



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

DISEÑO Y DIMENSIONADO DE PLANTA SATÉLITE DE GAS NATURAL LICUADO (G.N.L.) Y SUS INSTALACIONES SECUNDARIAS.

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Autor: Juan Patricio Aguilar Martínez
Director: José Sebastián Velázquez Blázquez



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

Cartagena, 21 de agosto de 2020



INDICE GENERAL

DOCUMENTO nº1: MEMORIA.....	1
1. Objeto.....	3
2. Introducción	3
2.1. ¿Qué es el GNL?	3
2.2. Características del gas natural	4
2.3. Análisis del sistema gasista español.....	4
2.4. El gas natural en la Región de Murcia	7
2.5. Composición de una planta satélite de GNL	10
3. Normativa aplicable	11
4. Plan de ejecución de los trabajos.....	12
5. Descripción de la instalación.....	12
5.1. Emplazamiento.....	12
5.2. Distribución de la planta	12
5.3. Cubeto antiderrames	13
5.4. Almacenamiento	14
5.5. Sistema de regasificación	15
5.6. Estación de regulación	15
5.7. Odorización del gas	16
5.8. Tuberías de interconexión.....	16
5.9. Agua de servicio	17
6. Elementos de seguridad y control.....	18
6.1. Deposito	18
6.2. Regasificadores.....	19
6.3. Tuberías.....	19
6.4. Válvulas de corte	19
6.5. Apagallamas	20
6.6. Distancias de seguridad.....	20
6.7. Protección contra incendios.....	21
6.8. Sistema de descarga.....	21
7. Instalación eléctrica.....	21
7.1. Descripción de la instalación.....	21
7.2. Equipos instalados en zona ATEX.....	21



7.3. Sistemas de cableado	25
7.4. Equipos instalados.....	26
7.5. Instalación de puesta a tierra.....	26
7.6. Instalación de control.....	26
7.6.1. Funciones	26
7.6.2. Relación de entradas y salidas	27
7.6.3. Control de proceso.....	27
ANEXO I: ESTUDIO DE MERCADO.....	30
I.1. Introducción	32
I.2. Sector doméstico.....	32
I.3.Sector comercial.....	34
I.3.1. Hoteles	34
I.3.2 Restaurantes	36
I.3.3. Centros de salud.....	37
I.3.4. Centros educativos.....	38
I.4. Sector industrial	39
I.5. Resumen de resultados.....	40
I.6. Referencias.....	41
ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	42
II.1. Objeto.....	44
II.2. Dimensionado de los equipos de regasificación	45
II.3. Dimensionado del equipo de almacenamiento	46
II.4. Calculo del cubeto	46
II.5. Cálculo de canalizaciones.....	47
II.5.1. Tuberías de acero inoxidable	47
II.5.2. Tuberías de acero al carbono.....	49
II.6. Instalación eléctrica.....	50
II.6.1. Secciones y protecciones	50
II.6.2. Instalación de puesta a tierra.....	65
II.7. Calculo de elementos de protección contra incendios.....	66
II.8. Referencias.....	66
ANEXO III: OPTIMIZACIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA PLANTA	67
III.1. Antecedentes	69
III.2. Necesidades superficiales	69
III.3. Ubicación preferente	70



III.4. Parcelas disponibles	71
III.5. Parcela elegida	71
ANEXO IV: ANÁLISIS ECONÓMICO	73
IV.1. Introducción.....	75
IV.2. Objeto	76
IV.3. Estimación de beneficios	76
IV.3.1. Inversión inicial	76
IV.3.2. Previsión de ingresos	77
IV.3.3. Gastos previstos.....	81
IV.3.4. Estimación de los beneficios brutos	82
IV.4. Evaluación de la inversión.....	82
IV.4.1. Plazo de recuperación (Pay back)	82
IV.4.2 Valor actualizado neto (VAN).....	83
IV.4.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)	84
IV.5. Referencias.....	84
ANEXO V: DOCUMENTO CONTRA EXPLOSIONES	86
V.1.Introducción.....	88
V.2. Objeto	89
V.3. Fundamentos para alcanzar la seguridad	89
V.4. Clasificación de emplazamientos	89
V.5. Procedimiento para la evaluación del nivel de riesgo	91
V.5.1. Probabilidad de formación de atmósfera explosiva	91
V.5.2. Probabilidad de aparición de foco de ignición.....	97
V.5.3. Probabilidad de explosión.....	97
V.5.4. Nivel de consecuencias	97
V.6. Evaluación del nivel de riesgo	98
V.7. Determinación del nivel de actuaciones.....	100
V.8. Medidas preventivas de carácter general.....	100
V.9. Referencias.....	102
ANEXO VI: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS	103
VI.1. Objeto	105
VI.2. Identificación de los residuos a generar	106
VI.2.1. Clasificación de residuos.....	106
VI.2.2. Mediciones.....	107
VI.4. Medidas adoptadas para la reducción de residuos generados	108

VI.5. Medidas para la gestión de residuos	109
VI.5.1. Gestión interna	110
Plástico: 0,5 t.....	110
VI.5.2. Gestión externa.....	110
VI.6. Reutilización, valoración o eliminación.....	111
VI.7. Documentación necesaria.....	111
VI.7. Prescripciones técnicas	114
VI.8. Presupuesto	115
VI.9. Legislación aplicable.....	115
VI.9.1. Normativa Europea	115
VI.9.2. Normativa Nacional	116
VI.9.3. Normativa Autonómica.....	116
VI.10. Referencias bibliográficas	116
ANEXO VII: ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	117
VII.1. Objeto	119
VII.2. Justificación.....	119
VII.3. Marco legal	119
VII.4. Datos generales.....	120
VII.4.1. Localización del entorno de la obra	120
VII.4.2. Características generales de la obra	120
VII.4.3. Presupuesto	121
VII.4.4. Plazo de ejecución.....	121
VII.5. Medios de auxilio	121
VII.6. Descripción y localización del trabajo.....	121
VII.7. Identificación de los riesgos.....	122
VII.7.1. Lugar de trabajo	122
VII.7.2. Obra civil	122
VII.7.3. Obra mecánica	122
VII.7.4. Trabajos con presencia de gas	122
VII.7.5. Instalación eléctrica	123
VII.8. Medidas de prevención	123
VII.8.1. Lugar de trabajo	123
VII.8.2. Obra civil	123
VII.8.3. Obra mecánica	123
VII.8.4. Trabajos con presencia de gas	124



VII.8.5. Instalación eléctrica	124
VII.9. Medidas de seguridad individuales.....	124
VII.10. Medidas de seguridad para trabajos especialmente peligrosos	125
VII.10. 1 Manipulación mecánica de cargas.....	125
VII.10.2. Trabajos en presencia de gas.....	125
VII.10.3. Trabajos eléctricos	126
VII.10.4. Trabajos de soldadura.....	127
VII.10.5. Trabajos de radiografiado.....	128
VII.11. Referencias.....	129
DOCUMENTO nº2: PLANOS.....	131
PLANO nº1. PLANO DE SITUACIÓN	133
PLANO nº2. PLANO DE EMPLAZAMIENTO	134
PLANO nº3. LAY – OUT	135
PLANO nº4. DISTRIBUCCION DEL CUBETO	136
PLANO nº5. CLASIFICACION DE ZONAS ATEX.....	137
PLANO nº6. DIAGRAMA DE PROCESO.....	138
PLANO nº7. DISTANCIAS DE SEGURIDAD	139
PLANO nº8. ELEMENTOS DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS.....	140
PLANO nº9. ESQUEMA UNIFILAR ELÉCTRICO.....	141
DOCUMENTO nº3: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	142
1. Materiales empleados.....	144
2. Normas de ejecución de las obras	145
2.1. Obra civil.....	145
2.2. Obra mecánica del módulo de regasificación	146
2.3. Soldadura	146
3. Condiciones de mantenimiento	146
4. Libro de certificados.....	147
5. Empresa instaladora.....	147
6. Ensayos y pruebas reglamentarias.....	147
6.1. Prueba de estanqueidad y mecanismos de seguridad del depósito.....	148
6.2. Pruebas de funcionamiento y tarado de estación de regulación	148
6.3. Puesta en servicio de regasificadores atmosféricos	149
6.4. Puesta en frío de la planta	149
7. Referencias.....	150
DOCUMENTO nº4: PRESUPUESTO Y MEDICIONES.....	152



1. GENERALIDADES.....	154
2. CAPITULO 01. OBRA CIVIL	155
3. CAPITULO 02. PLANTA SATÉLITE DE ALMACENAMIENTO Y REGASIFICACIÓN.....	157
3.1. SUBCAPÍTULO 2.01 INSTALACIÓN MECÁNICA PSR	157
3.2. SUBCAPÍTULO 2.02 INSTALACIÓN ELÉCTRICA PSR.....	160
3.3. SUBCAPÍTULO 2.03 INSTALACIÓN DE CONTROL	163
3.4. SUBCAPÍTULO 2.04 INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	165
4. CAPITULO 03. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	166
5. CAPITULO 04. TRANSPORTE	166
6. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	167

DOCUMENTO nº1:
MEMORIA



INDICE DE CONTENIDO

1. Objeto.....	1
2. Introducción	1
2.1. ¿Qué es el GNL?	1
2.2. Características del gas natural	2
2.3. Análisis del sistema gasista español.....	2
2.4. El gas natural en la Región de Murcia	5
2.5. Composición de una planta satélite de GNL	8
3. Normativa aplicable	9
4. Plan de ejecución de los trabajos.....	10
5. Descripción de la instalación.....	10
5.1. Emplazamiento.....	10
5.2. Distribución de la planta	10
5.3. Cubeto antiderrames	11
5.4. Almacenamiento	12
5.5. Sistema de regasificación	13
5.6. Estación de regulación	13
5.7. Odorización del gas	14
5.8. Tuberías de interconexión.....	14
5.9. Agua de servicio	15
6. Elementos de seguridad y control.....	16
6.1. Deposito	16
6.2. Regasificadores.....	17
6.3. Tuberías	17
6.4. Válvulas de corte	17
6.5. Apagallamas	18
6.6. Distancias de seguridad.....	18
6.7. Protección contra incendios.....	19
6.8. Sistema de descarga.....	19
7. Instalación eléctrica.....	19
7.1. Descripción de la instalación.....	19
7.2. Equipos instalados en zona ATEX.....	19
7.3. Sistemas de cableado	23
7.4. Equipos instalados.....	23



7.5. Instalación de puesta a tierra.....	24
7.6. Instalación de control.....	24
7.6.1. Funciones	24
7.6.2. Relación de entradas y salidas	25
7.6.3. Control de proceso.....	26

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del gas natural.....	1
Tabla 2. Características de GNL-GN.....	2
Tabla 3. Capacidad de almacenamiento de GNL en Europa	3
Tabla 4. Comparación número de plantas entre 2007 y 2020.....	7
Tabla 5. Dimensiones cubeto antiderrames	11
Tabla 6. Características tuberías de salida del deposito	14
Tabla 7. Características tuberías de salida de regasificadores.....	15
Tabla 8. Características tuberías de salida de Estación de Regulación	15
Tabla 9. Distancias máximas entre elementos de sujeción	15
Tabla 10. Distancias de seguridad para almacenamiento de clase E.....	18
Tabla 11. Distancias de seguridad para mangueras de zona de descarga	18
Tabla 12. Resumen de zonas ATEX.....	20
Tabla 13. Clasificación nivel de protección en función de la zona clasificada	20
Tabla 14. Relación entre nivel de protección del material y modos de protección reconocidos20	
Tabla 15. Clasificación de gases según temperatura de ignición.....	21
Tabla 16. Grupo del material permitido según subdivisión gas o polvo	22
Tabla 17. Significado símbolos para las clases de temperatura.....	22

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Capacidad de almacenamiento de GNL en Europa(3).....	3
Ilustración 2. Distribución de demanda de gas por sectores(4)	5
Ilustración 3. Distribución de demanda por sectores en la Región de Murcia(4).....	8



1. Objeto

El objetivo del presente proyecto es diseñar y dimensionar una planta de gas natural licuado y sus instalaciones secundarias, prestando especial atención al cálculo de sus instalaciones eléctrica y de protección contra incendios (PCI) así como la optimización de la ubicación e implantación de la planta.

Para ello se realizará un estudio de mercado que justifique económicamente la construcción de la planta frente a otras tecnologías disponibles y que servirá como base para el dimensionamiento de los elementos constructivos de la misma.

Se ha elegido una ubicación real con el fin de obtener datos más fácilmente para el estudio de mercado y optimización de ubicación. Dicha ubicación elegida corresponde al municipio de Águilas, en la Región de Murcia.

2. Introducción

En un mercado energético en plena transición hacia un modelo energético sostenible económicamente que contribuya a la mitigación del cambio climático y la reducción de la contaminación del aire que respiramos, el gas se postula como una pieza clave tanto en la generación de electricidad en ciclos combinados como en consumo primario, al reducir las emisiones contaminantes de CO₂, SO₂ y NO_x.

Sin embargo, no todas las zonas se encuentran directamente conectadas a la red primaria de distribución, y en aquellos territorios alejados de ellas, se requiere la implantación de un punto de consumo de gas natural independiente de la infraestructura gasista, con el que dar servicio tanto a nivel industrial y comercial como doméstico con un suministro de alta presión y gran caudal.

2.1. ¿Qué es el GNL?

El gas natural licuado (GNL) es gas natural que ha sido sometido a un proceso de licuefacción en el que pasa a estado líquido. A presión ambiente su temperatura es de -162°C y bajo estas condiciones el volumen que ocupa es 1/600 del que ocupa en fase gaseosa lo que reduce enormemente los costes de transporte.

El GNL es inodoro, incoloro, no tóxico y para que se produzca una combustión es necesario que se encuentre en contacto con aire en concentraciones de 5 a 15%. Se trata de un combustible muy seguro, pues en caso de derrame el GNL se disipa en el aire sin contaminar el suelo ni el agua.

Durante el proceso de licuefacción la composición del gas natural se altera hasta llegar a la composición del GNL. “Los componentes del gas natural pueden variar según el yacimiento, pero en general posee la siguiente composición:

Tabla 1. Características del gas natural

Componente	Composición (%)
Metano (CH ₄)	95,08
Etano (C ₂ H ₆)	2,14
Propano (C ₃ H ₈)	0,29
Butano (C ₄ H ₁₀)	0,11
Pentano (C ₅ H ₁₂)	0,04



Hexano (C ₆ H ₁₄)	0,01
Nitrógeno (N ₂)	1,94
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,39

Datos correspondientes a la composición publicada por Gas Natural Fenosa en su informe mensual de Marzo de 2015 sobre el gas natural.”(1)

Existen también impurezas en la composición del gas natural que se eliminan durante la licuefacción por los siguientes motivos:

- **Helio.** Produce problemas técnicos durante el licuado además de tener un valor económico.
- **Azufre.** Daña los equipos.
- **Dióxido de carbono.** Se solidifica a las temperaturas alcanzadas durante el proceso pudiendo bloquear los equipos.
- **Mercurio.** Puede depositarse en los instrumentos y falsear las mediciones.
- **Agua.** Al igual que el CO₂ se congela, con los problemas que esto conlleva.
- **Hidrocarburos pesados.** También llamados gases licuados del petróleo (GLP) provocan bloqueos en los equipos al congelarse además de su valor comercial como combustible. Están compuestos principalmente por butano y propano.

Una vez acabado el proceso de licuefacción la composición del GNL es la misma que la del GNS (gas natural seco) compuesto practicante en su totalidad por metano y un pequeño porcentaje de etano.

2.2. Características del gas natural

Las características de la composición del gas natural a tratar en la instalación son las siguientes:

Tabla 2. Características de GNL-GN

Características del GNL - GN	
Peso Específico a – 160°C	460 kg/m ³
P.C.S. (Poder Calorífico Superior)	10,099 Te/Nm ³
P.C.I. (Poder Calorífico Inferior)	9,101 Te/Nm ³
Densidad del Gas	0,77 kg/Nm 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 °C y gas a 0° C (presión atmosférica)	220 kcal/kg.
Calor específico medio del gas entre - 160 °C y 0 °C	0,48 kcal/kg. °C
Viscosidad del líquido a - 160 °C	0,1412 cP
Viscosidad del gas natural a 0 °C	0.0103 cP
Densidad del líquido (GNL) a - 160 °C	0,46 kg./l

Los datos han sido obtenidos de la ficha de seguridad del GNL publicada por Enagás(2)

2.3. Análisis del sistema gasista español

El sistema gasista español se ha consolidado como el más importante de Europa debido a su capacidad de regasificación y almacenamiento siendo el mayor exportador de GNL de Europa. Se trata de un sistema muy diversificado, pues recibe importa gas natural desde 14 orígenes distintos, siendo Argelia el principal proveedor seguido de Francia, Qatar y Nigeria.



España cuenta con 6 plantas regasificadoras situadas en Barcelona, Huelva, Cartagena, Bilbao, Sagunto y Murgados. El sistema gasista español cuenta con un total de 25 tanques de almacenamiento, 8 atraques y capacidad para recibir buques metaneros de hasta 270.000 m³.

Si comparamos la capacidad de almacenamiento respecto al resto de Europa se puede comprobar que el sistema gasista español supone un tercio de la capacidad de almacenamiento en Europa.

Tabla 3. Capacidad de almacenamiento de GNL en Europa

País	Número de tanques	Capacidad total de m ³ de GNL
Bélgica	5	566.000
Finlandia	2	78.500
Francia	10	1.370.000
Gibraltar	5	5.000
Grecia	3	225.000
Italia	8	487.500
Holanda	3	540.000
Noruega	17	12.400
Polonia	2	320.000
Portugal	3	390.000
España	27	3.616.500
Suecia	2	50.000
Turquía	5	968.000
Reino Unido	15	2.095.000

Datos obtenidos del informe anual de 2020 de The LNG Industry(3)

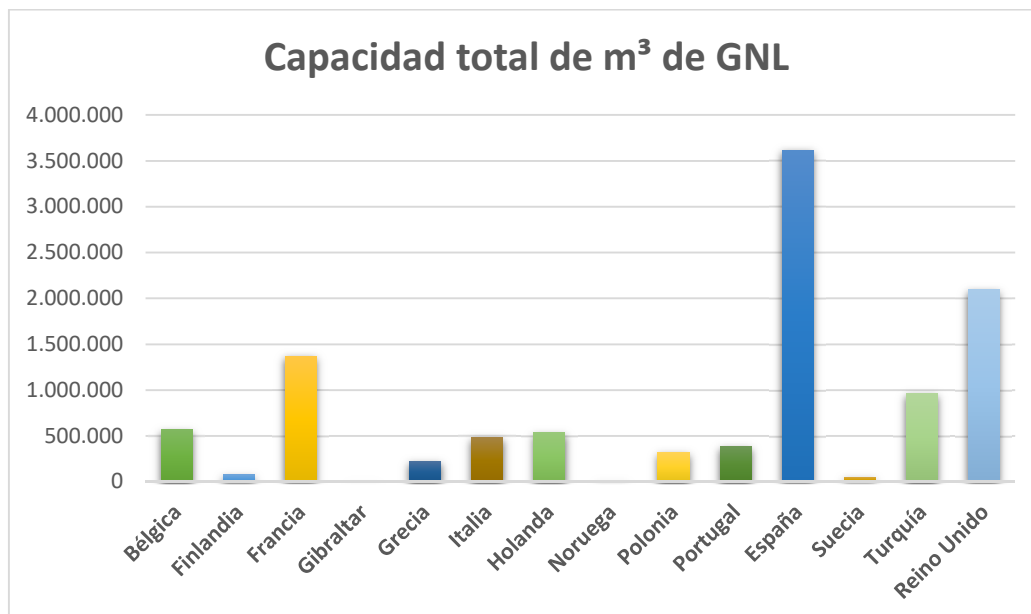


Ilustración 1. Capacidad de almacenamiento de GNL en Europa(3)

En cuanto a las redes de transporte, el Sistema Gasista contaba con 11.369 km de gasoductos de transporte primario a finales de 2019, y un total de 13.361 km, incluyendo los secundarios.



Además, “la red de gasoductos cuenta con diecinueve estaciones de compresión, así como centros de transporte, estaciones de regulación y medida y puntos de conexión a la red, que permiten la correcta distribución primaria del gas por el territorio nacional, permitiendo disponer de seguridad de suministro de gas natural incluso en situaciones de punta de demanda.”(4)



Imagen 1. Red de distribución en España(4)

Las redes de distribución también se vieron aumentadas en el último año hasta llegar a los 93.698 kilómetros, lo que sirvió para que 13 nuevos municipios se unieran a la red.

En cuanto a la demanda, esta ha aumentado un 14% respecto al año anterior y se sitúa en el valor más alto desde 2010 alcanzando los 398 TWh. Esta tendencia al alza se debe principalmente a 3 factores:

- El fuerte incremento, hasta un 80%, de producción de electricidad a través de centrales térmicas de ciclo combinado, ocupando gran parte del hueco dejado por el carbón.
- Un mayor consumo a nivel industrial, con una subida del 2% respecto al año anterior hasta situarse en 214 TWh.
- El aumento de un 50% de matriculaciones de vehículos a gas.

Por el contrario, el consumo a nivel doméstico en un -8.6% aunque ha aumentado el número de nuevos puntos de suministro y nuevos clientes en 45.158.

Finalmente, la distribución de la demanda por sectores queda de la siguiente forma:



Ilustración 2. Distribución de demanda de gas por sectores(4)

En definitiva, el gas natural se encuentra consolidado como fuente de energía primaria para el sector industrial y, en el corto plazo, se torna fundamental en la generación eléctrica al ser la única fuente de energía con capacidad para cubrir a las fuentes renovables.

2.4. El gas natural en la Región de Murcia

Producción

La fuente principal de suministro de gas natural en la Región de Murcia es la planta de regasificación situada en el Valle de Escombreras con una capacidad máxima de vaporización de 1.350.000Nm³/h y que cuenta con 5 tanques de almacenamiento lo que le confiere una capacidad de almacenaje de 587.000 m³ de GNL.

En el 2019 descargaron la planta de regasificación de Cartagena 23 buques de GNL, la mayoría provenientes de Qatar, lo que supuso la entrada de 19.984 GWh en forma de GNL.

En cuanto a las salidas, la planta de Cartagena se posiciono como la planta más activa con 397 destinos activos lo que supuso la descarga de 9600 cisternas de GNL.

Distribución

A nivel regional, la gran mayoría de municipios reciben suministro a través de la red de transporte formada por los gaseoductos y las redes de distribución y las plantas satélites de GNL.

La red se divide en gaseoductos de transporte primario y gaseoductos de transporte secundario:

“Gaseoductos de transporte primario

- Gasoducto a Cartagena desde la Dársena de Escombreras. Trabaja con una presión de servicio 72 bar y tiene una longitud de 1 km aproximadamente.
- Gasoducto de conexión a Lorca, dividido en tramos 2 tramos (Cartagena-Fuente Álamo y Fuente Álamo-Lorca) La longitud estimada del gasoducto de transporte asciende a

37.594 metros, habiendo sido diseñado para el transporte de gas natural a una presión máxima de 80 bares, aunque la presión máxima de servicio será de 72 bares.

- Ramal Totana – Murcia, el cual discurre a través de términos municipales de Totana, Alhama de Murcia, Librilla, Alcantarilla, Molina de Segura y Murcia. Su longitud estimada asciende a 52.376 metros, habiendo sido diseñado para una presión máxima de servicio de 72 bares.”(5)

Gaseoductos de transporte secundario

- “Gasoducto Alcantarilla-Caravaca de la Cruz-Calasparra que discurre por los municipios de Alcantarilla, Murcia, Campos del Río, Albudeite, Mula, Bullas, Cehegín, Caravaca de la Cruz y Calasparra. Su longitud es de 55.207,52 m y trabaja a una presión de 59 bar.
- Gasoducto San Javier-Torre Pacheco-Urbanizaciones. 20 km de longitud.”(5)

Mientras los gasoductos de transporte primario son competencia del Gobierno de España, los gasoductos de transporte secundario son responsabilidad del ejecutivo autonómico.

El sistema de transporte ha ido cambiando progresivamente desde que en el año 2007 la Región contara con 9 plantas satélite de GNL localizadas en Yecla, Jumilla, Calasparra, Caravaca, Cehegín, Bullas, Mula, Alhama de Murcia y Lorca. La apertura del ramal Totana – Murcia y el gasoducto de transporte secundario Alcantarilla – Caravaca de la Cruz supuso la clausura de las plantas de Calasparra, Caravaca, Cehegín, Bullas y Mula.

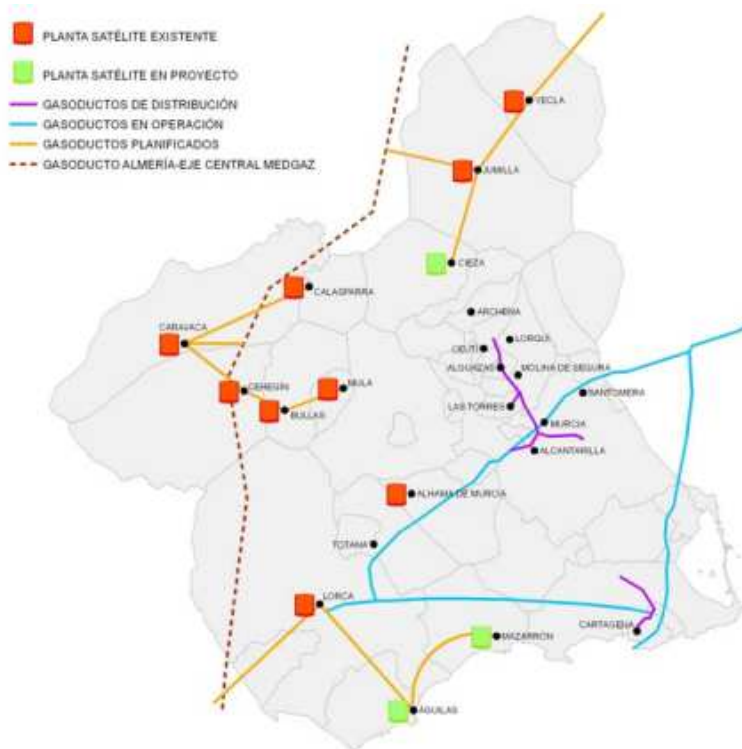


Imagen 2. Sistema de distribución en la Región de Murcia. 2007(6)

La conexión de Lorca con Cartagena también supuso el cierre de la planta satélite de Lorca igual que la conexión Murcia - Alhama de Murcia supuso el cierre de la planta de esta última.

Finalmente, la construcción de las nuevas plantas de Águilas y Cieza en 2013 y 2012 respectivamente deja en 4 el número de plantas satélite en funcionamiento actualmente.

Tabla 4. Comparación número de plantas entre 2007 y 2020

Año 2007 (9 plantas)	Año 2020 (4 plantas)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Yecla ▪ Jumilla ▪ Calasparra ▪ Caravaca ▪ Cehegín ▪ Bullas ▪ Mula ▪ Alhama de Murcia ▪ Lorca 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Águilas ▪ Cieza ▪ Jumilla ▪ Yecla

Datos obtenidos del Plan Energético de la Región de Murcia 2016 - 2020(7)

De esta evolución se concluye que la construcción de plantas satélite de GNL es una solución temporal que permite suministrar gas natural a municipios en los que la llegada de una red canalizada está prevista para periodos de tiempo suficientemente largos para que sea rentable la construcción de una planta satélite.

Existe además el caso de poblaciones que por su situación geográfica no está prevista la construcción de canalizaciones que comuniquen con la red de transporte. Por tanto, en estos casos la planta satélite de GNL es una solución permanente y no provisional. Aunque este caso no se da en la Región de Murcia, es bastante común en otras comunidades de mayor superficie y menor densidad de población.

Finalmente, el gas natural llega al consumidor a través de las redes de distribución a una presión de 0,4 bar en la mayoría de los casos. En toda la región existen en torno a 54 kilómetros de redes de distribución de este tipo.

En cuanto a la demanda, en la Región de Murcia se consumieron en el 2019 una energía en forma de gas natural equivalente a 31,7 TWh siendo la quinta comunidad autónoma con mayor demanda. Se aprecia un incremento del 30% del consumo respecto al año 2018 motivado exclusivamente por el sector eléctrico, que paso de consumir de 6,3 TWh a 14TWh lo que supuso un incremento superior al 100%.

Este aumento de la demanda es debido al aumento de la producción eléctrica de las centrales de ciclo combinado del Valle de Escombreras. Sin embargo, en el sector industrial y doméstico la demanda cayó un 4% y 11% respectivamente. El descenso en el sector doméstico está asociado a una temperatura media superior en el 2019.

En cuanto a la demanda de cisternas de GNL está se sitúa en 0,9 TWh lo que supone un aumento del 10% respecto al año anterior.

Finalmente, la distribución de la demanda por sectores queda de la siguiente forma:



Ilustración 3. Distribución de demanda por sectores en la Región de Murcia(4)

2.5. Composición de una planta satélite de GNL

Una planta satélite de GNL es un conjunto de instalaciones de almacenamiento, regasificación y regulación cuyo objetivo es suministrar gas natural a consumidores locales que no disponen de acceso a una red de gas natural canalizado. El abastecimiento de la planta se realiza a través de la descarga de cisternas que por vía terrestre suministran el GNL desde una instalación de almacenamiento de mayor envergadura.

El conjunto de instalaciones que componen la planta pueden dividirse en 5 instalaciones principales:

- **Almacenamiento.** Compuesto por los depósitos criogénicos necesarios para almacenar el GNL.
- **Regasificación.** El sistema de regasificación está compuesto por intercambiadores de calor y sus elementos asociados.
- **Sistema de descarga.** Formado por las válvulas, canalizaciones, flexibles criogénicos y regasificadores necesarios para la descarga desde las cisternas.
- **Estación de regulación.** Parte de la planta donde el gas se odora, se regula su presión y se hace pasar por un contador de salida de planta.
- **Sistema de control.** Sistema que registra los parámetros de la planta y comunica cualquier posible alarma al centro de control.

A este conjunto de instalaciones principales hay que añadir las instalaciones complementarias:

- Sistema de protección contra incendios
- Obra civil: cubeto, estructura de soporte del depósito, vallado perimetral o accesos.
- Instalación eléctrica



3. Normativa aplicable

Las disposiciones y normas tenidas en cuenta para el diseño de la instalación son:

- “Real Decreto 919/2006 de 28 de julio por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Distribución y Utilización de Combustibles Gaseosos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias”, ICG01 a 11. Especialmente se prestará atención a la ITC-ICG-07 referente a “Instalaciones Receptoras de Combustible Gaseoso”
- “Reglamento General Del Servicio Público De Gases Combustibles (Decreto 2913/73 de octubre de 1973 - B.O.E. 21 de noviembre de 1973 y Decreto 3484/83 de 14 de diciembre de 1983, B.O.E. nº 43 de 20 de febrero de 1984).” En vigor en aquello que no contradiga al RD 919/2006.
- “Reglamento de Equipos a Presión e Instrucciones Técnicas Complementarias EP (R.D. 2060/2008 de 12-12-2008)”. En concreto ITCEP4 sobre depósitos Criogénicos.
- “Norma UNE 60210 del 2011 sobre Plantas Satélites de Gas Natural Licuado (GNL)” a la que hace referencia de forma continua la ITC-04 anterior.
- “Norma UNE-EN 60079-10 sobre Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Clasificación de emplazamientos peligrosos”
- Reglamento Electrotécnico De Baja Tensión (RD 84/2002 del 2 de agosto) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- “Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria.
- Ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales (8/11/95)
- R.D. 1627/1997 de disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción (24/10/1997)
- “R.D. 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Ley 4/2009, de 14 de mayo, de Protección Ambiental Integrada.
- DECRETO 127/2005, de 11 de noviembre, por el que se regulan los establecimientos de restauración en la comunidad autónoma de la región de Murcia (modificado por Decreto 37/2011)”
- “Norma UNE – HD 60364 – 5 – 52 sobre Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5: Instalación y selección de equipos eléctricos”
- Norma UNE-EN ISO 9606-1:2017 “Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros.”
- Norma UNE-EN 10204:2006 “Productos metálicos. Tipos de documentos de inspección”
- Norma UNE-EN ISO 15614-1:2018 “Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos”
- Norma 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”
- “Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.”



- “Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Real Decreto 144/2016, de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas y por el que se modifica el Real Decreto 455/2012, de 5 de marzo, por el que se establecen las medidas destinadas a reducir la cantidad de vapores de gasolina emitidos a la atmósfera durante el repostaje de los vehículos de motor en las estaciones de servicio.
- DIRECTIVA 1999/92/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 1999 relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas.”
- Estándar de Seguridad y Salud: Atmósferas Explosivas. NT.00061.GN-SP.ESS
- Norma UNE-EN 437:2019 “Gases de ensayo. Presiones de ensayo. Categorías de los aparatos”
- UNE 60670-4:2014 “Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 4: Diseño y construcción.”

4. Plan de ejecución de los trabajos

Los trabajos a realizar serán los siguientes:

- Acondicionamiento de parcela y movimiento de tierras
- Cimentaciones para depósitos y equipos
- Losa y muro perimetral de cubeto
- Construcción de sala de control y sala de calderas
- Vallado perimetral de parcela
- Colocación de depósitos y gasificadores.
- Interconexión de equipos
- Zanjas entre cubeto, sala de control y servicios para canalizaciones
- Montaje de tuberías y canalizaciones en zanja.
- Montaje de las líneas de gasificación y la estación reguladora
- Terminaciones obra civil parcela
- Pruebas en la instalación
- Puesta en marcha de la instalación

El periodo previsto de ejecución de los trabajos es de 90 días.

5. Descripción de la instalación

5.1. Emplazamiento

La instalación se situará en una parcela de 4945 m² situada en la Calle de las Máscaras, en el polígono industrial “El Labradorcico”. La parcela cuenta con acceso a vía pública en dos de sus lados.

5.2. Distribución de la planta

El cubeto antiderrames se diseñará según lo dispuesto en la Norma UNE 60210 cumpliendo las distancias de seguridad establecidas en función de la capacidad del depósito, en este caso 59,9

m³. En su interior se instalarán las líneas de regasificación, el circuito de puesta a presión rápida del depósito (PPR) y un recalentador eléctrico de apoyo.

La estación de regulación y medida y el sistema de odorización se ubicarán adosados al cubeto de contención de la PSR en el exterior de la misma sobre una losa adecuada tal y como se puede observar en el plano de implantación o Lay-out de la planta.

Se adjunta en el Documento Planos, el diseño con las distancias de seguridad en la PSR (planta satélite de regasificación).

La caseta de control y sala de calderas se situarán alejadas del cubeto y conectadas con este mediante una pasarela de hormigón.

La instalación está protegida por una cerca metálica formada por tela metálica de acero galvanizado de simple torsión de 50x50x3mm colocada sobre postes de tubo de acero reforzado y galvanizado de 48mm de diámetro y con 3m de separación entre tubos y en la coronación se colocarán bayonetas con líneas de alambre de espino. La malla metálica se coserá o se fijará al murete de hormigón mediante grapas u otro método similar protegida por alambre de espino en todo su perímetro alrededor de la parcela donde se ubica la PSR que impide que personas ajenas al servicio puedan manipular esta instalación o acercarse a ella.

El emplazamiento de la instalación permite el fácil acceso de los vehículos de abastecimiento, mantenimiento y extinción de incendios, así como del personal autorizado mediante dos puertas para acceso de vehículos con un ancho mínimo de 6 metros y 180º de apertura y apertura hacia el exterior. En el interior de la planta la circulación de vehículos está limitado a lo estrictamente necesario para las labores de abastecimiento, mantenimiento y extinción de incendios. La circulación está dispuesta de tal forma que se evitan maniobras innecesarias, el estacionamiento permitirá la forma más rápida de evacuación del vehículo.

Se instalará una puerta de acceso para personal de 1 metro de anchura y apertura hacia el exterior.

Se instalará iluminación exterior de forma que se garantice una correcta visibilidad, en especial la zona de descarga. En concreto, se instalarán X según se ha justificado en el Anexo II. La distribución de la iluminación puede consultarse en el documento Planos.

En sitio visible, existen carteles con la siguiente indicación:

GAS NATURAL
(DEPOSITO DE GAS NATURAL LICUADO)
PROHIBIDO FUMAR O HACER FUEGO.

5.3. Cubeto antiderrames

El cubeto antiderrames tendrá las siguientes medidas:

Tabla 5. Dimensiones cubeto antiderrames

Dimensiones del cubeto	
Longitud	18,8 m
Anchura	12,8 m
Altura muro perimetral	0,6 m



Tanto las paredes como el suelo del cubeto serán de hormigón o similar.

Para cumplir con lo requerido en el Artículo 5.2. de la UNE 60210, “todas las válvulas del tanque de fase líquida estarán situadas dentro del cubeto y siempre por debajo del plano horizontal que corona la zona del cubeto en donde se hallan”(8)

Cualquier posible derrame de GNL quedaría siempre situado en el seno del cubeto.

Las paredes de los cubetos de contención de los depósitos estarán, como mínimo, a 1,5 m de cualquier superficie lateral o frontal de los mismos.

En cuanto a la cimentación del cubeto, el hormigón empleado será HA-25 que formara una losa con las medidas del cubeto. La losa se asentará sobre terreno formado por material seleccionado de 0,8cm y compactado.

Losa de cimentación de 1 metro de ancho situada alrededor del cubeto para la colocación de la ERM y del sistema de odorización, formada por hormigón HA-25.

Losa de cimentación para el conjunto de vaporizadores atmosféricos, en Hormigón HA-25.

5.4. Almacenamiento

La planta contara con un deposito que descansa sobre 2 apoyos de 70x250 cm, estando la cimentación del tanque formada por una losa de cimentación de hormigón armado se encuentra enrasada con la superficie del cubeto.

Las características del depósito han sido justificadas en el Anexo II del presente documento y son las siguientes:

Capacidad:	59,9 m ³
Fabricante:	LAPESA GNL
Modelo:	LC60H30 – P
Capacidad útil (95%):	57 m ³
Temperatura de diseño:	-196°C
Temperatura de servicio:	-160°C
Tipo:	Horizontal
Aislamiento:	Vacío + Perlita
Material depósito interno:	Acero inoxidable austenítico
Material depósito externo:	Acero al carbono
Presión máxima de servicio:	500 kPa

Además, el deposito cuenta con un vaporizador atmosférico formado por una parrilla de tubos aleteados, unidos por ambos extremos a sendos colectores y cuya función es la de aumentar la presión en el interior del depósito. Es el denominado circuito de puesta a presión rápida.

Por el interior del vaporizador circula GNL en fase líquida del propio depósito y al salir del circuito entra de nuevo al depósito en fase gas, de forma que aumenta la presión en el interior del depósito.

El evaporador forma parte del depósito por lo que sus características vienen determinadas por el fabricante, siendo las siguientes:

Tipo:	Evaporador ambiental
Capacidad máxima gasificación:	1000 Nm ³ /h

Funcionamiento:	Continuo, controlado por regulador de presión interior del tanque
Capacidad geométrica:	41 L
Temperatura de servicio:	-161°C
Temperatura de diseño:	-196°C
Presión máxima de servicio:	10,2 bar

5.5. Sistema de regasificación

Tal como se ha justificado en el Anexo II, la capacidad de regasificación de la planta será de 1500 Nm³/h para lo que se instalarán dos líneas de regasificación. Cada línea contará con un regasificador de 750 Nm³/h que funcionaran de forma alterna de forma que se impida la formación permanente de hielo durante el funcionamiento.

Los regasificadores están formados por un conjunto de 5 parrillas con 10 tubos aleteados en serie por cada parrilla y unidas las parrillas por ambos extremos a sendos colectores. Las características de estos regasificadores serán las siguientes:

Capacidad máxima gasificación:	750 Nm ³ /h
Presión máxima trabajo:	1000 kPa
Temperatura de diseño:	-196°C
Temperatura de servicio:	-160°C
Código de diseño:	ASME
Materiales (Aleac. Aluminio)	Al.Mg,0,7Si e Inox.304

La disposición de los tubos del regasificador será vertical para favorecer de esta forma la caída del hielo que se pueda formar durante el funcionamiento del mismo.

Estará montado sobre una plataforma ligeramente elevada, dentro del cubeto del tanque con la finalidad de favorecer la convección del aire atmosférico favoreciendo de este modo el rendimiento de la regasificación.

La conmutación del regasificador activo al regasificador de reserva se lleva a cabo mediante programación del autómatas de planta el cual ordena la apertura de la válvula criogénica automática actuada por el propio gas de la planta del vaporizador en reserva y el cierre de la válvula automática del vaporizador en actividad. La ubicación de las válvulas automáticas es aguas arriba del vaporizador.

En serie con esta vaporización atmosférica, y antes de las dos válvulas de seguridad por frío, se situará el sistema de recalentamiento del gas el cual empleará un Recalentador eléctrico de 18 kW de potencia eléctrica que consigue aportar el calor necesario para que la temperatura del gas vaporizado esté siempre en el rango de consumo apto para los equipos de combustión.

La justificación del empleo del recalentador puede encontrarse en el Anexo II.

5.6. Estación de regulación

Tal como indica el artículo 4.9. de la norma UNE 60210, "en el caso de que la planta satélite suministre gas a una red de distribución se debe instalar un conjunto de regulación conforme a las exigencias establecidas en la Norma UNE 60312."(8)



Al trabajar con un gas de la 2ª familia según la norma UNE 437:2019 el grupo de regulación será de tipo A.

El regulador actual estará preparado para una presión de entrada entre 3,5-4bar y una presión de salida de 2,5bar con válvula de seguridad por máxima presión, VIS, y válvula de alivio de seguridad, VAS.

5.7. Odorización del gas

En el artículo 4.10. de la norma UNE 60210 se indica que “antes de su salida de planta, el gas debe ser odorizado de forma que cualquier fuga pueda ser detectada con facilidad cuando exista una mezcla cuya concentración volumétrica sea 1/5 de la correspondiente al límite inferior de inflamabilidad.”(8)

Para cumplir dicha exigencia, el proceso de odorización del gas natural consistirá en la inyección de T.H.T. (Tetrahidrotiofeno) sobre la línea que conduce el gas a razón de 15 a 20 partes por millón (p.p.m.) del volumen de gas que se dirija hacia consumo.

El sistema se basa en la inyección directa de odorizante mediante una bomba de inyección de la marca Prominent Extronic.

El sistema de odorización se instalará aguas debajo de la unidad de regulación y antes de la unidad de medida.

Consistirá de una bomba dosificadora de membrana con control electrónico y protegida contra explosión, diseñada para trabajar en recintos con riesgo con atmósferas peligrosas, así como bureta calibrada, medidores máscos, el depósito auxiliar y el sistema electrónico de control. El sistema de odorización comprende también el armario, depósito de recogida de fugas y goteos de odorizante.

Además del sistema de odorización mediante bomba de inyección y como sistema de seguridad en caso de fallo de la misma, se instalará un sistema mecánico de inyección mediante disco de orificio calibrado para inyección mecánica en función de la variación de la presión en el diafragma.

La bomba inyecta el producto odorizante contenido en un depósito de 100 litros de capacidad con recarga manual.

5.8. Tuberías de interconexión

Las características de las tuberías utilizadas en los distintos tramos son:

Tabla 6. Características tuberías de salida del deposito

Salida de depósito de almacenamiento	
Diámetro:	42,16 mm / 1 – 1/4"
Material:	A 312 TP 304
Espesor:	SCH 10S 2,77mm
Temperatura de servicio:	-161°C
Temperatura de diseño:	-196°C
Uniones entre equipos:	Bridas con PN16 o ANSI 150LB
Fase:	Líquida

Tuberías para GN (fase gas).



