTC a instalar es una "VITOMODUL FC 297-AH+Bomba" de Viessmann, compuesta por los siguientes elementos:

- Equipo autónomo térmico VITOMODUL FC 297-AH+Bomba:
- Cerramiento de panel sándwich de 50 mm.
- Estructura autoportante de acero galvanizado en caliente.
- Calderas murales de condensación VITODENS 200 en cascada. 3 unidades.
- Aguja hidráulica Viessmann DN 80.
- Regulación en función de la temperatura exterior VITITRONIC 300-K.
- Pasarela de comunicación VITOGATE 300 BN/MB
- Potencia: 297 kW
- Presión máxima de servicio: 4bar
- Tensión de alimentación: 230V / 50Hz/ 1F+N+T

Equipamiento diverso:

² **Normal Metro Cúbico** es una medida de **volumen** de un **gas** no condensable a 0°C y nivel del mar. Al no disponer de agua, su humedad relativa es 0% [36].

- Toma para llenado de 1/2" con filtro, contador de agua y válvula antirretorno.
- Toma para vaciado general (calderas, colectores y aguja hidráulica) de 1/2".
- Salida de condensados y recogida de válvulas de seguridad en PVC Φ 40.
- Purgador automático de aire en la aguja hidráulica.

Ventilaciones: para la entrada de aire comburente y asegurar la ventilación del VITOMODUL FC, existirá la siguiente ventilación:

- Superior: rejilla situada en un lateral del armario, en su parte superior, para la extracción de aire.
- Inferior: cerramiento abierto por su parte inferior para la entrada permanente de aire.

Cerramiento: proyectado para ser auto portante:

- Fabricado en chapa de acero de 1,5 mm de espesor plegada, soldada y con tratamiento anticorrosión.
- Cuenta con puertas abatibles, fabricadas de igual manera en chapa de acero de 1,5 mm de espesor y con un cierre de cuadradillo.
- Posee cáncamos en su parte superior para su elevación.
- Descansa sobre apoyos elásticos para no transmitir vibraciones al inmueble.

Salida de humos: El sistema de salida de humos está compuesto por chimeneas modulares en acero inoxidable, pared interior AISI 316L, pared exterior AISI 304, aislada con lana de roca, con junta de estanqueidad, especialmente diseñada para aplicaciones de condensación, disponiendo de marcado CE. La chimenea modular está compuesta por un adaptador especial para las calderas Viessmann, un cubreaguas, un tramo recto y una salida libre, y sus correspondientes abrazaderas de unión, con diámetro interior de 100 mm y exterior de 160 mm. El tramo recto y la salida libre, así como sus abrazaderas de unión, todo ello se encuentra desmontado para su transporte y su instalación se realizará en campo.

Las medidas serán aproximadas de 3.150 x 700 x 2.100 mm y con un peso con el circuito vacía de 1585 kg.

La fabricación de este equipo se realiza acorde con la UNE60601/2013 [4].

2.7.2.1 Bombas de recirculación del primario

En el circuito primario de calderas se instalarán tres bombas (una por caldera) de recirculación marca Wilo modelo “Stratos Para 25/1-11” con variación de revoluciones, dos llaves de corte con válvula antirretorno, válvulas de llenado y vaciado de la caldera, válvula de seguridad, y válvula del gas con válvula térmica de cierre de seguridad montada.

Las características técnicas de estas bombas se encuentran en el capítulo 4 Anexos II.

2.7.2.2 Bombas de recirculación del secundario

En el circuito secundario, entre las calderas y el intercambiador tubular, se instalarán dos bombas de recirculación marca Grundfos modelo “MAGNA 1 D 40-150F”. El cálculo de diseño para estas bombas se encuentran en el capítulo 4 Anexo I Caculos.

Sistema de seguridad formado por:

- Un detector de flujo enclavado con cada quemador de las calderas.
- Una sonda de temperatura en cada salida de humos.
- Un purgador manual en cada caldera.
- Un depósito de expansión cerrado de 15 litros, para el volumen de agua del VITOMODUL FC.
- Una válvula de seguridad para la instalación hidráulica completa (1 1/4" x 1 1/4").
- Un presostato de mínima (control de nivel bajo) para la instalación hidráulica completa.

Las características técnicas de estas bombas se encuentran en el capítulo 4 Anexo II.

2.7.3 Grupo de regulación de presión de gas natural para suministro a las calderas de agua caliente.

Se instalará un doble grupo de regulación, con presión de entrada de 3 bar ($MOP \leq 5$ bar) y presión de salida de 22 mbar. La presión de entrada es idéntica a la presión de emisión del Gas Natural a la red de distribución, dado que el punto de suministro de GN a las calderas se encontrará aguas abajo de la Estación de Regulación y Medida (E.R.M.) y del equipo de odorización que serán

descritos en apartados siguientes. El caudal nominal de regulación será: 50 Nm³/h (armario de regulación A-50)

Este grupo de regulación fundamentalmente estará constituido por sendos reguladores de presión con VIS de máxima incorporada y presión de salida 22 mbar. Aguas abajo del grupo doble de regulación se instalará una válvula automática de corte del suministro de gas a las dos (2) calderas (electroválvula - válvula de solenoide), activada por el sistema de detección de fugas que será instalado en la unidad de agua caliente.

2.7.3.1 Válvula automática de interrupción por mínima temperatura.

Esta válvula será instalada aguas abajo del gasificador de GNL descrito anteriormente y aguas arriba de la estación de regulación y medida (E.R.M.). Será una válvula de corte con accionamiento neumático que cortará, de forma automática, la circulación del G.N. cuando su temperatura sea inferior a – 10 °C, aguas arriba de su posición y aguas abajo del gasificador. Será marca Herose, 2 1/2”(DN-65), 16bar (PN-16),Prisma (fail close).

Las características técnicas de esta válvula se encuentran el capítulo 4 Anexos II.

La señal de temperatura del GN será indicada al sistema de control de la Unidad por un transmisor de temperatura instalado aguas arriba de la válvula de interrupción por mínima temperatura. Será un transmisor de la marca Yokowaga Electric Corporation, modelo "YTA 70", ATEX EEx ia, en configuración 2 de 3, precisión 0,1%, con salida 4 - 20 mA + protocolo HART (Highway Addressable Remote Transducer).

Además, en el caso de detectarse una fuga de G.N. en la E.R.M. y equipo de odorización, el sistema de control cerrará dicha válvula, evitando de esta manera el escape de gas.



Ilustración 10: Valvula YTA 70. Fuente [24]

2.7.4 Estación de regulación (E.R.)

Se denomina “Estación de Filtraje, Regulación de presión y Medida de Gas Natural (E.R.M.)” al conjunto de elementos (filtros, reguladores de presión, contador, etc.) que tienen por misión filtrar, reducir y mantener, en un valor constante, la presión del Gas Natural en la Red de Distribución, y contabilizar el gas consumido. La E.R.M. objeto del presente Proyecto estará compuesta por dos (2) líneas de filtraje y regulación, estando ambas preparadas para el 100% del caudal proyectado, esto es, para 1.500 Nm³/h, siendo sus condiciones de diseño las siguientes:

- Presión de entrada <9bar
- Presión de salida: 3bar (<MOP 5)
- Caudal nominal: 1.500 Nm³/h

Agua arriba de las mismas se instalará un transmisor de presión y un manómetro marca NUOVA FIMA, 0 - 16 bar, clase 1.0, M ½” NPT, Ø 100 mm, para lectura de la presión de salida del gasificador, dotado de válvula de seccionamiento.

Estas líneas están constituidas, cada una, por los siguientes elementos:

- Válvula de seccionamiento marca AIVAZ, tipo mariposa - lug (Válvula zona baja presión) y (Válvula zona presión de suministro a red de distribución)., DN-50 (2”), PN-16.



Ilustración 11: Válvula mariposa-lug. Fuente [25]

- Filtro marca TECNOGAS, modelo “TG-1”, extremo bridados DN-50 (2”), PN-16, tipo cartucho, dotado de manómetro diferencial (indicador de grado de suciedad o nivel de contaminación del filtro) marca “PIETRO FIORENTINI”, y válvula de purga ½”, PN20. Su diseño será tal que permita la apertura sin riesgo del mismo durante las operaciones de mantenimiento.

- Regulador de acción directa marca APQ, modelo “DBM”, DN-50 (2”), PN-16 de caudal máximo admisible 2.650 Nm³/h, dotado de válvula de bloqueo I-N TR incorporada (válvula de seguridad por máxima y mínima).

Las características técnicas de este regulador se encuentran el capítulo 4 Anexos II.



Ilustración 12: Regulador DBM. Fuente [26]

- Manómetro marca NUOVA FIMA, 0 - 6 bar, clase 1.0, M ½” NPT, Ø 100 mm, para lectura de la presión regulada, dotado de válvula de seccionamiento.



Ilustración 13: Manómetro Glicerina. Fuente [34]

- Válvula de alivio (VES) marca “PIETRO FIORENTINI”, modelo VS/AM 56, DN-25 (1”). Esta válvula de alivio tiene como función, evitar sobrepresiones que puedan ocurrir aguas abajo del regulador principal, evacuando un caudal del orden del 5% del caudal nominal de la estación. Funcionamiento entre -20°C hasta 60°C a un máximo de 100 bar.

Las características técnicas de esta válvula se encuentran el capítulo 4 Anexos II.

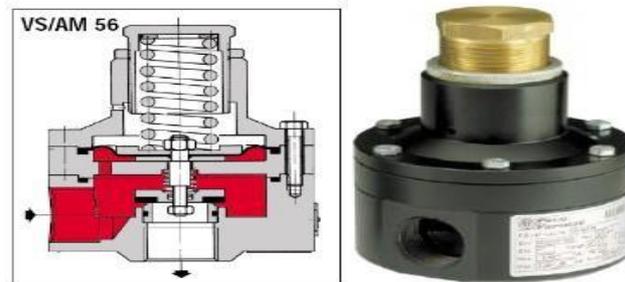


Ilustración 14: VES VS/AM 56. Fuente [27]

2.7.5 Equipo de odorización de gas natural.

El Gas Natural carece de olor característico y, por tanto, en su composición natural no es detectable por el hombre.

De esta forma, y para que las posibles fugas puedan ser más fácilmente identificadas, se realizará una odorización del mismo como medida de seguridad pasiva y fundamental, aguas abajo del equipo de medida y antes de su envío a la red de distribución.

Como agente odorizante se utilizará el compuesto químico denominado THT (Tetrahidrotiefeno), que contiene una porción de azufre en su composición.

La proporción de THT que se inyectará al gas natural previo a su salida a la red de distribución será aproximadamente de 18 a 22 mg/Nm³.

Se realizará mediante un sistema tipo arrastre o laminar a través de un diafragma ubicado en la instalación de gas anexa.

Si el módulo va a necesitar inyectar THT se colocará un carrete con válvula reguladora/reductora de presión con salida rosca 2.

La placa de orificio o diafragma, debidamente dimensionada, crea una pérdida de presión entre la entrada y salida del depósito odorizante suficiente para que penetre en el mismo una determinada cantidad de gas para su odorización, aproximadamente de 200mbar.

El equipo objeto de este proyecto estará equipado con la placa de orificio descrita anteriormente, y con los terminales necesarios para conectar un depósito de THT que no forma parte del suministro de este equipo.

El depósito de THT será proporcionado en el lugar donde se vaya a ubicar el regasificador por una empresa debidamente autorizada para su transporte y manipulación, tendrá un volumen de 50 / 75 litros y será fabricado según la directiva 2014/68/UE.

Su presión de diseño será de 10 / 20 bar.

Se comprobará periódicamente la proporción detectable, tanto por cuestiones de seguridad como de economía.

En el caso de que no fuese necesario inyectar THT se colocará el carrete directo con salida válvula 4".

2.7.6 Medidas de seguridad

2.7.6.1 Válvulas de seguridad en tramo de conexión de la unidad de cisterna de GNL.

Válvula de seguridad en el gasificador.

El tramo de tubería de conexión tras el flexible criogénico estará protegido por una válvula de alivio DN-15 al estar instalado entre dos válvulas, para así evitar daños por gasificación de GNL. Para evitar el bloqueo por hielo, tendrá un tramo de 10cm de longitud que la separará de la zona fría. La presión de taraje de válvula será de 10bar, presión inferior a la presión de diseño de las tuberías. Del mismo modo, el gasificador - intercambiador de calor estará protegido por una válvula de seguridad criogénica, capaz de aliviar el gas suficiente para evitar que la presión pueda exceder el % de la presión máxima de servicio.

2.7.6.2 Instalación contra incendios

Se instalarán dos (2) extintores de incendios de 6 kg de polvo químico seco ABC en el skid de regasificación, regulación, medida y odorización, y otros dos (2) extintores idénticos en la Unidad de agua caliente, es decir, en la sala de calderas.

2.7.6.3 Carteles precautorios

En la zona de implantación de los dos (2) skids se colocarán carteles indicadores, en sitios visibles o sobre los bastidores de los skids, o sobre el vallado de obra que los contiene, con los textos:

- Gas contenido (Tipo de instalación)
- Prohibido fumar y/o hacer fuego
- Acceso prohibido a personas ajenas a la instalación
- Peligros específicos
- Medidas de seguridad básica recomendadas

Si el espacio limitase se pueden colocar carteles combinados con varios textos e imágenes conjuntas como se indica en la siguiente ilustración.



Ilustración 15: Señal combinada inflamable + no fumar. Fuente [29]

2.7.7 Medidas de seguridad adicionales

2.7.7.1 Sistema de detección de gas natural

Aun no siendo de aplicación al tratarse la presente instalación de un proceso INDUSTRIAL, la Norma UNE 60601:2013 "Salas de máquinas y equipos autónomos de generación de calor o frío o para cogeneración, que utilizan combustibles gaseosos" [4] exige para este tipo de instalación de generación de agua caliente, un sistema de detección y corte como medida suplementaria de seguridad en las salas de máquinas.

En nuestro caso, en la unidad / caseta de agua caliente donde se encuentran las calderas se instalará un equipo de detección de gas natural que en caso de fuga de gas, activará una válvula de corte automática del tipo todo o nada instalada en la línea de alimentación de gas natural a las calderas.

El equipo de detección estará constituido por dos (2) sondas o sensores instalados en el techo de la unidad / caseta de agua caliente (recinto de calderas).

Además, se instalará otro detector en el skid de regasificación forzada, E.R.M y odorización.

En caso de detección de fuga por cualquiera de los tres (3) detectores anteriores, se enviará una señal de alarma al Sistema de Control de la Unidad, que cerrará las siguientes válvulas:

- Electroválvula de la línea de alimentación de G.N. a las calderas.
- Válvula automática de interrupción por mínima temperatura.

Por tanto, se producirá el paro completo de la Unidad de Gasificación y, a través del PLC de la misma se informará al Departamento de Dispatching de los SSTT de Nedgia, quién activará el Plan de Autoprotección.

Los equipos que integran el sistema de detección de GN son los siguientes:

- Central de Alarma de gas de la marca FIDEGAS (Comercial de Aplicaciones Electrónicas, S.L.), modelo "CA-4", con capacidad para conexión de un máximo de cuatro (4) sensores o sondas remotas.

Esta central de Alarma se conectará al sistema de control de la Unidad de Gasificación objeto del presente Proyecto.



Ilustración 16: Central de alarma de gas CA-4. Fuente [30]

- Sensores remotos de gas para GN, de la marca FIDEGAS, modelo "S/3-2", que serán instalados en la sala de calderas y en las proximidades del gasificador.

Estos sensores estarán certificados según la Directiva 2014/34/UE ATEX. [7]



Ilustración 17: Sensor remoto de gas modelo "S/3-2". Fuente [31]

2.7.7.2 Sistema de contención – protección contra derrames.

Al ser un equipo para cuyo funcionamiento es preceptiva la presencia continua y vigilante de personal, con múltiples puntos accesibles para el accionamiento del sistema de corte rápido, no será necesaria la existencia de una bandeja o cubeto anti-derrames. Como medida sustitutiva, el sistema de detección de gas cuyos detectores se ubicarán en las proximidades inmediatas del equipo, y en su propio chasis, cortarán de forma inmediata la válvula de suministro de GNL procedente de la cisterna. Dicha válvula y su sistema de actuación garantizarán que ante cualquier mal funcionamiento de la instalación (falta de suministro eléctrico, falta de presión neumática, caída del sistema de control, etc) el suministro de GNL hacia el equipo quedará suspendido.

2.7.7.3 Intrusismo

Durante el funcionamiento de la Unidad Móvil, se dispondrá de personal para la vigilancia y atención, bien propio de la empresa distribuidora o subcontratado al efecto, para evitar así que alguien pueda manipular sin consentimiento.

2.7.7.4 Sistema de control de la unidad PLC

Todo el control de la Unidad se realizará desde un PLC Siemens "logo! TDE", el cuál integra un visualizador de texto de seis (6) líneas, tres (3) colores de fondo, dos (2) puertos ethernet. Desde este visualizador seremos capaces de manejarlo localmente. Por tanto, la Unidad de Gasificación Forzada de GNL podrá funcionar en régimen "desatendido", sin presencia continua de personal. Este

PLC recibe todas las señales de los diferentes equipos, transmisores de presión y temperatura, finales de carrera, y demás elementos que componen la unidad, pudiendo ser consultados localmente en el PLC a través del display. El PLC se encuentra conectado al Departamento de Dispatching de los Servicio Técnicos, gracias a ello el departamento conocerá el estado de todos los equipos de la unidad, y las alarmas que se generan en el sistema de detección de gas natural.

El PLC estará integrado en un sistema SCADA con el que se puede controlar y supervisar la planta. Este sistema permite obtener información a tiempo real del estado de la unidad, así como la posibilidad de acceder a históricos que facilita conocer su comportamiento, y modificar los valores de consigna tanto localmente como remotamente desde el Departamento de Dispatching. En el momento en que se detecta una fuga de gas, el PLC a través de una salida digital, pilota un relé que corta la realimentación de un contactor quitando la potencia, con lo cual, se paran calderas, bombas y cierran todas las válvulas automáticas. De manera conjunta, envía una señal de alarma a Dispatching, el cual procederá con la activación del Plan de Emergencia.

Para finalizar se puntualiza que este equipo dispone de baterías propias, con una autonomía de más de dos (2) horas, lo que permite que aunque se corte la corriente eléctrica de fuerza, no se cortan las comunicaciones,

A continuación, se detalla un listado de las señales utilizadas en la planta:

Entradas digitales.