Tabla 7. Características tuberías de salida de regasificadores

Salida de regasificadores	
Diámetro:	88,9 mm / 3"
Material:	A 312 TP 304
Espesor:	SCH 10S 5,49mm
Temperatura de servicio:	-161°C
Temperatura de diseño:	-196°C
Uniones entre equipos:	Bridas con PN16 o ANSI 150LB
Fase:	Gas

Tabla 8. Características tuberías de salida de Estación de Regulación

Salida de Estación de Regulación	
Diámetro:	101,6 mm
Material:	St.33
Espesor:	DIN 2440/2448 (3,6 mm)
Presión de diseño:	500 kPa
Temperatura de diseño:	Ambiente
Fase:	Gas

Con el fin de asegurar la correcta estabilidad y alineación de los tramos de tubería aéreas, estos estarán fijados mediante accesorios adecuados a elementos sólidos de la construcción. Los elementos serán desmontables, quedarán convenientemente aislados de la conducción y permitirán las posibles dilataciones de las tuberías.

Tal como indica la "Tabla 4 de la norma UNE 60670-4, la separación máxima entre los elementos de sujeción de las tuberías es:

Tabla 9. Distancias máximas entre elementos de sujeción

Diámetro nominal en mm	Separación máxima entre elementos de sujeción en m	
	Tramo horizontal	Tramo vertical
$D_N \leq 15$	1	1,5
$15 < D_N \leq 28$	1,5	2
$28 < D_N \leq 42$	2,5	3
$D_N > 42$	3	3,5

Las distancias mínimas de separación de una tubería vistas a conducciones de otros servicios (conducción eléctrica, de agua, vapor, chimeneas, mecanismos eléctricos, etc.), serán de 3 cm. en curso paralelo y de 1 cm. en cruce.

La distancia mínima al suelo será de 3 cm. como mínimo.

No se pondrán en contacto distintas tuberías, ni de una tubería de gas con estructuras metálicas del edificio."(9)

5.9. Agua de servicio

La planta dispondrá de agua de servicios para usos como tratar posibles quemaduras criogénicas, limpiar y valdeos de equipos y mangueras después de una operación de descarga,



si la red pública está próxima puede tenderse una acometida desde la misma dada la situación de esta planta de GNL. En caso contrario, se instalará un tanque en intemperie con un mínimo de 1.000 litros de capacidad.

6. Elementos de seguridad y control

6.1. Depósito

Tal como se indica en el Artículo 4.2. de la UNE 60210, “el recipiente interior del depósito de almacenamiento de GNL estará protegido por un doble sistema de válvulas de seguridad colocadas en la fase gas y en comunicación permanente con el interior del recipiente.

La descarga de estas válvulas estará comunicada mediante un colector y dirigida de forma que no dañe los elementos estructurales del depósito o a las personas o cosas que puedan estar próximas, ni debe crear condiciones peligrosas ambientales.

Para cada uno de los dos sistemas, la primera válvula de seguridad estará tarada a la máxima presión de trabajo y estará diseñada para evitar que la presión sobrepase el 110% de la máxima presión de trabajo”(8), es decir 550 kPa.

“La segunda válvula de seguridad de cada uno de los dos sistemas estará tarada como máximo al 130% de la máxima presión de trabajo, es decir 650 kPa, y será capaz conjuntamente con la primera, de aliviar a 650 kPa el caudal de gas que se generaría en el interior del depósito si existiera un fuego exterior y próximo al depósito que emitiera una temperatura de 900 °C.”(8)

Los equipos de seguridad situados en el interior del recipiente contarán, además, con los siguientes instrumentos:

- Sonda de presión situada en la parte superior del depósito.
- Sensor indicador de nivel de almacenamiento.
- Sensor de medición de vacío existente en el aislamiento.

“Las válvulas de seguridad se colocarán de forma que no sea posible su bloqueo por formación de hielo. Todas las válvulas estarán precintadas, y deberán contar con un sistema de tarado de seguridad tal que empiece a abrir a una presión no superior a la presión máxima de trabajo.

Las válvulas de seguridad del depósito llevarán grabada su respectiva presión de tarado, y serán de elevación total con sistema de resorte. La apertura de la válvula debe ser tal que asegure una sección de paso mínima del 80% de la sección neta de paso en el asiento.

Las válvulas de seguridad estarán instaladas de forma que estén en comunicación permanente con la cámara de gas del depósito, en su punto más alto.”(8)

No existirá ninguna válvula de cierre entre el depósito y el sistema de seguridad. En este caso, al existir doble sistema de seguridad, se dispondrán sobre una válvula de tres vías dispuesta de forma que en ningún momento permita aislar a los dos sistemas de seguridad simultáneamente.

El tubo de venteo de las válvulas de seguridad dispondrá de apagallamas. La descarga se realizará en puntos donde no se cree atmósfera explosiva, y siempre en el interior del área del cubeto.

El venteo de las válvulas de seguridad está diseñado y montado para prevenir acumulación de agua, hielo u otras materias extrañas que pudieran causar el taponamiento.



6.2. Regasificadores

Tal como se indica en el artículo 4.3. de la norma UNE 60210, “cada equipo de regasificación estará protegido por una válvula de seguridad capaz de aliviar el gas suficiente para evitar que la presión pueda exceder del 110 % de la presión máxima de trabajo (550 kPa)”(8)

A la salida del vaporizador, se colocará una válvula criogénica de bloqueo con actuador automático mediante gas del propio sistema de regasificación que cerrará automáticamente cuando la temperatura del gas a consumo descienda por debajo de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Todos los componentes anteriores al transmisor de temperatura de la línea de gas podrán operar con temperaturas de hasta $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6.3. Tuberías

De acuerdo con lo que se indica en el apartado 4.5. de la UNE 60210, “los tramos de tubería comprendidos entre dos válvulas de cierre estarán protegidos por una válvula de alivio de presión para aquellos casos en que quede líquido criogénico o gas frío atrapado entre ambas válvulas.

Estas válvulas de alivio estarán separadas de la línea lo suficiente, y al menos 10 cm, para evitar posible bloqueo por hielo. La presión de tarado será inferior a la nominal de diseño de la tubería protegida (1.000 kPa)”(8)

De acuerdo con lo que se indica en el Artículo 4.3.3. de la UNE 60210, “los alivios a la atmósfera de las válvulas de seguridad estarán protegidos por los correspondientes apagallamas, y efectuarán su descarga en puntos donde no se puedan crear atmósferas explosivas.”(8)

6.4. Válvulas de corte

Según se indica en el Artículo 4.4. de la UNE 60210, “se debe intercalar una válvula entre la salida de la instalación de regasificación y el grupo de regulación de salida con un sistema de cierre automático en el caso de que detecte una temperatura a la entrada de la misma inferior a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta válvula de interrupción debe poder soportar temperaturas de hasta $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. asimismo, debe ser de rearme manual y presencial para garantizar la seguridad de la reanudación del servicio.”(8)

El sistema empelado se situará después del recalentador eléctrico y constara de 2 válvulas de seguridad por frío en paralelo. Este sistema de doble válvula de seguridad nos aumenta la seguridad de la planta frente a un posible funcionamiento anómalo de la válvula o por necesidades de sustitución de la misma no teniendo de esta forma la necesidad de parar el normal funcionamiento de la planta.

El control de la temperatura se efectuará mediante dos sondas de temperatura calibradas a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}/+60\text{ }^{\circ}\text{C}$, el corte de las válvulas de frío se producirá cuando ambas sondas en simultaneo detecten una temperatura inferior a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Todos los componentes anteriores a los transmisores de temperatura de la línea de gas podrán operar con temperaturas de hasta $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ante un fallo eléctrico o neumático que imposibilite el funcionamiento de las válvulas de seguridad, estas deben quedar en posición de cerradas. Las válvulas contarán con final de carrera para conocer su estado en todo momento.

La válvula es tipo al fallo cierre. Ya sea por baja presión de gas de instrumentos o por pérdida de alimentación eléctrica. El rearme del sistema de corte debe ser manual local. Su diseño será

resistente al fuego, la señal de mando de la válvula procederá de un sensor de temperatura que se instalará antes de la misma.

6.5. Apagallamas

De acuerdo con lo que se indica en el apartado 4.3.3. de la UNE 60210, “los alivios a la atmósfera de las válvulas de seguridad estarán protegidos por los correspondientes apagallamas, y efectuarán su descarga en puntos donde no se puedan crear atmósferas explosivas.”

Concretamente, se realizará una recogida de todos los puntos de alivio de las válvulas de seguridad, reuniéndolos en un colector común, el cual será conducido finalmente hasta su salida al exterior situada a una altura de aproximada de 6 m. sobre el nivel del fondo del cubeto, y estará dotado de apagallamas.

6.6. Distancias de seguridad

Las distancias de seguridad vienen contempladas en el “Art. 5.3, de la UNE 60210 y se determinan en función de la capacidad geométrica de almacenamiento. Para un depósito de 59,9 m³ se considera una instalación de clase E, que debe respetar las siguientes distancias de seguridad:

Tabla 10. Distancias de seguridad para almacenamiento de clase E

Elemento a proteger	Distancia mínima (m)
Aberturas de inmuebles, sótanos, alcantarillas o desagües	15
Motores o interruptores no ATEX, depósitos de material inflamable ajenos a la instalación, puntos de ignición controlados	15
Proyecciones de líneas eléctricas aéreas de cable desnudo	15
Límites de propiedad, vías públicas, carreteras, ferrocarriles	15
Aberturas de edificios de pública concurrencia, uso administrativo, docente, comercial, hospitalario, etc...	24

La presente tabla puede encontrarse en el Art. 5.3, de la UNE 60210”(8)

En el documento Planos, se adjunta un plano con las distancias de seguridad sobre el plano de implantación de depósito y equipos.

En cuanto a las distancias de seguridad que obligan las bridas de conexión fija de las mangueras del muelle de descarga, las distancias contempladas serán las del tipo, de acuerdo con lo recogido en la “Tabla 1 de la UNE-60210 como si de una instalación de categoría A se tratara:

Tabla 11. Distancias de seguridad para mangueras de zona de descarga

Elemento a proteger	Distancia mínima (m)
Aberturas de inmuebles, sótanos, alcantarillas o desagües	5
Motores o interruptores no ATEX, depósitos de material inflamable ajenos a la instalación, puntos de ignición controlados	5
Proyecciones de líneas eléctricas aéreas de cable desnudo	10
Límites de propiedad, vías públicas, carreteras, ferrocarriles	7
Aberturas de edificios de pública concurrencia, uso administrativo, docente, comercial, hospitalario, etc...	9

La presente tabla puede encontrar en el Art 5.3. de la UNE 60210”(8)



6.7. Protección contra incendios

En el Anexo II se ha justificado la instalación de un conjunto de extintores de polvo seco, con una capacidad total mínima de 300 kg de agente extintor polvo ABC de forma que se cumple con la proporción de 10 kg. de polvo seco por cada 1.000 kg. de producto requeridos en la instrucción 4.8 de la UNE-60210.

El conjunto estará formado por 6 carros de 50 kg cada uno de agente extintor polvo ABC.

Junto al cuarto eléctrico y de control se dispondrá de un extintor de 5 kg de CO₂ y un extintor ABC de 12 kg. En la sala de calderas se situará un extintor de tipo ABC de 12 kg.

6.8. Sistema de descarga

En cumplimiento de lo que se indica en el apartado. 4.1. de la UNE 60210 “el trasvase y circulación del GNL desde la cisterna al depósito de almacenamiento de la planta se realizará por diferencial de presiones. Para ello se dispondrá un equipo de regasificación para presurizar la fase gas de la cisterna, este se situará a un nivel inferior a la salida del GNL de la cisterna y cumplir con el apartado 4.3.1 de esta norma.”(8)

“La conexión entre la instalación de descarga y la cisterna se debe llevar a cabo con mangueras flexibles criogénicas. Los enlaces de las bocas de interconexión con las cisternas deben estar específicamente diseñados para GNL.”(8)

7. Instalación eléctrica

7.1. Descripción de la instalación

La instalación eléctrica consistirá en el suministro necesario para la alimentación de los distintos receptores que se ubiquen dentro del mismo emplazamiento que los aparatos a gas, tomas de corriente, alumbrado, equipos de seguridad, etc. La instalación eléctrica se realizará de acuerdo con el vigente “Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión” (R.D. 842/2002) y demás normativa de aplicación, en aquellos aspectos que le puedan afectar, como instalaciones eléctricas en los locales con riesgo de incendio o explosión, locales de pública concurrencia, etc.

El cuadro eléctrico de mando y protección estará situado en la sala de control.

Se instalará un grupo electrógeno en la sala de calderas que permitirá la continuidad del servicio eléctrico en caso de necesidad.

Los circuitos más críticos de la instalación se encontrar conectado a la red a través de un SAI que asegurara la capacidad para controlar la planta en caso de ausencia de suministro eléctrico a la vez que aísla dichos circuitos de fenómenos eléctricos transitorios.

7.2. Equipos instalados en zona ATEX

Debido a que parte de la instalación eléctrica coexiste en el tiempo y en el espacio con una instalación de gas natural en donde puede producirse atmósferas explosivas en zonas concretas, la instalación eléctrica podría convertirse en la causa de inflamación de dichas atmósferas.

En el documento de protección frente a explosiones del presente Proyecto se analizan todas las posibles zonas con riesgo de incendio y explosión. Se establece una clasificación por zonas siguiendo unos criterios y una de las consecuencias de los resultados es la necesidad de adaptar los equipos eléctricos instalados a las necesidades de dicha zona.

Se trata de una instalación fija situada a la intemperie, donde se encuentran los elementos sensores (sondas de temperatura, presión, finales de carrera, etc), los cuales abrirán o cerrarán

un contacto eléctrico que servirá de señal de entrada a un sistema de control automatizado, mediante un autómata programable, que asociará estas señales de entrada a señales de salida a distintos elementos de control y seguridad.

Según la clasificación de zonas (ver plano de clasificación de zonas) todos los instrumentos y equipos estarán en “Zona 1 ó 2”, con posible presencia esporádica de atmósfera explosiva, pero sin que su funcionamiento habitual sea en estas condiciones, por lo que el sistema de seguridad seguido será Exd.

La adecuación de la instalación a las condiciones de seguridad, consistirá en la instalación de equipos con envolvente antideflagrante Exd, cableado armado y prensaestopas apropiados para la entrada del cableado en dichas envolventes.

Los distintos instrumentos se reparten en diferentes partes de la instalación de gas natural, siendo su conexión a la instalación de gas, mediante unión embridada a tubería o mediante conexión a depósito de gas.

A modo de resumen, las zonas clasificadas en la instalación son las siguientes:

Tabla 12. Resumen de zonas ATEX

Escape	Grado de dilución	Grado de escape	Disponibilidad de ventilación	Tipo de zona
Válvulas de seguridad	Media	Primario	Justa	Zona 1+ Zona 2
Fuga de GNL en juntas	Alta	Secundario	Justa	Zona 2 ED
Fuga de GN en juntas	Alta	Secundario	Justa	Zona 2 ED
Zona de descarga	Alta	Secundario	Justa	Zona 1 ED

Para adecuar los equipos eléctricos a las zonas clasificadas, estos se han de seleccionar de forma que el nivel de protección del material (EPLs) sea igual o superior al requerido para la zona analizada, como indica Tabla 1 de la UNE 60079 – 14:

Tabla 13. Clasificación nivel de protección en función de la zona clasificada

Zona	Nivel de protección del material (EPLs)
0	“Ga”
1	“Ga” o “Gb”
2	“Ga” o “Gb” o “Gc”

En el artículo 5.4.2 de la UNE 60079 – 14 se muestra la relación entre el nivel de protección del material (EPLs) y los modos de protección reconocidos según las normas IEC. Dicha relación se muestra en la tabla 2 de la citada norma:

Tabla 14. Relación entre nivel de protección del material y modos de protección reconocidos

EPLs	Modo de protección	Código	De acuerdo a la Norma
“Ga”	Seguridad intrínseca	“ia”	IEC 60079-11
	Encapsulado	“ma”	IEC 60079-18



	Dos modos de protección independientes cada uno de acuerdo al EPL "Gb"		IEC 60079-26
	Protección de material y sistemas de transmisión que utilizan radiación óptica		IEC 60079-28
"Gb"	Envoltentes antideflagrantes	"d"	IEC 60079-1
	Seguridad aumentada	"e"	IEC 60079-7
	Seguridad intrínseca	"ib"	IEC 60079-11
	Encapsulado	"m" "mb"	IEC 60079-18
	Inmersión en aceite	"o"	IEC 60079-6
	Envoltentes presurizadas	"p", "px" o "py"	IEC 60079-2
	Relleno pulverulento	"q"	IEC 60079-5
	Concepto de bus de campo intrínsecamente seguro (FISCO)		IEC 60079-27
	Protección de material y sistemas de transmisión que utilizan radiación óptica		IEC 60079-28
"Gc"	Seguridad intrínseca	"ic"	IEC 60079-11
	Encapsulado	"mc"	ICE 60079-18
	No productor de chispas	"n" "nA"	o IEC 60079-15
	Respiración restringida	"nR"	IEC 60079-15
	Limitación de energía	"nL"	IEC 60079-15
	Material que produce chispas	"nC"	IEC 60079-15
	Envoltentes presurizadas	"pz"	IEC 60079-2
	Concepto de bus de campo no incendiario (FNICO)		IEC 60079-27
	Protección de material y sistemas de transmisión que utilizan radiación óptica		IEC 60079-28

La presente tabla puede encontrarse en el artículo 5.4.2 de la UNE 60079 – 14

En nuestro caso, se ha optado por un nivel de protección de materiales "Ga" equipos de seguridad intrínseca y "Gb", en particular, un modo de protección mediante envoltentes antideflagrantes, "d".

Los parámetros de los materiales a instalar se deben adecuar a las características del gas. El gas se clasifica según los siguientes criterios:

Temperatura de ignición

La "UNE 60079 – 14 clasifica los gases según rangos de temperatura de ignición(10):

Tabla 15. Clasificación de gases según temperatura de ignición

Clasificación según la temperatura espontanea de ignición
85°C < T6 < 100°C
100°C < T5 < 135°C
135°C < T4 < 200°C
200°C < T3 < 300°C
300°C < T2 < 450°C
450°C < T1

Siendo los gases de categoría T6 los más peligrosos”.

Grado de penetrabilidad

Se pueden clasificar también los gases “según su grado de penetrabilidad a través de un intersticio plano:

- Grupo A. Butano, propano, Hexano, Metano, otros.
- Grupo B. Etileno, ciclopropeno, dixeno, otros.
- Grupo C. Acetileno, hidrógeno y bisulfuro de carbono.”(10)

El grado de penetrabilidad (y por tanto más peligroso) es mayor para los gases C, a continuación, los gases B y por último los gases A.

El material eléctrico se ha de seleccionar en función de la localización de la subdivisión del gas, según la “tabla 3 de la UNE 60079 - 14:

Tabla 16. Grupo del material permitido según subdivisión gas o polvo

Localización de la subdivisión del gas/ vapor o polvo	Grupo del material permitido
IIA	II,IIA,IIB o IIC
IIB	II,IIB o IIC
IIC	II o IIC
IIIA	IIIA, IIB o IIIC
IIIB	IIIB o IIIC
IIIC	IIIC

El material eléctrico se debe seleccionar de manera que se temperatura superficial máxima no alcance la temperatura de ignición de cualquier gas o polvo presentes.”(10)

Si el mercado del material eléctrico no incluye un rango de temperaturas ambiente, es que el material está diseñado para utilizarse dentro del rango de temperaturas de -20 a+40°C. Los prensaestopas no suelen tener un rango de temperaturas ambiente de funcionamiento. Tienen una temperatura de servicio asignada y salvo que no esté marcada, la temperatura de servicio está, por defecto, en un rango de -20°C a +80°C.

Los símbolos para las clases de temperatura marcados en el material eléctrico tienen el significado que se indican en la tabla 4 de la UNE 60079 – 14:

Tabla 17. Significado símbolos para las clases de temperatura

Clase de temperatura requerida por la clasificación de áreas	Temperatura de inflamación del gas o vapor en °C	Clases de temperaturas del material permitidas
T1	>450	T1-T6
T2	>300	T2-T6
T3	>200	T3-T6
T4	>135	T4-T6
T5	>100	T5-T6
T6	>85	T6

El gas que tenemos en la instalación objeto, gas natural, presenta una temperatura de ignición que se establece en 700°C. Por lo que, se clasifica según su temperatura de ignición como gas



tipo T1. Según esto, los equipos eléctricos a instalar deberán tener una clasificación según la temperatura superficial que pueden llegar a alcanzar establecida dentro de los tipos T6, T5, T4, T3 y T2, T1. siendo preferibles equipos clasificados T6.

La clasificación del gas natural, según el criterio de penetrabilidad a través de un intersticio plano, es de gas tipo A, por lo que los materiales a instalar podrán tener una clasificación según la penetrabilidad de A, B y C.

7.3. Sistemas de cableado

Para instalaciones de seguridad intrínseca, los sistemas de cableado cumplirán los requisitos de la norma UNE -EN 60079-14.

El resto de instalaciones se realizarán con conductor de cobre que disponga de un aislamiento mínimo de 450V/750V. Los orificios de los equipos eléctricos para entradas de cables o tubos que no se utilicen deberán cerrarse mediante piezas acordes con el modo de protección de que vayan dotados dichos equipos.

“Para las canalizaciones para equipos móviles se tendrá en cuenta lo establecido en la ITC-BT 21.”(11)

Tal como se indica en la ITC – BT – 21 “La intensidad admisible en los conductores deberá disminuirse en un 15% respecto al valor correspondiente a una instalación convencional.”(12)

Como se indica en el REBT, “todos los cables de longitud igual o superior a 5 m estarán protegidos contra sobrecargas y cortocircuitos; para la protección de sobrecargas se tendrá en cuenta la intensidad de carga resultante fijada en el párrafo anterior y para la protección de cortocircuitos se tendrá en cuenta el valor máximo para un defecto en el comienzo del cable y el valor mínimo correspondiente a un defecto bifásico y franco al final del cable.”(13)

“En el punto de transición de una canalización eléctrica de una zona a otra, o de un emplazamiento peligroso a otro no peligroso, se deberá impedir el paso de gases, vapores o líquidos inflamables. Eso puede precisar del sellado de zanjas, tubos, bandejas, etc., una ventilación adecuada o el relleno de zanjas con arena.”(11)

Los cables a emplear en los sistemas de cableado en los emplazamientos de clase I y clase II serán:

Cables de tensión asignada mínima 450/750 V, aislados con mezclas termoplásticas o termoestables; instalados bajo tubo metálico rígido o flexible conforme a norma UNE-EN 61386-1:2008.

Los cables a utilizar en las instalaciones fijas deben cumplir, respecto a la reacción al fuego, lo indicado en la norma UNE-EN 60332-3-10:2009.

7.4. Equipos instalados

La instalación contará con equipos de envolvente antideflagrante acorde al modo de seguridad que se requiere, tipo A y T6.

La instalación de dichos equipos se realizará mediante cable armado y presaestopas antideflagrantes con doble fijación para el armado y para el cable, en emplazamiento clase I, zona I y zona II.



El cable instalado dispondrá de una protección mecánica. Será cable armado con alambre de acero galvanizado y con cubierta externa no metálica de aislamiento 0,6/1kV, según la serie UNE 21123. Cumplirá respecto a la reacción al fuego, lo indicado en la norma UNE-EN 60332 - 3. Estará fijado en superficie mediante dispositivos hidrófugos y aislantes.

El código del cable será:

- RVMV-K- 3G1,5mm² 0,6/1kV
- RVMV-K- 3G4mm² 0,6/1kV

Los prensaestopas a instalar serán antideflagrantes preparados para cable armado. Cumplirán con lo indicado en la norma UNE 60079-1. Serán materiales clasificados dentro del grupo II con categoría 1 ó 2 como máximo, con una clasificación T1 como mínimo y de clase A como mínimo.

En cuanto al cableado de control, se utilizará “cable flexible apantallado para instalación fija, destinado a circuitos de seguridad intrínseca en instalaciones eléctricas, circuitos de control, señalización y medida, en máquina herramienta, maquinaria de producción, etc.”(14) con el siguiente código:

- EB-CY 300/500V 25G 1

Cumplirá respecto a la reacción al fuego, lo indicado en la norma EN60332-1-2 / IEC60332-1-1.

7.5. Instalación de puesta a tierra

Se realizará una instalación de puesta a tierra independiente para las masas del interior del cubeto. Toda la estructura y partes metálicas situadas dentro del cubeto así como la cisterna durante la operación de descarga, se deben hallar conectadas a tierra, de modo que la resistencia de puesta a tierra será inferior a 20 Ω .

La instalación consistirá en un anillo de cobre desnudo de 35 mm² se sección enterrado debajo del cubeto. Se instalará un seccionador de tierras que divida la instalación de puesta a tierra y permita su medición independiente. A partir del seccionador, se unirán todas las estructuras metálicas de los equipos de la planta mediante lazos de unión formados por cable de cobre desnudo unidos por soldadura aluminotérmica.

Para la sala de control y sala de calderas se instalará una toma de tierra independiente formada por una pica de cobre de 200mm de longitud.

La toma de tierra del cuadro eléctrico de distribución vendrá desde la CGP en la misma línea de la derivación individual, siendo la sección la misma que esta. En caso de no ser posible, se instalaría una toma de tierra consistente en una pica de 180 mm en las inmediaciones del edificio de control.

7.6. Instalación de control

7.6.1. Funciones

La planta contará con un único PLC que realizará las siguientes funciones:

- Recoger todas las señales de campo: instrumentos de proceso, estado válvulas, órdenes a recalentador y electroválvulas, señales del cuadro eléctrico, detectores intrusión, señales del equipo odorizante, etc.



- Operar sobre lazos de control: Control de recalentador, control de la bomba dosificadora del odorizador, alternancia de vaporizadores atmosféricos y disparo de la válvula de corte de suministro por frío.
- Enviar señales de proceso, históricas y alarmas a display local, que permitirá mando manual sobre lazos de control. El cuadro de control dispondrá de un botón de paro de emergencia de la planta.
- Gestionar un puerto de comunicaciones para enviar los datos al centro de control remoto.

No se prevé la presencia normal de operarios en la planta por lo que, en cumplimiento con lo establecido en la norma UNE 60210 “para plantas de operación no presencial, se establecerán los siguientes controles y alarmas mínimos:

- Presión de servicio del depósito.
- Nivel continuo de GNL en el depósito.
- Falta de alimentación eléctrica a la planta.
- Tensión batería de grupo de refuerzo auxiliar.
- Temperatura a la salida de cada vaporizador.
- Temperatura a la salida del módulo de vaporización.
- Baja presión en actuador de válvula de seguridad por frío.
- Presión del gas de emisión.
- Temperatura del gas de emisión.”(8)

7.6.2. Relación de entradas y salidas

Para establecer el control sobre las citadas variables, la relación de entradas necesarias es la siguiente:

Entradas analógicas:

- Nivel de depósito (LIT)
- Presión del depósito (PIT)
- Temperatura del gas a la salida del vaporizador (T1)
- Temperatura de la carcasa del recalentador (T2)
- Temperatura de resistencia recalentador (T3)
- Temperatura de gas a la entrada de la VSF1 (T4)
- Temperatura de gas a la entrada de la VSF1 (T5)
- Presión a la entrada de la ERM (P1)
- Presión a la salida de la ERM (P2)
- Nivel del tanque de THT (S5)
- Presión del circuito neumático (P1) (una sonda con dos señales)
- Temperatura del gas de emisión (T6)

Entradas digitales:

- VSF1: Válvula cerrada o abierta (control de la posición de la válvula de seguridad por fría formado por dos finales de carrera seriados y una única señal a la PLC)
- VSF2: Válvula cerrada o abierta.
- Un final de carrera para cada válvula de los regasificadores atmosféricos. Un total de 8.
- S1: Enciende o apaga el recalentador



- S2: Disparo de VIS mínima de la línea de ERM (final de carrera)
- S3: Pulsos del contador
- S4: Fallo en la bomba de THT
- Fallo de alimentación eléctrica
- Fallo de SAI o bajada de tensión
- Apertura de puertas del recinto (final de carrera situado tanto en puerta de acceso peatonal como las 2 puertas de acceso a vehículos)
- Apertura de puerta de caseta (final de carrera)

7.6.3. Control de proceso

El control de la instalación realizado es el siguiente:

Deposito

El cometido del sistema de control sobre el depósito del almacenamiento es el de mantener la presión de trabajo en un intervalo seguro.

En caso de que la presión sobrepase el límite establecido, normalmente 8 bar, se abren las válvulas de seguridad que provocan una ligera de descarga de gas con el fin de disminuir la presión en el interior del depósito.

Si por el contrario la presión cae por debajo de un mínimo, se abre el circuito de puesta en presión rápida, el cual calienta GNL del depósito a través de un intercambiador de calor atmosférico para posteriormente introducir el gas conseguido en el depositado de nuevo con lo que se consigue un aumento de la presión interior. En el caso de que no se consiga aumentar la presión interior con este método, se procede al aislamiento seguro del depósito.

Líneas de gasificación

Las líneas de regasificación funcionan de forma alterna entrando en funcionamiento y parada cada 6 horas para reducir los efectos negativos de la capa de hielo que se forma en la superficie de los intercambiadores.

Se realiza un seguimiento de la temperatura de salida de cada regasificador para comprobar la necesidad de que el recalentador eléctrico proporcione apoyo térmico.

Recalentador

El recalentador cuenta con un control de temperatura para asegurar que no sobrepasa la temperatura máxima que puede soportar. Este control tiene lugar tanto sobre la carcasa como en el interior del mismo. Su funcionamiento está ligado a la temperatura de salida de la línea de regasificación y la temperatura de entrada a la válvula de seguridad por frío, debiendo compensar dicha diferencia de temperaturas cuando estas se sitúen por debajo del mínimo.

Válvula de seguridad por frío (VSF)

La válvula de seguridad por frío marca el límite entre la parte criogénica y la normal. A partir de este punto el material empleado en las canalizaciones es acero al carbono, sensible a bajas temperaturas por lo que es fundamental asegurar que el gas que pasa a esta parte de la instalación lo hace en ñas condiciones adecuadas.

Para ello se realiza un control de temperatura con 2 sondas de temperatura por cada VSF. En el caso de que una sola de las sondas determine una temperatura inferior a la mínima se procede al cierre de las válvulas.

Estación de regulación (ER)

Se controla la presión de entrada y salida del gas, así como una medición del volumen que sale de la planta. Se controla también la bomba de THT, encargada de odorizar el gas, así como el nivel en el depósito de TFH, dando una alarma en el caso de que este sea demasiado bajo.

Referencias

1. FENOSA GN. Newsletter UFG - MAR.2015 [Internet]. 2015. Available from: https://www.unionfenosagas.com/es/Newsletter/NoticiaNewsletter/NL-marzo-2015-que-es-el-gas-natural?p=NL_MARZO_2015
2. Según RD, Cas N. Ficha de Seguridad GNL. 2003;4. Available from: <http://www.ecosmep.com/cabecera/upload/fichas/4702.pdf>
3. GIIGNL. The LNG Industry. 2019;26.
4. Enagas. El sistema gasista español. 2019;(1):168.
5. Waters T, Waters D, War W, Weber F, Stand G, Three C, et al. Resolución de la Dirección General de Industria, Energía y Minas. 2007;16(2):40.
6. Infraestructuras C. Otras actuaciones 13
Instalaciones especiales de gas 20 Redes de transporte
..... :1–26.
7. Energía y Minas de la Región de Murcia C. Plan Energético de la Región de Murcia 2016-2020. 2016;
8. Espa N, Sedigas. UNE 60210 Plantas satélite de gas natural licuado. 2018;
9. "UNE 60670-4:2014 Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación inferior o igual a 5 bar. 2005;"
10. En NE, Iec NI, Une-en N. UNE-EN 60079-14:2016 Atmósferas explosivas. Parte 14: Diseño, elección y realización de las instalaciones eléctricas. 2017;
11. Äüöü Ö. ITC - BT - 21 TUBOS Y CANALES PROTECTORAS. 2003;(1):6–8.
12. Telles S, Reddy SK, Nagendra HR. ITC - BT - 29 INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS LOCALES CON RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN. J Chem Inf Model. 2019;53(9):1689–99.
13. Metz-Noblat B De, Thomasset G, Dumas F. GUÍA - BT- ANEXO 3. 2008;8(2):1–20.
14. Sumcab. Ficha técnica conductor EB-CY 300/500V. :76–7.

ANEXO I:
ESTUDIO DE MERCADO



INDICE DE CONTENIDO

I.1. Introducción	1
I.2. Sector doméstico.....	1
I.3.Sector comercial.....	3
I.3.1. Hoteles	3
I.3.2 Restaurantes	5
I.3.3. Centros de salud.....	6
I.3.4. Centros educativos.....	7
I.4. Sector industrial	8
I.5. Resumen de resultados.....	9
I.6. Referencias.....	10

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de viviendas segun tipo en Águilas.....	1
Tabla 2. Estimación de la evolución de los puntos de suministro	1
Tabla 3. Numero de vivienda de nueva construcción	2
Tabla 4. Número de plazas hoteleras en Águilas	3
Tabla 5. Consumo previsto en función de la categoría del hotel.....	3
Tabla 6. Restaurantes en Águilas	5
Tabla 7. Consumos previstos en restaurantes	5
Tabla 8. Superficie mínima por categoría	5
Tabla 9. Demanda energética prevista en centros de salud	7

I.1. Introducción

El objeto del presente anexo es estudiar el conjunto de potenciales consumidores de gas natural en el municipio de Águilas con el fin de obtener la información necesaria para dimensionar una planta satélite de gas natural licuado.

Los resultados del estudio de mercado servirán para justificar la rentabilidad económica de la construcción de la planta, así como demostrar la superioridad frente al empleo de tecnologías alternativas para el suministro de energía.

El estudio de mercado se centrará en estimar el caudal de gas natural anual, diario y máximo horario que se consume en función del sector considerado.

I.2. Sector doméstico

Población

El municipio de Águilas cuenta con una población de 35.301 habitantes según las cifras oficiales del padrón municipal de 2019.

Sector doméstico

Según el Centro Regional de Estadística de Murcia el número total de viviendas en Águilas es de 21.384 en el año 2013. Estas se clasifican de la siguiente forma:

Tabla 1. Número de viviendas según tipo en Águilas

Tipo de vivienda	Número de viviendas
Viviendas principales	12.089
Viviendas no principales	9.295
Viviendas totales	21.384

Datos obtenidos del Centro Regional de Estadística de Murcia

Cabe destacar que Águilas es un destino turístico que ve aumentada su población en los meses de verano por lo que muchas de las viviendas no principales no se encuentran ocupadas el resto del año. Es por ello que el nivel de penetración previsto para este tipo de viviendas va a ser menor. En cuanto a las viviendas principales, se considera una penetración mayor que va a evolucionar a medida que se construye la red de distribución de 20,6 kilómetros prevista.

Tabla 2. Estimación de la evolución de los puntos de suministro

Tipo de vivienda	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 10	Año 15	Año 20
Vivienda principal	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Vivienda no principal	5%	8%	10%	13%	15%	18%	21%	25%
Puntos de suministro total	2278,1	3161,4	3951,75	4835,05	5625,4	6508,7	7392	8368,25



En cuanto a la construcción de nuevas viviendas, el número de viviendas construidas en el municipio desde 2013 es el siguiente:

Tabla 3. Numero de vivienda de nueva construcción

Año	Número de viviendas construidas
2018	12
2017	10
2016	4
2015	53
2014	7
2013	79

Datos obtenidos del Centro Regional de Estadística de Murcia

La cantidad total de viviendas construidas en los últimos 5 años es de 165, a una media de 27 anuales. Se considera que el 100% de nuevas viviendas van a disponer de suministro de gas natural y que en los próximos 20 años se van a construir 350 nuevas viviendas.

Esto da un total de 8718 puntos de suministro previstos.

Para la estimación de los consumos domésticos se emplea la formula contemplada en la norma interna PE.02196.ES-PT.01 de Unión Fenosa:

$$Q_h = K * (A * PS_{3,1} + B * PS_{3,1}^2 + C * PS_{3,2} + D * PS_{3,2}^2)$$

Siendo:

- Q_h : Caudal previsto para consumos domésticos ($m^3(n)/h$)
- $PS_{3,1}$: Número de puntos de suministro con tarifa 3.1 (domestico sin calefacción)
- $PS_{3,2}$: Número de puntos de suministro con tarifa 3.2 (domestico con calefacción)
- K: 1 – 1,209 – 1,148 según se considere año normal, frio o muy frío, respectivamente.
- $A = 0,05950358$
- $B = -8,06541 * 10^{-7}$
- $C = 0,7555414$
- $D = 9,315539 * 10^{-7}$

El porcentaje de puntos de suministro doméstico con calefacción minio a considerar se calcula como:

$$\%calefacción = \left[\frac{PS_{3,2}}{PS_{3,2} + PS_{3,1}} \right] * 100$$

El porcentaje mínimo de calefacción considerado depende de la zona climática, considerándose:

- Zona climática cálida → 4%
- Zona climática templada → 33%
- Zona climática fría → 52%
- Zona climática muy fría → 64%

En el caso de Águilas se considera zona climática templada por lo que el porcentaje de puntos de suministro con calefacción serán del 4%.

Esto nos da un resultado de 349 puntos de suministro con calefacción y 8370 puntos de suministro sin calefacción.

El caudal de punta horario previsto es:

$$Q_h = 809,5 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Considerando un consumo de 6 horas en inviernos, el caudal máximo diario a lo largo del año es de:

$$Q_d = 4857 \text{ Nm}^3/\text{día}$$

Para obtener el consumo anual, se toman el valor de caudal máximo diario durante 2 meses, el 50% de este valor durante 5 meses y un 15% durante los 5 meses restantes. El consumo anual evolucionará a lo largo de los años según se ha previsto:

Evolución prevista del consumo doméstico desde el año de construcción de la planta								
Años	1	2	3	4	5	10	15	20
Q_{anual}	208250	288996,9	361246	441987	441987	594987	675733	764977

I.3. Sector comercial

Se consideran aquí los puntos de suministro dedicados al sector terciario además de instalaciones de servicios como es el caso de edificios sanitarios o educativos.

I.3.1. Hoteles

El municipio cuenta con un total de 6 hoteles 7 pensiones distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 4. Número de plazas hoteleras en Águilas

		Nº de hoteles	Nº de habitaciones
Hoteles	4 estrellas	1	286
	3 estrellas	2	99
	2 estrellas	2	189
	1 estrellas	1	14
	Total	6	588
Pensiones	2 estrellas	3	88
	1 estrellas	4	88
	Total	7	176

Datos obtenidos del Centro Regional de Estadística de Murcia(1)

Para estimar el consumo energético medio anual en de las plazas hoteleras se ha tenido en cuenta la guía de ahorro y eficiencia energética en establecimientos hoteleros.

Tabla 5. Consumo previsto en función de la categoría del hotel

PARAMETROS DE EFICIENCIA EN HOTELES				
	Excelente	Buena	Pobre	Deficiente
A) Hoteles grandes (más de 150 habitaciones)				
Consumo (kWh/m².año)	< 200	200 - 240	240 - 300	> 300

B) Hoteles de tamaño medio (50 – 150 habitaciones)				
Consumo (kWh/m².año)	< 190	190 - 230	230 - 260	> 260
C) Hoteles pequeños (< 50 habitaciones)				
Consumo (kWh/m².año)	< 180	180 - 210	210 - 240	> 240

Datos obtenidos del plan de ahorro y eficiencia energética en establecimientos hoteleros(2)

En el caso de los hoteles la demanda es bastante constante a lo largo del año ya que el mayor consumo de gas durante los meses más fríos se ve compensado con una menor ocupación que en los meses de verano.

La diferencia económica respecto a otras soluciones como el uso de propano es tan elevada que se puede considerar que el 90% de las plazas hoteleras van a usar el gas natural como combustible para calefacción, ACS y cocina.

Se supone que el número de usuarios aumenta hasta llegar a total considerado en un periodo de 5 años.

Para calcular la superficie estimada se van a considerar 55 m² por habitación para los hoteles de tamaño grande, 45 m² para hoteles de medio tamaño y 35 m² para hoteles pequeños. Esta será una superficie aproximada que tendrá en cuenta los espacios comunes, zonas de restauración o piscinas.

Para calcular el caudal de gas natural consumido a partir de los kWh se considera un poder calorífico del gas de 10,4 kWh/Nm³. Se considera un consumo constante a lo largo del año por lo que el caudal obtenido se divide entre 365 días para obtener el caudal diario y para obtener el caudal de punta horario se divide el caudal diario entre el número de horas de servicio consideradas, 8 horas en este caso. En función del tamaño de los hoteles, los consumos calculados son:

Tamaño	Habitaciones	Sup (m ²)	Cons(kWh/m ² .año)	Caudal (Nm ³ /año)	Caudal (Nm ³ /día)	Caudal (Nm ³ /h)
Grande	286	15730	200	302500	828,76	103,59
Mediano	189	8505	190	158426,47	425,69	53,21
Pequeño	289	10115	210	208250	559,57	69,94
Total:				669176	1814	204,08

Finalmente, el caudal horario considerado para las plazas hoteleras es de 204,08 Nm³/h

La evolución del consumo previsto a lo largo del tiempo será la siguiente:

Evolución prevista del consumo en hoteles desde el año de construcción de la planta					
Años	1	2	3	4	5
Q_{anual}	133835	276670	401505	535340	669176

I.3.2 Restaurantes

El municipio de Águilas en su totalidad cuenta con 50 restaurantes ordenados en las siguientes categorías:

Tabla 6. Restaurantes en Águilas

Restaurantes	
RESTAURANTES	50
Primera	0
Segunda	1
Tercera	9
Cuarta	40
Plazas en restaurantes	
PLAZAS	4.181
Primera	0
Segunda	134
Tercera	1.513
Cuarta	2.534

Datos obtenidos del Centro Regional de Estadística de Murcia(1)

Para estimar el consumo correspondiente será necesario recurrir al plan para la sostenibilidad y eficiencia energética en el sector de la hostelería publicado por la federación española de la hostelería.

En el citado informe se analiza el consumo medio en función de la superficie en el sector de la restauración de la comunidad de Madrid. Asumiendo el margen de error debido al previsible menor uso de calefacción en la Región de Murcia, se tomarán los valores de consumo medio. Los datos referidos al consumo en calefacción y cocinas son los siguientes:

Tabla 7. Consumos previstos en restaurantes

Uso	Consumo mínimo (kWh/m ²)	Consumo máximo (kWh/m ²)
Calefacción	33,4	47,8
Cocinas	52,1	83,6
Total	85,5	131,4

Datos obtenidos del plan para la sostenibilidad y eficiencia energética en el sector de la hostelería(3)

Para calcular el consumo a partir de dichos datos se estima la superficie dedicada a la restauración. Para ello se recurre a las superficies mínimas por comensal en función de la categoría del restaurante contempladas en el Decreto 37/2011 por el que se regulan los establecimientos de restauración en la comunidad autónoma de la Región de Murcia.

Tabla 8. Superficie mínima por categoría

	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
Superficie mínima del comedor	2 m ² por cliente	1,8 m ² por cliente	1,5 m ² por cliente	1,5 m ² por cliente

Datos obtenidos del Decreto 37/2011 (4)

A partir de estas superficies mínimas y con los datos de las plazas de cada categoría se obtiene la superficie total dedicada a restauración, que se sobredimensionará un 30% para tener en cuenta la superficie de las estancias distintas al comedor.

Al igual que en el apartado dedicado a las plazas hoteleras, el poder calorífico considerado para el gas natural es de 10,4 kWh/Nm³ y un uso de 8 horas diario. Bajo estas condiciones, el caudal demandado es el siguiente

	Superficie (m ²)	Consumo (kWh)	Caudal (Nm ³ /año)	Caudal (Nm ³ /día)	Caudal (Nm ³ /h)
Primera	0	0	0	0	0
Segunda	313,56	34005,58	3269,77	8,96	1,12
Tercera	2950,35	319965,46	30765,91	84,29	10,54
Cuarta	4941,30	535883,99	51527,31	141,17	17,65
Total	8205,21	889855,02	85562,98	234,42	29,30

Al igual que en el caso de los hoteles, se considera que la captación de clientes tiene lugar en un periodo de 5 años:

Evolución prevista del consumo en restaurantes desde el año de construcción de la planta					
Años	1	2	3	4	5
Q_{anual}	17112,4	34224,8	51337,2	68449,6	85562

I.3.3. Centros de salud

El municipio de Águilas cuenta con 2 centros de salud. El consumo se dedica a la producción de ACS y calefacción por lo que la demanda es muy superior en invierno por lo que para estimar la demanda diaria se considerara que el consumo tiene lugar durante 4 meses al año.

Los centros de salud disponen de instalación solar térmica de baja temperatura para la producción de ACS. Al tratarse de zona V, la contribución solar mínima según el CTE DB HE4 será del 70% por lo que se considera que el sistema auxiliar, de gas natural, aportará en el caso más desfavorable un 30% de la energía necesaria para la producción de ACS.(5)

Para estimar el consumo de los centros de salud se recurre a ratios de demanda energética media de centros de salud(6):

Tabla 9. Demanda energética prevista en centros de salud

Zona climática	Demanda calefacción (kWh/m ² año)	Demanda ACS (kWh/m ² año)
Norte	62	12
Centro	55	10
Sur	48	10

Águilas se considera zona climática sur por lo que los consumos previstos son:

	Superficie (m ²)	Consumo (kWh año)	Caudal (Nm ³ /año)	Caudal (Nm ³ /día)	Caudal (Nm ³ /h)
Centro de salud Águilas Norte	2212	112812,00	10847,31	90,39	11,30
Centro de salud Águilas Sur	1300	66300,00	6375,00	53,13	6,64

Bajo estas condiciones se ha considerado un caudal de hora punta de 17,94 Nm³/h para los 2 centros. Se considera que los 2 centros tendrán suministro desde el primer alo por lo que el consumo anual no varía en el tiempo

I.3.4. Centros educativos

Existen un total de 13 colegios y 3 institutos con un total de 6.189 alumnos matriculados en el curso 2016/2017.

Su consumo está destinado principalmente a calefacción por lo que se trata de un consumo muy marcado en los meses de invierno. Según la clasificación energética de edificios publicada por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio la demanda energética media en la región de Murcia para calefacción y ACS es de 19,8 kWh/m² y 12,5 kWh/m² respectivamente.

Para calcular la demanda diaria se considera que el gas natural aporta un 50% de la energía demandada para calefacción debido a la presencia o futura instalación de placas solares térmicas. Al igual que en los centros de salud, se considera que el gas natural aporta un máximo del 30% de la energía asociada a la producción de ACS.

De esta forma, el gas natural funciona como tecnología de apoyo en invierno y se considera que el consumo se da lugar a lo largo de 120 días.

El listado de colegios, su superficie construida y la demanda energética es la siguiente:

Centro educativo	Superficie (m ²)	Consumo (kWh año)	Caudal (Nm ³ /año)	Caudal (Nm ³ /día)	Caudal (Nm ³ /año)
CEIP Ciudad del Mar	4815	65724,75	6319,69	52,66	6,58
CEIP El Rubial	2775	37878,75	3642,19	30,35	3,79
CEIP Joaquín Tendero	5122	69915,3	6722,63	56,02	7,00
CEIP Las Lomas	4575	62448,75	6004,69	50,04	6,25



CEIP Mediterráneo	4635	63267,75	6083,44	50,70	6,34
CEIP Ntra. Sra. de los Dolores	1777	24256,05	2332,31	19,44	2,43
CEIP Ramón y Cajal	4430	60469,5	5814,38	48,45	6,06
CEIP San Juan de las Águilas	4143	56551,95	5437,69	45,31	5,66
CEIP Urci	2644	36090,6	3470,25	28,92	3,61
Colegio Carlos V	4670	63745,5	6129,38	51,08	6,38
Colegio Matia Inmaculada	5649	77108,85	7414,31	61,79	7,72
Escuela Infantil "Pajarico"	1107	15110,55	1452,94	12,11	1,51
IES Alfonso Escámez	6664	90963,6	8746,50	72,89	9,11
IES Europa	4951	67581,15	6498,19	54,15	6,77
IES Rey Carlos III	8337	113800,05	10942,31	91,19	11,40
Total:		904913,1	87010,88	725,09	90,64

Finalmente, los caudales considerados para el sector comercial son:

$$Q_h = 341,96 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$Q_d = 2735,68 \text{ Nm}^3/\text{día}$$

En este caso, está previsto que todos los centros dispongan de suministro en un periodo máximo de 4 años.

Evolución prevista del consumo en centros educativos				
Años	1	2	3	4
Q_{anual}	21752,72	43505,44	65258,16	87010,88

I.4. Sector industrial

A nivel industrial, el municipio de Águilas cuenta con 97 empresas según datos del 2019. La mayor parte de estas empresas se encuentran en el polígono industrial "El Labradorcico" siendo las actividades más comunes la industria de la madera, la fabricación de elementos de hormigón o yeso y la fabricación de productos metálicos.

En el caso de empresas con una necesidad calorífica elevada es común instalar un depósito propio, tanto de gas natural como de GLP. En cuanto al resto de empresas, no se trata de industrias con necesidades caloríficas elevadas.

Para estimar el caudal se consideran por suma directa de los aparatos previsto. Al no disponer de estos datos, se contempla un consumo del 40% del caudal doméstico y que el consumo es constante a lo largo del año considerando 11 meses.

Los caudales considerados para el sector industrial son:

$$Q_h = 323,8 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$Q_d = 2590,4 \text{ Nm}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{año}} = 854832 \text{ Nm}^3/\text{año}$$

Se considera que el periodo necesario para conseguir los consumos previstos es de 5 años:

Evolución prevista del consumo en el sector industrial					
Años	1	2	3	4	5
Q_{anual}	170966,4	341932,8	512899,2	683865,6	854832

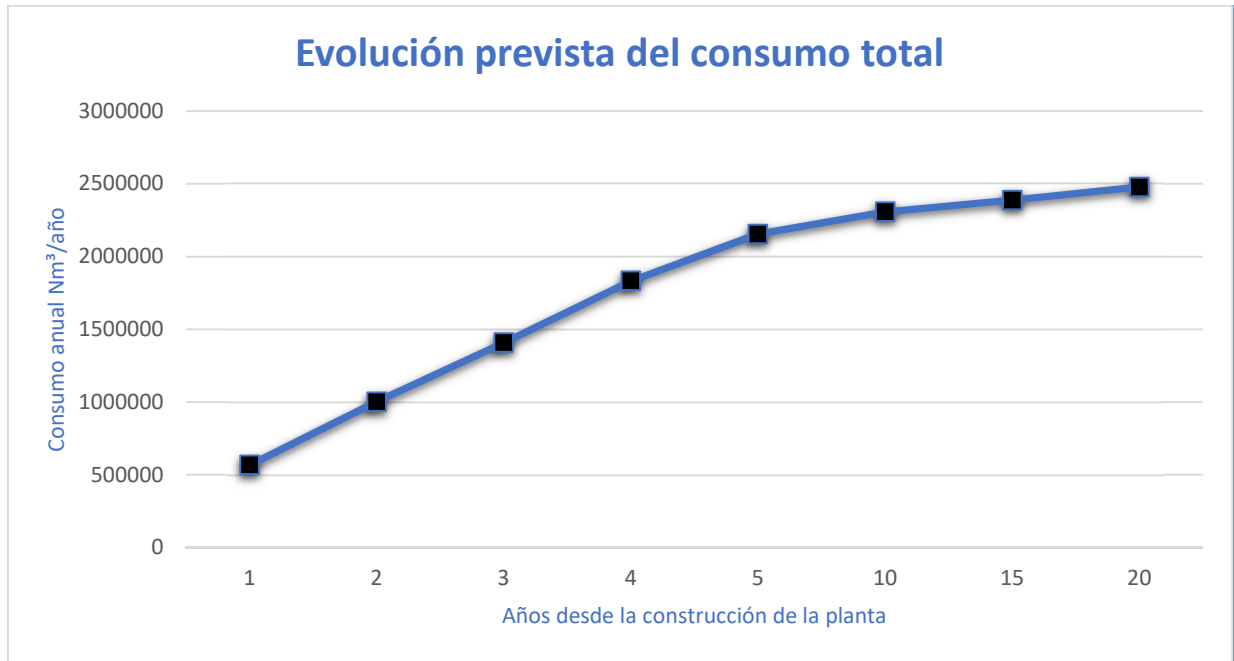
I.5. Resumen de resultados

Finalmente, el estudio de mercado refleja los siguientes resultados:

- Caudal máximo horario $Q_h = 1391,25 \text{ Nm}^3/\text{h}$
- Caudal máximo diario $Q_d = 10183,08 \text{ Nm}^3/\text{día}$.
- Caudal anual $Q_{\text{anual}} =$

La previsión de consumo anual a lo largo del tiempo es la siguiente:

Evolución prevista del consumo total desde el año de construcción de la planta								
Años	1	2	3	4	5	10	15	20
$Q_{\text{anual}}(\text{Nm}^3/\text{año})$	569138	100255	1409467	1833875	2068779	612209	692955	782199



I.6. Referencias

1. CARM. Centro Regional de Estadística de Murcia [Internet]. Available from: <https://econet.carm.es/>
2. "Agencia Valenciana de la Energía. Guía de ahorro y eficiencia energética en establecimientos hoteleros de la Comunidad Valenciana. 2003;120."
3. Mu A. Plan para la sostenibilidad y eficiencia energética en el sector de la hostelería. J Chem Inf Model. 2019;53(9):1689–99.
4. "Weeks DPCCLEYN to K in 20. DECRETO 37/2011, DE 11 DE NOVIEMBRE, POR EL QUE SE REGULAN LOS ESTABLECIMIENTOS DE RESTAURACIÓN EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LA REGIÓN DE MURCIA. Dk. 2015;53(9):1689–99."
5. CTE. Documento Básico HE 4. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. 2017;1–29.
6. "Amaral G, Bushee J, Cordani UG, KAWASHITA K, Reynolds JH, ALMEIDA FFMDE, et al. Diseño de centros de salud eficientes [Internet]. Vol. 369, Journal of Petrology. 2013. 1689–1699 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003><https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12.018><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2011.08.005><http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2014.902757><http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2014.902757>

ANEXO II:
CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS



INDICE DE CONTENIDO

II.1. Objeto.....	1
II.2. Dimensionado de los equipos de regasificación	2
II.3. Dimensionado del equipo de almacenamiento	3
II.4. Calculo del cubeto.....	3
II.5. Cálculo de canalizaciones.....	4
II.5.1. Tuberías de acero inoxidable	4
II.5.2. Tuberías de acero al carbono.....	6
II.6. Instalación eléctrica.....	7
II.6.1. Secciones y protecciones	7
II.6.2. Instalación de puesta a tierra.....	22
II.7. Calculo de elementos de protección contra incendios	22
II.8. Referencias.....	22

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones del cubeto	3
Tabla 2. Intensidades máximas admisibles para método de instalación D1.....	15
Tabla 3. Intensidades máximas admisibles aplicados los coeficientes reductores.....	15
Tabla 4. Intensidades máximas admisibles según método de instalación.....	16
Tabla 5. Tabla de intensidades máximas admisibles aplicados los factores de reducción	16

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Procedimiento de dimensionamiento de la planta.....	1
Ilustración 2. Proceso de calentamiento del GNL	2
Ilustración 3. Materiales empleados en las canalizaciones	4
Ilustración 4. Grafica de fusión If-t(15)	11



II.1. Objeto

El objeto de este anexo es la de justificar el dimensionamiento de la planta satélite de GNL en base a los datos obtenidos en el estudio de mercado.

Las instalaciones a dimensionar son:

- Líneas de regasificación. Vaporizadores + Recalentador eléctrico
- Sistema de almacenamiento
- Cubeto antiderrames
- Canalizaciones
- Instalación eléctrica
- Protección contra incendios

El procedimiento seguido para dimensionar la planta queda escenificado en el siguiente esquema:

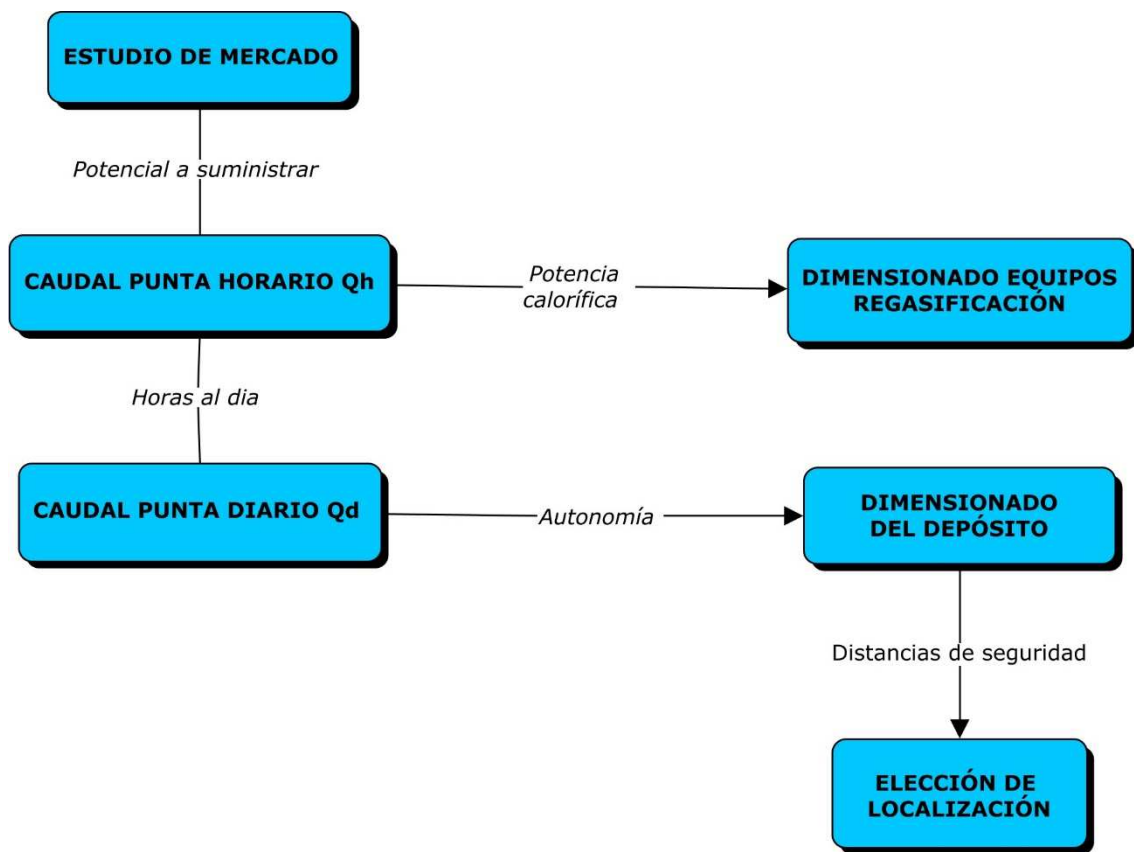


Ilustración 1. Procedimiento de dimensionamiento de la planta

La instalación se dimensiona para las condiciones más desfavorables, es decir, para el día de mayor consumo previsto en el invierno más frío. A partir de estas condiciones se calcula la capacidad de evaporación de la planta y la potencia calorífica que hay que aportar.

El dimensionado del depósito va a depender del caudal punta diario esperado y del número de días de autonomía deseados.



II.2. Dimensionado de los equipos de regasificación

El sistema de regasificación estará formado por vaporizadores GNL/ Aire y por un calentador eléctrico de apoyo. Su dimensionamiento se basa en el caudal punta horario, la capacidad de regasificación máxima de la planta. El caudal punta horario estimado es de 1391,25 Nm³/h.

El vaporizador comercial con una capacidad inmediatamente superior corresponde a 1500 Nm³/h y es el valor con el que se llevaran a cabo los cálculos justificativos.

Caudal punta horario **Qh = 1500 Nm³/h**

El vaporizador va a calentar el GNL hasta la temperatura exterior por lo que el caso más desfavorable para el dimensionamiento es una temperatura exterior igual a la temperatura media más baja registrada en la estación meteorológica más cercana. Esta temperatura corresponde a -4,6°C.

Para dimensionar el vaporizador se considera una temperatura 10°C inferior a esta temperatura mínima debido a que el rendimiento térmico del equipo es inferior a la unidad y por tanto la temperatura de salida siempre es inferior a la temperatura exterior.



Ilustración 2. Proceso de calentamiento del GNL

Para calcular el calor necesario a aportar por el vaporizador Q1 se tendrán en cuenta los siguientes datos:

λ_{vap} : Calor latente de vaporización 510 kJ/Kg

C_p : Calor específico a presión constante 2,219 kJ/ Kg·K

ρ : Densidad del gas natural 0,77 Kg/ Nm³

ΔT : Diferencia de temperaturas: $\Delta T = T_s - T_e = -10,3^\circ\text{C} - (-162^\circ\text{C}) = 151,7^\circ\text{C}$

A partir de estos datos, el valor de Q1 se calcula como:

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= \dot{m} * (C_p * \Delta T + \lambda_{vap}) = 1071,26 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * \left(2,219 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} * 151,7^\circ\text{C} + 510 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} \right) \\
 &= 906.105 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} = 251,69 \text{kW}
 \end{aligned}$$

Siendo: $\dot{m} = Q_h * \rho = 1391,25 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} * 0,77 \frac{\text{Kg}}{\text{Nm}^3} = 1071,26 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$

Para aportar Q1 se instalarán dos vaporizadores atmosféricos con una capacidad de 750 Nm³/h cada uno con los que se consiguen los 1500 Nm³/h necesarios.

En cuanto a la potencia del calentador eléctrico de apoyo, esta será igual a:

$$Q_2 = \dot{m} * C_p * \Delta T = 1071,26 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 2,219 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg} \cdot \text{K}} * 24,3^\circ\text{C} = 57764,29 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} = 16,04 \text{kW}$$



El valor de potencia normalizado inmediatamente superior corresponde a 18 kW, que será el valor seleccionado.

II.3. Dimensionado del equipo de almacenamiento

El depósito deberá tener un volumen suficiente para permitir una autonomía de 3 días en las condiciones más desfavorables. Bajo estas condiciones, el caudal máximo diario Q_d es de 10183,08 Nm³/día.

En condiciones normales de operación, la capacidad de GNL utilizable por el depósito es el 95% de la capacidad geométrica debido a que se considera que la superior del depósito no puede contener líquido, y la parte inferior debe quedar como remanente para no perder el frío de un modo súbito, cuando del depósito ya no puede extraerse líquido.

El volumen mínimo para estas condiciones es:

$$V = Q_d * Aut = 10183,08 * 3 = 30549,24 Nm^3 * \frac{1m^3 GNL}{580m^3 GN} = 52,67m^3 * 1,05 = 55,30m^3$$

Es necesario por tanto un volumen geométrico de 55,30 m³ siendo el volumen normalizado inmediatamente superior 60 m³.

El depósito elegido es el LC60H30 – P de la marca Lapesa GNL.

II.4. Calculo del cubeto

El cubeto tiene por función recoger y confinar los vertidos accidentales de GNL. En el interior del cubeto se encontrarán las instalaciones asociadas al depósito como los regasificadores, que serán tenidos en cuenta en el dimensionamiento del cubeto.

El cubeto estará formado por un conjunto de muros perimetrales de una altura mínima de 0,60 metros y una base de hormigón.

El volumen útil del cubeto será superior a la capacidad geométrica del depósito más grande. Las dimensiones del depósito de 60 m³ elegido son las siguientes:

Tabla 1. Dimensiones del depósito

Dimensiones depósito	
L: longitud total (incluido válvulas)	13,74 m
D: anchura total	3 m
H: altura total incluido venteo	6 m

Hay que tener en cuenta una distancia mínima de 1,5 metros desde las paredes del cubeto a cualquier equipo.

Se proponen unas dimensiones de 18,80m x 12,80m con muros perimetrales de 0,20m. Con estas medidas, el volumen bruto del cubeto es el siguiente:

$$V_{cub} = L * D * H = 18,8 * 12,8 * 0,6 = 144,38 m^3$$

El volumen ocupado por los equipos y las escaleras de acceso se supone despreciable respecto al volumen del cubeto mientras que la cimentación del depósito se encuentra enrasada a con la superficie del cubeto. El cubeto calculado cumple por tanto con lo dispuesto en el Art. 5.2, de la UNE 60210.



II.5. Cálculo de canalizaciones

El sistema de canalizaciones interior está dividido por la válvula de seguridad por frío, que separa la parte criogénica de la instalación de la parte de acero al carbono. En la parte criogénica se va a transportar tanto GNL como gas natural a través de tuberías de acero inoxidable tipo 304L.

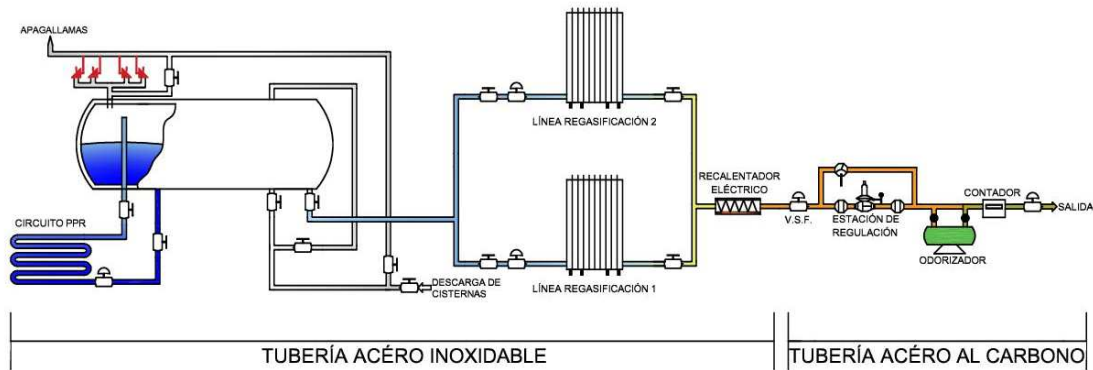


Ilustración 3. Materiales empleados en las canalizaciones

II.5.1. Tuberías de acero inoxidable

Se calcula en primer lugar el diámetro necesario para las tuberías que parten del depósito.

Se trata de tramos muy cortos en lo que no se consideran caídas de presión. Hay que tener en cuenta que por este circuito va a circular GNL y gas natural, usándose para dimensionar el diámetro el caudal de GNL que va a circular.

Haciendo uso de la definición de caudal: $Q = V * A$

Siendo V la velocidad en el interior de la tubería, para el que se toma un valor típico de 1 m/s.

Para obtener el caudal de GNL se recurre a la ley de conservación de la materia, por la que el flujo másico de GNL es igual al flujo másico de GN:

$$\dot{m}_{GNL} = \dot{m}_{GN}$$

Siendo:

$$\dot{m}_{GN} = Q_{GN} * \rho = \frac{1500Nm^3}{h} * 0,77 \frac{Kg}{m^3} = \frac{1155Kg}{h}$$

Por lo que el caudal de GNL es:

$$\dot{m}_{GNL} = \dot{m}_{GN} \rightarrow Q_{GNL} = \frac{\dot{m}_{GNL}}{\rho_{GNL}} = \frac{1155Kg}{460Kg/m^3} = \frac{2,51m^3}{h} = 0,6972 * 10^{-3}m^3/s$$

Volviendo a la definición de caudal:

$$A = \frac{Q_{GNL}}{V} = \frac{0,6972 * 10^{-3}m^3/s}{1 m/s} = 0,6972 * 10^{-3}m^2 = 697,22 mm^2$$

Para esta área, el diámetro interior necesario es de:



$$\phi = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 697,22}{\pi}} = 29,79 \text{ mm}$$

Los valores normalizados para acero inoxidable son los siguientes:

ϕ_{ext} (mm)	ϕ_{ext} (pulgadas)	Espesor Sch 10S	Espesor Sch 40S	ϕ_{int} Sch 10S	ϕ_{int} Sch 40S
13,7	1/4"	1,65		10,4	
21,34	1/2"	2,11	2,77	17,12	15,8
17,15	3/8"	1,65		13,85	
26,67	3/4"	2,11	2,87	22,45	20,93
33,4	1"	2,77	3,38	27,86	26,64
42,16	1-1/4"	2,77	3,56	36,62	35,04
48,3	1-1/2"	2,77	3,68	42,76	40,94
60,3	2"	2,77	3,91	54,76	52,48
73,03	2-1/2"	3,05	5,16	66,93	62,71
88,9	3"	3,05	5,49	82,8	77,92
114,3	4"	3,05	6,02	108,2	102,26
TABLA DE TUBO DE ACERO INOXIDABLE (Calidad AISI 316 Norma ASTM 312)					

El diámetro comercial inmediatamente superior al calculado es el de 42,16 mm o 1 – 1/4".

Según la norma UNE 60309, el espesor mínimo para un tubo de 1 – 1/4" es de 2,6 mm por lo que el tubo SCHEDULE 10S de 1 – 1/4" cumple los requisitos.

En cuanto a la tubería que sale del regasificador hacia la válvula de seguridad por frío, pasando por el recalentador, esta continúa siendo de acero inoxidable, pero por su interior solo circulara gas natural.

La expresión utilizada para calcular el diámetro necesario es la siguiente:

$$\phi_{int} = \sqrt{378 * \frac{Q * z}{P * v}}$$

Siendo:

Q caudal de gas natural	1500 Nm ³ /h
z factor de compresibilidad del gas	1
P presión máxima de operación	5 bar



v velocidad máxima de desagüe 20 m/s

El resultado obtenido es: $\phi_{int} = 75,29 \text{ mm}$

En este caso, el tubo elegido es el SCHEDULE 10S de 3"

II.5.2. Tuberías de acero al carbono

Corresponden a las canalizaciones que salen de la válvula de seguridad por frío y llegan hasta la red de distribución, a la salida de la planta. En este caso se va a transportar gas natural a temperatura ambiente por lo que se puede utilizar acero al carbono.

La expresión utilizada para calcular el diámetro es la misma que en el apartado anterior.

$$\phi_{int} = \sqrt{378 * \frac{Q * z}{P * v}}$$

Siendo:

Q caudal de gas natural 1500 Nm³/h
 z factor de compresibilidad del gas 1
 P presión máxima de operación 3,5 bar
 v velocidad máxima de desagüe 20 m/s

El resultado obtenido es: $\phi_{int} = 90 \text{ mm}$

ϕ_{ext} (mm)	Espesor (mm)	ϕ_{int} (mm)
70	2,9	64,2
76,1	2,9	70,3
82,5	3,2	76,1
88,9	3,2	82,5
101,6	3,6	94,4
108	3,6	100,8
114,3	3,6	107,1
127	4	119

El tubo elegido finalmente es el de 101,6 mm de diámetro exterior.

II.6. Instalación eléctrica

II.6.1. Secciones y protecciones

La instalación eléctrica contará con los siguientes receptores:

Circuito	Potencia (W)	Tipo de carga	Longitud (m)	Conductor
Recalentador	18.000	3F + N	37	RVMV-K 0.6/1 kV
Iluminación exterior	120	F + N	45	RVMV-K 0.6/1 kV
Iluminación caseta	36	F + N	3	H07Z1-K TYPE 2 (AS)
Iluminación sala de calderas	18	F + N	5	H07Z1-K TYPE 2 (AS)
Tomas de corriente	2500	F + N	2	H07Z1-K TYPE 2 (AS)
Sistema de control	500	F + N	2	RV - K 0,6/1kV
SAI	3000	F + N	5	RV- K 0,6/1kV
Válvula motorizada	4000	3F + N	30	RVMV-K 0.6/1 kV
Cuadro calderas	1000	F + N	5	RV- K 0,6/1kV
Protección catódica	1500	F + N	3	RV-K 0.6/1 kV
Servicios auxiliares	1000	F + N	2	RV – K 0,6/1kV
Armario ERM	500	F + N	40	RVMV-K 0.6/1 kV
Odorizador	50	F+N	37	RVMV-K 0.6/1 kV
Compresor	2000	F + N	3	RV- K 0,6/1kV
Central detección gas	200	F + N	3	RV- K 0,6/1kV
Reserva 1	500	F + N		
Total	35.124	3F + N	40	RVMV-K 0.6/1 kV

El objetivo es justificar la sección para cada circuito y para la derivación individual, así como todas las protecciones necesarias. Para el dimensionamiento, se tendrá en cuenta tanto por criterio de sobrecarga como por criterio de cortocircuito y criterio de caída de tensión.

Estudio de la derivación individual

La derivación individual tendrá una longitud aproximada de 40 metros desde el contador hasta la entrada al cuadro, estando protegida frente a cortocircuitos por los fusibles situados en el contador y frente a sobrecargas por el interruptor general automático magneto térmico del cuadro eléctrico de la instalación. La sección elegida y las protecciones serán las siguientes:

Criterio de sobrecarga

De acuerdo con la guía técnica de aplicación de la “ITC – 22 del REBT, se deben satisfacer las 2 condiciones siguientes:

$$1. I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$2. I_2 \leq 1,45I_z$$

Siendo:

- I_b la intensidad de consumo prevista.
- I_n la intensidad nominal de la protección.
- I_z la corriente máxima admisible por el conductor en función de su método de instalación y tipo de aislamiento.
- I_2 la corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo.”



La intensidad de consumo prevista se calcula como:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi} = \frac{35124}{\sqrt{3} * 400 * 0,909} = 56,17A$$

Considerando una intensidad de 56,17A, la protección inmediatamente superior es de 63A.

El método de instalación será D1 (cable unipolar en tubo enterrado) considerando una profundidad de 0,7m y el aislamiento tendrá una temperatura máxima de servicio de 90°C.

Se considerará un coeficiente de reducción de la intensidad admisible de 0,89 al considerar una temperatura del terreno de 35°C, diferente de los 20°C de referencia según indica la tabla B.52.15 de la norma UNE 60364-5-52.

La sección elegida, de acuerdo con la tabla B.52.3 de la norma UNE 60364-5-52 es ña de 16 mm² con una corriente máxima admisible de 91A.

Con estos valores, se considera cumplida la primera condición del criterio de sobrecarga.

Para la segunda condición, el valor de I₂ será de 1,45In para el caso de un interruptor automático magnetotérmico que cumpla con la norma UNE 60898-1 sobre Interruptores automáticos para la protección contra sobreintensidades.

Al cumplir dicha norma la gama de protecciones utilizada, la segunda condición siempre se cumplirá al haberse cumplido la primera condición.

Criterio de caída de tensión

La sección necesaria por criterio de caída de tensión se calculará siguiendo el procedimiento descrito en el Anexo II de la guía de aplicación técnica del REBT.

La fórmula utilizada para obtener la sección que cumpla la caída de tensión máxima exigible para una carga trifásica es:

$$S = \frac{c * P * L}{\varphi * U * \Delta V} = \frac{1,02 * 34.364 * 40}{45,49 * 400 * 6} = 12,84 \text{ mm}^2$$

C: coeficiente skin 1,02

P: Potencia que permite pasar la protección de la línea

L: longitud hasta la carga

φ conductividad del cobre en el caso más desfavorable 45,49 S/m para temperatura máx. de 90°C

U: tensión de alimentación V

ΔV : caída de tensión máxima admisible 1,5% para derivaciones individuales para un único usuario

Queda justificado por tanto el empleo de la sección de 16 mm² en la derivación individual.

Criterio de cortocircuito

Se deben de cumplir 3 criterios para considerar que la protección elegida es válida frente a la aparición de cortocircuitos.

1. $P_{dc} \gg I_{cc_{m\acute{a}x}}$

La intensidad máxima de cortocircuito se dará en el inicio de la derivación individual. Ante el desconocimiento de la línea de distribución y la acometida que llega al contador para calcular la resistencia equivalente, se considera la siguiente expresión para obtener la intensidad máxima de cortocircuito:

$$I_{cc_{m\acute{a}x}} = 25 * S$$

Siendo S la potencia del transformador que alimenta la instalación. Ante el desconocimiento de la potencia de dicho transformador, se opta por el caso más desfavorable de considerar un transformador de 1000 kVA, por lo que se estima una intensidad de cortocircuito máxima de 25000A.

La protección frente a cortocircuitos la realiza un conjunto de fusibles con las siguientes características:

- Intensidad nominal: 63A
- Tipo de fusible: gG
- Poder de corte: 120 kA

Por lo que la primera condición de cortocircuito se puede dar por cumplida.

2. $I_s \gg I_f$

De acuerdo con la guía técnica de aplicación de la ITC – BT – 22, “el poder de corte del dispositivo de protección debe ser igual o mayor la intensidad de cortocircuito máxima prevista. Sin embargo, se acepta un poder de corte inferior si existe otro dispositivo con el suficiente poder de corte instalado aguas arriba.”(1)

Es necesario asegurar que el tiempo de corte del cortocircuito para cualquier punto no sea superior al tiempo que los conductores tardan en alcanzar su temperatura máxima admisible.

“Para los cortocircuitos de una duración no superior a 5 segundos, el tiempo t máximo de duración del cortocircuito, durante el que se eleva la temperatura de los conductores desde su valor máximo admisible en funcionamiento normal hasta la temperatura límite admisible de corta duración, se puede calcular mediante la siguiente fórmula”(2):

$$\sqrt{t} = k * \frac{S}{I}$$



Siendo:

- t : duración del cortocircuito en segundos
 s : Sección en mm²
 I : Corriente de cortocircuito efectiva, expresada en valor eficaz
 k : Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y del tipo de aislamiento

En el caso de un conductor de cobre, el coeficiente K toma los siguientes valores:

Temperatura de servicio	Valor de K
70°C	115
90°C	143

Para que el conductor quede producido, se debe garantizar que la intensidad para la cual el elemento de protección abre el circuito en un tiempo de 5 segundos es inferior a la intensidad de cortocircuito que el conductor puede soportar.

La intensidad de cortocircuito que el conductor puede soportar para un tiempo de 5 segundos es:

$$I_s = k * \frac{s}{\sqrt{t}} = 143 * \frac{16}{\sqrt{5}} = 1023,22A$$

Mientras que la intensidad de apertura del elemento de protección a los 5 segundos, que denominamos I_f se obtiene de la gráfica fusión del fusible elegido.

En el caso del fusible elegido tenemos que:

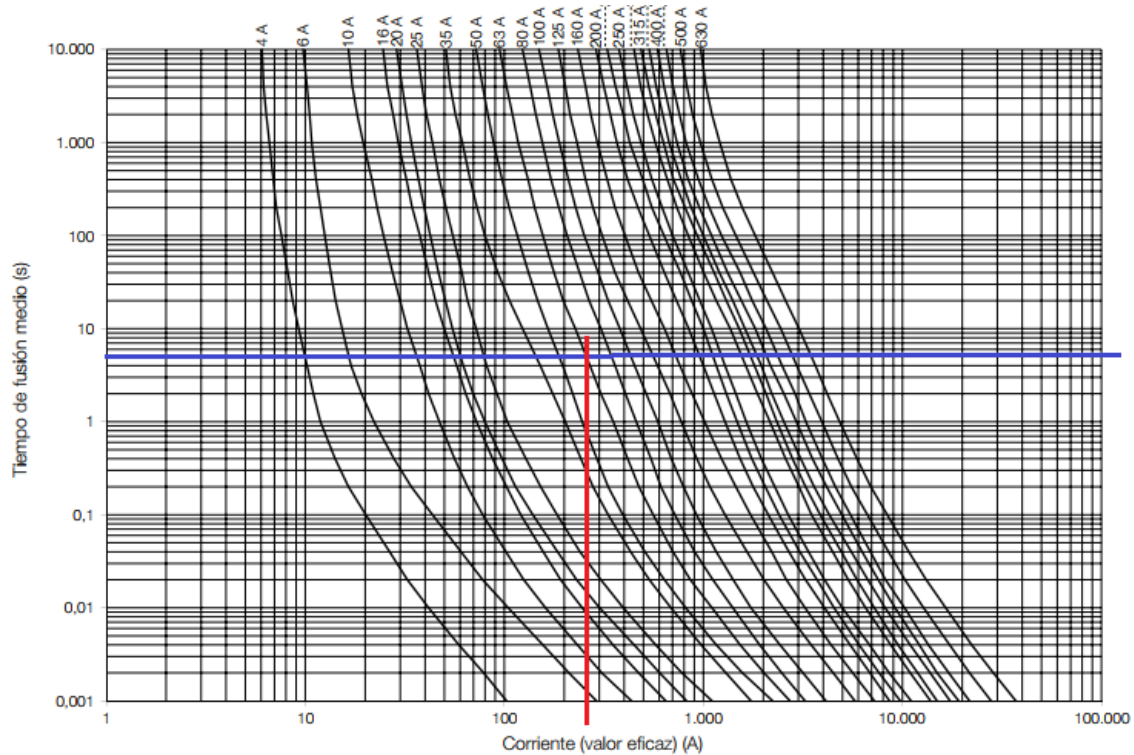


Ilustración 4. Grafica de fusión de fusible $I_f-t(3)$

El valor de I_f obtenido es de 280A aproximadamente por lo que:

$$I_s \gg I_f \rightarrow 1023,22A \gg 280A$$

Se cumple la segunda condición de cortocircuito.

3. $I_{cc_{\min}} \gg I_f$

La intensidad de cortocircuito mínima debe ser superior a la intensidad que asegura la fusión de fusible para garantizar que, ante un cortocircuito, el elemento de protección actúa.

La intensidad de cortocircuito mínima para la derivación individual tendrá lugar al final de esta, en la entrada al cuadro general de protección.

Según se indica en el Anexo III de la guía técnica de aplicación del REBT, “en aquellos casos que sea desconocida la impedancia del circuito de alimentación de la red (impedancia del transformador, red de distribución y acometida) se admite que en caso de cortocircuito la tensión en el inicio de las instalaciones del usuario se puede considerar como 8 veces la tensión de suministro. Se toma el defecto fase tierra como el más desfavorable, y además se supone despreciable la inductancia de los cables. Esta consideración es válida cuando el origen de la alimentación está situado fuera del punto de suministro.

Por lo tanto, se puede emplear la siguiente fórmula simplificada:

$$I_{cc} = \frac{0,8U}{R}$$

Siendo:



I_{cc} : Intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado

U : Tensión de alimentación fase – neutro. 230V

R : Resistencia del conductor de fase entre el punto considerado y la alimentación

Se tomará el valor de resistividad a 90°C para obtener el valor de la resistencia, de modo que se obtenga la mínima intensidad de cortocircuito posible.”(2)

Se calcula en primer lugar la resistencia del conductor de la derivación individual:

$$R_{(DI)} = \frac{L}{s * \varphi} = \frac{40m}{16 \text{ mm}^2 * 45,49 \frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2}} = 0,0549\Omega$$

Al tratarse de un conductor de sección inferior a 150 mm² no es necesario tener en cuenta el valor de la reactancia magnética del conductor.

La intensidad máxima de cortocircuito en la entrada al cuadro eléctrico será:

$$I_{cc_{\min}} = \frac{0,8 * 230}{0,0549} = 3348A$$

$$I_{cc_{\min}} \gg I_f \rightarrow 3348A \gg 280A$$

Se cumple la tercera condición de cortocircuito.

Finalmente, se considera para la derivación individual una sección de 16 mm² y como protección, fusibles de 80A en el contador y un interruptor automático general de 63A.

Circuitos

Los circuitos se pueden dividir entre los circuitos exteriores, los cuales alimentan receptores fuera de la caseta de control (principalmente en el cubeto) y los circuitos interiores de la caseta.

La justificación de la sección y protección de cada circuito es la siguiente:

Criterio de sobrecarga

De acuerdo con la guía técnica de aplicación de la ITC – 22 del REBT, se deben satisfacer las 2 condiciones siguientes:

1. $I_b \leq I_n \leq I_z$

2. $I_2 \leq 1,45I_z$

Para la elección de la sección por criterio de sobrecarga, se calcula en primer lugar la intensidad consumida por cada circuito, usando para ello la fórmula:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

Esta expresión permite calcular la intensidad de consumo de una carga trifásica. En el caso de una carga monofásica se omite el término raíz de 3.

Bajo estas condiciones, los resultados obtenidos son:

Circuito	Potencia (W)	Tensión(V)	FP	Intensidad(A)
Recalentador	18.200	400	0,95	27,68
Iluminación exterior	120	230	0,9	0,58
Iluminación caseta	36	230	0,9	0,17
Iluminación sala de calderas	18	230	0,9	0,09
Tomas de corriente	2500	230	0,85	12,79
Sistema de control	500	230	0,85	2,56
SAI	3000	230	0,9	8,38
Válvula motorizada	4000	400	0,85	6,80
Cuadro calderas	1000	230	0,85	2,96
Protección catódica	1500	230	0,9	7,25
Servicios auxiliares	1000	230	0,85	5,12
Armario ERM	500	230	0,85	2,56
Odorizador	50	230	0,85	0,26
Compresor	2000	230	0,85	10,23
Reserva 1	500	230	0,85	2,56
Central detección Gas	200	230	0,85	1,023

Con estos valores de intensidad se determina la sección necesaria, en función del método de instalación.

Se diferencia ahora entre los circuitos exteriores e interiores.

Circuitos exteriores

Dentro de este grupo, tenemos los siguientes circuitos:

- Recalentador
- Iluminación exterior
- Válvula motorizada
- Armario ERM
- Odorizador

Los circuitos discurrirán por tubos enterrados de forma individual que partirán de la caseta de control hasta el cubeto. De acuerdo con la norma UNE-HD 60364-5-2 se considera modo de instalación D1 “cable multiconductor enterrado bajo tubo o conducto”.

Será necesario aplicar un factor de corrección por la proximidad entre tubos. Considerando 5 circuitos activos y una separación de 0,25 metros entre los tubos el factor de corrección será de 0,85.

No será necesario aplicar el factor de corrección por resistividad térmica del terreno ya que este se puede considerar de tipo caliza y por tanto una conductividad térmica de 2,5 K.m/W, siendo el factor de corrección la unidad para este valor.

Se considerará un coeficiente de reducción de la intensidad admisible de 0,89 al considerar una temperatura del terreno de 35°C, diferente de los 20°C de referencia según indica la tabla B.52.15 de la norma UNE 60364-5-52.