%I0.0 Puerta caseta sala de control.

%I0.1 Finales de carrera en la válvula VIS 1 de la ERM.

%I0.2 Finales de carrera en la válvula VIS 2 de la ERM.

%I0.3 Final de carrera Válvula Automática de Interrupción por Mínima Tª abierta.

%I0.4 Final de carrera Válvula Automática de Interrupción por Mínima Tª cerrada.

%I0.5 Final de carrera VIS Grupo de Regulación Calderas.

%I0.6 Fallo calderas.

%I0.7 Fallo bombas de recirculación.

%I1.0 Pulsos contador.

%I1.1 Marcha grupo electrógeno.

%I1.2 Nivel bajo de baterías SAI.

%I1.3 Detectores de gas en sala calderas.

%I1.4 Marcha gasificador forzado (calderas).

%I1.5 Baja presión en actuadores de válvulas neumáticas (presostato).

%I1.6 Pulsador de emergencia (seta).

%I1.7 Rearme VSF.

%I2.0 Fallo SAI.

%I2.1 Estado de bocina.

%I2.2 Termostato baja temperatura circuito agua de calderas.

%I2.3 Presostato baja presión circuito agua de calderas.

%I2.4 Final de carrera electroválvula entrada gas a sala de calderas.

%I2.5 Detector de gas en el skid de regasificación, regulación, medida y odorización.

Salidas digitales.

%Q0.0 Orden arranque/paro calderas.

%Q0.1 Arranque bomba de recirculación 1.

%Q0.2 Arranque bomba de recirculación 2.

%Q0.3 Orden cierre de Válvula de Interrupción por Mínima Tª.

%Q0.4 Inyección THT.

%Q0.5 Piloto Señalización

%Q0.6 Fallo PLC.

Entradas analógicas 4-20 mA

%AI0 Temperatura 1 de G.N. entrada Válv. Interrupción por Mínima Tª (lógica 2 de 3) - 40 °C / + 60 °C

%AI2 Temperatura 2 de G.N. entrada Válv. Interrupción por Mínima Tª (lógica 2 de 3) - 40 °C / + 60 °C

%AI4 Temperatura 3 de G.N. entrada Válv. Interrupción por Mínima Tª (lógica 2 de 3) - 40 °C / + 60 °C

%AI6 Presión entrada ERM 0 / 16 bar

%AI8 Presión GN en Sala de Calderas 0 / 100mbar

%AI10 Temperatura de retorno del agua de calderas. - 5 °C / +100 °C

%AI12 Presión de salida de G.N. a red de distribución 0 / 6 bar

%AI14 Temperatura de salida de G.N. a red de distribución - 40 °C / 60 °C

%AI16 Nivel THT. (0-100%) 100 %

Salidas analógicas

%AQO Temperatura de Salida del G.N. del gasificador 4- 20 mA - 40°C / + 60°C

2.7.7.5 Interruptor de corte general de emergencia

Se instalará un interruptor (tipo seta) de emergencia, accesible, para detener el funcionamiento de la Unidad ante cualquier emergencia que pueda acontecer.

Dicho interruptor tiene dos formas de actuar:

1º. Manual (por pulsación de la seta de emergencia en el propio cuadro)

2º. Automáticamente por la central de alarma de gas (a través de unos contactos en la propia central de alarma de gas).

Cuando se realiza el disparo de emergencia, ya sea manual o automáticamente, se dispara el IGA (interruptor general automático) bajándose y cortando la distribución eléctrica a todo el cuadro.

Para poder rearmar dicho IGA, sólo se podrá hacer físicamente (subiendo el interruptor), siempre y cuando el sistema se haya normalizado (la seta se haya desbloqueado y/o la central de alarma de gas reseteada).

2.7.7.6 Instalación eléctrica

Se realizará una instalación eléctrica para la alimentación a los servicios auxiliares de la unidad de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) [8].

2.7.7.6.1 Zonas clasificadas

De acuerdo con lo establecido en el apartado 4 de la Instrucción ITC-BT-29 “PRESCRIPCIONES PARTICULARES PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS LOCALES CON RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN” [9], la unidad tiene un emplazamiento de CLASE I: “Comprende los emplazamientos en los que hay o puede haber gases, vapores o nieblas en cantidad suficiente para producir atmósferas explosivas o inflamables”; se incluyen en esta clase los lugares en los que hay o puede haber líquidos inflamables.

De acuerdo con la ITC-BT-29 y la Norma UNE-EN-60079-14 [10] y siguiendo los criterios generales de la norma UNE 60250 [11] se realizara un estudio de las zonas clasificadas dentro del ámbito de la instalación que se proyecta.

El interior de unidad de gasificación donde se instalarán los equipos de gasificación, regulación, medición y odorización, se clasificará dentro de la ZONA 1, “Emplazamiento en el que cabe contar, en condiciones normales de funcionamiento, con la formación ocasional de atmósfera explosiva constituida por una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla”.

Así pues, las instalaciones de esta unidad o skid serán del tipo antideflagrante; las características específicas de estas instalaciones se detallan en los apartados siguientes.

La unidad de calefacción o unidad de agua caliente no tiene ningún tipo de clasificación especial, ya que cuenta con dos (2) calderas atmosférica con llama directa que trabaja en aspiración del aire del recinto, por lo que dicho local queda clasificado como “Zona No Clasificada”. En este local, la presencia de una atmósfera explosiva de gas durante el funcionamiento normal, es imposible. Cumple además la condición de estar ubicada fuera de las distancias de seguridad de la cisterna de GNL y de la unidad de gasificación.

El exterior de las mismas se clasificará dentro de la ZONA 2, “Emplazamiento en el que no cabe contar, en condiciones normales de funcionamiento, con la formación de atmósfera explosiva constituida por una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o, en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo subsiste por espacios de tiempo muy breves”. Esta Zona 2 se extiende hasta una distancia de un (1) metro en todas direcciones a partir de los huecos de ventilación de las casetas, y hasta una altura de dos (2) metros por encima de la cota del suelo.

Además, la ZONA 2 comprende las tuberías de GNL y GN hasta tres (3) metros de las válvulas de seguridad y de proceso. También comprende las purgas y boca de carga en una distancia inferior a 2m.

2.7.7.6.2 Características de la instalación

Para las áreas clasificadas se emplearán materiales “EEx”, es decir, material eléctrico provisto de algún modo de protección.

El modo de protección que se empleará principalmente en la presente instalación, será el de “ENVOLVENTE ANTIDFLAGRANTE d”, y cuyo material eléctrico estará respaldado por certificado de conformidad extendido por laboratorio acreditado de acuerdo con una norma UNE, con una norma

Europea EN o con una recomendación CEI, o por una “Declaración CE de conformidad”.

El modo de protección por envolvente antideflagrante “d” se caracteriza por ser capaz de soportar los efectos de la presión derivada de una explosión interna de una mezcla inflamable que haya penetrado en su interior, sin sufrir avería en su estructura y sin transmitir la inflamación interna, por sus juntas de unión u otras comunicaciones a la atmósfera explosiva circundante. Las reglas de este modo de protección se definen en la norma UNE-EN 50018 [12].

Para el resto de áreas, se emplearán los materiales indicados en el REBT para instalaciones ordinarias.

- Selección de material: Para la selección del material eléctrico, se tendrán en cuenta los criterios siguientes:
 - Emplazamiento de la Clase I, y zonas 1 y 2.
 - La temperatura de ignición del GN es de 550 °C, por lo que los materiales eléctricos a utilizar en la presente instalación serán como máximo del tipo T1 (Clase de Temperatura del Material Eléctrico), es decir, la temperatura máxima superficial de los mismos no excederá de 450 °C, siendo válidos, por tanto, los materiales tipo T6, T5, T4, T3, T2 y T1, siendo preferibles los materiales T6, T5 y T4.

El grupo de explosión para los gases previstos, será IIA, según la clasificación establecida por CENELEC (UNE-EN IEC 60079-0:2021)[13]. Por tanto, serán admisibles en la presente instalación los materiales IIC, IIB y IIA.

La temperatura ambiente se prevé como máximo de 40 °C.

Recordemos que la relación entre la clase de temperatura de los materiales y la temperatura de inflamación de los gases es la siguiente:

Tabla 5: Niveles de protección de elementos Fuente [32]

Clase de temperatura del material eléctrico	Temperatura superficial máxima del equipo eléctrico	Temperatura de ignición del gas o vapor
T1	450 °C	>450 °C
T2	300 °C	>300 °C
T3	200 °C	>200 °C
T4	135 °C	>135 °C
T5	100 °C	>100 °C
T6	85 °C	>85 °C

La unidad de gasificación así como la unidad de calefacción estarán dotadas de iluminación suficiente para permitir su operatividad (luminarias 2 x 36 W).

Los interruptores generales de toda la instalación estarán centralizados en un cuadro situado en la unidad de calefacción, fuera de las zonas clasificadas; desde él se alimentará, mediante líneas independientes, los distintos receptores y sus maniobras.

La instalación eléctrica que se proyecta se realizará para dar servicio, tanto en fuerza como en alumbrado, a la unidad de gasificación y a la unidad de calefacción.

La zona de implantación de las unidades estará dotada de una instalación de alumbrado que, en caso de necesidad, aporte la iluminación necesaria para la circulación durante la noche.

Todos los circuitos de distribución y alimentación de receptores de la instalación tanto en alumbrado como en fuerza dispondrán en su origen de interruptores automáticos magnetotérmicos de corte omnipolar, con poder de corte adecuado a la intensidad de cortocircuito que se puede producir en el circuito.

2.7.7.6.3 Conductores y conductos

En esta instalación, los conductores para suministro de energía eléctrica serán de COBRE con aislamiento tipo RV o VV según norma UNE 21123 [14].

- Tipo RV: Conductor con aislamiento de Polietileno Reticulado (R) con cubierta de Policloruro de Vinilo (V).
- Tipo VV: Conductor con aislamiento de Policloruro de Vinilo (V) con cubierta de Policloruro de Vinilo (V).

Serán, por tanto, cables de tensión nominal de aislamiento 0,6/1 kV, superior a la mínima de 450/750V establecida en la Instrucción ITC-BT-29 [9]. Los conductores, en las zonas clasificadas, se instalarán bajo tubo metálico rígido según el punto 9.3 de la Instrucción ITC-BT-29 [9], o flexible según la Norma UNE-EN 50089-1 [15]. En las zonas no clasificadas los conductores, 450/750 V, se instalarán bajo tubos protectores que cumplirán la Instrucción ITC-BT-21 [16]“INSTALACIONES.

RECEPTORAS. TUBOS Y CANALES PROTECTORAS”. Siguiendo las prescripciones de la Instrucción ITC-BT-19 [17] “*INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS. PRESCRIPCIONES GENERALES*”. La sección de los conductores será la suficiente para evitar que se alcancen las siguientes caídas de tensión máximas desde el punto de acometida (origen de instalación interior) y

cualquier punto de utilización:

- Líneas de alumbrado: 3 % de la tensión nominal.
- Resto de líneas: 5 % de la tensión nominal.

Estas caídas de tensión se calcularán considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente. No se instalarán conductores enterrados, con la salvedad del conductor que constituye la red de tierra.

Los conductores se identificarán con los siguientes colores:

- Fase R: Color marrón.
- Fase S: Color negro.
- Fase T: Color gris.
- Neutro: Color azul claro.
- Conductor de tierra: Bicolor amarillo-verde.

Los conductores discurrirán por el interior de conductos de dimensiones apropiadas para el número y tamaño de aquellos; los conductores no ocuparán más del 40 % de la sección total del conducto.

En general los conductos serán de acero galvanizado roscado y sin soldadura. Las conexiones con equipos se realizarán mediante tubo flexible metálicos reforzados y corrugados de material resistente a la oxidación, características semejantes a los rígidos, y de longitud suficiente para permitir su desmontaje y mantenimiento.

Cuando se trate de instalaciones con aparatos EExd los conductos deberán resistir una presión interna mínima de 3 MPa durante 1 minuto, y serán de acero sin soldadura, galvanizados interior y exteriormente, conforme a la norma UNE 36582 [18]. El roscado de los conductos a cajas de derivación, accesorios y aparatos, deberá ser como mínimo engarzando cinco (5) hilos completos y tener una longitud axial mínima de ocho (8) milímetros.

Características mínimas para tubos que se conectan a aparatos eléctricos con modo de protección antideflagrante provistos de cortafuegos

Tabla 6: Requisitos de los conductos. Fuente [33]

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	5	Muy Fuerte
Resistencia al impacto	5	Muy Fuerte
Temperatura mínima de instalación y servicio	3	-15°C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+90°C
Resistencia al curvado	1	Rígido
Propiedades eléctricas	1	Continuidad eléctrica
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Contra el polvo
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	4	Protección interior y exterior elevada
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligero

Capítulo 3. CONCLUSIONES Y FUTURAS

LINEAS DE TRABAJO

En este Trabajo de Fin de Grado se ha tratado de encontrar una solución a un problema de gran calado hoy en día, como es el desabastecimiento de gas natural sufrido por un municipio. Dicho problema ocasiona graves consecuencias y pérdidas tanto al consumidor como a la distribuidora.

Es por ello por lo que se pretende disponer de un regasificador portátil y autónomo como solución a diversos problemas que se puedan encontrar en el suministro de gas natural, ya que este producto aporta una solución rápida y efectiva ante cualquier contratiempo sin importar su posición.

Dicho trabajo engloba el estudio completo como solución al problema actual y común entre las energéticas que distribuyen gas natural a nivel mundial. Así, a la hora de diseñar y desarrollar el proyecto, la gran cantidad de habilidades y los amplios conocimientos adquiridos durante el grado han sido de gran utilidad junto con los adquiridos en la etapa profesional.

Llevado a la práctica, este proyecto cumple con cada una de las tres dimensiones importantes para lograr un mundo más habitable y largoplacista que engloba la sostenibilidad, como son las siguientes: economía, medioambiental y social.

La parte económica pretende reducir costes al consumidor en el caso de fallos en el suministro a corto o medio plazo y tiene viabilidad económica para la empresa en gran parte gracias al aprovechamiento del vaporizador actualmente en stock. Este es uno de los elementos con un mayor valor económico y que en este caso servirá de ahorro. Con un importe de poco más de sesenta mil euros y con una utilidad amplia para ocasiones de emergencia, esta solución se convierte en una inversión necesaria a la par que viable a las empresas distribuidoras de gas natural.

A nivel ambiental el gas natural actualmente está catalogado como una energía verde, siendo una alternativa en la descarbonización, esta solución no se generan tampoco residuos y las emisiones a la atmosfera son de un 80% menor que con otro combustible fósil como es el carbón; y a nivel social se consigue hacer llegar un bien de necesidad como es el gas natural a cada vivienda, ya que su uso diario es esencial para la vida cotidiana de los consumidores y grandes clientes.

Para todo ello se han analizado las diferentes normativas vigentes que les son de aplicación a este tipo de instalaciones industriales, en base a estas y en función del caudal que queramos

regasificar de Gas Natural Licuado, se han calculado y diseñado los diferentes componentes que integrarán el Regasificador Portátil para su funcionamiento óptimo y correcto.

Futuras líneas de trabajo

A lo largo de este proyecto se ha intentado cuidar cada detalle del mismo, ya que al ser un proyecto de tal magnitud se puede incurrir en gran cantidad de fallos a la hora de llevarse a cabo, tanto en información como en componentes o en normativa a aplicar, lo cual, se resume en un aumento considerable de tiempo para su desarrollo.

Se han diseñado ciertos elementos que han actualmente, y después de este gran estudio, se podrían añadir varios como mejora. Los elementos que se pueden diseñar y desarrollar en líneas futuras para mejorar el proyecto en sí serían:

- Segunda boca de carga: ya que sería bueno poder realizar una nueva descarga sin haber terminado previamente una anterior y así poder elevar incluso la capacidad de suministro.
- Garrafas o bidones de almacenaje de agua: el modulo UTC también se le podría añadir estos recipientes para en el caso de no disponer de agua para llenar el circuito de calderas, alimentarlas a la bomba autoaspirante y así conseguir esa presión de agua necesaria para el arranque de las mismas.
-

También se contempla la posibilidad de realizar una modificación y usarlo para regasificar otro tipo de líquido como pudiera ser el GLP, conociendo que quizás la UTC sería más económica al encontrarse a una temperatura de -45°C , mucho más elevada y por tanto mayor facilidad de gasificar.

Capítulo 4. ANEXOS

4.1 Anexo I Cálculos justificativos de los elementos diseñados para el regasificador portátil.

En este apartado se dimensionara el diseño de los elementos que integran el aparato.

Se empezara por el calor necesario para poder gasificar el GNL mediante un cálculo del poder calorífico del gasificador forzado.

Continuaremos comprobando si el modulo UTC alcanza los niveles de poder calorífico anteriormente calculados.

Posteriormente calcularemos el consumo de diseño de los aparatos calderas.

Por último calcularemos el caudal de diseño de las bombas de recirculación.

4.1.1 Cálculo de la potencia calorífica del gasificador forzado.

Tal y como ya se ha indicado, el objeto del presente Proyecto es un gasificador con una capacidad de gasificación de 1.000 Nm³/h.

El cálculo se sobredimensionará en un 50%.

La potencia calorífica necesaria para vaporizar el GNL se determina mediante la siguiente expresión:

$$P_{G.G.N.L.} = Q \times \rho \times \Delta h$$

Donde:

Q: Caudal a gasificar, expresada en Nm³/h.

ρ : Densidad del gas natural, expresada en kg/m³

Δh : Calor latente de vaporización del GNL, expresado en kJ/kg

Dado que la densidad del gas natural es de 0,620 kg/Nm³, y el calor latente de vaporización es de 919,6 kJ/kg (220 kcal/kg), la potencia calorífica necesaria será:

$$P_{G.G.N.L.} = 1.500 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \times 0,77 \frac{\text{kg}}{\text{Nm}^3} \times 510 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 589\,050 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \equiv 140\,692,18 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Por tanto:

$$P_{G.G.N.L.} = 163,60 \text{ kW}$$

La potencia calorífica necesaria para el incremento de temperatura hasta + 5 °C desde - 160 °C hasta, que es la correspondiente a la temperatura de cambio de fase del gas natural a presión atmosférica, se determina mediante la siguiente expresión:

$$P_{C.G.N.} = Q \times \rho \times C_p \times \Delta T$$

donde:

CP: Capacidad calorífica a presión constante, expresada en kJ/(kg °K).