Hay que considerar además otro coeficiente de reducción al tratarse de una instalación con riesgo de incendio y explosión como determina la ITC –BT 29 INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS LOCALES CON RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

Según el punto 9.1. “la intensidad admisible de los conductores deberá disminuirse en un 15% respecto al valor correspondiente a una instalación convencional.” (1)

Esto nos da coeficiente de reducción final de:

$$K_t = K_1 * K_2 * K_3 = 0,85 * 0,89 * 0,85 = 0,643$$

Al tratarse de multiconductores con una temperatura máxima de operación de 90°C, la intensidad máxima admisible para el método de instalación D1 en función de la sección para conductores de cobre es:



Tabla 2. Intensidades máximas admisibles para método de instalación D1

Sección (mm ²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25
XLPE3	21	27	35	44	58	75	96
XLPE2	24	32	42	53	70	91	116

Tabla B.52.2 de la UNE 60364

Si aplicamos el factor de corrección obtenido anteriormente, las intensidades máximas admisibles se ven modificadas a los siguientes valores:

Tabla 3. Intensidades máximas admisibles aplicados los coeficientes reductores

Sección (mm ²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25
XLPE3	13,50	17,36	22,51	28,29	37,29	48,23	61,73
XLPE2	15,43	20,58	27,01	34,08	45,01	58,51	74,59

A partir de estos valores, la sección elegida y el valor de intensidad de la protección frente a sobre intensidades es la siguiente:

Circuito	Conductor	Intensidad(A)	Sección (mm ²)	Protección (A)
Recalentador	XLPE3	27,68	10	32
Iluminación exterior	XLPE2	0,58	1,5	10
Válvula motorizada	XLPE3	6,80	1,5	10
Armario ERM	XLPE2	2,56	1,5	10
Odorizador	XLPE2	0,26	1,5	10

Circuitos interiores

En este apartado se consideran los circuitos que alimentan los equipos situados en el interior de la caseta. Su método de instalación variara entre los siguientes:

- B: Conductores aislados o unipolar en bajo tubo.
- B2: Cables multiconductores en bajo tubo.
- E: cables unipolares o multiconductores sobre bandeja perforada en vertical u horizontal.

En el caso de los conductores que se dirigen a la sala de calderas a través de una bandeja perforada, será necesario aplicar un factor de corrección por agrupamiento de circuitos. Al

tratarse de 2 circuitos, este factor será de 0.9. aunque se tendrá en cuenta multiplicando la intensidad consumida por dichos circuitos por 1/0,9.

Se considerará un coeficiente de reducción de la intensidad admisible de 0,87 para los aislamientos con temperatura de servicio máxima de 70°C y de 0,91 para los de 90°C al considerar una temperatura ambiente de 40°C, diferente de los 30°C de referencia según indica la tabla B.52.14 de la norma UNE 60364-5-52.

Esto nos da coeficiente de reducción final de:

- Circuitos con aislamiento de 70°C: $K_t = K_1 = 0,87$
- Circuitos con aislamiento de 90°C: $K_t = K_1 = 0,91$

Según la tabla C.52.1 bis de la norma UNE HD 60364-5-2, las intensidades máximas admisibles en funcione del método de instalación y tipo de aislamiento es:

Tabla 4. Intensidades máximas admisibles según método de instalación

Método de instalación	Aislamiento	1,5 mm ²	2,5 mm ²	4 mm ²	6 mm ²	10 mm ²
B	PVC2	14,5	20	26	34	46
B2	PVC3	12,5	17	22	29	40
	XLPE2	17,5	24	32	41	57
	XLPE3	16,5	22	30	39	54
E	PVC2	19	26	34	44	60
	XLPE3	20	28	38	49	68

Tabla C.52.1 de la UNE 60364

Si aplicamos el factor de corrección obtenido anteriormente, las intensidades máximas admisibles se ven modificadas a los siguientes valores:

Tabla 5. Tabla de intensidades máximas admisibles aplicados los factores de reducción

Método de instalación	Aislamiento	1,5 mm ²	2,5 mm ²	4 mm ²	6 mm ²	10 mm ²
B	PVC2	12,62	17,40	22,62	29,58	40,02
B2	PVC3	10,88	14,79	19,14	25,23	34,80
	XLPE2	15,93	21,84	29,12	37,31	51,87
	XLPE3	15,02	20,02	27,30	35,49	49,14
E	PVC2	16,53	22,62	29,58	38,28	52,20
	XLPE3	18,20	25,48	34,58	44,59	61,88



La relación de circuitos, su aislamiento, intensidad consumida, sección necesaria y protección elegida es:

Circuito	Temperatura de servicio	Método de instalación	Intensidad(A)	Sección	Protección
Iluminación caseta	70°C	B/PVC2	0,174	1,5 mm ²	10A
Iluminación sala de calderas	70°C	E/XLPE2	0,533	1,5 mm ²	10A
Tomas de corriente	70°C	B2/PVC2	10,23	2,5 mm ²	16A
Sistema de control	90°C	E/XLPE2	2,56	1,5 mm ²	10A
SAI	90°C	E/XLPE2	8,38	2,5 mm ²	16A
Cuadro calderas	90°C	E/XLPE2	2,96	1,5 mm ²	10A
Protección catódica	90°C	E/XLPE2	4,83	1,5 mm ²	10A
Servicios auxiliares	90°C	E/XLPE2	5,12	1,5 mm ²	10A
Central detección gas	90°C	E/XLPE2	1,02	1,5 mm ²	10A
Compresor	90°C	E/XLPE3	3,39	1,5 mm ²	10A

Queda justificada la validez de la condición $I_b \leq I_n \leq I_z$ con los indicado en los anteriores cálculos.

En cuento a la segunda condición, $I_2 \leq 1,45I_z$, el valor de I2 será de 1,45In para el caso de un interruptor automático magnetotérmico que cumpla con la norma UNE 60898-1 sobre Interruptores automáticos para la protección contra sobreintensidades.

Al cumplir dicha norma la gama de protecciones utilizada, la segunda condición siempre se cumplirá al haberse cumplido la primera condición.

Criterio de caída de tensión

La sección necesaria por criterio de caída de tensión se calculará siguiendo el procedimiento descrito en el Anexo II de la guía de aplicación técnica del REBT.

La fórmula utilizada para obtener la sección que cumpla la caída de tensión máxima exigible para una carga trifásica es:

$$S = \frac{c * P * L}{\varphi * U * \Delta V}$$

Mientras que para una carga monofásica:

$$S = \frac{2 * c * P * L}{\phi * U * \Delta V}$$

Siendo:

C: coeficiente skin 1,02

P: potencia que permite pasar la protección de la línea

L: longitud hasta la carga

ϕ conductividad del cobre en el caso más desfavorable 48,74 S/m para temperatura máx. de 70°C
45,49 S/m para temperatura máx. de 90°C

U: tensión de alimentación V

ΔV : caída de tensión máxima admisible 3% en iluminación exterior
5% en otros usos

En este caso, los resultados obtenidos son:

Circuito	Potencia (W)	Tensión(V)	L(m)	Tmáx.	Sección (mm ²)
Recalentador	22.144	400	37	90°C	2,30
Iluminación exterior	2300	230	45	90°C	2,92
Iluminación caseta	2300	230	3	70°C	0,09
Iluminación sala de calderas	2300	230	5	70°C	0,15
Tomas de corriente	3680	230	2	70°C	0,03
Sistema de control	2300	230	2	90°C	0,02
SAI	3680	230	5	90°C	0,31
Válvula motorizada	6920	400	30	90°C	0,58
Cuadro calderas	2300	230	5	90°C	0,24
Protección catódica	2300	230	3	90°C	0,07
Servicios auxiliares	2300	230	2	90°C	0,04



Central detección gas	2300	230	3	90°C	0,07
Armario ERM	2300	230	40	90°C	0,90
Odorizador	2300	230	37	90°C	0,83

Tal como se ha indicado en la tabla de resultados, existe un cambio de sección en el circuito de iluminación exterior y en la derivación individual.

En el circuito de iluminación exterior no afecta, pues tal como indica la ITC – BT 9 del REBT, la sección mínima a emplear en iluminación exterior será e 6 mm².

Criterio de cortocircuito

Se deben de cumplir 3 criterios para considerar que la protección elegida es válida frente a la aparición de cortocircuitos.

1. $Pdc \gg I_{cc\text{máx}}$

La intensidad de cortocircuito máxima para los circuitos tendrá lugar justo aguas abajo del interruptor automático magnetotérmico de cada circuito. Para calcular dicha intensidad de cortocircuito máxima, se recurre a la aproximación descrita en el mismo apartado referido a la derivación individual.

$$I_{cc} = \frac{0,8U}{R}$$

En este caso, el valor de R será la suma de la resistencia de la derivación individual.

Como el objetivo es calcular la intensidad de cortocircuito máxima, se calculará la mínima resistencia posible utilizando para ello la conductividad del cobre a 20°C.

$$R_{(DI)} = \frac{L}{s * \varphi} = \frac{40m}{16 \text{ mm}^2 * 56 \frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2}} = 0,0446\Omega$$

Al tratarse de un conductor de sección inferior a 150 mm² no es necesario tener en cuenta el valor de la reactancia magnética del conductor.

Obtenida la resistencia de la derivación individual, el valor de cortocircuito máximo será:

$$I_{cc} = \frac{0,8 * 230}{0,0446} = 4121,6A$$

El poder de corte de la aparatenta del cuadro de protección será de 4,5 kA como mínimo por lo que la primera condición se considera cumplida.

2. $I_{cc\text{mín}} \gg I_{mag}$

La intensidad de cortocircuito mínima debe ser superior a la intensidad que asegura el disparo del interruptor automático magnetotérmico por cortocircuito. En el caso de protecciones con

curva C, este valor tiene lugar para 10 la intensidad nominal de la protección mientras que para curva D será de 20 veces.

La intensidad de cortocircuito mínima tendrá lugar al final de la línea de cada circuito y, al igual que antes, se estima con la expresión:

$$I_{cc} = \frac{0,8U}{R}$$

En este caso, el valor de R será igual a la suma de la resistencia máxima posible en la derivación individual y la resistencia máxima posible de la línea de cada circuito. El valor para la derivación individual se ha calculado en el apartado de la derivación individual:

$$R_{mín(DI)} = \frac{L}{s * \varphi} = \frac{40m}{16 \text{ mm}^2 * 45,49 \frac{m}{\Omega \cdot \text{mm}^2}} = 0,0549\Omega$$

Sumando este valor al de $R_{mín}$ de cada línea tendremos la resistencia total R_t de cada línea.

Para cada circuito, el valor de resistencia e intensidad de cortocircuito mínima será:

Circuito	L	S	$R_{mín}$	R_t	$I_{Cmín}(A)$	$I_{mag}(A)$
Recalentador	37	10	0,08133656	0,13623656	1350,59	320
Iluminación exterior	45	6	0,1648714	0,2197714	837,23	100
Iluminación caseta	3	1,5	0,04396571	0,09886571	1861,11	100
Iluminación sala de calderas	5	1,5	0,07327618	0,12817618	1435,52	100
Tomas de corriente	2	2,5	0,01758628	0,07248628	2538,41	160
Sistema de control	2	1,5	0,02931047	0,08421047	2185,00	100
SAI	5	2,5	0,07327618	0,12817618	1435,52	320
Válvula motorizada	30	1,5	0,43965707	0,49455707	372,05	100
Cuadro calderas	5	1,5	0,07327618	0,12817618	1435,52	100
Protección catódica	3	1,5	0,04396571	0,09886571	1861,11	100
Servicios auxiliares	2	1,5	0,02931047	0,08421047	2185,00	100
Central detección gas	3	1,5	0,04396571	0,09886571	1861,11	100

Armario ERM	40	1,5	0,58620942	0,64110942	287,00	100
Odorizador	37	1,5	0,54224372	0,59714372	308,13	100

Como se puede comprobar, en todos los casos se cumple la condición: $I_{cc_{mín}} \gg I_{mag}$

$$3. (I^2t)_{protección} \leq (I^2t)_{Cable}$$

La última protección garantiza que el conductor es capaz de aguantar la intensidad de cortocircuito que va a circular a través del mismo durante el tiempo que tarda la protección en abrir el circuito.

El valor de $(I^2t)_{Cable}$ se calcula como:

$$(I^2t)_{Cable} = K^2 * S^2$$

Mientras que el valor de $(I^2t)_{protección}$ se obtiene de las curvas incluidas en la información técnica de la aparatada y se obtendrá tanto para el valor de $I_{cc_{máx}}$ como $I_{cc_{mín}}$

Circuito	K	S	K^2S^2	$(I^2t)_{prot_{máx}}$	$(I^2t)_{prot_{mín}}$
Recalentador	143	10	2,04E+06	1,05E+05	7,02E+04
Iluminación exterior	143	6	7,36E+05	4200	700
Iluminación caseta	115	1,5	2,98E+04	4200	3100
Iluminación sala de calderas	115	1,5	2,98E+04	4200	2050
Tomas de corriente	115	2,5	8,27E+04	6300	4500
Sistema de control	143	1,5	4,60E+04	4200	2300
SAI	143	2,5	4,60E+04	7,02E+03	6000
Válvula motorizada	143	1,5	4,60E+04	7,02E+03	350
Cuadro calderas	143	1,5	4,60E+04	7,02E+03	4000
Protección catódica	143	1,5	4,60E+04	4200	3000
Servicios auxiliares	143	1,5	4,60E+04	4200	2300
Central detección gas	143	1,5	4,60E+04	4200	3000

Armario ERM	143	1,5	4,60E+04	4200	360
Odorizador	143	1,5	4,60E+04	4200	400

Como se puede comprobar, en todos los casos se cumple la condición impuesta.

El esquema unifilar del cuadro eléctrico, en el cual aparecerán las protecciones y secciones justificadas en este apartado, puede encontrarse en la sección de planos.

II.6.2. Instalación de puesta a tierra

El artículo 4.7 de la norma UNE 60210 establece que se debe disponer de una puesta a tierra con una resistencia inferior a 20Ω , en la que se conectaran todas las estructuras y partes metálicas de la planta.

De acuerdo con la tabla 5 de la ITC - BT 18, las fórmulas para calcular la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo son las siguientes:

- Picas verticales $\rightarrow R(\Omega) = \frac{\rho(\Omega.m)}{L(m)}$
- Conductor desnudo enterrado horizontalmente $\rightarrow R(\Omega) = \frac{2\rho(\Omega.m)}{L(m)}$

Teniendo en cuenta que los terrenos costeros suelen ser principalmente arenosos, y con bastante filtración de aguas por nivel freático o del mar, se considera una resistividad eléctrica del terreno de $150 \Omega.m$ para el cálculo de la resistencia.

La instalación de puesta a tierra constará de un anillo perimetral de cobre desnudo de 35 mm^2 de sección enterrado debajo del cubeto, lo que suponen 60 metros de conductor desnudo.

$$R(\Omega) = \frac{2\rho(\Omega.m)}{L(m)} = \frac{2 * 150}{60} = 5\Omega$$

La solución adoptada cumple holgadamente los requisitos del artículo 4.7 de la norma UNE 60210.

II.7. Calculo de elementos de protección contra incendios

El artículo 4.8 de la norma UNE 60210 especifica que en la zona de depósitos y regasificación de GNL se dispondrá de extintores de polvo seco en una proporción de 10 kg de polvo por cada 1000 kg de producto.

El deposito puede almacenar un máximo de $59,8 \text{ m}^3$. Suponiendo una densidad del GNL de 480 kg/m^3 , la masa total de producto almacenado es de 28,7 toneladas.

Serán necesario por tanto 287,04 kg de polvo, para los que se instalaran 6 carros extintores de polvo ABC que suponen un total de 300 kg de agente extintor, situados en la zona de descarga y en el interior del cubeto.

II.8. Referencias

1. "Amaral G, Bushee J, Cordani UG, KAWASHITA K, Reynolds JH, ALMEIDA FFMDE, et al. GUIA - BT - 22. Minist Ind Tur Y Comer [Internet]. 2013;369(1):1689–99. Available from:



<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003><https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12.018><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2011.08.005><http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2014.902757><http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003>"

2. Metz-Noblat B De, Thomasset G, Dumas F. GUÍA - BT- ANEXO 3. 2008;8(2):1–20.
3. WEG. Automatización Fusibles gL / gG Tipo NH Contacto Cuchilla y Tipo D.

ANEXO III:
OPTIMIZACIÓN DE LA
UBICACIÓN DE LA PLANTA



INDICE DE CONTENIDO

III.1. Antecedentes	1
III.2. Necesidades superficiales	1
III.3. Ubicación preferente	2
III.4. Parcelas disponibles	3
III.5. Parcela elegida	3

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distancias de seguridad para almacenamiento de clase E	1
Tabla 2. Listado de parcelas candidatas.....	3

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Perímetro de seguridad necesario	2
Ilustración 2. Dimensiones de la parcela elegida.....	4



III.1. Antecedentes

Con motivo del interés en la construcción de una planta satélite de gas natural licuado en el municipio de Águilas, Murcia, se pretende encontrar la ubicación ideal para la planta en base a las necesidades de superficie, así como otros criterios valorables positivamente como cercanía a los puntos de consumo, vías de comunicación y distancia a servicios de emergencia.

III.2. Necesidades superficiales

Para conocer el tamaño ideal de superficie de parcela hay que tener en cuenta que la parcela elegida debe disponer de una superficie lo suficientemente grande y una accesibilidad que permita:

- La construcción del cubeto anti derrames
- El fácil acceso de los vehículos de abastecimiento, mantenimiento y extinción de incendios, así como personal autorizado, según lo indicado en el Art. 5.1, de la UNE 60210.
- Superficie suficiente para la circulación de vehículos en el interior de la planta de forma que se minimicen las maniobras.
- Respetar las distancias de seguridad

Las distancias de seguridad vienen contempladas en el Art. 5.3, de la UNE 60210 y se determinan en función de la capacidad geométrica de almacenamiento. Para un depósito de 59,9 m³ se considera una instalación de clase E, que debe respetar las siguientes distancias de seguridad:

Tabla 1. Distancias de seguridad para almacenamiento de clase E

Elemento a proteger	Distancia mínima (m)
Aberturas de inmuebles, sótanos, alcantarillas o desagües	15
Motores o interruptores no ATEX, depósitos de material inflamable ajenos a la instalación, puntos de ignición controlados	15
Proyecciones de líneas eléctricas aéreas de cable desnudo	15
Límites de propiedad, vías públicas, carreteras, ferrocarriles	15
Aberturas de edificios de pública concurrencia, uso administrativo, docente, comercial, hospitalario, etc...	24

La presente tabla puede encontrarse en el Art. 5.3, de la UNE 60210

Las dimensiones del cubeto son 18m x 12m. Si se tiene en cuenta el ancho de los muros y la acera perimetral de 1 metro de ancho alrededor del cubeto, tenemos unas dimensiones de cubeto de 19,60m x 13,60m.

Si en las inmediaciones de la parcela se encuentra algún edificio de pública concurrencia, deben existir 24 metros de distancia desde el depósito. Al encontrarse el depósito situado en posición horizontal, la superficie necesaria tendrá la siguiente forma y dimensiones:

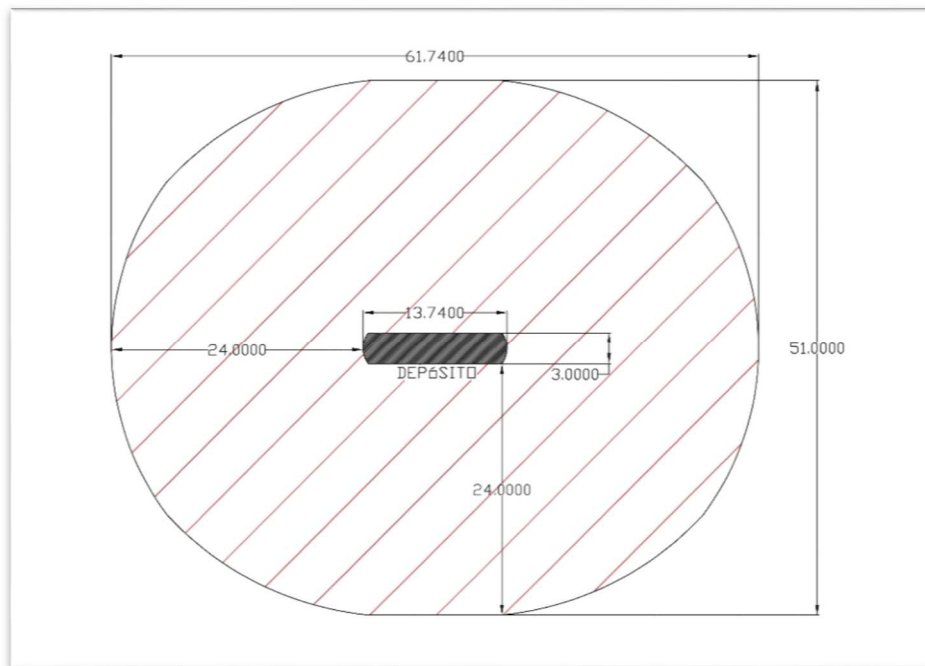


Ilustración 1. Perímetro de seguridad necesario

Por lo que la superficie mínima de la parcela sería de 3146,7 m².

En el caso de los lados de la parcela que no colindan con otra parcela, sino que tienen acceso a la calzada, se puede sumar el ancho del vial a las distancias de seguridad reduciendo así la superficie necesaria. Se considerará una distancia de 8 metros hasta las parcelas colindantes para estos casos.

Se debe disponer de una entrada para vehículos de 6 metros de ancho con acceso a la vía pública, por tanto, deben existir 15 metros desde cualquier parte del cubeto hasta el límite de la parcela. Dicho espacio se considera suficiente para albergar la zona de descarga y permitir la maniobrabilidad en el interior de la instalación.

III.3. Ubicación preferente

Debido al tamaño de la parcela y a las restricciones de seguridad respecto a otros edificios, las plantas satélites suelen situarse en zonas alejadas de la población, usualmente en polígonos industriales por su cercanía a potenciales consumidores industriales.

Águilas cuenta con un polígono industrial en las afueras del núcleo urbano. Se trata de una ubicación ideal para la planta debido a su cercanía a los consumidores, dispone de excelentes vías de comunicación y los servicios de emergencias se encuentran muy próximos.

Debido a la forma del núcleo urbano y la posición central del polígono industrial respecto a este, la red de distribución parte desde el polígono industrial y se abren distintos ramales por lo que situar la planta en pleno polígono supone un punto más a favor.

III.4. Parcelas disponibles

Se inicia la búsqueda de parcelas no construidas de una superficie superior a la mínima requerida situadas en el polígono industrial “El Labradorcico” y el resultado obtenido es el siguiente:

Tabla 2. Listado de parcelas candidatas

Dirección	Superficie (m ²)	Referencia Catastral	Nº de parcela
C/ de las Máscaras	5262	5432502XG2453S	02
C/ de las Máscaras	6280	5432503XG2453S	03
C/ de las Máscaras	4945	5432504XG2453S	04
C/ de las Máscaras	6216	5432505XG2453S	05
Avda. del Carnaval	5281	5329202XG2453S	02
Avda. de J. Jiménez Ruano	4317	5233802XG2452N	02
Avda. de J. Jiménez Ruano	6293	5333401XG2453S	01
C/ Don Carnaval	5594	5529305XG2453S	05

De esta lista, se estudia de forma individualizada la idoneidad de los accesos de forma que estos sean amplios y sencillos para la entrada y salida de los camiones cisterna.

En igualdad de condiciones, tendrá preferencia una parcela de menor tamaño entendiéndose que el precio de esta es menor.

En el año 2015 se subastaron 4 parcelas en el polígono de “El Labradorcico” con un coste de 60,34 €/m². Para adaptar el precio al año actual se considerará un valor de 65 €/m² con el fin de tener una referencia para la elección de parcela y el análisis económico. No obstante, se trata de un proceso de venta del que no se puede conocer el coste real hasta que sea ha materializado la compra por lo que simplemente se trata de una estimación.

Comenzando con las parcelas de menor superficie, la parcela sombreada en color amarillo no cumple las distancias mínimas requeridas.

Las parcelas sin sombreado no han sido analizadas.

III.5. Parcela elegida

Finalmente, la parcela de menor superficie que cumple con todos los requisitos y la que, a partir de este momento, se considera para la construcción de la planta corresponde a la casilla sombreada en color verde.

Se trata de una parcela con doble acceso a la calzada lo que es un plus, pues evita que los camiones deban realizar maniobras en el interior de la planta. Esto reduce los tiempos de descarga y en el caso de emergencia, agiliza la evacuación. El precio estimado de esta parcela de 4945 m² es de 321425€.

Actualmente no hay ninguna construcción en las inmediaciones, aunque existen dos parcelas colindantes.



Las medidas de la parcela son las siguientes:

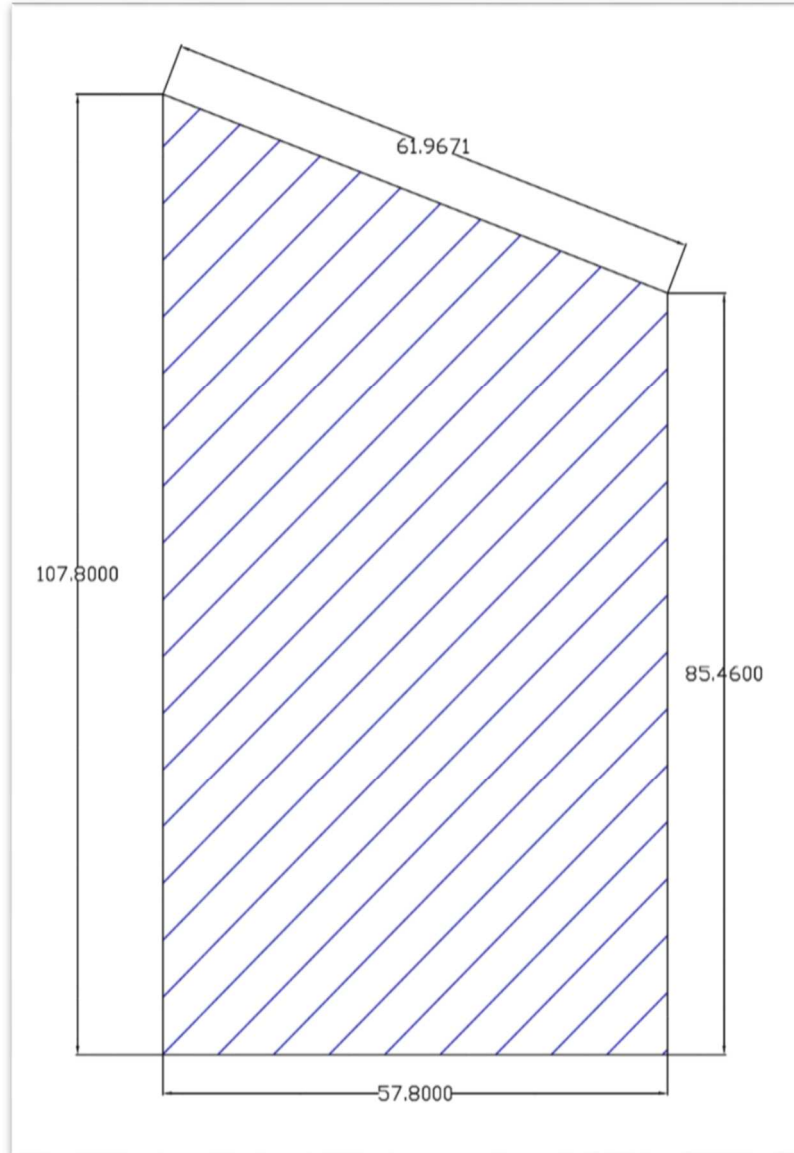


Ilustración 2. Dimensiones de la parcela elegida

En el caso de que la elección de dicha parcela no pudiera llevarse a cabo, se recurriría a la lista realizada para encontrar una nueva localización.

ANEXO IV: ANÁLISIS ECONÓMICO



INDICE DE CONTENIDO

IV.1. Introducción	1
IV.2. Objeto	2
IV.3. Estimación de beneficios	2
IV.3.1. Inversión inicial	2
IV.3.2. Previsión de ingresos	3
IV.3.3. Gastos previstos.....	6
IV.3.4. Estimación de los beneficios brutos	7
IV.4. Evaluación de la inversión.....	7
IV.4.1. Plazo de recuperación (Pay back)	7
IV.4.2 Valor actualizado neto (VAN).....	8
IV.4.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)	9
IV.5. Referencias.....	10

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre gas natural, propano y butano	1
Tabla 2.. Precio de derecho de alta.....	3
Tabla 3. Precio de la factura de gas natural	4
Tabla 4. Evolución del precio de venta del gas natural 2016 - 2018.....	4

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Demanda de gas natural en España(1).....	1
Ilustración 2. Evolución del coste de aprovisionamiento en España	4
Ilustración 3. Evolución del coste de aprovisionamiento en España en el año 2020(6)	5

IV.1. Introducción

El consumo de gas natural ha sufrido un gran incremento en los últimos años, volviendo a niveles anteriores a la crisis económica del 2008. Este aumento del consumo se debe fundamentalmente a la retirada de las centrales de carbón para producción eléctrica, sustituidas principalmente por centrales de ciclo combinado que utilizan gas natural.

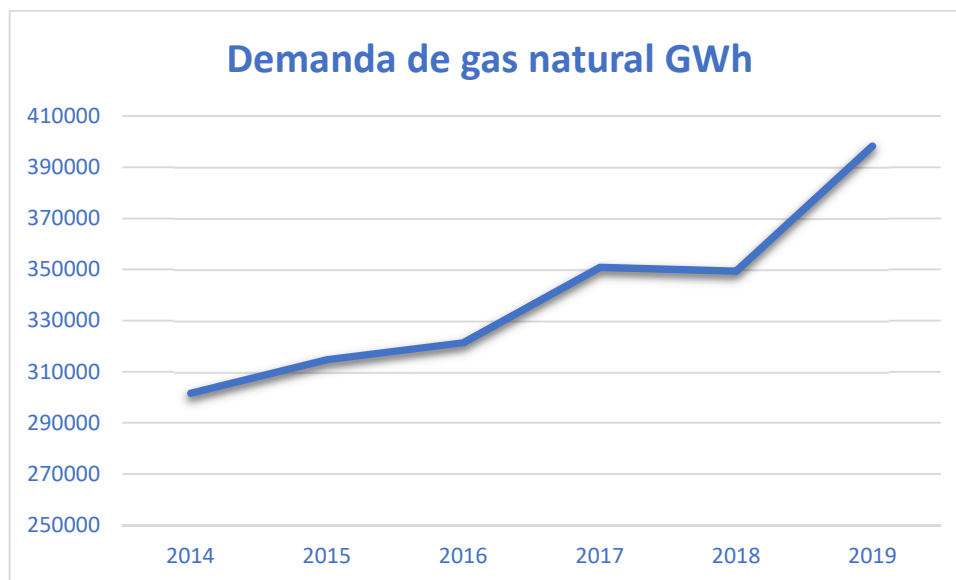


Ilustración 1. Demanda de gas natural en España(1)

También ha sido importante el aumento del consumo a nivel doméstico, en el que el gas natural se ha posicionado como segunda fuente de energía primaria más utilizada compitiendo con otras fuentes de energía utilizadas como el butano o el propano.

Las ventajas del gas natural son claras, su combustión produce unas emisiones muy inferiores al resto de combustibles y es muy económico. Si comparamos con otros combustibles:

Tabla 1. Comparación entre gas natural, propano y butano

	Gas Natural	Gas propano	Gas Butano
PSI (kWh/kg)	15,558	13,97	13,79
Densidad relativa al aire	0,64	1,58	1,96
Producción CO₂ (grCO₂/kWh)	204	233	238
Contenido en azufre	Nulo	0,05%	0,05%
Coste (€/kWh)	0,04 – 0,06	0,08 – 0,14	0,09

Características de los combustibles extraídas de la guía técnica para el diseño de centrales eficientes del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.(2)

Precio de los combustibles extraídos de la web preciogas.com(3)

Cabe destacar que el hecho de que el gas natural posea una densidad inferior a la del aire lo convierte en el combustible cuyo uso es el más seguro de los utilizados, pues en caso de fuga este asciende y se diluye reduciendo el riesgo de formación de una atmósfera explosiva, mientras que el butano y el propano, más densos que el aire, se acumula en niveles inferiores.

Su mayor poder calorífico y menor coste lo hacen la solución más viable. Sin embargo, son dos los inconvenientes que tiene.

En primer lugar, no es adecuado para su uso en climas extremos con temperaturas por debajo de -5°C durante un tiempo prolongado debido a la congelación de las tuberías de transporte.

En segundo lugar, se trata de una fuente de energía a la que no todo el mundo tiene acceso, pues en caso de no disponer de red de distribución o no estar conectado a la red de gaseoductos no se puede disponer de servicio.

Es aquí donde entra en juego el concepto de planta satélite. Una planta satélite de GNL puede dar servicio a un municipio o empresa que no disponga de acceso a gaseoducto.

Instalar una planta puede ser rentable en 2 casos:

- Existe la suficiente demanda potencial de gas natural pero no está previsto construir un gaseoducto que comunique con la red de gasoductos principal. Los motivos de este caso son diversos, es posible que el coste económico del gaseoducto no compense, que el trazado del gaseoducto incluya algún espacio protegido, dificultades para obtener permisos de construcción, etc.

Ante cualquiera de estos inconvenientes, construir una planta satélite de gas natural licuado puede suponer una solución de carácter permanente. Este es el típico caso de pequeñas poblaciones relativamente aisladas, con un consumo potencial elevado, pero no lo suficiente como para construir un gaseoducto.

Como inconveniente, existe un sobrecoste debido al transporte del gas en camiones cisterna.

- En el segundo caso, la zona en cuestión no tiene acceso a gaseoducto, pero está prevista la construcción de una canalización que conecte al municipio. En este caso, puede ser rentable la construcción de la planta como una solución temporal para dar suministro mientras se construye el gaseoducto.

Debido a que la ejecución de este tipo de proyectos es lenta y suele tener retrasos, la construcción de la planta satélite ayuda a mitigar esos retrasos al poder dar servicio el tiempo necesario.

IV.2. Objeto

El objetivo del siguiente anexo es justificar económicamente la rentabilidad de la construcción de una planta satélite de GNL en el municipio de Águilas para proporcionar un servicio temporal hasta la llegada del gaseoducto de transporte secundario Lorca – Águilas – Mazarrón.

El presente proyecto es un estudio académico de una planta satélite existente por lo que para tener en cuenta si el tiempo de amortización de la planta es inferior al momento de llegada del gaseoducto se tendrá en cuenta el año de construcción de la planta, es decir, el 2014.

IV.3. Estimación de beneficios

IV.3.1. Inversión inicial

El coste total de la inversión para la construcción de la planta satélite de gas natural está formado por el coste de adquisición de la parcela donde se situará la planta y el coste de construcción de la misma.

Para estimar el coste sin necesidad de dimensionar toda la planta se recurre al estudio de mercado realizado en el Anexo I del presente proyecto.

El coste conjunto del depósito y las líneas de regasificación supone entre un 35% y un 50% del presupuesto, teniendo mayor peso cuanto mayor sea el tamaño de estos. El dimensionamiento de estos elementos es sencillo a partir del estudio de mercado y en este caso es:

Elemento	Capacidad	Coste estimado
Deposito	60 m ³	35.000€
Regasificadores	4 * 750 Nm ³ /h	64.000€
Total:		99.000€

Considerando que este coste puede suponer entre un 35% y un 50% del coste total de la instalación, el coste total de la instalación estará entre 282.857€ y 198.000€. Para el cálculo del tiempo de retorno de la inversión se usará el valor más desfavorable, es decir, 282.857€.

Al coste de ejecución de la instalación se le sumará el coste estimado de la parcela, valorada en 321.425€.

Finalmente, **la inversión inicial prevista para la construcción de la planta es de 604.282€.**

IV.3.2. Previsión de ingresos

Para estimar los ingresos que puede generar la planta en función de los consumos previstos a lo largo del tiempo hay que diferenciar entre el tipo de cliente ya que tanto el coste por el derecho de alta como el precio del gas consumido.

Comenzamos analizando los ingresos debidos al coste de alta en función del tipo de tarifa. En el caso de la Región de Murcia sería:

Tabla 2.. Precio de derecho de alta

Precio del derecho de alta en la Región de Murcia			
Tarifa 3.1	Tarifa 3.2	Tarifa 3.3	Tarifa 3.4
68,98€	72,92€	93,12€	93,12€

Datos obtenidos de la web de Naturgy (4)

Estos valores incluyen el IVA por lo que a efectos de cálculo se dividirán entre 1,21.

“Las distintas tarifas se definen como:

- **Tarifa 3.1:** para consumos de hasta 5.000kWh al año, pensada para hogares que utilizan el gas para el agua caliente sanitaria (ACS) y/o la cocina.
- **Tarifa 3.2:** para consumos comprendidos entre los 5.000 y 50.000kWh anuales, por lo que es la más común en viviendas con calefacción de gas, con o sin ACS o cocina.
- **Tarifa 3.3:** para consumos de entre 50.000 a 100.000kWh anuales, adecuada para negocios o viviendas con un alto consumo de gas.
- **Tarifa 3.4:** para consumos que superen los 100.000kWh al año, por lo que está ideada para negocios o comunidades de propietarios.”(4)

En cuanto al coste fijo y precio por consumo, la empresa distribuidora Naturgy, con un gran número de clientes en la Región de Murcia, establece las siguientes tarifas:

Tabla 3. Precio de la factura de gas natural

Precio de la factura de gas natural				
	Tarifa 3.1	Tarifa 3.2	Tarifa 3.3	Tarifa 3.4
Termino fijo	5,5€/mes	10,14 €/mes	54,22 €/mes	80,97 €/mes
Termino variable	6,49686 c€/kWh	5,25026 c€/kWh	4,82614 c€/kWh	4,54094 c€/kWh

Datos obtenidos de la web de Naturgy(4)

El precio de venta del gas sufre fuertes variaciones a lo largo de los años debido a las variaciones del mercado mayorista. A modo de ejemplo, en el informe anual de 2018 de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia para el gas natural se muestra la variación de las tarifas 3.1 y 3.2 entre el año 2017 y 2018. Este tipo de tarifas se encuentran reguladas por el Estado por lo que son independientes de la compañía contratada:

Tabla 4. Evolución del precio de venta del gas natural 2016 - 2018

TUR		2016	2017	2018	Variación
Tarifa 3.1	T. Fijo (€/mes)	4,34	4,31	4,28	-0,70%
	T. Variable (c€/kWh)	4,82	5,02	5,89	17,38%
Tarifa 3.2	T. Fijo (€/mes)	8,67	8,45	8,44	-0,12%
	T. Variable (c€/kWh)	4,14	4,33	5,20	20,14%

Datos obtenidos del informe de supervisión del mercado del gas natural en España del año 2018(5)

Ante tal variación en las tarifas, es preferible analizar la diferencia entre el precio de coste medio del gas natural en el mercado mayorista y el precio para estimar los beneficios obtenidos con cada kWh facturado. El coste de aprovisionamiento a lo largo de los últimos años se puede consultar también en el citado informe:

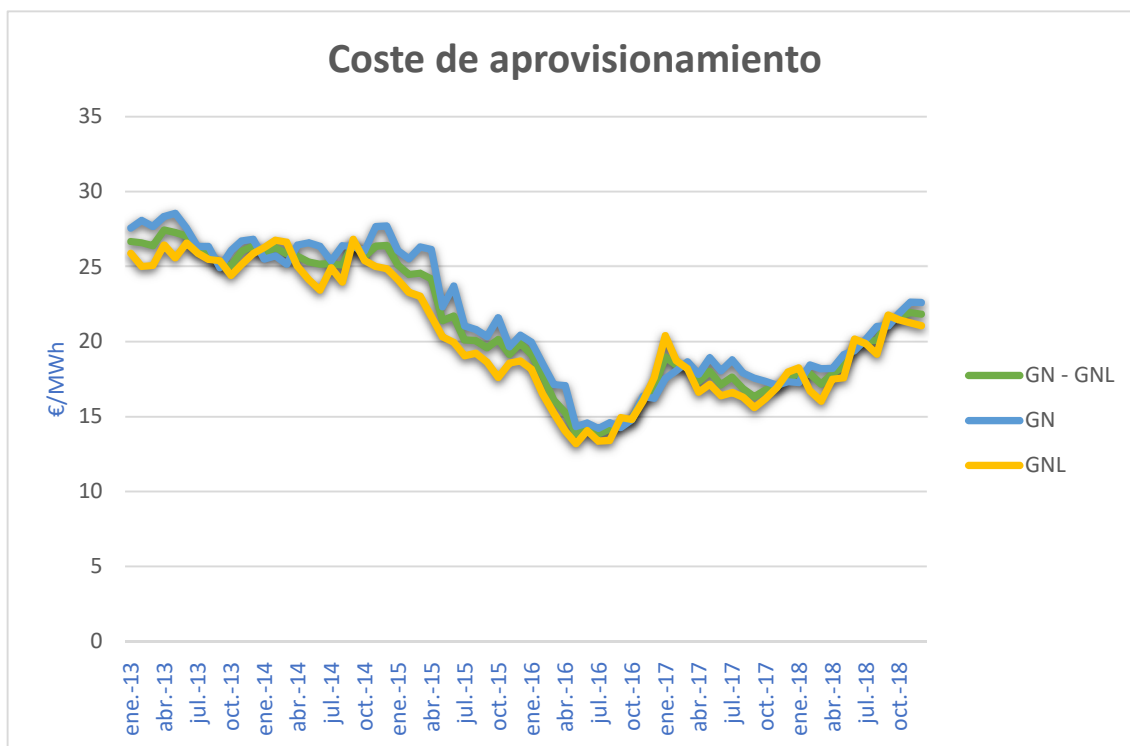


Ilustración 2. Evolución del coste de aprovisionamiento en España

Como se puede observar, generalmente el aprovisionamiento a través del transporte de GNL supone un ahorro frente a la compra de gas a través de gaseoducto.

Al disponer de los datos del precio de venta de los años 2016, 2017 y 2018, se calcula el coste medio de aprovisionamiento y a partir de ahí el beneficio por cada kWh:

TUR		2016	2017	2018
Tarifa 3.1	T. Fijo (c€/mes)	4,34	4,31	4,28
	T. Variable (c€/kWh)	4,82	5,02	5,89
Tarifa 3.2	T. Fijo (€/mes)	8,67	8,45	8,44
	T. Variable (c€/kWh)	4,14	4,33	5,2
Coste gas natural (€/kWh)		0,01510683	0,0172535	0,01924042
Beneficio (€/kWh)	Tarifa 3,1	0,03309317	0,0329465	0,03965958
	Tarifa 3,2	0,02629317	0,0260465	0,03275958

Como se puede apreciar, el beneficio es bastante similar entre el año 2016 y 2017 mientras que sufre una importante subida en 2018. De cara al análisis económico se tomará el valor medio de los 3 años. En cuanto al termino este apenas sufre variaciones por lo que se consideraran los valores de 2020.

En el caso de las tarifas 3.3. y 3.4, se utilizarán los valores de venta medios de 2020. El coste de abastecimiento ha sufrido fuertes variaciones en este 2020 como se puede observar en la siguiente imagen:

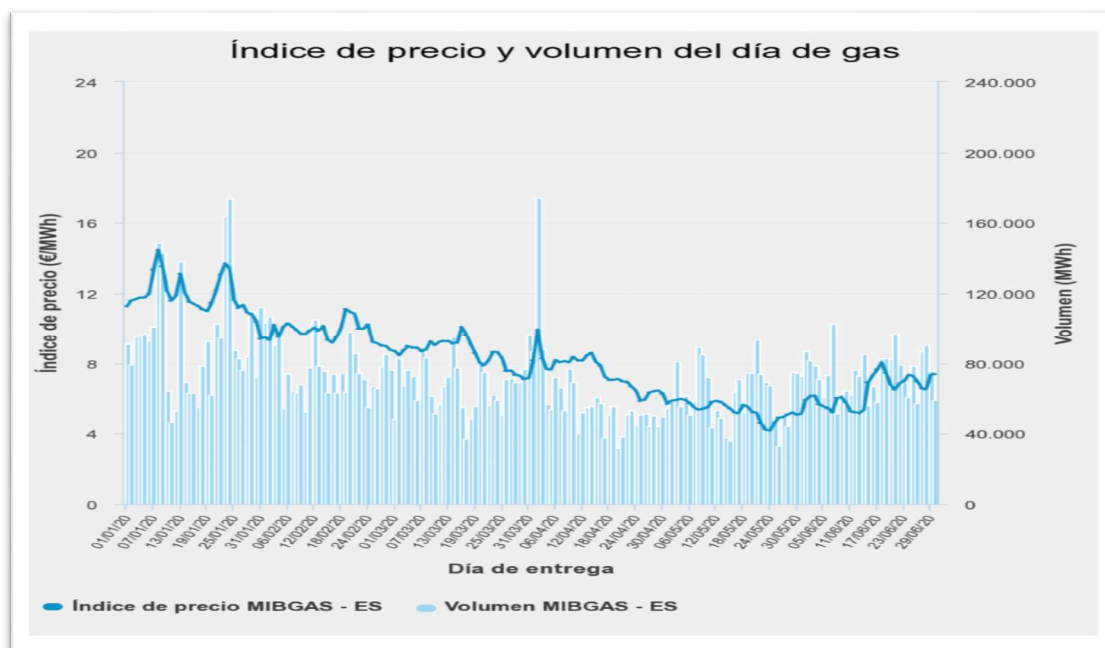


Ilustración 3. Evolución del coste de aprovisionamiento en España en el año 2020(6)

Como se puede observar, el coste del gas ha oscilado en los últimos 5 años entre los 14 y los 19 euros por megavatio hora, siendo este año una situación excepcional con caídas históricas debido a la crisis sanitaria sufrida.

A pesar de la fuerte bajada del coste del gas, esta no se ha visto reflejada de forma tan abrupta en el precio de venta a los consumidores. A pesar de ellos, lo más sensato es considerar un beneficio medio acorde a los valores típicos de años anteriores con el fin de estimar los beneficios debidos o obtenidos de las tarifas 3.3 y 3.4.

Para ello se considerará un coste de aprovisionamiento de 19 €/MWh.

A partir del estudio de mercado se obtiene el número de usuarios previstos para cada tarifa y su evolución, con lo que se pueden obtener los ingresos asociados a la cuota fija:

	Año	Tarifa 3.1	Tarifa 3.2	Tarifa 3.3	Tarifa 3.4	Ingreso fijo
Nº de usuarios	1	2187	131	12	5	14.413€
	2	3035	166	22	8	20.734 €
	3	3794	208	33	11	25.948 €
	4	4642	253	43	14	31.75€
	5	5400	295	51	17	36.957 €
	10	6248	330	51	17	213.262 €
	15	7096	366	51	17	241.735 €
	20	8034	405	51	17	273.204 €

El ingreso fijo considerado en los años 10, 15 y 20 consiste en la acumulación de dicho ingreso por un periodo de 5 años al tratarse de intervalos de 5 años.

En cuanto a los ingresos asociados al consumo de gas natural, los resultados estimados son los siguientes:

	Año	Tarifa 3.1	Tarifa 3.2	Tarifa 3.3	Tarifa 3.4	Ingreso variable	Ingresos
Consumo kWh	1	72251	1913734	1078468	799961	57.358 €	71.772 €
	2	100264	3804060	2143879	1411866	112.440 €	123.606 €
	3	125329	5692827	3102803	1946659	167.323 €	181.281 €
	4	153341	7583153	4114971	2520009	222.379 €	239.454 €
	5	178406	9340271	4994018	3093362	273.514 €	293.380 €
	10	206418	9449481	4994018	3093362	1.387.995 €	1.502.764 €
	15	234430	9573511	4994018	3093362	1.410.521 €	1.540.730 €
	20	265391	9713920	4994018	3093362	1.435.890 €	1.583.163 €

IV.3.3. Gastos previstos

Para evaluar el tiempo de retorno de la inversión es preciso restar los gastos derivados de la actividad. El gasto asociado al aprovisionamiento del gas natural ha sido tenido en cuenta en el apartado anterior con el fin de simplificar los cálculos.

Es necesario tener en cuenta los gastos de transporte debidos al coste de los camiones cisterna que proveen a la planta de GNL desde Cartagena. Según los datos disponibles de Redexis Gas, el coste es de 0,004501€/kWh.(7)

Los gastos asociados al transporte a lo largo de la vida útil de la planta serán:

Año	Consumo total	Gastos de transporte
1	3864414	17.394 €
2	7460070	33.578 €
3	10867619	48.915 €
4	14371474	64.686 €
5	17606057	79.245 €
10	88716394	399.312 €
15	89476604	402.734 €
20	90333458	406.591 €

En cuanto a los gastos de mantenimiento, se considera una cantidad anual de 3500€ con los que se llevaran a cabo las revisiones periódicas y la atención en caso de alarma por parte del personal.

IV.3.4. Estimación de los beneficios brutos

La diferencia anual entre los ingresos y los gastos estimada es:

Año	Ingresos	Gastos	Beneficios brutos
1	71.772 €	20.894 €	50.878 €
2	123.606 €	37.078 €	86.529 €
3	181.281 €	52.415 €	128.865 €
4	239.454 €	68.186 €	171.268 €
5	293.380 €	82.745 €	210.635 €
10	1.502.764 €	416.812 €	1.085.952 €
15	1.540.730 €	420.234 €	1.120.495 €
20	1.583.163 €	424.091 €	1.159.072 €

IV.4. Evaluación de la inversión

Se procede a evaluar la inversión a través de diferentes métodos.

IV.4.1. Plazo de recuperación (Pay back)

“El Pay-Back o período de retorno o recuperación representa el número de años (en general, de períodos) en que la inversión se recupera vía facturación, cobros o utilidades, considerando el término inversión como la suma total de activos del proyecto.

Si los flujos netos de caja no son constantes, el plazo de recuperación se calcula acumulando los sucesivos flujos de caja hasta que la suma sea igual al desembolso inicial. Se trataría de un Pay back dinámico.”(8)

La llegada de gaseoducto a Águilas estaba prevista inicialmente en el año 2020 y la planta se construyó en el año 2014 por lo que se considera una duración de la inversión de 8 años.

Para evaluar el Pay back se utiliza la expresión:

$$\sum_{t=0}^{PB} \frac{CFNt}{(0+i)^t} = \sum_{t=0}^{PB} \frac{It}{(0+i)^t}$$

Siendo:

$CFNt$: Flujo de caja neto en el año t

It : Inversión en el año t

t : Duración de la inversión

i : Tipo de interés en el año t

Inversión inicial		
Año	Inversión (€)	Beneficios previstos (€)
1	604.282€	50.878 €
2	-	86.529 €
3	-	128.865 €
4	-	171.268 €
5	-	210.635 €
6	-	212.070 €
7	-	213.504 €
8	-	214.939 €
TOTAL	604.282€	1.288.688 €

$$\text{Beneficio promedio anual} = \frac{\text{Beneficios totales}}{\text{Años de inversión}} = \frac{1.288.688}{8} = 161086\text{€/año}$$

Se considerará un 10% de reducción de beneficios asociado al pago de impuestos. Bajo estas condiciones el tiempo de retorno de la inversión es:

$$\text{PAY BACK}_{\text{estático}} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Beneficio medio anual}} = \frac{604.282\text{€}}{161086\text{€/año}} = 4,16 \text{ años}$$

La inversión se recupera en 4 años y 2 meses aproximadamente, un tiempo muy inferior al que está prevista la llegada del gaseoducto que deje la planta fuera de servicio.

IV.4.2 Valor actualizado neto (VAN)

“El valor actual neto o valor capital de una inversión es el valor actualizado de todos los flujos de caja esperados. Es decir, igual a la diferencia entre el valor actual de los cobros menos el valor también actualizado de los pagos.

Donde i_1, i_2, \dots, i_n son los tipos de descuento o intereses calculatorios para cada período de tiempo en los t años, I_0 el desembolso inicial, y $CF_1, CF_2 \dots, CF_t$ los flujos de fondos (cobros menos pagos) en los t años.”(8) Suponiendo una misma tasa de descuento i para todos los años, la expresión del VAN es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^t \frac{CF_j}{(1+i)^j}$$

Siendo:

- CF_j : Flujo de caja neto en el año t
 I_0 : Inversión inicial
 t : Duración de la inversión
 i : Tipo de interés en el año t .
 j : Año considerado

Ante la dificultad para establecer el tipo de interés a lo largo del tiempo se considerará un valor del 7%.

Inversión inicial		
Año	Inversión (€)	$\frac{CF_j}{(1+i)^j}$
1	604.282€	47.550 €
2	-	75.577 €
3	-	105.193 €
4	-	130.659 €
5	-	150.180 €
6	-	141.311 €
7	-	132.960 €
8	-	125.096 €
TOTAL	604.282€	908.526 €

$$VAN = -604.282€ + 908.526 € = 304244€$$

La inversión en el proyecto produce excedentes superiores a la cuantía del valor actual neto a los que podrían obtenerse invirtiendo la misma cantidad de dinero, precisamente con un interés i .

Desde el punto de vista del criterio del VAN, la inversión es viable.

IV.4.3. Tasa Interna de Retorno (TIR)

“La tasa de rendimiento interno, también denominada Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) o tasa de retorno r , de una inversión, es aquel tipo de actualización que hace cero el VAN,”(8) es decir:

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^t \frac{CF_j}{(1+i)^j} = 0$$

“Sólo interesa realizar aquellos proyectos de inversión, cuyo TIR sea superior al interés nominal del dinero en el mercado de capitales es decir $r_0 > i$, esta es la condición necesaria para la realización de una inversión.”(8)

Para calcular el valor de r_0 se aplica la expresión:

$$r_0 = \frac{-I_0 + \sum_{i=1}^t CF_i}{\sum_{i=1}^t t * CF_i}$$

Inversión inicial			
Año	Inversión (€)	CF_i	$t * CF$
1	604.282€	50.878 €	50.878 €
2	-	86.529 €	173.057 €
3	-	128.865 €	386.596 €
4	-	171.268 €	685.070 €
5	-	210.635 €	1.053.176 €
6	-	212.070 €	1.272.419 €
7	-	213.504 €	1.494.530 €
8	-	214.939 €	1.719.511 €
TOTAL	604.282€	1.288.688 €	6.835.238 €

$$r_0 = \frac{-604.282€ + 1.288.688 €}{6.835.238 €} = 0,1001 = 10,0129\%$$

El valor de r_0 considerado es superior al tipo de interés i que se ha establecido para evaluar el proyecto por lo que la inversión se considera viable.

IV.5. Referencias

1. Enagas. El sistema gasista español. 2019;(1):168.
2. Industria DE, Comercio Y. Guía técnica Diseño de centrales.
3. Selectra. Preciogas [Internet]. 2020. Available from: <https://preciogas.com/faq/precio-kwh>
4. Naturgy. Tarifa variable gas [Internet]. 2020. Available from: https://www.naturgy.es/tarifa_variable_gas
5. SENER. Prospectiva del mercado de gas LP. 2018;152. Available from: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/gas_nat_2004.pdf
6. MIBGAS. MERCADO IBÉRICO DEL GAS [Internet]. 2020. Available from: <https://www.mibgas.es/es/market-results/gas-daily-price-index-and-volumes?daterange=01/01/2020 - 30/06/2020>
7. Gestion P, Transporte DEL. Relación de municipios alimentados desde planta satélite de gnl y costes unitarios de transporte por carretera. 2017;(1):344.
8. Martínez DJN, Martínez FC. Tema 4. Evaluación económico-financiera de Proyectos II.

**ANEXO V:
DOCUMENTO CONTRA
EXPLOSIONES**



INDICE DE CONTENIDO

V.1. Introducción	1
V.2. Objeto	2
V.3. Fundamentos para alcanzar la seguridad	2
V.4. Clasificación de emplazamientos	2
V.5. Procedimiento para la evaluación del nivel de riesgo	4
V.5.1. Probabilidad de formación de atmósfera explosiva	4
V.5.2. Probabilidad de aparición de foco de ignición	10
V.5.3. Probabilidad de explosión	10
V.5.4. Nivel de consecuencias	10
V.6. Evaluación del nivel de riesgo	11
V.7. Determinación del nivel de actuaciones	13
V.8. Medidas preventivas de carácter general	13
V.9. Referencias	15

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación entre tipo de zona y ventilación	8
Tabla 2. Relación nivel de gravedad de daños	11
Tabla 3. Nivel de actuación según la clasificación de riesgo	13

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Procedimiento para la evaluación del nivel de riesgo	4
---	---



V.1. Introducción

El “Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.”(1)

Este Real Decreto, dentro del marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, “establece las condiciones mínimas de seguridad y protección de trabajadores que puedan verse expuestos a riesgos derivados de la localización del lugar de trabajo en atmosferas explosivas.”(1)

“La Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas, establece las disposiciones específicas mínimas en este ámbito, la cual forma parte del ordenamiento jurídico del RD 681/2003, define atmosfera explosiva como la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada.”(2)

El RD 681/2003 indica en el Capítulo 4 “la obligación del empresario, entre otras, de realizar una evaluación de los riesgos específicos derivados de las atmosferas explosivas que incluirá como mínimo:

- a) La probabilidad de formación y la duración de atmósferas explosivas.
- b) La probabilidad de la presencia y activación de focos de ignición, incluidas las descargas electrostáticas.
- c) Las instalaciones, las sustancias empleadas, los procesos industriales y sus posibles interacciones.
- d) Las proporciones de los efectos previsibles.”(3)

Según indica el Artículo 8 del citado Real Decreto, “en cumplimiento de las obligaciones establecidas en el artículo 4, el empresario se encargará de que se elabore y mantenga actualizado un documento, denominado en adelante documento de protección contra explosiones. Dicho documento de protección contra explosiones deberá reflejar, en concreto:

- a) Que se han determinado y evaluado los riesgos de explosión.
- b) Que se tomarán las medidas adecuadas para lograr los objetivos de este real decreto.
- c) Las áreas que han sido clasificadas en zonas de conformidad con el anexo I.
- d) Las áreas en que se aplicarán los requisitos mínimos establecidos en el anexo II.
- e) Que el lugar y los equipos de trabajo, incluidos los sistemas de alerta, están diseñados y se utilizan y mantienen teniendo debidamente en cuenta la seguridad.
- f) Que se han adoptado las medidas necesarias, de conformidad con el Real Decreto 1215/1997, para que los equipos de trabajo se utilicen en condiciones seguras.”(3)

V.2. Objeto

El objeto de este documento es cumplir con lo dispuesto en el Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, con la finalidad de “garantizar las condiciones mínimas de seguridad frente a los riesgos derivados de la presencia de atmósferas explosivas en las instalaciones”(1) objeto del presente proyecto.

Las instalaciones incluidas en el proyecto que pueden presentar riesgo de atmosfera explosiva en condiciones normales de utilización son:

- Depósito de GNL y sus instalaciones auxiliares
- Estación de descarga de camiones cisterna
- Sala de calderas

V.3. Fundamentos para alcanzar la seguridad

Según se define en el RD 681/2003 “el procedimiento para alcanzar un nivel de seguridad aceptable se fundamenta en el empleo de equipamiento construido y seleccionado de acuerdo a ciertas reglas, así como a la adopción de medidas de seguridad especiales de instalación, inspección, mantenimiento y reparación, en relación con la acotación del riesgo de presencia de atmósfera explosiva mediante una clasificación de los emplazamientos en los que se pueden producir atmósferas explosivas.”(1)

“Según la clasificación en que se incluya el emplazamiento, es necesario recurrir a un tipo determinado de medidas constructivas de los equipos, de instalación, supervisión o intervención.

Adicionalmente, es preciso llevar a cabo la explotación, conservación mantenimiento de la instalación y sus componentes dentro de los límites estrictos, para que las condiciones de seguridad no se vean comprometidas durante su vida útil.”(1)

V.4. Clasificación de emplazamientos

La clasificación de emplazamientos permite clasificar el entorno donde pueda aparecer una atmósfera explosiva con el fin de seleccionar, instalar y operar correctamente los equipos de forma que su uso no implique ningún riesgo.

La clasificación de emplazamientos tiene dos objetivos principales, determinar el tipo de zona peligrosa y su extensión.

Para establecer los requisitos que deben cumplir los distintos equipos instalados, los emplazamientos se dividen en función de la naturaleza de la sustancia inflamable presente. La clasificación, según la norma UNE – EN 60079 “sobre atmósferas explosivas, es la siguiente:

- **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.
- **Clase II:** Comprende los emplazamientos en los que hay o puede haber polvo inflamable.”(4)

Dentro de los emplazamientos de clase I, estos se dividen en zonas según el siguiente criterio:



- **“Zona 0:** Emplazamiento en el que la atmósfera explosiva constituida por una mezcla de aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla, está presente de modo permanente, o por un espacio de tiempo prolongado, o frecuente.
- **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.
- **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.”(4)

Al igual que en los de clase I, “los emplazamientos de clase II se clasifican en:

- **Zona 2.0:** Emplazamiento en el que la atmósfera explosiva en forma de nube de polvo inflamable en el aire está presente de forma permanente, o por un espacio de tiempo prolongado o frecuentemente.
Las capas en sí mismas no constituyen una zona 2.0. En general estas condiciones se dan en el interior de conducciones, recipientes, etc. Los emplazamientos en los que hay capas de polvo, pero no hay nubes de forma continua o durante largos periodos de tiempo no entran en este concepto.
- **Zona 2.1:** Emplazamientos en los que cabe contar con la formación ocasional, en condiciones normales de funcionamiento, de una atmósfera explosiva, en forma de nube de polvo inflamable en el aire. Esta zona puede incluir, entre otros, los emplazamientos en la inmediata vecindad de, por ejemplo, lugares de vaciado o llenado de polvo.
- **Zona 2.2:** Emplazamientos en el que no cabe contar, en condiciones normales de funcionamiento, con la formación de una atmósfera explosiva peligrosa en forma de nube de polvo inflamable en el aire o en la que, en caso de formarse dicha atmósfera explosiva, sólo subsiste por breve espacio de tiempo. Esta zona puede incluir, entre otros, entornos próximos de sistemas conteniendo polvo de los que puede haber fugas y formar depósitos de polvo.”(4)

V.5. Procedimiento para la evaluación del nivel de riesgo

El procedimiento para la evaluación del nivel de riesgo de una instalación o actividad se esquematiza como sigue:

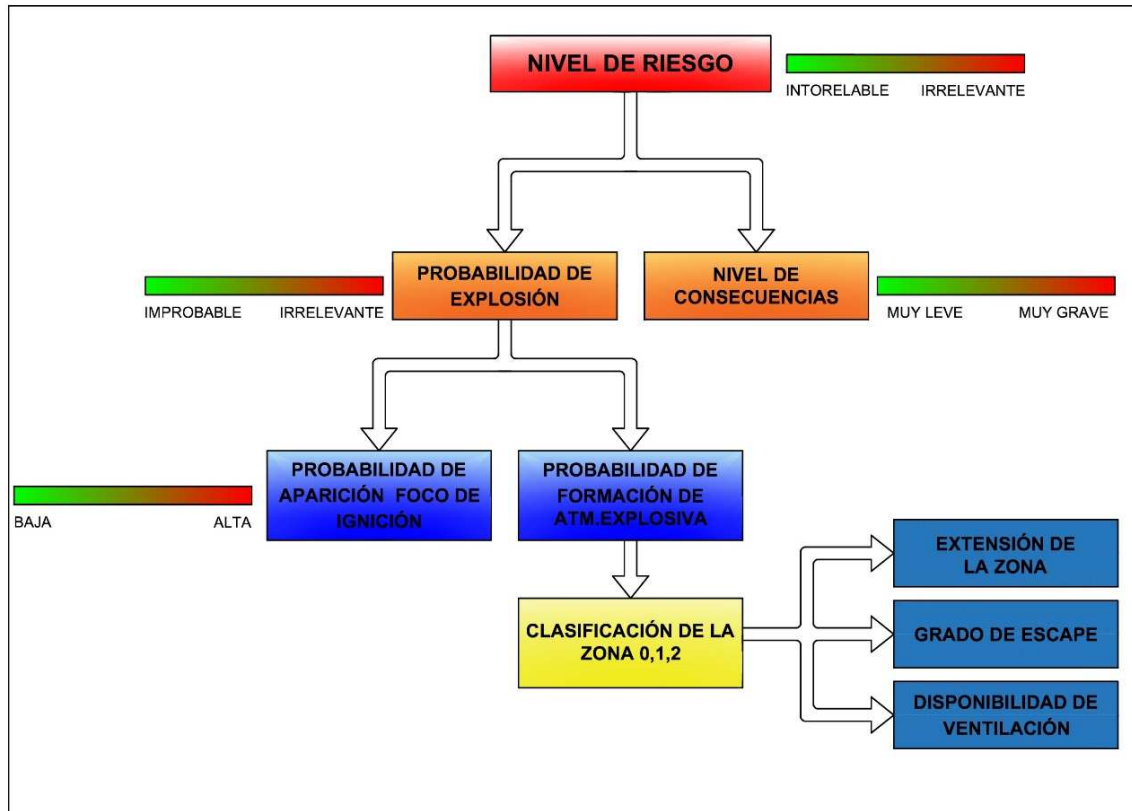


Ilustración 1. Procedimiento para la evaluación del nivel de riesgo

El nivel de riesgo considerado se obtiene a partir de la combinación de la probabilidad de que se produzca una explosión y del nivel de consecuencias de esta. A su vez, la probabilidad de que se produzca una explosión depende de la probabilidad de aparición de un foco de ignición y de la probabilidad de atmósfera explosiva.

Para evaluar el nivel de riesgo, hay que analizar cada parámetro de forma individual para cada zona de la instalación.

V.5.1. Probabilidad de formación de atmósfera explosiva

De acuerdo con el capítulo 5 de la norma UNE 60079 “Para determinar la probabilidad de formación de una atmósfera explosiva, es necesario determinar cuándo se puede producir un escape de gas, la probabilidad y la duración del escape. Una vez evaluado el grado de escape, la tasa de escape, la concentración, la velocidad y la ventilación ya se dispone de una base sólida para evaluar la posible presencia de una atmósfera explosiva gaseosa y determinar el tipo y la extensión de la zona.”(4)

El procedimiento a seguir para clasificar una zona en función de la zona de escape es el siguiente:

1. Identificación de las fuentes de escape

Puesto que solo es posible la formación de una atmósfera explosiva en presencia de una sustancia inflamable, es necesario identificar los lugares del interior de una planta donde pueda existir un escape de sustancias inflamables puede crear una atmósfera inflamable en el exterior de la planta de proceso.

Se consideran como tal las conexiones de los equipos (roscadas, embridadas, mediante membrana, etc...) a la instalación como fuentes no habituales ni previsibles de escape mientras que las válvulas de seguridad son fuentes esporádicas que generan escapes durante cortos espacios de tiempo. Además, la zona de descarga de camiones cisterna debido a la conexión con manguera flexible entre el camión y la entrada a planta.

No se considerará en cambio como fuente de escape todo el sistema de tuberías y almacenamiento de GNL, la sala de calderas ni todo el volumen contenido en el cubeto de la planta por no estar previsto que puedan provocar un escape.

2. Se determina la tasa de escape y el grado de escape para cada fuente basándose en la frecuencia de la probabilidad y la duración del escape.

Existen 3 grados de escape considerados, definidos en la norma "UNE 60079 como:

- **Grado de escape continuo.** Escape continuo que se espera que ocurra frecuentemente o durante largos periodos de tiempo. Por ejemplo, la superficie de un líquido inflamable que está abierto a abierto a la atmósfera de forma continua o durante periodos largos de tiempo.
- **Grado de escape primario.** Escape que se espera ocurra periódica u ocasionalmente durante un periodo de tiempo normal. Este es el caso de válvulas de seguridad, venteos, y demás aberturas.
- **Grado de escape secundario.** Escape que no se espera que ocurra durante funcionamiento normal y, que, si ocurre, es probable que lo haga infrecuentemente y durante periodos cortos de tiempo. Por ejemplo bridas, uniones y accesorios de tuberías."(4)

Se calculará la tasa de escape que podrían darse tanto en las conexiones de los equipos como las válvulas de seguridad.

En el caso de las conexiones de los equipos, se trata de una fuente de escape de grado secundario según se ha definido en el apartado anterior. Se considera por seguridad el caso as desfavorable, es decir, que la salida del gas es estrangulada por lo que se trata de un escape sónico. Lo más común es que el escape se produzca por una conexión en mal estado por lo que el orificio de escape se considera irregular y tal y como se indica en el Anexo B.7.2.1 se estima un coeficiente de descarga de 0,75 al no existir más información del orificio de escape.

Para el caso descrito anteriormente, en el caso de que el escape sea de gas, la tasa de escape se puede estimar con la siguiente expresión:

$$W_g = C_d * S * p * \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}} \left(\frac{Kg}{s} \right)}$$



Siendo:

- C_d : Coeficiente de descarga. 0,75
- S : Sección del orificio de salida. 0,05 mm² para bridas y uniones de tuberías.
- p : Presión en el interior del recipiente. 405300Pa
- γ : Índice politropo de expansión adiabática. 1,265
- M : Masa molar del gas. 17,85 kg/kmol
- Z : Factor de compresibilidad. 1 para gases ideales
- T : Temperatura absoluta del fluido. 114K
- R : Constante universal de los gases. 8314 J/Kmol K

El valor de γ para gases ideales se puede estimar con la siguiente expresión:

$$\gamma = \frac{MC_p}{MC_p - R} = \frac{17,85 \frac{kg}{kmol} * 2,219 \frac{kJ}{kg \cdot K}}{17,85 \frac{kg}{kmol} * 2,219 \frac{kJ}{kg \cdot K} - 8,314 \frac{kJ}{kmol \cdot K}} = 1,265$$

Operando, se obtiene una tasa de escape de 0,0043589 kg/s. Considerando una densidad de 0,77 kg/m³, tendremos una tasa de escape de 0,00566 m³/s.

Si por el contrario el escape se produce en una zona en la que el producto inflamable se encuentra en fase líquida, consideramos la siguiente expresión:

$$W_g = C_d * S * \sqrt{2 * \rho * \Delta p}$$

- C_d : Coeficiente de descarga. 0,75
- S : Sección del orificio de salida. 0,05 mm² para bridas y uniones de tuberías.
- Δp : Diferencia de presión entre el interior de la tubería y la presión ambiente. 405300Pa
- γ : Índice politrópico de expansión adiabática. 1,265
- ρ : Densidad del GNL. 460 kg/m³

En este caso el resultado es de 0,0724 kg/s o 0,00157 m³/s.

En la zona de descarga de los camiones cisterna hay que considerar la posible fuga de GNL a través de la conexión de la manguera de alimentación, para la que se considera un sección de 2,5 mm². La tasa de escape será por tanto de:

$$W_g = C_d * S * \sqrt{2 * \rho * \Delta p} = 0,75 * 2,5 * 10^{-6} * \sqrt{2 * 460 * 405300} = 0,0362 \left(\frac{kg}{s} \right)$$

La tasa de escape en la zona de descarga será de 0,000787 m³/s.

En el caso de las válvulas de seguridad, estas se consideran un escape primario. Se considera un escape subsónico, con una sección de escape igual a la sección de la tubería del sistema de escape.

La expresión utilizada será:

$$W_g = C_d * S * p * \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{p_a}{p} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]} * \left(\frac{p_a}{p} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \left(\frac{Kg}{s} \right)$$

Los parámetros considerados son los mismos que en el anterior apartado salvo que se considera de $0,001053 \text{ m}^2$ y un valor de C_d de $0,95$ al tratarse de un orificio de salida regular. El resultado obtenido es de $0,3096 \text{ kg/s}$ o $0,4021 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para la sala de calderas se instalará un detector de gas asociado a una electroválvula de corte normalmente cerrada de forma que la zona de calderas se considera zona no clasificada.

3. Se evalúan las condiciones y la efectividad de la ventilación

La ventilación va a influir en la capacidad de dilución de la materia inflamable de forma que esta se mezcla con el aire y, llegando a ser lo suficientemente elevada, puede llegar a diluir por completo transformándose en zona segura o quedar un emplazamiento peligroso de extensión despreciable.

Según el Anexo C.3.2. "El factor más importante es la efectividad de la ventilación, en otras palabras la cantidad de aire respecto al tipo, ubicación del escape y la tasa de escape de la sustancia inflamable."(4)

En espacios exteriores, a mayor velocidad de viento mayor efectividad de la ventilación ya que el gas es transportado a una mayor velocidad sin poder acumularse. En general, "en escapes de gases con una densidad inferior a $0,8$ se considera normalmente seguro suponer que la velocidad de ventilación eficaz es el menos de $0,5 \text{ m/s}$."(4)

Este sería el caso del gas natural, con una densidad inferior a la del aire. En el caso del GNL, al entrar en contacto con el ambiente se evapora rápidamente por lo que tanto ante una fuga de GNL como de gas natural la situación respecto al grado de ventilación sería la misma.

Según datos meteorológicos, la velocidad promedio de viento en Águilas tiene su valor mínimo en el mes de Julio con una velocidad media de $3,5 \text{ m/s}$. Aun considerando una reducción de esta velocidad en el interior de la planta por la existencia de obstáculos tales como el depósito, tuberías y regasificadores así como una altura respecto al nivel del mar inferior al del punto de medida, esta velocidad se considera suficiente para suponer que la ventilación es Justa, definida como aquella ventilación que se espera que esté presente durante el funcionamiento normal, permitiéndose discontinuidades siempre que ocurran con poca frecuencia y durante periodos cortos.

Considerando una reducción del 70% de la velocidad medida, para una ventilación de 1 m/s de velocidad el dato de dilución para los escapes estimados según la Figura 1.C. es la siguiente:

Escape	Tasa de escape	Grado de dilución
Válvulas de seguridad	$0,4021 \text{ m}^3/\text{s}$	Media
GNL en juntas	$0,00157 \text{ m}^3/\text{s}$	Alta
GN en juntas	$0,00566 \text{ m}^3/\text{s}$	Alta
Zona de descarga	$0,000787 \text{ m}^3/\text{s}$	Alta

4. Se determina el tipo de zona en función del grado de escape y la efectividad de la ventilación.

El tipo de zona se puede clasificar en función del grado de escape y la efectividad de la ventilación a partir de la "tabla D1.

Tabla 1. Relación entre tipo de zona y ventilación

Grado de escape	Efectividad de la ventilación						
	Dilución alta			Dilución media			Dilución baja
	Disponibilidad de ventilación						
	Buena	Justa	Pobre	Buena	Justa	Pobre	Buena, Justa o Pobre
Continuo	No peligrosa (Zona 0 ED)	Zona 2 (Zona 0 ED)	Zona 1 (Zona 0 ED)	Zona 0	Zona 0 + Zona 2	Zona 0 + Zona 1	Zona 0
Primario	No peligrosa (Zona 1 ED)	Zona 2 (Zona 1 ED)	Zona 2 (Zona 1 ED)	Zona 1	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 + Zona 2	Zona 0 o Zona 1
Secundario	No peligrosa (Zona 2 ED)	No peligrosa (Zona 2 ED)	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 0 o Zona 1

Tabla D1 de la UNE 60079

* La condición + significa rodeada por

** La condición ED indica una zona teórica que en condiciones normales sería de extensión despreciable”(4)

Recapitulando los escapes considerados en la instalación:

Escape	Grado de dilución	Grado de escape	Disponibilidad de ventilación	Tipo de zona
Válvulas de seguridad	Media	Primario	Justa	Zona 1+ Zona 2
Fuga de GNL en juntas	Alta	Secundario	Justa	Zona 2 ED
Fuga de GN en juntas	Alta	Secundario	Justa	Zona 2 ED
Zona de descarga	Alta	Secundario	Justa	Zona 1 ED

A estos escapes considerados hay que añadir el depósito y tuberías que se consideran zona 0 donde se prevé que presente de forma permanente una atmósfera explosiva y, además, todo el volumen del cubeto se considerará como zona 2 por ser su función la de retener las fugas de GNL.

5. Se determina la extensión de la zona

El anexo A de la UNE 60079 muestra algunas formas de escape sugeridas en función de la forma de escape prevista, que ayudan a determinar la extensión de la zona peligrosa.

Las formas de escape consideradas son:

Zona	Forma del escape	Parámetros
Válvulas de seguridad / Zona de descarga		<ul style="list-style-type: none"> - $r = 3\text{m}$ - $r' = 1,5\text{m}$ - $r'' = 2\text{m}$
Fuga de GNL en juntas de conexión		<p>Unión de tuberías o llaves:</p> <ul style="list-style-type: none"> - $r = 2\text{m}$ - $h = 1,5\text{m}$ <p>Instalación de sensores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - $r = 2\text{cm}$ - $h = 1,5\text{m}$
Fuga de gas en juntas de conexión		<p>Unión de tuberías o llaves:</p> <ul style="list-style-type: none"> - $r = 2\text{m}$ <p>Instalación de sensores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - $r = 2\text{cm}$

Figuras obtenidas del Anexo A de la UNE 60079(5)

En las válvulas de seguridad por exceso de presión se considera un escape a alta velocidad escape.

La extensión de las zonas consideradas aparecen representadas en el plano de zonas clasificadas ATEX.

V.5.2. Probabilidad de aparición de foco de ignición

Se deben de tener en cuenta todas las posibles fuentes de ignición efectiva, teniendo en cuenta que pueden introducirse las presentes durante el funcionamiento normal de la planta. “Ejemplos de potenciales focos de ignición son los siguientes:

- superficies calientes, llamas y gases calientes
- chispas de origen mecánico
- material eléctrico
- corrientes eléctricas parásitas, inducidas o de protección catódica
- electricidad estática
- rayos
- campos electromagnéticos, radiación electromagnética
- radiación ionizante
- ultrasonidos
- compresión adiabática, ondas de choque, gases circulantes
- reacciones químicas”(6)

Se realiza un listado exhaustivo de todos los focos de ignición previstos en la instalación y se clasifican según su probabilidad de aparición prevista según sea esta alta o baja, “entendiéndose por probabilidad alta o baja:

- **Baja.** Situación en la que en funcionamiento normal es poco probable que pueda presentarse un foco de ignición, salvo por disfunción o fallo originado por una inadecuada manipulación del sistema.
- **Alta.** Situación en la que en funcionamiento normal es bastante probable que pueda presentarse un foco de ignición.”(6)

En lo referente a este proyecto, la probabilidad de activación de los focos de ignición se considera baja en todos los casos.

V.5.3. Probabilidad de explosión

La probabilidad de explosión se representa como el producto de la probabilidad de formación de atmósfera explosiva y la probabilidad de activación de los posibles focos de ignición. La siguiente tabla relaciona ambos términos para clasificar la probabilidad de explosión:

Formación de Atmósfera Explosiva (Clasificación en Zonas)	Presencia y activación de focos de ignición	
	Baja	Alta
Zona 2	Improbable	Probable
Zona 1	Posible	Bastante probable
Zona 0	Probable	Inevitable

V.5.4. Nivel de consecuencias

“Representa la gravedad de los posibles daños para personas e instalaciones en el caso de materializarse el riesgo de presencia de atmósfera explosiva en accidente (explosión). Se realizará por comparación directa entre los daños previsibles y los niveles definidos a continuación”(6):

Tabla 2. Relación nivel de gravedad de daños

Nivel	Definición	
	Daños personales	Daños materiales
Leve	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización	Reparables sin necesidad de paro del proceso o actividad
Grave	Lesiones con incapacidad laboral transitoria	Se requiere paro del proceso o actividad para efectuar la reparación
Muy grave	Lesiones graves que pueden ser irreparables	Destrucción parcial del sistema (compleja y costosa reparación)
Mortal o catastrófico	Incapacidades mayores o muerte	Irreparables y alcanzan la destrucción total de la instalación.

V.6. Evaluación del nivel de riesgo

El nivel de riesgo se evalúa como el producto de la probabilidad de que se produzca una explosión y el nivel de consecuencias previsto para esta. La relación entre ambos parámetros se puede observar en la siguiente tabla:

Probabilidad de explosión	Nivel de Consecuencias			
	Leve	Grave	Muy grave	Mortal o catastrófico
Improbable	Aceptable	Vigilado	Indeseable	INTORELABLE
Posible	Vigilado	Indeseable		
Probable	Indeseable			
Inevitable				

Se muestra a continuación una tabla resumen con todas las zonas consideradas con riesgo de atmósfera explosiva y la evaluación de riesgos resultante:

Clasificación de zonas			Evaluación del riesgo de explosión			
Descripción	Tipo de zona	Extensión	Prob. Activación foco ignición	Prob. explosión	Nivel de consecuencias	Nivel de riesgo
Zona de descarga de camiones cisterna	Zona 1 ED	1,5 m de radio alrededor del sistema de descarga	Baja	Improbable	Graves	Vigilado
Venteo de las válvulas del depósito y de vaporizadores	Zona 1	1,5 m alrededor del punto de escape de las válvulas.		Posible		Indeseable
Zona del cubeto	Zona 2	Todo el cubeto		Improbable		Vigilado
Sala de calderas	No clasificada	Interior de la sala de calderas		Improbable		Vigilado
Bridas, uniones y accesorios de tuberías	Zona 2 ED	1 cm alrededor de las juntas, uniones y accesorios		Improbable		Vigilado

V.7. Determinación del nivel de actuaciones

De acuerdo con los niveles de riesgo previstos, en la normativa interna de Gas Natural Fenosa se describen los “niveles de actuación en la asignación de medidas preventivas:

Tabla 3. Nivel de actuación según la clasificación de riesgo

Clasificación del riesgo	Nivel de actuación
Aceptable	No requiere establecer medidas preventivas adicionales, basta con los controles existentes
Vigilado	Establecer los controles necesarios para verificar que se cumplen las medidas de prevención establecidas para las instalaciones y actividades.
Indeseable	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar periódicamente la eficacia de las medidas preventivas existentes. - Mejorar la acción preventiva a medio plazo. - Se requiere permiso de trabajo específico.
Intolerable	<ul style="list-style-type: none"> - No debe comenzar o continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. - Si no es posible reducir el riesgo, debe prohibirse el trabajo. - Se requiere volver a evaluar el riesgo después de la adopción de medidas.”(6)

“Las medidas preventivas a adoptar frente al riesgo de explosión deben encaminarse a evitar la aparición de atmósferas explosivas y, si ello no fuese posible, a impedir su ignición.”(6)

V.8. Medidas preventivas de carácter general

Antes de acceder a un emplazamiento clasificado como de zona de riesgo de explosión se deberá comprobar, con los equipos detectores adecuados, que no existe presencia de atmósfera explosiva ni peligrosa.

Una vez en el interior del emplazamiento se mantendrá la comprobación de la atmósfera de modo continuo.

Se evitará la “activación de focos de ignición en emplazamientos peligrosos clasificados. En aquellas situaciones que sea inevitable, las operaciones que se realicen en emplazamientos peligrosos clasificados que conlleven la activación de focos de ignición sólo se podrán realizar previa adopción de las medidas de prevención necesarias para que el nivel de riesgo por actividad no sea superior al nivel de riesgo de la instalación en condiciones de funcionamiento normal, incluyendo preferentemente -en caso necesario- dejar la instalación sin carga.”(6) En todo caso, se realizará con permiso de trabajo especial.

Se prohíbe fumar en los emplazamientos peligrosos clasificados.

Se seguirán en todo momento los procedimientos de trabajo establecidos para cada operación y las medidas de seguridad específicas detalladas en ellos.

Se tendrán en cuenta las posibles descargas electrostáticas producidas por los trabajadores o el entorno de trabajo como portadores o generadores de carga.

En este sentido, se deberá proveer a los trabajadores de calzado antiestático y ropa de trabajo adecuados, que no produzcan descargas electrostáticas, así como aquellos otros EPI establecidos en la evaluación de riesgos por puesto de trabajo.

Los emplazamientos peligrosos clasificados como zona de riesgo estarán señalizados con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del R.D. 681/2003.

En todos aquellos casos en que un emplazamiento clasificado como zona de riesgo de explosión disponga de más de un acceso, se dispondrá y mantendrá uno de ellos como salida de emergencia que, en caso de peligro, permita a los trabajadores abandonar con rapidez y seguridad los lugares amenazados.

Los trabajadores que realicen tareas en lugares con posible formación de atmósferas explosivas deberán tener formación específica en esta área, así como en la forma de evitar focos de ignición.

Los dispositivos para la comprobación de atmósferas explosivas deberán disponer, siempre en condiciones de funcionamiento, de alarma sonora de nivel adecuado al nivel de ruido existente en el emplazamiento. Sólo se podrán utilizar equipos de detección que cumplan las especificaciones de materiales establecidas por GN.

“En las zonas indicadas se deberán utilizar las siguientes categorías de aparatos (Real Decreto 144/2016), siempre que resulten adecuados para gases:

- En la zona 0, los aparatos de la categoría 1
- En la zona 1, los aparatos de las categorías 1 o 2
- En la zona 2, los aparatos de las categorías 1, 2 o 3”(7)

En zonas 0 no se permite el uso de ninguna herramienta que pueda producir chispas.

“En zonas 1 y 2 sólo se permiten herramientas de acero (o de otro material con mayor grado de seguridad frente a la generación de chispas) que, durante su utilización, no pueden producir más que chispas aisladas (por ejemplo, destornilladores, llaves, llaves de impacto), siempre que estén en un correcto estado de mantenimiento y conservación.”(6) Las herramientas que, durante su utilización en trabajos de corte o de molienda, generan un haz de chispas sólo podrán utilizarse si se puede garantizar que no existe ninguna atmósfera explosiva en el lugar de trabajo.

Evitar introducir elementos metálicos en zona clasificada como relojes, cadenas, anillos... y extremar las precauciones en equipos como por ejemplo los equipos de bombeo (tubos de aspiración de las bombas portátiles, boquillas de proyección, etc.) de manera que cumplan con las especificaciones de material y estado anteriormente citados.

Antes de introducir un equipo eléctrico en el interior de un emplazamiento clasificado se deberá comprobar su categoría y se deberán revisar sus conexiones y aislamientos, desestimando aquellos que presenten deterioro.



V.9. Referencias

1. Ministerio de la Presidencia. "Real Decreto 681/2003. La protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. Boletín Of del Estado [Internet]. 2003;23341–5. Available from: <http://www.boe.es/boe/dias/2003/06/18/pdfs/A23341-23345.pdf>"
2. Cee R, Del N. "DIRECTIVA 1999/92/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 1999. 1997;13:1–46."
3. "Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. Real Decreto 681/2003, de 12 de junio. Inst Nac Segur e Hig en el Trab [Internet]. 2003;1–103. Available from: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/ATM SFERAS EXPLOSIVAS.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/ATM%20SFERAS%20EXPLOSIVAS.pdf)"
4. En NE, lec NI, Une-en N. UNE-EN 60079-10-1 Atmósferas explosivas. 2018;118.
5. En NE, lec NI, Une-en N. "UNE-EN 60079-14:2016 Atmósferas explosivas. Parte 14: Diseño, elección y realización de las instalaciones eléctricas. 2017; "
6. Fenosa GN. Estándar de Seguridad Atmósferas Explosivas. y Salud: :1–19.
7. Industria M De, Turismo E. "Real Decreto 144 / 2016 , de 8 de abril , por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas y por el que se modifica el Real Decret. 2016;1–40."