ΔT : Incremento de temperatura, expresado en grados.

Dado que la capacidad calorífica a presión constante es de 2,219 kJ/(kg °K), y el incremento de temperatura es de 165 °C (\equiv 165 °K), la potencia calorífica de incremento de temperatura necesaria será:

$$P_{\text{CGN}} = 1.500 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} \times 0,77 \frac{\text{kg}}{\text{Nm}^3} \times 2,219 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \times 165 \text{K} = 422.885,925 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \equiv 101.004,57 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Por tanto:

$$P_{\text{CGN}} = 117,45 \text{ kW}$$

Finalmente, se deduce que la potencia calorífica total necesaria a aportar al GNL es la siguiente;

$$P_{\text{Total}} = 281,05 \text{ kW}$$

4.1.2 Calculo de la caldera de agua necesaria

El rendimiento de las calderas que componen la UTC puede alcanzar el 110% del PCS, en función de la temperatura de emisión. La potencia del grupo térmico instalado es de 297 kW, por lo que es suficiente para cubrir las necesidades térmicas de la instalación proyectada anteriormente calculada.

4.1.3. Calculo del caudal de diseño del aparato gas (caldera)

El consumo de un aparato a gas, según las especificaciones del fabricante, y suponiendo de forma prudente un rendimiento mínimo del 90 %, se calculará según se indica en el apartado 3.4 de la Parte 4 de la Norma UNE 60670: Julio 2014 "Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar" [5].

Por tanto se determina mediante el cociente entre su consumo calorífico y el poder calorífico superior (PCS) del gas natural, expresado en las mismas unidades, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Q = 1,10 \times \frac{Q_{nHi}}{H_s}$$

Donde:

Q: Caudal o consumo de diseño de gas natural del aparato.

Qn Hi: Consumo calorífico nominal referido al Poder Calorífico Inferior del aparato a gas.

Hs: Poder Calorífico Superior del gas natural

1,10: Coeficiente corrector medio, función del Hs y del Hi del gas natural.

Teniendo en cuenta que el Poder Calorífico Superior del gas natural es de 11,756 kWh/Nm³ se obtiene:

$$Q = 1,10 \cdot \frac{(281,05 \text{ kW})}{11,756 \frac{\text{kWh}}{\frac{\text{Nm}^3}{h}}} = 26,3 \frac{\text{Nm}^3}{h}$$

4.1.4 Calculo de las bombas de recirculación de agua caliente necesarias

Tenemos dos grupos de bombeo en el circuito de agua caliente:

- El grupo para recirculación del circuito primario, compuesto por tres bombas Wilo modelo Stratos para 25/1-11. Estas bombas forman parte del circuito interior del equipo UTC por lo tanto no es necesario su cálculo ya que lo aporta el fabricante.

Las características técnicas de estas bombas se encuentran el capítulo 4 Anexos.

- El grupo de recirculación del circuito secundario, compuesto por dos bombas Grundfos / Magna1 D 40-150F. En este caso, si será necesarios calcular el caudal previsto y las pérdidas de carga admitida, ya que dichas bombas prevén la circulación del fluido calefactor (agua) a través del intercambiador tubular.

El caudal de recirculación para la potencia prevista se calcula según:

$$Q_{\text{Bombas Agua Caliente}} = \frac{P}{C_p \times \Delta T}$$

Donde,

- Q:** Caudal de diseño de las bombas de recirculación, expresado en m³/h.
- P:** Potencia de diseño del gasificador, expresada en kW
- CP:** Capacidad calorífica del agua, expresada en kW/(m³ °C).
- ΔT:** Salto térmico en el gasificador, expresado en grados centígrados.

Dado que la potencia de diseño del gasificador es de 281,05kW, la capacidad calorífica del agua es de 1,163 kW/(m³ °C), y el salto térmico será de 10°C, elcaudal de diseño de las bombas de recirculación será:

$$Q_{\text{Bombas Agua Caliente}} = \frac{281,05 \text{ kW}}{1,163 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}} \times 10 \text{ } ^\circ\text{C}} = 24,17 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Entrando en la curva de la bomba con el valor de 24,17 m³/h, da un NPSH disponible (caída máxima de presión), de 7,12 metros de columna de agua (m.c.a.), según podemos ver en la gráfica inferior.

Dicho valor es superior al de la pérdida de presión del intercambiador para dicho caudal, de 0,45 bar (4,5 m.c.a.), por lo que la elección de las mismas es correcta. Además la existencia en el UTC de dos bombas de secundario garantiza que ante el fallo de una de ellas, la UTC seguirá funcionando hasta la reparación o sustitución de la bomba defectuosa.

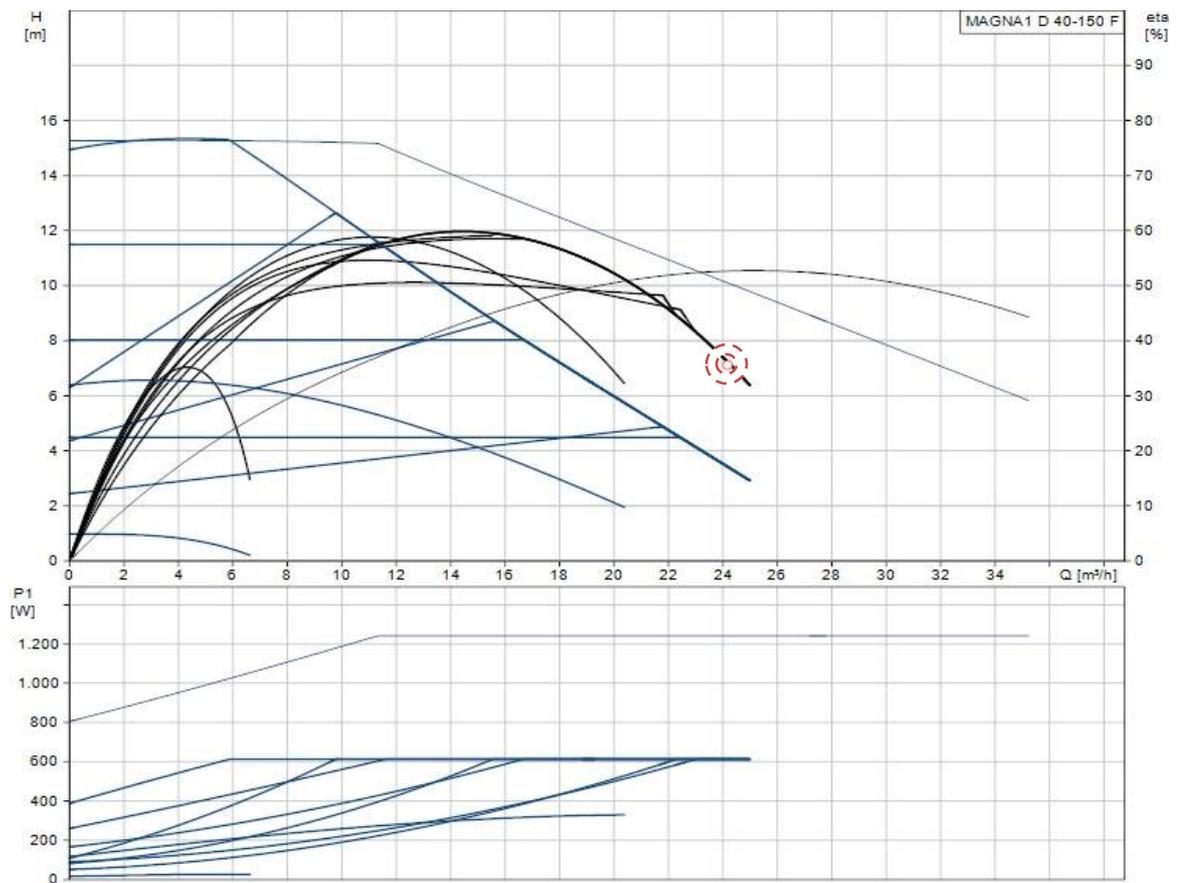


Ilustración 18: Curva de especificaciones Grundfos / Magna1 D 40-150F. Fuente [28]

4.1.5 Cálculos eléctricos

Para el cálculo de la sección de los conductores se han empleado las siguientes fórmulas:
Para circuitos trifásicos:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \Phi}$$

Para circuitos trifásicos:

Para circuitos monofásicos:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \Phi}$$

Donde:

- I: Intensidad de línea, expresada en amperios.
- U: Tensión entre pares de 400 V.
- P: Potencia de receptor, expresada en vatios.
- $\cos \Phi$: Factor de potencia (Igual a 0,8 si no se conoce).

Una vez determinada la sección, para el cálculo de las caídas de tensión en los conductores, se emplean las siguientes fórmulas:

Para circuitos trifásicos (U = 400 V):

$$\Delta U = \frac{L \cdot P}{C \cdot U \cdot S}$$

Para circuitos monofásicos (U = 230 V):

$$\Delta U = \frac{2 \cdot L \cdot P}{C \cdot u \cdot S}$$

Donde:

- L: Longitud de la línea, expresada en metros (m).
- P: Potencia del receptor, expresada en vatios (W).
- C: Conductividad de los conductores, que se considerará 56 para el Cu y 32 para Al.
- S: Sección del conductor, expresada en milímetros cuadrados (mm²).

Las caídas de tensión no sobrepasarán los máximos admitidos y especificaciones en la tabla de mediciones adjunta.

Las protecciones de los circuitos se han calculado de manera que dejen a aquellos sin corriente antes de que se sobrepasen las intensidades máximas admisibles para las que han sido calculados.

Potencia a instalar

La potencia que se necesitará instalar la calcularemos mediante una suma de la potencia máxima en la parte de alumbrado y la potencia máxima e la parte de fuerza.

Tabla 7: Potencia eléctrica a instalar. Fuente Propia

RECEPTORES	POTENCIA WATIOS		
	INST.	COEF.	MÁXIMA
ALUMBRADO			
2 puntos de luz exteriores con lámpara tipo incandescente de 100 W	100	1	200,0
2 puntos de luz con lámpara fluorescente de 36 W (Unidad de Calefacción)	36	1,8	259,2
2 Emergencias 20 W.	20	1	40,0
POTENCIA MÁXIMA EN ALUMBRADO:	499,2 W		
FUERZA			
1 Válvula de gas, pantalla, PLC	60	1	60
2 Caldera de gas con encendido eléctrico	250	1	500
2 Electrobombas de circulación de agua (Una de reserva)	2.200	1,25	2.750
POTENCIA MÁXIMA EN FUERZA:	3.310,0 W		
POTENCIA TOTAL MÁXIMA	3.809,2 W		

Previsiones

Ante la posibilidad de utilizar pequeños aparatos de mantenimiento o reparación (taladros, etc.), se ha previsto en el cuadro de protección una toma de corriente auxiliar. Si consideramos una potencia de 3 300 W conectada a la misma, la potencia total sería:

Potencia Total Máxima: 3 809,2 W

Potencia Accidental Prevista: 3 300,0 W

Total potencia general: 7 109,2 W

4.2 Anexo II Ficha de los datos de los fabricantes de los elementos para el regasificador portátil.

4.2.1. Válvulas de seguridad

Safety Valves

Type 06388



Cryogenic Safety Valve, angle type, bronze, PN50, type tested TÜV-SV.780. S/G
Full lift safety valve, orifice $d_0=23\text{mm}$ standard safety valve, with carbon filled PTFE valve seal, orifice $d_0=23\text{mm}$ with PCTFE seal, closed bonnet "cleaned and degreased for oxygen service"

Part No. 06388.X.0000

Inlet: male thread type G (BSPP) acc. to ISO 228/1, Outlet: female thread type G (BSPP) acc. to ISO 228/1

Part No. 06388.X.2000

Inlet: male thread type R (BSPT) acc. to ISO 7/1, Outlet: female thread type G (BSPP) acc. to ISO 228/1

Part No. 06388.X.5000

Inlet: male thread NPT acc. to ANSI B 1.20.3, Outlet: female thread type G (BSPP) acc. to ISO 228/1

Part No. 06388.X.6000

Inlet: male thread NPT acc. to ANSI B 1.20.3, Outlet: female thread NPT acc. to ANSI B 1.20.3

Available options - on request only:

- external parts nickel plated
- with installed elbow at the outlet
- with additional drain hole at the outlet (1)



Applications:

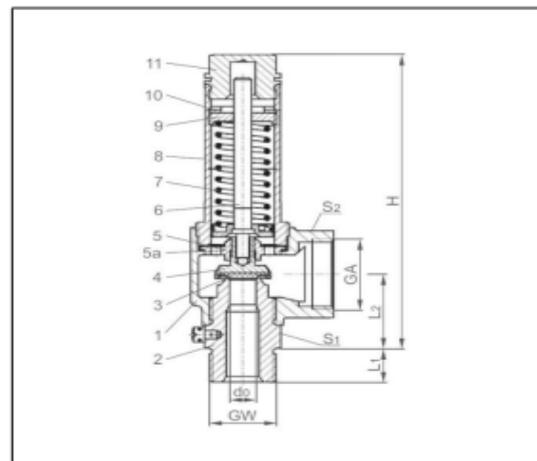
Provided as safety device for protection against excessive pressure in stationary and moveable gas cylinders and pressure vessels. Approved for air gases, vapours and cryogenic liquefied gases incl. LNG.

Working temperature: $-196^{\circ}\text{C} / -321^{\circ}\text{F}$ (77K) up to $+185^{\circ}\text{C} / +365^{\circ}\text{F}$ (458K), suitable for horizontal installation

Materials	DIN EN	ASME/ASTM
1 Outlet body	CC491K	B 62 UNS C83600
2 Inlet body	1.4301	SA 479 Grade 304
3 Valve seal	PTFE / Carbon filled (25%) / PCTFE	
4 Disc	CC493K	SB 505 UNS C93200
5 Guide plate	CC493K	SB 505 UNS C93200
5a Guide plate from GW 1	CC453K	SB 103 UNS C52100
6 Stem	CW453K	SB 103 UNS C52100
7 Spring	1.4571	A 313 Grade 316Ti
8 Bonnet	1.4308	A 351 CF 8
9 Spring clamp	CW614N	B 455 UNS C38500
10 Thread ring	CW614N	B 455 UNS C38500
11 Cap	CW614N	B 455 UNS C38500

Essential: Valves are delivered at a set pressure, therefore when ordering please confirm set pressure, medium and temperature.

Standard marking acc. to Pressure Equipment Directive 2014/68/EU (PED) and ASME Code Section VIII.



Type 06388	Technical data								
	GW	1/2	3/4	1/2	3/4	1	1-1/4	1-1/2	2
Nominal size	GW								
Orifice	d_0	7.0	7.0	10.5	10.5	15.0	23.0	23.0	23.0
Dimension code	.X.	0704	0706	1004	1006	1510	2312	2314	2320
Set pressure range	bar	3.3-50.0	3.3-50.0	2.9-50.0	2.9-50.0	2.9-50.0	2.0-50.0	2.0-50.0	2.0-50.0
Outlet	GA	1	1	1	1	1-1/4	2	2	2
Height	H	140	140	140	140	157	218	218	216
Length	L_1	14	16	14	16	18	20	20	25
Length	L_2	36	36	36	36	42	56	56	54
Wrench size across flats	S_1	30	30	30	30	41	55	55	65
Wrench size across flats	S_2	41	41	41	41	50	70	70	70
Weight	ca. kg	0.78	0.80	0.76	0.79	1.27	3.05	3.10	3.30
Coefficient of discharge	α_w	0.82	0.82	0.58	0.58	0.5	0.62	0.62	0.62
Coefficient of discharge	rated slope	0.862	0.862	1.517	1.517	2.769	7.55	7.55	7.55

Dimensions in mm.

Safety Valves Type 06388



Discharge capacities

Medium:

Air in m³/h at 0°C and 1013.25 mbar

Air in SCFM at 60°F (15.6°C) and 14.7 psia (1013.25 mbar)

The capacity indicated below is for a fully opened valve.

d₀ - orifice

A₀ - flow area

Calculation of discharge capacity acc. to AD2000-Merkblatt A2 / DIN EN ISO 4126-1 resp. ASME Code Sec. VIII.
 The safety valve is marked with the lower capacity of both calculations.

Set pressure in bar (g)	GW	1/2 & 3/4	1/2 & 3/4	1	1-1/4, 1-1/2 & 2	Set pressure in psig	GW	1/2 & 3/4	1/2 & 3/4	1	1-1/4, 1-1/2 & 2
	d ₀ (mm)	7.0	10.5	15.0	23.0		d ₀ (inch)	0.276	0.413	0.591	0.906
	A ₀ (mm ²)	38.48	86.59	176.71	415.48		A ₀ (in ²)	0.060	0.134	0.274	0.644
Medium	Air in m ³ /h					Medium	Air in SCFM				
2.0	-	-	-	-	564	30	-	-	-	-	360
2.9	-	139	244	738		40	-	-	-	-	443
3.0	-	143	251	758		50	60	106	193	526	
3.3	96	154	270	817		60	70	122	223	609	
4.0	112	179	314	952		70	79	139	254	692	
5.0	135	215	379	1148		80	89	156	284	775	
6.0	158	251	442	1342		90	98	172	315	858	
7.0	181	287	506	1535		100	107	189	345	941	
8.0	204	324	571	1735		110	117	206	376	1025	
9.0	227	361	634	1929		120	126	223	406	1108	
10.0	250	398	699	2128		130	136	239	437	1191	
12.0	295	470	827	2517		140	145	256	467	1274	
14.0	341	543	955	2907		150	155	273	498	1357	
16.0	387	615	1082	3297		175	179	314	574	1564	
18.0	432	688	1210	3686		200	202	356	650	1772	
20.0	482	767	1350	4115		225	226	398	726	1980	
22.0	528	841	1479	4508		250	250	439	802	2187	
24.0	574	914	1608	4902		275	273	481	878	2395	
26.0	620	987	1737	5295		300	297	523	954	2602	
28.0	666	1060	1865	5688		325	321	565	1031	2810	
30.0	719	1144	2013	6139		350	345	606	1107	3018	
32.0	765	1218	2143	6536		375	368	648	1183	3225	
34.0	812	1292	2273	6933		400	392	690	1259	3433	
36.0	858	1366	2403	7330		425	416	731	1335	3641	
38.0	905	1440	2533	7727		450	439	773	1411	3848	
40.0	959	1527	2686	8194		475	463	815	1488	4056	
42.0	1006	1601	2817	8595		500	487	857	1564	4263	
44.0	1053	1676	2948	8995		525	510	898	1640	4471	
46.0	1100	1750	3079	9396		550	534	940	1716	4679	
48.0	1147	1825	3210	9796		575	558	982	1792	4886	
50.0	1204	1915	3370	10283		600	582	1024	1868	5094	
						625	605	1065	1944	5302	
						650	629	1107	2021	5509	
						675	653	1149	2097	5717	
						700	676	1190	2173	5924	
						725	700	1232	2249	6132	



HEROSE GMBH
Armaturen und Metalle

Erst unmittelbar vor Gebrauch öffnen
Keep sealed until required for use

HEROSE Kom./Com.Nr.	110003431 / 10
Benennung / Description	Sicherheitsventil Ze G11/4 do = 18
HEROSE Art./Part. Nr.	06420.1812.0000
Stückzahl / Quantity	1
Kundenauftragnr. / Customer Order Nr.	435/20
Warempf. Beel. Nr./ Receiver PO No.	
Anspruchdruck / Set pressure	9,00 bar
Kunden Artikel Nr. / Customer Part Nr.	INTRASTAT 64814090
Ventil Nr. / Valve No.	10003432860
Herstelldatum / Date of manufacturing	11.11.2020

**Achtung: eventuell vorhandene Anlüftvorrichtung nur bei
anstehendem Betriebsdruck (ca. 85% des Einstelldrucks)
betätigen.**

**Caution: optionally lifting device only to use at
system pressure (85% of set pressure)**

**gereinigt für den Betrieb mit Sauerstoff
cleaned for oxygen service**

ISO 23208, BGR 500 Kap. 2.32 Betr.