**ANEXO VI:
ESTUDIO DE GESTIÓN DE
RESIDUOS**



INDICE DE CONTENIDO

ANEXO VI. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS	1
VI.1. Objeto	1
VI.2. Identificación de los residuos a generar	2
VI.2.1. Clasificación de residuos	2
VI.2.2. Mediciones	3
VI.4. Medidas adoptadas para la reducción de residuos generados	5
VI.5. Medidas para la gestión de residuos	6
VI.5.1. Gestión interna	6
VI.5.2. Gestión externa	7
VI.6. Reutilización, valoración o eliminación	7
VI.7. Documentación necesaria	8
VI.7. Prescripciones técnicas	11
VI.8. Presupuesto	11
VI.9. Legislación aplicable	12
VI.9.1. Normativa Europea	12
VI.9.2. Normativa Nacional	12
VI.9.3. Normativa Autonómica	12
VI.10. Referencias bibliográficas	13

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de tipos de residuos según RD 105/2008	2
Tabla 2. Estimación de residuos generados	4
Tabla 3. Tratamiento aplicado a los residuos generados	9



VI.1. Objeto

El objeto del siguiente estudio es el de establecer las medidas que se van a adoptar durante la ejecución del proyecto con el fin de reducir los residuos generados durante la construcción, así como realizar una adecuada gestión de los residuos producidos.

Debido al elevado volumen de generación de residuos durante la construcción y a su frecuente tratamiento inadecuado se estableció “el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición por el que se establece el marco normativo de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, con el fin de fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado, y contribuir así a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción.”(1)

“Según el RD 105/2008, además de los requisitos exigidos por la legislación sobre residuos, el productor de residuos de construcción y demolición deberá incluir en el proyecto de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición, que contendrá como mínimo:

- Una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, o norma que la sustituya.
- Las medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.
- Las operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
- Las medidas para la separación de los residuos en obra, en particular, para el cumplimiento por parte del poseedor de los residuos, de la obligación establecida en el apartado 5 del artículo 5.
- Los planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra. Posteriormente, dichos planos podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, previo acuerdo de la dirección facultativa de la obra.
- Las prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.
- Una valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo independiente.”(1)

VI.2. Identificación de los residuos a generar

Los residuos generados durante las distintas fases de ejecución son:

- Fase de preparación del terreno, con movimiento de tierras para nivelar y alojar la cimentación del cubeto. Durante dicha fase se producirá un exceso de tierra debido al volumen ocupado con el hormigón, siendo un residuo.
- Apertura de zanjas para vallado y canalizaciones, de los que se obtienen una mezcla de materiales no destinados a emplearse de nuevo.
- Tendido de las canalizaciones: residuos generados en el proceso de corte de éstas.
- Tapado de las zanjas. Tierra sobrante del relleno, así como el material sobrante de reposición del pavimento.
- Residuos urbanos producidos por el personal de la obra durante la construcción.

En cuanto a los residuos peligrosos, estos serán los producidos por el mantenimiento de la maquinaria empleada durante la construcción como es el caso de aceites usados, restos de trapos impregnados con aceites y/o otras sustancias peligrosas y los envases que las han contenido, etc.

VI.2.1. Clasificación de residuos

De acuerdo con la clasificación establecida en “el Anexo II del RD 105/2008, se prevén la generación de los siguientes tipos de residuos:

Tabla 1. Clasificación de tipos de residuos según RD 105/2008

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN	
Categoría	Residuo
17 01 01	Hormigón
17 02 01	Madera (estacas, tablillas de replanteo, palets, tacos de madera, etc.)
17 02 03	Plástico (plásticos de cultivos, tuberías de regadío, cinta balizadora, bitubo de polietileno, envoltorio de juntas de revestimiento...)
17 04 05	Hierro y acero
17 04 07	Metales Mezclados (chatarra)
17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos
17 01 07	Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distinta del código 17 01 06
OTROS RESIDUOS	
20 01 01	Papel (embalajes, etc.)
20 02 01	Residuos biodegradables
02 01 03	Residuos de tejidos vegetales
15 02 03	Ropa de trabajo, materiales de filtración (mantas-anti-roca)
15 01 09	Envases textiles (sacos terreros)
08 02 99	Restos de materiales de revestimientos (manguitos...)
12 01 05	Virutas y rebabas de plástico
RESIDUOS PELIGROSOS	
17 03 03	Alquitrán de hulla y productos alquitrados (revestimiento tubería)
17 05 03	Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas
17 08 01	Materiales de construcción a base de yeso contaminados con sustancias peligrosas (pruebas hidráulicas)



08 01 11	Restos de pintura de partes aéreas
09 01 04	Soluciones de fijado (líquidos de revelado de radiografías)
09 01 06	Residuos que contienen plata procedente del tratamiento in situ de residuos fotográficos (Radiografías)
13 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor)
13 01 10	Hidráulicos
15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado
15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos, etc.)
16 01 07	Filtros de aceite
16 05 04	Aerosoles (replanteo)
16 06 01	Baterías de plomo

Listado de residuos generados por categorías según el Anexo II del RD 105/2008”(1)

En el caso de los residuos generados por actuaciones de emergencia como es el caso de residuos de extinción de incendios, se clasificarán según su tipología y se gestionarán adecuadamente en cumplimiento a los procedimientos de actuación al respecto del promotor y en base a la legislación vigente.

VI.2.2. Mediciones

A continuación, se estiman las cantidades que están previstas que se generen durante la construcción.

En primer lugar, deben considerarse las tierras sobrantes generadas durante el proceso de acondicionamiento del terreno. Se considera que un 70% del terreno se reutilizará para la nivelación del terreno, por lo que el volumen total de residuo generado es:

$$v_t = e * S * 30\%$$

Siendo:

- e el espesor de la capa de tierra extraída. Se consideran 30 cm.
- S la superficie de tierra sobre la que se ha llevado a cabo modificaciones. En este caso se consideran los 260 m² del cubeto, aproximando a 900 m².

$$v_t = e * S * 30\% = 0,3 * 900 * 30\% = 81 \text{ m}^3$$

En segundo lugar, hay que considerar las tierras sobrantes debido a la apertura de las zanjas necesarias para la instalación, como es el caso de las canalizaciones o del vallado perimetral.

- Zanja para servicios del cubeto y conexión a caseta

$$V_t = l * a * h = 79,2 * 0,3 * 0,6 = 15,25 \text{ m}^3$$

- Zanja para vallado perimetral

$$V_t = l * a * h = 120 * 0,15 * 0,4 = 7,2 \text{ m}^3$$

Finalmente, hay que considerar las tierras sobrantes generadas por la construcción del cubeto antiderrames. Considerando una superficie del cubeto de 260 m² y un espesor de 25 cm, el volumen generado es:

$$V_t = S * h = 260 * 0,25 = 65 \text{ m}^3$$

El volumen de residuos debido al movimiento de tierras (17 05 04) será de 168,45 m³, por lo que considerando una densidad de 1,5 Tn/m³ tendremos un total de 252,67 Tn de residuo.

En cuanto los residuos derivados del empleo de hormigón para la cimentación, se estima un empleo para la construcción del cubeto, la acera perimetral y la caseta de 54 m³, al considerar una superficie de 270 m² y un espesor de 20 cm. Si se considera que el hormigón sobrante será un 1% del empleado, se obtienen 0,54 m³ de hormigón lo que supone un total de 1296 kg de hormigón.

En el caso de residuos como plásticos de embalajes o basuras, las medidas están estimadas en base a proyectos similares anteriores.

Tabla 2. Estimación de residuos generados

Residuos metálicos	
Restos de tuberías	10 kg
Restos de soportes estructurales	15 kg
Restos de ferrallado y malla de losas	25 kg
Restos de malla de vallado	10 kg
Total	60 kg
Residuos de obra civil	
Movimiento de tierras	252,67 Tn
Restos de hormigón	1296 kg
Resto de la obra	
Plásticos de embalajes	10 kg
Papel – Embalajes y otros usos	5 kg
Restos de revestimiento PE	Despreciable
Restos de tubería de PE	6 kg
Trapos	4 kg
Restos de pintura	Despreciable
Restos de madera de encofrado	25 kg
Residuos de envases metálicos y de plástico	5 kg
Basura y restos vegetales	5 kg
Residuos de soldadura	Despreciable
Total	60 kg
Residuos contaminados	
Aceites	10 kg
Envases contaminados	25 kg
Aerosoles	5
Otros	25 kg
Total	65 kg

VI.4. Medidas adoptadas para la reducción de residuos generados

Se procede en este apartado a numerar las medidas a adoptar con el objetivo de reducir los residuos generados y minimizar las cantidades enviadas a los centros de reciclaje para su valorización y reciclado, siendo el objetivo prioritario la reducción de los residuos generados en obra de forma que se produzca un ahorro en su gestión.

Las medidas que se van a adoptar son las siguientes:

- **Minimización de la cantidad de material empleado**

Una correcta medición de las unidades de material necesario para la ejecución de la obra permite reducir costes a la vez que se produce una menor cantidad de residuos. El correcto almacenamiento en obra de los materiales reduce las roturas y pérdida de material, minimizando los residuos generados.

- **Establecimiento de un protocolo para el tratamiento de residuos**

Es importante que exista una consigna clara de cómo se van a gestionar los residuos generados en obra, determinando la forma en que se van a valorar. El hecho de conocer si el residuo se reciclará, reutilizará o se incinerará para recuperar parte de la energía invertida permite organizar los medios y trabajos necesarios para que los residuos estén en condiciones óptimas de valoración.

- **Clasificar los residuos**

Una clasificación selectiva en función del tipo de residuo en obra conlleva un ligero incremento del tiempo empleado en la eliminación de residuos en obra, pero facilita su valorización en el vertedero además de ahorrar costes, pues una mezcla heterogénea de residuos podría provocar la devolución de estos, si se encontrara un residuo no permitido.

- **Planificación y estimación de los residuos generados en cada fase**

Tener identificada la tipología de residuo y la cantidad en cada fase permite reducir costes al poder organizar métodos más adecuados para minimizar el residuo generado, su reutilización o su eliminación.

- **Formación del personal de obra**

Los trabajadores deberán tener una formación en aspectos administrativos y operativos de forma que sean capaces de partes de transferencia de residuos al transportista (apreciar cantidades y características de los residuos) o supervisar que los residuos se manipulan correctamente, de forma que no se mezclen entre sí lo que podría provocar una devolución de todos los residuos por parte del vertedero, además de suponer un aumento de la peligrosidad y dificultad de la gestión del residuo.

El personal debe saber diferenciar, en función del envase y el etiquetado, las diferentes tipologías de residuos que estos contengan.

- **Reutilización**

El empleo de materiales considerados como residuos como materiales reciclados permite ahorrar tanto en costes directos (transporte, descarga, almacenamiento, valoración) al no emplear un nuevo material, como los costes indirectos de eliminar dicho residuo.



▪ Identificación de residuos almacenados

Los contenedores, depósitos, sacos y en general, cualquier recipiente en el que se almacenen residuos deben estar debidamente etiquetados, indicando claramente la tipología de residuo, de forma que se facilite su separación y posterior transporte.

VI.5. Medidas para la gestión de residuos

En este apartado se indica en primer lugar la gestión de residuos in situ (gestión interna) así como la gestión de los residuos que no han podido ser eliminados en obra, que de acuerdo al Real Decreto 105/2008, deberán ser entregados a al gestor de residuos para su valorización o bien eliminación, que correspondería a la gestión en instalaciones externas de los residuos.

VI.5.1. Gestión interna

Se habilitará una zona de almacenamiento de residuos donde se procederá a su clasificación, sirviendo dicha área como zona de recogida por parte de un gestor autorizado. Esta zona será de fácil acceso para los operarios, situada junto a casetas de obra y estarán perfectamente señalizadas e identificadas.

De acuerdo con el “artículo 5.5. del RD 105/2008, los residuos de construcción y demolición deberán separarse en las siguientes fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

- Hormigón: 80 t.
- Ladrillos, tejas, cerámicos: 40 t.
- Metal: 2 t.
- Madera: 1 t.
- Vidrio: 1 t.
- Plástico: 0,5 t.
- Papel y cartón: 0,5 t”(1)

De acuerdo con el estado de mediciones del apartado 2, en ninguna de las categorías se superan dichas cantidades, aunque como medida preventiva se recomienda separar los residuos de cartón, papel, metal, plástico o residuos debido a la facilidad para su valoración.

Para separar dichos residuos se instalarán diferentes cubas, bidones metálicos o plásticos y contenedores, que serán recogidos por un gestor de residuos autorizado.

En el caso de los residuos peligrosos, se contará con un contenedor situado en una zona perfectamente señalizada y que contará con las siguientes características:

- Se situará sobre una superficie impermeabilizada para evitar que un vertido accidental llegue al suelo, provocando su contaminación.
- Se instalará una cubierta superior que proteja el contenedor de la lluvia y de la radiación solar. El contenedor estará cerrado siempre que no esté en uso.
- El área será señalizada e identificada
- Los recipientes se cerrarán perfectamente para evitar derrames o pérdidas por evaporación y estarán etiquetados de forma clara.



VI.5.2. Gestión externa

Según lo establecido en el “Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, los poseedores de residuos están obligados a entregarlos a un gestor de residuos para su valorización o eliminación. Siendo prioritario destinar todo residuo potencialmente reciclable o valorizable a estos fines, evitando su eliminación siempre que sea posible.”(1)

En el caso de las tierras sobrantes, estas se emplearán para rellenar las zanjas de la obra. Cuando esto no sea posible, se destinará junto con los restos de hormigón y demás residuos de construcción a plantas donde sea posible su reutilización. En el caso de que no sea posible, como última opción se recurrirá centros autorizados de valorización y eliminación de RCD’S.

Las maderas, chatarras y plásticos serán retiradas por un gestor autorizado de residuos priorizando su reciclaje.

En el caso de los residuos peligros, estos serán retirados por un Gestor de Residuos Autorizado para su inertización y eliminación en centro autorizado de eliminación de RCD’S. Los aceites usados generados en la instalación serán retirados por un gestor autorizado de residuos priorizando su valorización.

VI.6. Reutilización, valoración o eliminación

En aquellos casos en los que no sea posible la reutilización o valoración del residuo, estos se eliminarán mediante la contratación de un Gestor de Residuos Autorizado. Existe la posibilidad de no recurrir a esta opción y transportar directamente los residuos a vertedero como indica el “artículo 11 del RD 105/2008:

1. Se prohíbe el depósito en vertedero de residuos de construcción y demolición que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo.

Esta disposición no se aplicará a los residuos inertes cuyo tratamiento sea técnicamente inviable ni a los residuos de construcción y demolición cuyo tratamiento no contribuya a los objetivos establecidos en el artículo 1 ni a reducir los peligros para la salud humana o el medio ambiente.

2. La legislación de las comunidades autónomas podrá eximir de la aplicación del apartado anterior a los vertederos de residuos no peligrosos o inertes de construcción o demolición en poblaciones aisladas que cumplan con la definición que para este concepto recoge el artículo 2 del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, siempre que el vertedero se destine a la eliminación de residuos generados únicamente en esa población aislada.”(1)

Por tanto, se podrán transportar a vertedero aquellos residuos que no son valorizables, ni reutilizables en obra ni fuera de ella y que estén formados por materiales inertes y/o no peligrosos.

En el caso de aquellos materiales que sea posible su reutilización y valoración estos se entregarán a un Gestor de Residuos Autorizado.

Si se trata de residuos peligrosos, estos deberán ser transportados por un Gestor de Residuos Autorizado a un vertedero específico según la tipología del residuo, aplicando un tratamiento previo que garantice que no supone una amenaza para el medio cuando así se requiera.

En general, los residuos no se generarán de forma continua en el tiempo, pero se fijará una periodicidad de recogida de residuos acorde al plan de trabajos previsto.

VI.7. Documentación necesaria

Se procede a describir la documentación que debe poseer el productor de residuos, tanto para el caso de residuos no peligrosos como los peligrosos.

De acuerdo con el “artículo 3 de la Ley 22/2011 de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, un productor de residuos peligrosos se define como cualquier persona física o jurídica cuya actividad produzca residuos (productor inicial de residuos) o cualquier persona que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de esos residuos.”(2)

El proyecto actual encaja con la definición de Pequeño Productor de Residuos Peligrosos acuerdo con la definición del “Artículo 22 del RD 833/1988:

Se considerarán pequeños productores aquellos que por generar o importar menos de 10.000 kilogramos al año de residuos tóxicos y peligrosos, adquieran este carácter mediante su inscripción en el registro que a tal efecto llevarán los órganos competentes de las Comunidades Autónomas.”(3)

El procedimiento a seguir para el Pequeño Productor de Residuos Peligrosos es el siguiente:

1. Solicitud de inscripción en Registro de Pequeños Productores de Residuos Peligrosos en la consejería de medio ambiente de la Comunidad Autónoma correspondiente. De acuerdo con el artículo citado anteriormente, “Los pequeños productores cumplirán las obligaciones impuestas relativas a la presentación de la declaración anual a que se refiere el artículo 18 del presente Reglamento.”(3)
2. En cuanto al control y seguimiento de los residuos, de acuerdo con el “Artículo 16 del RD 833/1988:
 - El productor de residuos tóxicos y peligrosos está obligado a llevar un registro en el que conste la cantidad, naturaleza, identificación según el anexo I, origen, métodos y lugares de tratamiento, así como las fechas de generación y cesión de tales residuos.
 - Asimismo, debe registrar y conservar los documentos de aceptación de los residuos en las instalaciones de tratamiento o eliminación a que se refiere el artículo 34 del presente Reglamento durante un tiempo no inferior a cinco años.”(3)
3. De acuerdo con el Artículo 20 del citado Real Decreto, el productor de un residuo tóxico y peligroso deberá contar con la aprobación por parte del Gestor de Residuos y conservar la documentación relativa a la solicitud de aceptación de los residuos durante un periodo de tiempo de 5 años como mínimo.

En cuanto a los recursos no peligrosos, el productor debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Inscripción en el Registro de Productores de Residuos de construcción y demolición en la consejería de medio ambiente de la Comunidad Autónoma correspondiente.
2. Documento de aceptación por parte del Gestor de Residuos en el que garantiza el correcto tratamiento de los residuos.
3. Conservar durante un periodo no inferior a 5 años la documentación relativa al control y seguimiento de los residuos.

Se procede ahora a establecer un listado del tratamiento y destino de los residuos generados en obra:

"Tabla 3. Tratamiento aplicado a los residuos generados"

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN			
Categoría	Residuo	Tratamiento	Destino
17 01 01	Hormigón	Reciclado/ Vertedero de Residuos Inertes	Planta de Reciclaje Residuos Construcción y Demolición (RCD)/Vertedero Autorizado
17 02 01	Madera (estacas, tablillas de replanteo, palets, tacos de madera, etc.)	Reciclado	Gestor autorizado Residuos No Peligrosos
17 02 03	Plástico (plásticos de cultivos, tuberías de regadío, cinta balizadora, bitubo de polietileno, envoltorio de juntas de revestimiento...)		
17 04 05	Hierro y acero		
17 04 07	Metales Mezclados (chatarra)		
17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10	Sin tratamiento específico	Restauración/ Vertedero
17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03		
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos	Reciclado	Planta de Reciclaje
17 01 07	Mezcla de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distinta del código 17 01 06	Reciclado/ Vertedero de Residuos Inertes	Planta de Reciclaje Residuos Construcción y Demolición (RCD)/Vertedero Autorizado
OTROS RESIDUOS			
20 01 01	Papel (embalajes, etc.)	Reciclado	Gestor autorizado Residuos No Peligrosos
20 02 01	Residuos biodegradables	Reciclado/ Vertedero	Planta de Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos
02 01 03	Residuos de tejidos vegetales		Planta de compostaje /Vertedero de Residuos no Peligrosos
15 02 03	Ropa de trabajo, materiales de		Planta de Reciclaje de



	filtración (mantas-anti-roca)		Residuos no Peligrosos /Vertedero de Residuos no Peligrosos
15 01 09	Envases textiles (sacos terreros)		
08 02 99	Restos de materiales de revestimientos (manguitos...)	Reciclado	Gestor autorizado Residuos No Peligrosos
12 01 05	Virutas y rebabas de plástico	Reciclado	
RESIDUOS PELIGROSOS			
17 03 03	Alquitrán de hulla y productos alquitranados (revestimiento tubería)	Depósito/Tratamiento	
17 05 03	Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas		
17 08 01	Materiales de construcción a base de yeso contaminados con sustancias peligrosas (pruebas hidráulicas)	Tratamiento Fco-Qco	
08 01 11	Restos de pintura de partes aéreas		
09 01 04	Soluciones de fijado (líquidos de revelado de radiografías)		
09 01 06	Residuos que contienen plata procedente del tratamiento in situ de residuos fotográficos (Radiografías)		
13 02 05	Aceites usados (minerales no clorados de motor)		
13 01 10	Hidráulicos		
15 01 10	Envases vacíos de metal o plástico contaminado		
15 02 02	Absorbentes contaminados (trapos, etc.)		
16 01 07	Filtros de aceite"		
16 05 04	Aerosoles (replanteo)		
		Depósito/Tratamiento	Gestor autorizado de Residuos Peligrosos (RPs)

16 06 01	Baterías de plomo		
----------	-------------------	--	--

VI.7. Prescripciones técnicas

Las preinscripciones técnicas incluidas en el proyecto relativas al almacenamiento, manejo y demás operaciones relacionadas con los residuos producidos son las siguientes:

- Se realizará una clasificación de los distintos residuos producidos de acuerdo con “Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores. El tratamiento y gestión de dichos residuos será llevado a cabo por parte de empresas autorizadas para tal fin.”(4)
- El contratista deberá proporcionar a la Propiedad y la Dirección técnica los certificados de los contenedores empelados y de los puntos de vertido emitido por la consejería de Medio ambiente de la Comunidad Autónoma correspondiente.
- Sera responsabilidad del contratista el perfecto estado de limpieza y orden de la obra, recogiendo tanto los materiales sobrantes como los escombros de la obra y alrededores, así como de retirar las instalaciones provisionales de obra.
- Queda prohibido el transporte directo de residuos a vertedero que no hayan sido sometidos a un tratamiento previo por parte del Gestor Autorizado de Residuos.
- Tal y como figura en el apartado 3, del art. 5 del RD 105/2008 “En la entrega de residuos por parte del productor al gestor deberá constar un documento en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, y la identificación del gestor de las operaciones de destino.”(1)
- EL productor de residuos está obligado a conservar estos en buen estado y evitar su mezcla mientras estos se encuentren en su poder.

VI.8. Presupuesto

Se muestra a continuación el presupuesto desglosado correspondiente a la gestión de los residuos producidos durante la ejecución del proyecto.

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS			
Tipología	Cantidad estimada	Precio de gestión	Importe
Residuos no peligrosos			
Residuos metálicos (LER: 17 04)	60 kg	0,03€/kg	1,8€
Madera (LER: 17 02 01)	25 kg	0,008€/kg	0,2€
Plásticos (LER: 17 02 03)	15 kg	0,03€/kg	0,45€
Papel (LER: 20 01 01)	5 kg	0,03€/kg	0,15€
Residuos Vegetales	5 kg	0,015€/kg	0,075€
Residuos de obra civil			
Movimiento de tierras	252,67 Tn	4,30€/Tn	1086,48€
Restos de hormigón	1296 kg	8,90€/Tn	11,53€
Residuos peligrosos			
RCD Residuos Peligrosos	65 kg	0,33€/kg	21,45€
Total			1122,13€

RESTO DE COSTES DE GESTIÓN	
20% del Presupuesto por costes de gestión, alquileres, etc	224,42€
TOTAL PRESUPUESTO GESTIÓN DE RESIDUOS	1346,55€

VI.9. Legislación aplicable

El estudio de gestión de residuos se ha redactado con el fin de cumplir los requerimientos de la siguiente normativa de obligado cumplimiento:

VI.9.1. Normativa Europea

- “Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011 relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.
- Directiva 91/689/CEE, del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a los residuos peligrosos.”
- “Directiva 1999/31/CE, del Consejo, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos.
- Decisión del Consejo 2003/33/CE de 19 de diciembre de 2002, por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE.”

VI.9.2. Normativa Nacional

- “Real Decreto 105/2008 de 1 de febrero del Ministerio de la Presidencia por la que se regula la producción y gestión de Residuos de construcción y Demolición. (BOE 13 de febrero de 2008)
- Orden MAM 304/2002, de 8 de febrero, del Ministerio de Medio Ambiente, Lista Europea de Residuos. (BOE 19 de febrero 2002).
- Corrección de errores orden MAM 304/2002, de 8 de febrero, del Ministerio de Medio Ambiente. (BOE 12 de marzo de 2002).
- Ley 22/2011 de 28 de julio de residuos y suelos contaminados.
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la Ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básico de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio.
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.”

VI.9.3. Normativa Autonómica

- “Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Ley 4/2009, de 14 de mayo, de protección ambiental integrada.
- Decreto número 48/1998, de 30 de julio, de protección del medio ambiente frente al ruido.”



VI.10. Referencias bibliográficas

1. "Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Boe [Internet]. 2008;38(13 de febrero):11. Available from:"
<http://www.boe.es/boe/dias/2008/02/13/pdfs/A07724-07730.pdf>
2. Jefatura del Estado. Ley Orgánica 22/2011, de 28 de julio, Residuos y suelos contaminados. Boletín Of del Estado [Internet]. 2011;181:1–52. Available from:
<https://www.boe.es/buscar/pdf/2011/BOE-A-2011-13046-consolidado.pdf>
3. BOE. "Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos. Boe. 1995;9973–5."
4. "Ministerio de Medio Ambiente, España. Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. Boletín Of del Estado. 2002;(19 de febrero de 2002 (43)):6494–515."

ANEXO VII:
ESTUDIO BASICO DE
SEGURIDAD Y SALUD

INDICE DE CONTENIDO

VII.1. Objeto	1
VII.2. Justificación	1
VII.3. Marco legal	1
VII.4. Datos generales.....	2
VII.4.1. Localización del entorno de la obra	2
VII.4.2. Características generales de la obra	3
VII.4.3. Presupuesto	3
VII.4.4. Plazo de ejecución.....	3
VII.5. Medios de auxilio	3
VII.6. Descripción y localización del trabajo.....	4
VII.7. Identificación de los riesgos.....	4
VII.7.1. Lugar de trabajo	4
VII.7.2. Obra civil	4
VII.7.3. Obra mecánica	4
VII.7.4. Trabajos con presencia de gas	5
VII.7.5. Instalación eléctrica	5
VII.8. Medidas de prevención	5
VII.8.1. Lugar de trabajo	5
VII.8.2. Obra civil	5
VII.8.3. Obra mecánica	6
VII.8.4. Trabajos con presencia de gas	6
VII.8.5. Instalación eléctrica	6
VII.9. Medidas de seguridad individuales.....	6
VII.10. Medidas de seguridad para trabajos especialmente peligrosos	7
VII.10. 1 Manipulación mecánica de cargas	7
VII.10.2. Trabajos en presencia de gas.....	8
VII.10.3. Trabajos eléctricos	9
VII.10.4. Trabajos de soldadura.....	10
VII.10.5. Trabajos de radiografiado	11
VII.11. Referencias.....	12



VII.1. Objeto

El objeto de este estudio es análisis de los distintos riesgos de accidente inherentes a la construcción de una planta satélite de gas natural licuado y sus instalaciones auxiliares, así como la definición de las medidas preventivas adoptadas para evitar estos. Se exponen unas directrices básicas de acuerdo con la legislación vigente, en cuanto a las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud, con las que se pretenden obtener los máximos niveles de seguridad en la ejecución de los distintos trabajos que es necesario realizar para llevar a cabo el proyecto al cual acompaña este documento.

VII.2. Justificación

De acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, “se requiere la redacción de un estudio básico de seguridad y salud ya que no se cumple ninguno de los siguientes supuestos:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 450.760,00 euros.
- b) No se cumple que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen estimado de mano de obra, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, no es superior a 500 días.
- d) No se trata de una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.”(1)

VII.3. Marco legal

La normativa aplicable a los trabajos es la siguiente:

“Ley de Prevención de Riesgos Laborales

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 10 de noviembre de 1995

Completada por:

- **Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico**

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de junio de 2001

Completada por:

- **Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo**

Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 18 de junio de 2003

Completada por:



- **Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Seguridad y Salud en los lugares de trabajo

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 25 de octubre de 1997

Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias

Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 5 de febrero de 2009

Utilización de equipos de protección individual EPI's

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 12 de junio de 1997

Manipulación de cargas

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Utilización de equipos de trabajo

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 7 de agosto de 1997"

VII.4. Datos generales

VII.4.1. Localización del entorno de la obra

La planta satélite de G.N.L se construirá en el polígono industrial "El Labradorcico" situado en el municipio de Águilas (Región de Murcia) tal como se ha indicado en la memoria del proyecto.

La ejecución de las obras tendrá lugar en una parcela de 4945 m² situada en la Calle de las Máscaras.

VII.4.2. Características generales de la obra

La parcela en la que tendrá lugar el desarrollo de la obra dispone de dos accesos a la vía pública. El terreno es llano y se considera industrial, encontrándose otras construcciones industriales como edificios colindantes.

Se dispondrá de acceso a suministro de electricidad, agua y red de saneamiento a través de la red municipal.

Las tareas principales a desarrollar son el movimiento de tierras, construcción de cimentaciones y estructuras, instalación de canalizaciones para gas natural y conexión de todos los equipos eléctricos y de control necesarios.

VII.4.3. Presupuesto

La ejecución de la obra tendrá un coste total de doscientos ochenta y un mil trescientos ochenta y seis euros con noventa y ocho céntimos.

VII.4.4. Plazo de ejecución

Las obras están previstas que se ejecuten en un periodo aproximado de 90 días.

VII.5. Medios de auxilio

Los heridos que así lo necesiten serán trasladados en ambulancia por personal sanitario mientras que los heridos leves podrán ser trasladados por otros medios, contando con la aprobación y bajo supervisión del trabajador designado como responsable de emergencias de la obra.

Será obligatoria la instalación de un cartel en un lugar con buena visibilidad con los datos de los principales centros sanitarios, bomberos, etc...

Según lo indicado en el RD 486/97, "se dispondrá en la obra de un botiquín que contenga como mínimo, desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables."(2)

En cuanto a los organismos externos de protección, la relación de los más cercanos a la localización de la obra es la siguiente:

Tabla 1. Datos generales de servicios de emergencia

Servicio	Ubicación	Distancia	Tiempo de llegada	Teléfono
Parque de bomberos	Calle Agente Miguel González Sánchez, 3, 30880 Águilas, Murcia	1,1 km	3 min	968447715
Centro de salud	Av. de la Democracia, s/n, 30880 Las Majadas, Murcia	2,9 km	5 min	968493350
Hospital Rafael Méndez	Ctra.N-340, 30813 Lorca, Murcia	38,4 km	33 min	968445500



VII.6. Descripción y localización del trabajo

Los trabajos descritos en este proyecto son los inherentes a la ubicación de un recipiente de almacenamiento de combustible (GNL) con su correspondiente cimentación, sus equipos auxiliares y el ensamblaje e interconexión de estos, la construcción de la red de canalización, elementos auxiliares y acometidas en general y, particularmente, los asociados a la ejecución del proyecto referenciado al cual se anexa este estudio. La localización, características y planos de la obra son los reflejados en dicho proyecto.

VII.7. Identificación de los riesgos

Para los trabajos objeto de este estudio los riesgos identificados son los que se enumeran a continuación:

VII.7.1. Lugar de trabajo

Los riesgos inherentes al lugar de trabajo durante todo el tiempo que dure la obra son:

- Accidentes debido al tránsito de vehículos, ya sean de la obra o no
- Estado de las condiciones de evacuación de la obra en caso de emergencia
- Exposición a las condiciones climatológicas
- Cercanía a otras actividades
- Accidentes causados por animales
- Caídas al mismo nivel y a distinto nivel

VII.7.2. Obra civil

Los riesgos presentes durante la construcción del cubeto serán:

- Maquinaria y vehículos de obra necesarios para la realización de los trabajos de excavación, demolición, relleno y reposición de zanjas.
- Cortes o golpes por el empleo de herramientas
- Derrumbamientos o desprendimientos de tierras
- Uso de equipos a presión
- Proyección de partículas y de polvo
- Exposición al ruido
- Pisadas sobre objetos
- Movimiento de materiales
- Vibraciones

VII.7.3. Obra mecánica

Durante la instalación de los elementos auxiliares de la planta los riesgos previstos son:

- Maquinaria y/o útiles específicos de trabajo
- Desplazamiento de maquinaria, herramientas y materiales
- Atropellos, vuelcos, atrapamientos por vehículos, máquinas o útiles de trabajo
- Caída de objetos en manipulación
- Golpes y atrapamientos por herramientas
- Proyección de partículas
- Exposición al ruido



- Contactos eléctricos
- Utilización de equipos a presión
- Utilización de equipos químicos
- Radiaciones ionizantes o no ionizantes

VII.7.4. Trabajos con presencia de gas

Solo está prevista la presencia de gas una vez terminada la construcción de la planta. Durante el proceso de comprobación de la planta los riesgos derivados del uso de gas son:

- Incendios
- Explosiones
- Asfixia por desplazamiento de aire

VII.7.5. Instalación eléctrica

- Contacto directo o indirecto con partes puestas en tensión accidentalmente
- Cortes y heridas provocados por objetos punzantes
- Proyección de partículas y polvo en los ojos
- Incendios

VII.8. Medidas de prevención

A continuación, se describen las medidas preventivas a adoptar para evitar los riesgos anteriormente mencionados.

VII.8.1. Lugar de trabajo

- Vallado perimetral de la parcela, señalización y control de accesos.
- Realización de zonas que permitan un fácil acceso y/o uso escaleras de mano para profundidad 1,2 m.
- Instalación de elementos de protección frente a inundaciones.
- Comprobación periódica de las condiciones de seguridad del recinto.
- Organización del lugar de trabajo, ordenado y limpio.
- Distancia de seguridad con otros servicios.
- Primer reconocimiento de las instalaciones en caso de desconocimiento de las mismas.

VII.8.2. Obra civil

- Entubamientos o taludes adecuados
- Almacenamiento de materiales y escombros alejados de las zonas excavadas.
- La maquinaria estará provista de estructura de protección contra vuelcos, caída de materiales, freno de seguridad y dispositivos de señalización ópticos y acústicos.
- Las herramientas y equipos de trabajo se usarán de forma correcta y por personal cualificado, debiendo estar en perfecto estado.
- Los martillos neumáticos dispondrán de aislamiento eléctrico y frente a vibraciones en las empuñaduras.
- Se guardarán una distancia de seguridad entre el personal y la maquinaria en las operaciones de excavación.
- Establecimiento de distancias de seguridad entre los distintos servicios



- Las operaciones de carga y descarga se realizarán correctamente.

VII.8.3. Obra mecánica

- Los equipos y herramientas de trabajo estarán en buen estado de conservación y se utilizarán de forma adecuada.
- La utilización de productos químicos se hará basándose en las medidas dadas en la ficha de seguridad.
- Se utilizarán las protecciones adecuadas contra las radiaciones ionizantes y no ionizantes.
- No se deambulará por otros servicios.
- Las distintas operaciones de manipulación de materiales y la carga y descarga de los mismos se hará de forma que no ponga en riesgo la seguridad, quedando terminantemente prohibida la permanencia de personal en el espacio vertical de la carga.
- Los equipos de presión serán utilizados solo por personal cualificado, con extremas precaución y estando los equipos en buen estado.

VII.8.4. Trabajos con presencia de gas

- Se proporcionarán medidores de la concentración de gas y oxígeno en los puntos problemáticos y susceptibles de presencia de gas.
- Una persona permanecerá en el exterior
- Se dispondrá de extintores a pie de obra
- Está prohibido fumar, encender fuego y se evitara en la medida de lo posible la realización de acciones que puedan generar chispas, como la utilización de radiales.
- Se prohíbe purgar a través de tubo de polietileno.

VII.8.5. Instalación eléctrica

- Instalación de cuadro de obra con instalaciones diferenciales y toma de tierra que protejan de contactos indirectos.
- Todas las cajas de conexiones, uniones, conducciones y conexiones serán estancas y antihumedad.
- Siempre que sea posible, se realizaran los trabajos eléctricos sin tensión. En el caso de que no fuera posible, estos se realizarían cumpliendo las normas de seguridad establecidas en el “Real Decreto 614 / 2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo.”(3)
- La iluminación provisional de obra, cuando sea necesaria su instalación, estará formada por lámparas alimentadas con muy baja tensión de seguridad MBTS (24V).
- Se comprobará el estado de los aislamientos eléctricos de los conductores presentes en las zonas de trabajo, previo al comienzo de estos.

VII.9. Medidas de seguridad individuales

En aquellos casos en los que las medidas de seguridad descritas anteriormente no fueran suficientes para evitar totalmente el riesgo, los trabajadores serán equipados con los equipos de protección individual necesarios en función del riesgo al que se encuentren expuestos.



Además de los citados casos, según el Anexo I de la “Guía técnica para la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual, Real Decreto 773/1997, se considera obligatorio el uso de los siguientes EPI’s en los siguientes casos:

- Guantes contra riesgos mecánicos en las operaciones o trabajos con riesgo para las manos.
- Calzado de protección para los trabajos propios de la obra.
- Gafas de seguridad en los trabajos donde se genera proyección de partículas.
- Protección acústica en las operaciones de picado de hormigón y en aquellos en los que se superan los 85 dB (A).
- Guantes dieléctricos para la manipulación de cables en tensión.
- Protección respiratoria en caso de deficiencia de oxígeno considerándose como tal cuando la concentración sea $< 19\%$.
- Protecciones adecuadas en los trabajos de soldadura eléctrica, autógena y oxicorte, trabajos de chorreado, etc...
- Dispositivos anticaídas en trabajos de riesgo de caída de más de 2m.
- La ropa de trabajo no será fácilmente inflamable, se considera como tal la de algodón, pero no las confecciones con fibras simétricas.
- Casco de protección para la cabeza cuando se trabaje a una profundidad tal que la cabeza quede por debajo del nivel del suelo.
- Vestuario adecuado contra las incidencias climatológicas en cada momento.”(4)

VII.10. Medidas de seguridad para trabajos especialmente peligrosos

A pesar de que ya se han descrito los riesgos laborales para los trabajadores y sus correspondientes medidas adoptadas, existen una serie de operaciones que por su peligrosidad requieren unas medidas preventivas de especial atención, sin perjuicio de lo ya establecido en apartados anteriores.

VII.10. 1 Manipulación mecánica de cargas

Según lo indicado en el Artículo 9, sobre buenas prácticas en las operaciones de elevación de cargas del Manual de Seguridad de los Útiles de Elevación de cargas publicado por el Ministerio de Empleo y Seguridad Social:

“todas las máquinas empleadas para la manipulación de cargas como es el caso de máquinas elevadoras, grúas, polipastos, carretillas, elevadores, etc., serán manejadas por personal cualificado y revidas antes de su empleo. El responsable debe revisar:

- Todos los cables, cadenas, cuerdas y eslingas.
- Los ganchos y los cierres de los mismos.
- El anclaje y/o apoyos del sistema de elevación.
- El sistema de elevación.
- Elementos del entorno que pudieran dificultar la maniobra para lo cual son útiles los pórticos de galibo.

Durante las maniobras de elevación y tiro deben seguirse las siguientes recomendaciones:

- No levantar la carga si las cadenas o cables están enredados.
- Antes de elevar la carga, tensar las eslingas, levantar la carga 10 cm y comprobar su buen amarre y equilibrio.



- No se manipularán los cables o cadenas con las manos.
- El transporte de la carga se realizará a la menor altura posible.
- Los vehículos y personas se situarán lo más alejados posible de los puntos de caída de la carga.
- Las maniobras de elevación y bajada de las cargas serán lo más suaves posibles, evitando movimientos bruscos y tirones.
- No se podrá permanecer bajo cargas suspendidas, ni en el entorno de movimiento de estas.
- Todo equipo de elevación llevará marcada la capacidad máxima de carga y en ningún caso se moverán cargas de peso superior a su máxima carga permitida.

Para la operación no se usarán aparejos que presenten signos de deterioro como nudos, torceduras permanentes o aplastamientos.

En el caso de grúas móviles y demás vehículos dotados de brazo telescópico, estos estarán debidamente apoyados antes de comenzar las operaciones de carga y descarga. Queda prohibido el desplazamiento de los equipos con cargas suspendidas.”(5)

VII.10.2. Trabajos en presencia de gas

Según se indica en el Anexo II.A sobre las “disposiciones mínimas destinadas a mejorar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores potencialmente expuestos a atmósferas explosivas de la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. Real Decreto 681/2003, de 12 de junio:

En general se considerarán operaciones de riesgo aquellas que impliquen alguno de los siguientes supuestos:

- Fuga de gas.
- Formación de mezclas inflamables gas-aire.
- Generación de puntos de ignición con posible presencia de gas

Todo trabajador que acceda a un área clasificada por riesgo de explosión debe ser informado acerca de los riesgos presentes en dicha área y recibir la formación adecuada. En concreto, todos los trabajadores que puedan acceder a un área clasificada deberían recibir formación e información sobre:

- El resultado de la evaluación de riesgos y medidas adoptadas sobre el riesgo de explosión.
- Manipulación correcta de las sustancias implicadas.
- Equipos y sistemas de protección a utilizar y manejo adecuado de los mismos.
- Actuaciones prohibidas en la zona (por ejemplo: trabajos en caliente, fumar...).
- Ropa de trabajo, equipos de protección individual, medios de protección colectivos, herramientas y equipos de trabajo permitidos y prohibidos en la zona.

Además, recibirán formación e información específica sobre las actividades que deban realizar en dichas zonas, así como sobre los procedimientos de trabajo que se hayan decidido en la evaluación de riesgos y sobre permisos de trabajo específicos impuestos en dichas áreas.

Se delimitará un área de seguridad alrededor de la zona de trabajo en los casos que exista riesgo de incendio o escape de gas.



Todo operario que muestre síntomas de comienzo de intoxicación o asfixia (zumbido en los oídos, mareos, etc.) interrumpirá su trabajo y se trasladará al aire libre. Si se observara algún síntoma de falta de coordinación en los movimientos o el habla, se le trasladara a zona segura y proporcionara asistencia respiratoria si fuera necesario.

Las operaciones de purgado y comprobación de las canalizaciones se realizarán con gas inerte y de forma que el gas se conduzca a un lugar seguro, tanto para evitar la formación de atmósferas explosivas en el entorno de trabajo como para evitar la proyección de partículas.”(6)

VII.10.3. Trabajos eléctricos

Según se indica en el “RD 614/2001 sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, todos los trabajos que conlleven un riesgo de contacto con elementos eléctricos deberán ser realizados siguiendo las 5 reglas de oro dadas en él:

- Desconectar.
- Prevenir cualquier posible realimentación.
- Verificar la ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en cortocircuito.
- Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Por norma general todos los trabajos serán realizados sin tensión, salvo en los siguientes casos:

- Las maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones cuya naturaleza así lo exija, tales como por ejemplo la apertura y cierre de interruptores o seccionadores, la medición de una intensidad, la realización de ensayos de aislamiento eléctrico, o la comprobación de la concordancia de las fases.
- Los trabajos en, o en proximidad de instalaciones cuyas condiciones de explotación o de continuidad del suministro así lo requieran.”(3)

Dichos trabajos serán realizados conforme a las técnicas y procedimientos establecidos en el “Anexo III ,Trabajos en tensión, del RD 614/2001”(3).

“Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.