O2-Anlagen, CQA 4.1,

AP4 WPI 70003 Class AA, BOC 50000810,

GS38 LS031-30X

Made in Germany



10003432860

HEROSE, Indien

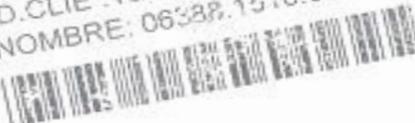
Phone: +91 20 6718 1514
Mobile: +91 98 199 2222
sales@india.herose.com

HEROSE Trading Co., Ltd.

Dalian
Phone: +86 411 8616 4368
Fax: +86 411 8616 4395
info@herose.cn

HEROSE Iberica S.L.

Barcelona
Phone: +34 939 029 328
iberica@herose.es

ID.CLIE :1394 ID.PRO : 97
NOMBRE: 06388.1510.0000 @ 9bar




HEROSE GMBH
Armaturen und Metalle

Erst unmittelbar vor Gebrauch öffnen
Keep sealed until required for use

HEROSE Kom./Com.Nr.	/
Benennung / Description	Sicherheitsventil Ze G1 - G1 1/4 do = 15
HEROSE Art./Part. Nr.	06388.1510V0000001
Stueckzahl / Quantity	1
Kundenauftragnr. / Customer Order Nr.	
Warenempf. Best. Nr./ Receiver PO No.	
Anspruchdruck / Set pressure	9,00 bar
Kunden Artikel Nr. / Customer Part Nr.	
Ventil Nr. / Valve No.	10003133379
Herstelldatum / Date of manufacturing	18.09.2019

Achtung: eventuell vorhandene Anfüßvorrichtung nur bei
anstehendem Betriebsdruck (ca. 85% des Einstelldrucks)
betätigen.

Caution: optionally lifting device only to use at
system pressure (85% of set pressure)

gereinigt für den Betrieb mit Sauerstoff
cleaned for oxygen service

ISU 23208, BGR 500 Kap. 2.32 Betr.

O2 - Anlagen, CQA 4.1,

AP4 WPI 7003 Class AA, BOC 50000810,

GS38 LS031 - 30X

Made in Germany



10003133379

Bombas de recirculación del primario

Heating and cooling
 High-efficiency pumps

wilo

Series description Wilo-Stratos PARA 25/1-11, 30/1-11



Heating and cooling

Design

Glandless circulation pump with cast iron pump housing and threaded connection. EC-motor with automatic power adjustment and self-protecting modes. Operation by Red Knob technology and delivered with power cable.

Application

Hot-water heating systems of all kinds, closed cooling circuits, industrial circulation systems, circulation in solar thermal and geothermal systems.

Type key

Example:	Wilo-Stratos PARA 25/1-11 T1
Stratos	Electronically controlled high-efficiency pump
PARA	Pump range adapted to requirements of the OEM market
25/	Nominal connection diameter
1-11	Nominal delivery head range [m]
T1	Type key for combinations of function and equipment
12 h	Position of electronic module, special version
(not specified)	Position of electronic module 6h, standard version

Options

- External control via 0-10V or PWM
- Control mode $\Delta p-c$ (constant), $\Delta p-v$ (variable)
- Control mode selection and differential pressure setpoint setting for $\Delta p-c$, $\Delta p-v$ via operating button
- Special version without operating button
- All possible combinations of functions and equipment are available
- Version with cable according to customer specification
- Version with short overall length of 130 mm
- Delivery in collective packaging (108 pumps/packaging)
- Delivery with thermal insulation
- Cold insulation Cooling-Shell as accessories

Technical data

Approved fluids (other fluids on request)

Heating water (in accordance with VDI 2035)	•
Water-glycol mixtures (max. 1:1; above 20% admixture, the pumping data must be checked)	•

Power

Energy efficiency index (EEI)	≤ 0.23
Max. delivery head	11 m
Max. volume flow	4.5 m ³ /h

Permitted field of application

Temperature range at max. ambient temperature	of 25°C = -10 to 110°C of 40°C = -10 to 90°C of 45°C = -10 to 80°C of 50°C = -10 to 70°C of 55°C = -10 to 60°C of 60°C = -10 to 50°C of 65°C = -10 to 40°C
Maximum static pressure	10 bar

Electrical connection

Mains connection	1-230 V, 50/60 Hz
------------------	-------------------

Motor/electronics

Electromagnetic compatibility	EN 61800-3
Emitted interference	EN 61000-6-3
Interference resistance	EN 61000-6-2
Speed control	Frequency converter
Protection class	IP X4D
Insulation class	F

Minimum suction head at suction port for avoiding cavitation at water pumping temperature

Minimum suction head at 50/95/110 °C	3/10/16 m
--------------------------------------	-----------

• = available, - = not available

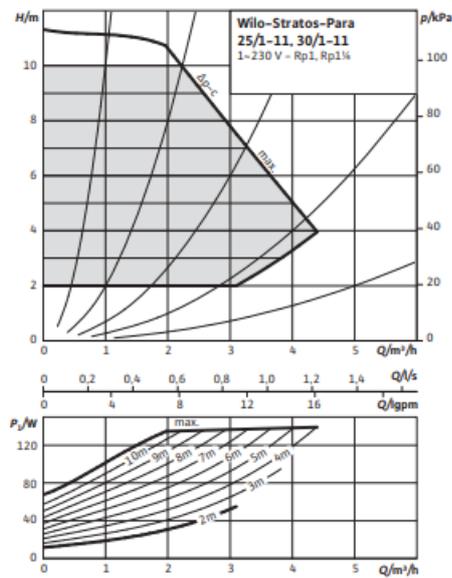
Heating and cooling

High-efficiency pumps

Pump curves Wilo-Stratos PARA 25/1-11, 30/1-11

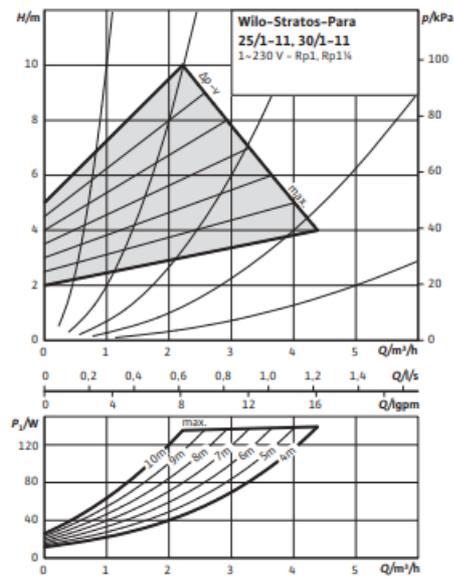
Wilo-Stratos PARA 25/1-11, 30/1-11

$\Delta p-c$ (constant)



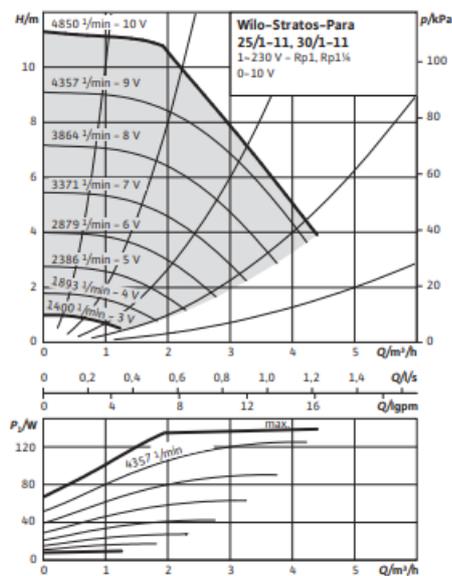
Wilo-Stratos PARA 25/1-11, 30/1-11

$\Delta p-v$ (variable)



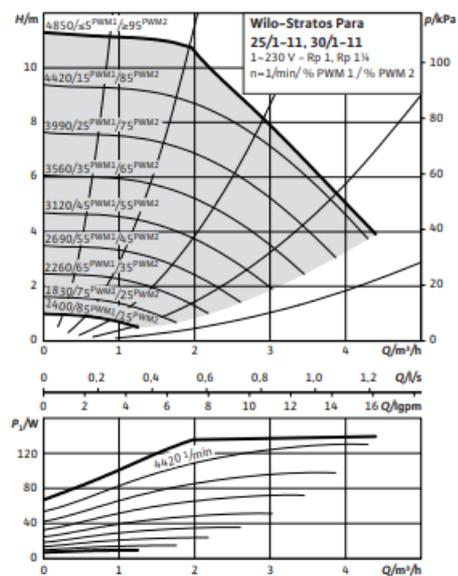
Wilo-Stratos PARA 25/1-11, 30/1-11

External control mode via Analog-In 0-10 V



Wilo-Stratos PARA 25/1-11, 30/1-11

External control via PWM



Heating and cooling

High-efficiency pumps

wilo

Dimensions, motor data Wilo-Stratos PARA 25/1-11, 30/1-11

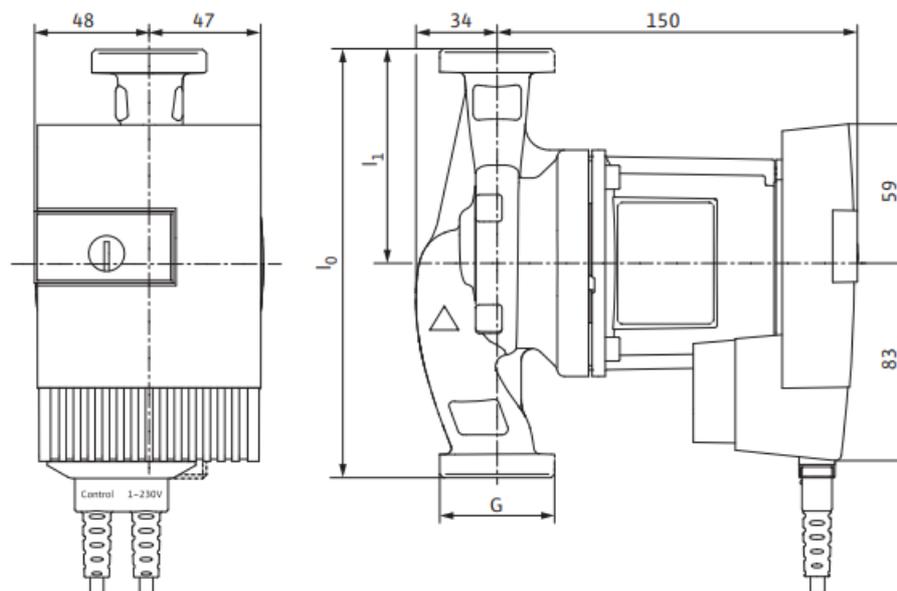
Motor data

Wilo-Stratos PARA...	Speed	Power consumption 1-230 V	Current at 1-230V	Motor protection
	n	P_1	I	–
	rpm	W	A	–
.../1-11	1400 – 4850	8-140	0.07 – 1.05	integrated

Materials

Wilo-Stratos PARA...	Pump housing	Impeller	Pump shaft	Bearing
.../1-11	Grey cast iron (EN-GJL-200)	Plastic (PPE - 30% GF)	Stainless steel (X46Cr13)	Carbon, metal impregnated

Dimension drawing



Dimensions, weights

Wilo-Stratos PARA...	Threaded pipe union	Thread	Overall length	Dimensions	Weight approx.
	–		l_0	$L7$	m
	–			mm	kg
25/1-11	Rp 1	G 1½	180	90	4.3
25/1-11	Rp 1	G 1½	130	65	4.3
30/1-11	Rp 1¼	G 2	180	90	4.3

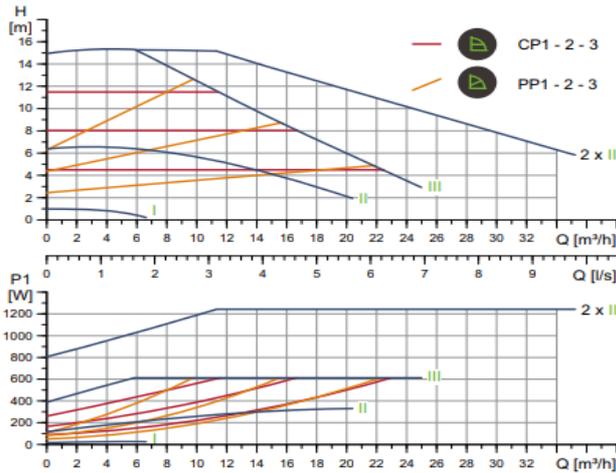
1. Bombas de recirculación del secundario

9

Curvas características y datos técnicos

MAGNA1 D 40-150 F

1 x 230 V, 50/60 Hz



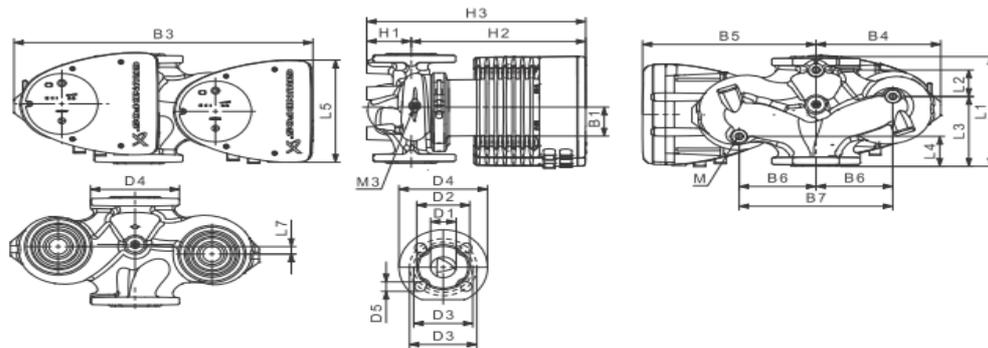
Velocidad	P1 [W]	I _{tr1} [A]
Min.	16,9	0,18
Máx.	630	2,77

La bomba incorpora protección contra sobrecargas.

Peso neto [kg]	Peso bruto [kg]	Vol. transporte [m³]
31,4	35,3	0,087

Conexiones: Véase *Conexiones a tuberías*, página 124.
 Máx. 1,0 MPa (10 bar).
 Presión del sistema: También disponible como máx. 1,6 MPa (16 bar).
 Temperatura del líquido: -10 °C - +110 °C (TF 110).
 Valores IEE específicos: 0,21.

TM05 6038 4712



TM05 5937 3613

Bomba	Dimensiones [mm]																				Rp	
	L1	L2	L3	L4	L5	L7	B1	B3	B4	B5	B6	B7	H1	H2	H3	D1	D2	D3	D4	D5		M
MAGNA1 D 40-150 F	250	58	155	75	204	0	84	512	220	294	130	260	69	303	372	40	84	100/110	150	14/19	12	1/4

Para conocer los números de producto, véase la página 132.

2. Válvula de Alivio (VES)

CT 239/I/E-a



VALVOLE DI SFIORO RELIEF VALVES



VS/AM...



**VALVOLE DI SFIORO VS/AM...
RELIEF VALVES VS/AM...**

Le valvole di sfioro delle serie VS/AM sono dispositivi di sicurezza (SBV) che provvedono a scaricare all'esterno una certa quantità di gas quando la pressione nel punto di controllo supera quella di taratura (pressione di rottura bolla) a causa di eventi non duraturi quali per esempio la chiusura di valvole di intercettazione in un tempo molto ridotto e/o surriscaldamento del gas con portata richiesta nulla. Lo scarico del gas all'esterno può, per esempio, evitare l'intervento dei dispositivi di blocco per cause transitorie non derivanti da danni ai riduttori. Ovviamente la quantità di gas scaricata dipende dalla entità della sovrappressione rispetto alla taratura.

Il principio di funzionamento di questi dispositivi di sicurezza si fonda sul confronto tra la spinta sulla membrana (VS/AM 55 e 56) o sul pistone (VS/AM 58) derivante dalla pressione del gas da controllare e la spinta derivante dalla molla di taratura. Ovviamente in questo confronto intervengono anche il peso dell'equipaggio mobile, le spinte statiche e quelle dinamiche residue sulla pastiglia armata. Quando la spinta derivante dalla pressione del gas supera quella della molla, l'otturatore viene sollevato con conseguente scarico di una certa quantità di gas; in caso contrario l'otturatore viene liberato e chiude la sede valvola sotto la spinta della sola pressione del gas da controllare e non della molla di taratura. In questo modo vengono evitati danneggiamenti alla pastiglia armata per errate manovre del dado di regolazione della taratura.

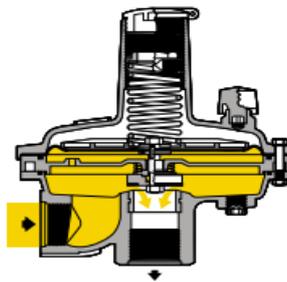
Le caratteristiche peculiari di questa serie sono:

- modeste sovrappressioni anche con portate relativamente elevate;
- prontezza di risposta;
- semplicità di manutenzione;
- presa d'impulso interna;
- possibilità di sigillo del tappo che dà accesso alla regolazione.

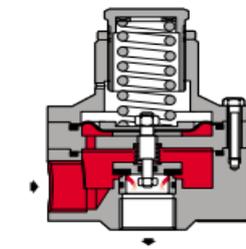
CARATTERISTICHE

- pressione di progetto del corpo:
 - tipo 55: 16 bar
 - tipo 56: 19,6 bar
 - tipo 58: 100 bar
- temperatura di progetto:
 - 10÷50 °C; (a richiesta temperature inferiori o superiori);
- intervallo di regolazione consigliato (Who):
 - tipo 55/BP: 15 ÷ 180 mbar
 - tipo 55/MP: 180 ÷ 450 mbar
 - tipo 55/TR: 300 ÷ 3000 mbar
 - tipo 56: 420 ÷ 7000 mbar
 - tipo 58: 2 ÷ 44 bar
- precisione di intervento alla rottura bolla (AG):
 - tipo 55: ± 2,5%
 - tipo 56: ± 1,5%
 - tipo 58: ± 1% 28 bar ≤ taratura ≤ 44 bar
± 2% 8,5 bar ≤ taratura ≤ 28 bar
± 3% 2 bar ≤ taratura ≤ 8,5 bar

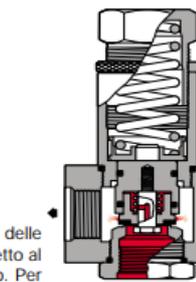
La tabella riportata nel seguito fornisce i valori delle portate di scarico per varie sovrappressioni rispetto al set-point e per alcuni valori del set-point stesso. Per valori intermedi le portate possono essere desunte per interpolazione lineare.



VS/AM 55



VS/AM 56



VS/AM 58

The relief valves in the VS/AM Series are safety devices (SBV) for discharging a certain amount of gas when the pressure at the control point exceeds a given level (bubble-bursting pressure) due to any temporary occurrence such as the momentary shutting of the on/off valve and/or the overheating of the gas with no flow requirement. Discharge of the gas can, for example, avoid any intervention by blocking devices in the case of transient causes not regarding damage to the regulators. Clearly, the amount of discharged gas depends on the entity of the excess pressure in relation of the pressure setting.

These safety devices operate on the principle of comparison between the thrust on the diaphragm (VS/AM 55 and 56) or on the piston (VS/AM 58), deriving from the pressure of the gas to be controlled, and the thrust deriving from the setting spring. Of course the weight of the mobile unit and the static and dynamic residual thrust on the cocked plug also influence the comparison. When the thrust deriving from the gas pressure exceeds that of the spring, the plug is raised and a certain amount of gas is discharged; otherwise the plug is released and it closes the valve seat due to the sole effect of the pressure of the gas being controlled, not because of the setting spring. This means that the cocked plug cannot be damaged by any wrong handling of the setting-adjustment nut.

The particular features of this series are:

- slight overpressure levels, even with relatively high capacities;
- speedy reaction;
- easy maintenance;
- internal impulse take-off;
- option for sealing of plug leading to adjustment point.

CHARACTERISTICS

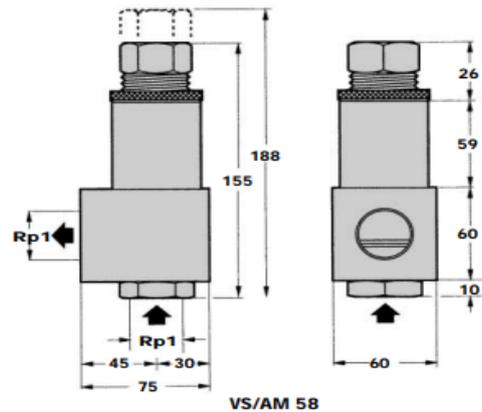
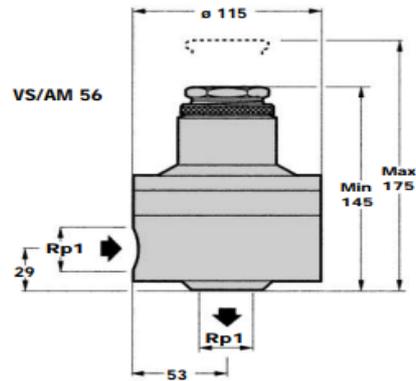
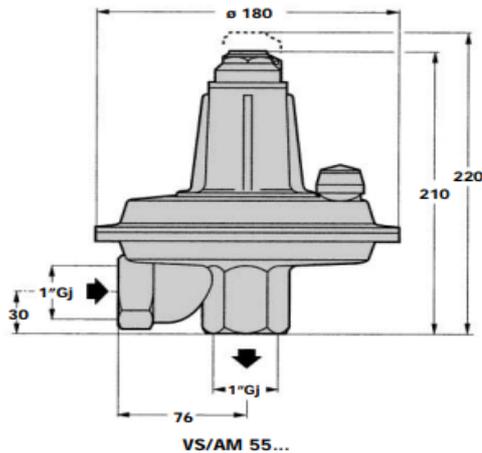
- body design pressure:
 - type 55: 16 bar
 - type 56: 19,6 bar
 - type 58: 100 bar
- design temperature:
 - 10 to +50 °C, (lower or higher temperatures on request);
- suggested adjustment range (Who)
 - type 55/BP: 15 to 180 mbar
 - type 55/MP: 180 to 450 mbar
 - type 55/TR: 300 to 3000 mbar
 - type 56: 420 to 7000 mbar
 - type 58: 2 to 44 bar
- bubble-tightness accuracy (AG):
 - type 55: ± 2,5%
 - type 56: ± 1,5%
 - type 58: ± 1% 28 bar ≤ setting ≤ 44 bar
± 2% 8,5 bar ≤ setting ≤ 28 bar
± 3% 2 bar ≤ setting ≤ 8,5 bar

Table afterwards give the values of the discharge flow for various overpressures in relation to the setting and for some values of the setting itself. For intermediate values, the flow can be deduced by linear interpolation.

CT 239/II/E-a



**DIMENSIONI D'INGOMBRO
 OVERALL DIMENSIONS**



DESCRIZIONE PER ORDINAZIONI

Nelle ordinazioni di valvola utilizzare la descrizione riportata qui nel seguito; in quella per parti di ricambio aggiungere anche il numero di matricola.
 VS/AM - tipo di valvola - pressione di taratura in mbar. Esempio: VS/AM - 55M - Pso = 300 mbar

ORDERING DESCRIPTION

When ordering the valves, use the following description; if ordering spares, add the serial number too:
 VS/AM - type of valve - pressure setting in mbar (e.g. VS/AM - 55/M - Pso = 300 mbar)

TABELLA MATERIALI - MATERIALS TABLE

PARTICOLARE - ITEM	VS/AM 55	VS/AM 56
Corpo e coperchi Body and casing	alluminio pressofuso die-cast aluminium	CF 9S Mn Pb 36 UNI 4838 = 9S Mn Pb 36 DIN 1651 = AISI-SAE 12 L 14
Otturatore Plug		CF 9S Mn Pb 36 UNI 4838 + gomma vulcanizzata T.N. 26 CF 9S Mn Pb 36 UNI 4838 + vulcanized rubber TN 026
Membrana Diaphragm		Gomma telata T.N. 014 Ruberized nitril canvas T.N. 014
PARTICOLARE - ITEM	VS/AM 58	
Corpo Body	CF 9S Mn Pb 36 UNI 4838 = 9S Mn Pb 36 DIN 1651 = AISI-SAE 12 L 14	
Otturatore Plug	AISI 303 + gomma vulcanizzata NS. TN 007 AISI 303 + vulcanized rubber NS. TN 007	
Sede valvola Valve seat	AISI 303	

I dati sono indicativi e non impegnativi. Ci riserviamo di apportare eventuali modifiche senza preavviso.
 The data are not binding. We reserve the right to make modification without prior notice.

Pietro Fiorentini S.p.A.

UFFICI COMMERCIALI - OFFICES:

I-20124 MILANO

Italy - Via Rosellini, 1 - Phone +39.02.6961421 (10 linee a.r.) - Fax +39.02.6880457 • E-mail: sales@fiorentini.com

I-36057 ARCUGNANO (VI)

Italy - Via E. Fermi, 8/10 - Phone +39.0444.968511 (10 linee a.r.) - Fax +39.0444.960468 • E-mail: arcugnano@fiorentini.com

I-80143 NAPOLI

Centro Direzionale - Isola G 1 - Phone +39.081.7500499 - Fax +39.081.7500394 • E-mail: napoli@fiorentini.com

ASSISTENZA POST-VENDITA E SERVIZIO RICAMBI - SPARE PARTS AND AFTER-SALES SERVICE:

I-36057 ARCUGNANO (VI) - Italy - Via E. Fermi, 8/10 - Phone +39.0444.968511 (10 linee a.r.) - Telefax +39.0444.968513 - E-mail: service@fiorentini.com

Edigraf srl - 5/01

3. Reguladores de presión con VIS de alta y baja presión

REGULADORES DBM

DN25 DN40 DN50

La principal característica de los reguladores de acción directa, con ajuste por muelle de la serie DBM con obturador compensado, es la elevada estabilidad de la presión de salida, ante fuertes variaciones de la presión de entrada. Tienen además un amplio rango tanto de la presión de entrada, desde 0,2 bar hasta 25 bar y de la presión de salida entre 20 mbar y 4 bar, con una relación caudal/tamaño muy interesante.

Aplicaciones típicas van desde redes de distribución de media o alta presión, estaciones de regulación y medida ERM y grupos de combustión.

Pueden trabajar con gas natural, gas manufacturado, propano, butano, biogas, aire y otros gases que no tengan un alto contenido en bencol.

Vienen dotados de un dispositivo antibombeo para evitar oscilaciones.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Pe. Max.:	25 bar
Psal.:	20 a 4000 mbar
Conexión entrada:	DIN PN 25 ó ANSI 150
Conexión salida:	DIN PN 25 ó ANSI 150
Posición montaje:	Según fotografía ± 90°
Temperatura empleo:	-10° a + 50 °C

Materiales

Cuerpo regulador:	Fundic. esferoidal
Cuerpo servomotor	
-DBM 25:	Aluminio inyectado
-DBM 40 y DBM 50:	Acero estampado
Obús:	Latón
Obturador:	Acero
Membranas:	Nitrílicas teladas
Juntas:	Nitrílicas
Eje regulación:	Acero
Cuerpo bloqueo:	Aluminio inyectado



La toma de presión de regulación, la realizan exteriormente, por lo que precisan toma de impulsos externa.

Válvula de seguridad

El regulador, puede venir dotado de válvula de seguridad por mínima y/o máxima presión montada en la parte inferior del regulador, tomando la denominación de DBM 25/S, DBM 40/S y DBM 50/S (BP, MP, ó AP). La toma de la válvula de seguridad, se realiza lateralmente por lo que también necesita toma de impulsos externa.

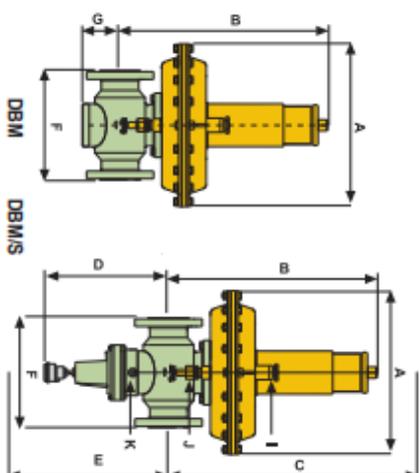
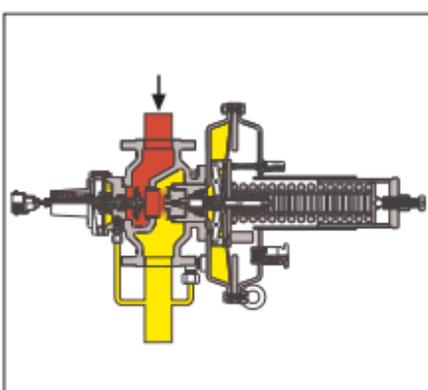
REGULADORES DBM

Código	Artículo	Peso
R1,DBM.2500.D1	Regulador DBM 25	9,0 kg
R1,DBM.2500.D3	Regulador DBM 25	9,0 kg
R1,DBM.2500.D5	Regulador DBM 25	9,0 kg
R1,DBM.2510.D1	Regulador DBM 25/S	10,0 kg
R1,DBM.2510.D3	Regulador DBM 25/S	10,0 kg
R1,DBM.2510.D5	Regulador DBM 25/S	10,0 kg
R1,DBM.4000.D1	Regulador DBM 40	39,0 kg
R1,DBM.4000.D3	Regulador DBM 40	39,0 kg
R1,DBM.4000.D5	Regulador DBM 40	39,0 kg
R1,DBM.4010.D1	Regulador DBM 40/S	40,0 kg
R1,DBM.4010.D3	Regulador DBM 40/S	40,0 kg
R1,DBM.4010.D5	Regulador DBM 40/S	40,0 kg
R1,DBM.5000.D1	Regulador DBM 50	45,0 kg
R1,DBM.5000.D3	Regulador DBM 50	45,0 kg
R1,DBM.5000.D5	Regulador DBM 50	45,0 kg
R1,DBM.5010.D1	Regulador DBM 50/S	46,0 kg
R1,DBM.5010.D3	Regulador DBM 50/S	46,0 kg
R1,DBM.5010.D5	Regulador DBM 50/S	46,0 kg

DIMENSIONES en mm

Modelo Regulador	Conexión Entrada/Salida	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K
DBM 25	DN 25 ó 1"	210/280	260	390	-	-	164	66	1/2"	10x15	-
DBM 25/S	DN 25 ó 1"	210/280	260	390	220	290	164	-	1/2"	10x15	10
DBM 40	DN 40 ó 1,1/2"	280/390	450	575	-	-	223	77	1/2"	10x15	-
DBM 40/S	DN 40 ó 1,1/2"	280/390	450	575	240	270	223	-	1/2"	10x15	10
DBM 50	DN 50 ó 2"	280/390	470	585	-	-	254	86	1/2"	10x15	-
DBM 50/S	DN 50 ó 2"	280/390	470	585	250	280	254	-	1/2"	10x15	10

REV. 04





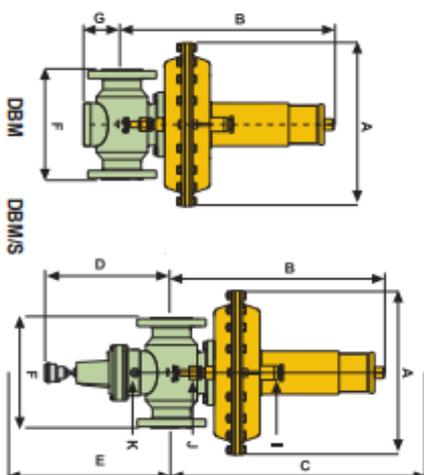
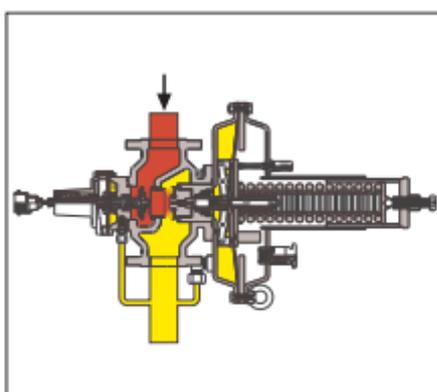
REGULADORES DBM

Código	Artículo	Peso
R1.DBM.2500.D1	Regulador DBM 25	9,0 kg
R1.DBM.2500.D3	Regulador DBM 25	9,0 kg
R1.DBM.2500.D5	Regulador DBM 25	9,0 kg
R1.DBM.2510.D1	Regulador DBM 25/S	10,0 kg
R1.DBM.2510.D3	Regulador DBM 25/S	10,0 kg
R1.DBM.2510.D5	Regulador DBM 25/S	10,0 kg
R1.DBM.4000.D1	Regulador DBM 40	39,0 kg
R1.DBM.4000.D3	Regulador DBM 40	39,0 kg
R1.DBM.4000.D5	Regulador DBM 40	40,0 kg
R1.DBM.4010.D1	Regulador DBM 40/S	40,0 kg
R1.DBM.4010.D3	Regulador DBM 40/S	40,0 kg
R1.DBM.4010.D5	Regulador DBM 40/S	40,0 kg
R1.DBM.5000.D1	Regulador DBM 50	45,0 kg
R1.DBM.5000.D3	Regulador DBM 50	45,0 kg
R1.DBM.5000.D5	Regulador DBM 50	45,0 kg
R1.DBM.5010.D1	Regulador DBM 50/S	46,0 kg
R1.DBM.5010.D3	Regulador DBM 50/S	46,0 kg
R1.DBM.5010.D5	Regulador DBM 50/S	46,0 kg

DIMENSIONES en mm

Modelo Regulador	Conexión Entrada/Salida	A	B	C	D	E	F	G	I	J	K
DBM 25	DN 25 ó 1"	210/280	200	390	-	-	164	66	1/2"	10/15	-
DBM 25/S	DN 25 ó 1"	210/280	200	390	220	250	164	-	1/2"	10/15	10
DBM 40	DN 40 ó 1,1/2"	280/380	450	575	-	-	223	77	1/2"	10/15	-
DBM 40/S	DN 40 ó 1,1/2"	280/380	450	575	240	270	223	-	1/2"	10/15	10
DBM 50	DN 50 ó 2"	280/380	470	565	-	-	254	86	1/2"	10/15	-
DBM 50/S	DN 50 ó 2"	280/380	470	565	250	280	254	-	1/2"	10/15	10

REV. 04



Carretera de Ripolllet, 51 Poligono Ind. Folvassa, Nave 1
 08110 Montcada i Reixac (Barcelona) Spain
 Tel. (34) 935 647 550 Fax (34) 935 647 211 - (34) 935 647 702
 e-mail: apq@apq.cc www.apq.cc