El método de trabajo empleado, los equipos los materiales empleados deberán asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico, garantizando en particular, que el trabajador no pueda contactar accidentalmente con cualquier otro elemento a potencial distinto al suyo.

Entre los equipos y materiales citados se encuentran:

- Los accesorios aislantes (pantallas, cubiertas, vainas, etc.) para el recubrimiento partes activas o masas.
- Los útiles aislantes o aislados (herramientas, pinzas, puntas de prueba, etc.).
- Los equipos de protección individual frente a riesgos eléctricos tales como guantes aislantes, guantes ignífugos o calzado de seguridad.”(3)



En el caso de condiciones climatológicas adversas como el caso de lluvias, rachas de viento, nieve, tormentas o cualquier otra situación similar, los trabajos en tensión se verán suspendidos.

En el caso de trabajos eléctricos realizados en zonas con posible presencia de gas, tales como cámaras de válvulas o ERM, estos serán realizados por personal cualificado comprobando previamente la no presencia de gas en el ambiente y empleando equipos de trabajo con marcado ATEX. Se comprobará además previamente el buen estado de los equipos de extinción, siendo preferible el empleo de extintores de tipo polvo ABC.

VII.10.4. Trabajos de soldadura

Los trabajos de soldadura se basarán principalmente en la unión de las distintas canalizaciones de acero, pudiendo realizarse tanto con soldadura eléctrica como con soldadura oxiacetilénica, mientras que el corte de los tubos solo se realizara con esta última.

En general, para los trabajos de soldadura se tendrán en cuenta las siguientes indicaciones:

- No se realizará ningún trabajo en cualquier espacio cerrado que contenga elementos inflamables o exista riesgo de explosión.
- Durante el desarrollo de los trabajos de soldadura o corte, el soldador deberá estar equipado con, como mínimo gafas o pantalla de protección facial adecuadas al corte o al tipo de soldadura específico, guantes y delantal de soldadura, polainas y calzado apropiado.
- El soldador auxiliar deberá disponer del mismo equipo cuando se encuentre situado en la zona en la que se está soldando.

Soldadura eléctrica

Según las normas de seguridad de soldadura eléctrica al arco “La soldadura se realizará sobre una base sólida y apoyada sobre objetos estables. El cable de soldar se sostendrá sobre una mano y la soldadura se ejecutará con la otra. Los cables no deben someterse a intensidades de corriente superiores a su capacidad nominal.

Los portaelectrodos se almacenarán secos en lugares donde no puedan estar en contacto con trabajadores, combustibles o posibles fugas de gas. En caso de estar húmedos, se deben secar antes de su uso.

Cuando el trabajo se deba interrumpir durante un periodo de tiempo prolongado, se deben quitar todos los electrodos de sus soportes, desconectando el puesto de soldar de la fuente de alimentación.

La escoria depositada en las uniones tras la soldadura se debe picar y limpiar. La ropa de trabajo será de material ignífugo. Durante dicho proceso, el trabajador debe estar equipado con gafas de seguridad o pantalla protectora.

Las mangas serán largas con los puños ceñidos a la muñeca, además llevará un collarín que proteja el cuello. Es conveniente que no lleven bolsillos y en caso contrario se podrán cerrar herméticamente. El soldador debe tener cubiertas todas las partes del cuerpo antes de iniciar los trabajos de soldadura.”(7)



Soldadura autógena u oxiacetilénica, acetilénica, oxicorte.

En este caso, las pautas a seguir vienen indicadas por la Norma NTP 495 sobre soldadura oxiacetilénica y oxicorte, siendo de especial interés los siguientes segmentos:

“Se prohíben los trabajos de soldadura y corte en locales donde se almacenen materiales inflamables, combustibles, donde exista riesgo de explosión o en el interior de recipientes que hayan contenido sustancias inflamables, para lo que se comprobara con la ayuda de un medidor de atmósferas peligrosas (explosímetro), la ausencia total de gases.

No utilizar el oxígeno para limpiar o soplar piezas o tuberías, etc., o para ventilar una estancia, pues el exceso de oxígeno incrementa el riesgo de incendio.

Los grifos y los manorreductores de las botellas de oxígeno deben estar siempre limpios de grasas, aceites o combustible de cualquier tipo. Las grasas pueden inflamarse espontáneamente por acción del oxígeno.

Después de una parada larga o en el inicio del trabajo se purgarán las conducciones y el soporte antes de aplicar la llama. Las botellas de gases no se deben vaciar por completo para evitar la posible entrada de aire. Una vez agotadas, se guardarán cuidando que no se confundan con las que están todavía llenas.

Ante una fuga o incendio fortuito en el equipo de soldadura, antes de intentar sofocarlo, se procederá a cerrar rápidamente las válvulas de alimentación.”(8)

VII.10.5. Trabajos de radiografiado

Los trabajadores encargados de la realización de los trabajos estarán expuestos a radiaciones por lo que previamente deben recibir formación en protección radiológica de acuerdo al puesto que desempeñan.

Se controlará que la dosis recibida por estos trabajadores sea inferior a las dosis máximas permitidas por el “Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes” mediante un seguimiento mensual dosimétrico. Todos los trabajadores expuestos a la radiación deberán someterse a un reconocimiento médico anual con un protocolo medico personalizado.

El operario encargado del manejo del aparato deberá sr un técnico competente en la materia, siendo necesario disponer de la Licencia de Operador emitida por el Consejo de Seguridad Nuclear.

En general, se procurará alejar al máximo la fuente de emisión de los trabajadores, a la vez que se reducen los tiempos de exposición y numero de operarios implicados al mínimo necesario.

Queda prohibida la exposición a radiaciones ionizantes a menores de 18 años, mujeres embarazadas y a personal vulnerable.

El operario comprobara la zona de trabajo y señalizara con carteles normalizados todos los caminos que permitan el acceso previamente a comenzar a trabajar con radiaciones ionizantes. Al terminar el trabajo, el operario comprobara que la fuente de rayos X ha sido desactivada utilizando un radiómetro.

Todo el personal deberá permanecer fuera de la zona de trabajo cuando se realicen las radiografías, y en caso de que simultáneamente se estén realizando trabajos de soldadura, se utilizara protección ocular.



El transporte de los equipos a la obra se realizará en contenedores homologados, con marcado CE.

Sera necesaria la presencia de dos operarios cualificados para el procedimiento de operación y los requerimientos de seguridad, disponiendo ambos trabajadores de dosímetro individual.

VII.11. Referencias

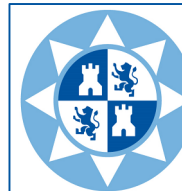
1. "Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. RD 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. Subvenciones al empleo Trab interés Gen [Internet]. 1997;12. Available from: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_276.pdf"
2. "Boletín Oficial del Estado (B.O.E.). Real Decreto 486/1997, Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Minist Trab y Asuntos Soc [Internet]. 2004;97:1–14. Available from: boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8669-consolidado.pdf"
3. "Presidencia M de la. Real Decreto 614 / 2001 , de 8 de junio , sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Boletín Of del Estado [Internet]. 2001;148:21970–7. Available from: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2001/BOE-A-2001-11881-consolidado.pdf>"
4. "Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Guía técnica para la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual. Real Decreto 773/1997. 2012;71. Available from: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/epi.pdf>"
5. "Amaral G, Bushee J, Cordani UG, KAWASHITA K, Reynolds JH, ALMEIDA FFMDE, et al. Manual de Seguridad de los Útiles de Elevación de cargas. J Petrol [Internet]. 2013;369(1):126. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003><https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12.018><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2011.08.005><http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2014.902757><http://dx.doi.org/10>"
6. "Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. Real Decreto 681/2003, de 12 de junio. Inst Nac Segur e Hig en el Trab [Internet]. 2003;1–103. Available from: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/ATM%20SFERAS EXPLOSIVAS.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/ATM%20SFERAS%20EXPLOSIVAS.pdf)"
7. "José Tamborero del Pino. NTP 494: Soldadura eléctrica al arco: normas de seguridad Arc Welding: Safety Standards Soudage électrique à l'arc: normes de sécurité Redactor. 1998; Available from: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_494.pdf"
8. "Pino JMT del. NTP 495 : Soldadura oxiacetilénica y oxicorte : normas de seguridad. Minist Trab y asuntos Soc España. 1998;"

DOCUMENTO nº2:
PLANOS



INDICE DE PLANOS

1. PLANO DE SITUACIÓN
2. PLANO DE EMPLAZAMIENTO
3. LAY – OUT
4. DISTRIBUCCIÓN DEL CUBETO
5. CLASIFICACIÓN DE ZONAS ATEX
6. DIAGRAMA DE PROCESO
7. DISTANCIAS DE SEGURIDAD
8. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS
9. ESQUEMA UNIFILAR ELÉCTRICO



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
Dpto. Estructuras, Construcción y Expresión Gráfica

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE DISEÑO Y DIMENSIONADO DE UNA PLANTA SATÉLITE DE GAS NATURAL
LICUADO (G.N.L.) Y SUS INSTALACIONES SECUNDARIAS

PLANO	SITUACIÓN		PLANO nº
ESCALA	1:25000	JUAN PATRICIO AGUILAR MARTÍNEZ	1
FECHA	06/08/2020		

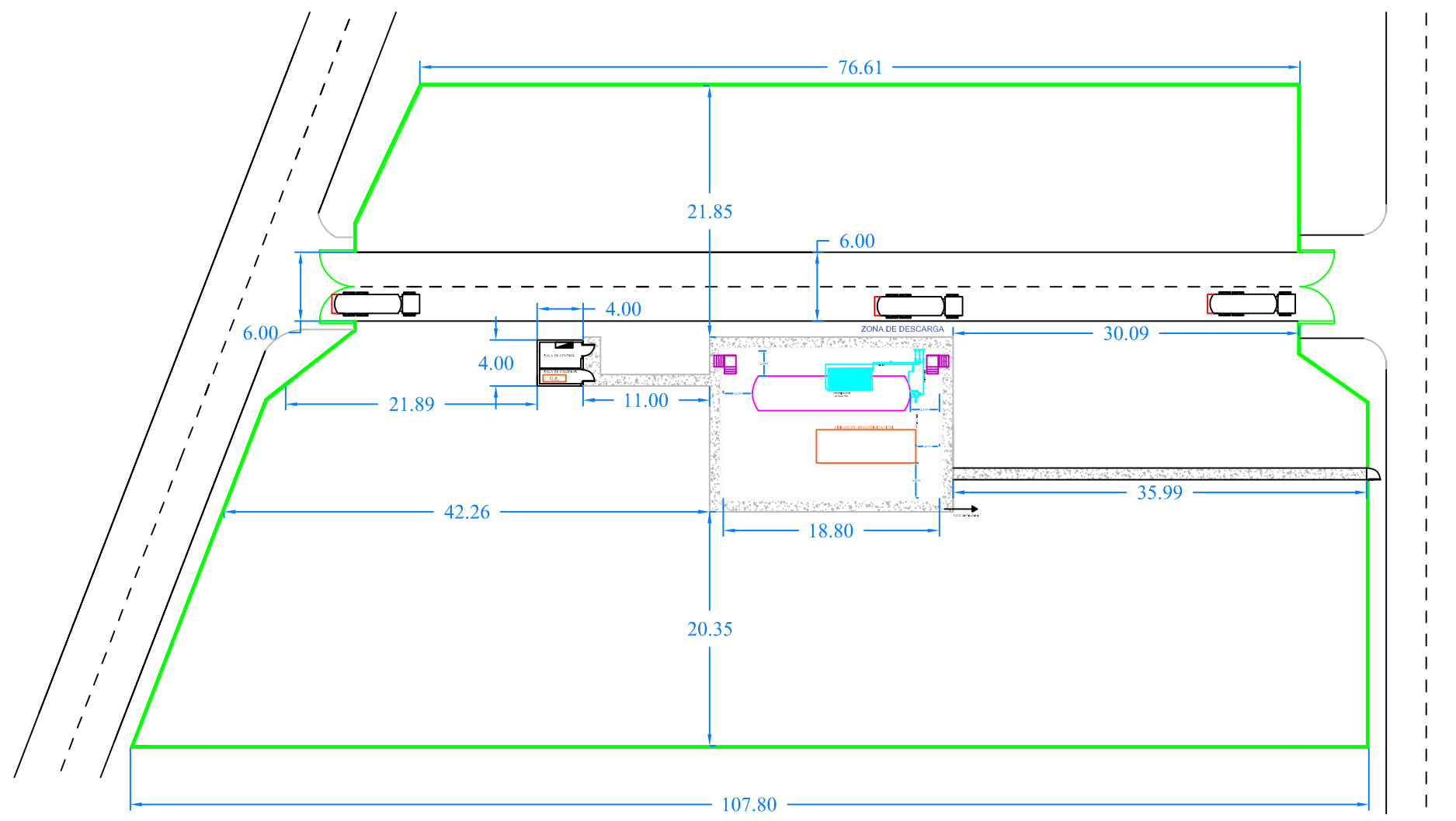


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
Dpto. Estructuras, Construcción y Expresión Gráfica

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE DISEÑO Y DIMENSIONADO DE UNA PLANTA SATÉLITE DE GAS NATURAL LICUADO (G.N.L.) Y SUS INSTALACIONES SECUNDARIAS

PLANO	EMPLAZAMIENTO		PLANO nº
ESCALA	1:5000	JUAN PATRICIO AGUILAR MARTÍNEZ	2
FECHA	06/08/2020		

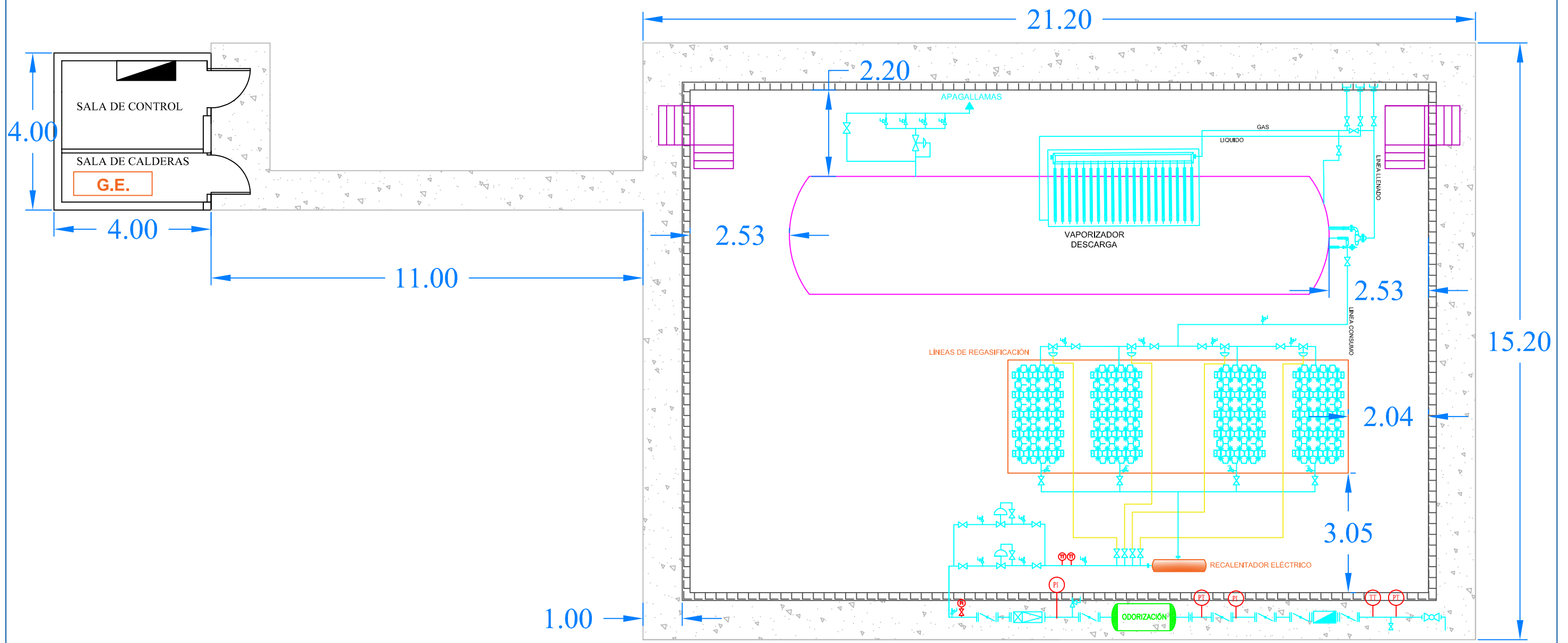


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
 Dpto. Estructuras, Construcción y Expresión Gráfica

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

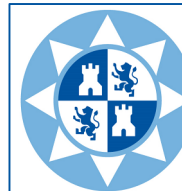
PROYECTO DE DISEÑO Y DIMENSIONADO DE UNA PLANTA SATÉLITE DE GAS NATURAL LICUADO (G.N.L.) Y SUS INSTALACIONES SECUNDARIAS

PLANO	LAY - OUT		PLANO nº
ESCALA	1:500	JUAN PATRICIO AGUILAR MARTÍNEZ	3
FECHA	06/08/2020		



LEYENDA

	VALVULA MANUAL		PI - INDICADOR DE PRESION
	VALVULA MOTORIZADA		TI - INDICADOR DE TEMPERATURA
	CONEXIÓN MANGUERAS		TT - TRANSMISOR DE TEMPERATURA
	VALVULA APERTURA POR PRESION		PT - TRANSMISOR DE PRESION
	VALVULA DE SEGURIDAD		CUADRO ELÉCTRICO
	VALVULA ANTIRRETORNO		REGULADOR
	SEPARADOR DIELECTRICO		CONTADOR

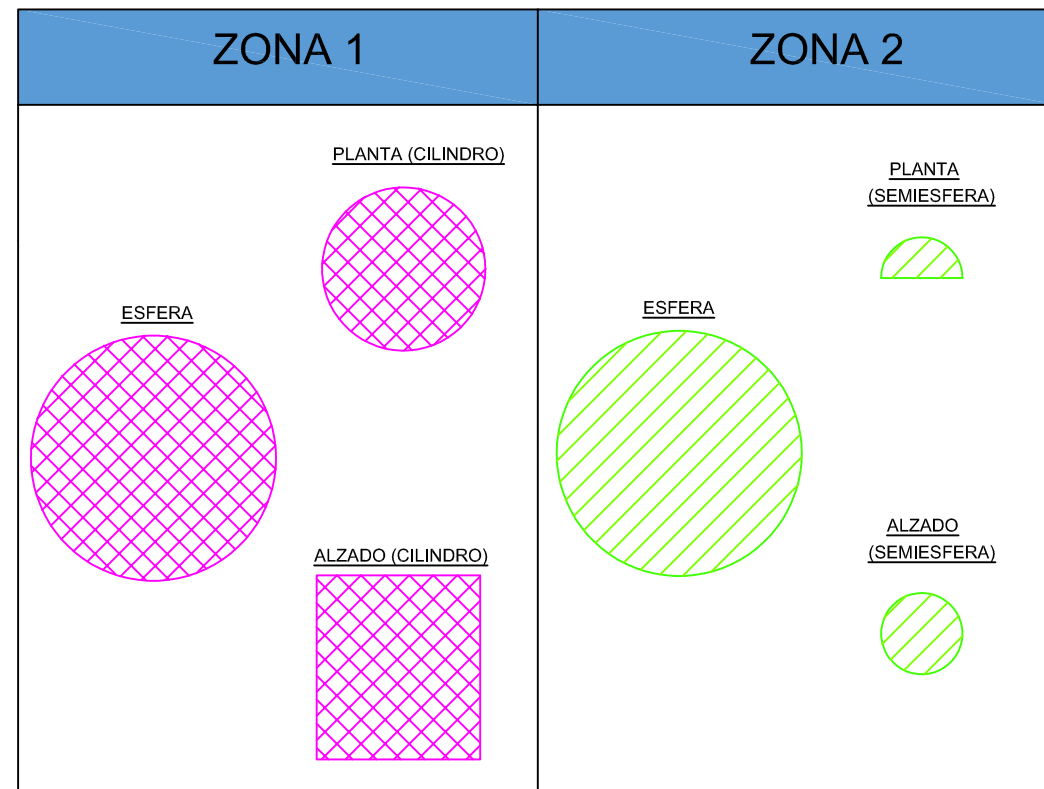


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
Dpto. Estructuras, Construcción y Expresión Gráfica

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

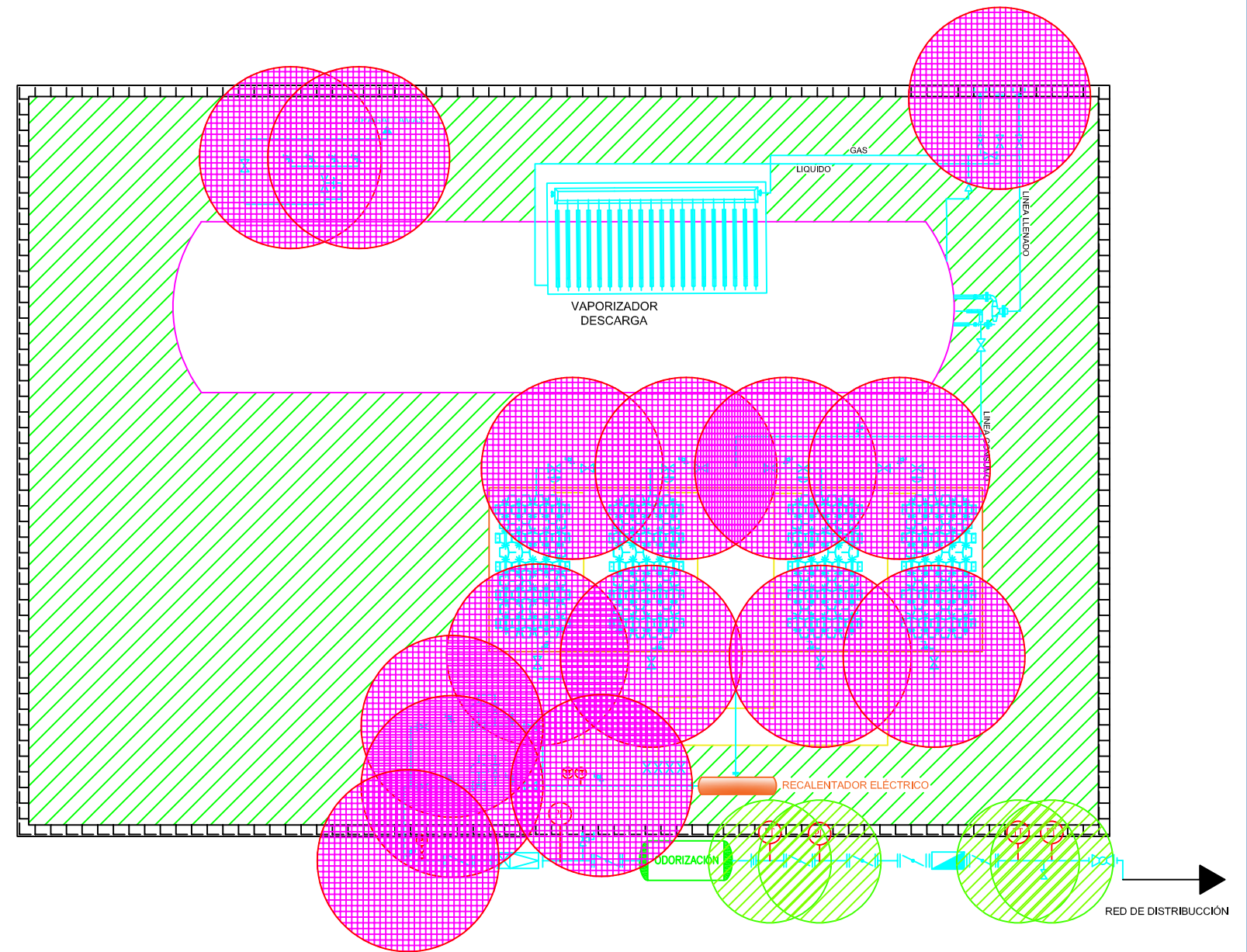
PROYECTO DE DISEÑO Y DIMENSIONADO DE UNA PLANTA SATÉLITE DE GAS NATURAL LICUADO (G.N.L.) Y SUS INSTALACIONES SECUNDARIAS

PLANO	LAY - OUT CUBETO		PLANO nº
ESCALA	1:100	JUAN PATRICIO AGUILAR MARTÍNEZ	4
FECHA	06/08/2020		



ZONA 1: ZONA EN LA QUE SE PREVEE QUE PUEDAN PRODUCIRSE ESCAPES DE GAS DE FORMA OCASIONAL O PERIODICA DURANTE EL FUNCIONAMIENTO NORMAL DE LAS INSTALACIONES.

ZONA 2: ZONA EN LA QUE NO SE PREVEE QUE PUEDAN PRODUCIRSE ESCAPES DE GAS EN FUNCIONAMIENTO NORMAL DE LAS INSTALACIONES Y QUE EN CASO DE PRODUCIRSE ES INFRECUENTE Y DE CORTA DURACION.



CLASIFICACION AREAS PELIGROSAS		
FUENTE ESCAPE	TIPO ZONA	EXTENSION
CUBETO	ZONA 2	INTERIOR CUBETO HASTA PARTE SUPERIOR DEPOSITO
LINEA DE GAS DESDE CUBETO HASTA ZONA THT	ZONA 2	SEMIESFERA DE 2,0 m DE RADIO EN TORNO A LOS ELEMENTOS DE UNION Y CILINDRO DE 4,5 m DE ALTURA (1,5 m POR DEBAJO DEL ESCAPE)
VENTEO DEPOSITO GNL / CISTERNA DESCARGA	ZONA 1	CILINDRO DE 2,0 m DE RADIO Y 4,5 m DE ALTURA (3,0 m POR ENCIMA Y 1,5 m POR DEBAJO DE FUENTE DE ESCAPE)
CUARTO DE REGULACION	ZONA 1	INTERIOR ESTACION DE REGULACION Y MEDIDA
VENTEO E.R.M.	ZONA 1	CILINDRO DE 2,0 m DE RADIO Y 4,5 m DE ALTURA (3,0 m POR ENCIMA Y 1,5 m POR DEBAJO DE FUENTE DE ESCAPE)
CONEXIÓN DE SENSORES	ZONA 2	CILINDRO DE 2,0 cm DE RADIO Y 4,5 m DE ALTURA (3,0 m POR ENCIMA Y 1,5 m POR DEBAJO DE FUENTE DE ESCAPE)
CUARTO ELECTRICO	NO CLASIFICADA	-----

CLASIFICACION DE EMPLAZAMIENTOS PELIGROSOS SEGUN NORMA UNE-EN 60079 PARTE 10.

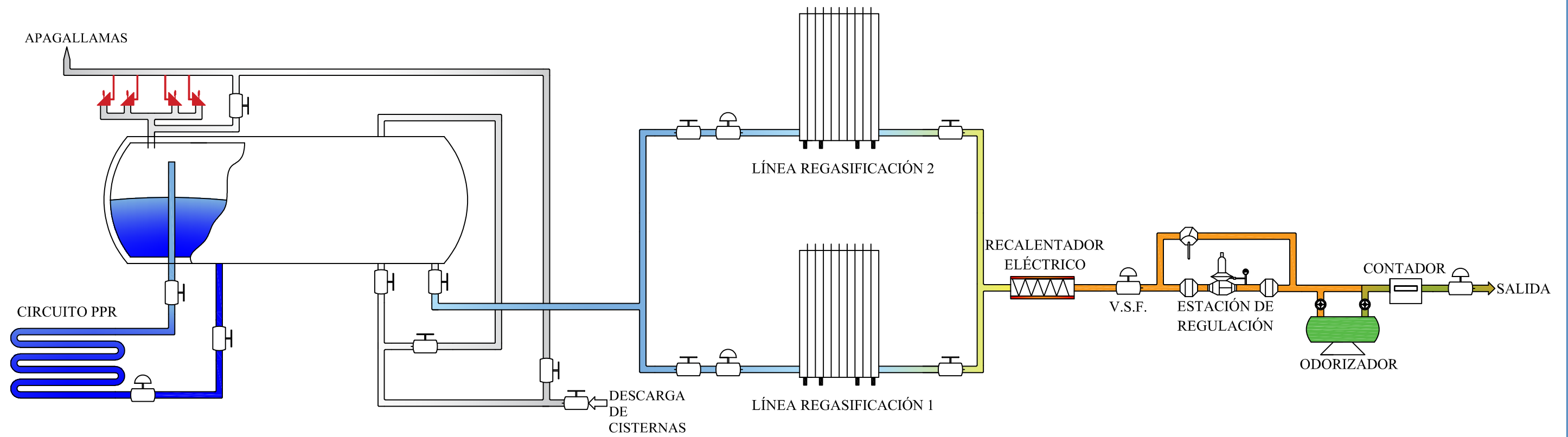


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
Dpto. Estructuras, Construcción y Expresión Gráfica

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE DISEÑO Y DIMENSIONADO DE UNA PLANTA SATÉLITE DE GAS NATURAL LICUADO (G.N.L.) Y SUS INSTALACIONES SECUNDARIAS

PLANO	SITUACIÓN ZONAS ATEX		PLANO nº
ESCALA	1:100	JUAN PATRICIO AGUILAR MARTÍNEZ	5
FECHA	06/08/2020		

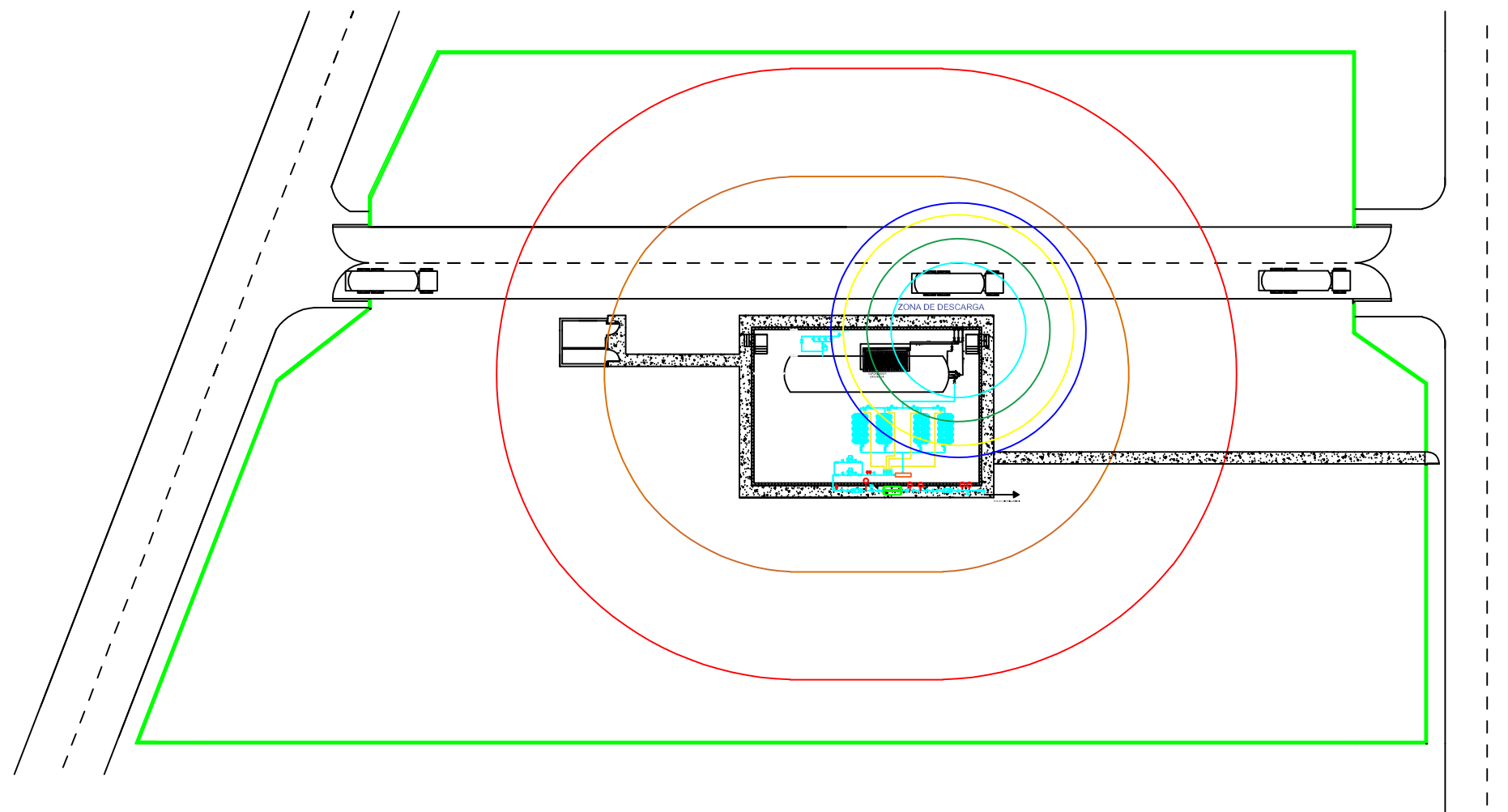


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
Dpto. Estructuras, Construcción y Expresión Gráfica

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE DISEÑO Y DIMENSIONADO DE UNA PLANTA SATÉLITE DE GAS NATURAL LICUADO (G.N.L.) Y SUS INSTALACIONES SECUNDARIAS

PLANO	DIAGRAMA DE PROCESO	PLANO nº
ESCALA	JUAN PATRICIO AGUILAR MARTÍNEZ	6
FECHA	06/08/2020	



DISTANCIAS DE SEGURIDAD (SEGUN NORMA UNE 60210:2018)

CLASE C – CAPACIDAD A PARTIR DE 20m HASTA 60m cúbicos

A	ABERTURAS DE INMUEBLES, SOTANOS, ALCANTARILLAS O DESAGÜES	15 mts.
B	MOTORES, INTERRUPTORES (NO ANTIDFLAGRANTES), DEPOSITOS DE MATERIALES INFLAMABLES	15 mts.
C	PROYECCION LINEAS ELECTRICAS	15 mts.
D	LIMITE DE PROPIEDAD, VIAS PUBLICAS, CARRETERAS, FERROCARRILES, FOCOS FIJOS DE INFLAMACION	15 mts.
E	ABERTURAS DE EDIFICIOS DE PÚBLICA CONCURRENCIA, USO ADMINISTRATIVO, DOCENTE, COMERCIAL	24 mts.

CLASE A – DISTANCIA DE LA ZONA DE CONEXION FIJA DE MANGUERAS DE DESCARGA

A'	ABERTURAS DE INMUEBLES, SOTANOS, ALCANTARILLAS O DESAGÜES	5 mts.
B'	MOTORES, INTERRUPTORES (NO ANTIDFLAGRANTES), DEPOSITOS DE MATERIALES INFLAMABLES	5 mts.
C'	PROYECCION LINEAS ELECTRICAS	10 mts.
D'	LIMITE DE PROPIEDAD, VIAS PUBLICAS, CARRETERAS, FERROCARRILES, FOCOS FIJOS DE INFLAMACION	7 mts.
E'	ABERTURAS DE EDIFICIOS DE PÚBLICA CONCURRENCIA, USO ADMINISTRATIVO, DOCENTE, COMERCIAL	9 mts.

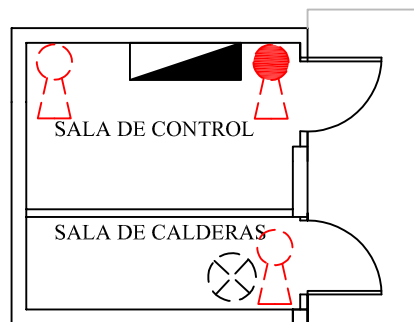


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
Dpto. Estructuras, Construcción y Expresión Gráfica

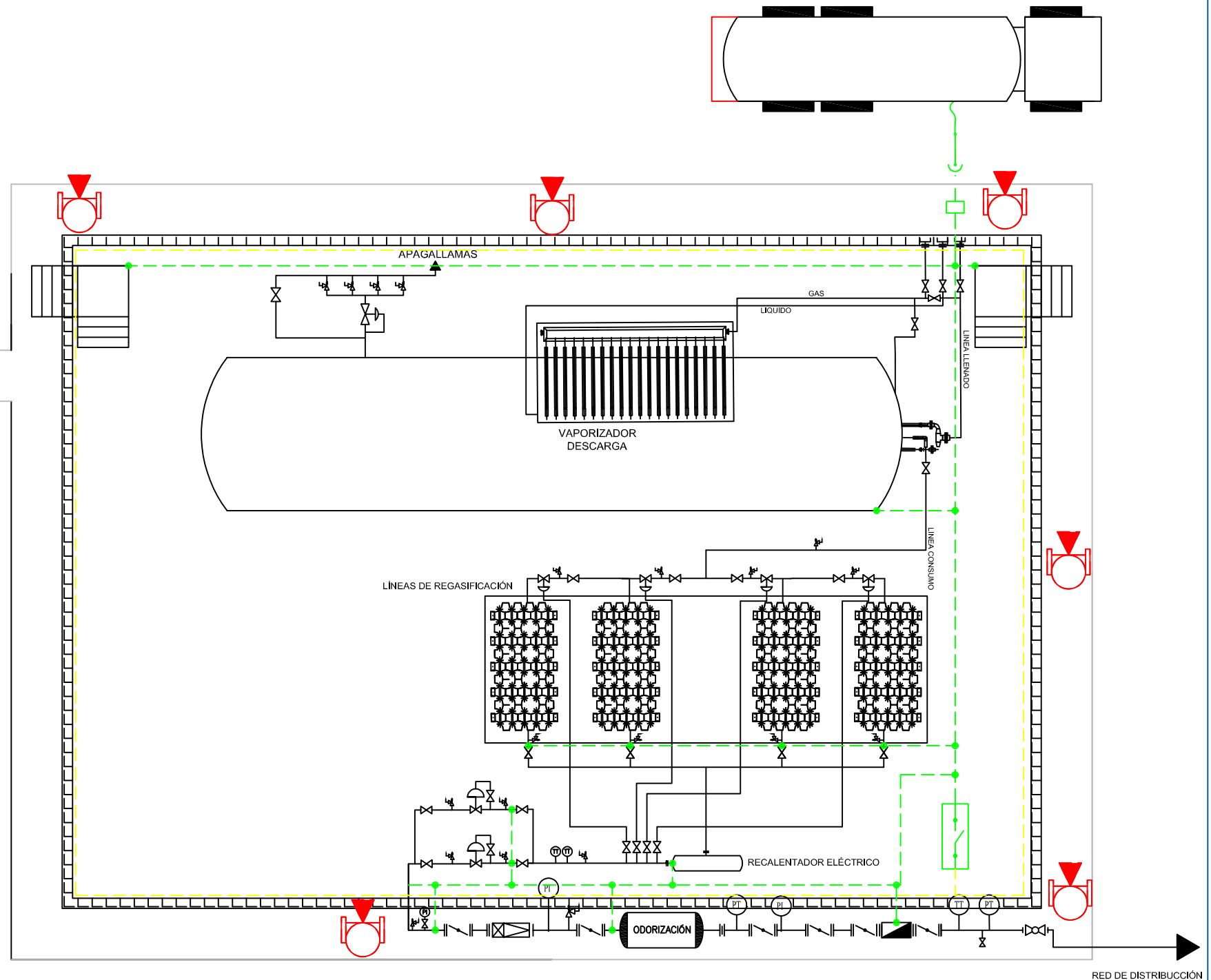
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE DISEÑO Y DIMENSIONADO DE UNA PLANTA SATÉLITE DE GAS NATURAL LICUADO (G.N.L.) Y SUS INSTALACIONES SECUNDARIAS

PLANO	DISTANCIAS DE SEGURIDAD		PLANO nº
ESCALA	1:500	JUAN PATRICIO AGUILAR MARTÍNEZ	7
FECHA	06/08/2020		



LEYENDA	
	CABLE DESNUDO DE 35 mm ² .
	CABLE DESNUDO ENTERRADO DE 35 mm ² .
	SECCIONADOR DE PUESTA A TIERRA
	CONEXION EXTENSIBLE PARA CISTERNA
	SOLDADURA ALUMINOTERMICA O UNION EN T PARA CABLE DE 35x35x35mm ² .
	EXTINTOR POLVO ABC 12 Kg
	EXTINTOR 5 Kg DE CO ₂
	DETECTOR DE GAS
	EXTINTOR DE 50 Kg POLVO SECO SOBRE CARRO (6 Uds.)