		PRESION SALIDA bar																													
		0.02	0.04	0.05	0.08	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.50	0.80	1.00	1.20	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	
PRESION ENTRADA bar	0.10	68	86	101	127	167	217	247	281	320	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	
	0.15	86	101	127	167	217	247	281	320	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361
	0.20	101	127	167	217	247	281	320	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361
	0.30	127	167	217	247	281	320	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361
	0.50	167	217	247	281	320	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361
	0.80	217	247	281	320	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361
	1.00	247	281	320	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361
	1.20	281	320	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361
	1.50	320	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361
	2.00	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361
	2.50	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361
	3.00	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361
	3.50	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361
	4.00	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361	361

TABLA DE CAUDAL
 DBM 25 Velocidad 200 m/seg



Carretera de Ripolllet, 51 Polígono Ind. Folnvasa, Nave 1
 08110 Montcada i Reixac (Barcelona), Spain
 Tel. (34) 935 647 550 Fax (34) 935 647 211 - (34) 935 647 702
 e-mail: apq@apq.cc www.apq.cc

APQ

6

		PRESION SALIDA bar																
		0.02	0.04	0.05	0.08	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.50	0.80	1.00	1.20	1.50	2.00	3.00	4.00
PRESION ENTRADA bar	0.10	161	141	130	83	133	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.15	205	191	183	156	187	136	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.20	242	230	224	203	264	234	196	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.30	301	293	289	275	284	358	338	142	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.50	397	392	390	381	375	494	483	315	288	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.80	516	513	512	507	503	571	563	470	456	378	-	-	-	-	-	-	-
	1.0	588	586	585	581	578	644	638	554	544	489	339	-	-	-	-	-	-
	1.2	670	670	670	670	670	762	762	631	623	582	478	357	-	-	-	-	-
	1.5	693	706	713	733	747	815	815	762	750	704	635	564	458	-	-	-	-
	2.0	693	706	713	733	747	815	815	815	805	914	845	805	750	630	-	-	-
	2.5	693	706	713	733	747	815	815	815	1002	1019	1027	1002	967	895	691	-	-
	3.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1219	1019	1219	1222	1157	1108	978	746	-
	4.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1358	1019	1222	1222	1494	1524	1408	1289	-
	5.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1358	1019	1222	1222	1494	1698	1828	1706	847
	6.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1358	1019	1222	1222	1494	1698	1828	2003	1468
	7.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1358	1019	1222	1222	1494	1698	1828	2216	1914
8.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1358	1019	1222	1222	1494	1698	1828	2377	2300	
9.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1358	1019	1222	1222	1494	1698	1828	2596	2742	
10.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1358	1019	1222	1222	1494	1698	1828	3047	3047	
11.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1358	1019	1222	1222	1494	1698	1828	3395	3056	
12.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1358	1019	1222	1222	1494	1698	1828	3395	3056	
13.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1358	1019	1222	1222	1494	1698	1828	3395	3056	
14.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1358	1019	1222	1222	1494	1698	1828	3395	3056	
15.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1358	1019	1222	1222	1494	1698	1828	3395	3056	
16.0	693	706	713	733	747	815	815	815	1358	1019	1222	1222	1494	1698	1828	3395	3056	

TABLA DE CAUDAL

DBM 40 Velocidad 150 m/seg

Carretera de Ripollet, 51 Polígono Ind. Foinvasa, Nave 1
 08110 Montcada i Reixac (Barcelona) Spain
 Tel. (34) 935 647 550 Fax (34) 935 647 702
 e-mail: apq@apq.cc www.apq.cc

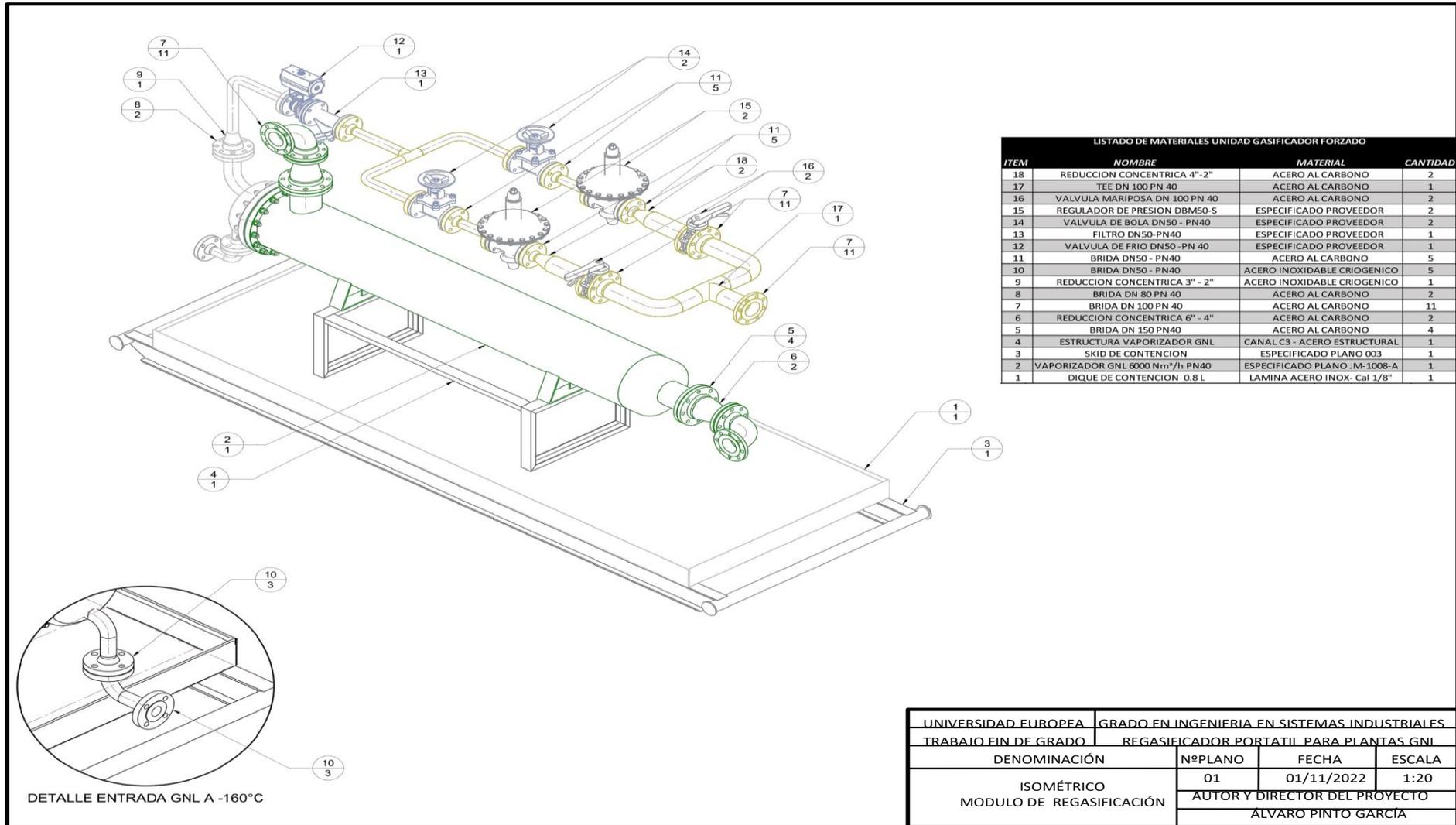


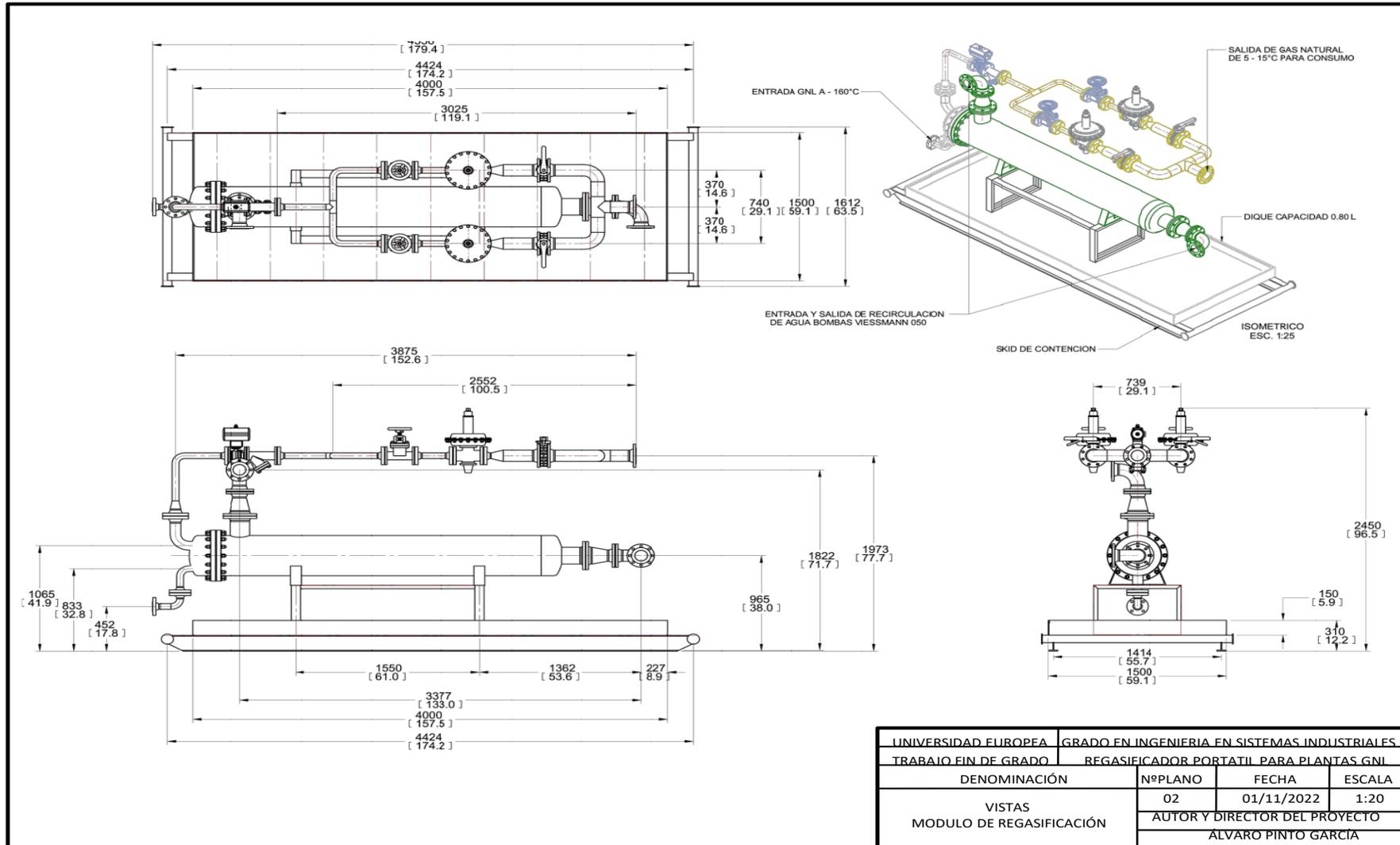
		PRESION SALIDA bar															
		0.10	0.15	0.20	0.30	0.50	0.80	1.00	1.20	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	
PRESION ENTRADA bar	0.02	260	330	388	485	566	830	945	1078	1225	1443	1443	1443	1443	1443	1443	
	0.04	227	307	370	471	631	825	942	1078	1225	1470	1471	1471	1471	1471	1471	
	0.05	209	294	360	464	626	823	940	1078	1225	1470	1485	1485	1485	1485	1485	
	0.08	134	250	327	442	613	815	934	1078	1225	1470	1528	1528	1528	1528	1528	
	0.10	-	213	301	425	603	809	930	1078	1225	1470	1556	1556	1556	1556	1556	
	0.15	-	-	218	377	576	794	918	1035	1225	1470	1627	1627	1627	1627	1627	
	0.20	-	-	-	315	544	776	905	1025	1225	1470	1698	1698	1698	1698	1698	
	0.25	-	-	-	228	507	756	891	1014	1225	1470	1714	1768	1768	1768	1768	
	0.30	-	-	-	462	733	874	1001	1177	1470	1714	1839	1839	1839	1839	1839	
	0.50	-	-	-	-	608	786	935	1132	1470	1714	1959	2122	2122	2122	2122	
	0.80	-	-	-	-	-	545	769	1021	1358	1651	1959	2449	2546	2546	2546	
	1.00	-	-	-	-	-	-	574	907	1293	1610	1959	2449	2829	2829	2829	
	1.20	-	-	-	-	-	-	-	737	1206	1555	1980	2449	2939	3112	3112	
	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	1013	1439	1781	2449	2939	3429	3537	
	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	1110	1573	2263	2939	3429	3919	4244	
	2.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1200	2088	2742	3429	3919	4409	
3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1813	2587	3220	3919	4409		
3.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1361	2359	3077	3697	4409		
4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2027	2878	3563	4173		

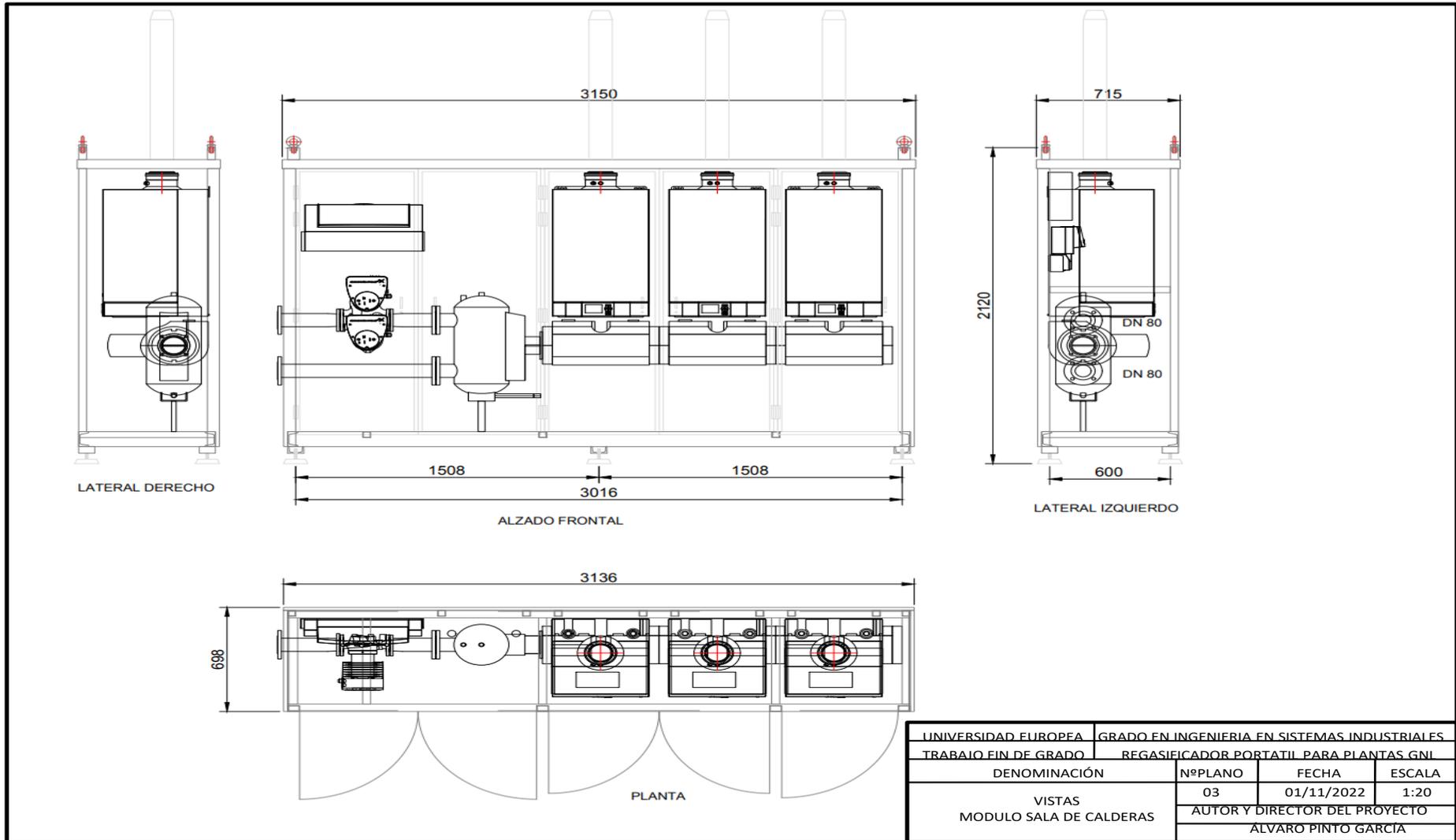
TABLEA DE CAUDAL

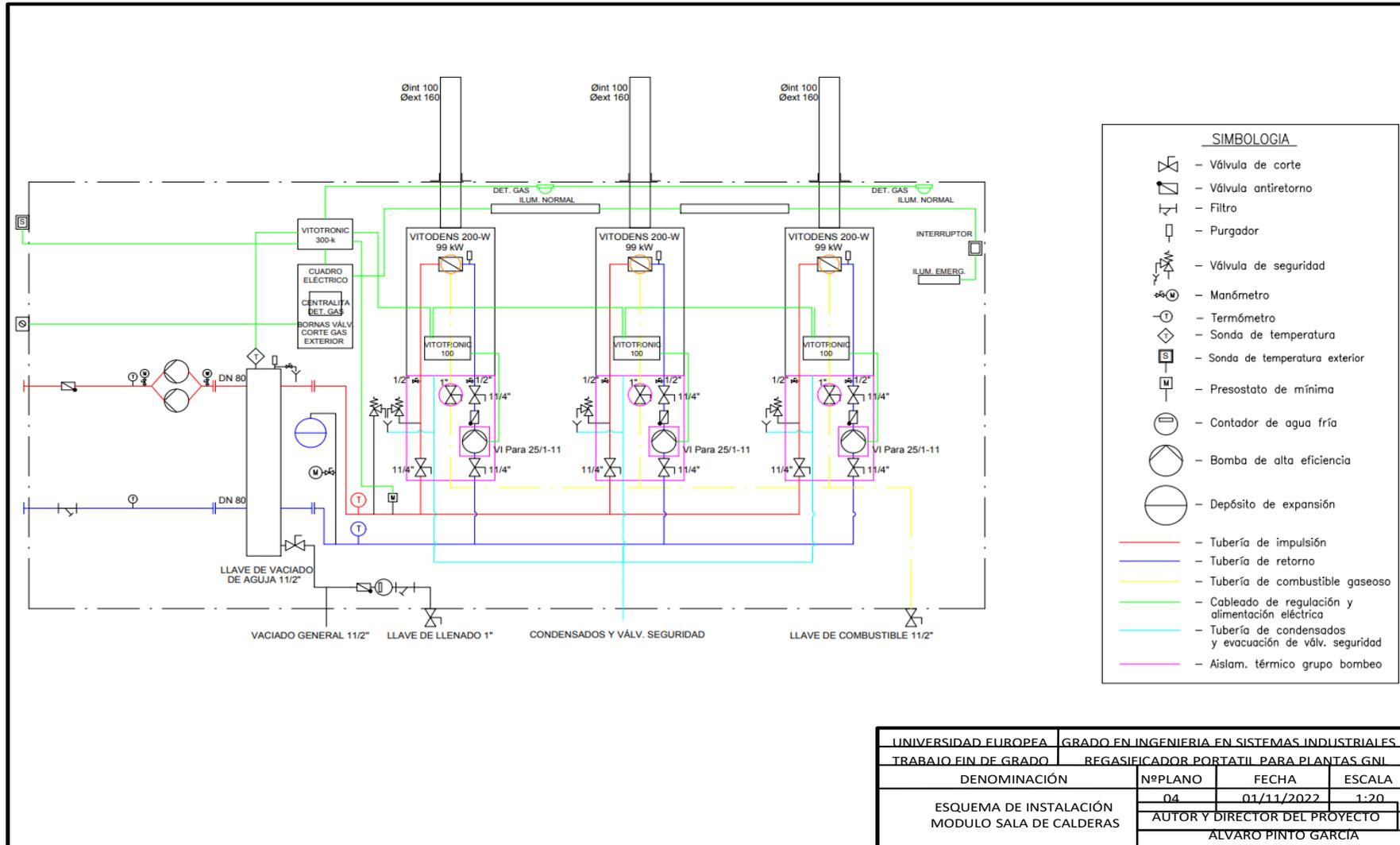
DBM 50 Velocidad 200 m/seg

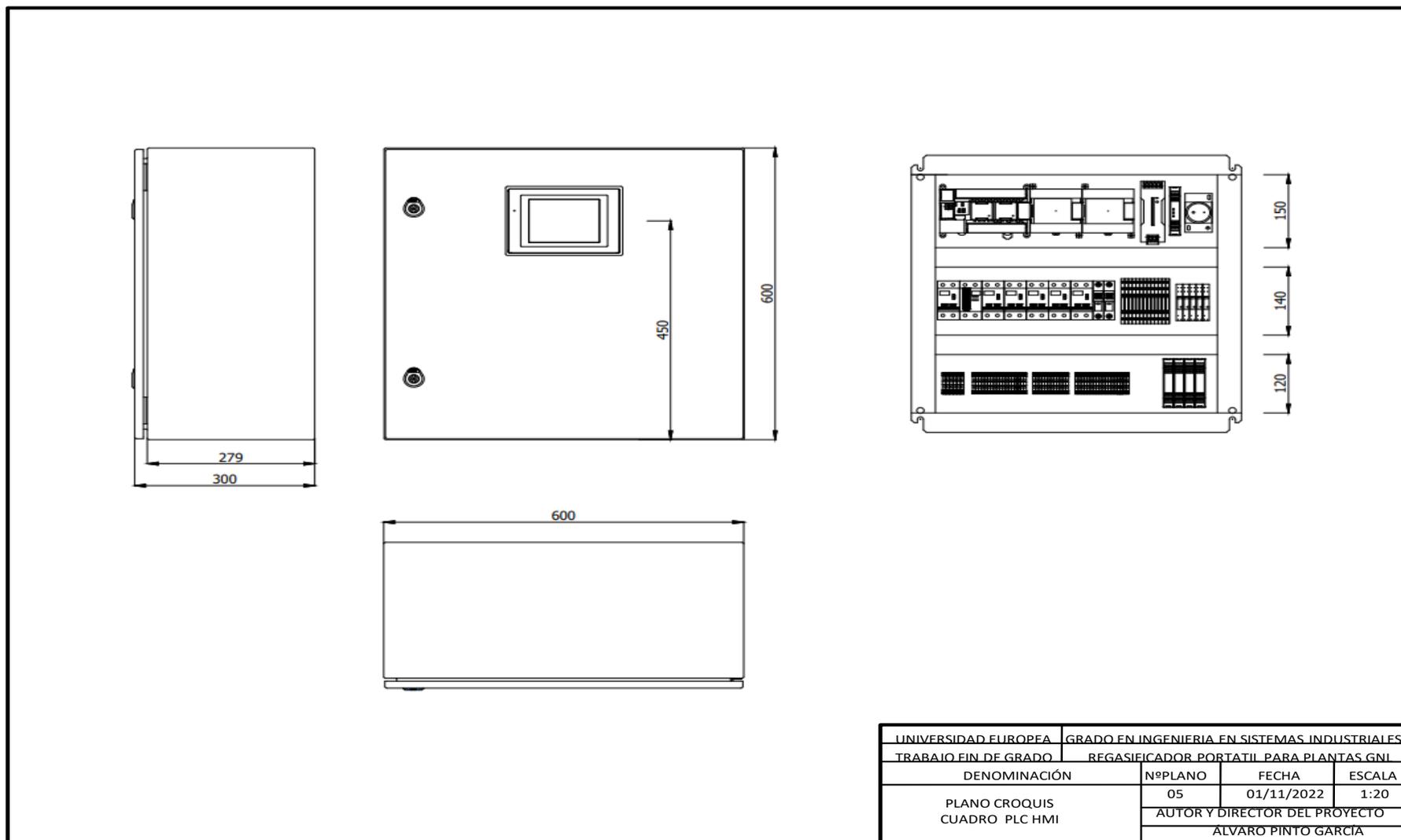
Capítulo 5. PLANOS











Capítulo 6. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

La instalación se efectuara de acuerdo con el presente proyecto y las posibles modificaciones o revisiones introducidas por la Dirección Facultativa de Obra.

A la entrega de la ejecución de la instalación, una vez efectuadas las pruebas se realizará una limpieza de las condiciones con gas inerte o medios mecánicos.

6.1. Condiciones generales

El objetivo fundamental del siguiente proyecto es la de diseñar y calcular un sistema de regasificación GNL autónoma y portátil para una situación en caso de urgencia o emergencia, y de esta manera conseguir restablecer o directamente no llegar a desabastecer de suministro de gas natural a un municipio pudiendo ser desplazado de manera rápida

Para ello se analizarán las normativas que han de cumplir todos los elementos que componen el regasificador definiendo y especificando los requisitos y condiciones que han de cumplir, siendo de obligado cumplimiento las siguientes normativas:

- UNE-EN 1160, Instalaciones y equipos para GNL. Características generales del GNL.
- UNE-EN 1473, Instalaciones y equipos para GNL. Diseño de las instalaciones terrestres.
- UNE-EN 13645, Instalaciones y equipamiento para GNL. Diseño de instalaciones terrestres con capacidad de almacenamiento comprendida entre 5 t. a 500 t.
- UNE-EN ISO 16903:2016, Industrias del petróleo y del gas natural. Características del GNL que influyen en el diseño y en la selección de los materiales.
- UNE-EN 50089, Particiones de resina moldeada para aparata de alta tensión bajo envolvente metálica en atmósfera de gas.
- UNE-EN-60079, Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas.
- UNE-EN 60079-1:2015, Atmósferas explosivas. Parte 1: Protección del equipo por envolventes antideflagrantes "d".
- UNE 21123, Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 1: Cables con aislamiento y cubierta de policloruro de vinilo.
- UNE 36582, Galvanizados para blindajes de conducciones eléctricas (tubo "Conduit").

- UNE 60210:2018, Plantas satélite de gas natural (GNL).
- UNE 60250, Instalaciones de almacenamiento de gases licuados del petróleo (GLP) en depósitos fijos para su consumo en instalaciones receptoras.
- UNE-60311 / 2015, Canalizaciones de combustibles gaseosos con presión máxima de operación inferior o igual a 5 bar.
- UNE 60312, Estaciones de regulación para canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión de entrada no superior a 16 bar.
- UNE 60601, Salas de máquinas y equipos autónomos de generación de calor frío o para cogeneración, que utilizan combustibles gaseosos.
- UNE 60620-5, Instalaciones Receptoras de gas natural suministradas a presiones superiores a 5 bar. Grupos de regulación.
- UNE-60670, Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar.
- UNE 60670-3, Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Tuberías, elementos, accesorios y sus uniones.
- ITC-ICG 04, Plantas satélite de gas natural licuado.
- UNE-EN 61386-1:2008, Sistemas de tubos para conducción de cables.
- Directiva 2014/68/UE, relativa a la armonización de las legislaciones de los Estados miembros sobre la comercialización de equipos a presión.
- Directiva 2014/34/UE ATEX.

6.2. Materiales, equipos y servicios.

6.2.1. La instalación

Las válvulas de accionamiento manual con servicio de bloqueo o regulación en líneas de gas natural licuado o gas, en función de la temperatura de servicio se corresponderán a los siguientes criterios de diseño. Temperaturas menores -40 °C: Válvula criogénica con vástago extendido. Temperaturas confundidas entre -40 °C y 0 °C: válvulas criogénicas con vástago normal. Todas las tuberías por la que circule gas natural licuado o gas serán de acero inoxidable AISI 304 Sch 10.

6.2.2. Homologación de soldadores y procedimientos de soldaduras

Las uniones soldadas de la instalación serán ejecutadas por soldadores cualificados en posesión de la homologación correspondiente según código de diseño.

Así mismo los procedimientos de soldadura utilizados estarán bajo el mismo código de diseño.

En este caso las soldaduras del regasificador forzado se adjunta por parte de la empresa ya que es un elemento en stock de la compañía que ya dispone de homologación previa.

6.3. Las pruebas

Previa a la puesta en marcha se realizaran las siguientes pruebas: Comprobación sistemas de seguridad con precintado de válvulas de seguridad del tanque y de las líneas de GNL.

Prueba de estanqueidad en zona criogénica con nitrógeno a una presión 1.3 veces de la presión de trabajo.

En las zonas no criogénicas deberá realizarse prueba de resistencia y de estanqueidad a una presión de 1,3 veces de la presión de trabajo.

La duración de la estanqueidad será de 24 horas y registrada con manotermógrafo.

Comprobación condiciones de seguridad, distancias, etc.

Para este caso no haría falta realizar pruebas al depósito ya que o bien se hicieron previos a la puesta en marcha de la PSR o bien se usará la cisterna criogénica de un camión.

6.4. Entrega de documentación

Al finalizar la instalación, se extenderá certificación final de obra por un Técnico Titulado, el cual se tramitara de acorde al ART. 2º del R.D. 2135/1980 [35] sobre normas de procedimiento y desarrollo.

Anexo a dicha certificación se entregara:

- Certificado de la prueba de presión.
- Certificación de pruebas de puesta en marcha Instalación, extendido por órgano competente de la Administración Pública Entidad Colaboradora (Pruebas de Presión).
- Acta de recepción de la instalación.
- Certificado de homologaciones, autorización de funcionamiento o constancia de su tramitación por parte de los Servicios Territoriales de Industria, para los aparatos que consumen gas.
- Certificación de ensayos de las soldaduras (procedimiento).
- Certificados resto materiales instalación.
- Certificados de calidad de las tuberías (ensayos mecánicos y químicos).
- Certificados de calidad de los materiales de aportación. Especificaciones de soldadura.
- Homologación de los procedimientos de soldadura y calificación soldadores

Capítulo 7. PRESUPUESTO

En este capítulo se hace un desglose de la valoración económica de los materiales y el equipamiento necesarios para la fabricación del regasificador, además de valorar los trabajos de ejecución tanto para realizar la instalación como para ejecutar su puesta en servicio.

Para su realización se ha empleado una estimación del coste por hora de trabajo según la cualificación del personal de obra, la base de precios de los diferentes fabricantes de elementos en el que ya se aplican el IVA correspondiente y el generador de precios de CYPE ingenieros S.A. [37].

También se añade un apartado Diagrama de Gant en el que se simulan los tiempos de ejecución de cada una de las tareas durante su fabricación.

Tabla 8: Presupuesto. Fuente Propia, base de precios de los diferentes fabricantes de elementos y generador de precios de CYPE Ingenieros S.A.[37]

Medición y presupuesto

1	Modulo de regasificación			Total	18.169,00€
Partida	Descripción	Medición	Unidades	Importe Unidad	Total €
1.1	Reguladores APQ DMB 50/S	ud	2	1973,00	3946,00
	Regulador de acción directa marca APQ, modelo DBM , DN-50 (2"), PN-16 de caudal máximo admisible 2.650 Nm ³ /h, dotado de válvula de bloqueo I-N TR incorporada (válvula de seguridad por máxima y mínima)				
1.2	Válvula de seguridad para corte por gas frío, Prisma PA25S	ud	1	641,99	641,99
	Válvula de corte con accionamiento neumático, T° < - 10 °C. Herose, 2 1/2"(DN-65), 16bar(PN-16)				
1.3	Filtros de entrada a regulación, tipo Y, Hard DN50 PN40	ud	2	934,12	1868,24
	Filtro marca TECNOGAS, modelo TG-1 , extremo bridados DN-50 (2"), PN-16, tipo cartucho, dotado de manómetro diferencial (indicador de grado de suciedad o nivel de contaminación del filtro) marca "PIETRO FIORENTINI", y válvula de purga ½", PN20.				
1.4	Manómetro NUOVA FIMA, 0 - 16 bar	ud	1	60,00	60,00

	Manómetro marca NUOVA FIMA, 0 - 16 bar, clase 1.0, M ½" NPT, Ø 100 mm, para lectura de la presión de salida del gasificador, dotado de válvula de seccionamiento				
1.5	Chasis soporte para el conjunto del módulo	ud	1	854,20	854,20
	Engloba la estructura Acero galvanizado donde se soporta el vaporizador, el skid del modulo y el dique de contención				
1.6	Válvula de seccionamiento AIVAZ	ud	2	258,00	516,00
	Válvula de seccionamiento marca AIVAZ, mariposa - lug (Válvula zona baja presión), DN-50 (2"), PN-16.				
1.7	Partida general de valvulería acero inoxidable criogénico(6 elementos)	ud	1	87,20	87,20
	Serían elementos como bridas y reducciones concéntricas.				
1.8	Partida general de valvulería en acero al carbono(27 elementos)	ud	1	1152,68	1152,68
	Serían elementos como bridas, tees o reducciones concéntricas.				
1.9	Detector de gas FIDEGAS/3-2	ud	1	453,65	453,65
	Sensor remoto de gas para fugas de GN				
1.10	Flexible Inoxidable Hydra DN90	ud	3	763,00	2289,00
	3" criogénica para descarga y 3" recirculación de agua. RS 331S12. 4m 150lbs F304L				
1.11	Transmisor YT 70 Yokowaga	ud	1	100,96	100,96
	Transmisor de temperatura de la marca Yokowaga Electric Corporation, ATEX EEx ia, en configuración 2 de 3, precisión 0,1%, con salida 4 - 20 mA + protocolo HART (Highway Addressable Remote Transducer)				
1.12	Válvula bola	ud	2	369,74	739,48
	Válvula de bola PN50 PN40 2" SwissFitting				
1.13	Extintor	ud	2	29,80	59,60
	Portátil de polvo de 6 kg, según DIN EN 3 para clases de fuego A, B, C con manómetro				
1.14	Montaje y puesta en marcha	h	120	45,00	5400,00
	Montaje y puesta en marcha del regasificador y los elementos que lo conforman				
2	Módulo de calderas "Vitomodul FC297 AH + bomba"			Total	26714,70€

Partida	Descripción	Medición	Unidades	Importe Unidad	Total €
2.1.1	Caldera VITODENS B2HA 200W 99kW	ud	3	5.021,00	15.063,00
	Tres calderas VITODENS 200 de 90,9 / 99 kW de potencia térmica útil (temperatura de calefacción 80/60 y 50/30 °C, respectivamente). Rendimiento estacional de hasta el 109%.				
2.1.2	Regulación electrónica VITOTRONIC 300-k mw2b	ud	1	1210,00	1210,00
	Una regulación electrónica marca VISSMANN modelo VITOTRONIC 300-K MW2B : Conexión en cascada regulada en función de la temperatura exterior de hasta 8 calderas, hasta dos circuitos con válvula mezcladora y hasta un circuito directo.				
2.1.3	VITOGATE 300 BN/MB	ud	1	550,32	550,32
	Una pasarela de comunicación marca VISSMANN modelo VITOGATE 300 BN/MB : Control de instalaciones e intercambio de datos con sistemas externos mediante lenguajes de comunicación vía BACnet / Modbus				
2.2.1	Juego de integración hidráulica en secuencia con aislamiento térmico	ud	3	428,51	1285,53
	Tres juegos de integración hidráulica en secuencia con aislamiento térmico, compuesto por: colector común para impulsión y retorno; bombas de circulación de alta eficiencia, marca WILO , modelo PARA 25/1-11 , con variación de revoluciones; dos llaves de corte; con válvula antirretorno; válvulas de llenado y vaciado de la caldera; válvula de seguridad; y válvula del gas con válvula térmica de cierre de seguridad montada.				
2.2.2	Electrobomba doble GRUNDFOS, modelo MAGNA1 40-150 F	ud	1	2142,33	2142,33
	Una electrobomba doble, tipo circuladora marca GRUNDFOS , modelo MAGNA1 40-150 F para un caudal nominal de 12.770 l/h por caldera				
2.2.3	Aguja hidráulica DN 80	ud	1	99,87	99,87
	Aguja hidráulica DN 80, hasta 600 kW, caudal máximo de agua de calefacción de 27 m ³ /h, con aislamiento térmico.				
2.2.4	Sistemas de seguridad	ud	1	311,86	311,86
	Un detector de flujo enclavado con cada quemador de las calderas. -Una sonda de temperatura en cada salida de humos. -Un purgador manual en cada caldera. -Un depósito de expansión cerrado de 15 litros, para el volumen de agua del VITOMODUL FC. -Una válvula de seguridad para la instalación hidráulica completa (1 1/4"				

	x 1 1/4"). -Un presostato de mínima (control de nivel bajo) para la instalación hidráulica completa.				
2.2.5	Seccionamiento	ud	1	28,06	28,06
	Seccionamiento: válvula de corte para aislar hidráulicamente el VITOMODUL FC de la instalación				
2.2.6	Equipamiento diverso	ud	1	37,15	37,15
	Toma para llenado de 1/2" con filtro, contador de agua y válvula antirretorno. Toma para vaciado general (calderas, colectores y aguja hidráulica) de 1/2". -Salida de condensados y recogida de válvulas de seguridad en PVC Ø40.-Purgador automático de aire en la aguja hidráulica				
2.2.7	Instrumentación	ud	1	15,10	15,10
	Instrumentación: termómetros y manómetros según normativa.				
2.2.8	Tubería ac negro	m	11	5,00	55,00
	Las conducciones hidráulicas restantes se realizarán mediante tubería de acero negro convenientemente protegida contra la corrosión, aislándose térmicamente mediante coquilla elastomérica				
2.3	Instalación eléctrica	ud	1	2081,88	2081,88
	La instalación eléctrica comprende un armario general de PVC estanco, ubicado en el interior del VITOMODUL FC, con los mecanismos de protección (diferencial y magnetotérmica), corte y mando de los equipos eléctricos del módulo, y los siguientes equipos: -Interruptor de corte situado en el exterior. -Una luminaria fluorescente estanca 1x18W.-Una luminaria de emergencia estanca 60Lm. -Interruptor de luz situado en el interior del módulo. -Equipo para la detección de fugas de gas, con dos detectores situados en el techo FIDEGAS/3-2.				
2.4	Cerramiento	ud	1	1300,00	1300,00
	Fabricado en chapa de acero de 1,5 mm de espesor plegada, soldada y con tratamiento anticorrosión. Cuenta con puertas abatibles, fabricadas de igual manera en chapa de acero de 1,5 mm de espesor y con un cierre de cuadrado. -Posee cáncamos en su parte superior para su elevación. -Descansa sobre apoyos elásticos para no transmitir vibraciones al inmueble				
2.5	Extintor	ud	2	29,80	59,60
	Portátil de polvo de 6 kg, según DIN EN 3 para clases de fuego A, B, C con manómetro				
2.6	Montaje y puesta en marcha	h	55	45,00	2475,00

	Montaje y puesta en marcha del modulo de calderas y los elementos que lo conforman				
3	Modulo Sistema de Control			Total	7084,64€
Partida	Descripción	Medición	Unidades	Importe Unidad	Total €
3.1	8GK2042-2KM21 SIEMENS	ud	1	775,10	775,10
	ALPHA 125 UNIVERSAL , armario de pared, de superficie, con panel de distribución, IP43, Clase de protección 1, Al: 800 mm, An: 600 mm, P: 140 mm, RAL 7035, con puerta con mirilla –Maniobra con Reset, paro y alarmas luminosas.				
3.2	PLC Siemens logo!	ud	1	1170,30	1170,30
	Controlador lógico Siemens LOGO! , 12 V dc, 24 V dc, 8 entradas tipo Analógico, digital, 4 salidas tipo Relé. Controlador lógico programable Siemens, 12 V dc, 24 V dc, 8 entradas, 4 salidas - LOGO! SERIE Visualizador Siemens TDE 6ED1055-4MH08-OBA1 Siemens.				
3.3	Instrumentación planta	ud	1	1106,40	1.106,40
	Termostato para corte de VCF, sensor de temperatura para regulación de PID, presostato y pequeña instrumentación, toda ella con clasificación ATEX para las zonas en las que se instala				
3.4	Cableado de instalación	ud	1	337,12	337,12
	Cableado de la instalación según instrucciones para zona ATEX.				
3.5	Componentes Cuadro	ud	1	2015,72	2015,72
	Bornes terminal pasante, relees, Fuente de alimentación de montaje en carril DIN Omron, S8VK-G, 1 salida 24V dc 2.5A 60W , kit barra toma tierra, Relé de seguridad Pilz 751134 - PNOZ s4 C 48-240VACDC 3 n/o, etc				
3.6	Programación PLC	h	24	70	1680,00
	Montaje y puesta en marcha del PLC y la programación con las señales y Despatching				
4	Costes Ingeniería			Total	10850,00€
Partida	Descripción	Medición	Unidades	Importe Unidad	Total€
4.1	Viabilidad y análisis del proyecto	h	15	70	1050,00

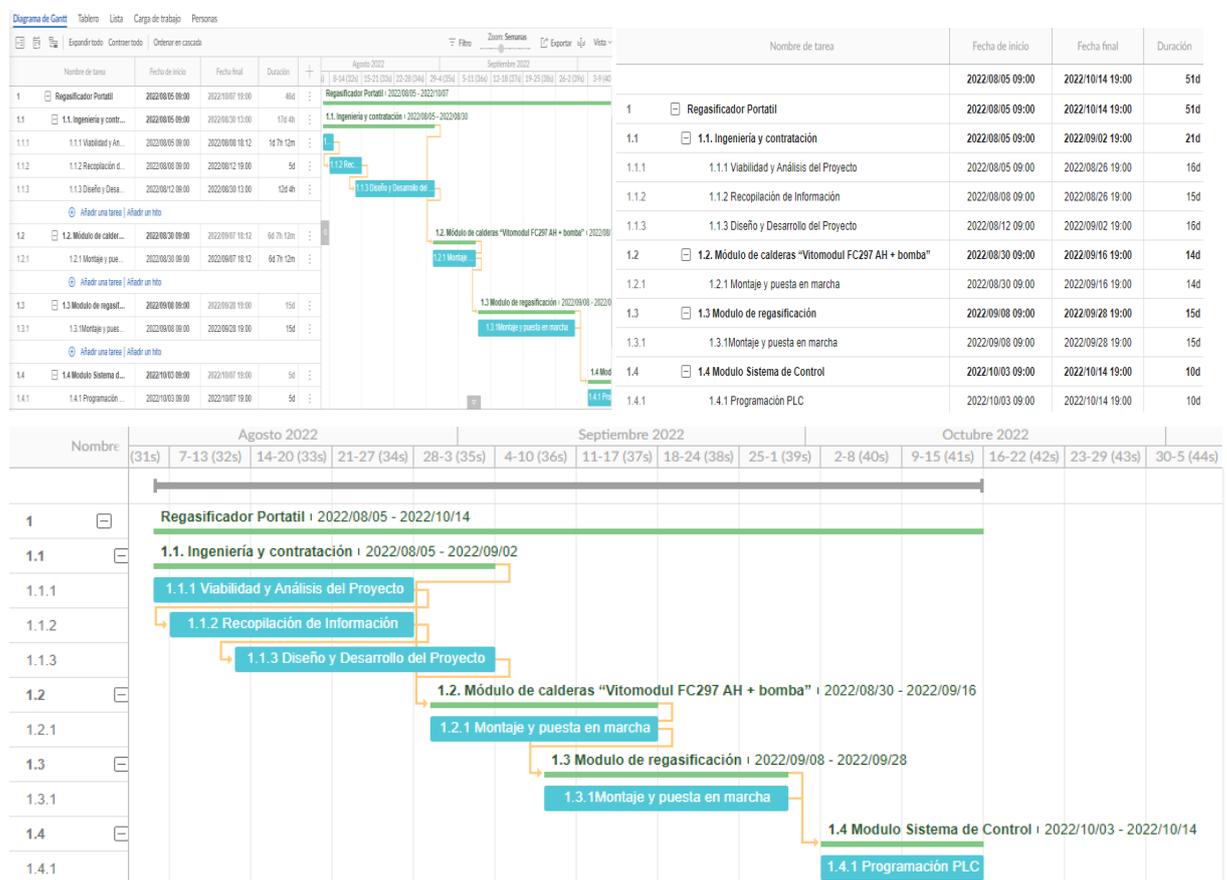
	Comprobación de la viabilidad del producto y análisis de los diferentes maneras de diseñarlo				
4.2	Recopilación de información	h	40	70	2800,00
	Información necesaria para llevar a cabo del proyecto, normativa o desarrollo de cálculos				
4.3	Diseño y Desarrollo del Proyecto	h	100	70	7000,00
	Diseño del producto final y seguimiento del desarrollo del mismo hasta su entrega en mano				
Total					62818,34€

Capítulo 8. ESTUDIOS DE ENTIDAD PROPIA

Diagrama de Gantt

En el diagrama que se muestra a continuación se indican los tiempos y periodos aproximados destinados al proyecto, disponibles durante el curso 22/22 sin tener en cuenta fines de semana ni festivos ya que no se conoce el lugar donde se realizaran los trabajos ni las festividades se le aplican.

Tabla 9: Diagrama de Gantt. Fuente Propia



Retorno de Inversión en Seguridad (ROSI)

El ROSI evalúa cuánto dinero se dejará de perder o el impacto económico que se evita ante un incidente de seguridad. El resultado obtenido supera el 100%, la inversión seguridad es rentable.

Tabla 10: Retorno de Inversión. Fuente Propia

Cálculo de los costes por el desabastecimiento

Sector	Energía
Tipo de incidente	Desastre natural y fuerza mayor
Breve descripción del incidente potencial	Desabastecimiento por rotura de tubería
¿Cuánto tiempo durarían las consecuencias negativas de este incidente?	120 horas
Ubicaciones y unidades de negocio que serían afectadas por este incidente:	Las comunidades autónomas toda España y todos sus Servicios Técnicos
Procesos comerciales que serían afectados por este incidente	Calefacción y cocinas tanto de hospitales, residencias como procesos en industrias contando con los propios usuarios
Datos que serían afectados por este incidente:	Variación de base de datos de consumos anuales
Activos físicos que serían afectados por este incidente	La propia red de suministro
Moneda	EUR - Euro
Costo de servicios externos	96.345 €
Costo de adquisición de equipamiento, bienes o materiales	14.345 €
Costos de empleados para la resolución del incidente	7.834 €
Multas legales y/o contractuales	30.001 €
Ingresos perdidos de clientes actuales	23.567 €
Ingresos perdidos de clientes potenciales	85.032 €
Reclamaciones de seguro	16.700 €
Costo total de un incidente = Expectativa de pérdida por evento (SLE)	16.4404,70€
¿Con qué frecuencia podría ocurrir un incidente?	Una vez cada 10 años
Exposición al riesgo en un año para este incidente = Expectativa de pérdida anual (ALE)	13.440,37€

Cálculo de los costes y beneficio de la protección

Descripción de medidas de seguridad	Llevar el regasificador a la zona afectada
Frecuencia del incidente después de aplicar las medidas de seguridad	Una vez cada 10 años
Porcentaje de reducción del Costo total de un incidente	90%
Valor de adquisición de medidas de seguridad	62.818,34 €
¿Por cuántos años se utilizarán estas medidas de seguridad?	15 años
Costos anuales de entidades externas necesarias para las medidas de seguridad	550 €
Cantidad anual de días-hombre necesarias para las medidas de seguridad	2
Costo promedio anual de un empleado	500 €
Cantidad de días laborales anuales por un empleado	15 días
Costo anual de protección de estas medidas de seguridad	4.804,56€
Costo total de un incidente (SLE) – luego de aplicadas las medidas de seguridad	13.440,37€
Exposición al riesgo en un año para este incidente (ALE) – luego de aplicadas las medidas de seguridad	1.344,04€
Reducción del riesgo	12.096,33€
Retorno sobre la Inversión en Seguridad (ROSI) – en valores absolutos	7.291,77€
Retorno sobre la Inversión en Seguridad (ROSI) – en porcentaje de costos de protección	151,77%

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. U. N. Española, «UNE 157001:2014 Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico».
[UNE 157001:2014 Criterios generales para la elaboración formal...](#)
- [2]. U. N. Española, «UNE 437:2022 Gases de ensayo. Presiones de ensayo. Categorías de los aparatos».
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-437-2022-n0068777>
- [3]. ADR 2021 «Acuerdo relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera».
https://www.mitma.es/transporte-terrestre/mercancias-peligrosas-y-perecederas/adr_2021
- [4]. U. N. Española, «UNE 60601:2013 Salas de máquinas y equipos autónomos de generación de calor o frío o para cogeneración, que utilizan combustibles gaseosos».
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-60601-2013-n0052265>
- [5]. U. N. Española, «UNE 60670:2014 Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar».
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0053107>
- [6]. U. N. Española, «UNE 60210:2016 Plantas satélite de gas natural licuado (GNL) ».
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0060553>
- [7]. Directiva 2014/34/UE ATEX aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2014-80627>
- [8]. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).
https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/codigo.php?modo=2&id=326_Reglamento_electrotecnico_para_baja_tension_e_ITC

- [9]. ITC-BT-29, Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión.
http://www.f2i2.net/documentos/IsiF2I2/rbt/guias/guia_bt_29_nov19R4.pdf
- [10]. U. N. Española, «UNE 60079-17:2014, Atmósferas explosivas. Parte 17: Inspección y mantenimiento de instalaciones eléctricas».
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0053433>
- [11]. U. N. Española, «UNE 60250:2008, Instalaciones de almacenamiento de gases licuados del petróleo (GLP) en depósitos fijos para su consumo en instalaciones receptoras».
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0041240>
- [12]. U. N. Española, «UNE 60079-1:2015, Atmósferas explosivas. Parte 1: Protección del equipo por envolventes antideflagrantes "d"».
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-60079-1-2015-n0054911>
- [13]. U. N. Española, «UNE-EN IEC 60079-0:2021, Atmosferas explosivas. Parte 0: Equipo. Requisitos generales».
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-iec-60079-0-2021-n0065130>
- [14]. U. N. Española, «UNE 21123-1:2017, Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 1: Cables con aislamiento y cubierta de policloruro de vinilo».
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0057801>
- [15]. U. N. Española, «UNE 50089-1:1996, Particiones de resina moldeada para apartamento de alta tensión bajo envolvente metálica en atmósfera de gas».
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0011365>
- [16]. ITC-BT-21, Tubos y canales protectores.
<https://www.plcmadrid.es/rebt/itc-bt-21-tubos-y-canales-protectoras/>
- [17]. ITC-BT-19, Prescripciones generales de las instalaciones interiores o receptoras.
<https://www.plcmadrid.es/rebt/itc-bt-19-prescripciones-generales-de-las-instalaciones-interiores-o-receptoras/>

- [18]. U. N. Española, «UNE 36582:1986, Perfiles tubulares de acero, de pared gruesa, galvanizados, para blindaje de conducciones eléctricas. (Tubo "conduit")». <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0004085>
- [19]. Anales ICAI, «Red Básica de Gas Natural en España». https://revista-anales.icaei.es/web/n_23/seccion_13.html
- [20]. Upcommons, «Cadena Básica de GNL». https://www.google.com/search?q=cadena+basica+gnl&tbm=isch&ved=2ahUKEwjD8rvJ87D7AhUHYxoKHQjvD1cQ2-cCegQIABAA&oq=cadena+basica+gnl&gs_lcp=CgNpbWcQAziECCMQJzIECCMQJ1CVClYDWCyEGgAcAB4AIBZ4gB4AOSAQMOLjGYAQCgAQGqAQtn3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&sclicent=img&ei=D-ZzY52vEofGaYjev7gF&bih=657&biw=1366&rlz=1C1UEAD_esES975ES975&hl=es
- [21]. Docplayer, «Sistemas de Seguridad y Protección de GNL». <https://docplayer.es/1787280-Sistemas-de-seguridad-y-proteccion-de-gnl.html>
- [22]. Docplayer, «Características Generales de las cisternas para el transporte de GNL». <https://docplayer.es/amp/19494829-Caracteristicas-generales-de-las-cisternas-para-el-transporte-de-gnl.html>
- [23]. Expert Knowledge, «Funcionamiento Intercambiadores Carcasa Tubo ». <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6983114354191671296/>
- [24]. Yokogawa, «Trasmisor de Temperatura YTA70». <https://www.yokogawa.com/mx/solutions/products-and-services/measurement/field-instruments-products/temperature-transmitters/head-mount/yta70/>
- [25]. Contagas, «Valvula de Mariposa Lug». <https://www.contagas.com/productos-y-soluciones/valvulas/valvulas-concentrica/valvula-de-mariposa-kv-10/>
- [26]. Construmatica, «Reguladores DBM». https://obj.construmatica.com/construmatica/business/files/27943/listado_de_capitulo/capitulo_09/reguladores_industriales_obturador_compensado/regulador_dbm.pdf
- [27]. Pietro Fiorentini, «VS AM 56». https://www.fiorentini.com/wp-content/uploads/2021/03/vsam65_brochure_DEU.pdf

- [28]. lenntech, «Grundfos MAGNA1 D 40-150 F 250 1x230V PN6/10». <https://www.lenntech.es/grundfos/MAGNA1D/97924384/MAGNA1-D-40-150-F.html>
- [29]. Sekureco, « Señal combinada peligro materias inflamables y prohibido fumar». https://www.sekureco.eu/senales-combinadas-peligro-prohibicion/14079-senal-combinada-peligro-materias-inflamables-y-prohibido-fumar.html?gclid=CjwKCAiAjs2bBhACEiwALTBWZekqy-RyDF6rIPmaPt4wyBLMcr7aRN65hklhQUNQYNpb9FLnl-ZYXBoCwyQQA vD_BwE
- [30]. Zekuritt, «Fidegas CA-4 Central de Gases». https://zekuritt.com/product/fidegas-ca-4/?gclid=CjwKCAiAjs2bBhACEiwALTBWZTikTmxtDJeojXZj8GsYN_IR7pLU8QK6EttV064t4x28uL9MUS4ehRoCrKwQAvD_BwE
- [31]. Protectionic, «Detector de Gas Remoto Fidegas». <https://protectionic.com/product/fidegas-s3-2/>
- [32]. Preventionworld, «EPL Atex Parte II». <https://prevention-world.com/actualidad/articulos-tecnicos/epl-equipment-protection-levels-cambios-en-el-marcado-de-los-equipos-atex/>
- [33]. ikastaroak.birth, «Requiitos de los conductos». <https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/IEI/IEI08/es IEA IEI08 Contenidos/website 3432 requisitos de los conductos.html>
- [34]. Hidromar, «Manómetro Glicerina 0-6 bar». <https://hidromaronline.com/producto/manometro-glicerina-0-6-bar/>
- [35]. BOE, «ART. 2º del R.D. 2135/1980». <https://www.boe.es/boe/dias/1980/10/14/pdfs/A22858-22858.pdf>
- [36]. Diccionario Técnico, «Definición Normal Metro Cúbico». <https://www.mundocompresor.com/diccionario-tecnico/normal-metro-cubico>
- [37]. CYPE, «generador de precios». http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Gas.html#gsc.tab=0