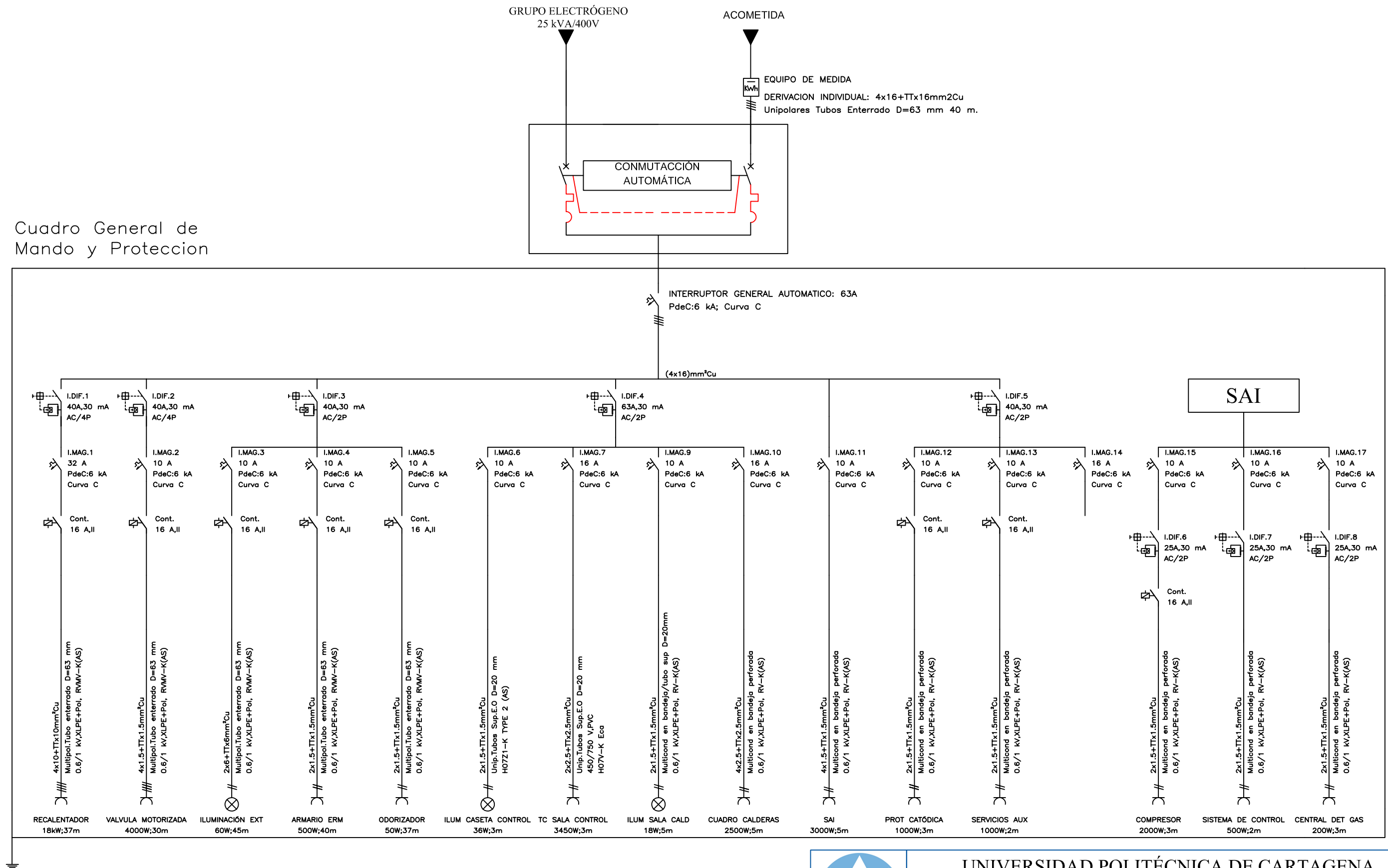
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
Dpto. Estructuras, Construcción y Expresión Gráfica

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE DISEÑO Y DIMENSIONADO DE UNA PLANTA SATÉLITE DE GAS NATURAL LICUADO (G.N.L.) Y SUS INSTALACIONES SECUNDARIAS

PLANO	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS		PLANO n°
ESCALA	1:100	JUAN PATRICIO AGUILAR MARTÍNEZ	
FECHA	06/08/2020	8	

Cuadro General de Mando y Protección



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
Dpto. Estructuras, Construcción y Expresión Gráfica

GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE DISEÑO Y DIMENSIONADO DE UNA PLANTA SATÉLITE DE GAS NATURAL LICUADO (G.N.L.) Y SUS INSTALACIONES SECUNDARIAS

PLANO	ESQUEMA UNIFILAR ELÉCTRICO	PLANO nº
ESCALA	JUAN PATRICIO AGUILAR MARTÍNEZ	9
FECHA	06/08/2020	

**DOCUMENTO nº3:
PLIEGO DE CONDICIONES
TÉCNICAS**



INDICE DE CONTENIDO

DOCUMENTO III. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	1
1. Materiales empleados.....	1
2. Normas de ejecución de las obras	2
2.1. Obra civil.....	2
2.2. Obra mecánica del módulo de regasificación	3
2.3. Soldadura	3
3. Condiciones de mantenimiento	4
4. Libro de certificados.....	4
5. Empresa instaladora.....	4
6. Ensayos y pruebas reglamentarias.....	5
6.1. Prueba de estanqueidad y mecanismos de seguridad del depósito.....	5
6.2. Pruebas de funcionamiento y tarado de estación de regulación	5
6.3. Puesta en servicio de regasificadores atmosféricos	6
6.4. Puesta en frío de la planta	7
7. Referencias.....	8

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales empleados en contacto con GNL.(1).....	1
Tabla 2. Materiales empleados que no se encuentran en contacto con GNL.(1).....	1

1. Materiales empleados

Debido a las bajas temperaturas a las que estarán en servicio continuo, los materiales empleados en los equipos en contacto con GNL deberán poseer una elevada resistencia a la rotura frágil. De acuerdo con las tablas 3 de la norma “UNE-EN ISO 16903”, algunos ejemplos de materiales válidos para su funcionamiento en contacto con GNL serían(1):

Material	Utilización general
Acero inoxidable tipo 304L	Recipiente o tuberías en contacto con GNL
Acero 9% Ni	Depósitos
Aleaciones de níquel o ferroníquel	Depósitos, tuercas y tornillos
Acero Fe – 36% Ni	Tubos, depósitos
Aleaciones de Aluminio	Depósitos, intercambiadores de calor
Cobre y aleaciones de cobre	Juntas, superficies de desgaste
Elastómeros	Juntas, juntas de estanquidad
Hormigón (pretensado)	Depósitos
Grafito	Juntas, prensaestopas
Fluoretileno propileno (FEP)	Aislamiento eléctrico
Politetrafluoretileno (PTFE)	Juntas, prensaestopas, superficies de apoyo

Tabla 1. Materiales empleados en contacto con GNL.(1)

En cuanto a los materiales empleados que no se encuentran en contacto directo con GNL durante su operación normal, “la tabla 4 de la norma UNE -EN ISO 16903 nos indica algunos ejemplos”(1):

Material	Utilización general
Acero inoxidable de baja aleación	Rodamiento de bolas
Hormigón (pretensado, reforzado)	Depósitos
Hormigón coloidal	Cubetas de retención
Silicato de calcio	Cubetas de retención
Elastómero	Masilla, cola
Lana de vidrio	Aislamiento térmico
Mica exfoliada	Aislamiento térmico
Cloruro de polivinilo	Aislamiento térmico
Poliestireno	Aislamiento térmico
Poliuretano	Aislamiento térmico
Espuma de vidrio celular	Aislamiento térmico
Perlita	Aislamiento térmico

Tabla 2. Materiales empleados que no se encuentran en contacto con GNL.(1)

En cuanto al material eléctrico utilizado, según la norma UNE 60079-10 “todos los elementos ubicados en las zonas 1 y 2 serán de categoría 2. El modo de protección de los distintos componentes será el siguiente:

- El interruptor de conexión de la pinza de puesta a tierra de cisternas estará situado en caja antideflagrante.
- Los transmisores y electroválvulas serán de tipo antideflagrantes y/o con seguridad intrínseca.
- Los cables serán de tipo armado (corona de hilos) o según normativa de seguridad intrínseca.
- Los prensaestopas serán de doble cierre EEx o según normativa de seguridad intrínseca.



- El armario de control de la planta será Ex II2 G, si se ubica en zona clasificada.”(2)

Todos los materiales y equipos constituyentes de la instalación deberán cumplir las condiciones que, para cada uno de ellos, se recoge en el Proyecto de ejecución, siendo potestad del Director Facultativo retirar, desmontar o reemplazar, dentro de cualquiera de las etapas de la instalación, los productos, elementos o dispositivos que a su entender no satisfagan dichas condiciones.

No se señalan las características constructivas de aquellos equipos de fabricación normalizada, siendo estos determinados por marca y modelo. En el resto de casos los materiales de una calidad que garantice el correcto funcionamiento para el que han sido instalados, siendo productos de fabricantes de garantía.

Se admite la sustitución de las marcas y modelos fijados en el proyecto siempre y cuando la dirección técnica apruebe dicho cambio, para lo que la calidad de los nuevos materiales propuestos sea similar a los fijados en el proyecto.

En el caso de que el instalados desee realizar alguna sustitución, este deberá justificar el cambio acompañando la solicitud a la Dirección técnica de datos técnicos tales como catálogos, tablas de características, etc... que acrediten que la calidad del equipo propuesto es similar a la del equipo que sustituye, así como su idoneidad para las exigencias previstas.

En cualquier caso, la Dirección Técnica se reserva el derecho de rechazar la sustitución propuesta, si a su juicio, considera que el material o equipo propuesto por el instalador va en perjuicio de la calidad, necesidades o exigencias de la instalación.

A pesar de la aceptación por parte de la Dirección técnica del cambio propuesto, esta no exime al instalador de la responsabilidad contraída al realizar la sustitución. Por tanto, si durante el transcurso de la instalación del equipo, durante las pruebas a realizar o en el periodo de garantía se observa que dicho equipo o material no cumple de forma satisfactoria su misión, resulta inadecuado para las necesidades o no cumple las exigencias, el instalador está obligado a realizar las sustituciones, modificaciones o ampliaciones que la Dirección técnica considere necesarias para conseguir los resultados pretendidos en el trabajo original sin que ello suponga un sobrecoste a la Propiedad.

2. Normas de ejecución de las obras

2.1. Obra civil

Consistirá en la construcción del cubeto antiderrames, la base que albergará el depósito, los módulos regasificadores, la caseta que contendrá el cuadro de control y los restante elementos auxiliares de la planta, así como el vallado perimetral de 2 metros de altura, accesos y viales de circulación de las cisternas.

Excepto el cuadro de control, el resto de elementos se instalarán a la intemperie.

El diseño del cubeto antiderrames y la disposición de las instalaciones auxiliares se hará de acuerdo a las indicaciones de la norma UNE 60210-15 respecto a las condiciones de accesibilidad, características del cubeto y distancias de seguridad.(3)

El terreno se preparará para la construcción del cubeto, para los que se realizaran los movimientos de tierra necesarios de forma que las cotas y rasantes sean las adecuadas para la construcción.



El diseño de la cimentación debe considerar los derrames de GNL, los incendios y la posible duración del derrame o del incendio. En las cimentaciones de los módulos de regasificaciones se deberá de añadir el aditivo correspondiente al hormigón para que mejore sus propiedades mecánicas frente a las bajas temperaturas debido a la presencia de hielo en los vaporizadores.

Los cerramientos del cubeto serán de bloques de hormigón y tendrán una altura mínima de 0,6 metros desde la base del cubeto.

Con el fin de permitir una rápida evacuación del cubeto se instalarán dos escaleras de acceso situadas en lados opuestos.

2.2. Obra mecánica del módulo de regasificación

El módulo de regasificación y sus elementos auxiliares llegan a obra completamente montados y con el mayor número de pruebas realizadas en fabrica con el fin de reducir los tiempos de ejecución. Las laboras de montaje, tanto eléctrico como mecánico, serán muy limitadas y se reducen principalmente a trabajos de soldadura.

Las uniones se realizarán con bridas aptas para el trabajo a bajas temperaturas, debiéndose prever las conexiones necesarias para el sistema de venteo y purga necesaria durante las pruebas, la puesta en gas y durante la fase de explotación y mantenimiento, siendo todo el proceso efectuado por una empresa especializada en la realización de trabajos criogénicos y en equipos a presión.

2.3. Soldadura

De forma previa al inicio de los trabajos de soldadura, se presentarán los procedimientos de soldadura según se indica en la norma UNE-EN ISO 15614-1:2018(4) y las homologaciones de los soldadores según la norma UNE-EN ISO 9606-1:2017(5).

El procedimiento a seguir siempre que sea posible en las uniones soldadas será el siguiente:

- Soldadura con T.I.G. para uniones de tuberías de como máximo tipo DN 25.
- En el caso de tuberías con un diámetro superior al anterior, se realizará una primera pasada con T.I.G. y posteriormente varias pasadas de electrodo revestido GTAW como relleno.

“Se dispondrá de un registro de todos los materiales aportados, con sus correspondientes certificados según lo indicado en la norma UNE-EN 10204 sobre productos metálicos.”(6)

Para comprobar la correcta ejecución de las uniones B.W. se procederá a realizar una radiografía sobre cada una de ellas mientras que en el caso de las S.W se optará por el uso de líquido penetrantes para comprobar la inexistencia de fugas.

Todos los cordones de soldaduras irán identificados con el correspondiente sello de cada soldador homologado que las haya realizado. En cada placa radiográfica figurará la identificación del cordón y el sello del soldador o soldadores que hayan intervenido en su realización.

Es obligatorio que todas las canalizaciones enterradas se coloquen en canales protectores cubiertos, sin presencia de materiales combustibles y quedando prohibida la instalación de conducciones por cuyo interior circulen fluidos calientes próximas a canalizaciones de productos combustibles.



3. Condiciones de mantenimiento

Todos los componentes de la instalación estarán sometidos a las condiciones de mantenimiento y revisiones periódicas indicadas en el Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, en la ITC-ICG 04 punto 6 “Mantenimiento y revisiones periódicas”. (7)

Según se especifica en la norma UNE 60210, “la Propiedad deberá disponer de un contrato de mantenimiento suscrito con un especialista criogénico que disponga de un servicio de atención de urgencias permanente, por el que ésta se encargue de conservar las instalaciones en el debido estado de funcionamiento y de la realización de las revisiones dentro de las prescripciones contenidas en la citada norma.

Según la norma citada, todas las instalaciones deben someterse a las operaciones de control y mantenimiento que indique el fabricante de los equipos y componentes, debiendo efectuarse periódicamente las comprobaciones y verificaciones necesarias para conocer en todo momento el estado de la instalación, así como adoptar las medidas pertinentes para asegurar su correcto funcionamiento y condiciones de seguridad.”(3)

En cuanto a las revisiones periódicas, “en la sección 7.4. de la norma UNE 60210 están incluidas las comprobaciones que se deben realizar periódicamente:

- Medición de vacío del depósito (se acepta si la medición es inferior a 0.60 mbar).
- Prueba de estanquidad (puede sustituirse por una medida del vacío).
- Comprobación y precintado de válvulas del depósito.
- Comprobación del cumplimiento de las condiciones reglamentarias.
- Comprobación de la toma de tierra.

Además, con la periodicidad establecida reglamentariamente, debe efectuarse en el depósito una prueba neumática a 1,1 veces su presión máxima admisible. Esta prueba debe realizarse con gas inerte o con el propio gas del depósito.

Para cada instalación existirá un Libro de Mantenimiento o bien, si la empresa encargada del mantenimiento está sujeta a un sistema de calidad certificado, un archivo documental con copia de las actas de todas las operaciones realizadas, que deberá poder ser consultado por el órgano competente de la Administración Pública, cuando éste lo considere conveniente.”(3)

4. Libro de certificados

El organismo de control autorizado, acompañado de la empresa contratista y del director de obra, realizara todas las pruebas en obra previstas en la norma UNE 60210, “con el fin de comprobar que la instalación, los materiales y los equipos cumplen los requisitos de resistencia y estanquidad de forma previa a la puesta en servicio”(3)

5. Empresa instaladora

Según lo especificado en la “ICG-04 del Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias, Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, el montaje será efectuado por una empresa especializada en la realización de trabajos criogénicos y en equipos a presión, en adelante especialista criogénico.”(7)

6. Ensayos y pruebas reglamentarias

Según lo indicado en la “norma UNE 60210, con carácter general los ensayos y pruebas reglamentarias de finalización de la obra se ajustarán en la medida que le sea de aplicación a las siguientes indicaciones:

Se deben prever los puntos de vaciado y venteo que se precisan para las pruebas hidráulicas o neumáticas, asegurando que la instalación esté completamente llena cuando comiencen estas pruebas, y que se vacíe totalmente al concluir las.”(3)

El organismo de control, asistido por la empresa encargada del montaje y por el director de obra, realizará las siguientes pruebas previstas en la norma UNE 60210:

6.1. Prueba de estanqueidad y mecanismos de seguridad del depósito

Según el “apartado 6, Pruebas en obra, de la Norma UNE 60210:

Se debe verificar que los equipos a presión disponen de los certificados que justifican el cumplimiento de la normativa vigente antes de comenzar con la instalación de dichos equipos, así como efectuar una inspección visual de su estado.

Los depósitos de almacenamiento deben someterse a una prueba de estanqueidad a una presión de prueba de 1,1 veces la presión máxima de servicio durante al menos 24 h. La prueba debe ser preferentemente neumática realizada con gas inerte exento de humedad.

En los depósitos con aislamiento al vacío, la prueba de estanqueidad puede sustituirse con una medida del vacío durante 1 h. Si éste es inferior a 0,6 mbar la prueba puede darse por válida debiendo, en caso contrario realizarse la prueba de estanqueidad.

La instalación se someterá a una prueba de comprobación de los sistemas de seguridad, con timbrado y precintado de las válvulas de seguridad.”(3)

6.2. Pruebas de funcionamiento y tarado de estación de regulación

Las estaciones de regulación se someterán a las siguientes pruebas y controles:

- **Control de las uniones mediante métodos no destructivos:**

Se someterán a control radiográfico el 100% de las uniones soldadas, tanto de la zona de entrada como de la zona de salida, aceptándose exclusivamente las calificaciones 1 y 2 según UNE 14.011. En las zonas no accesibles se controlarán por medio de líquidos penetrantes.

- **Pruebas de estanquidad.**

Se procederá con el montaje de la obra mecánica una vez que todos los tramos ensayados se encuentren limpios y secos, a excepción de las válvulas de escape a atmosfera y las conexiones de los reguladores, sustituyéndose estas por tapones roscados. Las entradas a las campanas del regulador se dejarán abiertas.

A continuación, se procederá a la prueba de estanquidad para el que se empleará aire o nitrógeno.

Durante la realización de las pruebas de estanquidad se controlarán todas las juntas y uniones mediante agua jabonosa. Todo el conjunto deberá ser totalmente estanco.



Posteriormente se conectarán todos los elementos y se efectuará una última prueba de estanquidad final a una presión de 30 mbar una vez transcurridos 15 minutos de estabilización de la presión.

La nueva prueba de estanquidad tendrá una duración de 15 minutos, controlada mediante agua jabonosa.

- **Pruebas de funcionamiento y tarado.**

Una vez superadas las pruebas anteriores, se montará la válvula de escape y los restantes elementos. Posteriormente se prepararán los aparatos.

El proceso seguido será el indicado en la “UNE 60210 – 15:

- Comprobación de la estanquidad y maniobrabilidad de todas las válvulas instaladas, en condiciones de máxima presión en una cara y nula en la otra.
- Tarado de los reguladores a sus valores estándar o los especificados en el pedido.
- Comprobación de la estanquidad a caudal cero del Regulador Activo, del Regulador Monitor y de la VIS de cada línea, según corresponda.
- Comprobación de presiones de tarado y sobrepresiones de cierre.
- Tarado y comprobación de funcionamiento de las VIS a sus valores estándar o los especificados en el pedido.
- Tarado, comprobación de funcionamiento y precintado de la VES a su valor estándar o el especificado en el pedido.

Se etiquetará cada aparato indicando la presión a la que ha sido comprobado durante la prueba.”(3)

6.3. Puesta en servicio de regasificadores atmosféricos

El procedimiento de puesta en servicio de los regasificadores se ajusta a los descrito en la “sección 7.6. del manual de operación en plantas de GNL de Sedigas:

En primer lugar, se realizan las pruebas de apertura y cierre, en vacío, de las válvulas de entrada para verificar su funcionamiento.

Para iniciar la puesta en servicio de los regasificadores, se cierran todas las válvulas, tanto las manuales de entrada y salida, como las automáticas de apertura y cierre controlado mientras que la válvula de seguridad por frío permanece abierta aguas abajo.

Para poner en servicio cada bloque regasificador, se abre primero la válvula automática, después la válvula manual de entrada y finalmente la de salida.

El paso de GNL a través de los regasificadores tendrá lugar cuando se purgue la red de salida de la Planta o equivalente.

Abrir la válvula del depósito de salida de GNL a consumo (VC), seguidamente abrir la válvula de salida del bloque regasificador lentamente viendo como el GNL va helando la tubería entre el depósito y el regasificador y el propio regasificador, controlando posibles fugas en las bridas de los regasificadores.

Una vez purgada la red, y puestos en servicio los equipos de utilización, programar la secuencia de las válvulas automáticas y hacer un seguimiento en el tiempo del comportamiento de los regasificadores según caudales y datos ambientales.”(8)

6.4. Puesta en frío de la planta

La puesta en frío de la planta se realiza antes de la descarga inicial de GNL, empleando para ello nitrógeno líquido a -196°C . Este proceso se debe repetir cada vez que el interior del depósito se ha encontrado a temperatura ambiente.

La función de este proceso es la de comprobar el funcionamiento y comportamiento correctos del depósito utilizando un gas inerte no peligroso, y de prepararlo para la recepción del GNL una vez superadas las tensiones mecánicas de transición entre la temperatura ambiente y las temperaturas criogénicas.

El procedimiento que se sigue para la puesta en frío de la planta es el indicado en la sección 7.4. del manual de operaciones publicado por Sedigas:

“El depósito criogénico llega a la Planta con todas sus válvulas cerradas y levemente presurizado en origen con nitrógeno gaseoso con objeto de no permitir que en su traslado desde fábrica a la planta y durante su descarga pueda entrar aire atmosférico en su interior.

De ocurrir, la humedad ambiental solidificaría durante la puesta en frío dando lugar a posibles problemas de erosión en los asientos de válvulas y reguladores y a la posible formación de taponamientos de hielo.

Para realizar la puesta en frío, el procedimiento es el siguiente:

- Todas las válvulas de la instalación se hallarán inicialmente cerradas excepto las del manómetro y el nivel del depósito.
- Desconectar la manguera de 3'' de descarga de GNL y conectar en la brida libre una reducción DN 80 x DN 40 para conexión de la manguera de N_2 regasificado de la cisterna, que es DN 40 (11/2'').
- Abrir las válvulas de descarga VD y la de carga fase líquido VL
- Abrir el suministro de N_2 frío regasificado por la cisterna.
- Abrir lentamente la válvula de venteo VA y dejar escapar nitrógeno a la atmósfera.
- El gas frío barre el depósito interior de abajo a arriba
- Mantener un caudal de moderado a creciente hasta que el gas venteado salga frío y se vea la nube de hielo atmosférica.
- Controlar la evolución de las presiones. La de la cisterna será superior a 2 bar. La del depósito será inferior, regulable a través de la abertura de la válvula de salida de N_2 de la cisterna y la de venteo del depósito.
- Sustituir el envío de gas frío por N_2 líquido durante un periodo corto de tiempo y cerrar la salida de N_2 de la cisterna.
- Repetir la operación intermitentemente de acuerdo con la observación de las presiones y el inicio de subida del nivel de líquido marcado por el nivel del depósito.
- A partir de ello y de la previsión de días hasta la llegada de la primera cisterna de GNL, el experto decidirá la introducción de la cantidad final de líquido y el cierre de la operación.
- Efectuar mediciones de control de vacío durante el proceso y asegurar que es inferior a 0,6 mbar de presión absoluta
- Controlar la evolución de la presión a lo largo de las 12 horas siguientes.

Una vez se ha realizado la puesta en frío de la instalación, está ya se encuentre preparada para su puesta en funcionamiento.”(8)



7. Referencias

1. Aenor Iso U. UNE-EN ISO 16903 Industrias del petróleo y del gas natural Junio. 2016;22.
2. En NE, Iec NI, Une-en N. UNE-EN 60079-10-1 Atmósferas explosivas. 2018;118.
3. Espa N, Sedigas. UNE 60210 Plantas satélite de gas natural licuado. 2018;
4. Iso U. Norma Española de soldeo para los materiales metálicos Ensayo de procedimiento de soldeo Parte 1 : Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones. 2018;
5. Iso U. Norma Española Soldeo por fusión Parte 1 : Aceros. 2017;
6. En NE, Une N, Sider C. UNE-EN 10204 Productos metálicos. Tipos de documentos de inspección. 2006;
7. Cooperación M de AE y de. Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11. Bol Of del Estado. 2006;(211):57.
8. Sedigas. Operación de las Plantas Satélite. 2019;1–42.

**DOCUMENTO nº4:
PRESUPUESTO Y
MEDICIONES**



INDICE DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES.....	1
2. CAPITULO 01. OBRA CIVIL	2
3. CAPITULO 02. PLANTA SATÉLITE DE ALMACENAMIENTO Y REGASIFICACIÓN.....	4
3.1. SUBCAPÍTULO 2.01 INSTALACIÓN MECÁNICA PSR	4
3.2. SUBCAPÍTULO 2.02 INSTALACIÓN ELÉCTRICA PSR.....	7
3.3. SUBCAPÍTULO 2.03 INSTALACIÓN DE CONTROL	10
3.4. SUBCAPÍTULO 2.04 INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	12
4. CAPITULO 03. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	13
5. CAPITULO 04. TRANSPORTE	13
5. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	14



1. GENERALIDADES

El presente presupuesto se realiza estimando el coste de las instalaciones, diferenciando tres partidas fundamentales:

OBRA CIVIL:

Incluye la mano de obra invertida en la construcción de todas las unidades de los trabajos de obra civil necesarios: demoliciones, excavaciones, reposiciones, tapado, etc.

OBRA MECANICA:

Incluye la valoración de todas las unidades mecánicas, pruebas, legalización, puesta en marcha.

Del mismo modo, incluye todos los materiales y equipos necesarios para la construcción de las instalaciones: equipos, tuberías, accesorios, válvulas, etc.

INSTALACIÓN ELECTRICA:

Incluye el montaje y puesta en marcha de los equipos eléctricos que componen la planta de GNL.



2. CAPITULO 01. OBRA CIVIL

Código	Resumen	Cant	Precio	Importe
1.01	Movimiento de tierras	m ³	5,85	28928,25
	Desbroce del terreno y retirada de la capa vegetal y nivelación del terreno.	4945		
1.02	Excavación del cubeto	m ³	41,25	4963,2
	Excavación de tierras a cielo abierto para formación de un vaciado que en todo su perímetro queda por debajo de la rasante natural, para su posterior ejecución de losas de 35 cm y 45 cm, con medios mecánicos, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Ejecución del cubeto mediante muro de bloques hormigón prefabricado.	120,32		
1.03	Vía de acceso	m ²	20,15	11183,25
	Construcción de calzada de asfalto de 6m de ancho que comunica los accesos para camiones	555		
1.04	Cimentaciones	m ³	43,17	1402,59
	Ejecución de cimentaciones, losas y soportes de los distintos elementos que compone la planta (depósito, vaporizadores, ERM, contenedor, sistema de odorización etc.)	32,49		
1.05	Excavación para canalizaciones	m ³	28,75	441,6
	Excavación de zanja de 40 cm de ancho y 80 cm de profundidad, para formación de zanja para instalación eléctrica y de control.	15,36		
1.06	Cerramiento	m	15,85	4834,25
	Valla metálica para cerramiento de 1,30 m. de altura realizado con malla electrosoldada pre-galvanizada tipo MAMUT y postes de tubo de acero galvanizado por inmersión de 48 mm.	305		
1.07	Puerta de acceso a camiones	ud	571,58	1143,16
	Puerta de 2 hojas de 6,00x2,00 m para cerramiento exterior, realizada en malla electrosoldada pre galvanizada	2		
1.08	Puerta de acceso peatonal	ud	125,46	125,46
	Puerta de 1 hoja de 6,00x2,00 0,80x1,30m para cerramiento exterior, realizada en malla electrosoldada pre galvanizada	1		
1.09	Escalera de acceso	ud	112,58	450,32
	Suministro e instalación de escalera de acceso fabricada en hierro para Planta Satélite de Regasificación de altura 0,75 m	4		
1.10	Edificio de instalaciones	ud	3500	3500
	Construcción de caseta de mando y control y sala de calderas con medidas indicadas en planos mediante bloques huecos de hormigón blanco de 40x20x20 cm y puertas de acceso	1		



	Acera perimetral	m ²		
1.11	Construcción de acera perimetral de hormigón desde la sala de mando y control hasta el perímetro del cubeto	336,49	15,48	5208,86
Total obra civil			62180,94	



3. CAPITULO 02. PLANTA SATÉLITE DE ALMACENAMIENTO Y REGASIFICACIÓN

3.1. SUBCAPÍTULO 2.01 INSTALACIÓN MECÁNICA PSR

Código	Resumen	Cant	Precio	Importe
2.01.01	Depósito	ud	24307,24	24307,24
	Suministro e instalación de depósito criogénico homologado de 59,9 m ³ de capacidad real de GNL. Contará con válvulas de seguridad, válvula de tres vías, nivel del depósito, indicadores de nivel y presión, transmisores de nivel y presión, válvulas de corte para aislamiento del depósito, vacuómetro para comprobación de presión de vacío de la cámara de aislamiento. Estará instalado sobre bancada de hormigón. Incluso pruebas de presión, vacío de cámara de aislamiento, certificados de fabricación, grúa para montaje. Totalmente instalado, probado y en funcionamiento	1		
2.01.02	Regasificador de descarga	ud	1852,6	1852,6
	Suministro, colocación e instalación de vaporizador atmosférico de descarga. Contará con válvulas de corte para aislamiento del equipo y válvula de seguridad. Estará instalado sobre soportes o bancada. Incluso pruebas de presión, certificados de fabricación, grúa para montaje. Totalmente instalado, probado y en funcionamiento.	1		
2.01.03	Circuito de puesta en presión	ud	1485,47	1485,47
	Suministro, colocación e instalación de vaporizador atmosférico de puesta en presión del depósito. Contará con válvulas de corte para aislamiento del equipo y válvula de seguridad. Estará instalado sobre soportes o bancada. Incluso pruebas de presión, certificados de fabricación, grúa para montaje. Totalmente instalado, probado y en funcionamiento.	1		
2.01.04	Líneas de regasificación	ud	11285,5	45142,02
	Suministro, colocación e instalación de regasificador GNL AMBIENTAL para vaporización de GNL por medio de un intercambiador de haz tubular. Contará con válvulas de corte para aislamiento del equipo y válvula de seguridad. Estará instalado sobre soportes o bancada. Incluso pruebas de presión, certificados, grúa para montaje. Totalmente instalado, probado y en funcionamiento.	4		
2.01.05	Módulo de regulación	ud	4842,35	4842,35
	Módulo de regulación y control formado por: - Dos Líneas de regulación formadas por regulador de membrana con actuación de disparo para máxima presión de 4 bar y de mínima presión de	1		



	0,8, válvulas de aislamiento de cada línea, manómetros de control termómetros de control. Estará instalado sobre soportes o bancada. Incluso pruebas de presión, certificados, grúa para montaje. Totalmente instalado, probado y en funcionamiento.			
2.01.06	Sistema de odorización	ud	2437,52	2437,52
	Equipo de odorización según características de la tabla formado por boquilla de llenado, Válvula de seguridad, Purga, Entrada / Salida mediante latiguillos, Válvulas de aislamiento y antirretorno, manómetro. Totalmente instalado, probado y en funcionamiento.	1		
2.01.07	Tubería GNL 1-1/4"	m	15,48	154,80
	Tubería para fase líquida de gas de material AISI 304 L, sin soldadura de 42,16 mm de diámetro exterior y espesor Sch 10s, incluso p.p. de accesorios, radiografías, líquidos penetrantes y pruebas de presión. Totalmente montado probado y en funcionamiento.	10		
2.01.08	Tubería GNL 3"	m	22,85	685,5
	Tubería para fase líquida de gas de material AISI 304 L, sin soldadura de 88,9 mm de diámetro exterior y espesor Sch 10s, incluso p.p. de accesorios, radiografías, líquidos penetrantes y pruebas de presión. Totalmente montado probado y en funcionamiento.	30		
2.01.09	Tubería GN	m	16,47	329,4
	Tubería para fase gaseosa de gas, sin soldadura de 101,6 mm de diámetro exterior y un espesor de 3,6mm incluso p.p. de accesorios, radiografías, líquidos penetrantes y pruebas de presión. Totalmente montado probado y en funcionamiento.	20		
2.01.10	Válvula de seguridad por frío	ud	1450,47	2900,94
	Suministro, instalación y colocación de válvula de seguridad activada por gas para colocación entre llaves en tubería de fase líquida de gas, i/p.p. de accesorios de conexión con la tubería.	2		
2.01.11	Válvula de accionamiento manual	ud	65,87	1646,75
	Suministro, instalación y colocación de válvula criogénica de activación manual. de 42,16 mm de diámetro exterior de i/p.p accesorios de conexión con la tubería.	26		
2.01.12	Válvula de accionamiento manual	ud	79,25	634
	Suministro, instalación y colocación de válvula criogénica de activación manual. de 88,9 mm de diámetro exterior de i/p.p accesorios de conexión con la tubería.	8		



2.01.13	Válvula de accionamiento manual	ud		
	Suministro, instalación y colocación de válvula de activación manual de i/p.p. de 101,6 mm de diámetro exterior accesorios de conexión con la tubería.	11	61,75	679,25
2.01.14	Válvula criogénica motorizada	ud		
	Suministro, instalación y colocación de válvula criogénica de activación automática de 42,16 mm de diámetro exterior i/p.p. de accesorios de conexión con la tubería y conexión de a cuadro de control.	6	114,12	684,72
2.01.15	Válvula motorizada	ud		
	Suministro, instalación y colocación de válvula criogénica de activación automática de 101,6 mm de diámetro exterior i/p.p. de accesorios de conexión con la tubería y conexión de a cuadro de control.	3	98,73	296,19
2.01.16	Válvula de apertura por sobrepresión	ud		
	Suministro, instalación y colocación de válvula de seguridad de activación por sobrepresión i/p.p. de accesorios de conexión con la tubería y conexión de a cuadro de control.	33	45,14	1489,62
2.01.17	Válvula anti retorno	ud		
	Suministro, instalación y colocación de válvula de seguridad antirretorno i/p.p. de accesorios de conexión con la tubería y conexión de a cuadro de control.	4	63,86	255,44
2.01.18	Sistema de descarga	ud		
	Mangueras de acero inoxidable 304 S. para descarga del GNL desde camión cisterna. La longitud será de 5 m. dispondrá de bridas DIN 2633 y rosca de gas homologada para gas natural. Tendrá un tamaño máximo DN 80, el material será AISI 304 L, el Espesor será SCH 40. La Presión de diseño sera 10 bar y la presión de prueba 19 bar. La Temperatura de diseño será de -196 °C y la temperatura de servicio: -160°C. Incluso pruebas de presión, certificados y pequeño material de montaje. Totalmente instalado, conexionado, probado y en funcionamiento.	3	194,52	583,56
2.01.19	Calentador de apoyo	ud		
	Calentador eléctrico de potencia indicada en cálculos justificativos. Totalmente montado probado y en funcionamiento.	1	6882,43	6882,43
Total instalación mecánica PSR			98589,8	



3.2. SUBCAPÍTULO 2.02 INSTALACIÓN ELÉCTRICA PSR

Código	Resumen	Cant	Precio	Importe
2.02.01	Derivación individual	m	36,25	1450
	Línea de alimentación RVMV 0,6/1 KV AS 4x16 mm ² Cu con armadura metálica protectora formada por corona de hilos de acero. Instalación bajo tubo enterrado incluyendo racores, piezas de unión, cajas, totalmente montado conexionado y en funcionamiento.	40		
2.02.02	Cuadro eléctrico	ud	1872,6	1872,6
	Cuadro general de mando y protección ATEX. Totalmente instalado y conexionado. Según REBT	1		
2.02.03	Circuitos de iluminación interior	m	18,74	149,92
	Acondicionamiento de circuito instalado bajo tubo con conductor H07Z1-K TYPE 2 (AS) de 1,5 mm ² de cobre. Incluye interruptor de encendido. incluido p./p. de cajas de registro y regletas de conexión.	8		
2.02.04	Circuitos de potencia interior	m	27,49	549,8
	Acondicionamiento de circuito instalado en bandeja perforada con conductor RV - K 0,6/1kV de 1,5 mm ² de cobre. Incluido p./p. de cajas de registro y regletas de conexión.	20		
2.02.05	Circuito de iluminación exterior	m	42,41	1908,45
	Acondicionamiento de circuito instalado bajo tubo con conductor RVMV - K 0,6/1kV de 6 mm ² de cobre con armadura metálica protectora formada por corona de hilos de acero. Incluido p./p. de cajas de registro y regletas de conexión.	45		
2.02.06	Circuitos de potencia exterior	m	26,05	2787,35
	Acondicionamiento de circuito instalado bajo tubo con conductor RVMV - K 0,6/1kV de 1,5 mm ² de cobre con armadura metálica protectora formada por corona de hilos de acero.	107		
2.02.07	Circuito tomas de corriente caseta	m	20,25	40,5
	Acondicionamiento de circuito instalado en bajo tubo de PVC con conductor H07Z1-K TYPE 2 (AS) de 2,5 mm ² de cobre. Incluido p./p. de cajas de registro y regletas de conexión y toma de corriente de 16A.	2		
2.02.08	Circuito recalentador	m	42,17	1560,29
	Acondicionamiento de circuito instalado bajo tubo enterrado con conductor RVMV - K 0,6/1kV de 10 mm ² de cobre.	37		
2.02.09	Iluminación exterior	ud	137,85	413,55
	Luminaria LED de 20W para atmosferas explosivas con difusor transparente prismático de policarbonato de 2 mm. de espesor. Totalmente	3		



	instalada, incluyendo canalización, fijaciones, y elementos de conexión.			
2.02.10	Iluminación de emergencia	ud		
	Luminaria de emergencia estanca de 70 lúmenes. Cuerpo rectangular con aristas pronunciadas que consta de una carcasa fabricada en policarbonato y difusor en idéntico material. Funcionamiento no permanente. Autonomía de 1 hora. Piloto testigo de carga tipo Led. Grado de protección IP68 IK04. Aislamiento eléctrico clase II. Totalmente instalada, incluyendo canalización, fijaciones, y elementos de conexión.	2	114,41	282,82
2.02.11	Iluminación interior	ud		
	Placa LED circular de superficie de 225 mm de diámetro de y 18W. Totalmente instalada, incluyendo canalización, fijaciones, y elementos de conexión.	3	8,98	26,94
2.02.12	Protección magnetotérmica	ud		
	Interruptor automático magnetotérmico iK60N - 2P - 10A - curva C con referencia A9K17610 de la marca Schneider o similar.	11	25,98	207,84
2.02.13	Interruptor automático magnetotérmico iK60N - 2P - 16A - curva C con referencia A9K17616 de la marca Schneider o similar.	ud		
		2	26,46	52,92
2.02.14	Interruptor automático magnetotérmico iK60N - 4P - 10A - curva C con referencia A9K24710 de la marca Schneider o similar.	ud		
		1	140,87	422,61
2.02.15	Interruptor automático magnetotérmico iK60N - 4P - 16A - curva C con referencia A9K2416 de la marca Schneider o similar.	ud		
		1	142,49	142,49
2.02.16	Interruptor automático magnetotérmico iK60N - 4P - 32A - curva C con referencia A9K24732 de la marca Schneider o similar.	ud		
		1	158,44	158,44
2.02.17	Interruptor automático magnetotérmico iK60N - 4P - 63A - curva C con referencia A9K24763 de la marca Schneider o similar.	ud		
		1	426,38	426,38
2.02.18	Protección frente contactos indirectos	ud		
	Interruptor diferencial Acti9 – 2p – 40A – 30mA clase AC con referencia A9R81240 de la marca Schneider o similar.	2	238,3	714,9
2.02.19	Interruptor diferencial Acti9 – 2p – 25A – 30mA clase AC con referencia A9R81240 de la marca Schneider o similar.	ud		
		3	215,45	646,35
2.02.20	Interruptor diferencial Acti9 – 4p – 25A – 30mA clase AC con referencia A9R81425 de la marca Schneider	ud		
		1	410,15	410,15
2.02.21	Contactador	ud		
	Contactador ICT 2p – 16A - con referencia A9C22115 de la marca Schneider o similar.	6	68,70	412,2



2.02.22	Contactador ICT 4p – 16A - con referencia A9C22813 de la marca Schneider o similar.	2	132,85	265,7
2.02.23	Contactador ICT 4p – 40A - con referencia A9C20844 de la marca Schneider o similar	1	161,28	161,28
2.02.24	Grupo electrógeno	ud		
	Generador diésel de 25 kVA mono con equipo de conmutación. Totalmente instalado y conexionado.	1	8815,06	8815,06
2.02.25	Puesta a tierra	ud		
	Red de puesta a tierra equipotencial de la planta de GNL, de acuerdo con lo indicado en UNE 60210, formada por 60 metros de cable de cobre desnudo de 35 mm ² , unido mediante soldadura aluminotérmica, según REBT. Incluso material de conexión y fijación.	1	1047,52	1047,52
Total instalación eléctrica PSR			21247,98	



3.3. SUBCAPÍTULO 2.03 INSTALACIÓN DE CONTROL

Código	Resumen	Cant	Precio	Importe
2.03.01	Panel de control	ud	784,75	784,75
	Panel de control neumático de todos los elementos de la instalación de la planta de GNL, formado por actuadores neumáticos y elementos de control, Totalmente montada probado y en funcionamiento.	1		
2.03.02	Red de aire a válvulas neumáticas	m	1,17	409,5
	Cableado para lectura de sondas de control de la instalación mediante cable Eexi color azul especialmente diseñado para transmisión de datos. Totalmente instalado, colocado, probado y en correcto y reglamentario funcionamiento	350		
2.03.03	Cableado de control	m	28,71	2296,8
	Manguera multipar tipo EB-CY 300/500V 25G 1 destinado a circuitos de seguridad intrínseca en instalaciones eléctricas, circuitos de control, señalización y medida, en máquinas herramientas, maquinaria de producción, etc.	80		
2.03.04	Final de carrera	ud	28,74	114,96
	Final de carrera, Pulsador, Telemecanique, 1,5 A AC, 100 mA dc, NA/NC, 240V, IP67 OsiSense XC Código RS 181-294 N° ref. fabric. XCOMA102 Fabricant	4		
2.03.05	Sonda de temperatura	ud	115,74	1273,14
	Termoresistencia con cabezal de cobre con marcado Ex ia IIC Ga T6 con referencia 52T3218.02I3P27 de la marca TC	11		
2.03.06	Sonda de presión	ud	121,85	609,25
	Transmisor de presión antideflagrante con homologación FM como "antideflagrante" para áreas clasificadas como zona I.	5		
2.03.07	Final de carrera válvulas	ud	26,52	503,88
	Sensor NAMUR EEx ia IIC T6 de tipo dos hilos polarizados ELION	19		
2.03.08	Sensor visual de presión	ud	35,78	286,24
	Manómetro analógico serie M5000 para atmosfera explosiva de acero inoxidable 304L	8		



2.03.09	Compresor	ud	283,74	283,74
	Compresor, presión máxima de trabajo 10 bares, Potencia 2kW. Totalmente montado y en funcionamiento.	1		
2.03.10	Cuadro de control	ud	10584	10584
	Cuadro de control con PLC incorporado, con bloques de entradas digitales y analógicas y reles de contactos de salida. Totalmente montado e instalado.	1		
2.03.11	SAI	ud	1063,99	1063,99
	Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI/UPS) de 3000W On-Line Doble conversión	1		
Total instalación de control PSR			17861,28	



3.4. SUBCAPÍTULO 2.04 INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Código	Resumen	Cant	Precio	Importe
2.04.01	Extintor de polvo ABC50 kg	ud	281,32	1687,92
	Extintor de polvo especial purple K, de 50 kg. de agente extintor, con ruedas, manómetro comprobable y manguera con difusor, según Norma UNE. Medida la unidad instalada.	6		
2.04.02	Extintor polvo ABC 12 kg.	ud	51,59	51,59
	Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa, de eficacia 34A/233B, de 12 kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y manguera con difusor, según Norma UNE, certificado AENOR.	1		
2.04.03	Extintor CO₂ 5 kg.	ud	48,89	48,89
	Extintor de Anhídrido Carbónico de eficacia 89B, de 5 kg. de agente extintor, con soporte y manguera con difusor, según Norma UNE, certificado AENOR.	1		
2.04.04	Detector de gas	ud	31,86	31,86
	Sensor remoto S/3-2 12-24 V DC / metano (CH ₄) para la detección de fugas de gas natural	1		
2.04.05	Central de detección	ud	182,82	182,82
	Suministro e instalación de detector industrial de fugas de gas para 2 detectores, provista de dos niveles de actuación: prealarma y alarma. Tres salidas para corte de gas: 1 salida de prealarma y 2 de alarma	1		
Total instalación de protección contra incendios			2003,08	



4. CAPITULO 03. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Código	Resumen	Cant	Precio	Importe
3.01.01	Gestión de residuos de construcción y demolición	ud	1346,55	1346,55
		1		
Total presupuesto			1346,55	

5. CAPITULO 04. TRANSPORTE

Código	Resumen	Cant	Precio	Importe
4.01.01	Transporte del almacenamiento y regasificadores atmosféricos desde fabrica hasta la instalación	ud	12000	12000
		1		
Total presupuesto			12000	



5. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Capítulo	Concepto	Importe	% Presupuesto
01	Obra civil	62180,94	31,81
02	Planta satélite de almacenamiento y regasificación	124893,65	61,36
03	Estudio de Gestión de Residuos	1346,55	0,69
04	Transporte	12000	6,14
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		195421,21	

13,00 % Gastos generales	25404,75
6,00 % Beneficio industrial	11725,27
Suma	37130,02

PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA	232551,23
21% I.V.A.	48835,75

RESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN 281386,98

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA Y UN MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS con NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS.