



Universitat Jaume I  
Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals  
Grado en Ingeniería Química

Estudio de viabilidad de la incorporación  
de biogás como combustible en una  
planta de secado por atomización de  
suspensiones cerámicas.

EQ-1044 Trabajo de Final de Grado.

Autor/a: Marta Chiva Beltrán.

Tutor/a: Enrique Sánchez Vilches.

Castellón, Noviembre de 2016.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **ÍNDICE GENERAL**

Capítulo 0. RESUMEN.

Capítulo 1. MEMORIA.

Capítulo 2. ANEXOS.

2.1. Anexo I. Cálculos.

2.2. Anexo II. Gráficos.

2.3. Anexo III. Legislación aplicable.

2.5. Anexo IV. Catálogos.

2.6. Anexo V. Estudio básico de seguridad y salud.

Capítulo 3. PLANOS.

Capítulo 4. PLIEGO DE CONDICIONES.

Capítulo 5. PRESUPUESTO.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **Capítulo 0: RESUMEN.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **RESUMEN**

El objeto del presente proyecto, es el estudio de la incorporación de biogás como combustible para la obtención de energía térmica en una planta estándar de secado por atomización de suspensiones cerámicas logrando un ahorro energético, así como la reducción del impacto medioambiental de la actividad, asociado a la reducción del balance global de emisiones de dióxido de carbono.

Para ello se realizaron unas prácticas formativas en una empresa de producción de polvo cerámico atomizado de la provincia de Castellón, en las que se recogieron los datos necesarios para que el estudio fuera lo más realista posible.

Para obtener la mejor opción, se analizarán diferentes combustibles gaseosos como el biogás, los gases licuados de petróleo y el propio gas natural ya utilizado, así como mezclas de éstos. Se calcularán y compararán los parámetros característicos de cada una de las soluciones propuestas, así como las diferentes ventajas e inconvenientes que presenta cada una de ellas.

En primer lugar, se buscará una composición de combustibles que nos permita no modificar la instalación existente, es decir un gas con idéntico índice de Wobbe. En caso de tener que realizar modificaciones, se evaluarán los costes económicos de las posibles modificaciones, los beneficios y las ventajas medioambientales que generarían su implantación.

La relevancia de este estudio, se debe a las altas producciones que están alcanzando estas plantas, llegando a cifras record de más de 500.000 toneladas de polvo atomizado anuales por planta, plantas cuyo único producto es el polvo atomizado.

En el proyecto se incluirá el diseño descriptivo de la instalación, la selección de equipos necesarios, el presupuesto y el estudio de viabilidad de la instalación.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **Capítulo 1: MEMORIA.**



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## ÍNDICE

<b>1. OBJETO.....</b>	<b>página 4</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>página 4</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>página 5</b>
3.1. Proceso de producción de baldosas cerámicas.....	página 5
3.2. Proceso de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.....	página 10
3.3. Situación económica del sector.....	página 13
3.4. Consumo energético.....	página 15
3.5. Actualidad sobre los combustibles fósiles.....	página 17
<b>4. DESCRIPCIÓN.....</b>	<b>página 18</b>
4.1. Datos preestablecidos y consideraciones previas.....	página 18
4.1.1. Composición considerada de los gases estudiados.....	página 18
4.1.2. Características del proceso de atomización adoptado como referencia .....	página 24
4.1.3. Otros datos a considerar.....	página 25
4.2. Descripción de las soluciones consideradas.....	página 31
4.2.1. Búsqueda de un combustible con igual índice de Wobbe.....	página 31
4.2.2. Intercambio del combustible por biogás.....	página 35
4.2.3 Adición de biogás al gas natural.....	página 36
4.3. Resultados preliminares y selección de la solución más viable.....	página 39

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

<b>5. ESTUDIO TÉCNICO DE LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>página 46</b>
5.1. Diseño de la instalación de abastecimiento de biogás.....	página 47
5.1.1. Gasómetros para el almacenamiento de biogás.....	página 47
5.1.2. Conducciones.....	página 51
5.1.3. Compresor.....	página 55
5.2. Sistemas de control.....	página 56
5.2.1. Variables de Control.....	página 56
<b>6. ESTUDIO DE VIABILIDAD.....</b>	<b>página 57</b>
6.1. Viabilidad técnica.....	página 57
6.2. Viabilidad económica. ....	página 57
6.3. Viabilidad medioambiental. ....	Página 65
<b>7. CONCLUSIONES. ....</b>	<b>página 64</b>
<b>8. PRESUPUESTO. ....</b>	<b>página 65</b>
8.1. P.E.M. ....	página 65
8.2. P.E.C. parcial. ....	página 65
8.3. P.E.C. ....	página 66
<b>9. DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS. ....</b>	<b>página 67</b>
<b>10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y WEBOTECA. ....</b>	<b>Página 69</b>

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **1. OBJETO.**

El objeto del presente proyecto, es el estudio de la incorporación de biogás al combustible empleado, gas natural, para la obtención de energía térmica en una planta estándar de secado por atomización de suspensiones cerámicas logrando un ahorro energético, así como la reducción del impacto medioambiental de la actividad, asociado a la reducción del balance global de emisiones de dióxido de carbono.

## **2. JUSTIFICACIÓN.**

El proceso de producción de polvo atomizado es un proceso altamente optimizado, sin embargo, debido a las grandes producciones que se generan y a la naturaleza del propio proceso es una industria que requiere una gran cantidad de energía, especialmente de energía térmica. Actualmente se están alcanzando unos valores de producción entorno a las 500.000 toneladas de polvo atomizado por planta, plantas que producen de manera exclusiva polvo atomizado.

Debido al gran volumen de polvo atomizado que se produce y consume, en las primeras etapas del proceso de monococción de baldosas cerámicas, entre las que se sitúa el secado por atomización, generan por si solas una línea de negocio que factura en España alrededor de 200 millones de euros.

En la bibliografía existente, se estima que el rendimiento del proceso de atomizado es de alrededor de un 65%, es decir estamos perdiendo una cantidad importante de energía térmica. Esta pérdida genera un alto coste medioambiental y económico.

En este proyecto se pretende reemplazar el combustible actualmente utilizado o parte de él, gas natural, por otros combustibles más sostenibles, es decir combustibles generados a partir de residuos de usuarios o empresas, combustibles con menor impacto medioambiental. Para ello se estudiarán el gas natural, los gases licuados de petróleo y biogás, así como mezclas de estos.

Este reemplazo podrá, a priori, generar un gran número de ventajas tanto de carácter medioambiental, económico y técnico. El diseño planteado pretende que los cambios a ejecutar en la planta sean mínimos, de manera que la inversión sea lo más liviana posible.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### 3.INTRODUCCIÓN

Para la completa comprensión del proyecto, se realizará una breve introducción en la que se explicará: el proceso global del que forma parte nuestro proceso de estudio, el proceso de fabricación de baldosas cerámicas, las características del proceso en el que se van a realizar las modificaciones y los motivos por los que surge la necesidad del estudio de estas modificaciones.

#### 3.1 Proceso de producción de baldosas cerámicas.

El proceso de obtención de baldosas cerámicas por monococción, como podemos ver en la **Figura 1.3.1. Proceso de monococción de gres porcelánico**, se trata de un proceso secuencial en el que en cada etapa se va transformando progresivamente el producto de la anterior obteniendo al finalizar la secuencia las piezas de gres porcelánico.

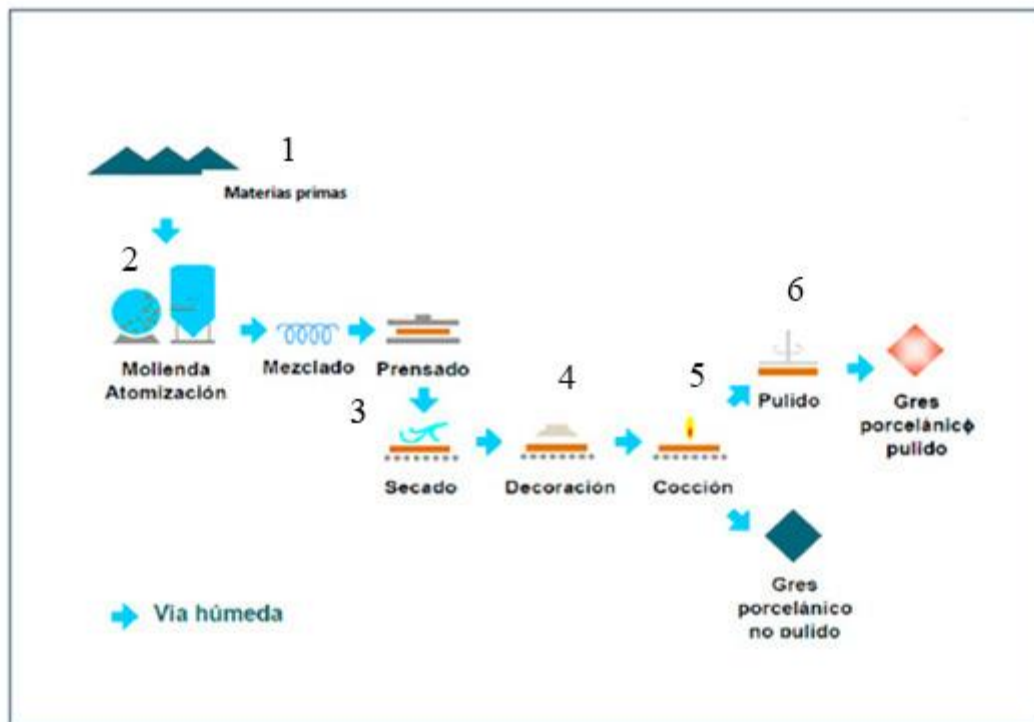


Figura 1.3.1. Proceso de monococción de gres porcelánico. (Fuente: Instituto de Tecnología Cerámica (ITC)).

A continuación, se explicarán detalladamente las diferentes etapas que se muestran en la figura anterior.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### 1. Elección y almacenamiento de materias primas.

En esta etapa, se deciden las materias primas más adecuadas para la producción de un determinado producto, en este caso gres porcelánico. Para ello se considerarán un gran número de variables como el acabado final de las piezas, la localización de la planta, el coste de las materias primas y su disponibilidad...

El almacenamiento de las materias primas se realizará en primer lugar en grandes explanadas preferiblemente cubiertas, para posteriormente cargarlas en los silos de alimentación a fin de poder realizar la mezcla óptima para la producción del producto final.

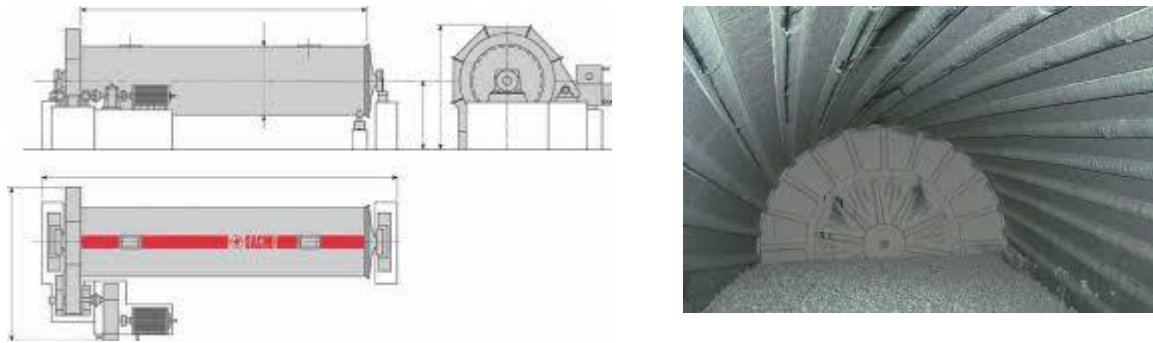
### 2. Molienda y secado por atomización.

En la etapa de molienda, se busca como objetivo la reducción del tamaño de partícula de las materias primas, a fin de obtener una determinada distribución de tamaños de partícula, relación entre partículas de tamaño fino y grueso. Tener una determinada granulometría, es muy importante, ya que de ésta dependerán gran parte de las características finales de las piezas cerámicas, ya que afectará a la posterior etapa de cocción.

Para la reducción del tamaño de partícula, se utilizan trituradoras, para una primera reducción, y molinos. La molienda puede realizarse vía húmeda o vía seca. En este caso, para la fabricación de gres porcelánico, la molienda se lleva a cabo vía húmeda, en grandes molinos de bolas de doble cámara (**Figura 1.3.2. Despiece e imagen del interior de un molino de bolas de doble cámara.**). La mezcla de materias primas se introduce en los molinos junto al agua y desfloculante necesarios. Esta suspensión de sólidos en agua y desfloculante es conocida en el ámbito profesional como barbotina.

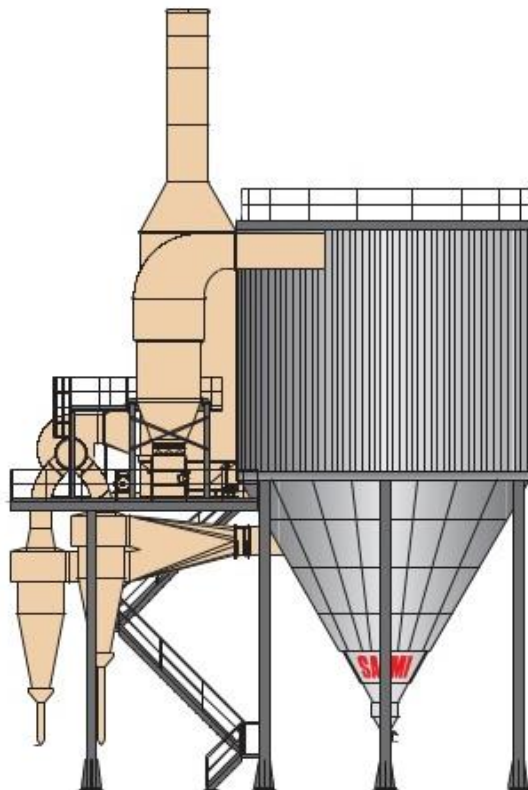
La primera cámara del molino contiene cantos rodados de gran diámetro de piedra, para una primera reducción del tamaño de partícula. Tras el tiempo necesario de residencia en ella, la barbotina pasa a través de los filtros que separan ambas cámaras a la segunda cámara del molino, de menor tamaño y en la que el material molturador son esferas de alúmina de diámetro inferior. El tiempo de residencia en esta cámara es menor, de manera que el porcentaje de partículas finas de la barbotina no aumente en exceso.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.



**Figura 1.3.2.** Despiece e imagen del interior de un molino de bolas de doble cámara. (Fuente: SACMI).

Debido a la molturación vía húmeda, será necesario eliminar el exceso de agua añadida a la mezcla de materias primas para la posterior etapa de conformado, etapa que requiere una humedad final entorno al 6 por ciento (%). Actualmente el proceso más utilizado para esta operación es el del secado por atomización. Para ello se utiliza un equipo llamado atomizador. (Figura 1.3.3. Atomizador cerámico).



**Figura 1.3.3.** Atomizador cerámico. (Fuente: SACMI).



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

La barbotina, se atomiza a través de una corriente de gases muy caliente, con una temperatura cerca de los 500 grados centígrados (°C), consiguiendo de este modo una rápida evaporación del agua. Con esto obtenemos un polvo seco, formado por granos esféricos parcialmente huecos y muy granulados, lo que hace que la fluidez del material sea alta, propiedad que facilitará el posterior prensado.

Actualmente la mayoría de plantas utilizan como gases de secado los provenientes de los gases de escape de una turbina de cogeneración, aunque cada atomizador está equipado con su quemador, llamados quemadores de post-combustión. Estos quemadores serán utilizados en momentos de mayor demanda energética.

Tanto los gases como la barbotina se introducen en la cámara del atomizador por la parte inferior de la misma, de manera que la barbotina permanece más tiempo en contacto con los gases calientes al ser impulsada hacia arriba y luego caer por efecto de la gravedad.

Éste, junto con la cocción de las piezas, son los procesos que más energía térmica requieren, y por este motivo será el proceso en el que el presente proyecto estudiará las posibles modificaciones.

### 3. Prensado y secado.

El conformado de las piezas cerámicas, puede realizarse mediante varios métodos como el prensado, el extruido o el colado. En el caso del gres porcelánico se emplea el prensado. Éste se lleva a cabo mediante grandes prensas hidráulicas, véase **Figura 1.3.4. Prensa hidráulica**, capaces de ejercer altas presiones que harán que la pieza en crudo soporte la forma óptima. En ocasiones, la materia prima, en este caso el polvo atomizado, se humedece para facilitar el prensado, por lo que una vez conformadas las piezas, se deberán someter a un secado para reducir su humedad, de manera que durante la cocción la pieza no se deforme o rompa pudiendo generar daños en los hornos y generando una interrupción en la producción en continuo. Este secado suele realizarse en secaderos longitudinales de rodillos.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.



**Figura 1.3.4. Prensa hidráulica. (Fuente: SACMI Ibérica).**

#### 4. Esmaltado y decoración.

En estas etapas, las piezas se decoran según las especificaciones del producto deseado. El esmaltado suele realizarse por serigrafía o impresión.

#### 5. Cocción.

Decoradas las piezas se someten a un tratamiento térmico a alta temperatura, en el que el polvo compacto que las forma se transforma en un sólido policristalino. Este proceso se denomina sinterización. Esta operación, se lleva a cabo en grandes hornos longitudinales, véase **Figura 1.3.5. Horno cerámico.**



**Figura 1.3.5. Horno cerámico. (Fuente: SACMI).**

#### 6. Pulido, mecanizado.

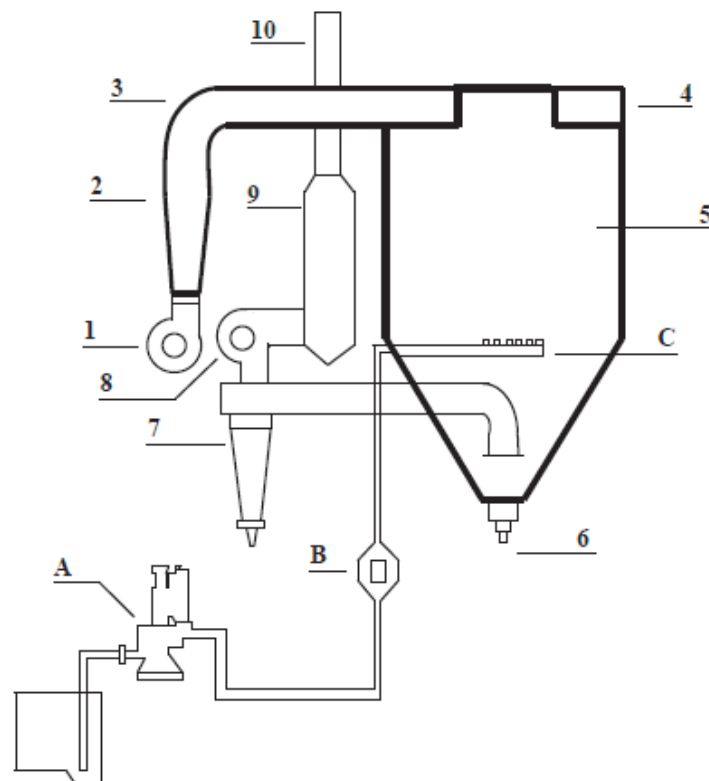
En estas últimas etapas, se les dan el acabado final a las piezas, sometiéndolas a desgaste con el fin de eliminar material. Algunas de las técnicas más empleadas son el corte y el pulido.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### 3.2 Proceso de atomización de suspensiones de pasta blanca.

Como se ha explicado anteriormente, este proyecto tiene su campo de actuación en el proceso de secado por atomización, por lo que en este apartado se explicará de manera concisa.

El secado por atomización de suspensiones cerámicas, es el sistema de secado que se ha impuesto en el sector. Esto se debe a las grandes producciones que se pueden conseguir gracias a un régimen de trabajo continuo y a la calidad del polvo atomizado obtenido. A continuación, en la **Figura 1.3.6. Esquema de un atomizador cerámico**, se muestra una imagen con más detalle del equipo.



**Figura 1.3.6. Esquema de un atomizador cerámico.**

A continuación, se detallan las partes numeradas en la figura anterior:

- 1 → Electroventilador de presurización de aire.
- 2 → Quemador de postcombustión.
- 3 → Tubería de acero inoxidable con aislamiento térmico.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

- 4 → Distribuidor anular.
- 5 → Cámara de secado.
- 6 → Descarga del polvo atomizado a cinta transportadora.
- 7 → Ciclones, abatidores de partículas finas.
- 8 → Ventilador principal del abatidor.
- 9 → Abatidor.
- 10 → Chimenea.
- A → Bombas de inyección de barbotina.
- B → Filtros.
- C → Las boquillas instaladas en lanzas radiales.

Como se ha explicado anteriormente, en la actualidad las empresas productoras de polvo atomizado, utilizan para la mayor parte de su producción los gases residuales provenientes de una turbina de gas de combustión interna, en este tipo de turbinas, la combustión se realiza en el seno del fluido, por lo que no existe intercambio de calor entre los focos a través de las superficies de intercambio. Esta energía térmica queda almacenada en los gases de combustión y éstos son recirculados a los atomizadores para el secado de la suspensión. Por otra parte, la energía eléctrica producida por el alternador de la turbina, es vendida a las compañías eléctricas o utilizada para el autoabastecimiento, de manera que genera un beneficio a la planta y por tanto un aumento del rendimiento de la operación.

A continuación, se muestra un diagrama simplificado de la instalación de cogeneración.  
**(Figura 1.3.7: Diagrama de una instalación de cogeneración.)**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

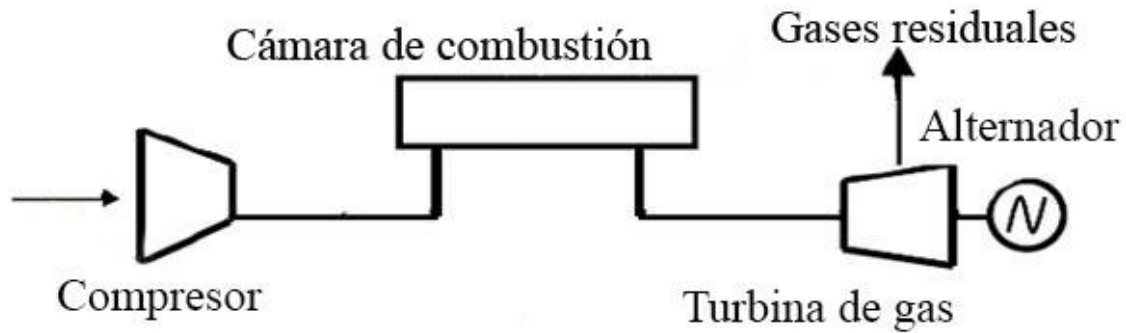


Figura 1.3.7: Diagrama de una instalación de cogeneración.

El compresor comprime el gas natural hasta la presión óptima, de unos 22 bares, estos compresores están provistos de un mecanismo de refrigeración, ya que la temperatura del equipo aumenta en gran medida con la operación. Es conveniente que el gas combustible entre en la cámara de combustión a una temperatura no muy elevada, ya que de este modo su densidad es mayor y por tanto la cantidad de combustible que entra por unidad de volumen también lo es.

Se trabaja con un exceso de comburente del estequiométricamente necesario para la reacción de combustión, de manera que se evita un aumento excesivo de la temperatura en la cámara de combustión, que podría provocar grandes daños a la turbina y a toda la instalación. La expansión que se genera en los gases al combustionar, hace girar la turbina que al estar conectada a un alternador convierte este movimiento mecánico en energía eléctrica. El rendimiento eléctrico de los alternadores, es inferior al de los motores alternativos, pero permiten una recuperación fácil del calor, calor que emplearemos para el secado de las suspensiones.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### 3.3. Situación económica actual del sector.

Tras unos años duros e inestables económicamente hablando en todos los sectores industriales a nivel mundial, estos últimos años, parece que el sector cerámico español vuelve a retomar su actividad.

Según datos publicados por la Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER), actualmente España es el tercer país exportador de cerámica a nivel mundial, alcanzando valores de entre el 15 y el 18% del comercio internacional. En la **Figura 1.3.8: Datos económicos del sector cerámico español en 2015.**, se muestran algunos datos económicos que nos ayudan a comprender la situación actual del sector.

Parámetro	Valores de 2015
Producción (Mm <sup>2</sup> )	440
Exportación (M€)	2.452
Empleo generado (número de personas)	14.500
Ventas totales (M€)	3.095

Figura 1.3.8: Datos económicos del sector cerámico español en 2015. (Fuente: ASCER)

En la siguiente figura, **Figura 1.3.9: Histórico de las ventas en el sector cerámico español.**, se muestran los valores de ventas nacionales, exportación y totales de los últimos 5 años.

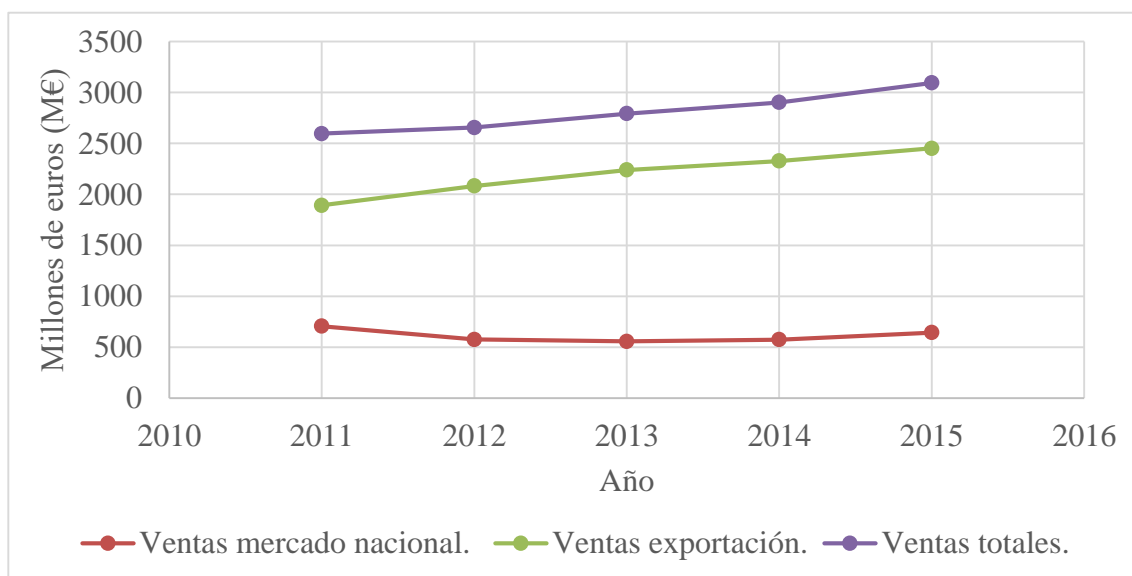


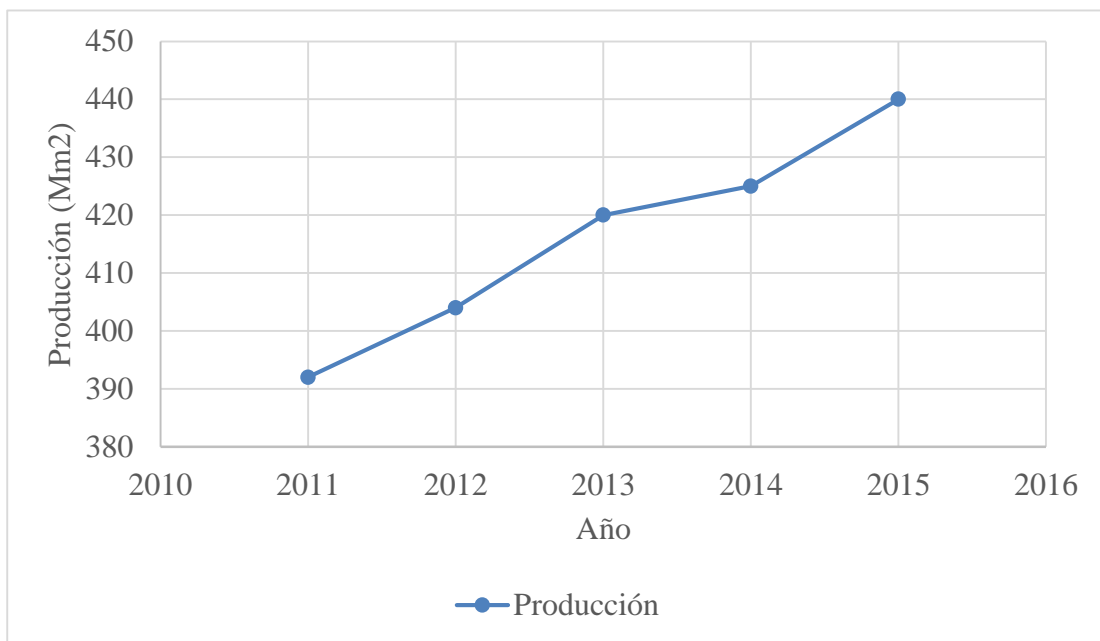
Figura 1.3.9: Histórico de las ventas en el sector cerámico español. (Fuente: ASCER).

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Como podemos observar, la tendencia de las ventas totales es creciente, sin embargo, se observa que el mercado nacional está estancado, es decir actualmente el valor de las ventas en el territorio nacional es casi idéntico al de 2011, por lo que el crecimiento de las ventas se debe de manera íntegra a la exportación.

Por lo anteriormente descrito, se deduce que cada día son más las empresas de fabricación de pavimentos y revestimientos que vuelven a poner en funcionamiento sus líneas de producción, lo que hace que la demanda de polvo atomizado aumente en gran medida.

En la siguiente figura, **Figura1.3.10: Histórico de la producción en el sector cerámico español.**, podemos ver la evolución de la producción de los últimos 5 años.



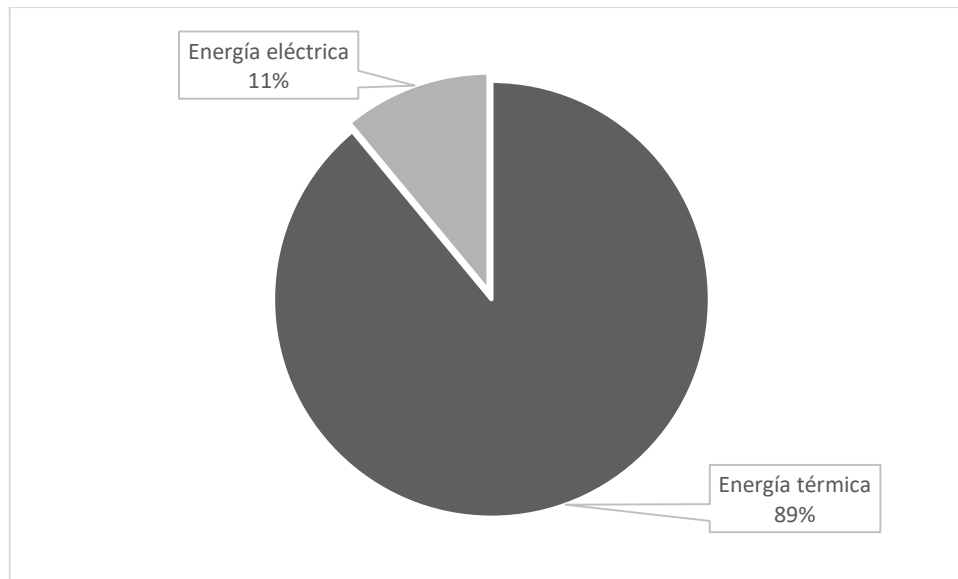
**Figura1.3.10: Histórico de la producción en el sector cerámico español. (Fuente: ASCER).**

Hoy más que nunca las empresas deben apostar por la innovación, optimizando todas las etapas de sus procesos al máximo. Las plantas de producción de polvo atomizado, están altamente automatizadas, por lo que su rendimiento no puede aumentar si no se estudia la posibilidad de modificar un aspecto clave como el intercambio del combustible utilizado para la obtención de energía térmica. Ésta es la variable que hará que el producto cerámico sea mucho más rentable de producir y por tanto aumente el margen de beneficio.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### 3.4. Consumo energético.

El secado por atomización de suspensiones cerámicas, es una de las etapas del proceso de fabricación de baldosas cerámicas que más energía requiere. Casi 90% de la energía necesaria es energía térmica. En la **Figura 1.3.11: Distribución del consumo de energía eléctrica y térmica en el proceso de fabricación de gránulo atomizado.**, se muestra la distribución de energías.



**Figura 1.3.11: Distribución del consumo de energía eléctrica y térmica en el proceso de fabricación de gránulo atomizado. (Fuente: Estudio energético sector de baldosas cerámicas de la Comunidad Valenciana.)**

El coste energético de este proceso de secado es muy elevado, pero se consigue aumentar la rentabilidad del mismo, por el aprovechamiento del calor de los gases y generación de electricidad mediante el uso de las turbinas de cogeneración. En la **Figura 1.3.12: Consumo energético medio en la etapa de atomización.**, se muestran los valores medios medidos en diferentes plantas.



<b>Consumo energético medio en la etapa de atomización</b>			
Número de equipos en el estudio		12	
Número de medidas experimentales		24	
Consumo específico térmico (kWh/t ss) funcionamiento en estado estacionario	PCI	Cogeneración	399 ± 24
		Post-combustión	30,2 ± 14,8
		<b>Total</b>	<b>429 ± 18</b>
	PCS	Cogeneración	442 ± 27
		Post-combustión	33,4 ± 16,4
		<b>Total</b>	<b>476 ± 19</b>

**Figura 1.3.12: Consumo energético medio en la etapa de atomización.**

(Fuente: Estudio energético sector de baldosas cerámicas de la Comunidad Valenciana.)

En la bibliografía estudiada, se estima que el rendimiento global del proceso, utilizando el sistema de cogeneración es de un 65%, es decir que un 35 % de la energía se pierde y no puede ser recuperada. Una de las soluciones que puede darse a este problema, es la implantación de combustibles que sean más económicos, de manera que las pérdidas energéticas siguen siendo las mismas pero las económicas se verían reducidas.

Uno de los combustibles que podría ser implantado en el proceso de secado y que mejoraría los costes es el biogás. En los siguientes apartados de la memoria, se explicará en detalle el biogás.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **3.5. Actualidad sobre los combustibles fósiles.**

Tras más de un siglo basando todo nuestro sistema de transporte y nuestro sector industrial en la utilización de combustibles fósiles, desde el carbón, pasando por el petróleo, el gas natural y los gases licuados del petróleo (GLP), si bien es cierto que las reservas de carbón son altas, los últimos datos publicados sobre las reservas de petróleo y gas natural son realmente alarmantes. Se calcula que hacia el año 2025 estarán consumidas casi el 88% de las reservas originales de petróleo y hacia el 2050 estarán agotadas todas las reservas de petróleo y gas natural.

Esto como sociedad, nos deja en una situación complicada, ya que en unas tres décadas nos veremos obligados a modificar todo nuestro sistema productivo industrial, así como nuestro sistema de transporte. Por otra parte, no debe olvidarse el problema medioambiental que el continuo consumo de combustibles fósiles genera. Esto está haciendo que la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera aumente, lo que favorece el aumento de la temperatura del planeta.

Por todo lo anteriormente descrito, se deduce que es necesario empezar a realizar modificaciones en todos los campos, ya sea porque se vean afectados técnicamente como por motivos medioambientales.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### **4. DESCRIPCIÓN.**

En este apartado se describirá la metodología de cálculo que se ha seguido para llegar a la solución técnica, medioambiental y económica más viable. Sin embargo, no debemos olvidar que cada centro productivo es único y por tanto no podemos extrapolar de manera directa la instalación diseñada a otra planta sin antes estudiar de manera concienzuda las variables más influyentes.

##### **4.1. Datos preestablecidos y consideraciones previas.**

Para el desarrollo de la búsqueda de la solución óptima, en primer lugar, se describirán los datos preestablecidos y consideraciones previas necesarios para realizar los cálculos posteriores.

##### **4.1.1. Composición considerada de los gases estudiados.**

En este apartado, describiremos y caracterizaremos los tres gases utilizados en el proyecto: gas natural, gases licuados de petróleo (G.L.P.) y biogás.

##### **Gas natural**

El gas natural es un combustible fósil formado por una mezcla de gases, en proporciones variables según su procedencia. El metano ( $\text{CH}_4$ ) debe constituir más del 70% de su composición total. El resto de gases de la mezcla, etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), pueden estar presentes en proporciones variables. En la **Figura 1.4.1: Composiciones del gas natural admisibles y consideradas.**, se muestran los porcentajes admisibles en la composición de un gas combustible para poder clasificarlo como gas natural y los valores asumidos de la composición para realizar los cálculos posteriores.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

<b>Especie química</b>	<b>Intervalos admisibles (%<sub>vol</sub>)</b>	<b>Composición considerada (%<sub>vol</sub>)</b>
Metano (CH <sub>4</sub> )	79-97	90.5
Etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	0.10-11.40	8
Hidruros pesados	0.12-5.00	-
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	0.50-6.50	-
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	0-1.5	1.50

**Figura 1.4.1: Composiciones admisibles del gas natural y composición considerada.**

(Fuente: Apuntes N45 Parte I: Combustión).

En la **Figura 1.4.2: Propiedades del gas natural considerado**, se muestran algunas de las propiedades más importantes de un gas natural con la composición anteriormente descrita.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Densidad real (kg/Nm <sup>3</sup> )	0,79
Poder calorífico superior (PCS) (MJ/Nm <sup>3</sup> )	42,00
Poder calorífico inferior (PCI) (MJ/Nm <sup>3</sup> )	37,80
Densidad relativa	0,60
W, PCS (MJ/Nm <sup>3</sup> )	54,22
W, PCI (MJ/Nm <sup>3</sup> )	48,79
T <sub>adiabática</sub> (°C)	1884,52

**Figura 1.4.2: Propiedades del gas natural considerado.**

(Fuente: Apuntes N45 Parte I: Combustión).

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### Gases licuados de petróleo (G.L.P)

Los gases licuados de petróleo, son la mezcla de gases que se hallan presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo. Se trata de mezclas de propano y butano que alcanzan el estado gaseoso a temperatura y presión atmosférica, y que tienen la propiedad de pasar a estado líquido a presiones relativamente bajas, esta propiedad se aprovecha para su almacenamiento y transporte en recipientes a presión.

Cuando nos referimos a propano hablamos de una mezcla del 80% de hidrocarburos C3 y un máximo del 20% de hidrocarburos C4. Por otra parte, el butano consta de un mínimo del 80% de hidrocarburos C4 y un máximo del 20% de hidrocarburos C3. Las proporciones anteriores pueden variar en función de la aplicación que se le dé al gas. En la industria se utiliza el gas propano. En la **Figura 1.4.3: Composiciones admisibles del propano comercial y composición considerada.** se muestran las composiciones admisibles para considerar un combustible gaseoso propano, así como la composición asumida para los cálculos posteriores.

<b>Especie química</b>	<b>Porcentaje mínimo admisible (%<sub>vol</sub>)</b>	<b>Composición considerada (%<sub>vol</sub>)</b>
Propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	80	93
<b>Especie química</b>	<b>Porcentaje máximo admisible (%<sub>vol</sub>)</b>	<b>Composición considerada (%<sub>vol</sub>)</b>
Etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	2.5	0.4
Hidruros pesados (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	20	6.8

**Figura 1.4.3: Composiciones admisibles del propano comercial y composición considerada.**

(Fuente: Apuntes N45 Parte I: Combustión).

En la **Figura 1.4.4: Propiedades del propano considerado,** se muestran algunas de las propiedades más importantes del propano con la composición anteriormente descrita.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Densidad real (kg/Nm <sup>3</sup> )	2,06
PCS (MJ/Nm <sup>3</sup> )	103,67
PCI (MJ/Nm <sup>3</sup> )	95,29
Densidad relativa	1,59
W, PCS (MJ/Nm <sup>3</sup> )	82,22
W, PCI (MJ/Nm <sup>3</sup> )	75,56
T <sub>adiabática</sub> (°C)	1892,04

**Figura 1.4.4: Propiedades del propano considerado. (Fuente: Apuntes N45 Parte I: Combustión).**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **Biogás**

El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, biorreactores, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos y otros factores, en ausencia de oxígeno (en un ambiente anaeróbico).

En la **Figura 1.4.5: Composiciones del biogás según su método de obtención**. Se muestran los intervalos entre los que fluctúan las especies químicas en función del residuo a partir del cual se obtiene el biogás.

<b>Especie química</b>	<b>Unidades</b>	<b>Biogás de vertedero</b>	<b>Biogás de EDAR</b>	<b>Biogás de residuos orgánicos</b>
Metano (CH <sub>4</sub> )	% volumen	40-50	60-65	50-70
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	% volumen	30-40	35-40	30-45
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	% volumen	0.2	-	-
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	% volumen	5-15	<1	0.2
Hidrógeno (H <sub>2</sub> )	% volumen	1-3	-	-
Ácido Sulfúrico (H <sub>2</sub> S)	ppmv	20-300	10-1000	4000
Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	ppmv	5	-	100
Agua (H <sub>2</sub> O)	% volumen	Saturado	Saturado	Saturado

**Figura 1.4.5: Composiciones del biogás según su método de obtención.**

(Fuente: Estudio básico del Biogás, Agencia Andaluza de la Energía).

Como se observa el biogás de mayor calidad, es decir con mayor porcentaje de gas combustible, CH<sub>4</sub>, se obtiene de los residuos orgánicos. Estos residuos son los generados por el sector primario, por lo que con este proceso además de tratar residuos biodegradables se produce un combustible de valor y se genera un efluente que puede aplicarse como acondicionador de suelo o abono genérico. Devolviendo de este modo parte de los nutrientes, mayormente nitratos, a los agricultores.

En la **Figura 1.4.6: Composición del biogás considerada**. Se muestran la composición del biogás asumida para los cálculos posteriores.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

<b>Compuesto</b>	<b>Composición considerada (% volumen)</b>
Metano (CH <sub>4</sub> )	60
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	40
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	-
Ácido Sulfúrico (H <sub>2</sub> S)	-
Agua (H <sub>2</sub> O)	-

**Figura 1.4.6: Composición del biogás considerada.**

Como se observa en la **Figura 1.4.6: Composición del biogás considerada**, el biogás considerado, estará libre de agua y de ácido sulfúrico. El agua se elimina para la posterior desulfuración del gas. Esto se debe a la inviabilidad técnica de inyectar este gas a las turbinas de cogeneración empleadas en las plantas de polvo atomizado, ya que este gas es muy corrosivo y deterioraría rápidamente las instalaciones.

En la **Figura 1.4.7: Propiedades del biogás considerado**, se muestran algunas de las propiedades más importantes del biogás con la composición anteriormente descrita.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Densidad real (kg/Nm <sup>3</sup> )	1,06
PCS (MJ/Nm <sup>3</sup> )	21,5
PCI (MJ/Nm <sup>3</sup> )	19,35
Densidad relativa	0,82
W, PCS (MJ/Nm <sup>3</sup> )	23,74
W, PCI (MJ/Nm <sup>3</sup> )	21,37
T <sub>adiabática</sub> (°C)	1529,55

**Figura 1.4.7: Propiedades del biogás considerado.**



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### **4.1.2. Características del proceso de atomización adoptado como referencia.**

En este apartado se describirá el estado actual del proceso en la planta en la que se realizaron las prácticas y que se tomó como modelo de referencia para el proyecto.

La planta tiene instaladas dos líneas de cogeneración, cada una de estas líneas puede alimentar a cualquier atomizador de los instalados. Una línea de cogeneración, se compone de un compresor que alimenta los quemadores del sistema de cogeneración y una turbina que al moverse por la expansión de los gases generados genera la energía mecánica que el alternador convierte en energía eléctrica.

El gas natural canalizado a una presión media de unos 12 bares, es comprimido hasta 22 bares, refrigerado e inyectado a los quemadores del sistema de cogeneración con un exceso de comburente, aire, del 20%. Los quemadores del sistema de cogeneración, se distribuyen de manera radial creando una corona alrededor del hogar en el que se genera la combustión.

Tras expandirse y provocar el movimiento de la turbina, de manera inmediata los gases residuales, son recirculados hacia los atomizadores que estén en funcionamiento para el secado de las suspensiones cerámicas.

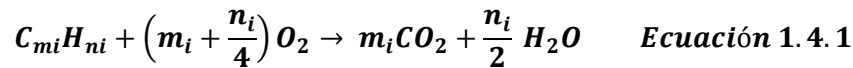
Para la realización de los cálculos, partiremos de una producción media proporcionada por la empresa de 20 toneladas de polvo seco por hora, es decir utilizando ambos sistemas de cogeneración la producción media de la planta sería de unas 20 toneladas de polvo seco por hora. Por lo que podemos asumir que con los gases de combustión de uno de los sistemas de combustión se producen 10 toneladas de polvo seco por hora, ya que las instalaciones son idénticas. La barbotina utilizada para la obtención de esta producción contiene un 70% de sólidos, y el producto final debe contener una humedad entorno al 6%, humedad óptima para el posterior conformado de las piezas cerámicas.

Debida a la gran demanda actual de producto, se realizan grandes producciones de un mismo tipo de material cerámico, por lo que podemos considerar un régimen de trabajo continuo.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### 4.1.3. Otros datos a considerar.

La reacción de combustión que se lleva a cabo en los quemadores del sistema de cogeneración es la siguiente:



**Donde:**

$C_{m_i}H_{n_i}$ : hidrocarburo combustible.

$m_i$ : número de átomos de carbono del hidrocarburo.

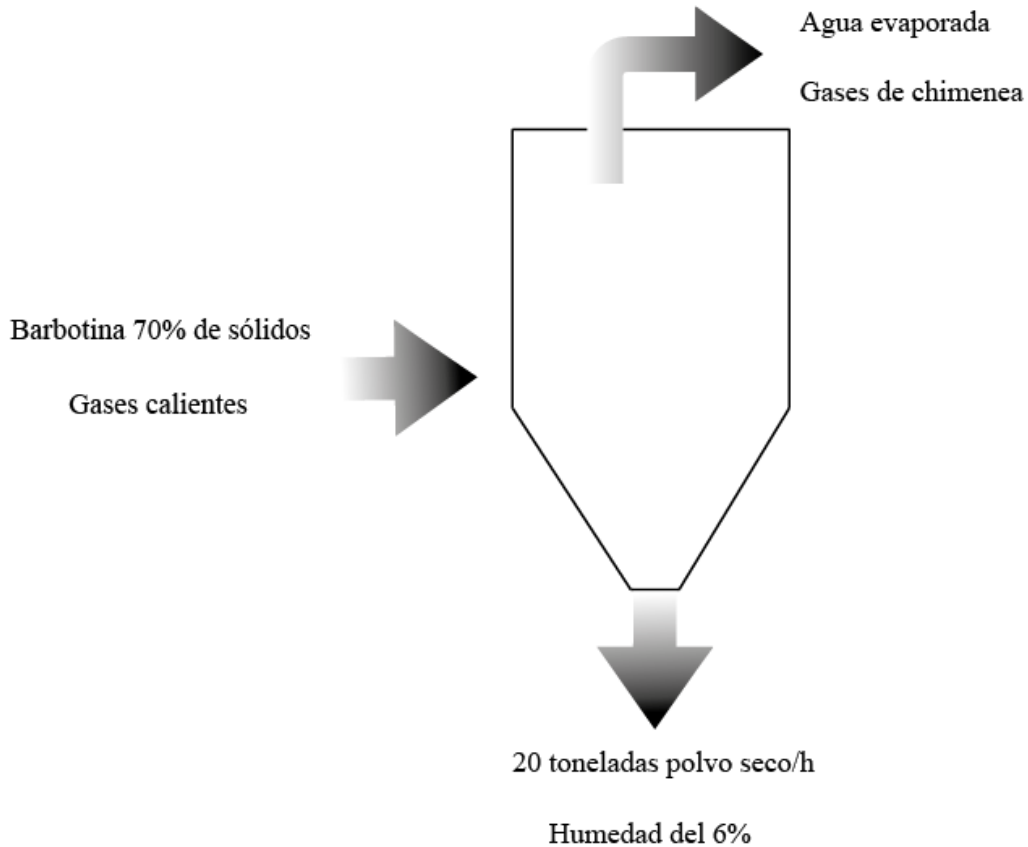
$n_i$ : número de átomos de hidrógeno del hidrocarburo.

Para ello se trabajará con un exceso de aire del 20%, esto se debe a que, por una parte, el contenido en oxígeno del aire es de un 21 % aproximadamente y por tanto un exceso de comburente garantizará la completa reacción del combustible. Por otra parte, este exceso de aire provoca que la temperatura de los gases generados no se eleve en exceso. Esto es adecuado, ya que la operación de secado no requiere una temperatura tan alta como la que se alcanzaría con una reacción con relación estequiométrica de los reactivos, lo que haría que los equipos y las conducciones se deteriorarían muy rápidamente.

Antes de explicar y analizar las soluciones consideradas, se realizará el balance de materia en los atomizadores para conocer la cantidad de agua que debemos evaporar para obtener un producto final de calidad.

Se desea obtener una producción de 20 toneladas de polvo seco por hora, con una humedad final del 6%. La barbotina se preparada con un contenido de sólidos del 70%, por lo que el 30% restante es agua. Realizaremos el balance para conocer la cantidad de barbotina que se debe alimentar al atomizador para obtener las 20 t de polvo seco por hora y la cantidad de agua que se debe evaporar para dicha producción. **En Figura 1.4.8: Balance de materia al atomizador**, se muestra el esquema de lo anteriormente descrito.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.



En Figura 1.4.8: Balance de materia al atomizador.

Así pues, las ecuaciones del balance quedan:

- Balance global de materia:

$$\text{Caudal suspensión} = \text{Caudal agua evaporada} + \text{Caudal de polvo atomizado}$$

**Ecuación 1.4.2**

- Balance másico de sólidos:

$$\text{Cantidad de sólidos de la suspensión} = \text{Cantidad de sólidos del polvo atomizado}$$

**Ecuación 1.4.3**

- Balance másico de agua:

$$H_2O_{suspensión} = H_2O_{polvo\ atomizado} + H_2O_{evaporada}$$

**Ecuación 1.4.4**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Sabiendo que se producen 20 toneladas de polvo seco por hora, que su humedad final debe ser del 6% y que el contenido en sólidos de la barbotina es del 70%, sustituimos los valores en los balances anteriores de manera que las ecuaciones quedan:

$$\text{Balance total de materia} \rightarrow m_{\text{barbotina}} = 20 + m_{\text{agua evaporada}}$$

$$\text{Balance de materiales sólidos} \rightarrow m_{\text{barbotina}} \cdot 0,7 = 20 \cdot 0,94$$

$$\text{Balance de agua} \rightarrow m_{\text{barbotina}} \cdot 0,3 = 20 \cdot 0,06 + m_{\text{agua evaporada}}$$

En la **Figura1.4.9: Resultados del balance de material atomizador**. Se muestran los valores tras la resolución de los balances.

Corriente	Caudal (t/h)
Caudal de polvo atomizado	20
Caudal suspensión introducida	26,85
Caudal de agua evaporada	6,86

**Figura1.4.9: Resultados del balance de materia al atomizador.**

Conocida la cantidad de agua que se debe evaporar para alcanzar la producción media, se calculará la energía térmica necesaria para la operación de secado, para ello se emplearán las siguientes ecuaciones:

$$E_{\text{necesaria}} = E_{\text{calentamiento}} + E_{\text{evaporación}} \quad \text{Ecuación 1.4.5}$$

Siendo el primer término la energía necesaria para calentar el agua hasta su temperatura de evaporación y el segundo término la energía necesaria para evaporarla. Desarrollando la ecuación ésta queda:

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

$$E_{necesaria} = m_{H2O} * C_{e H2O} * (T_{final} - T_{inicial}) + L_{V H2O} * m_{H2O} \quad \text{Ecuación 1.4.6}$$

Donde:

$E_{necesaria}$  : energía necesaria para evaporar los 6860 kg de agua por hora (kcal/h).

$m_{H2O}$  : masa de agua a evaporar (6860 kg/h).

$C_{e H2O}$ : Calor específico del agua (1 kcal/kg·k).

$T_{inicial}$  : temperatura del agua de la suspensión cerámica a la entrada del atomizador, (35°C = 308 k).

$T_{final}$  : temperatura de vaporización (100°C = 373 k).

$L_{V H2O}$ : Calor latente de vaporización del agua (540,15 kcal/kg).

Realizando los cálculos, se obtiene un requerimiento energético de 4.151.329 kcal/h o 17.370 MJ/h. Para conocer el caudal de gas combustible necesario para la obtención de esta energía, bastará con dividir este dato entre el PCI del combustible, en este caso gas natural, obteniendo de este modo el caudal volumétrico, Nm<sup>3</sup>/h, de combustible necesario. **Ecuación 1.4.7.**

$$Q_{combustible} = \frac{E_{necesaria}}{PCI_{combustible}} \quad \text{Ecuación 1.4.7}$$

Donde:

$Q_{combustible}$ : caudal de combustible calculado (Nm<sup>3</sup>/h)

$E_{necesaria}$ : energía total necesaria para evaporar el agua, 17.370 MJ/h.

$PCI_{combustible}$  : poder calorífico inferior del combustible utilizado. (MJ/h)

En el caso del gas natural, con un PCI de 37,8 MJ/Nm<sup>3</sup>, el caudal mínimo para evaporar los 6860 kg de agua por hora sería de 459,52 Nm<sup>3</sup> de gas natural por hora.

Este caudal de combustible, sería el necesario si la operación de secado por atomización tuviera un rendimiento del 100%. Teniendo en cuenta que en la bibliografía consultada se estima que el rendimiento del proceso de secado por atomización es del 65%, calcularemos el rendimiento de la operación con los datos proporcionados por la empresa para conocer el caudal real de combustible que deberá introducirse en los quemadores.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Este rendimiento será calculado realizando un balance energético al atomizador. En el **Capítulo II: Anexos**, en **Anexo I: Cálculos**, se muestran los cálculos realizados para la obtención del rendimiento de la operación de secado por atomización.

El rendimiento obtenido para la operación de secado es del 69,11 %. Debido a la diferencia obtenida entre el valor bibliográfico obtenido y el calculado, se ha decidido tomar un valor de rendimiento igual al bibliográfico, del 65%, de manera que los valores obtenidos serán más restrictivos.

Para conocer el valor real del combustible que requerirá la operación, solo tendremos que dividir el caudal anteriormente calculado, 459,52 Nm<sup>3</sup> de gas natural por hora, entre el rendimiento. En la **Figura 1.4.10: Resumen de los resultados obtenidos en el balance**. Se muestran los resultados obtenidos que serán utilizados en los siguientes apartados para calcular y analizar las diferentes soluciones.

Caudal de agua a evaporar (kg/h)	6860
Energía requerida (MJ/h)	17.370
Caudal mínimo de gas natural (Nm <sup>3</sup> /h)	459,52
Rendimiento de la operación (%)	65
Caudal real de gas natural (Nm <sup>3</sup> /h)	706,95

**Figura 1.4.10: Resumen de los resultados obtenidos en el balance.**

Obtenidos estos valores, se calculó la composición de los humos de combustión generados por el gas natural y el caudal de emisiones generadas por hora. En la **Figura 1.4.11: Valores de emisión del gas natural**. Se muestran estos datos. En el **Capítulo 2**, en el **Anexo I: Cálculos**, se muestra el método de cálculo seguido para la obtención de estos valores.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

<b>Especie química</b>	<b>Composición de los humos (%vol)</b>	<b>Caudal volumétrico (Nm<sup>3</sup>/ Nm<sup>3</sup><sub>gas natural</sub>)</b>	<b>Caudal generado en el proceso de secado (Nm<sup>3</sup>/h)</b>
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	8,33	1,08	763,51
Agua (H <sub>2</sub> O)	15,79	2,04	1.442,18
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	72,65	9,39	6.638,26
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	3,24	0,42	296,92

**Figura:1.4.11: Valores de emisión del gas natural.**

Los valores de las emisiones generadas en la combustión del gas natural mostrados en la figura anterior, se compararán con las emisiones obtenidas en las soluciones planteadas en el proyecto y será uno de los factores determinantes para descartar o escoger una determinada solución.

## 4.2. Descripción de las soluciones consideradas.

### 4.2.1. Búsqueda de un combustible con igual índice de Wobbe.

La primera solución considerada para mejorar el rendimiento global de la operación de secado por atomización, fue la de sustituir el gas natural empleado por una mezcla de diferentes gases intercambiabile, es decir con igual índice de Wobbe y de este modo evitar la modificación de la instalación existente.

Según Wobbe, a igualdad de presión y temperatura de suministro, dos gases combustibles con el mismo índice de Wobbe serán intercambiables, es decir cuando se iguale la potencia calorífica suministrada por ellos. El índice de Wobbe se define como:

$$W = \frac{\Delta H_s}{\sqrt{\rho_{r.comb.}}} \quad \text{Ecuación 1.4.8}$$

Donde:

W: índice de Wobbe, índice de intercambiabilidad de gases, referido al PCI. (MJ/Nm<sup>3</sup>).

$\Delta H_s$  : Poder calorífico inferior del combustible (MJ/Nm<sup>3</sup>).

$\rho_{r.comb.}$ : densidad del combustible referida al aire, densidad relativa.

La norma UNE 60.002-90 o UNE EN 437 clasifica los gases combustibles en tres familias en función de su índice de Wobbe. Esta clasificación se muestra en la **Figura 1.4.12: Clasificación internacional de los gases combustibles en familias.**

Familia	Denominación	Valor de W (MJ/Nm <sup>3</sup> ) referido al PCI
Primera	Gases manufacturados	23.8÷32.4
Grupo (a)	Gas ciudad	23.8÷28.1
Grupo (b)	Gas de coquería	25.9÷31.4
Grupo (c)	Hidrocarburos-aire	23.8÷27.2
Segunda	Gases naturales	41.2÷58.0
Grupo H (High)	De alto índice de Wobbe	48.1÷58.0
Grupo L (Low)	De bajo índice de Wobbe	41.2÷47.3
Tercera	Gases licuados de petróleo	77.4÷92.4

Figura 1.4.12: Clasificación internacional de los gases combustibles en familias. (Fuente: Apuntes N45 Parte I: Combustión).



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

El gas natural con el que se está trabajando en la planta, se clasifica en la segunda familia, dentro del Grupo High. Por lo que se determinará una mezcla de gases que pudiera sustituir este gas natural al igualar su índice de Wobbe. Los gases elegidos para estudiar esta posibilidad fueron el propano y el biogás.

Se calculó el índice de Wobbe referido al P.C.I para las diferentes mezclas de estos dos gases, obteniendo los resultados mostrados en la **Figura 1.4.13: Índice de Wobbe para mezclas de propano y biogás**. En el **Capítulo 2: Anexos**, en el **Anexo I: Cálculos**, se muestra la metodología seguida para su obtención.

$x_i$ propano	$x_i$ biogás	P.C.I (MJ/Nm <sup>3</sup> )	Densidad relativa	Índice de Wobbe referido al P.C.I (MJ/Nm <sup>3</sup> )
0,9	0,1	87,7	1,49	71,89
0,8	0,2	80,1	1,43	67,05
0,7	0,3	72,51	1,37	62,03
0,6	0,4	64,91	1,31	56,81
0,5	0,5	57,32	1,24	51,39
0,4	0,6	49,726	1,18	45,71
0,3	0,7	42,13	1,12	39,77

**Figura 1.4.13: Índice de Wobbe para mezclas de propano y biogás.**

Como se muestra en la figura anterior, la mezcla que igualaría el índice de Wobbe del gas natural, 48,8 MJ/Nm<sup>3</sup>, sería una mezcla de entre el 50% y 40 % de propano y el 50% y 60% de biogás, esta mezcla posee un P.C.I superior al del gas natural, por lo que se debería inyectar una cantidad menor de combustible a los quemadores.

Para poder determinar la viabilidad técnica, económica y medioambiental de esta opción de manera precisa, se evaluarán unos determinados parámetros. Estos parámetros serán el caudal necesario de cada uno de los gases, las cantidades de gases que se deberán almacenar para llevar a cabo la operación considerando un stock de gases para un periodo de 1 semana de

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

producción, y las emisiones que se obtendrían con esta nueva mezcla. Para poder calcularlos, se fija una composición del 50% de propano y 50 % de biogás.

La composición de esta mezcla de gases, se muestra en la **Figura 1.4.14: Composición de la mezcla de propano y biogás (50%-50%)**.

---

**Mezcla de propano y biogás (50%-50%)**

<b>Especie química</b>	<b>Porcentaje en volumen (%volumen)</b>
$C_3H_8$	46,5
$CH_4$	30
$CO_2$	20
$C_4H_{10}$	3,3
$C_2H_6$	0,2

---

**Figura 1.4.14: Composición de la mezcla de propano y biogás (50%-50%).**

Los valores de todos los parámetros anteriormente citados se muestran en la **Figura 1.4.15: Caudales volumétricos para la mezcla de 50%-50% de propano y biogás.** y en la **Figura 1.4.16: Emisiones de la combustión de mezcla 50%-50% de propano y biogás.** En el **Anexo I: Cálculos.** Se muestra la metodología seguida para la obtención de estos valores.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Parámetro	Valor
Caudal mínimo de la mezcla de combustibles (Nm <sup>3</sup> /h)	303,04
Caudal real de la mezcla de combustibles (Nm <sup>3</sup> /h)	466,22
Propano a almacenar (Nm <sup>3</sup> )	39.162,09
Biogás a almacenar (Nm <sup>3</sup> )	39.162,09

Figura 1.4.15: Caudales volumétricos para la mezcla de 50%-50% de propano y biogás.

Especie química	Composición de los humos (%volumen)	Caudal volumétrico (Nm <sup>3</sup> <sub>i</sub> / Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	Caudal generado en el proceso de secado (Nm <sup>3</sup> <sub>i</sub> /h)
CO <sub>2</sub>	10,59	2,03	946,43
H <sub>2</sub> O	13,73	2,63	1.226,16
N <sub>2</sub>	72,46	13,89	6.475,80
O <sub>2</sub>	3,22	0,62	289,06

Figura 1.4.16: Emisiones de combustión de la mezcla 50%-50% de propano y biogás.

#### 4.2.2. Intercambio del combustible por biogás.

La segunda opción considerada fue la de sustituir todo el gas natural utilizado en el proceso de secado por atomización por biogás. Para poder evaluar esta opción, se calcularon los mismos parámetros citados en la primera opción, el caudal de biogás necesario para la operación de secado y la cantidad de biogás a almacenar, para un periodo de producción de una semana, también se calcularon las emisiones generadas, aunque como se ha explicado anteriormente, estas emisiones de CO<sub>2</sub> son neutras, por lo que no contabilizarán en el cómputo anual de emisiones de CO<sub>2</sub>. Los datos obtenidos se muestran en la **Figura 1.4.17: Caudales volumétricos para el biogás.** y en la **Figura 1.4.18: Emisiones de gases de combustión para el biogás.** En el **Anexo I: Cálculos.** Se muestra la metodología seguida para la obtención de estos valores.

Parámetro	Valor
Caudal mínimo de combustible (Nm <sup>3</sup> /h)	897,67
Caudal real de combustible (Nm <sup>3</sup> /h)	1.381,03
Biogás a almacenar (Nm <sup>3</sup> )	232.013,04

Figura 1.4.17: Caudales volumétricos para el biogás.

Especie química	Composición de los humos (%vol)	Caudal volumétrico (Nm <sup>3</sup> <sub>v</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	Caudal generado en el proceso de secado (Nm <sup>3</sup> /h)
CO <sub>2</sub>	12,73	1,00	1.381,03
H <sub>2</sub> O	15,28	1,20	1.657,24
N <sub>2</sub>	68,94	5,41	7.471,37
O <sub>2</sub>	3,05	0,24	331,45

Figura 1.4.18: Emisiones de gases de combustión para el biogás.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### 4.2.3 Adición de biogás al gas natural.

La tercera y última opción estudiada, fue la de alimentar los quemadores con mezclas de gas natural y biogás, para ello se estudiaron diferentes composiciones de las mezclas a fin de encontrar un equilibrio entre ahorro e inversión. En la **Figura 1.4.19: Composición y P.C.I. de las mezclas de gas natural y biogás**. Se muestran las diferentes composiciones que se estudiaron, así como sus P.C.I.

% <sub>vol</sub> Gas natural	% <sub>vol</sub> Biogás	P.C.I (MJ/Nm <sup>3</sup> )
95	5	36,88
90	10	35,96
85	15	35,03
80	20	34,11
70	30	32,27
60	40	30,42
50	50	28,58

**Figura 1.4.19: Composición y P.C.I. de las mezclas de gas natural y biogás.**

Como la planta ya cuenta con suministro de gas natural, en este caso solo se requeriría almacenar el biogás, ya que no se comercializa canalizado. En la siguiente figura, **Figura 1.4.20: Caudales volumétricos de las mezclas de gas natural y biogás**, se muestran los valores calculados para las diferentes mezclas.

Composición mezcla (% gas natural-%biogás)	Caudal mínimo de combustible (Nm <sup>3</sup> /h)	Caudal real de combustible (Nm <sup>3</sup> /h)	Biogás a almacenar (Nm <sup>3</sup> )
95-5	471,02	724,65	6.087,06
90-10	482,57	742,42	12.472,66
85-15	495,86	762,85	19.223,82
80-20	509,23	783,43	26.323,27
70-30	538,35	828,23	41.742,83
60-40	571,01	878,48	59.033,65
50-50	607,87	935,18	78.555,12

Figura 1.4.19: Caudales volumétricos de las mezclas de gas natural y biogás.

A la vista de los resultados obtenidos, se estimarán las emisiones de los 4 primeros casos, en los que el biogás está presente en un 5, 10, 15 y 20%. Ya que, en las últimas tres composiciones consideradas, al aumentar en mayor medida el porcentaje de biogás se presentan una serie de inconvenientes, como la excesiva cantidad de biogás a almacenar, los daños que un porcentaje tan alto de dióxido de carbono podría ocasionar a la turbina de cogeneración, la necesidad de intercambiar los quemadores de las turbinas...

Para el cálculo de las emisiones, al igual que en la primera opción estudiada, se calcularán las emisiones totales de la mezcla. Pero para la evaluación de su viabilidad, al estimar la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, se compararán las emisiones procedentes del gas natural. En el **Anexo I: Cálculos**. Se muestra la metodología seguida para la obtención de estos valores. Los datos obtenidos se muestran en la **Figura 1.4.20: Emisiones de gases de combustión para las mezclas de gas natural y biogás**.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Composición de la mezcla (% gas natural-%biogás)	Especie química	Composición de los humos (%vol)	Caudal volumétrico (Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> combustible)	Caudal generado en el proceso de secado (Nm <sup>3</sup> /h)
95-5	CO <sub>2</sub>	8,45	1,07	775,38
	H <sub>2</sub> O	15,77	2,00	1.448,3
	N <sub>2</sub>	72,53	9,23	6.6885,52
	O <sub>2</sub>	3,21	0,41	297,11
90-10	CO <sub>2</sub>	8,60	1,07	794,39
	H <sub>2</sub> O	15,77	1,96	1.455,14
	N <sub>2</sub>	72,43	9,02	6.696,63
	O <sub>2</sub>	3,21	0,39	298,54
85-15	CO <sub>2</sub>	8,75	1,07	816,25
	H <sub>2</sub> O	15,75	1,92	1.464,67
	N <sub>2</sub>	72,28	8,83	6.735,97
	O <sub>2</sub>	3,20	0,39	297,51
80-20	CO <sub>2</sub>	8,90	1,06	830,44
	H <sub>2</sub> O	15,73	1,88	1.472,85
	N <sub>2</sub>	72,19	8,63	6.761,00
	O <sub>2</sub>	3,20	0,38	297,70

Figura 1.4.20: Emisiones de gases de combustión para las mezclas de gas natural y biogás.

Para una interpretación rápida de los valores obtenidos en esta última figura, los valores de emisión del CO<sub>2</sub>, se representan en la **Gráfico 2.2.1: Emisiones (Nm<sup>3</sup>/h) de CO<sub>2</sub> para mezcla de gas natural y biogás**, en el **Capítulo 2 (Anexo II: Gráficos y tablas.)** Se observa que al aumentar el contenido de biogás en las mezclas de gas natural y biogás el valor de emisión de dióxido de carbono aumenta, sin embargo, a efectos legales este aumento no se dará, ya que todo el CO<sub>2</sub> procedente del biogás, tanto el presente en su composición como el generado en su combustión es neutro por lo que se generará una disminución de las emisiones anuales totales, ya que el caudal de gas natural empleado será menor al aumentar el porcentaje en biogás.

#### **4.3. Resultados preliminares y selección de la solución más viable.**

En este apartado analizaremos individualmente cada una de las opciones estudiadas de manera que podamos escoger la que mejor se adapte a las necesidades actuales del proceso y sea más viable en el contexto actual.

- **Búsqueda de un combustible con igual índice de Wobbe.**

Al analizar los resultados obtenidos para las mezclas de biogás y propano, se llega a la conclusión que para obtener un índice de Wobbe igual al del gas natural deberíamos trabajar con una mezcla de biogás-GLP del 60%-40% o 50%-50% aproximadamente.

Esta solución se analizó por la ventaja que suponía el uso de un gas intercambiable, ya que de este modo los quemadores de la turbina no se debían sustituir por otros. Sin embargo, a la vista de los resultados obtenidos, tuvo que ser descartada por varios motivos. A continuación, se detallan estos motivos:

El porcentaje de propano necesario para igualar el índice de Wobbe es demasiado elevado, lo que nos llevará a un aumento de las emisiones de dióxido de carbono, ya que el propano es un hidrocarburo más pesado que el metano, esto, por una parte, le confieren su gran poder calorífico, pero por otra aumenta de manera drástica las emisiones de CO<sub>2</sub> (1,08Nm<sup>3</sup>CO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup>gas natural frente a 3,07Nm<sup>3</sup>CO<sub>2</sub>/Nm<sup>3</sup>propano).

Por otra parte, el precio del propano es superior al del gas natural (1,25-2 €/kg de propano frente a 0,55 €/kg gas natural aproximadamente) por lo que no podremos trabajar con mezclas que contengan un porcentaje de propano tan elevado sin que los costes en combustible se eleven en gran medida.

El propano se almacena licuado en tanques especialmente diseñados. Para poder trabajar con él, deberíamos instalar depósitos capaces de evaporar de manera continua un caudal muy elevado de combustible para poder cumplir con las producciones actuales. Lo que nos llevaría a tener que instalar un sistema adicional de vaporización. En este sistema se consume combustible de la fase líquida y mediante un intercambiador de calor se vaporiza. Este tipo de tanques son muy costosos y con los caudales calculados se deberían instalar una cantidad considerable, capaz de almacenar 39.162,09 Nm<sup>3</sup> de propano.

Además, también deberían almacenarse 39.162,09 Nm<sup>3</sup> de biogás, lo que supondría el diseño y la instalación de más depósitos. Finalmente cabe destacar que sería contraproducente no emplear los recursos de los que se dispone en la actualidad, como es el suministro de gas natural canalizado.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

- **Intercambio del combustible por biogás.**

Al analizar los datos obtenidos para el intercambio total del gas natural por el biogás, observamos que la cantidad total a almacenar de biogás es muy elevada, concretamente de 232.013,04 Nm<sup>3</sup>. Esta solución presenta varias ventajas frente al uso del gas natural.

Por una parte, la combustión de biogás desprende CO<sub>2</sub> neutro, por lo que sustituyendo todo el gas natural por biogás las emisiones procedentes del proceso de secado por atomización serían nulas. El precio del combustible es mucho más económico que el del gas natural, ya que contiene menos porcentaje de hidrocarburos y por tanto una potencia calorífica menor. Sin embargo, como se ha mostrado en los cálculos anteriores, este descenso del poder calorífico haría que las acciones a tomar en el sistema productivo fueran altamente costosas.

En primer lugar, se deberían instalar los depósitos necesarios para almacenar los 232.013,04 Nm<sup>3</sup> de biogás necesarios para una semana de producción, ya que no se suministra canalizado. Se tendrían que sustituir los dos compresores que actualmente tienen instalados en la planta por otros dos aptos para el nuevo combustible y finalmente realizar el intercambio de los quemadores de las dos turbinas de cogeneración.

Otro inconveniente que presentaría sería el de la posibilidad de que se viera interrumpida la producción por falta de biogás o por algún problema en la instalación de abastecimiento del mismo, ya que, con esta opción, al igual que en la anterior, no se tendría alternativa frente algún fallo de este tipo.

Finalmente, al igual que en la opción anterior sería contraproducente no emplear los recursos de los que se dispone en la actualidad y en los que se ha invertido como son el suministro de gas natural canalizado, los compresores y quemadores instalados.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

- **Adición de biogás al gas natural.**

Tras analizar las dos opciones anteriores, se llega a la conclusión que la opción más lógica a estudiar es la de incorporar una fracción de biogás al gas natural. Por una parte, continuamos utilizando los recursos existentes en los que ya se ha invertido y a su vez se ven reducidos los costes de producción, ya que sustituiremos parte del combustible habitual por otro más económico y sostenible como es el biogás.

Una vez escogida esta opción, analizaremos las diferentes mezclas de gas natural y biogás que se han estudiado. El primer criterio que se empleará para escoger unas determinadas composiciones de mezclas, será el de evitar tener que intercambiar los quemadores de las turbinas, para ello deberemos trabajar con composiciones en el que el biogás no esté presente en exceso. De este modo ni el caudal a introducir en los quemadores ni la composición de los mismos se verán alterados en exceso de manera que regulando los quemadores actuales se podrá producir.

El segundo criterio que nos ayudará en la elección de una determinada composición será el de la cantidad de biogás a almacenar. Es decir, no tendría sentido tener que instalar un gran número de depósitos, ya que requerirían mucho espacio en comparación al resto de planta. Por lo que se estudiarán de manera concisa las composiciones en las que el biogás está presente en un 5, 10, 15 y 20 %<sub>vol</sub>.

En la **Figura 1.4.21: Composiciones de gas natural y biogás.** se muestran las composiciones a estudiar con más detalle.

<b>%<sub>vol</sub> gas natural</b>	<b>%<sub>vol</sub> biogás</b>	<b>PCS ( MJ/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>PCI ( MJ/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad relativa</b>
95	5	40,98	36,88	0,61
90	10	39,95	35,96	0,62
85	15	38,93	35,03	0,63
80	20	37,90	34,11	0,64

**Figura 1.4.21: Composiciones de gas natural y biogás.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Los primeros cálculos se realizaron estimando una producción de unas 20 t polvo atomizado por hora, esta producción correspondería a los dos sistemas de cogeneración. Con esta producción, la cantidad de biogás a almacenar continuaría siendo muy alta, por lo que se ha optado por instalar la dilución al gas natural con biogás solamente en una turbina, por lo que la nueva producción a estimar será de 10 t polvo atomizado por hora. A continuación, se recalculan los balances de materia. Teniendo en cuenta que las humedades permanecen constantes. Los nuevos balances de materia quedan:

$$\text{Balance total de materia} \rightarrow m_{\text{barbotina}} = 10 + m_{\text{agua evaporada}}$$

$$\text{Balance de agua} \rightarrow m_{\text{barbotina}} \cdot 0,3 = 10 \cdot 0,06 + m_{\text{agua evaporada}}$$

$$\text{Balance de materiales sólidos} \rightarrow m_{\text{barbotina}} \cdot 0,7 = 10 \cdot 0,94$$

En la **Figura1.4.22: Resultados de los balances de materia II**. Se muestran los valores tras la resolución de los balances.

Corriente	Caudal (t/h)
Caudal de polvo atomizado	10
Caudal suspensión introducida	13,4285
Caudal de agua evaporada	3,4285

**Figura1.4.22: Resultados de los balances de materia II.**

Conocida la cantidad de agua que deseamos evaporar, calcularemos la energía térmica necesaria para la operación de secado de igual forma que se calculó en el primer balance de materia realizado.

Realizados los cálculos, se obtiene un requerimiento energético de 2.075.664,5 kcal/h o 8685 MJ/h. Para conocer el caudal de gas combustible que se requeriría para la obtención de esta energía, bastará con dividir este dato entre el PCI de la mezcla de combustibles, obteniendo de este modo los Nm<sup>3</sup>/h de combustible.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

$$Q_{combustible} = \frac{E_{necesaria}}{PCI_{combustible}} \quad \text{Ecuación 1.4.7}$$

Donde:

$Q_{combustible}$ : caudal de combustible calculado (Nm<sup>3</sup>/h)

$E_{necesaria}$ : energía total necesaria para evaporar el agua, 8.828,10 MJ/h.

$PCI_{combustible}$ : poder calorífico inferior de la mezcla. (MJ/Nm<sup>3</sup>)

En la **Figura 1.4.23: Caudales de combustibles necesarios y cantidad de biogás a almacenar**. Se muestran los caudales mínimos necesarios para evaporar el agua, el caudal de combustible estimando un rendimiento de operación del 65% ( $Q_{real\ combustible}$ ) y la cantidad de biogás a almacenar estimando un stock suficiente para una semana de producción.

% <sub>vol</sub> gas natural	% <sub>vol</sub> biogás	Caudal mínimo de combustible (Nm <sup>3</sup> /h)	Caudal real de combustible (Nm <sup>3</sup> /h)	Biogás a almacenar (Nm <sup>3</sup> )
100	-	233,54	359,30	-
95	5	235,51	362,32	3.043,51
90	10	241,28	371,20	6.236,16
85	15	247,93	381,43	9.612,06
80	20	254,62	391,72	13.161,89

**Figura 1.4.23: Caudales de combustibles necesarios y cantidad de biogás a almacenar.**

A la vista de los resultados obtenidos, se escogerá la mezcla de combustibles a implantar buscando un compromiso entre la cantidad de biogás a almacenar y su repercusión económica en el proceso productivo, por lo que la composición óptima seleccionada contendrá un 90% de gas natural y un 10% de biogás.

En la siguiente figura, **Figura 2.4.24: Valores de emisión para el gas natural, producción de 10t/h**, se muestran los valores de emisión para el gas natural con la nueva producción de 10 toneladas de polvo seco por hora.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Especie química	Composición de los humos (% <sub>vol</sub> )	Caudal volumétrico (Nm <sup>3</sup> <sub>i</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	Caudal generado en el proceso de secado (Nm <sup>3</sup> <sub>i</sub> /h)
CO <sub>2</sub>	8,33	1,08	388,04
H <sub>2</sub> O	15,79	2,04	732,97
N <sub>2</sub>	72,65	9,39	3.373,83
O <sub>2</sub>	3,24	0,42	150,91

Figura 2.4.24: Valores de emisión para el gas natural, producción de 10t/h.

En la siguiente figura, **Figura 2.4.25: Valores de emisión para la mezcla de gas natural y biogás (90%-10%), producción de 10t/h**, se muestran los valores de emisión para la mezcla de combustibles escogida como solución para una producción de 10 toneladas de polvo seco por hora.

Especie química	Composición de los humos (% <sub>vol</sub> )	Caudal volumétrico (Nm <sup>3</sup> <sub>i</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	Caudal generado en el proceso de secado (Nm <sup>3</sup> <sub>i</sub> /h)
CO <sub>2</sub>	8,60	1,07	397,18
H <sub>2</sub> O	15,77	1,96	727,55
N <sub>2</sub>	72,43	9,02	3.348,22
O <sub>2</sub>	3,21	0,39	144,77

Figura 2.4.25: Valores de emisión para la mezcla de gas natural y biogás (90%-10%) producción de 10t/h.

Sabiendo que el dióxido de carbono del biogás es neutro, se recalcularán los valores de emisión eliminando las procedentes del biogás, es decir las emisiones generadas por 334,08 Nm<sup>3</sup> de gas natural por hora que se utilizan en esta opción, de manera que podremos obtener los valores para compararlos con el estado de partida del proceso, en el que el combustible es del 100% gas natural. Estos valores se muestran en la siguiente figura, **Figura 2.4.26: Emisiones generadas por el gas natural de la mezcla de gas natural y biogás (90-10%) producción de 10t/h.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

<b>Especie química</b>	<b>Composición de los humos (%<sub>vol</sub>)</b>	<b>Caudal volumétrico (Nm<sup>3</sup><sub>i</sub>/Nm<sup>3</sup><sub>combustible</sub>)</b>	<b>Caudal generado en el proceso de secado (Nm<sup>3</sup><sub>i</sub>/h)</b>
CO <sub>2</sub>	8,33	1,08	360,80
H <sub>2</sub> O	15,79	2,04	681,52
N <sub>2</sub>	72,65	9,39	3.137,01
O <sub>2</sub>	3,24	0,42	140,31

**Figura 2.4.25: Emisiones generadas por el gas natural de la mezcla de gas natural y biogás (90-10%) producción de 10t/h.**

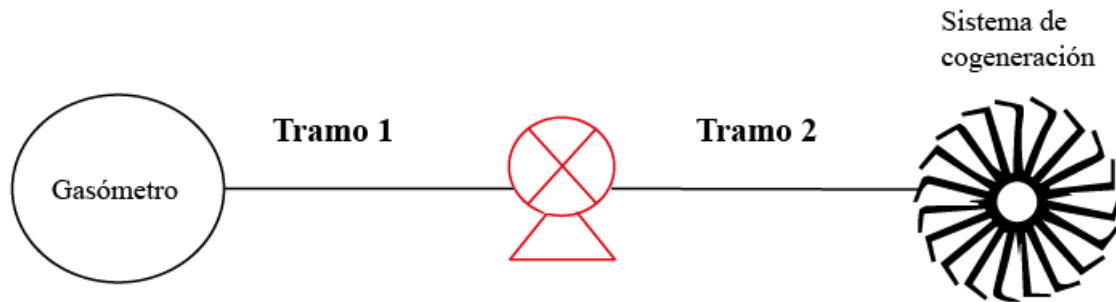
Estos datos junto con los de las emisiones generadas al utilizar íntegramente gas natural y los de la mezcla completa se han representado en el **Gráfico 2.2.2: Comparativa de las emisiones generadas por el gas natural, la mezcla de combustibles y el gas natural de la mezcla**. Este se muestra en el **Anexo II: Gráficos**.

En el siguiente punto de la memoria se describirá la instalación proyectada para poder llevar a cabo esta modificación en el proceso.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## 5. ESTUDIO TÉCNICO DE LA INSTALACIÓN.

La instalación proyectada, se representa de manera simplificada en la **Figura 1.5.1: Esquema simplificado de la instalación.**



**Figura 1.5.1: Esquema simplificado de la instalación.**

Como se observa en la figura anterior, para el diseño de la instalación se ha proyectado el montaje de un gasómetro de almacenamiento de biogás conectado con un compresor que conducirá este biogás hasta el quemador de la turbina de cogeneración, donde se realizará la mezcla con el gas natural.

En la **Figura 1.5.2: Parámetros de diseño.** Se muestran los parámetros a partir de los cuales se proyectará la instalación.

Parámetro	Valor
Biogás a almacenar (Nm <sup>3</sup> )	6.236,16
Biogás a alimentar al quemador (Nm <sup>3</sup> /h)	37,12
Presión de entrada a los quemadores (bar)	22

**Figura 1.5.2: Parámetros de diseño.**

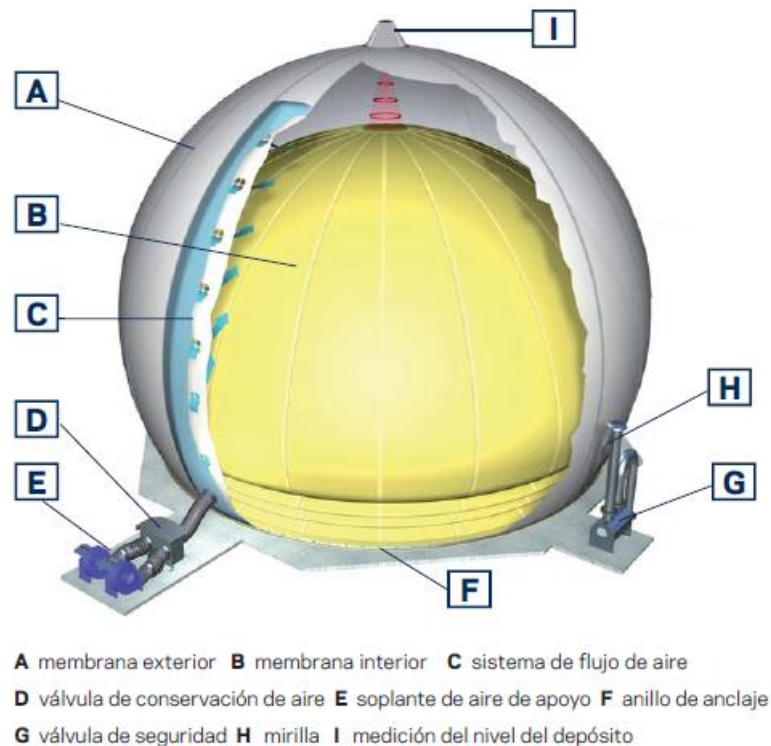
En los siguientes apartados se evaluarán de manera aislada el diseño de cada uno de los componentes u elementos citados.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## 5.1. Diseño de la instalación de abastecimiento de biogás.

### 5.1.1. Gasómetros de almacenamiento de biogás.

Para el almacenamiento del biogás necesario para la producción de una semana de 10 t de polvo atomizado por hora, 1680 toneladas de polvo seco por semana, se ha optado por un gasómetro de doble membrana con forma de  $\frac{3}{4}$  de esfera. Este sistema de almacenamiento, presenta varias ventajas frente a los depósitos convencionales de almacenamiento de gases como una gran reducción en el tiempo de construcción y un bajo coste de inversión y operación en comparación a los depósitos de acero. En la **Figura 1.5.3: Gasómetro de biogás**. Se muestra un esquema del tipo de gasómetro que se ha proyectado.



**Figura 1.5.3: Gasómetro de biogás. (Fuente: SATTLER).**

El gasómetro de doble membrana, está compuesto por una membrana exterior, encargada de dar la forma exterior al depósito, una membrana interior y una de fondo o base, estas dos últimas constituyen la zona de almacenamiento de biogás. Las tres membranas están sujetas mediante un anillo de anclaje [F].



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

El soplante de aire de apoyo [E], transporta aire a los espacios vacíos manteniendo la presión constante. Esta presión, cumple con la función de mantener la forma de la membrana exterior, y mantener la presión constante en la membrana interior, evitando la reducción de la presión con el consumo del biogás.

Este control de las presiones se consigue mediante una válvula de seguridad [G] que protege al gasómetro de la sobrepresión de gas y una válvula reguladora del flujo de aire [D].

Para la medición del nivel del depósito, se utilizan sistemas de medición por ultrasonidos y por longitud [I].

Otras de las propiedades que presenta este sistema de almacenamiento y que representan una ventaja sobre otro tipo de depósitos son:

- Capacidades de grandes volúmenes.
- Presión operativa constante.
- Adecuado para altas cargas climáticas.
- Duradera resistencia al gas.
- Alta seguridad operativa.
- Operación automática.
- Medición exacta del nivel del depósito.

Realizada la búsqueda para determinar el gasómetro más adecuado, se seleccionó un SATTLER DMGS.

Se escogió este proveedor debida a su larga trayectoria en el sector y a su posicionamiento internacional, actualmente son uno de los mayores proveedores a nivel mundial de gasómetros. Por lo que serán unos proveedores fiables. En la **Figura 1.5.4: Gasómetros estándar SATTLER DMGS**. Se muestra un resumen de los gasómetros estándar de doble membrana que ofrece la compañía.

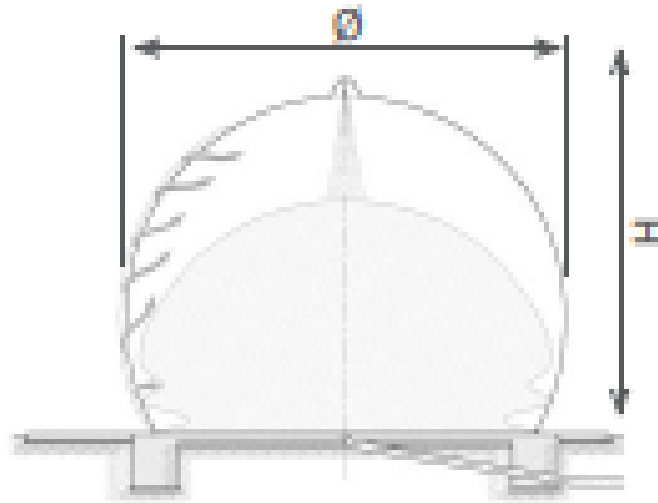
SATTTLER DMGS

Designación del tipo	Capacidad efectiva (m <sup>3</sup> )	Diámetro/altura		Presión máxima
		Ø (m)	H (m)	(mbar)
B9 108/205	50	4,9	3,7	50
B9 109/205	70	5,5	4,1	50
B9 110/205	100	6,1	4,6	50
B9 111/205	130	6,8	5,1	50
B9 112/205	170	7,4	5,5	50
B9 113/205	210	8,0	6,0	50
B9 114/205	270	8,6	6,5	50
B9 115/205	330	9,2	6,9	49
B9 116/205	400	9,8	7,4	46
B9 117/205	480	10,4	7,8	43
B9 118/205	570	11,1	8,3	40
B9 119/205	670	11,7	8,8	38
B9 116/250	780	12,6	9,5	35
B9 117/250	1040	13,4	10,1	33
B9 118/250	1190	14,2	10,7	31
B9 119/250	1350	15,0	11,2	29
B9 120/250	1530	15,8	11,8	27
B9 121/250	1920	16,6	12,4	26
B9 122/250	2150	17,2	12,9	25
B9 123/250	2380	18,1	13,6	23
B9 124/250	2640	18,9	14,2	22
B9 125/250	3200	19,7	14,7	21
B9 126/250	3510	20,4	15,3	20
B9 127/250	3840	21,1	15,9	20
B9 128/250	4560	22,0	16,5	19
B9 129/250	4950	22,8	17,1	18
B9 130/250	5360	23,5	17,6	17

Figura 1.5.4: Gasómetros estándar SATTTLER DMGS.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

En la **Figura 1.5.5: Esquema del gasómetro estándar SATTLER DMGS**. Se muestra el esquema con la identificación de las medidas aportadas en la figura anterior.



**Figura 1.5.5: Esquema del gasómetro estándar SATTLER DMGS.**

A la vista de las necesidades de la solución escogida, se ha seleccionado el gasómetro con mayor capacidad de los que aparecen en la tarifa, el modelo B9 130/250. En la siguiente figura (**Figura 1.5.6: Especificaciones del B9 125/250**.) se muestran sus especificaciones.

---

<b>Gasómetro modelo B9 125/250</b>	
Capacidad efectiva (m <sup>3</sup> )	5360
Diámetro (m)	23,50
Altura (m)	17,6
Presión máxima (mbar)	17

---

**Figura 1.5.6: Especificaciones del B9 125/250**

Como se observa la capacidad efectiva, no llega a ser igual a la necesaria para la producción de una semana, sabiendo que al día se consumirá unos 891 Nm<sup>3</sup> de biogás, el repostaje del gasómetro deberá realizarse como máximo de cada 6 días.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### 5.1.2. Conducciones.

Las conducciones a diseñar, deben conectar el gasómetro con el compresor (Tramo 1) y el compresor con el sistema de cogeneración (Tramo 2), para el diseño se tratarán por separado. Las conducciones se diseñarán de acero inoxidable AISI 316L, según UNE 19049-1 y siguiendo el estándar de calidad de la planta.

#### Tramo 1

En el **Figura 1.5.7: Esquema del Tramo 1**. Se esquematiza este primer tramo del diseño proyectado.

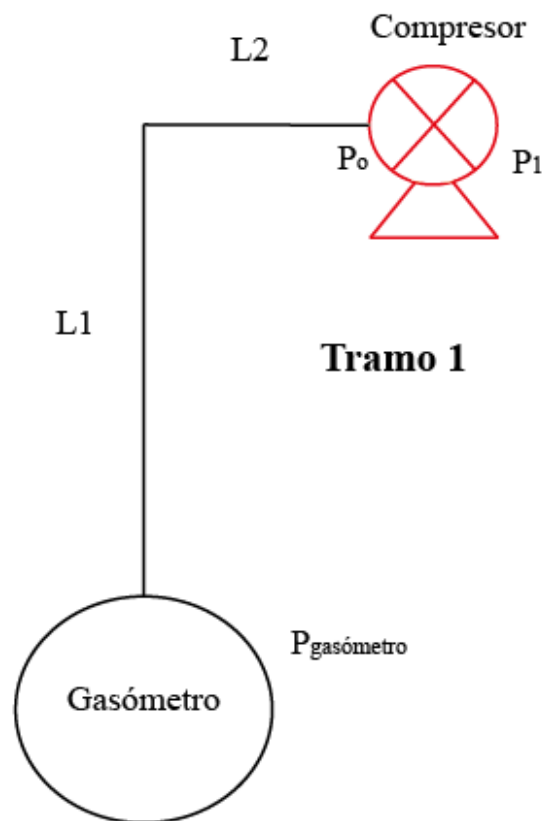


Figura 1.5.7: Esquema del Tramo 1.

En la siguiente **Figura 1.5.8: Elementos y parámetros para el diseño del Tramo 1**. Se muestran los elementos, así como los parámetros necesarios para el diseño.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Elemento	Unidades	Valor/Cantidad
L1 conducción	m	19,3
Codo de 90°	Unidad	1
L2 conducción	m	8
Parámetro	Unidades	Valor/cantidad
$Q_{\text{biogás}}$	Nm <sup>3</sup> /h	37,12
$P_{\text{gasómetro}}$	mbar	17
$P_o$	mbar	17
$P_1$	bar	22

**Figura 1.5.8: Elementos y parámetros para el diseño del Tramo 1.**

Como se observa en los datos de la figura anterior, para este primer tramo, la caída de presión debido a las conducciones, se considerará despreciable, ya que es un tramo relativamente corto, con una presión muy baja y que va directamente a un compresor, que se encargará de aumentar dicha presión. Por lo que para el dimensionamiento de las conducciones se tendrá en consideración que la velocidad de circulación no supere los 35 (m/s) (BOE-A-1980-23974).

En el **Anexo I: Cálculos**, se muestra la metodología de cálculo seguida para la obtención del diámetro seleccionado. Los resultados se recogen en la **Figura 1.5.9: Especificaciones de los elementos del Tramo 1.**

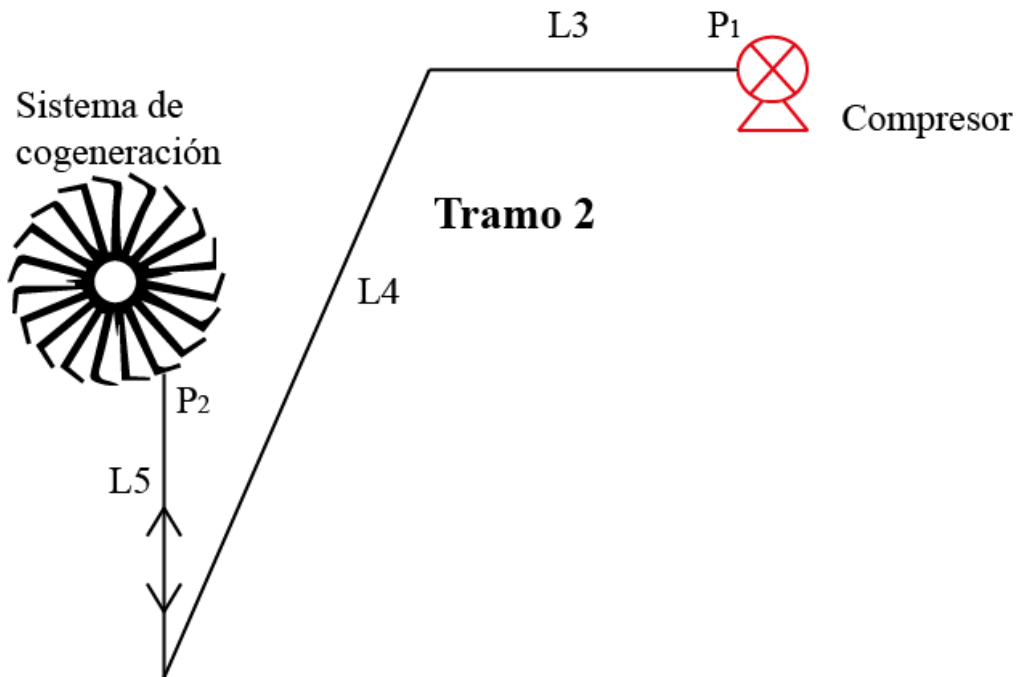
Elemento	Especificaciones	Cantidad
Conducciones	Tubo acero inoxidable 28 mm diámetro exterior y 1,2 mm espesor	27,8 m
Codo 90° estándar	Acero inoxidable 28mm diámetro exterior	1 unidad

**Figura 1.5.9: Especificaciones de los elementos del Tramo 1.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## Tramo 2

En el **Figura 1.5.10: Esquema del Tramo 2**. Se esquematiza el segundo tramo del diseño proyectado.



**Figura 1.5.10: Esquema del Tramo 2.**

En las siguientes figuras **Figura 1.5.11: Elementos para el diseño del Tramo 2.** y **Figura 1.5.12: Parámetros para el diseño del Tramo 2.** Se muestran los elementos y parámetros necesarios para el diseño del Tramo 2.

Elemento	Unidades	Valor/Cantidad
L3 conducción	m	39,3
L4 conducción	m	71,70
L5 conducción	m	2,00
Codo de 90°	Unidad	2

**Figura 1.5.11: Elementos para el diseño del Tramo 2.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Parámetro	Unidades	Valor/cantidad
$Q_{\text{biogás}}$	Nm <sup>3</sup> /h	37,12
$P_1$	bar	22
$P_2$	bar	22

Figura 1.5.12 Parámetros para el diseño del Tramo 2.

La  $P_2$ , correspondiente a la presión de entrada en los quemadores se considera igual que la de la salida del compresor, ya que la pérdida debe ser mínima de manera que la combustión se pueda realizar correctamente. Por lo que para para el diseño de este tramo, se considerará además de una velocidad máxima de 35 m/s, que la pérdida de presión debida al transporte sea lo menor posible.

En el **Anexo I: Cálculos**, se muestra la metodología de cálculo seguida para la obtención del diámetro seleccionado. Los resultados se recogen en la **Figura 1.5.13: Especificaciones de los elementos del Tramo 2**.

Elemento	Especificaciones	Cantidad
Conducciones	Tubo acero inoxidable mm diámetro exterior y mm espesor	113,40 m
Codo 90° estándar	Acero inoxidable 35mm diámetro exterior	2 unidades

Figura 1.5.13: Especificaciones de los elementos del Tramo 2.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### 5.1.3. Compresor.

Para poder seleccionar un compresor apto para el diseño proyectado, se obtuvo la potencia necesaria para la compresión, de manera que el gas pudiera alcanzar la presión de 22 bares necesaria para ser inyectado en los quemadores. (Véase **Anexo I: Cálculos**).

Tras la realización de los cálculos, se escogió un compresor 1EHA-1-GT de la casa ABC Compressors. En la **Figura 1.5.14: Compresor 1EHA-1-GT**, se muestra una imagen de modelo de compresor.



**Figura 1.5.14: Compresor 1EHA-1-GT.**

Se trata de un compresor de una etapa y un cilindro de 105 mm de diámetro. Lleva integrado un sistema de refrigeración, que emplea como líquido refrigerante aceite, con el fin de que ni la temperatura de salida del gas ni la del propio equipo se eleven en exceso.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **5.2. Sistemas de control.**

Se proyectarán todos los dispositivos necesarios para garantizar la medición, información, vigilancia y regulación del funcionamiento del sistema de abastecimiento de biogás con el objetivo de controlar su funcionamiento y seguridad. Estos sistemas de control tienen que asegurar la homogeneidad del proceso, de manera que no altere la calidad del polvo atomizado final.

Los sistemas de control, son imprescindibles para garantizar la seguridad en el proceso, evitando riesgos como la sobrepresión en tuberías, temperaturas anormales o el cese del caudal de combustible. Cualquiera de estas situaciones, activará un aviso mediante alarmas.

### **5.2.1. Variables de Control.**

**Las variables a controlar en el proceso serán:**

- Caudal de biogás en los quemadores de la turbina. Será necesario que el sistema de control de las turbinas controle el caudal de combustible que se inyecte a los quemadores, caudal de gas natural y de biogás. Será el registro del compresor y el de la turbina los que nos garantizarán que se está inyectando el biogás adecuado para cumplir con la modificación propuesta.
- Temperatura del biogás a la salida del compresor. Tras la compresión del biogás, se refrigerará gracias al sistema que lleva implantado el compresor de manera que la temperatura al entrar en los quemadores no sea muy elevada. Con esto se consigue una relación masa/volumen de gases óptima. Por lo que a la salida del sistema de refrigeración se tomará y controlará este valor de temperatura.
- Nivel de biogás en el gasómetro. También será necesario controlar el nivel de biogás almacenado, ya que de este modo se asegurará el funcionamiento del proceso con la mezcla de combustibles y/o se podrán detectar rápidamente posibles fugas. El gasómetro seleccionado está provisto de un sistema de medición con el que se podrá determinar en todo momento de manera directa el biogás almacenado.

## 6. ESTUDIO DE VIABILIDAD.

### 6.1. Viabilidad técnica.

El proyecto se considera viable desde la perspectiva técnica. Aunque la solución proyectada no es de uso común en este sector industrial, se han encontrado los proveedores y suministros adecuados en el mercado para llevarla a cabo, siendo los proveedores grandes compañías, lo que aportará garantías de suministro, instalación y supervisión durante la puesta en marcha y vida de la instalación. El diseño se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la disposición óptima de los diferentes dispositivos en función de la planta ya existente. Véase los Planos 1 y 2 del **Capítulo 3: Planos**.

### 6.2. Viabilidad económica.

En este apartado se justificará la viabilidad económica de la implantación de la instalación diseñada cuya inversión inicial se ha estimado en 358.002,98 €. La solicitud de una subvención del IVACE, aplica una reducción del 30% sobre la inversión en maquinaria y conducciones, por lo que la inversión queda reducida a 307.299,44 €.

La instalación tiene un periodo de amortización contable de 20 años. Los intereses y valores de los correspondientes impuestos se reflejan en la **Figura 1.6.1: Intereses utilizados en el cálculo de viabilidad económica**.

Parámetro	Valor (%)
Índice de precios al consumo (IPC)	2,43
Impuestos	35

Figura 1.6.1: Intereses utilizados en el cálculo de viabilidad económica.

La viabilidad se estimará en función del beneficio obtenido derivado de la implantación de la modificación de la instalación existente, que en este caso será un ahorro anual y no un beneficio en el sentido estricto. Para ello se calcularán los flujos de caja de cada año del periodo de amortización.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

El flujo de caja se define como:

$$FC = \text{Beneficio neto} + \text{Amortización} \quad \text{Ecuación 1.6.2}$$

El beneficio neto, se obtendrá restándole los impuestos al beneficio bruto, que podrá calcularse realizando la diferencia entre los ingresos totales y los gastos totales derivados de la modificación del proceso.

Las amortizaciones, podrán calcularse dividiendo la inversión realizada en maquinaria y conducciones entre el número de años del periodo de amortización, en este caso 20 años.

Los gastos totales de la instalación supondrán la suma de los costes de amortización (gastos indirectos) y de los gastos directos de la instalación, el coste anual de la compra del biogás consumido y el consumo eléctrico del nuevo compresor. En la **Figura 1.6.2: Gastos indirectos y directos** se muestra un resumen de estos valores.

Gastos indirectos (amortizaciones)	
Maquinaria e instalaciones	177.242,78 €
Periodo de amortización	20 años
<b>Total gastos indirectos</b>	<b>8.862,14 €/año</b>
Gastos directos	
Consumo de biogás	31.642,73 €/año
Consumo del compresor	11.874,8 €/año
<b>Total gastos directos</b>	<b>43.517,57 €/año</b>
<b>Gatos totales</b>	<b>52.379,67 €/año</b>

Figura 1.6.2: Gastos indirectos y directos

Como ingresos contabilizarán los ahorros energéticos derivados de la disminución en el consumo de gas natural y el ahorro en derechos de emisión de CO<sub>2</sub>, precio de venta estimado 6,14 €/t de CO<sub>2</sub>. En la **Figura 1.6.3: Ingresos**, se muestra un resumen de estos valores.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

<b>Ingresos</b>	
Ahorro en el consumo de gas natural	67.155,65 €/año
Ahorro en emisiones de CO <sub>2</sub>	2.830,93 €/año
<b>Total</b>	<b>69.986,58 €/año</b>

Figura 1.6.3: Ingresos.

Partiendo de estos valores, se ha obtenido el beneficio bruto y el beneficio neto anuales para el primer año. Estos valores se muestran en la **Figura 1.6.4: Beneficio bruto y neto anuales del primer año.**

<b>Parámetro</b>	<b>€/año</b>
Beneficio bruto ( $B_{B1}$ )	17.606,91
Beneficio neto ( $Bn_1$ )	11.444,49

Figura 1.6.4: Beneficio bruto y neto anuales del primer año.

Para la estimación de los flujos de caja de cada año del periodo de amortización, deberemos conocer los valores actualizados para cada año de las amortizaciones y del beneficio neto. Estos valores se obtendrán considerando el IPC medio de los últimos 10 años, 2,43%. Se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$\mathbf{Beneficio\ neto}_n = \mathbf{Bn}_1 * (1 + 0,0243)^n \quad \mathbf{Ecuación\ 1.6.5}$$

$$\mathbf{Amortización}_n = \mathbf{A}_1 * (1 + 0,0243)^n \quad \mathbf{Ecuación\ 1.6.6}$$

Donde:

$Beneficio\ neto_n$ : beneficio neto para un determinado año.

$Amortización_n$ : amortización para un determinado año.

$n$ : año determinado.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

$Bn_1$ : beneficio neto del año 1.

$A_1$ : amortización del año 1.

En la **Figura 1.6.5: Flujos de caja**. Se muestran las amortizaciones, beneficios netos y flujos de caja para cada año del periodo de amortización.

Horizonte (año)	Amortización actualizada (€/año)	Beneficio neto actualizado (€/año)	Flujo de Caja (€/año)
1	9.077,49	11.722,59	20.800,08
2	9.298,07	12.007,45	21.305,52
3	9.524,02	12.299,23	21.823,25
4	9.755,45	12.598,10	22.353,55
5	9.992,51	12.904,24	22.896,74
6	10.235,33	13.217,81	23.453,13
7	10.484,04	13.539,00	24.023,05
8	10.738,81	13.868,00	24.606,81
9	10.999,76	14.204,99	25.204,75
10	11.267,05	14.550,17	25.817,23
11	11.540,84	14.903,74	26.444,58
12	11.821,28	15.265,90	27.087,19
13	12.108,54	15.636,87	27.745,41
14	12.402,78	16.016,84	28.419,62
15	12.704,17	16.406,05	29.110,22
16	13.012,88	16.804,72	29.817,60
17	13.329,09	17.213,07	30.542,16
18	13.652,99	17.631,35	31.284,34
19	13.984,76	18.059,79	32.044,55
20	14.324,59	18.498,64	32.823,23

Figura 1.6.5: Flujos de caja.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Como vemos en la figura anterior, desde el primer año existe un ahorro anual (beneficio neto) derivado de la modificación del proceso siendo el ahorro medio anual durante el periodo de amortización de 14.867,43 €/año.

También se decidió obtener los valores de los flujos de caja como parámetro para determinar el grado de ahorro anual, ya que el dinero destinado a las amortizaciones, los gastos indirectos, no se desembolsan de manera anual, sino que se prevé este gasto para el mantenimiento de la instalación y el remplazo de los equipos al final de su vida útil, por lo que ese efectivo continuamos teniéndolo.

Para el cálculo de todos los valores, se han estimado precios actuales, sin embargo, todo hace pensar que en un futuro inmediato el precio de las emisiones de dióxido de carbono aumentará en gran medida debido a la reducción de los derechos de emisión para todos los países firmantes en La XXI Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en París 2015, entre los cuales se encuentra España.

Importantes empresas de servicios financieros como UBS, Sociéte Générale, J.P.Morgan, Deutsche Bank... han publicado sus previsiones respecto al precio de la emisión de dióxido de carbono, siendo todas ellas alcistas y estimando un valor de entorno a los 40 € por tonelada de CO<sub>2</sub> para el año 2020. Por lo que se ha considerado conveniente realizar los cálculos del estudio económico en este marco futuro. En la **Figura 1.6.6: Ingresos futuros**. Se muestran los ingresos que se generarían en esta situación, así como su evolución con respecto al momento actual.

<b>Ingresos Futuribles</b>		
	€/año	Incremento (%)
Ahorro en el consumo de gas natural	67.155,65	Constante
Ahorro en emisiones de CO <sub>2</sub>	17.860,74	630,91
<b>Total</b>	<b>85.016,39</b>	<b>121,5</b>

**Figura 1.6.6: Ingresos futuros.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Como para el caso actual, se obtuvieron los beneficios netos, amortizaciones y flujos de caja actualizados para el periodo de amortización. Los valores obtenidos se muestran en la **Figura 1.6.7: Flujos de caja futuribles.**

<b>Horizonte (año)</b>	<b>Amortización actualizada (€/año)</b>	<b>Beneficio neto actualizado (€/año)</b>	<b>Flujo de Caja (€/año)</b>
1	9.077,49	21729,37	30.806,85
2	9.298,07	22257,39	31.555,46
3	9.524,02	22798,24	32.322,26
4	9.755,45	23352,24	33.107,69
5	9.992,51	23919,69	33.912,21
6	10.235,33	24500,94	34.736,27
7	10.484,04	25096,32	35.580,37
8	10.738,81	25706,16	36.444,97
9	10.999,76	26330,82	37.330,58
10	11.267,05	26970,66	38.237,71
11	11.540,84	27626,05	39.166,89
12	11.821,28	28297,36	40.118,65
13	12.108,54	28984,99	41.093,53
14	12.402,78	29689,32	42.092,10
15	12.704,17	30410,77	43.114,94
16	13.012,88	31149,75	44.162,63
17	13.329,09	31906,69	45.235,78
18	13.652,99	32682,03	46.335,01
19	13.984,76	33476,19	47.460,96
20	14.324,59	34289,67	48.614,26

**Figura 1.6.7: Flujos de caja futuribles**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Como vemos en la figura anterior, existiría un mayor ahorro anual (beneficio neto) derivado de la modificación del proceso ascendiendo en este caso de 14.867,43 €/año a 27.558,73 €/año, lo que representaría un aumento del 185% al verse modificado el precio de los derechos de emisión.

### **6.3. Viabilidad medioambiental.**

El proyecto presenta tres mejoras medioambientales. Éstas son:

- Reducción del consumo de gas natural.
- Reducción de las emisiones de dióxido de carbono.
- Implantación de una energía renovable en el proceso productivo.

Con la cada vez más restrictiva ley medioambiental, es de inmediata necesidad encontrar soluciones que impliquen el uso de energías renovables. Tras la XXI Conferencia sobre el Cambio Climático celebrada por Naciones Unidas en París en 2015, 187 países, entre ellos España han entregado sus compromisos nacionales de lucha contra el cambio climático que entrarán en vigor en 2020. Estos compromisos, se revisarán al alza cada 5 años, por lo que es cuestión de poco tiempo que entre en vigor una ley más restrictiva en la que los derechos de emisión se verán reducidos entorno un 20% a partir de 2020.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **7. CONCLUSIONES.**

La industria cerámica es un sector que consume una gran cantidad de energía térmica. Tras unos años de recesión se observa que en la actualidad las empresas vuelven a retomar su producción y con ello el gran consumo de combustibles fósiles gaseosos.

En el caso del secado por atomización, el gasto que en mayor medida aumenta el coste de operación se debe al consumo de energía térmica, producida a partir de gas natural. En la actualidad esta industria está altamente optimizada gracias a los sistemas de control que automatizan cada etapa del proceso, por lo que será necesario intervenir directamente en el combustible para lograr un aumento del rendimiento.

En este proyecto se ha realizado el estudio de diferentes medidas a adoptar sobre el combustible con el fin de mejorar el balance económico de la actividad y de reducir el impacto que ella provoca en su entorno.

La implantación de la instalación diseñada, no modifica las condiciones de operación del atomizador, ya que los gases calientes que llegan a él contienen las mismas especies químicas, pero de diferente procedencia, por lo que no influye en las propiedades del producto final, sin embargo, sí que mejora el rendimiento económico del proceso, generando un margen de beneficio superior y reduciendo el valor total de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por otra parte, la implantación de este tipo de medidas en otras industrias en las que el consumo de energía térmica es elevado, conseguiría de igual modo una reducción considerable de las emisiones con una inversión relativamente baja.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## 8. PRESUPUESTO.

### 8.1. Presupuesto de Ejecución de Material.

En la **Figura 1.8.1: P.E.M.** se muestra el resumen presupuestario de ejecución de material. (Véase Capítulo 5. Presupuesto).

Partida	Cantidad (€)
1 Sistema de almacenamiento de biogás	100.000
2 Conducciones	2.267,78
3 Sistema de compresión	67.200
4 Mantenimiento	3775
5 Dirección de obra	4.000
<b>P.E:M</b>	<b>177.242,78</b>

Figura 1.8.1: P.E.M.

### 8.2. Presupuesto de Ejecución de Contrata parcial.

Para el cálculo del Presupuesto de Ejecución de Contrata parcial, se estiman los Gastos Generales asumiendo un sobrecoste del 10% sobre el P.E.M de manera que queden cubiertos posibles imprevistos y un Beneficio Industrial del 6%. El P.E.C parcial se estima mediante la **Ecuación 1.8.1**. Los resultados obtenidos se muestran en **Figura 1.8.2: P.E.C<sub>parcial</sub>**

$$PEC_{parcial} = GG + BI \quad \text{Ecuación 1.8.1}$$

Donde:

$$GG = 1,1 \cdot \text{P.E.M.}$$

$$BI = 0,6 \cdot \text{P.E.M.}$$

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

<b>Partida</b>	<b>Cantidad (€)</b>	<b>GG (€)</b>	<b>BI (€)</b>	<b>P.E.C.<sub>parcial</sub> (€)</b>
1 Sistema de almacenamiento de biogás	100.000	110.000	60.000	170.000
2 Conducciones	2267,78	2.494,56	1360,67	3.855,23
3 Sistema de compresión	67200	73.920	40.320	114.240
4 Mantenimiento	3775	No aplica	No aplica	3775
5 Dirección de obra	4.000	No aplica	No aplica	4.000
				<b>P.E.C.<sub>parcial</sub>: 295.870,23 €</b>

Figura 1.8.2: P.E.C.<sub>parcial</sub>

### 8.3. Presupuesto de Ejecución de Contrata.

El Presupuesto de Ejecución de Contrata incluye el Impuesto de Valor Añadido (I.V.A), que se establece en un 21% para éste tipo de instalaciones.

$$PEC = 1,21 * PEC_{parcial} \quad \text{Ecuación 1.8.2}$$

Se concluye que el presupuesto de ejecución de contrata es de 358.002,98 €. Este valor coincide con el de la inversión inicial a realizar para el proyecto.

$I_0 = P.E.C = 358.002,98 \text{ €}$
--------------------------------------

## 9. DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.

En este apartado se recogen todas las definiciones y abreviaturas utilizadas a lo largo del proyecto.

Definiciones:

-Barbotina → suspensión en agua de materias primas cerámicas y desfloculante.

Abreviaturas:

- °C → Grados centígrados.

-K → Kelvin.

-% → Porcentaje, porciento.

- m<sup>2</sup> → Metros cuadrados.

- Mm<sup>2</sup> → Millones de metros cuadrados.

-M€ → Millones de euros.

- CH<sub>4</sub> → Metano.

- C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> → Etano.

- C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> → Propano.

- C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> → Butano.

- CO<sub>2</sub> → Dióxido de carbono.

-O<sub>2</sub> → Oxígeno molecular.

- N<sub>2</sub> → Nitrógeno.

- H<sub>2</sub>S → Ácido sulfúrico.

- H<sub>2</sub>O → Agua.

-NH<sub>3</sub> → Amoniac.

-kg/Nm<sup>3</sup> → Kilogramo partido normal metro cúbico.

-kcal → Kilocaloría.

-MJ → Megajulio.

-MJ/Nm<sup>3</sup> → Megajulio partido normal metro cúbico.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

- PCS → Poder calorífico superior.
- PCI → Poder calorífico inferior.
- $C_{mi}H_{ni}$  → Hidrocarburo combustible.
- W → Índice de Wobbe.
- $T_{adiabática}$  → Temperatura adiabática de llama.
- Pa → Pascales.

Acrónimos:

- ASCER → Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos.
- ITC: → Instituto de Tecnología Cerámica.
- G.L.P → gases licuados de petróleo.
- I.P.C → Índice de precios al consumo.
- P.E.M → Presupuesto de Ejecución de Material.
- P.E.C → Presupuesto de Ejecución de Contrata.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y WEBOTECA.

Los libros utilizados para la redacción de este proyecto han sido:

- Manuel Márquez: “*Combustión y quemadores*”, MARCOMBO.S. A, 2005.
- SACMI, Asociación española de técnicos cerámicos: “*Tecnología cerámica aplicada Volumen I y Volumen II*”. SACMI IBERICA S.A, 2004.
- Fernández Fera, Ramón, Del Pino Peñas, Carlos: “*Introducción a la combustión*”, Universidad de Málaga, 2006.
- Lefebvre, Arthur Henry: “*Gas Turbine Combustion*” 2/E, Edwards Brothers, Ann Arbor,MI, 1998.
- Sala Lizarraga, J.M: “*Cogeneración: aspectos termodinámicos, tecnológicos y económicos.*”, Servicio editorial de la Universidad del País Vasco.
- Masters, Keith: “*Spray Drying Handbook*”, Fifth Edition 1991, John Wiley & Sons Inc.

Los artículos y publicaciones utilizados en la redacción de este proyecto han sido:

- Monfort Gimeno, Eliseu, Enrique Navarro, José E., Mallol Gasch, Gustavo (Departamento de Ingeniería Química): “*Combustión y hornos en la industria cerámica N45 Parte I: Combustión*”.
- Monfort Gimeno, Eliseu, Mezquita, Ana, Mallol, Gustavo, Granel, Rocío y Vaque, Eva: “*Informe sectorial de consumos energéticos y emisiones de dióxido de carbono en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas.*” Instituto de tecnología cerámica. AVEN. 2011.
- Blasco Fuentes, A., Feliu Mingarro, Carlos, Monzó Fuster, M. Enrique Navarro, José E., Instituto Universitario de Química Técnica (Tecnología cerámica), Universidad de Valencia, Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE), Colegio Universitario de Castellón, Institució Valenciana d’Estudis i Investigació, Generalitat Valenciana: “*Ahorro energético en atomizadores cerámicos*”. TAULELLS, 4 1985.
- Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020 de España: situación del sector, descripción de la tecnología, costes de las instalaciones, barreras.
- “Biomasa: Digestores anaerobios” elaborada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Los apuntes de la titulación consultados para la realización de este proyecto han sido:

- Juan Barba Antonio: Apuntes de la asignatura Operaciones básicas de transmisión de calor.
- Carbonell Rodrigo, M<sup>a</sup> Dolores: apuntes de la asignatura Operaciones Básicas de flujo de fluidos.
- Monfort Gimeno, Eliseu: Apuntes de la asignatura Tecnología del Medioambiente.
- Colomer Mendoza, Francisco: Apuntes de la asignatura EQ-1031 Projectes d'Enginyeria.

Algunas de las páginas web consultadas han sido:

- <http://www.ascer.es/>
- <http://www.sacmiiberica.com/>
- <http://www.generadordeprecios.info/>
- <http://www.aebig.org/>
- <http://www.cepsa.com/>
- <http://www.minetur.gob.es>
- <http://www.gasindustrial.es>
- <http://preciogas.com>
- <http://www.primagasenergia.es>
- <http://www.grupoeuroatomizado.com>
- <https://sabi.bvdinfo.com>
- <http://www.lapesa.es/>
- <http://www.blancogas.com/estilo/normas/bg/09-glp-cepsa.pdf>
- <http://www.llogil.com/index.html>
- <https://www.unionfenosagas.com>
- <http://www.quemadoraem.es>
- <http://www.inderen.es>
- <http://www.magrama.gob.es>
- <http://www.sendeco2.com/es/>
- <http://www.mavainsa.com/>
- <http://www.appa.es>

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **Capítulo 2: ANEXOS.**



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **ÍNDICE**

***2.1 ANEXO I: Cálculos.***

***2.2. ANEXO II: Gráficos.***

***2.3. ANEXO III: Legislación aplicable.***

***2.4 ANEXO IV: Catálogos.***

***2.5 ANEXO V: Estudio básico de seguridad y salud.***

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **2.1 ANEXO I: Cálculos.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## ÍNDICE

<b>1. METODOLOGÍA.....</b>	<b>página 2</b>
<b>2. CÁLCULOS.....</b>	<b>página 3</b>
2.1. Balances de materia al atomizador.....	página 3
2.2. Balance energético al atomizador .....	página 7
2.3. Cálculo de la energía necesaria para el secado.....	página 17
2.4. Cálculo de los parámetros para las diferentes mezclas. ....	página 19
2.5. Cálculo del caudal y composición de los humos de combustión.....	página 26
2.6. Cálculo de la temperatura adiabática de llama.....	página 35
2.7. Cálculo de la reducción de emisiones.....	página 43
<b>3.DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>página 44</b>
3.1. Selección del gasómetro.....	página 45
3.2. Diseño de las conducciones. ....	página 47
3.3. Diseño y selección del compresor.....	página 56

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## 1. METODOLOGÍA.

Para la obtención de los datos necesarios para la evaluación de las diferentes soluciones propuestas, se ha seguido la siguiente metodología:

- Cálculo del balance de materia al atomizador para una producción de 20 toneladas de polvo seco por hora.
- Cálculo de los balances de energía al atomizador para la obtención del rendimiento energético de la operación de secado.
- Obtención de los parámetros característicos de cada uno de los gases utilizados.
- Cálculo de los parámetros para las mezclas de gases utilizados.
- Cálculo del caudal necesario de cada una de las mezclas de combustibles, para una producción media de 20 toneladas de polvo atomizado por hora.
- Valoración de los primeros resultados y selección de la mejor opción considerando los aspectos técnicos, económicos, medioambientales y legales.
- Cálculo del balance de materia al atomizador para una producción media de 10 toneladas de polvo atomizado por hora.
- Cálculo del caudal necesario para las mezclas de gas natural y biogás estimadas para una producción media de 10 toneladas de polvo atomizado por hora.
- Selección de la mejor opción.

Y finalmente:

- Diseño de la instalación.
- Presupuesto de ejecución de la solución seleccionada.

En los siguientes apartados se mostrará cómo se han realizado los cálculos para llegar a los valores necesarios para la estimación de las soluciones propuestas.

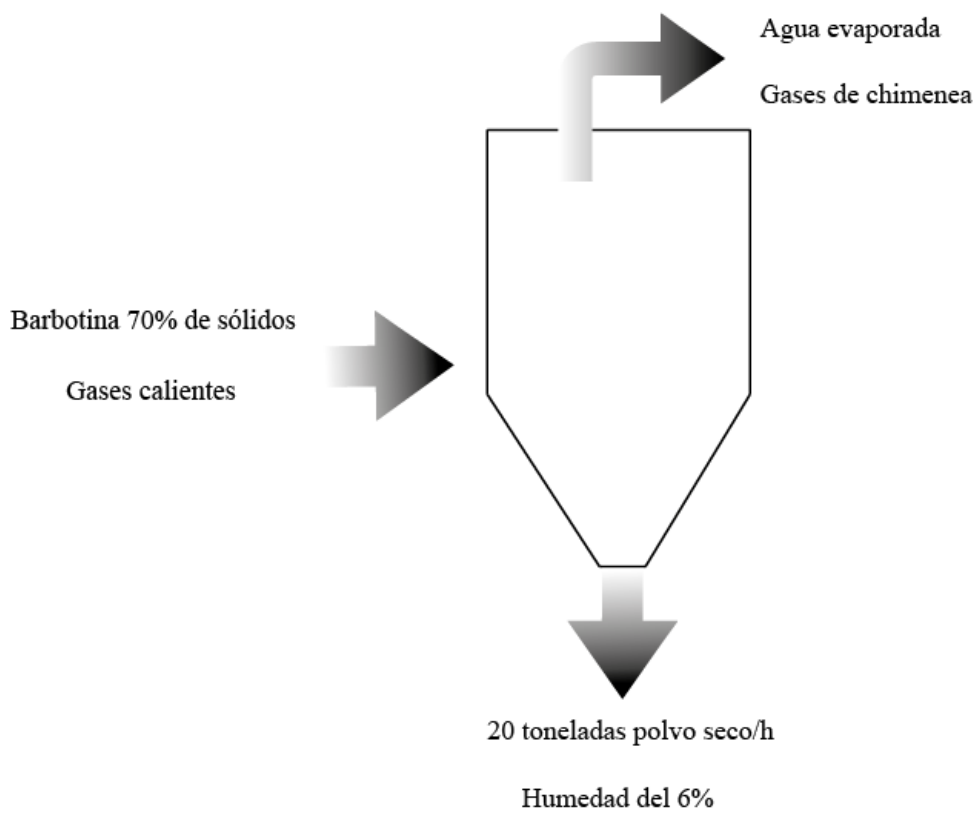
Para la realización de estos cálculos, se parte de las figuras: **Figura 1.4.2: Propiedades del gas natural considerado**, **Figura 1.4.4: Propiedades del propano considerado** y la **Figura 1.4.7: Propiedades del biogás considerado**, todas ellas mostradas anteriormente en el **Capítulo 1: Memoria**, en las que se recogen los parámetros más importantes de los gases combustibles con los que se trabaja en el proyecto.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## 2. CÁLCULOS.

### 2.1. Balances de materia al atomizador.

Para el cálculo de los balances de materia al atomizador, se parte de la siguiente información proporcionada por la empresa: producción media de 20 toneladas de polvo atomizado por hora con una humedad del 6% y un contenido en sólidos de la barbotina preparada del 70%. En la siguiente figura, **Figura 2.2.1.1: Esquema del balance de materia al atomizador**, se muestra un esquema de las entradas y salidas de materia del atomizador.



**Figura 2.2.1.1: Esquema del balance de materia al atomizador.**



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Las ecuaciones del balance de materia serán:

$$\text{Caudal suspensión} = \text{Caudal agua evaporada} + \text{Caudal de polvo atomizado}$$

**Ecuación 2.2.1.1**

$$\text{Contenido sólidos de la suspensión} = \text{Contenido sólidos del polvo atomizado}$$

**Ecuación 2.2.1.2**

$$H_2O_{suspensión} = H_2O_{polvo\ atomizado} + H_2O_{evaporada}$$

**Ecuación 2.2.1.3**

Sustituyendo los valores conocidos en las ecuaciones de los balances, obtenemos:

$$\text{Balance total de materia} \rightarrow m_{barbotina} = 20 + m_{agua\ evaporada}$$

$$\text{Balance de materiales sólidos} \rightarrow m_{barbotina} \cdot 0,7 = 20 \cdot 0,94$$

$$\text{Balance de agua} \rightarrow m_{barbotina} \cdot 0,3 = 20 \cdot 0,06 + m_{agua\ evaporada}$$

Resolviendo los balances obtenemos los siguientes resultados (**Figura 2.2.1.2: Resultados del balance de materia, 20 t polvo seco/h**).

Corriente	Caudal (t/h)
Caudal de polvo atomizado	20
Caudal suspensión introducida	26,85
Caudal de agua evaporada	6,86

**Figura 2.2.1.2: Resultados del balance de materia, 20t polvo seco/h.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

También se realizó el balance de materia para una producción de 10 toneladas de polvo seco por hora, en este caso las ecuaciones de balance quedan:

$$\text{Balance total de materia} \rightarrow m_{\text{barbotina}} = 10 + m_{\text{agua evaporada}}$$

$$\text{Balance de materiales sólidos} \rightarrow m_{\text{barbotina}} \cdot 0,7 = 10 \cdot 0,94$$

$$\text{Balance de agua} \rightarrow m_{\text{barbotina}} \cdot 0,3 = 10 \cdot 0,06 + m_{\text{agua evaporada}}$$

Resolviendo los balances obtenemos los siguientes resultados (**Figura 2.2.1.3: Resultados del balance de materia, 10t polvo seco/h**).

Corriente	Caudal (t/h)
Caudal de polvo atomizado	10
Caudal suspensión introducida	13,4285
Caudal de agua evaporada	3,4285

**Figura 2.2.1.3: Resultados del balance de materia, 10t polvo seco/h**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## 2.2. Balance energético al atomizador.

En la bibliografía estudiada, se estima que el rendimiento de la operación de secado por atomización es de alrededor del 65%, por lo que se realizará el balance energético al atomizador para obtener el rendimiento real de la operación. Para ello se estimará la cantidad de energía aportada al atomizador que se emplea en la propia operación de secado, es decir en evaporar el agua de la barbotina para obtener el polvo seco.

En la **Figura 2.2.2.1: Esquema del balance energético al atomizador**, se muestran las entradas y salidas energéticas al atomizador.

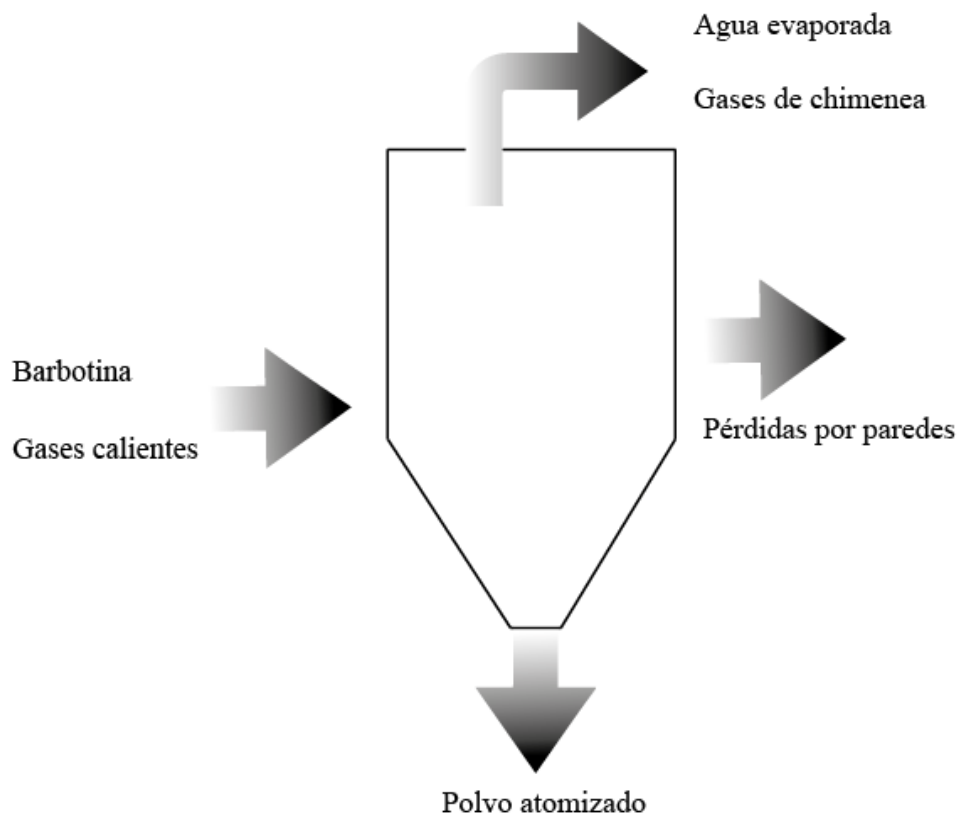


Figura 2.2.2.1: Esquema del balance energético al atomizador

A la vista del esquema mostrado, podemos concluir que las entradas energéticas al atomizador se deben a los gases calientes, provenientes casi en su totalidad del sistema de cogeneración y a la barbotina introducida.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

En cuanto a las salidas, se considerarán pérdidas la energía asociada a los gases de chimenea, a la pérdida energética por conducción y radiación a través de las paredes del atomizador, a la energía asociada al polvo seco y a otro tipo de pérdidas, ya que se desea conocer qué proporción de energía aportada se emplea en evaporar el agua.

Para realizar los balances, se calcularán por separado las entradas y las salidas, por lo que se irá mostrando cada balance de manera secuencial. En la **Figura 2.2.2.2: Datos empleados en el balance energético**, se muestran los valores empleados para la realización del balance, en ella también se especifica si son datos empíricos proporcionados por la empresa o bibliográficos.

Datos bibliográficos experimentales		Datos proporcionados por la empresa	
Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Caudal de gases de chimenea (Nm <sup>3</sup> /s)	3,90	Temperatura de los gases de chimenea (°C)	90
Producción (kg /s)	1,3	Temperatura gases calientes (°C)	490
Contenido en agua del polvo atomizado (%)	5,4	Temperatura polvo atomizado (°C)	40
Contenido en sólidos (%)	65,4	Temperatura barbotina (°C)	35

**Figura 2.2.2.2: Datos empleados en el balance energético.**

Los datos necesarios de constantes características del aire, sólidos y agua y su vapor para el cálculo de los balances serán:

- Densidad del vapor de agua:  $\rho_v = 0,804 \text{ kg/Nm}^3$ .
- Capacidad calorífica del vapor de agua:  $C_{p_v} = 2042 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$
- Densidad del aire:  $\rho_a = 1,28 \text{ kg/Nm}^3$ .
- Capacidad calorífica del aire:  $C_{p_a} = 1000 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ .
- Capacidad calorífica del agua:  $C_{p_w} = 4180 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ .
- Capacidad calorífica de los sólidos:  $C_{p_s} = 752 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ .

### Cálculo de las entradas

#### 1. Energía asociada a la barbotina.

La energía asociada a la barbotina a la entrada al atomizador, puede calcularse mediante la siguiente ecuación, en la que el primer término es la contribución de los sólidos de la barbotina y el segundo la contribución del agua que contiene:

$$\Delta H_b = (m_b \cdot C_{p_s} \cdot w_b) \cdot (T_b - T_o) + (m_b \cdot C_{p_w} \cdot (1 - w_b)) \cdot (T_b - T_o)$$

#### **Ecuación 2.2.2.1**

Donde:

$\Delta H_b$  : energía asociada a la barbotina, J/s.

$m_b$ : caudal de barbotina, kg barbotina /s.

$C_{p_s}$  : Capacidad calorífica de los sólidos, 752 J/kg·K

$w_b$ : contenido en sólidos, 0,654.

$T_b$ : temperatura de la barbotina, 35°C = 308 k.

$T_o$ : temperatura de referencia, 0°C= 273 k.

$C_{p_w}$ : Capacidad calorífica del agua, 4180 J/kg·K.

Para el cálculo del caudal másico de barbotina, bastará con dividir la producción de sólido seco obtenido entre el contenido en sólidos de la barbotina, es decir:

$$m_b = \frac{m_{polvo\ seco}}{w_b} \quad \text{Ecuación 2.2.2.2}$$

Donde:

$m_b$ : caudal de barbotina, kg barbotina/s

$m_{polvo\ seco}$ : caudal de polvo atomizado seco, kg polvo seco/s

$w_b$ : contenido en sólidos de la barbotina, en este caso 0,654.

Por lo que, a la producción de 1,3 kg/s le tendremos que restar el contenido en agua que en este caso será del 5,4% (kg agua/ kg sólido seco). El caudal de agua contenido en el polvo atomizado,  $m_{w.polvo}$ , vendrá dado por la ecuación:

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

$$m_{w.polvo} = m_p \cdot \frac{X_p}{1 + X_p} \quad \text{Ecuación 2.2.2.3}$$

Donde:

$X_p$ : humedad de la barbotina, en este caso 0,054.

$m_p$ : masa de producción, 1,3 kg/s.

$m_{w.polvo}$ : caudal de agua que contiene el polvo seco, Kg agua/s.

El valor calculado a partir de la **Ecuación 2.2.2.3** del caudal de agua contenido en el polvo atomizado,  $m_{w.polvo}$ , es de 0,0663 kg agua/s. Restándole este valor al de la producción considerada, obtendremos el caudal de polvo seco por segundo y podremos resolver la **Ecuación 2.2.2.2**.

$$m_{polvo\ seco} = 1,3 - 0,0663 = 1,233 \text{ kg}_{polvo\ seco}/s$$

$$m_b = \frac{1,233}{0,654} = 1,885 \frac{\text{kg}_{barbotina}}{s} \quad \text{Ecuación 2.2.2.2}$$

Conocidos todos los datos necesarios, resolvemos el balance energético de la **Ecuación 2.2.2.1**, obteniendo la energía asociada a la barbotina.

$$\Delta H_b = 127.865,35 \frac{J}{s} = 0,128 \text{ MW}$$

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

2. Energía proporcionada por los gases calientes.

La energía proporcionada por los gases calientes inyectados al atomizador, puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta H_{gases} = (Q_{v.gases} \cdot \rho_a \cdot Cp_a) \cdot (T_{gases} - T_o) \quad \text{Ecuación 2.2.2.4}$$

Donde:

$\Delta H_{gases}$  : energía aportada por los gases, J/s.

$Q_{v.gases}$  : caudal volumétrico de los gases calientes, Nm<sup>3</sup>/s.

$\rho_a$  : densidad del aire, 1,28 kg/Nm<sup>3</sup>.

$Cp_a$ : calor específico del aire, 1000 J/kg·K.

$T_{gases}$  : temperatura de los gases calientes, 490 °C = 763 k.

Para el cálculo del caudal de los gases calientes, tendremos que restar al caudal de gases de chimenea el caudal de agua evaporada, es decir:

$$Q_{v.gases} = Q_{CH} - Q_{w.evaporada} \quad \text{Ecuación 2.2.2.5}$$

Donde:

$Q_{v.gases}$ : caudal volumétrico de gases calientes, Nm<sup>3</sup>/s

$Q_{CH}$  : caudal volumétrico de gases en la chimenea del atomizador, 3,90 Nm<sup>3</sup>/s.

$Q_{w.evaporada}$ : caudal volumétrico de agua evaporada, Nm<sup>3</sup>/s.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

El caudal de agua evaporada, podremos calcularlo mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{w.evaporada} = \frac{(m_{w.b} - m_{w.polvo})}{\rho_v} \quad \text{Ecuación 2.2.2.6}$$

Donde:

$Q_{w.evaporada}$ : caudal volumétrico de agua evaporada, Nm<sup>3</sup>/s

$\rho_v$ : densidad de vapor del agua, 0,804 kg/Nm<sup>3</sup>.

$m_{w.b}$ : caudal másico de agua en la barbotina, kg agua/s.

$m_{w.polvo}$ : caudal másico de agua en el polvo atomizado, 0,0633 kg agua/s.

El agua contenida en la barbotina podremos calcularla mediante la siguiente ecuación, cuyos parámetros han sido calculados anteriormente.

$$m_{w.b} = m_b - m_{polvo\ seco} \quad \text{Ecuación 2.2.2.7}$$

Sustituyendo los datos:

$$m_{w.b} = 1,885 - 1,233 = 0,652 \frac{kg_{agua}}{s}$$

Por lo que el caudal volumétrico de agua evaporada y el de gases de calientes aportados al atomizador serán:

$$Q_{w.evaporada} = \frac{0,652 - 0,0663}{0,804} = 0,728 \frac{Nm^3_{agua}}{s}$$

$$Q_{v.gases} = 3,90 - 0,728 = 3,172 \frac{Nm^3_{de\ gases}}{s}$$



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Sustituyendo todos los datos en el balance energético de la **Ecuación 2.2.2.4**, obtenemos la energía aportada por los gases calientes al atomizador.

$$\Delta H_{gases} = 1.989.478,4 \frac{J}{s} = 1,989 MW$$

### Cálculo de las salidas

1. Energía empleada en la evaporación del agua.

La energía aprovechada en la operación de secado, es decir, la energía utilizada en la evaporación del agua, se calculará mediante la ecuación:

$$\Delta H_v = m_{w.evaporada} \cdot L_v \quad \text{Ecuación 2.2.2.8}$$

Donde:

$\Delta H_v$ : energía empleada en la evaporación del agua, J/s.

$m_{w.evaporada}$ : caudal másico de agua evaporada, kg agua/s.

$L_v$ : calor latente de vaporización del agua,  $2,5 \cdot 10^6$  J/kg agua.

Conocidos todos los datos y sustituyendo en la ecuación del balance **Ecuación 2.2.2.8**, obtenemos el valor de la entalpía de vaporización:

$$\Delta H_v = (0,728 \cdot 0,804) \cdot 2,5 \cdot 10^6 = 1.463.280 \frac{J}{s} = 1,463 MW.$$

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

2. Energía asociada al polvo atomizado.

La energía asociada al polvo atomizado, viene dada por la siguiente ecuación, en la que el primer término es la contribución de los sólidos del polvo y el segundo la contribución del agua que contiene:

$$\Delta H_{at.} = (m_{polvo\ seco} \cdot Cp_s) \cdot (T_{at} - T_o) + (m_{polvo\ seco} \cdot Cp_w \cdot X_p) \cdot (T_{at} - T_o)$$

**Ecuación 2. 2. 2. 9**

Donde:

$m_{polvo\ seco}$ : caudal másico de polvo seco, 1,233 kg sólido seco/s.

$T_{at}$ : temperatura del polvo atomizado, 40°C = 313 k.

$X_p$ : humedad de la barbotina, en este caso 0,054.

Como todos los parámetros han sido calculados anteriormente, sustituyendo en la **Ecuación 2.2.2.9**, obtenemos:

$$\Delta H_{at} = 48.226,477 \frac{J}{s} = 0,048 MW.$$

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Calculados los balances, en la **Figura 2.2.2.1: Resultados de los balances de energía**, se recogen los resultados obtenidos.

	Corriente	$\Delta H$ (MW)
Entradas	Gases calientes	1,989
	Barbotina	0,128
Salidas	Polvo atomizado	0,048
	Agua evaporada	1,463
	Gases chimenea, perdidas por convección, radiación y otras	0,606

**Figura 2.2.2.1: Resultados de los balances de energía.**

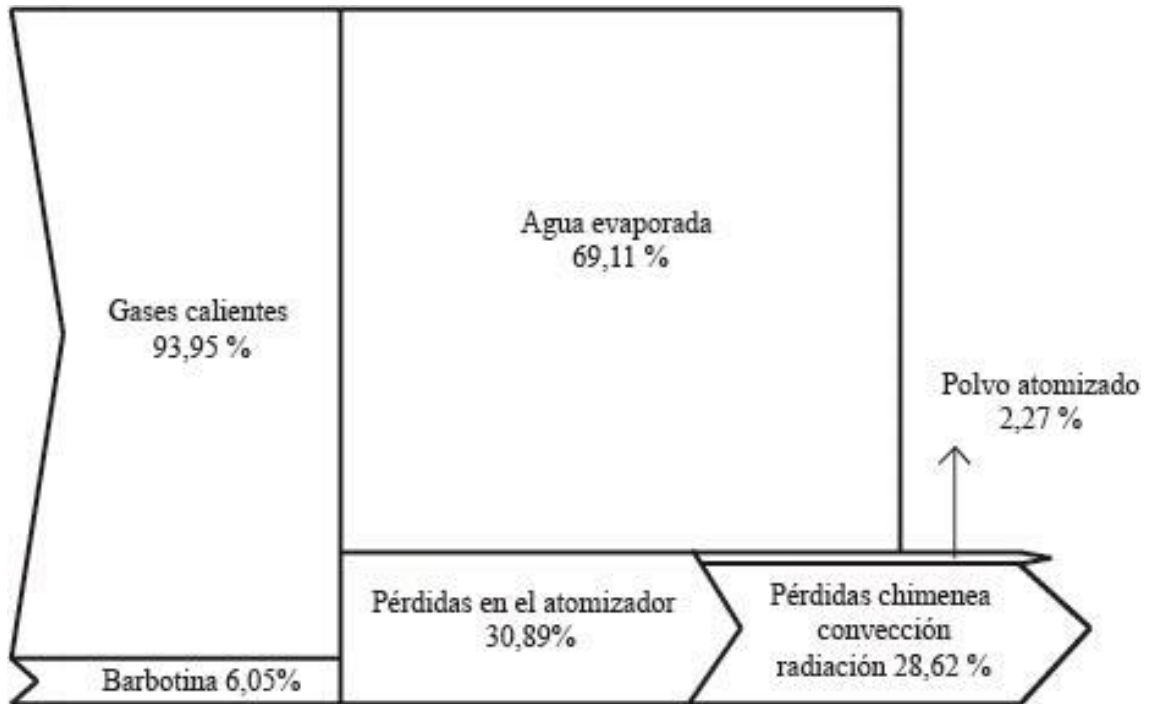
El último valor mostrado, el valor de los gases de chimenea, perdidas por convección y radiación y otras, se ha obtenido por diferencia entre las entradas y las salidas. Representando los resultados en un diagrama de Sankey, podremos estimar el rendimiento real de la operación. Para ello obtendremos los porcentajes que representa cada una de las corrientes. En la **Figura 2.2.2.2: Valores diagrama de Sankey**, se muestran estos porcentajes.

	Corriente	%
Entradas	Gases calientes	93,95
	Barbotina	6,05
Salidas	Polvo atomizado	2,27
	Agua evaporada	69,11
	Gases chimenea perdidas por convección, radiación y otras	28,62

**Figura 2.2.2.2: Valores diagrama de Sankey.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

En la siguiente figura, **Figura 2.2.2.3: Diagrama de Sankey**, se muestra la representación de estos valores.



**Figura 2.2.2.3: Diagrama de Sankey.**

Como se observa en el diagrama de Sankey, el rendimiento de la operación de secado por atomización es de un 69,11 %.

Se observa un incremento en el valor del rendimiento respecto al valor bibliográfico, esto se debe a las mejoras sobre el proceso que se generan con el paso del tiempo, como la mejora del aislamiento de conducciones, la automatización del proceso... Para la realización de los cálculos pertinentes del proyecto, tomaremos el valor del rendimiento bibliográfico, un rendimiento del 65 %, de manera que seremos más restrictivos con los valores obtenidos.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### 2.3. Cálculo de la energía necesaria para el secado.

Conocida la cantidad de agua que se debe evaporar para alcanzar la producción media, se calculará la energía térmica necesaria para la operación de secado, para ello se emplearán las siguientes ecuaciones:

$$E_{necesaria} = E_{calentamiento} + E_{evaporación} \quad \text{Ecuación 2.2.3.1}$$

Siendo el primer término la energía necesaria para calentar el agua hasta su temperatura de evaporación y el segundo término la energía necesaria para evaporarla. Desarrollando la ecuación ésta queda:

$$E_{necesaria} = m_{H2O} * C_{e H2O} * (T_{final} - T_{inicial}) + L_{V H2O} * m_{H2O} \quad \text{Ecuación 2.2.3.2}$$

Donde:

$E_{necesaria}$  : energía necesaria para evaporar un determinado caudal de agua (kcal/h).

$m_{H2O}$  : caudal másico de agua a evaporar (kg/h).

$C_{e H2O}$ : Calor específico del agua (1 kcal/kg·k).

$T_{inicial}$  : temperatura del agua de la suspensión cerámica a la entrada del atomizador, (35°C = 308 k).

$T_{final}$  : temperatura de vaporización (100°C = 373 k).

$L_{V H2O}$ : Calor latente de vaporización del agua (540,15 kcal/kg).

Realizando los cálculos, se obtiene un requerimiento energético de 4.151.329 kcal/h o 17.370 MJ/h para una producción de 20 toneladas de polvo atomizado por hora y 8685 MJ/h para una producción de 10 toneladas de polvo atomizado por hora. Para conocer el caudal de gas combustible necesario para la obtención de esta energía, bastará con dividir este dato entre el PCI del combustible, en este caso gas natural, obteniendo de este modo los Nm<sup>3</sup>/h de combustible.

**Ecuación 2.2.3.3**

$$Q_{combustible} = \frac{E_{necesaria}}{PCI_{combustible}} \quad \text{Ecuación 2.2.3.3}$$

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Donde:

**$Q_{combustible}$** : caudal de combustible calculado ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ )

**$E_{necesaria}$** : energía total necesaria para evaporar el agua, 17.370 MJ/h.

**$PCI_{combustible}$**  : poder calorífico inferior del combustible utilizado. (MJ/h)

En el caso del gas natural, con un PCI de 37,8 MJ/ $\text{Nm}^3$ , el caudal mínimo para evaporar los 6860 kg de agua por hora sería de 459,52  $\text{Nm}^3$  de gas natural por hora. Teniendo en cuenta el que el rendimiento estimado de la operación es del 65% el caudal de gas natural será de 706,95  $\text{Nm}^3$  de gas natural por hora.

Análogamente, la energía necesaria para obtener una producción de 10 toneladas de polvo atomizado por hora será de 8685 MJ/h. para cumplir con este requerimiento serán necesarios 229,76  $\text{Nm}^3$  de gas natural por hora. Teniendo en cuenta el que el rendimiento estimado de la operación es del 65% el caudal de gas natural será de 353,48  $\text{Nm}^3$  de gas natural por hora.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### 2.4. Cálculo de los parámetros para las diferentes mezclas.

En primer lugar, se realizó el cálculo de los poderes caloríficos superior e inferior de las diferentes mezclas. Para ello, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$PCS_{mezcla} = x_{comb.1} \cdot PCS_{comb.1} + x_{comb.2} \cdot PCS_{comb.2} \quad \text{Ecuación 2.2.4.1}$$

$$PCI_{mezcla} = x_{comb.1} \cdot PCI_{comb.1} + x_{comb.2} \cdot PCI_{comb.2} \quad \text{Ecuación 2.2.4.2}$$

Donde:

$PCS_{mezcla}$ : poder calorífico superior mezcla resultante (MJ/Nm<sup>3</sup>).

$PCI_{mezcla}$ : poder calorífico inferior mezcla resultante (MJ/Nm<sup>3</sup>).

$x_{comb.}$ : fracción volumétrica de combustible.

$PCS_{comb.}$ : poder calorífico superior de uno de los gases combustibles (MJ/Nm<sup>3</sup>).

$PCI_{comb.}$ : poder calorífico inferior de uno de los gases combustibles (MJ/Nm<sup>3</sup>).

Para el cálculo de la densidad de las mezclas de combustibles gaseosos, densidad referida a la densidad del aire a una presión de 1 atmósfera y una temperatura de 0°C, se parte de la ecuación de los gases ideales:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \rightarrow P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \rightarrow \frac{m}{V} = \frac{P \cdot M}{R \cdot T} \quad \text{Ecuación 2.2.4.3}$$

Donde:

$P$ : presión (atm.).

$V$ : volumen (L).

$n$ : cantidad de sustancia (moles).

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

$R$ : constante de los gases ideales ( $0,082 \frac{\text{atm}\cdot\text{L}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$ )

$T$ : temperatura (K).

$M$ : peso molecular (g/mol).

$m$ : masa (g).

Por lo que la densidad para un gas queda definida como:

$$\rho = \frac{P \cdot M}{R \cdot T} \quad \text{Ecuación 2.2.4.4}$$

Donde:

$\rho$ : densidad (g/L).

La densidad de la mezcla de combustibles vendrá definida por la siguiente ecuación:

$$\rho_{mezcla} = \frac{P \cdot (M_{comb.1} \cdot x_{comb.1} + M_{comb.2} \cdot x_{comb.2})}{R \cdot T} \quad \text{Ecuación 2.2.4.5}$$

Donde:

$\rho_{mezcla}$ : densidad de la mezcla de combustibles (g/L).

$M_{comb}$ : peso molecular de combustible gaseoso (g/mol).

$x_{comb}$ : fracción volumétrica de combustible gaseoso.

$P$ : presión (atm.).

$R$ : constante de los gases ideales ( $0,082 \frac{\text{atm}\cdot\text{L}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$ ).

$T$ : temperatura (K).

Obtendremos la densidad relativa de la mezcla dividiendo su densidad entre la del aire:

$$\rho_{r.mezcla} = \frac{\frac{P \cdot (M_{comb.1} \cdot x_{comb.1} + M_{comb.2} \cdot x_{comb.2})}{R \cdot T}}{\frac{P \cdot M_{aire}}{R \cdot T}} \quad \text{Ecuación 2.2.4.6}$$



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Simplificando queda:

$$\rho_{r.mezcla} = \frac{M_{comb.1} \cdot x_{comb.1} + M_{comb.2} \cdot x_{comb.2}}{M_{aire}}$$

Donde:

$\rho_{r.mezcla}$  = densidad relativa de la mezcla.

$x_{comb}$  : fracción volumétrica de combustible gaseoso.

$M_{aire}$  : peso molecular medio del aire (g/mol).

$M_{comb}$  : peso molecular de combustible gaseoso (g/mol).

En la **Figura 2.2.4.1: Datos de partida**. Se muestran los valores de los parámetros necesarios para el cálculo de los poderes caloríficos y densidades relativas de las mezclas de combustibles.

	Gas natural	Propano	Biogás	Aire
<b>Peso molecular (g/mol)</b>	17,46	44,87	27,20	28,96
<b>P.C.S (MJ/Nm<sup>3</sup>)</b>	42,00	103,67	21,50	-
<b>P.C.I. (MJ/Nm<sup>3</sup>)</b>	37,80	95,29	19,35	-

**Figura 2.2.4.1: Datos de partida.**

Los datos obtenidos para los dos tipos de mezclas estudiadas, gas natural-biogás y propano-biogás, así como para el gas natural, el propano y el biogás se recogen en la **Figura 2.2.4.2: Poderes caloríficos y densidades relativas para las mezclas de gas natural y biogás**. y en la **Figura 2.2.4.3: Poderes caloríficos y densidades relativas para las mezclas de propano y biogás**.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

<b>%<sub>vol</sub> Gas natural</b>	<b>%<sub>vol</sub> Biogás</b>	<b>P.C.S. (MJ/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>P.C.I. (MJ/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad relativa</b>
100	-	42	37,80	0,60
-	100	21,50	19,35	0,82
95	5	40,98	36,88	0,62
90	10	39,95	35,96	0,64
85	15	38,93	35,03	0,65
80	20	37,90	34,11	0,67
70	30	35,85	32,27	0,70
60	40	33,80	30,42	0,74
50	50	31,75	28,58	0,77

**Figura 2.2.4.2: Poderes caloríficos y densidades relativas para las mezclas de gas natural y biogás.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

<b>%<sub>vol</sub> Propano</b>	<b>%<sub>vol</sub> Biogás</b>	<b>P.C.S. (MJ/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>P.C.I. (MJ/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidad relativa</b>
100	-	103,67	95,29	1,59
90	10	95,45	87,70	1,49
80	20	87,24	80,10	1,43
70	30	79,02	72,51	1,37
60	40	70,80	64,91	1,31
50	50	62,59	57,32	1,24
40	60	54,37	49,73	1,18
30	70	46,15	42,13	1,12

Figura: 2.2.4.3: Poderes caloríficos y densidades relativas para las mezclas de propano y biogás.

Obtenidos estos parámetros, se calculó el índice de Wobbe para cada una de las mezclas. Para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$W = \frac{\Delta H_s}{\sqrt{\rho_{r.comb.}}} \quad \text{Ecuación 2.2.4.7}$$

Donde:

$W$ : índice de Wobbe, índice de intercambiabilidad de gases, referido al PCI. (MJ/Nm<sup>3</sup>).

$\Delta H_s$  : Poder calorífico inferior del combustible (MJ/Nm<sup>3</sup>).

$\rho_{r.comb.}$ : densidad del combustible referida al aire, densidad relativa.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

El índice de Wobbe, puede referirse al poder calorífico superior o inferior, en este caso se calculará referido al poder calorífico inferior, ya que es a partir del cual el autor clasifica los combustibles en diferentes familias. (Véase: Capítulo I: Memoria, Figura 1.4.12: **Clasificación internacional de los gases combustibles en familias.**)

En la **Figura 2.2.4.4: Índice de Wobbe para mezclas de gas natural y biogás** y el la **Figura 2.2.4.5: Índice de Wobbe para mezclas de propano y biogás**, se muestran los valores obtenidos, así como los de gas natural y biogás puros.

<b>%<sub>vol</sub> Gas natural</b>	<b>%<sub>vol</sub> Biogás</b>	<b>W (P.C.I.)</b>
100	-	47,18
-	100	21,37
95	5	46,84
90	10	45,07
85	15	43,34
80	20	41,67
70	30	38,46
60	40	35,42
50	50	32,54

**Figura 2.2.4.4: Índice de Wobbe para mezclas de gas natural y biogás.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

<b>%<sub>vol</sub> Propano</b>	<b>%<sub>vol</sub> Biogás</b>	<b>W (P.C.I.)</b>
100	-	75,56
90	10	71,89
80	20	67,05
70	30	62,03
60	40	56,81
50	50	51,39
40	60	45,71
30	70	39,77

**Figura 2.2.4.5: Índice de Wobbe para mezclas de propano y biogás.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## 2.5. Cálculo del caudal y composición de los humos de combustión.

Para el cálculo de los humos de combustión y su composición, en primer lugar, se debe calcular el aire mínimo necesario para llevar a cabo la combustión, considerando que el comburente es aire con un contenido en oxígeno del 21% y tomando como base de cálculo 1 Nm<sup>3</sup> de combustible. El aire mínimo necesario para la combustión se define como:

$$A_{\text{mínimo}} = 2.38 \cdot x_{H_2} + 2.38 \cdot x_{CO} + \sum \left( m_i + \frac{n_i}{4} \right) \cdot 4.76 \cdot x_{C_{mi}H_{ni}} \quad \text{Ecuación 2.2.5.1}$$

Donde:

$A_{\text{mínimo}}$  : Aire mínimo (Nm<sup>3</sup> aire/Nm<sup>3</sup> de combustible).

$x_{H_2}$  : fracción volumétrica de H<sub>2</sub>.

$x_{CO}$  : fracción volumétrica de CO.

$x_{C_{mi}H_{ni}}$  : fracción volumétrica de hidrocarburo.

En la industria es habitual trabajar con un exceso de comburente, de manera que se asegure que la reacción de combustión sea completa, en la planta tomada como referencia se utiliza un 20% de exceso de aire, por lo que el aire total se obtendrá mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{A_{\text{total}}}{A_{\text{mínimo}}} \rightarrow A_{\text{total}} = A_{\text{mínimo}} \cdot n \quad \text{Ecuación 2.2.5.2}$$

Donde:

$n$ : índice de exceso de comburente, 1,2.

$A_{\text{total}}$ : cantidad de aire inyectado para la combustión (Nm<sup>3</sup> aire/Nm<sup>3</sup> de combustible).

$A_{\text{mínimo}}$ : cantidad de aire mínima para la combustión (Nm<sup>3</sup> aire/Nm<sup>3</sup> de combustible).

Conocidos los valores del comburente, se calcularán los humos mínimos y los humos totales producidos por las reacciones de combustión para los tres combustibles estudiados, gas natural, propano y biogás.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Los humos mínimos, son los que se generan en la reacción de combustión al trabajar sin exceso de comburente, es decir en relación estequiométrica. Para ello se emplea la siguiente ecuación:

$$H_m = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} = \left( x_{CO} + \sum m_i \cdot x_{C_{m_i} H_{n_i}} \right) + \left( x_{H_2} + \sum \frac{n_i}{2} \cdot x_{C_{m_i} H_{n_i}} \right) + 0,79 \cdot A_m$$

### Ecuación 2.2.5.3

Donde:

$H_m$ : humos mínimos ( $Nm^3_{\text{humos}}/Nm^3_{\text{combustible}}$ ).

$x_{CO}$ : fracción volumétrica de monóxido de carbono.

$m_i$ : subíndice del átomo de carbono del hidrocarburo.

$x_{C_{m_i} H_{n_i}}$ : fracción volumétrica del hidrocarburo.

$x_{H_2}$ : fracción volumétrica del hidrógeno.

$n_i$ : subíndice del átomo de hidrógeno del hidrocarburo.

$A_m$ : aire mínimo ( $Nm^3_{\text{aire}}/Nm^3_{\text{combustible}}$ ).

Calculados los humos mínimos, se determinan los humos totales, es decir los humos que se generan al trabajar con exceso de comburente, mediante la siguiente ecuación:

$$H_T = H_m + (n - 1) \cdot A_m \quad \text{Ecuación 2.2.5.4}$$

Donde:

$H_T$ : humos totales ( $Nm^3_{\text{humos}}/Nm^3_{\text{combustible}}$ ).

$H_m$ : humos mínimos ( $Nm^3_{\text{humos}}/Nm^3_{\text{combustible}}$ ).

$n$ : índice de exceso de comburente, 1,2.

$A_m$ : Aire mínimo ( $Nm^3_{\text{aire}}/Nm^3_{\text{combustible}}$ ).

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

En la **Figura 2.2.5.1: Caudales de comburente y humos para los combustibles estudiados**, se muestran los valores de comburente mínimo y real, así como los humos mínimos y totales obtenidos para cada combustible.

	Gas natural	Propano	Biogás
Aire mínimo (Nm <sup>3</sup> <sub>aire</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	9,90	24,30	5,71
Aire total (Nm <sup>3</sup> <sub>aire</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	11,88	29,17	6,85
Humos mínimos (Nm <sup>3</sup> <sub>humos</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	10,94	26,34	6,71
Humos totales (Nm <sup>3</sup> <sub>humos</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	12,92	31,30	7,85

**Figura 2.2.5.1: Caudales de comburente y humos para los combustibles estudiados.**

Calculados los caudales de humos de combustión, será necesario el cálculo de la composición de estos humos. Para ello se debe determinar las cantidades de dióxido de carbono, vapor de agua, hidrógeno y oxígeno que contienen cada uno de los humos. Conocidos los humos totales, el comburente mínimo, el índice de exceso de comburente y las fracciones volumétricas de monóxido de carbono, nitrógeno y del hidrocarburo, podemos determinar la composición de los humos mediante las siguientes ecuaciones:

$$x_{CO2} = \frac{x_{CO} + \sum m_i \cdot x_{Cmi Hni}}{H_T} \quad \text{Ecuación 2.2.5.5}$$

$$x_{H2O} = \frac{x_{H2} + \sum \frac{n_i}{2} \cdot x_{Cmi Hni}}{H_T} \quad \text{Ecuación 2.2.5.6}$$

$$x_{N2} = \frac{0,79 \cdot n \cdot A_m}{H_T} \quad \text{Ecuación 2.2.5.7}$$

$$x_{O2} = \frac{0,21 \cdot (n - 1) \cdot A_m}{H_T} \quad \text{Ecuación 2.2.5.8}$$

Cuyos parámetros han sido todos descritos en anteriores ecuaciones.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

En la **Figura 2.2.5.2: Composición y caudales de humos de combustión para los combustibles estudiados**. Se muestra las composiciones de los humos totales de combustión, así como la cantidad producida de cada una de las especies químicas por Nm<sup>3</sup> de combustible.

Especie química	Gas natural		G.L.P		Biogás	
	Composición de los humos % volumen	Caudal volumétrico (Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> combustible)	Composición de los humos % volumen	Caudal volumétrico (Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> combustible)	Composición de los humos % volumen	Caudal volumétrico (Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup> combustible)
CO <sub>2</sub>	8,33	1,08	9,84	3,07	12,73	1,00
H <sub>2</sub> O	15,79	2,04	13,05	4,07	15,28	1,20
N <sub>2</sub>	72,65	9,39	73,84	23,04	68,94	5,41
O <sub>2</sub>	3,24	0,42	3,27	1,02	3,05	0,24

**Figura 2.2.5.2: Composición y caudales humos de combustión para los combustibles estudiados.**

De igual forma, se calcularon los caudales de comburente mínimo y total, así como los humos mínimos, totales y su composición para las mezclas de gas natural y biogás con un contenido en biogás del 5, 10, 15 y 20%. Cuyas composiciones se muestran en la **Figura 2.2.5.3: Composición de las mezclas de gas natural y biogás al 5, 10, 15 y 20%**.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

	<b>Gas natural 95% Biogás 5%</b>	<b>Gas natural 90% Biogás 10%</b>	<b>Gas natural 85% Biogás 15%</b>	<b>Gas natural 80% Biogás 20%</b>
Especie química	Porcentaje en volumen (% volumen)	Porcentaje en volumen (% volumen)	Porcentaje en volumen (% volumen)	Porcentaje en volumen (% volumen)
CH <sub>4</sub>	88,98	87,45	85,93	84,40
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	7,60	7,20	6,80	6,40
CO <sub>2</sub>	3,42	5,35	7,27	9,20

Figura 2.2.5.3: Composición de las mezclas de gas natural y biogás al 5, 10, 15 y 20%.

En la **Figura 2.2.5.4: Caudales de comburente y humos para las mezclas de gas natural y biogás al 5, 10, 15 y 20%**, se muestran los valores de comburente mínimo y total, así como los humos mínimos y totales obtenidos para las mezclas.

	<b>Gas natural 95% Biogás 5%</b>	<b>Gas natural 90% Biogás 10%</b>	<b>Gas natural 85% Biogás 15%</b>	<b>Gas natural 80% Biogás 20%</b>
Aire mínimo (Nm <sup>3</sup> <sub>aire</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	9,74	9,52	9,31	9,10
Aire total (Nm <sup>3</sup> <sub>aire</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	11,69	11,43	11,17	10,92
Humos mínimos (Nm <sup>3</sup> <sub>humos</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	10,78	10,56	10,35	10,13
Humos totales (Nm <sup>3</sup> <sub>humos</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	12,73	12,46	12,21	11,95

Figura 2.2.5.4: Caudales de comburente y humos para las mezclas de gas natural y biogás al 5, 10, 15 y 20%.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

En las siguientes figuras, **Figura 2.2.5.5: Composición y caudal de humos de combustión mezcla de gas natural y biogás (95%-5%)**, **Figura 2.2.5.6: Composición y caudal de humos de combustión mezcla de gas natural y biogás (90%-10%)**, **Figura 2.2.5.7: Composición y caudal de humos de combustión mezcla de gas natural y biogás (85%-15%)** y **Figura 2.2.5.8: Composición y caudal de humos de combustión mezcla de gas natural y biogás (80%-20%)**. Se muestran las composiciones de los humos totales de combustión, así como la cantidad producida de cada una de las especies químicas por Nm<sup>3</sup> de mezcla de gas natural y biogás para cada una de las 4 mezclas estudiadas, mezclas con un contenido de biogás del 5, 10, 15 y 20%.

<b>Mezcla de gas natural y biogás (95%-5%)</b>		
Especie química	Composición de los humos (% volumen)	Caudal volumétrico (Nm <sup>3</sup> <sub>i</sub> / Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )
CO <sub>2</sub>	8,45	1,07
H <sub>2</sub> O	15,77	2,00
N <sub>2</sub>	72,53	9,23
O <sub>2</sub>	3,21	0,41

Figura 2.2.5.5: Composición y caudal de humos de combustión mezcla de gas natural y biogás (95%-5%).

<b>Mezcla de gas natural y biogás (90%-10%)</b>		
Especie química	Composición de los humos (% volumen)	Caudal volumétrico (Nm <sup>3</sup> <sub>i</sub> / Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )
CO <sub>2</sub>	8,60	1,07
H <sub>2</sub> O	15,77	1,96
N <sub>2</sub>	72,43	9,02
O <sub>2</sub>	3,21	0,39

Figura 2.2.5.6: Composición y caudal de humos de combustión mezcla de gas natural y biogás (90%-10%).

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

**Mezcla de gas natural y biogás (85%-15%)**

Especie química	Composición de los humos (% volumen)	Caudal volumétrico (Nm <sup>3</sup> <sub>i</sub> / Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )
CO <sub>2</sub>	8,75	1,07
H <sub>2</sub> O	15,75	1,92
N <sub>2</sub>	72,28	8,83
O <sub>2</sub>	3,20	0,39

**Figura 2.2.5.7: Composición y caudal de humos de combustión mezcla de gas natural y biogás (85%-15%).**

**Mezcla de gas natural y biogás (80%-20%)**

Especie química	Composición de los humos (% volumen)	Caudal volumétrico (Nm <sup>3</sup> <sub>i</sub> / Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )
CO <sub>2</sub>	8,90	1,06
H <sub>2</sub> O	15,73	1,88
N <sub>2</sub>	72,19	8,63
O <sub>2</sub>	3,20	0,38

**Figura 2.2.5.8: Composición y caudal de humos de combustión mezcla de gas natural y biogás (80%-20%).**

Para la comparativa de las emisiones y la elección de la solución más viable, no se tendrán en cuenta estos valores, ya que el dióxido de carbono producido por la combustión del biogás es neutro, sin embargo, para el cálculo de la temperatura adiabática de llama de la mezcla escogida deberemos considerarlas.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

De igual forma se calculó las cantidades de comburente, los humos y su composición de la mezcla de propano y biogás que igualaba el índice de Wobbe al gas natural, es decir la mezcla del 50% de propano y 50% de biogás. Cuya composición se muestra en la **Figura 2.2.5.9: Composición de la mezcla de propano y biogás (50%-50%)**.

---

**Mezcla de propano y biogás (50%-50%)**

<b>Especie química</b>	<b>Porcentaje en volumen (%volumen)</b>
$C_3H_8$	46,5
$CH_4$	30
$CO_2$	20
$C_4H_{10}$	3,3
$C_2H_6$	0,2

---

**Figura 2.2.5.9: Composición de la mezcla de propano y biogás (50%-50%).**

En las figuras: **Figura 2.2.5.10: Caudales de comburente y humos para la mezcla de propano y biogás (50%-50%)** y **Figura 2.2.5.11: Composición y caudal de humos de combustión mezcla de propano y biogás (50%-50%)**. Se muestran los valores de comburente, los humos y su composición de la mezcla con la composición anteriormente mostrada.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

---

**Mezcla de propano y biogás (50%-50%)**

Aire mínimo (Nm <sup>3</sup> <sub>aire</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	14,65
Aire total (Nm <sup>3</sup> <sub>aire</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	17,58
Humos mínimos (Nm <sup>3</sup> <sub>humos</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	16,24
Humos totales (Nm <sup>3</sup> <sub>humos</sub> /Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )	19,17

---

Figura 2.2.5.10: Caudales de comburente y humos para la mezcla de propano y biogás (50%-50%).

---

**Mezcla de propano y biogás (50%-50%)**

Especie química	Composición de los humos (% volumen)	Caudal volumétrico (Nm <sup>3</sup> <sub>i</sub> / Nm <sup>3</sup> <sub>combustible</sub> )
CO <sub>2</sub>	10,59	2,03
H <sub>2</sub> O	13,73	2,63
N <sub>2</sub>	72,46	13,89
O <sub>2</sub>	3,22	0,62

---

Figura 2.2.5.11: Composición y caudal de humos de combustión mezcla de propano y biogás (50%-50%).

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## 2.6. Cálculo de la temperatura adiabática de llama.

La temperatura adiabática de llama ( $T_{\text{adiabática}}$ ), o temperatura teórica de llama se define como la máxima temperatura que pueden alcanzar los productos de combustión si toda la energía liberada en el proceso de combustión completa de forma adiabática se utiliza en el calentamiento de los productos de reacción que forman la llama. Para su cálculo se realiza un balance de materia al quemador en condiciones adiabáticas. Para ello se emplea la siguiente ecuación:

$$T_L = \frac{\Delta H_i + A_m \cdot n \cdot C_{pA} \cdot T_A - q_{dis.}}{\sum Q_{Hi} \cdot C_{pi}} \quad \text{Ecuación 2.2.6.1}$$

Donde:

$T_L$  : Temperatura de llama.

$\Delta H_i$  : Poder calorífico inferior.

$A_m$  : Aire mínimo.

$C_{pA}$ : calor específico medio del aire. Tomamos un valor de 0,311 kcal/Nm<sup>3</sup>·°C.

$n$  : Exceso de aire con el que se trabaja. Tomamos un valor de 1,2.

$T_A$  : Temperatura ambiente del aire. Tomamos un valor de 17,5 °C.

$q_{dis.}$  : Calor de disociación.

$Q_{Hi}$  : Caudal volumétrico en humos de cada componente.

$C_p$  : Calor específico.

Se trata de un cálculo iterativo, ya que tanto el calor de disociación como los calores específicos son función de la temperatura. Se calculará la temperatura adiabática de llama para el gas natural, el propano, el biogás y la mezcla de gas natural y biogás al 90%-10%

Para realizar el cálculo serán necesarios los valores teóricos de los calores de disociación de las especies que intervienen, del CO<sub>2</sub>, del H<sub>2</sub>O, del N<sub>2</sub> y del O<sub>2</sub>. En la **Figura 2.2.6.1: Calores específicos medios**. Se muestran los datos teóricos utilizados.

Calores específicos (kcal/Nm <sup>3</sup> °C)				
Temperatura (°C)	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
1000	0,530	0,409	0,333	0,350
1500	0,558	0,438	0,345	0,361
2000	0,580	0,460	0,354	0,368
2500	0,595	0,480	0,360	0,373

Figura 2.2.6.1: Calores específicos medios. (Fuente: Apuntes N45 Parte I: Combustión).

- **Cálculo de la temperatura adiabática de llama para el gas natural.**

Los datos obtenidos para el cálculo de la  $T_{\text{adiabática}}$  para el gas natural, con un poder calorífico inferior de 9034,42 kcal/Nm<sup>3</sup> se muestran en la **Figura 2.2.6.2: Datos para el cálculo de la  $T_{\text{adiabática}}$  del gas natural.**

Iteración	Temperatura supuesta (°C)	Temperatura calculada (°C)
1	1000	2005,73
2	1500	1920,31
3	2000	1860,46
4	2500	1818,41

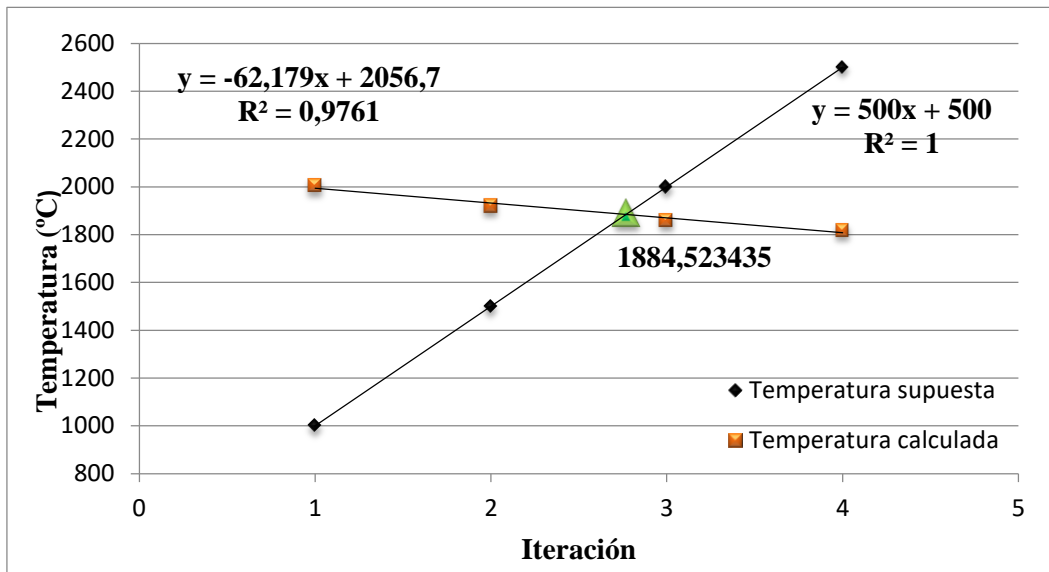
Figura 2.2.6.2: Datos para el cálculo de la  $T_{\text{adiabática}}$  del gas natural.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Obtenidos los datos, pasamos a representarlos gráficamente y ajustarlos de manera lineal.

Esta representación se muestra en el **Figura 2.2.6.3:  $T_{\text{adiabática}}$  para el gas natural.**



**Figura 2.2.6.3:  $T_{\text{adiabática}}$  para el gas natural.**

Se observa que las dos rectas se cruzan en un determinado punto, en la temperatura adiabática de llama, bastará con igualar las coordenadas x y despejar la coordenada y (temperatura) para conocer la temperatura adiabática de llama.

$$T_{\text{adiabática gas natural}} = 1884,53 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

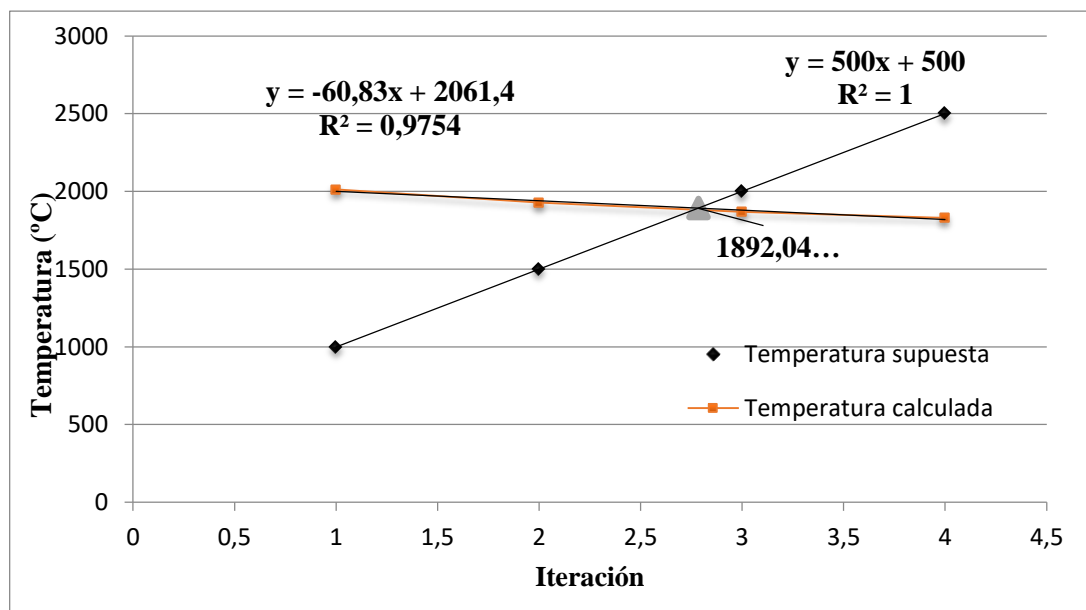
- **Cálculo de la temperatura adiabática de llama para el propano.**

Los datos obtenidos para el cálculo de la  $T_{\text{adiabática}}$  para el propano, con un poder calorífico inferior de 22774,31 kcal/Nm<sup>3</sup> se muestran en la **Figura 2.2.6.4: Datos para el cálculo de la  $T_{\text{adiabática}}$  del propano.**

Iteración	Temperatura supuesta (°C)	Temperatura calculada (°C)
1	1000	2011,68
2	1500	1927,94
3	2000	1869,15
4	2500	1828,51

**Figura 2.2.6.4: Datos para el cálculo de la  $T_{\text{adiabática}}$  del propano.**

Obtenidos los datos, pasamos a representarlos gráficamente y ajustarlos de manera lineal. Esta representación se muestra en el **Figura 2.2.6.5:  $T_{\text{adiabática}}$  para el propano.**



**Figura 2.2.6.5:  $T_{\text{adiabática}}$  para el propano.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Se observa que las dos rectas se cruzan en un determinado punto, en la temperatura adiabática de llama, bastará con igualar las coordenadas x y despejar la coordenada y (temperatura) para conocer la temperatura adiabática de llama.

$$T_{\text{adiabática propano}} = 1892,04 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

- **Cálculo de la temperatura adiabática de llama para el biogás.**

Los datos obtenidos para el cálculo de la  $T_{\text{adiabática}}$  para el biogás, con un poder calorífico inferior de  $4624,65 \text{ kcal/Nm}^3$  se muestran en la **Figura 2.2.6.6: Datos para el cálculo de la  $T_{\text{adiabática}}$  del biogás.**

Iteración	Temperatura supuesta ( $^\circ\text{C}$ )	Temperatura calculada ( $^\circ\text{C}$ )
1	1000	2011,68
2	1500	1927,94
3	2000	1869,15
4	2500	1828,51

**Figura 2.2.6.6: Datos para el cálculo de la  $T_{\text{adiabática}}$  del biogás.**

Obtenidos los datos, pasamos a representarlos gráficamente y ajustarlos de manera lineal. Esta representación se muestra en el **Figura 2.2.6.7:  $T_{\text{adiabática}}$  para el biogás.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

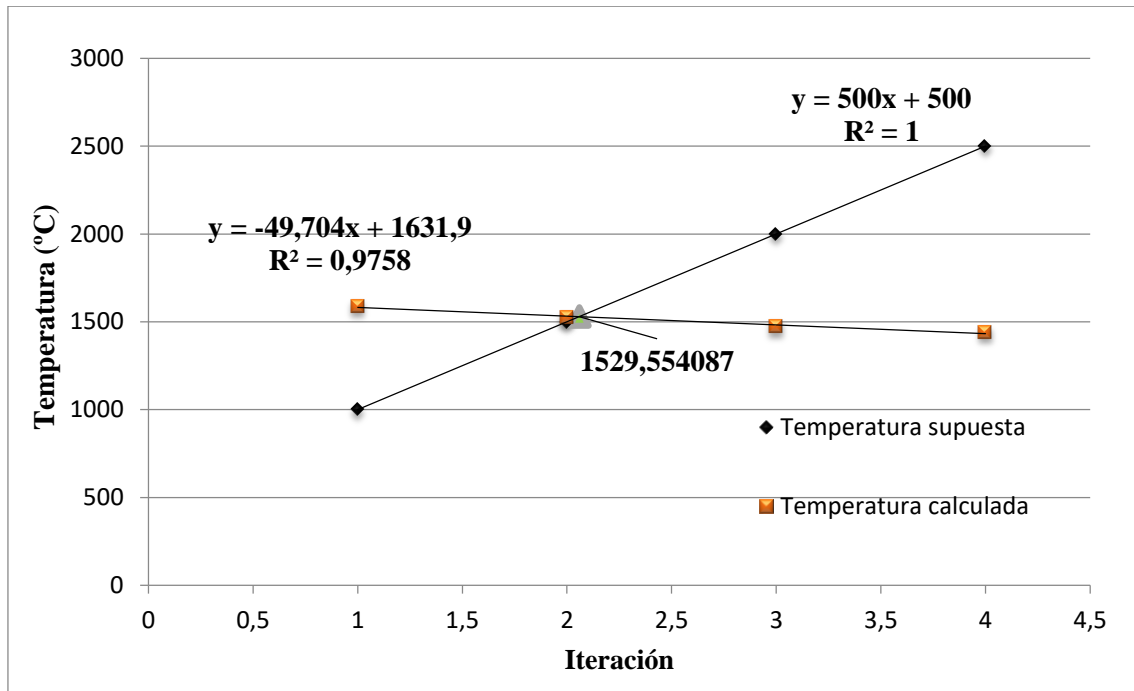


Figura 2.2.6.7:  $T_{adiabática}$  para el biogás.

Se observa que las dos rectas se cruzan en un determinado punto, en la temperatura adiabática de llama, bastará con igualar las coordenadas x y despejar la coordenada y (temperatura) para conocer la temperatura adiabática de llama.

$$T_{adiabática\ biogás} = 1529,55\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

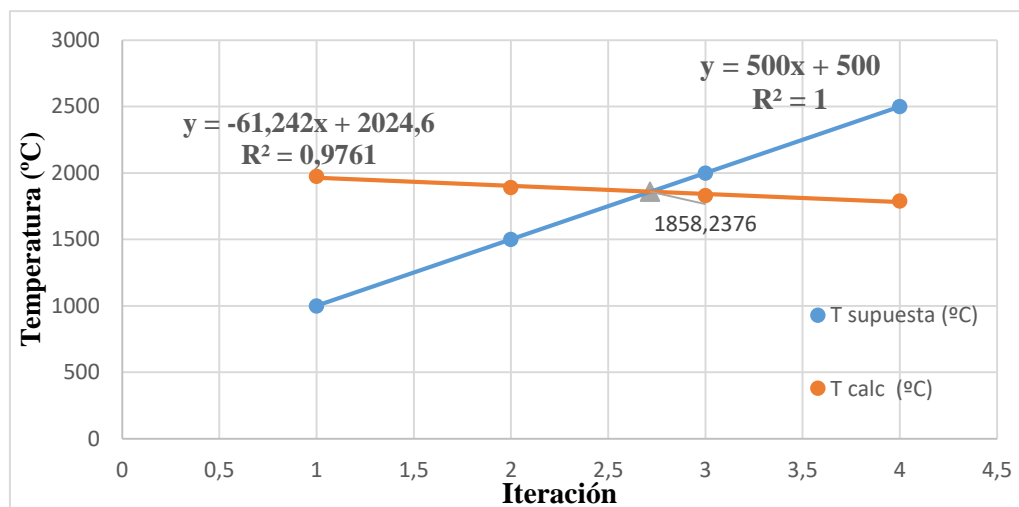
- **Cálculo de la temperatura adiabática de llama para la mezcla de gas natural y biogás 90%-10%.**

Los datos obtenidos para el cálculo de la  $T_{\text{adiabática}}$  para la mezcla de gas natural y biogás, con un poder calorífico inferior de  $8593,25 \text{ kcal/Nm}^3$  se muestran en la **Figura 2.2.6.8: Datos para el cálculo de la  $T_{\text{adiabática}}$  de la mezcla de gas natural y biogás.**

Iteración	Temperatura supuesta (°C)	Temperatura calculada (°C)
1	1000	1974,45
2	1500	1890,32
3	2000	1831,36
4	2500	1789,97

**Figura 2.2.6.8: Datos para el cálculo de la  $T_{\text{adiabática}}$  de la mezcla de gas natural y biogás.**

Obtenidos los datos, pasamos a representarlos gráficamente y ajustarlos de manera lineal. Esta representación se muestra en el **Figura 2.2.6.9:  $T_{\text{adiabática}}$  para la mezcla de gas natural y biogás.**



**Figura 2.2.6.9:  $T_{\text{adiabática}}$  para la mezcla de gas natural y biogás.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Se observa que las dos rectas se cruzan en un determinado punto, en la temperatura adiabática de llama, bastará con igualar las coordenadas x y despejar la coordenada y (temperatura) para conocer la temperatura adiabática de llama.

$$T_{\text{adiabática mezcla}} = 1858,24 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Si comparamos el resultado obtenido frente a la temperatura adiabática de llama del gas natural (1884,53°C), se observa que la reducción de la temperatura adiabática de llama al introducir un 10% de biogás el gas natural es pequeña, por lo que se podrá utilizar la mezcla sin que se reduzca la efectividad de la operación de secado.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## 2.7. Cálculo de la reducción de emisiones.

En este apartado se evaluará en qué medida la sustitución de parte del gas natural por biogás presenta una mejora en cuanto a las emisiones del proceso de secado por atomización se refiere. Para ello se compararán los valores de emisión que se producen al quemar gas natural y los producidos por el gas natural de la mezcla propuesta como solución (90% gas natural 10% biogás) para la obtención de una producción de 10 t de polvo seco por hora. Estos datos se muestran en la **Figura 2.2.7.1: Comparación de los valores de emisión**. Para la evaluación del coste de emisión se tomará el valor promedio de los últimos 12 meses, este valor es de 6,34 €/tCO<sub>2</sub>.

Parámetro	Gas natural	Gas natural de la mezcla de gas natural y biogás (90%- 10%)
Caudal de gas natural (Nm <sup>3</sup> /h)	359,30	334,08
Caudal de CO <sub>2</sub> (Nm <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> /h)	388,04	360,81
Tonelada de CO <sub>2</sub> (t CO <sub>2</sub> /h)	0,726	0,675
Tonelada de CO <sub>2</sub> anual	6.361,39	5.914,87
Coste anual de las emisiones de CO <sub>2</sub> (€/año)	40.331,18	37.500,26
Ahorro anual (€/año)	-	2.830,93

**Figura 2.2.16: Comparación de los valores de emisión.**

Tras realizar el cálculo, se estima que el ahorro en derechos de emisión de dióxido de carbono sería de unos 2.830 € anuales. Teniendo en cuenta que en la actualidad el valor de los derechos de emisión está por debajo de los históricos y que cada vez las leyes ambientales son más estrictas, todo hace pensar que la tendencia que seguirá este valor será creciente. Por lo que este ahorro se verá incrementado en el futuro.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### 3.DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

Para el diseño de la instalación, se parte de los parámetros de caudal de biogás, biogás a almacenar y presión de operación requerida. Estos parámetros se muestran en la **Figura 3.1:**

#### Parámetros de diseño.

Parámetro	Valor
Biogás a almacenar (Nm <sup>3</sup> )	6.236,16
Biogás a alimentar al quemador (Nm <sup>3</sup> /h)	37,12
Presión de entrada a los quemadores (bar)	22

Figura 3.1: Parámetros de diseño.

En la **Figura 3.2: Esquema completo de la instalación.** Se muestra de manera esquemática la instalación diseñada.

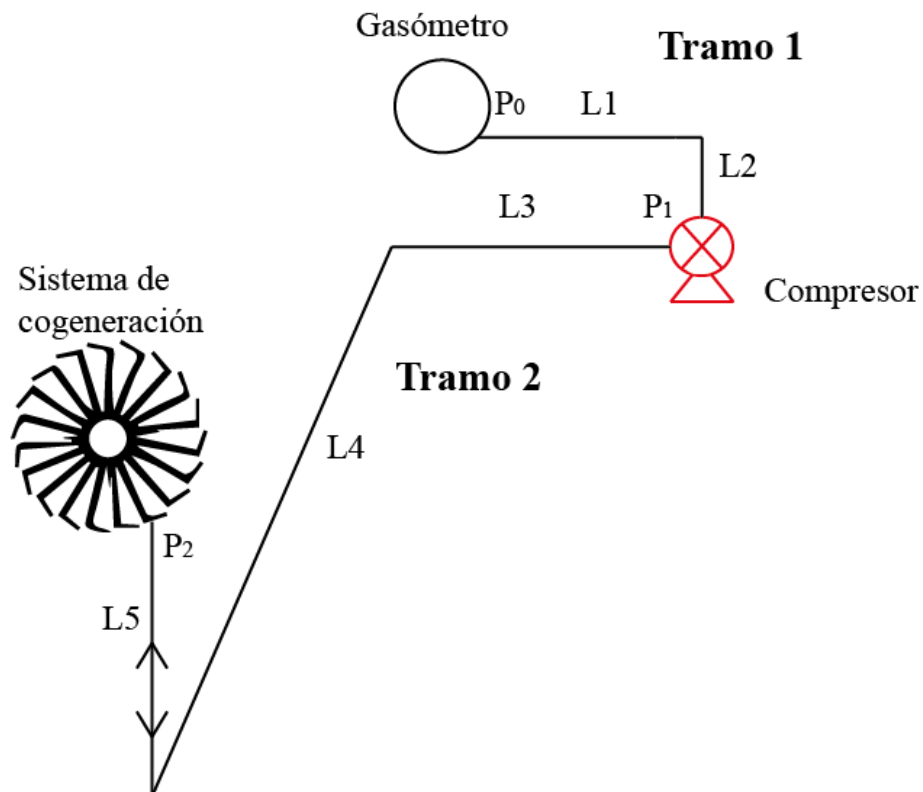


Figura 3.2: Esquema completo de la instalación diseñada.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Donde:

L1, L2, L3, L4 y L5 son las conducciones que unirán los diferentes equipos, Gasómetro, compresor y sistema de cogeneración, para poder alimentar el biogás a los quemadores del sistema de cogeneración de la planta.

P<sub>0</sub>, P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub> son las presiones del biogás en cada uno de los tramos de conducción.

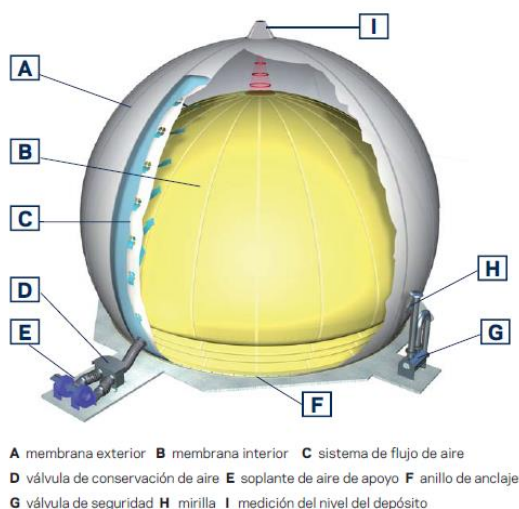
### 3.1 Diseño y selección del gasómetro.

Partiendo de la cantidad de biogás que será necesario almacenar, 6.236,16 Nm<sup>3</sup>, se realizó una búsqueda para seleccionar el gasómetro apto para el tipo de instalación diseñada. Los parámetros que determinarán esta elección serán:

- Capacidad.
- Tiempo de instalación.
- Coste.

La empresa productora de gasómetros de la que más información se obtuvo fue Sattler Ceno TOP-TEX GmbH, Esta empresa produce diferentes tipos de gasómetros, por lo que se estudió cual se adaptaba mejor al diseño realizado. En el **Anexo V: Catálogos**, se muestran los diferentes tipos de gasómetros.

El gasómetro escogido, es un gasómetro de doble membrana como el que se muestra en la **Figura 3.3.1.1: Gasómetro de doble membrana Sattler DMGS**.



**Figura 3.3.1.1: Gasómetro de doble membrana Sattler DMGS.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

En la siguiente figura (**Figura 3.3.1.2: especificaciones del gasómetro.**) se detallan las especificaciones del modelo de gasómetro escogido.

---

**Gasómetro modelo B9 125/250**

Capacidad efectiva (m3)	5360
Diámetro (m)	23,50
Altura (m)	17,6
Presión máxima (mbar)	17

---

**Figura 3.3.1.2: especificaciones del gasómetro**

El coste de adquisición e instalación del gasómetro es de 100.000 €.

**Gasómetro: 100.000 €**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### 3.2 Diseño de las conducciones.

Para dimensionar las tuberías se tendrán en cuenta dos aspectos básicos en este tipo de instalaciones: que la velocidad de circulación no supere los 35 m/s (BOE-A-1980-23974) y que la caída de presión ( $\Delta P$ ) sea la menor posible para optimizar los equipos de impulsión y aspiración.

El diámetro elegido, será un diámetro estándar, por lo que estará disponible en catálogo. El material empleado para su diseño será el acero inoxidable AISI 316L, según UNE 19049-1 y siguiendo el estándar de calidad de la planta, por lo que para los cálculos previos se utilizarán las especificaciones técnicas del acero inoxidable.

La metodología de cálculo seguida para cada tramo será la siguiente:

- Cálculo de la velocidad del gas.
- Determinación del régimen de circulación y factor de fricción.
- Cálculo de las pérdidas de carga.
- Selección de la mejor opción.

A continuación, se explica detalladamente la manera de proceder en cada cálculo.

- Cálculo de la velocidad del gas.

La velocidad de circulación de un fluido por una conducción viene dada por la ecuación:

$$v = \frac{Q_e}{S} \quad \text{Ecuación 3.3.2.1}$$

Donde:

$v$  : velocidad de circulación del fluido (m/s).

$Q_e$  : caudal del fluido en las condiciones de operación (m<sup>3</sup>/s).

$S$  : sección de paso de la conducción (m<sup>2</sup>).

Como se trabajará con conducciones de sección circular, la sección puede expresarse como:

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad \text{Ecuación 3.3.2.2}$$

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Donde:

$S$  : sección de paso de la conducción ( $m^2$ ).

$D$  : diámetro interno de la conducción. (m).

Por lo que la ecuación de la velocidad queda:

$$v = \frac{4 \cdot Q_e}{\pi \cdot D^2} \quad \text{Ecuación 3.3.2.3}$$

- Determinación del régimen de circulación y factor de fricción.

Para la caracterización del régimen de circulación se utilizará el módulo adimensional de Reynolds, que viene dado por la ecuación:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad \text{Ecuación 3.3.2.4}$$

Donde:

$\rho$  : densidad del gas ( $kg/m^3$ ).

$v$  : velocidad de circulación del fluido (m/s).

$D$  : diámetro de la conducción (m).

$\mu$  : viscosidad del fluido ( $kg/m \cdot s$ ).

Para estimar el factor de fricción se utilizará el gráfico de Moody. (Véase Anexo III. Gráficos). Para su uso, será necesaria la rugosidad relativa, que viene dada por la siguiente ecuación:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{D} \quad \text{Ecuación 3.3.2.5}$$

Donde:

$\epsilon_r$ : rugosidad relativa del material, acero inoxidable (m)

$\epsilon$  : rugosidad del material, acero inoxidable (m)

$D$  : diámetro de la conducción (m).

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

- Cálculo de las pérdidas de cargas.

Para el cálculo de las pérdidas de carga a lo largo de la conducción se tendrá en cuenta las pérdidas continuas originadas por el rozamiento y del fluido por el interior de las conducciones, y las pérdidas localizadas o por accidentes, originadas por los elementos instalados en el mismo tramo, como válvulas, codos...

Para calcular las pérdidas de cargas continuas ( $\Delta P_{tr}$ ) se utilizará la ecuación:

$$\Delta P_{tr} = 2 \cdot \rho \cdot f \cdot v^2 \cdot \frac{L}{D} \quad \text{Ecuación 3.3.2.6}$$

Donde:

$\Delta P_{tr}$ : pérdidas de presión continuas, tramos rectos (Pascales, Pa).

$\rho$ : densidad del fluido ( $\text{kg/m}^3$ )

$f$ : factor de fricción de Moody.

$v$ : velocidad del fluido (m/s).

$L$ : longitud de la conducción (m).

$D$ : diámetro de la conducción (m).

Para calcular las pérdidas de localizadas o por accidentes ( $\Delta P_{acc}$ ) se utilizará la ecuación:

$$\Delta P_{acc} = \frac{\sum k \cdot v^2}{2} \cdot \rho \quad \text{Ecuación 3.3.2.7}$$

Donde:

$\Delta P_{acc}$ : pérdidas de presión debidas a los accidentes (Pa)

$v$ : velocidad del fluido (m/s).

$\rho$ : densidad del fluido ( $\text{kg/m}^3$ )

$k$ : constante característica de cada elemento o accidente.

Las pérdidas de carga totales serán:

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{tr} + \Delta P_{acc} \quad \text{Ecuación 3.3.2.8}$$

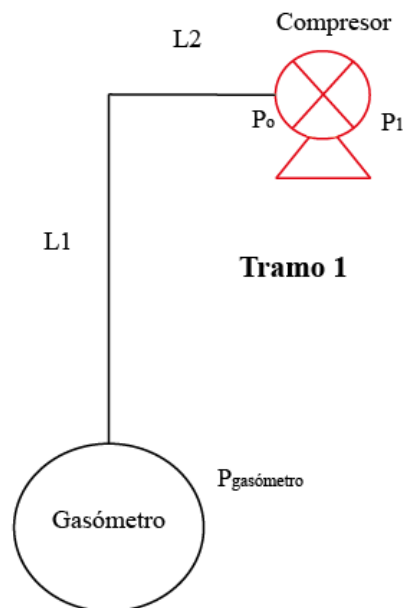
Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

- Selección de la mejor opción.

Determinadas las pérdidas de carga y las velocidades de circulación, se seleccionará un diámetro de conducción u otro, buscando un punto óptimo entre en coste de la tubería y las pérdidas que esta genere. Ya que a mayor diámetro obtendremos menos pérdidas de carga y de costes de operación, pero un mayor coste en el precio de las conducciones.

### Tramo 1

Para el diseño de este tramo de conducción, tramo que conecta el gasómetro con el compresor, se determinará el diámetro óptimo de tubería considerando únicamente la velocidad de circulación, ya que la presión a la que se almacena el gas es muy baja y el tramo de conducciones relativamente pequeño. En la **Figura 3.3.2.1: Esquema del Tramo 1 de conducciones**. Se muestra un esquema de este primer tramo.



**Figura 3.3.2.1: Esquema del Tramo 1 de conducciones.**

Donde:

L1: longitud del primer tramo que conecta el gasómetro con el compresor, 19,30 m.

L2: longitud del segundo tramo que conecta el gasómetro con el compresor 8,00 m.

$P_{\text{gasómetro}} = P_0$  presión de almacenamiento del biogás en el gasómetro, 17 mbar.

P1: presión a la que comprime el biogás el compresor, 22 bar.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Los datos necesarios para el cálculo son:

- Caudal de biogás ( $Q_e$ ) : el caudal que se desea transportar es de  $37,12 \text{ Nm}^3/\text{h} \rightarrow 0,01 \text{ Nm}^3/\text{s}$ .
- Diámetros de conducción: se considerarán diámetros estándar de conducción, ya que de este modo la disponibilidad es absoluta y el precio inferior. Se estimarán las siguientes conducciones:
  - Tubería de acero inoxidable AISI 316L de 28 mm diámetro exterior y espesor de 1,2 mm. (Diámetro efectivo de conducción de 0,0268 m).
  - Tubería de acero inoxidable AISI 316L de 35 mm diámetro exterior y espesor de 1,5 mm. (Diámetro efectivo de conducción de 0,0335 m).
  - Tubería de acero inoxidable AISI 316L de 42 mm diámetro exterior y espesor de 1,5 mm. (Diámetro efectivo de conducción de 0,0405 m).
  -

En la **Figura 3.3.2.2: Velocidades de conducción para el Tramo 1**. Se muestran los valores obtenidos de velocidad del fluido para cada diámetro propuesto.

Diámetro (m)	Velocidad (m/s)
0,0268	17,73
0,0335	11,35
0,0405	7,75

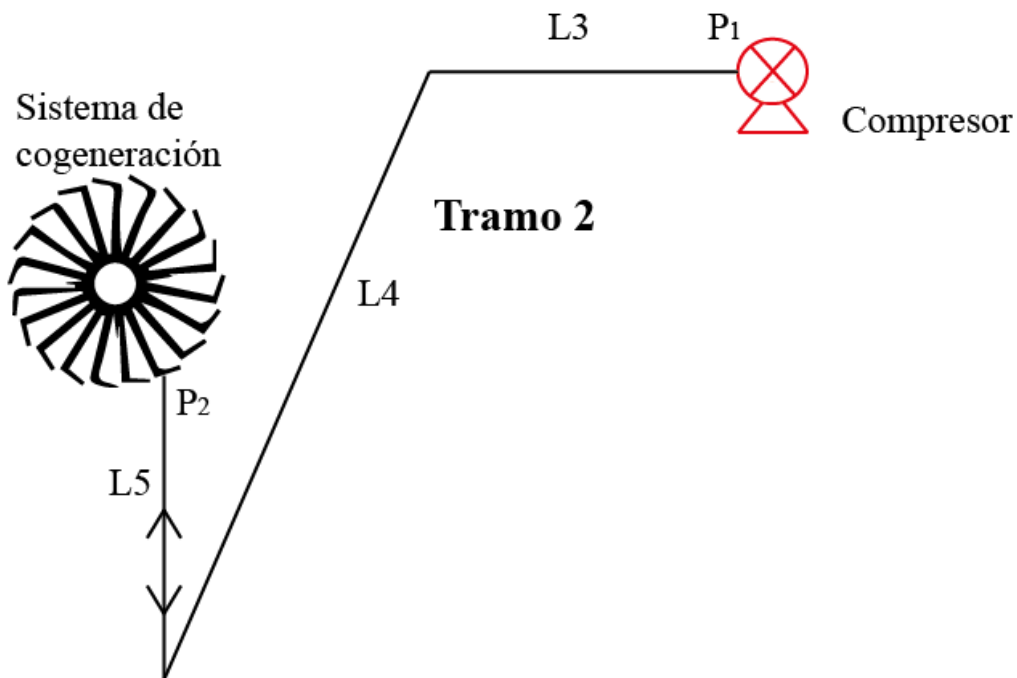
**Figura 3.3.2.2: Velocidades de conducción para el Tramo 1.**

Como se observa en la figura anterior, en todos los diámetros se cumple que la velocidad de circulación sea inferior a 35 m/s, por lo que se seleccionará el diámetro de 0,0268 m, ya que en este tramo las pérdidas de carga son despreciables y el precio de la tubería es inferior al de los otros diámetros.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### Tramo 2

Para el diseño de este tramo de conducción, tramo que conecta el compresor con los quemadores de la turbina, se determinará el diámetro óptimo de tubería considerando la velocidad de circulación y la pérdida de carga, ya que en este tramo el biogás ya está presurizado y no se debe perder mucha presión para una correcta combustión. En la **Figura 3.3.2.3: Esquema del Tramo 2 de conducciones**. Se muestra un esquema del segundo tramo a diseñar.



**Figura 3.3.2.3: Esquema del Tramo 2 de conducciones.**

Donde:

P1: presión a la que comprime el biogás el compresor, 22 bar.

L3: longitud del primer tramo que conecta el compresor con el sistema de cogeneración, 39,30 m.

L4: longitud del segundo tramo que conecta el compresor con el sistema de cogeneración, 71,70 m.

L5: longitud del tercer tramo que conecta el compresor con el sistema de cogeneración, 2,00 m.

P2: presión de entrada a los quemadores.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Los datos necesarios para el cálculo son:

- Caudal de biogás ( $Q_e$ ) : el caudal que se desea transportar es de  $37,12 \text{ Nm}^3/\text{h} \rightarrow 0,01 \text{ Nm}^3/\text{s}$
- Densidad del biogás:  $\rho = 1,06 \text{ kg/m}^3$
- Viscosidad del biogás:  $\mu = 1,059 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$ .
- Presión a la salida del compresor:  $P_1 = 22 \text{ bares}$ .
- Diámetros de conducción: se considerarán los mismos diámetros estándar que en el Tramo 1 (0,0268 m, 0,0335 m y 0,0405 m).
- Longitudes necesarias de tubería:  $L_3= 39,3 \text{ m}$ ,  $L_4=71,70 \text{ m}$  y  $L_5=2\text{m}$ .
- Rugosidad:  $\varepsilon = 0,00015 \text{ m}$ .
- Accidente: dos codos de  $90^\circ$ ,  $k = 0,75$ .

En la **Figura 3.3.2.4: Resultados Tramo 2**. Se muestran los valores obtenidos para la selección del diámetro de conducción.

<b>Diámetro interno de conducción (m)</b>	<b>0,0268</b>	<b>0,0335</b>	<b>0,0405</b>
Velocidad (m/s)	17,73	11,35	7,75
Módulo de Reynolds	47561,27	38058,40	31417,14
$\varepsilon_r$	0,00559	0,0045	0,0037
Coefficiente de fricción, f	0,008	0,00775	0,007
$\Delta P_{tr}$ (Pa)	22479,52	7139,42	2486,91
$\Delta P_{acc}$ (Pa)	249,91	102,41	47,75
$\Delta P_{total}$ (Pa)	22729,43	7241,83	2534,66

**Figura 3.3.2.4: Resultados Tramo 2.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Para una mejor interpretación se determinan las pérdidas de carga en bares, ya que sabemos que la presión óptima de entrada del gas combustible a los quemadores es de 22 bares. Los resultados se muestran en la **Figura 3.3.2.5: pérdidas totales de presión Tramo 2.**

<b>Diámetro interno de conducción (m)</b>	<b><math>\Delta P_{total}</math> (bar)</b>
0,0268	0,23
0,0335	0,07
0,0405	0,03

**Figura 3.3.2.5: pérdidas totales de presión Tramo 2.**

A la vista de los resultados obtenidos, se ha decidido instalar en el Tramo 2 la conducción con mayor diámetro de las estudiadas, ya que de este modo las pérdidas de presión hasta llegar a los quemadores serán prácticamente nulas.

En la siguiente figura, **Figura 3.3.2.6: Resumen del material necesario para las conducciones**, se recoge el material y elementos totales necesarios para la construcción de los dos tramos diseñados.

<b>Elemento</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Cantidad</b>
Conducciones	Tubo acero inoxidable 28 mm diámetro exterior y 1,2 mm espesor	27,8 m
	Tubo acero inoxidable 42 mm diámetro exterior y 1,5 mm espesor	113,40 m
Codo de 90° estándar	Acero inoxidable 28mm diámetro exterior	1 unidad
	Acero inoxidable 42 mm diámetro exterior	2 unidad

**Figura 3.3.2.6: Resumen del material necesario para las conducciones.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Para finalizar con las conducciones, se estimará el coste del material necesario. En la **Figura 3.3.2.7: Coste de las conducciones**, se muestra un resumen del precio unitario de cada elemento y el coste del material que tendremos.

Elemento	Precio unitario	Cantidad necesaria	Coste del material (€)
Tubo acero inoxidable 28 mm diámetro exterior y 1,2 mm espesor	7,42 €/m	27,8 m	206,28
Tubo acero inoxidable 42 mm diámetro exterior y 1,5 mm espesor	13,87 €/m	113,40 m	1567,31
Acero inoxidable 28mm diámetro exterior	5,99 €/unidad	1 unidad	5,99
Acero inoxidable 42 mm diámetro exterior	16,10 €/unidad	2 unidad	32,20
<b>Total:</b>			<b>1811,78 €</b>

**Figura 3.3.2.7: Coste de las conducciones.**

El coste total del material para la instalación de las conducciones será de 1.811,18 €.

**Material para las conducciones: 1.811,18 €**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### 3.3 Diseño y selección del compresor.

Conocidas las presiones de entrada y de salida del compresor, se deberá calcular la potencia necesaria del equipo de compresión. Se considera compresión adiabática, por lo que el trabajo necesario para comprimir 1 kg de gas vendrá dado por la siguiente ecuación:

$$W = \frac{k}{k-1} \cdot \frac{Z \cdot R \cdot T_1}{M} \cdot \left\{ r^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right\} \quad \text{Ecuación 3.3.3.1}$$

Donde:

$W$ : trabajo necesario para comprimir 1 kg de gas (J/kg).

$k$ : razón de calores específicos, 1,305.

$Z$ : factor de compresibilidad, consideraremos gas ideal por lo que el valor es de 1.

$R$ : constante, 3,314 J/mol·K

$M$ : peso molecular del biogás 28,4 kg/Nm<sup>3</sup>

$T_1$ : temperatura del fluido, 35°C = 308 K.

$r$ : relación entre la presión de salida y la presión de entrada en el compresor, 814,81.

$$r = \frac{22}{27 \cdot 10^{-3}} = 814,8148$$

Para obtener la potencia necesaria para la compresión, se multiplicará  $W$  por el caudal másico del fluido. Para ello la ecuación a emplear será:

$$\omega = W \cdot m \quad \text{Ecuación 3.3.3.2}$$

Donde:

$\omega$ : potencia necesaria, (J/s → W).

$W$ : trabajo necesario para comprimir 1 kg de gas (J/kg).

$m$ : caudal másico, 0,0109 Kg/s.

En la siguiente figura (**Figura 3.3.3.1: Potencia calculada del compresor.**) se muestran los valores obtenidos de la resolución de estas dos ecuaciones.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Parámetro	Valor
W (J/kg)	1649,57
$\omega$ (W)	17,98

**Figura 3.3.3.1: Potencia calculada del compresor.**

Tras los resultados obtenidos y teniendo en cuenta la composición del gas a comprimir, se consultó con una empresa de compresores, ABC Compressors, para poder determinar el tipo de compresor óptimo para la operación.

El modelo de compresor óptimo para la compresión es un 1EHA-1-GT, es decir un compresor de la gama más pequeña con las que trabajan con una etapa y un cilindro de 105 mm de diámetro. En la siguiente figura, **Figura 3.3.3.2: Compresor 1EHA-1-GT.** se muestra una imagen del compresor.



**Figura 3.3.3.2: Compresor 1EHA-1-GT.**

En el **Anexo V: Catálogos** se adjunta toda la información proporcionada por la empresa. El precio de compra e instalación del compresor seleccionado es de 67.200 €.

**Compresor: 67.200 €**

===== FT 7.2.1-02 =====

PROYECTO : JAG00233 OPC.: 01  
 CLIENTE : MARTA CHIVAS  
 PROYECTO : -  
 OBSERVAC : 141606165 Proyecto universitario

=== DATOS DE ENTRADA ===

Composición del gas en Volumen :

CH4 : 60,00% Metano  
 CO2 : 40,00% Anhídrido Carbónico, Dióxido de Carbono

Presión crítica : 57,391 kg/cm2A  
 Temperatura crítica : -40,194 °C  
 Coef. de compresibilidad crítico : 0,2824 en condiciones normales : 0,9959  
 Peso específico en cond. normales : 1,2206 kg/m3 Peso molecular : 27,2298  
 Peso específico en cond. de aspiración : 10,3151 kg/m3  
 Temp. licuación en cond. de aspiración : -63,70 °C

Compresor Serie : HA Presión de aspiración : 10,0000 barA  
 Engrasado o Seco-LT : Seco-LT Presión atmosférica : 1,000 AtmA  
 Refrigerado por : Agua Temp. de aspiración : 50 °C  
 Tipo aplicación : - Temp. ambiente : 20 °C  
 Modelo compresor : (...) Humedad relativa : 0 %  
 Caudal : 374,00 Nm3/h Temperatura de agua : 35 °C  
 Presión de escape : 22,00 barG  
 Revoluciones (RPM) : 0 ( Límite RPM = 750 ) Transmisión : ACOPL+RED  
 Motor a tope : NO ( Arrancador progresivo o estrella-triángulo )  
 Relación de compresión global : 2,3013 Relación de compresión media : 2,3013

=== DATOS DE SALIDA ===

Caudal : 44,26 m3/h ( 374,00 / 374,00 Nm3/h ) Factor = 1,000  
 PRM : 372  
 Presión aspiración : 10,200 kg/cm2A  
 Potencia absorbida : 22,59 / 16,62 CV/KW Factor = 1,000  
 Potencia a instalar : 25,31 / 18,61 CV/KW  
 Perdidas mec. totales : 6,01 CV  
 Rendimiento Isotérmico : 61,57 %  
 Potencia específica : 30,63 CV/m3/min  
 Cant. total agua refrig : 1,53 m3/h  
 Cant. total condensados : 0,00 litros/h  
 Calor expulsado : 2079 kcal/h  
 Aire Ventilación : 718 m3/h  
 Velocidad media pistón : 1,86 m/s

Etapas:	1°etp	2°etp	3°etp	4°etp	5°etp	6°etp
Cilindros :						
- Num y Diámetro (mm) :	1 x 105					
- Caudal (m3/h) :	44,255					
- Presión (barG):	22,00					
- Temp. Aspiración (°C):	50,0					
- Temp. Escape (°C):	112,1					
- Temp. Esc Adiabática(°C):	119,5					
- Temp. de Licuación(°C):	-42,7					
- Relación compresión:	2,30					
- Esfuerzos compres (kg):	1223					
- Esfuerzos tracción (kg):	969					
- Volumen engendrado (m3/h):	55,274					
- Rendimiento Volumet:	80,07					
- Coef llenado (AB):	0,9127					
- Espacio muerto (%):	12,10					
- Espacio min. (%):	12,10					
- Secc Válvulas (cm2):	7,50					
- Vel. paso Válvulas (m/s):	21,47					
- Rend. paso Válvulas (%):	90,79					
- Gama adiabática (Cp/Cv):	1,305					
- Pot. Diag. (CV) :	16,59					
- Regulación :	-					
- Agua de refrig (m3/h):	0,25					
Refrigeradores :						
- Número de refrig. :	1					
- Tamaño :	RH: 1					
- TLR :	-17.48					
- Perdida carga (kg/cm2):	.0012					
- Agua de refrig (m3/h) :	1,12					
- Caudales condensados(l/h):	0,00					
- Coefic. compres. entrada :	0,9835					
- Coefic. compres. salidad :	0,9807					

NOTAS:

=====

Refrigerador de aceite.

--- Fin del cálculo ---

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **2.2 ANEXO II: Gráficos.**



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## ÍNDICE

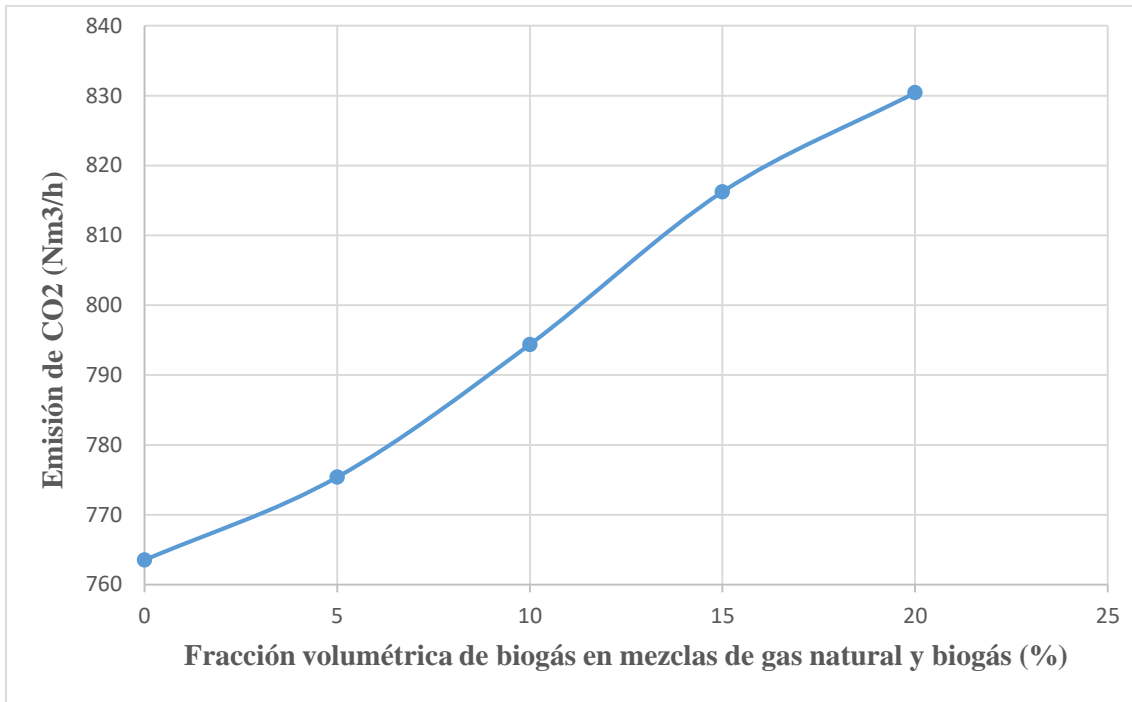
Gráfico 2.2.1: Emisiones (Nm<sup>3</sup>/h) de CO<sub>2</sub> para mezclas de gas natural y biogás.....página 3

Gráfico 2.2.2: Comparativa de las emisiones generadas por el gas natural, la mezcla de combustibles y el gas natural de la mezcla.....página 3

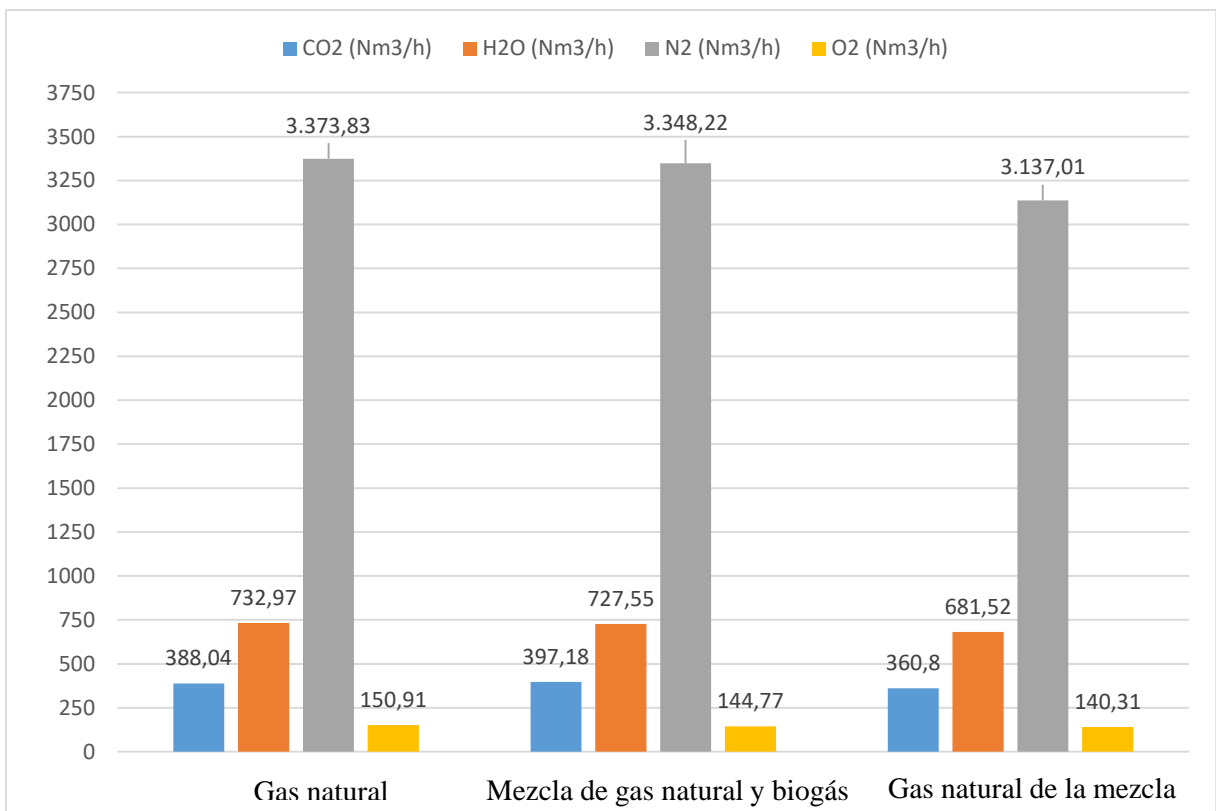
Gráfico 2.2.3: Diagrama de Moody.....página 4

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.



**Gráfico 2.2.1: Emisiones (Nm<sup>3</sup>/h) de CO<sub>2</sub> para mezclas de gas natural y biogás**



**Gráfico 2.2.2: Comparativa de las emisiones generadas por el gas natural, la mezcla de combustibles y el gas natural de la mezcla.**

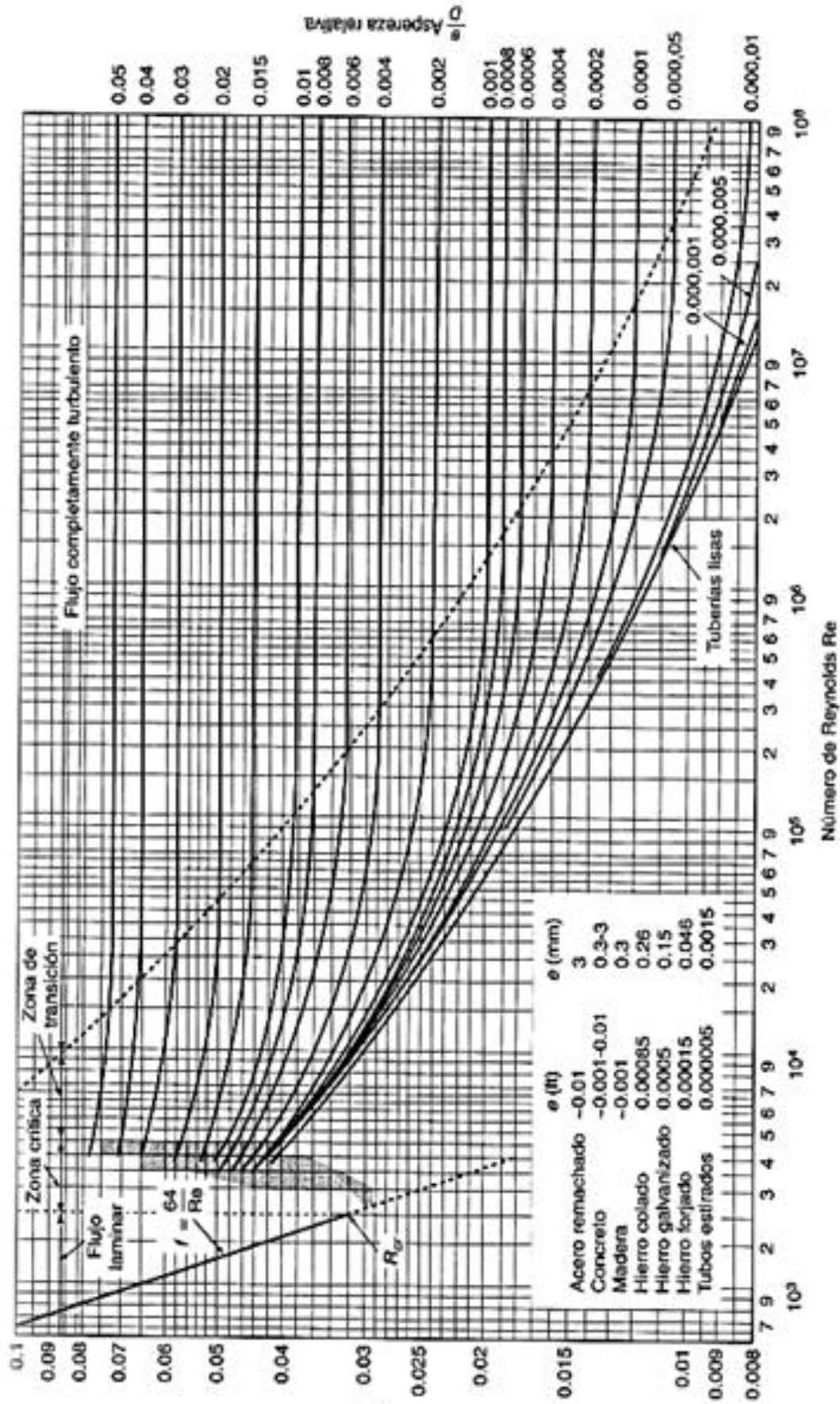


Diagrama de Moody. (De L.E. Moody, *Trans. ASME*, vol. 66, 1944.)

Gráfico 2.2.3: Diagrama de Moody.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **2.3 ANEXO III: Legislación aplicable.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### III. OTRAS DISPOSICIONES

## MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

**7977** *Resolución de 2 de julio de 2015, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, por la que se actualiza el listado de normas de la instrucción técnica complementaria ITC-ICG 11 del Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos, aprobado por el Real Decreto 919/2006, de 28 de julio.*

Considerando que el apartado 1 del artículo 12 del Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos, aprobado por Real Decreto 919/2006, de 28 de julio estipula que «en la ITC-ICG 11 se recogerá el listado de todas las normas citadas en el texto de las instrucciones, identificadas por sus títulos y numeración, la cual incluirá el año de edición». Y que el apartado 2 del mismo artículo añade que «cuando una o varias normas sean objeto de revisión, deberán ser objeto de actualización en el listado de normas, mediante resolución del órgano directivo competente en materia de seguridad industrial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, actualmente, Ministerio de Industria, Energía y Turismo, en la que deberá hacerse constar la fecha a partir de la cual la utilización de la nueva edición de la norma será válida y la fecha a partir de la cual la utilización de la antigua edición de la norma dejará de serlo, a efectos reglamentarios».

Por Resolución del 29 de abril de 2011, de la Dirección General de Industria, se actualizó por primera vez el listado de normas de la citada instrucción ITC-ICG 11.

Considerando que a partir del 29 de abril de 2011, la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) ha aprobado nuevas ediciones de normas contenidas en el listado de la instrucción técnica complementaria ITC-ICG 11, de acuerdo con los avances del estado de la técnica y/o las normas europeas.

Esta Dirección General, de acuerdo con lo establecido en el mencionado artículo 12 Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos, aprobado por Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, ha resuelto:

Primero. *Actualización.*

Actualizar el listado de normas de la instrucción técnica complementaria ITC-ICG 11, cuyo texto se incluye a continuación:

#### ANEXO

#### **Normas UNE de referencia en el Reglamento Técnico de Distribución y Utilización de Combustibles Gaseosos**

Listado de normas de ITC-ICG 11, actualizado a 25 de mayo de 2015 que, de acuerdo con el artículo 12.2 del Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos, aprobado por el Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, se considera que cumplen las condiciones reglamentarias.

#### ITC-ICG 11

#### *Relación de normas UNE de referencia*

La presente instrucción técnica complementaria tiene por objeto recoger el listado de normas, a las que se refiere el artículo 12 del Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos, aprobado por Real Decreto 919/2006, de 28 de julio.



Referencia norma UNE y título	Sustituye/modifica a	Fecha de aplicabilidad de la norma e inicio del periodo de coexistencia (*)	Fecha final del periodo de coexistencia (*)
UNE 60210:2015. Plantas satélite de Gas Natural Licuado (GNL).	EDIC. 2011.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60250:2008. Instalaciones de almacenamiento de gases licuados del petróleo (GLP) en depósitos fijos para su consumo en instalaciones receptoras.	EDIC. 2004 y modificaciones posteriores.	—	12.05.2011
UNE 60310:2015. Canalizaciones de combustibles gaseosos con presión máxima de operación superior a 5 bar e inferior o igual a 16 bar.	EDIC. 2011 y modificaciones posteriores.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60311:2015. Canalizaciones de combustibles gaseosos con presión máxima de operación inferior o igual a 5 bar.	EDIC. 2011 y modificaciones posteriores.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60312:2015. Estaciones de regulación para canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión de entrada no superior a 16 bar.	EDIC. 2011.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60601:2013. Salas de máquinas y equipos autónomos de generación de calor o frío o para cogeneración, que utilizan combustibles gaseosos.	EDIC. 2006.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60620-1:2005. Instalaciones receptoras de gas natural suministradas a presiones superiores a 5 bar. Parte 1: Generalidades.	—	—	—
UNE 60620-2:2005. Instalaciones receptoras de gas natural suministradas a presiones superiores a 5 bar. Parte 2: Acometidas interiores.	—	—	—
UNE 60620-3:2005. Instalaciones receptoras de gas natural suministradas a presiones superiores a 5 bar. Parte 3: Estaciones de regulación y medida.	—	—	—
UNE 60620-4:2005. Instalaciones receptoras de gas natural suministradas a presiones superiores a 5 bar. Parte 4: Líneas de distribución interior.	—	—	—
UNE 60620-5:2005. Instalaciones receptoras de gas natural suministradas a presiones superiores a 5 bar. Parte 5: Grupos de regulación.	—	—	—
UNE 60620-6:2005. Instalaciones receptoras de gas natural suministradas a presiones superiores a 5 bar. Parte 6: Criterios técnicos básicos para el control periódico de las instalaciones receptoras en servicio.	—	—	—
UNE 60630:2011. Diseño, construcción, montaje y explotación de estaciones de servicio de GLP para vehículos a motor.	EDIC. 2003 y modificaciones posteriores.	—	12.05.2011
UNE 60631-1:2014. Estaciones de servicio de GNC para vehículos a motor. Parte 1: Estaciones de capacidad de suministro superior a 20 m <sup>3</sup> /h.	EDIC. 2008.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60670-1:2014. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 1: Generalidades.	EDIC. 2005.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60670-2:2014. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 2: Terminología.	EDIC. 2005.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60670-3:2014. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 3: Tuberías, elementos, accesorios y sus uniones.	EDIC. 2005.	02.07.2015	02.01.2016

Referencia norma UNE y título	Sustituye/modifica a	Fecha de aplicabilidad de la norma e inicio del periodo de coexistencia (*)	Fecha final del periodo de coexistencia (*)
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.	EDIC. 2005 y modificaciones posteriores.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60670-5:2014. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 5: Recintos destinados a la instalación de contadores de gas.	EDIC. 2005.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60670-6:2014. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 6: Requisitos de configuración, ventilación y evacuación de los productos de la combustión en los locales destinados a contener los aparatos a gas.	EDIC. 2005 y modificaciones posteriores.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60670-7:2014. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 7: Requisitos de instalación y conexión de los aparatos a gas.	EDIC. 2005.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60670-8:2014. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación inferior o igual a 5 bar. Parte 8: Pruebas de estanquidad para la entrega de la instalación receptora.	EDIC. 2005.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60670-9:2014. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 9: Pruebas previas al suministro y puesta en servicio.	EDIC. 2005.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60670-10:2014. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 10: Verificación del mantenimiento de las condiciones de seguridad de los aparatos en su instalación.	EDIC. 2005.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60670-11:2014. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 11: Operaciones en instalaciones receptoras en servicio.	EDIC. 2005.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60670-12:2014. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 12: Criterios técnicos básicos para el control periódico de las instalaciones receptoras en servicio.	EDIC. 2005.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60670-13:2014. Instalaciones receptoras de gas suministradas a una presión máxima de operación (MOP) inferior o igual a 5 bar. Parte 13: Criterios técnicos básicos para el control periódico de los aparatos a gas de las instalaciones receptoras en servicio.	EDIC. 2005.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60712-3:2011. Tubos flexibles no metálicos, con armadura y conexión mecánica para unión de recipientes de GLP a instalaciones receptoras o para aparatos que utilizan combustibles gaseosos. Parte 3: Tubos para unión entre recipientes de GLP e instalaciones receptoras de gases de la tercera familia.	EDIC. 1998 y modificaciones posteriores.	02.07.2015	02.01.2016
UNE 60750:2004. Indelebilidad y durabilidad del marcado de los aparatos que utilizan gas como combustible, depósitos de gas y componentes y accesorios de instalaciones de gas. Requisitos y procedimientos de verificación.	-	-	-

Referencia norma UNE y título	Sustituye/modifica a	Fecha de aplicabilidad de la norma e inicio del periodo de coexistencia (*)	Fecha final del periodo de coexistencia (*)
UNE 123001:2012. Cálculo, diseño e instalación de chimeneas modulares.	EDIC. 2009.	02.07.2015	02.01.2016
UNE-EN 3-7:2004+A1:2008. Extintores portátiles de incendios. Parte 7: Características, requisitos de funcionamiento y métodos de ensayo.	EDIC. 2004.	—	12.05.2011
UNE-EN 437:2003+A1:2009. Gases de ensayo. Presiones de ensayo. Categorías de aparatos.	UNE 60002.	02.07.2015	02.01.2016
UNE-EN 1363-1:2015. Ensayos de resistencia al fuego. Parte 1: Requisitos generales.	EDIC. 2000 y modificaciones posteriores.	02.07.2015	02.01.2016
UNE-EN 1594:2014. Sistemas de suministro de gas. Canalizaciones con presión máxima de operación superior a 16 bar. Requisitos funcionales.	EDIC. 2009 y modificaciones posteriores.	02.07.2015	02.01.2016
UNE-EN 1856-1:2010. Chimeneas. Requisitos para chimeneas metálicas. Parte 1: Chimeneas modulares.	EDIC. 2004 y modificaciones posteriores.	—	12.05.2011
UNE-EN 1949:2011. Especificaciones de las instalaciones de sistemas de GLP para usos domésticos en los vehículos habitables de recreo y para alojamiento en otros vehículos.	EDIC. 2003 y modificaciones posteriores.	02.07.2015	02.01.2016
UNE-EN 12007-1:2013. Sistemas de suministro de gas. Canalizaciones con presión máxima de operación inferior o igual a 16 bar. Parte 1: Requisitos funcionales generales.	EDIC. 2001.	02.07.2015	02.01.2016
UNE-EN 12007-2:2013. presión máxima de operación inferior o igual a 16 bar. Parte 2: Requisitos funcionales específicos para el polietileno (MOP inferior o igual a 10 bar).	EDIC. 2001.	02.07.2015	02.01.2016
UNE-EN 12007-3:2001. Sistemas de suministro de gas. Canalizaciones con presión máxima de operación inferior o igual a 16 bar. Parte 3: Recomendaciones funcionales específicas para el acero.	—	—	—
UNE-EN 12007-4:2013. Sistemas de suministro de gas. Canalizaciones con presión máxima de operación inferior o igual a 16 bar. Parte 4: Recomendaciones funcionales específicas para la renovación.	EDIC. 2001.	02.07.2015	02.01.2016
UNE-EN 12186:2015. Infraestructura gasista. Estaciones de regulación de presión de gas para el transporte y la distribución. Requisitos de funcionamiento.	EDIC. 2001 y modificaciones posteriores.	02.07.2015	02.01.2016
UNE-EN 12327:2013. Sistemas de suministro de gas. Ensayos de presión, puesta en servicio y fuera de servicio. Requisitos funcionales.	EDIC. 2001.	02.07.2015	02.01.2016
UNE-EN 12864:2002. Reguladores de reglaje fijo para presiones de salida inferiores o iguales a 200 mbar, de caudal inferior o igual a 4 kg/h, incluidos los dispositivos de seguridad incorporados en ellos, destinados a utilizar butano, propano, o sus mezclas.	—	—	—
UNE-EN 12864:A1:2004. Reguladores de reglaje fijo para presiones de salida inferiores o iguales a 200 mbar, de caudal inferior o igual a 4 kg/h, incluidos los dispositivos de seguridad incorporados en ellos, destinados a utilizar butano, propano, o sus mezclas.	—	—	—

Referencia norma UNE y título	Sustituye/modifica a	Fecha de aplicabilidad de la norma e inicio del periodo de coexistencia (*)	Fecha final del periodo de coexistencia (*)
UNE-EN 12864:2002/A2:2005. Reguladores de reglaje fijo para presiones de salida inferiores o iguales a 200 mbar, de caudal inferior o igual a 4 kg/h, incluidos los dispositivos de seguridad incorporados en ellos, destinados a utilizar butano, propano, o sus mezclas.	—	—	—
UNE-EN 12864:2002/A3:2009. Reguladores de reglaje fijo para presiones de salida inferiores o iguales a 200 mbar, de caudal inferior o igual a 4 kg/h, incluidos los dispositivos de seguridad incorporados en ellos, destinados a utilizar butano, propano, o sus mezclas.	EDIC. 2002.	—	12.05.2011
UNE-EN 13384-1:2003+A2:2011. Chimeneas. Métodos de cálculos térmicos y fluido-dinámicos. Parte 1: Chimeneas que prestan servicio a un único aparato de calefacción.	EDIC. 2003 y modificaciones posteriores.	02.07.2015	02.01.2016
UNE-EN 13384-2:2005+A1:2011. Chimeneas. Métodos de cálculos térmicos y fluido-dinámicos. Parte 2: Chimeneas que prestan servicio a más de un generador de calor.	EDIC. 2005.	02.07.2015	02.01.2016
UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.	EDIC. 2007.	—	12.05.2011
UNE-EN 13786:2005+A1:2009. Inversores automáticos, con presión máxima de salida inferior o igual a 4 bar, de caudal inferior o igual a 100 kg/h, incluidos los dispositivos de seguridad incorporados en ellos, destinados a utilizar gas butano, propano y sus mezclas.	EDIC. 2005.	—	12.05.2011
UNE-EN ISO 9001:2008. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos (ISO 9001:2008).	EDIC. 2000.	—	12.05.2011
UNE-EN ISO 9001:2008/AC:2009. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos (ISO 9001:2008/Cor 1:2009).	EDIC. 2008.	—	12.05.2011
UNE-CEN/TR 1749:2012 IN. Esquema europeo para la clasificación de los aparatos que utilizan combustibles gaseosos según la forma de evacuación de los productos de la combustión (tipos).	EDIC. 2006 y modificaciones posteriores.	02.07.2015	02.01.2016

(\*) Cuando se sustituye o modifica una norma por una nueva versión, a efectos de aplicación, pueden utilizarse ambas versiones hasta que finalice el periodo de coexistencia de la nueva versión.

#### Segundo. *Eficacia.*

La presente resolución surtirá efectos desde el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Contra esta resolución, que no pone fin a la vía administrativa, podrá interponerse recurso de alzada ante la Secretaría General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, en el plazo de un mes desde su publicación en el «Boletín Oficial del Estado», de acuerdo con lo establecido en la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

Madrid, 2 de julio de 2015.—El Director General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, Víctor Audera López.

**METANO**

**ICSC: 0291**

Febrero 2000

CAS: 74-82-8 Hidruro de metilo  
 RTECS: PA1490000 CH<sub>4</sub>  
 NU: 1971 Masa molecular: 16.0  
 CE Índice Anexo I: 601-001-00-4  
 CE / EINECS: 200-812-7



TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con agua pulverizada, polvo seco, dióxido de carbono.
<b>EXPLOSIÓN</b>	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Utilicéense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
<b>EXPOSICIÓN</b>			
<b>Inhalación</b>	Asfixia. Ver Notas.	Ventilación. A altas concentraciones protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
<b>Piel</b>	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
<b>Ojos</b>	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Gafas ajustadas de seguridad	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>			

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. Protección personal: equipo autónomo de respiración. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido.	Clasificación UE Símbolo: F+ R: 12 S: (2-)9-16-33 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.1
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20G1F Código NFPA: H1; F4; R0;	A prueba de incendio. Mantener en lugar fresco. Ventilación a ras del suelo y techo.

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005



**METANO**

**ICSC: 0291**

**DATOS IMPORTANTES**

**ESTADO FÍSICO; ASPECTO**

Gas licuado o comprimido incoloro e inodoro.

**PELIGROS FÍSICOS**

El gas es más ligero que el aire.

**LÍMITES DE EXPOSICIÓN**

TLV: (Hidrocarburos Alifáticos Alcanos (C1-C4), gases) 1000 ppm (como TWA) (ACGIH 2005).

MAK no establecido.

**VÍAS DE EXPOSICIÓN**

La sustancia se puede absorber por inhalación.

**RIESGO DE INHALACIÓN**

Al producirse pérdidas en zonas confinadas, este gas puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno en el aire.

**EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN**

La evaporación rápida del líquido puede producir congelación.

**PROPIEDADES FÍSICAS**

Punto de ebullición: -161°C

Punto de fusión: -183°C

Solubilidad en agua, ml/100 ml a 20°C: 3.3

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.6

Punto de inflamación: gas inflamable

Temperatura de autoignición: 537°C

Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 5-15

Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 1.09

**DATOS AMBIENTALES**

**NOTAS**

Densidad del líquido en el punto de ebullición: 0.42 kg/l. Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Una vez utilizado para la soldadura, cerrar la válvula; verificar regularmente el estado de la tubería, etc., y comprobar si existen escapes utilizando agua y jabón. Las medidas mencionadas en la sección PREVENCIÓN son aplicables a la producción, llenado de botellas y almacenamiento del gas. Otro número NU: 1972 (líquido refrigerado), clase de peligro: 2.1.

Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2005: ver Respuesta de Emergencia

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

Límites de exposición profesional (INSHT 2012):


VLA-ED: (como Hidrocarburos alifáticos alcanos (C1-C4) y sus mezclas, gases) 1000 ppm

**NOTA LEGAL**

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

# Fichas Internacionales de Seguridad Química

<b>DIÓXIDO DE CARBONO</b>	<b>ICSC: 0021</b>
<b>Octubre 2006</b>	

Gas ácido carbónico	Anhídrido carbónico
<b>CAS:</b> 124-38-9 <b>RTECS:</b> FF6400000 <b>NU:</b> 1013 <b>CE / EINECS:</b> 204-696-9	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>Masa molecular: 44,0</b>
	

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
<b>EXPLOSIÓN</b>	¡Los envases pueden arder en un incendio!		En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>Inhalación</b>	Vértigo. Dolor de cabeza. Presión sanguínea elevada. Ritmo cardíaco acelerado. Asfixia. Pérdida del conocimiento.	Ventilación.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
<b>Piel</b>	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío. Traje de protección.	EN CASO DE CONGELACION: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
<b>Ojos</b>	En contacto con líquido: congelación.	Gafas ajustadas de seguridad o pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>			

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
Protección personal: equipo autónomo de respiración. Ventilar. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido.	<b>Clasificación NU</b> Clasificación de Peligros NU: 2.2 <b>Clasificación GHS</b> Atención Puede ser nocivo si se inhala. Contiene un gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas.

RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1013 o 20G2A	A prueba de incendio, si está en local cerrado. Mantener en lugar fresco. Ventilación a ras del suelo.

<b>IPCS</b> International Programme on Chemical Safety	 <b>WHO</b>	 <b>ILO</b>	 <b>UNEP</b>		 MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN	 INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2007						

**VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO**

# Fichas Internacionales de Seguridad Química

**DIÓXIDO DE CARBONO****ICSC: 0021**

## DATOS IMPORTANTES

**ESTADO FÍSICO; ASPECTO:**

Gas licuado comprimido, incoloro e inodoro.

**PELIGROS FÍSICOS:**

El gas es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno. A velocidades elevadas pueden generarse cargas electrostáticas y puede inflamarse cualquier mezcla explosiva presente. Las pérdidas de líquido condensan formando hielo seco extremadamente frío.

**PELIGROS QUÍMICOS:**

La sustancia se descompone al calentarla intensamente, por encima 2000 °C produciendo monóxido de carbono tóxico.

**LÍMITES DE EXPOSICIÓN:**

TLV: 5000 ppm como TWA, 30000 ppm como STEL; (ACGIH 2006).

MAK: 5000 ppm, 9100 mg/m<sup>3</sup>; Categoría de limitación de pico: II(2); (DFG 2006).

**VÍAS DE EXPOSICIÓN:**

La sustancia se puede absorber por inhalación.

**RIESGO DE INHALACIÓN:**

Al producirse pérdidas en zonas confinadas, este líquido se evapora muy rápidamente originando una saturación total del aire con grave riesgo de asfixia.

**EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:**

La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La inhalación a niveles elevados puede originar pérdida de conciencia. Asfixia.

**EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:**

La sustancia puede afectar al metabolismo.

## PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de sublimación: -79 °C

Solubilidad en agua, ml/100 ml a 20 °C: 88

Presión de vapor, kPa a 20 °C: 5720

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1,5

Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0,83

## DATOS AMBIENTALES

## NOTAS

El dióxido de carbono se libera en muchos procesos de fermentación (vino, cerveza, etc.) y es un componente mayoritario en los gases de combustión. Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. A concentraciones tóxicas no hay alerta por el olor. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Otros números de clasificación NU para el transporte son: NU 1845 dióxido de carbono, sólido (Hielo seco); NU 2187 dióxido de carbono líquido refrigerado.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: 5000 ppm; 9150 mg/m<sup>3</sup>

Notas: Agente químico que tiene establecido un valor límite indicativo por la UE.

**Nota legal**

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **2.4 ANEXO IV: Catálogos.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

# GASÓMETRO PARA BIOGÁS



larga vida • libre de mantenimiento • resistencia duradera al gas • corto plazo de construcción • alta seguridad operativa • adecuado para altas cargas climáticas de nieve y de viento

# BIOGAS

Pioneros para un medio ambiente puro.

Los sistemas de almacenamiento de biogás contribuyen activamente a la obtención de energías renovables aportando en gran medida a la protección del medio ambiente.

Los conceptos de almacenamiento de biogás, abono semilíquido y almacenamiento de restos de gas gozan de una larga tradición en SATTLER. En 1981 se inventó el gasómetro de doble membrana para el almacenamiento de biogás procedente de instalaciones de clarificación. Este concepto de almacenamiento se ha conservado a través de las décadas siguientes sometándose a desarrollos constantes y sigue siendo un componente constituyente del concepto de instalaciones de clarificación.

Como proveedor líder contamos con la cadena de suministro más larga dentro de la propia empresa. La fábrica de tejeduría y revestimiento en manos de la empresa garantizan la mejor calidad en cuanto al suministro del material básico - tejido de poliéster recubierto con PVC - .



Las instalaciones de biogás de SATTLER contribuye en muchos países del mundo a la obtención de energía sostenible y protegiendo los recursos.

Quien percibe el medio ambiente como base de la vida, no tiene más opción que brindar su mayor atención a la protección del mismo. Para nosotros su protección representa una responsabilidad muy especial.



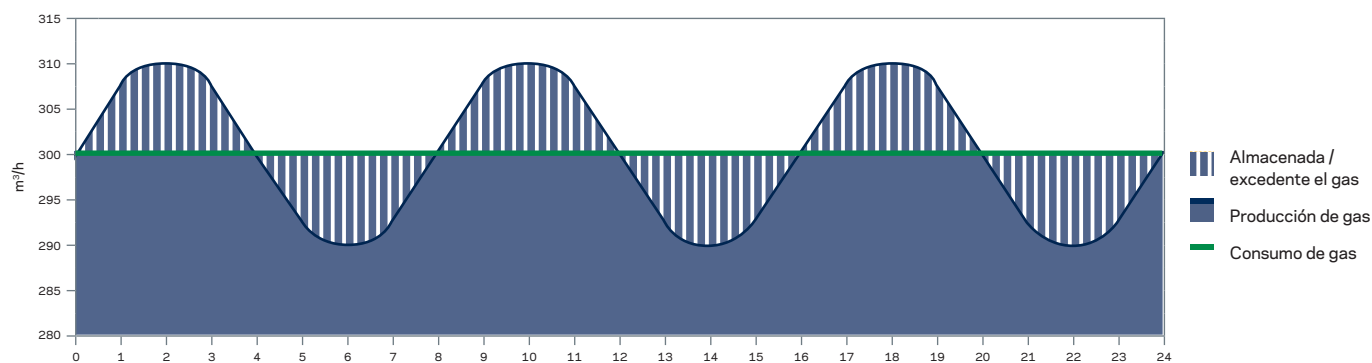
Para cada exigencia la solución perfecta.

¿QUÉ VOLUMEN DEBO ELEGIR?

El acumulador cumple con la función de equilibrar las fluctuaciones de la producción, del consumo y de los cambios en el volumen causados por fluctuaciones de la temperatura así como de equilibrar el punto estacionario del consumidor o de acumular el gas producido para su uso posterior. El dimensionamiento óptimo se lleva a cabo tras la determinación de dichos parámetros. El volumen de acumulación óptimo varía dependiendo del concepto de la instalación, de la composición del sustrato y de la gestión operativa.

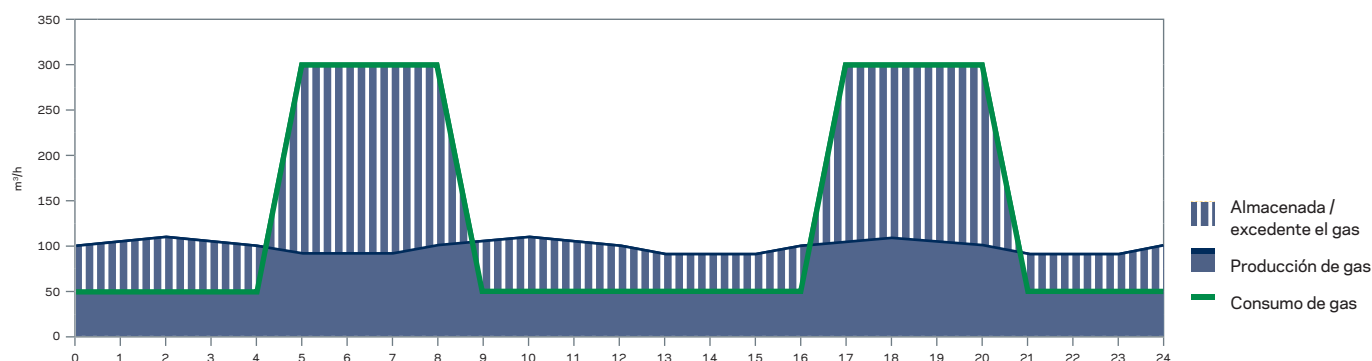
FUNCIONAMIENTO UTILIZANDO LA CAPACIDAD MÍNIMA

El objetivo es el funcionamiento del consumidor utilizando una capacidad alta. El rendimiento del consumidor no debe variar con las fluctuaciones de la producción de gas, sino debe mantenerse constante a su máxima capacidad. Debe evitarse la combustión de los excedentes de gas. Por ello la producción excedente de gas es almacenada en el acumulador y la producción faltante de gas en el acumulador es sustituida. Los acumuladores convencionales comprenden un volumen que corresponde a la producción de gas de tres a cuatro horas.



CAPACIDAD MÁXIMA

La función del acumulador consiste en equilibrar la producción continua de gas y el consumo discontinuo del mismo. La baja producción de gas se acumula durante un largo periodo para ser consumida después durante un periodo más corto pero con un rendimiento más alto. Para ello se necesita un acumulador grande.



¿QUÉ PRESIÓN DEBO ELEGIR?

La presión operativa está sujeta tanto al concepto de las instalaciones como al diseño de cada uno de los componentes. Nos movemos en una zona de baja presión que va desde una presión inexistente hasta 50 mbar. La presión operativa influye en el dimensionamiento del sistema de tuberías de gas. Este sistema está compuesto entre otras partes por los conductos de gas, los dispositivos de alivio de presión, el separador de condensado, la antorcha, el equipo de depuración de gas y los soplantes de aumento de la presión del gas.

¿QUÉ CARGAS EXTERNAS DEBE RESISTIR UN GASÓMETRO?

Dependiendo de su ubicación, los factores a los que se puede ver expuesto el gasómetro son: la carga del viento, la temperatura y la radiación solar. La carga de nieve depende no sólo de la ubicación sino también del estado operativo, ya que el calor desprendido por el digestor durante su funcionamiento conlleva a que la nieve se descongele. Fuera de funcionamiento, el digestor no desprende ningún tipo de calor. En este caso el depósito queda expuesto a la carga total de nieve.

¿CUÁL ES EL DIÁMETRO MÁXIMO CON EL QUE SE PUEDE CONSTRUIR UN GASÓMETRO?

Los gasómetros textiles y las cubiertas pueden ser construidas a grandes dimensiones. El diámetro del depósito no representa ninguna limitación para la elección del gasómetro apropiado.

¿QUÉ TÉCNICA DE MEZCLADO PUEDE UTILIZARSE?

Para cada tipo de agitador existe un sistema de almacenamiento. Es posible acceder a los agitadores sumergibles desde los compartimentos de servicio o a través de los orificios de servicio ubicados en la membrana del gasómetro. No es necesario desmontar el gasómetro para el mantenimiento del mismo.

¿QUÉ GASTOS DEBEN CONSIDERARSE?

En la valoración económica de un sistema de almacenamiento, las inversiones de sustitución y los costes de oportunidad desempeñan un papel central junto a la inversión inicial y a los gastos de operación. Los costes de oportunidad se derivan del bajo rendimiento de electricidad y de la generación de calor así como del elevado consumo de sustratos que se tiene al utilizar sistemas de almacenamiento menos adecuados.

Los gastos más altos son originados por la planta de cogeneración centralizada (BHKW) en caso de no ser utilizada a su máxima capacidad! Estos costes de oportunidad pueden superar en tan sólo pocos años de funcionamiento a los costes de inversión de un gasómetro de biogás.

**CRITERIOS PRINCIPALES PARA LA ELECCIÓN DEL ACUMULADOR O GASÓMETRO**

- Volumen
- Presión
- Cargas externas
- Diámetro del depósito
- Técnica de mezclado
- Costes

Gasómetro de doble membrana –

componente indispensable para una instalación de biogás eficiente.

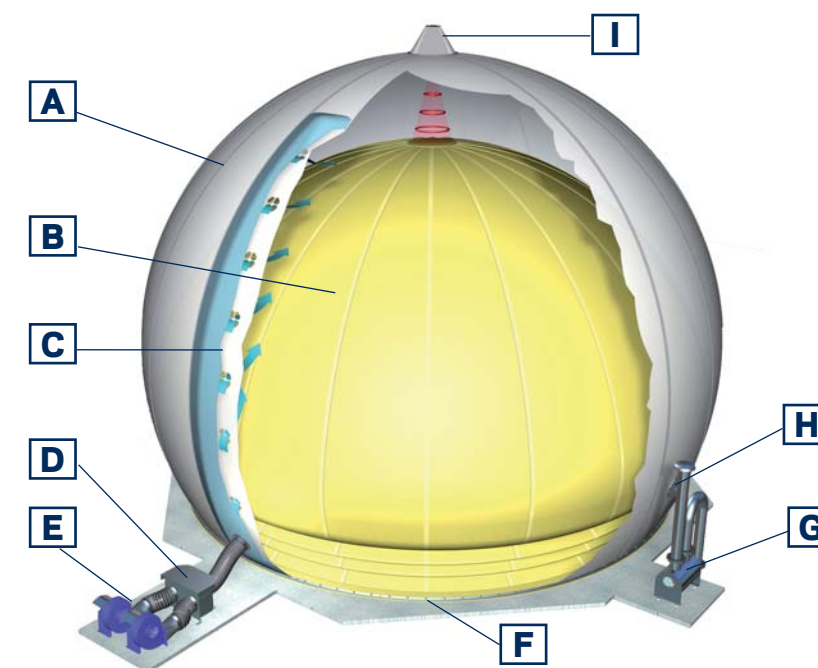


# SATTLER DMGS

El gasómetro de doble membrana de SATTLER está compuesto por una membrana exterior encargada de darle forma, así como por una membrana interior y una membrana de fondo que constituyen la zona efectiva de acumulación de gas. Un soplante de aire de apoyo en funcionamiento continuo transporta aire a los espacios vacíos manteniendo la presión constante sin depender así de la entrada y de la toma de gas. La presión en los espacios vacíos cumple con la función de mantener la forma de la membrana exterior. Gracias a ello el gasómetro puede resistir todas las cargas externas.



Al mismo tiempo esta presión ejerce un efecto sobre la membrana interior teniendo como resultado el suministro de gas a la red de distribución. La entrada y salida de gas están ubicadas en el fundamento de hormigón preparado en la obra. Las tres membranas están sujetas al fundamento mediante un anillo de anclaje. La válvula de seguridad protege al gasómetro de la sobrepresión de gas. Con objeto de mantener una presión uniforme en el gasómetro se monta una válvula reguladora de presión del flujo de aire. Para medir el nivel del depósito se utilizan sistemas de medición por ultrasonido y por longitud.



**A** membrana exterior **B** membrana interior **C** sistema de flujo de aire  
**D** válvula de conservación de aire **E** soplante de aire de apoyo **F** anillo de anclaje  
**G** válvula de seguridad **H** mirilla **I** medición del nivel del depósito

## Propiedades importantes

- elevada presión operativa
- grandes volúmenes
- adecuado para las más altas cargas climáticas de nieve y de viento
- resistencia duradera al gas
- bajos costes de inversión y operativos en comparación con depósitos de acero
- corto plazo de construcción – tan sólo pocos días en el fundamento terminado
- alta seguridad operativa
- medición exacta del nivel del depósito
- Bajos costes de mantenimiento

Los gasómetros de doble membrana montados sobre un depósito facilitan la planificación orientada al cliente y a sus necesidades



# SATTLER/CENO DMGS TM

El gasómetro de doble membrana de SATTLER está montado sobre un depósito y está compuesto por una membrana exterior encargada de darle forma así como por una membrana interior, que cumple con la función de cerrar herméticamente el fermentador. Un soplante de aire de apoyo en funcionamiento continuo transporta el aire en los espacios vacíos manteniendo así la presión constante independientemente de la producción y toma de gas. La presión en los espacios vacíos cumple con la función de conservar la forma de la membrana exterior garantizando así que el gasómetro sea resistente a todo tipo de carga externa. Al mismo tiempo esta presión ejerce un efecto sobre la membrana interior teniendo como resultado el suministro de gas a la red de distribución.

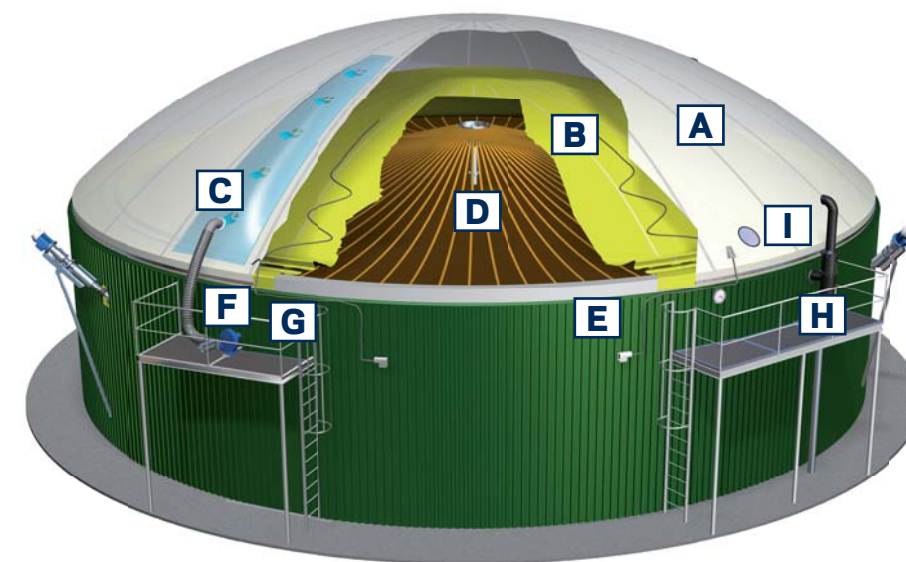


Este tipo de gasómetros se caracteriza también -entre otras propiedades- por su gran variedad en formas. Ofrecemos diversos modelos partiendo de formas como un cuarto de esfera hasta una semiesfera así como cortes con forma de cono facilitando una planificación orientada al cliente y a sus necesidades.



Ambas - membranas se encuentran ancladas con rieles a la arandela o a la pared exterior de los depósitos de acero o de hormigón. Una subconstrucción impide que la membrana interior se sumerja en el sustrato y que sea dañada por el sistema de mezclado. Las válvulas de seguridad protegen al gasómetro para que no se vea expuesto ni a sobrepresión ni a depresión.

Para conservar una presión homogénea en el gasómetro se monta una válvula reguladora de presión. Para medir el nivel del depósito se utilizan sistemas de medición hidráulicos y de longitud. En instalaciones con varios depósitos cabe la posibilidad de realizar una combinación de diversos gasómetros de doble membrana SATTLER y cubiertas herméticas de una hoja. La combinación del gasómetro y la cubierta ofrece un volumen óptimo de almacenamiento manteniendo los costes totales lo más bajos posibles.



**A** membrana exterior **B** membrana interior **C** sistema de flujo de aire **D** sistema de reborde  
**E** anillo de anclaje **F** válvula para la conservación del aire **G** soplantes **H** válvula de seguridad  
**I** mirilla

- elevada presión operativa
- grandes volúmenes
- adecuado para las más altas cargas climáticas de nieve y de viento
- duradera resistencia al gas
- bajos gastos de inversión y de operación en comparación a depósitos de acero
- corto plazo de construcción
- alta seguridad operativa
- medición exacta del nivel del depósito

## Cubierta de biogás – la clásica cubierta de depósitos con mástil de soporte con o sin función de almacenamiento



# CENO BGD

La cubierta del depósito de biogás CENO de doble hoja está montada sobre un depósito y está compuesta por una membrana exterior y una interior que cierra el fermentador herméticamente. Un mástil central que se alza hasta el punto más alto se encarga de darle forma a la membrana exterior. De esta manera la cubierta de biogás de dos hojas es capaz de resistir todo tipo de cargas externas. Mediante la encorvadura biaxial de la cubierta se evita la vibración y bamboleo de la cubierta causados por el viento. Ambas membranas están ancladas a las paredes externas del depósito de acero u hormigón. La válvula de seguridad protege al acumulador de la sobrepresión y depresión de gas.

Los sistemas de medición del nivel del depósito proporcionan señales sobre el nivel de llenado de la membrana de gas, las cuales puede ser modificadas por el cliente para el control de las instalaciones. Las cubiertas de una hoja están compuestas por una membrana cuyo soporte está constituido por un soporte central. Éstas tienen aplicación en las cubiertas de instalaciones de almacenamiento definitivo pero también son muy buenas como cubiertas de digestores.



La combinación de gasómetro y cubierta de una sola hoja ofrece un volumen óptimo bajo costes muy reducidos.

En caso de conceptos de instalaciones con varios depósitos existe la posibilidad de combinar las cubiertas de biogás de CENO de una hoja y herméticas al gas así como gasómetros externos de doble membrana SATTLER / CENO DMGS con soporte de aire y los gasómetros DMGS TM montados sobre depósitos. De esta manera se adapta el montaje de la cubierta de una pared a las condiciones de presión del DMGS.



Mediante diversas construcciones y perforaciones patentadas queda garantizado el que no sea necesario desmontar las cubiertas de biogás para llevar a cabo el mantenimiento. De esta manera se puede por ejemplo llevar a cabo la toma de biogás a través de una toma en la membrana. Se pueden por ejemplo fabricar aberturas operativas para dar mantenimiento al motor sumergible del agitador o empotramientos para la alimentación de sustancias sólidas. Los especiales dispositivos protectores de agua de lluvia se encargan de que ésta no penetre en la capa impermeable del depósito.

- sistema sostenido por un mástil
- sin presión en la cubierta de depósito
- presión de descarga de hasta 2 mbar en la cubierta del depósito
- combina la función de un depósito con la de una cubierta
- garantiza estabilidad a través de la encorvadura biaxial de la cubierta
- alta seguridad operativa
- adecuado para las más altas cargas climáticas
- de nieve y viento
- resistencia duradera al gas

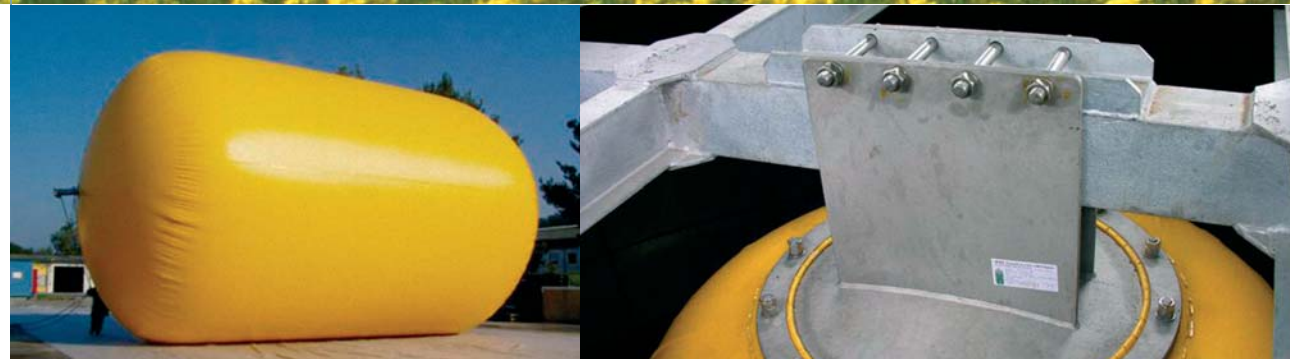
### **cubierta de biogás de una hoja**

- presión operativa de hasta 5 mbar
- presión de descarga de hasta 8 mbar



Soluciones específicas para el cliente y para cualquier exigencia

# INGENIERÍA AMBIENTAL



## SATTLER BOLSA DE GAS

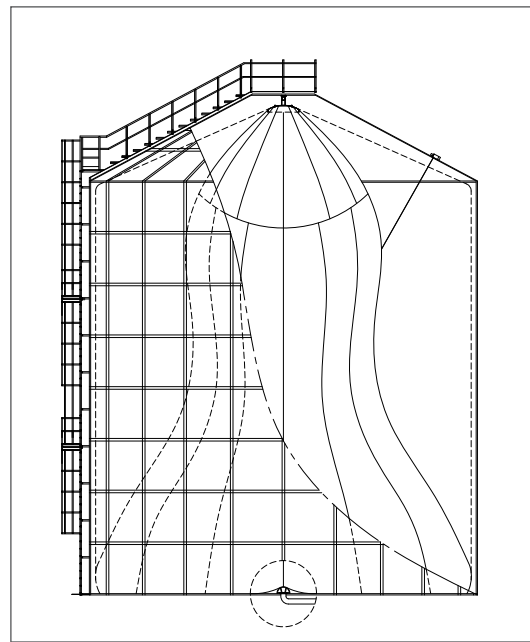
Las bolsas de gas pueden fabricarse en forma cilíndrica o en formas angulares. Los cilindros se utilizan de forma horizontal en construcciones o se montan en dispositivos de acero u hormigón de tal forma que penden de ellos. La toma de gas y el suministro de gas a los sacos sin presión se lleva a cabo generalmente mediante conexiones de gas en el suelo fijo de la construcción o en las superficies a cubrir. Para medir el nivel del depósito se utilizan sistemas de medición de longitud. Para una medición adecuada, puede aplicarse peso en la bolsa de gas colocada de forma horizontal. Las bolsas de gas requieren de una protección para resistir las cargas externas.

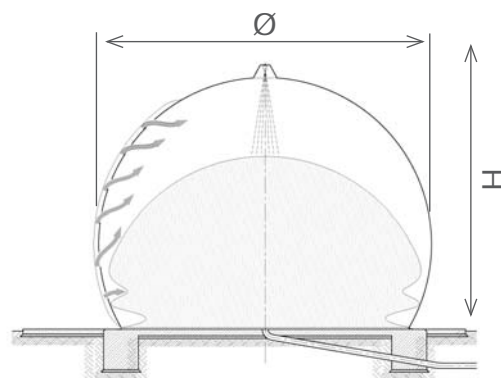
## SATTLER MEMBRANAS DE GAS

Las membranas de gas SATTLER pueden confeccionarse con diferentes cortes y formas y ser utilizadas para diversas soluciones especiales. Un ejemplo común es el de las membranas interiores colocadas en el centro del depósito y fijadas con un dispositivo de sujeción, o depósitos esféricos para pequeños volúmenes de aprox. 10-30 m<sup>3</sup>.

Ofrecemos la posibilidad de adaptarnos a las más diversas formas geométricas de los depósitos y a cualquier tipo de detalles en los dispositivos de sujeción.

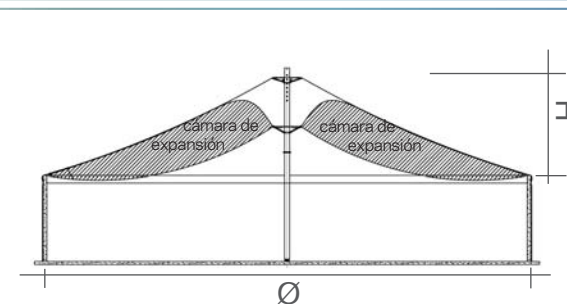
- montaje en construcciones o en dispositivos por separado
- mera función de almacenamiento
- resistencia duradera al gas
- sin presión





## SATTLER DMGS

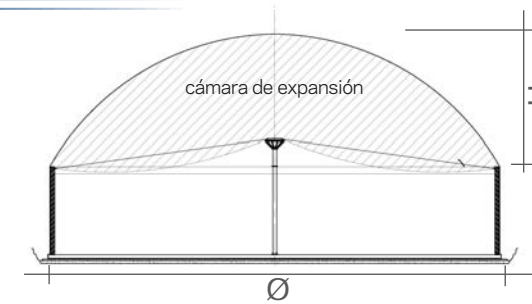
designación del tipo	capacidad efectiva	diámetro / altura		presión máxima [mbar]
		Ø	H	
B9 108/205	50 m³	4,9 m	3,7 m	50
B9 109/205	70 m³	5,5 m	4,1 m	50
B9 110/205	100 m³	6,1 m	4,6 m	50
B9 111/205	130 m³	6,8 m	5,1 m	50
B9 112/205	170 m³	7,4 m	5,5 m	50
B9 113/205	210 m³	8,0 m	6,0 m	50
B9 114/205	270 m³	8,6 m	6,5 m	50
B9 115/205	330 m³	9,2 m	6,9 m	49
B9 116/205	400 m³	9,8 m	7,4 m	46
B9 117/205	480 m³	10,4 m	7,8 m	43
B9 118/205	570 m³	11,1 m	8,3 m	40
B9 119/205	670 m³	11,7 m	8,8 m	38
B9 116/250	780 m³	12,6 m	9,5 m	35
B9 117/250	1.040 m³	13,4 m	10,1 m	33
B9 118/250	1.190 m³	14,2 m	10,7 m	31
B9 119/250	1.350 m³	15,0 m	11,2 m	29
B9 120/250	1.530 m³	15,8 m	11,8 m	27
B9 121/250	1.920 m³	16,6 m	12,4 m	26
B9 122/250	2.150 m³	17,2 m	12,9 m	25
B9 123/250	2.380 m³	18,1 m	13,6 m	23
B9 124/250	2.640 m³	18,9 m	14,2 m	22
B9 125/250	3.200 m³	19,7 m	14,7 m	21
B9 126/250	3.510 m³	20,4 m	15,3 m	20
B9 127/250	3.840 m³	21,1 m	15,9 m	20
B9 128/250	4.560 m³	22,0 m	16,5 m	19
B9 129/250	4.950 m³	22,8 m	17,1 m	18
B9 130/250	5.360 m³	23,5 m	17,6 m	17



## CENO BGD

diámetro	23°			40°			cuarto de esfera			semiesfera		
	Altura de los depósitos	capacidad efectiva	presión máxima*	Altura de los depósitos	capacidad efectiva	presión máxima*	Altura de los depósitos	capacidad efectiva	presión máxima*	Altura de los depósitos	capacidad efectiva	presión máxima*
m	m	m³	mbar	m	m³	mbar	m	m³	mbar	m	m³	mbar
10	2,1	59	2	4,2	89	2	2,5	95	30	5,0	230	40
11	2,3	79		4,6	130		2,8	127	22	5,5	310	28
12	2,5	104		5,0	178		3,0	165	22	6,0	400	28
13	2,8	118		5,5	232		3,3	210	22	6,5	510	28
14	3,0	145		5,9	285		3,5	260	22	7,0	640	28
15	3,2	171		6,3	343		3,8	320	22	7,5	790	28
16	3,4	198		6,7	414		4,0	390	16	8,0	960	20
17	3,6	236		7,1	498		4,3	470	16	8,5	1150	20
18	3,8	281		7,6	581		4,5	550	16	9,0	1370	20
19	4,0	326		8,0	678		4,8	650	16	9,5	1610	20
20	4,2	373		8,4	774		5,0	760	16	10,0	1880	20
21	4,5	426		8,8	880		5,3	880	12	10,5	2180	16
22	4,7	487		9,2	985		5,5	1010	12	11,0	2500	16
23	4,9	555		9,6	1135		5,8	1160	12	11,5	2860	16
24	5,1	630		10,1	1284		6,0	1320	12	12,0	3250	16
25	5,3	686		10,5	1482		6,3	1490	12	12,5	3680	16
26	5,5	772		10,9	1609		6,5	1680	10	13,0	4140	14
27	5,7	889		11,3	1786		6,8	1880	10	13,5	4630	14
28	5,9	990		11,7	1963		7,0	2100	10	14,0	5170	14
29	6,2	1077		12,2	2217		7,3	2330	10	14,5	5740	14
30	6,4	1151	12,6	2471	7,5	2580	10	15,0	6360	14		
31	6,6	1260	13,0	2676	7,8	2850	8	-	-	-		
32	6,8	1403	13,4	2880	8,0	3130	8	-	-	-		
33	7,0	1551	13,8	3177	8,3	3430	8	-	-	-		
34	7,2	1706	14,3	3473	8,5	3760	8	-	-	-		
35	7,4	1929	14,7	3761	8,8	4100	8	-	-	-		
36	7,6	2098	15,1	4092	9,0	4460	3	-	-	-		
37	7,9	2278	15,5	4443	9,3	4840	3	-	-	-		
38	8,1	2468	15,9	4813	9,5	5250	3	-	-	-		
39	8,3	2668	16,4	5203	9,8	5670	3	-	-	-		
40	8,5	2877	16,8	5610	10,0	6120	3	-	-	-		

## SATTLER DMGS TM



\* Según la elección de la membrana



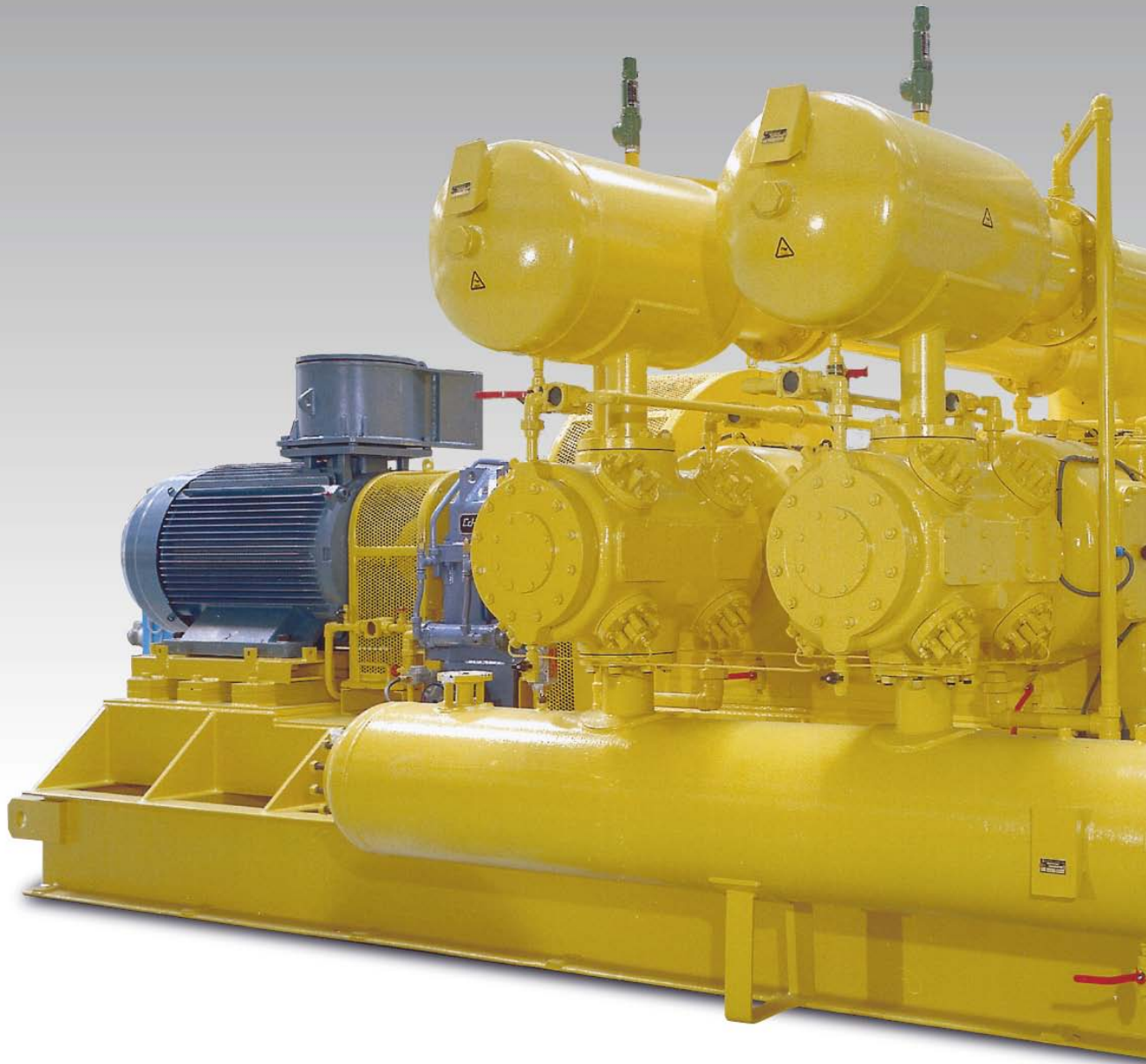
## Sattler Ceno Biogas GmbH

Sattlerstr. 1  
A-7571 Rudersdorf  
Tel.: +43 3382 733-0  
Fax: +43 3382 733 360-3199

Am Eggenkamp 14  
D-48268 Greven  
Tel.: +49 2571 969-0  
Fax: +49 2571 969 1199

[www.sattler-ceno-biogas.com](http://www.sattler-ceno-biogas.com)  
[biogas@sattler-global.com](mailto:biogas@sattler-global.com)

# GAS NATURAL



**RELIABLE BEYOND LIMITS**



# CONOZCA ABC COMPRESSORS

Desde su **fundación en 1943**, ABC COMPRESSORS se ha caracterizado por el desarrollo de **soluciones de máxima fiabilidad para múltiples sectores y aplicaciones**. Su **vocación internacional** y crecimiento se inician con las primeras exportaciones de los años 50 y con la posterior expansión geográfica, vendiendo actualmente en más de 120 países.

Con el mismo espíritu que ha hecho de ABC una **referencia mundial en compresores de pistón**, la empresa sigue evolucionando y apostando por consolidar su posición como **proveedor de servicios globales** (con sus fábricas de China y Brasil, y la apertura de nuevas plataformas de servicio) y por ofrecer los **compresores más robustos y eficientes**.



SEDE CENTRAL ABC ESPAÑA  
EIBAR



ABC CHINA  
WUJIANG



ABC BRASIL  
ITUPEVA

## COMPRESORES DE AIRE Y DE GAS

ABC ofrece una amplia gama de compresores alternativos, aportando soluciones a medida que cubren la compresión de aire y de múltiples gases industriales.



**SOPLADO PET  
RECUPERACIÓN CO<sub>2</sub>**



**PETROQUÍMICA**



**TRATAMIENTO DE RESIDUOS  
BIOGÁS**



**COGENERACIÓN  
GAS NATURAL**



**GASES INDUSTRIALES**



**OTRAS APLICACIONES**

### CONFIGURACIÓN

Compresores de pistón hasta con 3 líneas de cilindros de doble efecto, con y sin lubricación. Hasta 6 etapas de compresión, montadas sobre un chasis bastidor.

### GASES

Aire, Hidrógeno, Nitrógeno, Metano, Dióxido de carbono, Freón, Gas natural, Cloruro de vinilo, Cloruro de metilo, Etileno, Propileno, Anhídrido sulfuroso, Butadieno, Isobutano, Butano, Propano, Monóxido de carbono, Gas de síntesis, Biogás y Syngas ...excepto Oxígeno y Acetileno.

### POTENCIAS

hasta 1.200 kW

### PRESIONES

hasta 150 bar

# APLICACIÓN GAS NATURAL

Desde los años 80 ABC ha satisfecho a clientes de los más diversos sectores: energético, petroquímico, cerámico, alimentación, papel, neumáticos... desarrollando soluciones de compresión de gas natural en los 5 continentes, para la alimentación de turbinas de generación eléctrica y el bombeo de redes de gas, entre otras aplicaciones.

Los departamentos técnico y comercial estudian cada proyecto para conocer las necesidades de trabajo del compresor y como resultado la **solución propuesta es siempre a medida**.

El departamento técnico de ABC está formado por profesionales especializados en sistemas de compresión trabajando con las últimas tecnologías de diseño. Cada jefe de proyecto de ABC da apoyo al cliente colaborando estrechamente con los técnicos de planta y eventualmente con la ingeniería:

- Análisis y estudio de especificaciones.
- Diseño de los esquemas de control y eléctrico.
- Diseño del sistema de refrigeración.
- Diseño del lay-out y ubicación del compresor y equipos auxiliares.

PRESIÓN	Hasta 70 bar
TURBINA DE GAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Hasta 100 MW</li> <li>· Trabajamos con los fabricantes de turbina más importantes del mundo</li> </ul>
COMPRESIÓN EN 1 ó 2 ETAPAS	Comprimiendo en 1 etapa se aprovecha el ahorro energético que proporcionan las variaciones de la presión de gas en la tubería de acometida. Si la presión de acometida es muy baja y constante es posible la compresión en 2 etapas con refrigeración intermedia.
NORMATIVA	El compresor ABC está diseñado para su ubicación en zona clasificada, todos los elementos eléctricos (motor, transmisores, electroválvulas) cumplen certificación ATEX, pudiendo contar con protección Ex (d/e/i/n). Los cuadros de fuerza, mando y control son normalmente de protección IP-55 para su instalación en zona segura.



## CONFIGURACIÓN A MEDIDA

ABC diseña cada instalación y cada compresor de acuerdo a los requerimientos del cliente, pudiendo optar por configuraciones de uno o más compresores.



## FIABILIDAD

- Configuración horizontal con cilindros opuestos.
- Grupo completo sobre chasis.
- Compresor no lubricado.
- Regulaciones fraccionadas, energéticamente eficientes.



▲ 1EHP-2-GT

- Presión de entrada: 30 bar
- Presión salida: 47 bar
- Caudal máximo: 13.000 Nm<sup>3</sup>/h

# ATRIBUTOS TÉCNICOS

## CONFIGURACIÓN A MEDIDA

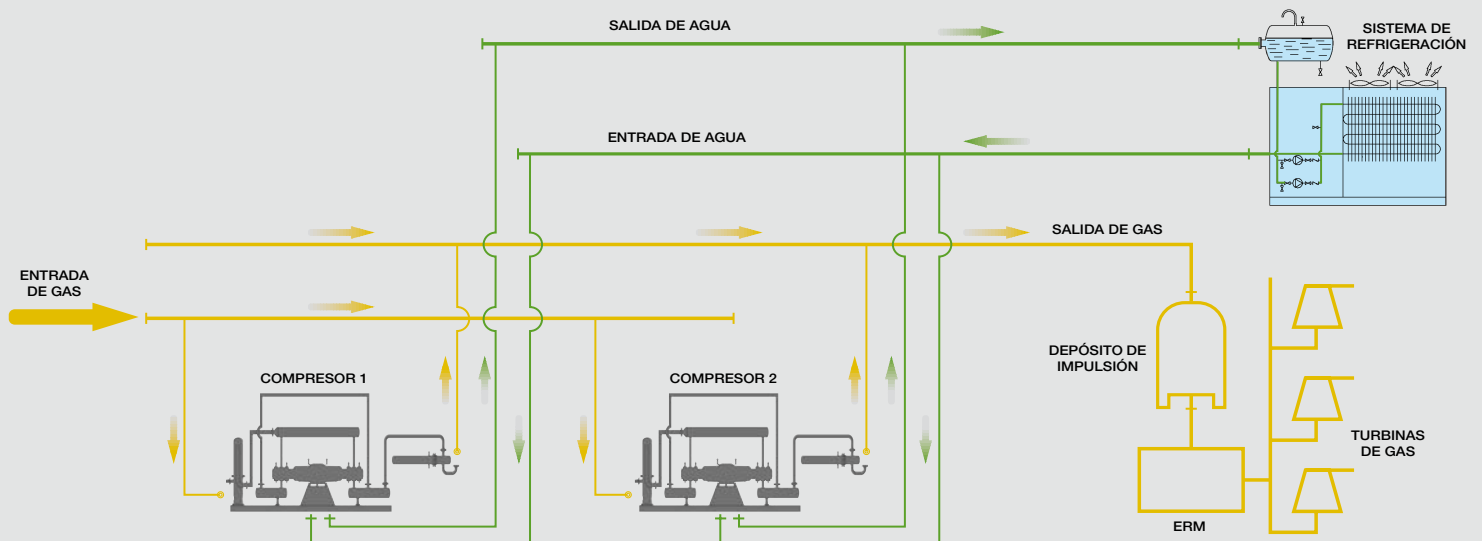
Con el objetivo de ofrecer las mayores garantías de trabajo, ABC analiza cada proyecto ofreciendo una **solución a medida, tanto de máquina como de instalación completa**, pudiendo optar por configuraciones de más de un compresor dependiendo de la presión mínima garantizada y la existente en la línea de gas.

- **Único compresor.** Configuración estándar donde una única máquina aumenta la presión y produce el caudal requerido por la turbina.

- **En serie.** Instalación con compresores distintos entre sí, que aumentan la presión de forma escalonada desde la mínima garantizada hasta la requerida por la turbina.

- **En paralelo.** Instalación de varios compresores iguales, con la capacidad de aumentar cada uno de ellos la presión desde la mínima garantizada hasta la requerida, con un caudal complementario. A la presión de aspiración mínima garantizada trabajan en paralelo y a partir de un umbral, podrán trabajar uno o varios compresores con la ventaja de poder disponer de un compresor en stand-by.

## DIAGRAMA DE FLUJO - INSTALACIÓN





▲ 2EHP-4-GT

- Presión de entrada: 10 bar
- Presión salida: 50 bar
- Caudal máximo: 6.500 Nm<sup>3</sup>/h



**3 compresores 2EHP-4-GT  
(1 compresor en stand-by)**

**FÁBRICA NEUMÁTICOS**

- Presión de entrada: 10 bar
- Presión salida: 50 bar
- Caudal: 13.000 Nm<sup>3</sup>/h
- Potencia turbina: 50 MW



# ATRIBUTOS TÉCNICOS

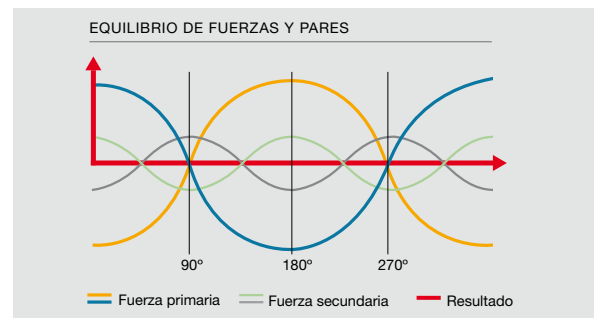
## GRUPO COMPRESOR

### CONFIGURACIÓN

El montaje del compresor ABC se basa en un robusto cárter con estudiada lubricación, apoyos del cigüeñal con doble palier en lado de transmisión de potencia, con cojinetes de fricción. Los cilindros se disponen en líneas, con las muñequillas del cigüeñal decaladas 180° de tal forma que los esfuerzos y pares quedan perfectamente compensados, dando una resultante nula. **La configuración horizontal con cilindros opuestos permite:**

- Alargar notablemente la vida de las partes mecánicas.
- Prescindir de antivibratorios y cimentación especial.

El grupo compresor se suministra **montado sobre un bastidor completamente interconectado.**



### COMPRESOR NO LUBRICADO

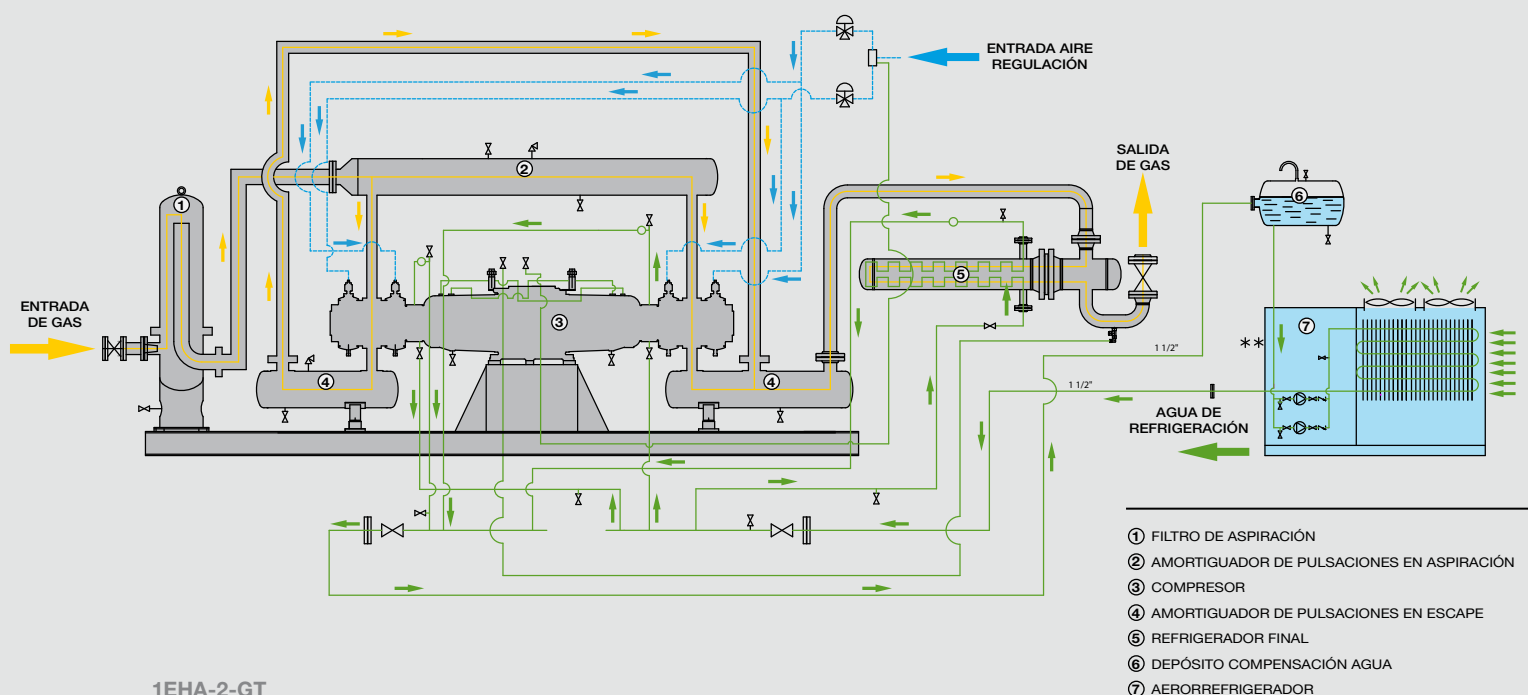
La versión "oil-free" instalada en todos nuestros compresores de gas natural, con segmentos especiales de PTFE (teflón) u otro material adecuado, **garantiza que la marcha de la turbina no se verá afectada por ppm's de aceite en el gas**, evitando así paradas no deseadas, recortes en la vida útil de la turbina y otros inconvenientes.

### REFRIGERACIÓN POR AGUA

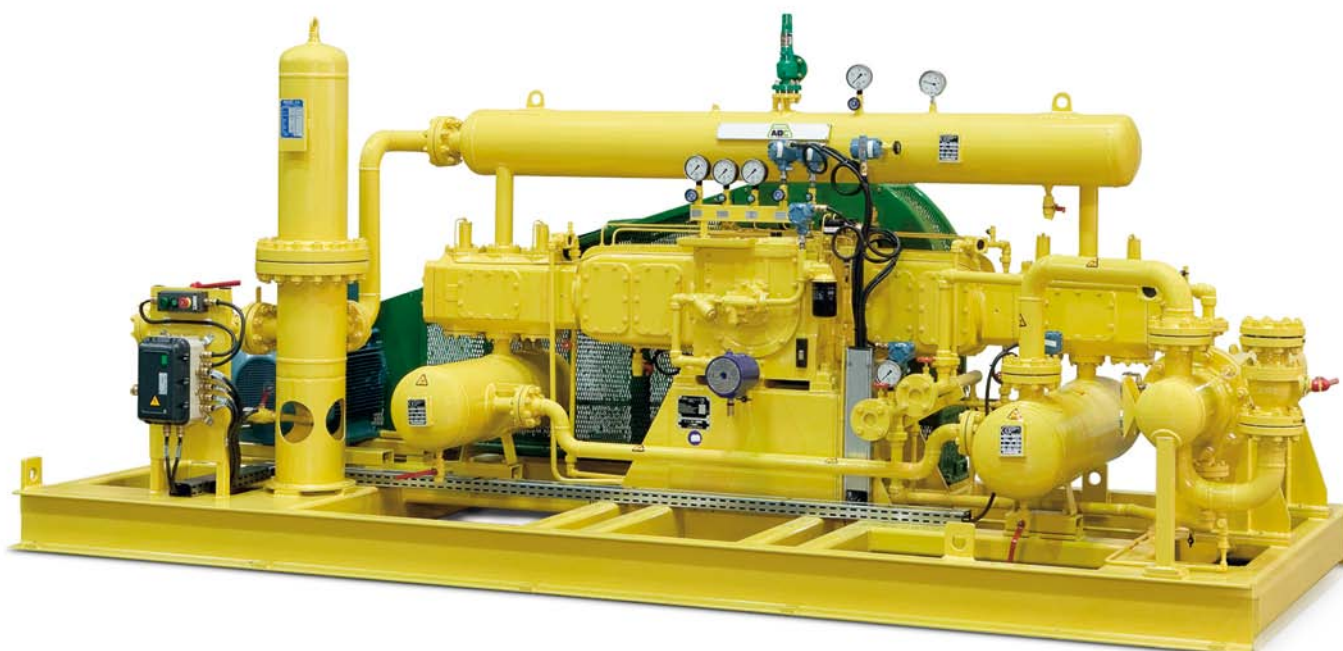
La refrigeración del grupo compresor se puede realizar mediante un sistema de refrigeración autónomo o aprovechando la propia red de la planta si estuviera disponible. Cuando no se dispone de red agua o se quiere tener una instalación autónoma, ABC suministra sus equipos con:

- **Aerorrefrigeradores.** Enfriamiento de agua con aire ambiente en circuito cerrado sin aportación de agua.
- **Torre de evaporación.** Enfriamiento de agua con aire ambiente en circuitos cerrados con aportación de agua por evaporación.

### DIAGRAMA DE FLUJO - COMPRESOR



1EHA-2-GT



▲ 1EHA-2-GT

- Presión de entrada: 11,8 bar
- Presión salida: 15,5 bar
- Caudal máximo: 3.500 Nm<sup>3</sup>/h



**1 compresor 1EHA-2-GT**

PAPELERA

- Presión de entrada: 10 bar
- Presión salida: 15 bar
- Caudal: 1.728 Nm<sup>3</sup>/h
- Potencia turbina: 5 MW

# ATRIBUTOS TÉCNICOS

## REGULACION FRACCIONADA

ABC adecúa el diseño de sus compresores a **cualquier tipo de turbina, ajustando el sistema de regulación** a los requerimientos de la misma. De esta forma, se efectúan **regulaciones fraccionadas** actuando neumáticamente sobre los discos de las válvulas de aspiración.

Cada cilindro de doble efecto se puede poner a trabajar de forma automática al 100%, 50% ó 0% de su capacidad nominal quedando siempre el compresor perfectamente equilibrado y consiguiendo **un muy importante ahorro de energía**.

Adicionalmente, la regulación fraccionada se puede complementar mediante:

- **Válvulas de presión constante de salida.** Para estabilizar la presión requerida (con una tolerancia de +/- 0,1bar).
- **Válvulas de by-pass reciclo.** Para estabilizar la presión requerida con tolerancia 0 (recirculando el caudal a la aspiración del compresor).

CILINDRO DOBLE EFECTO

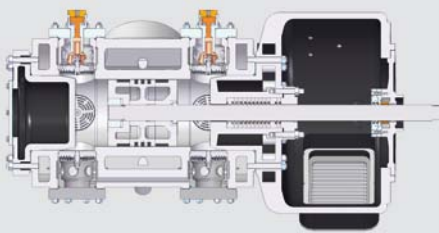
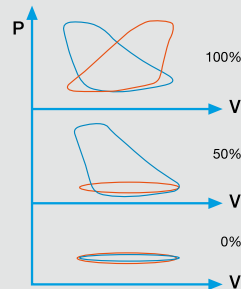


DIAGRAMA DE REGULACIÓN



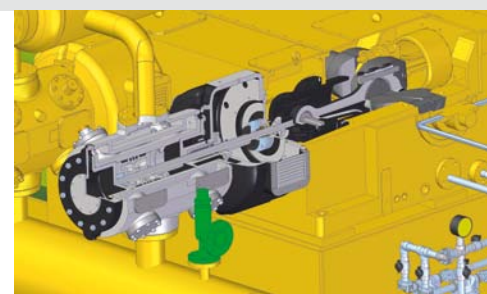
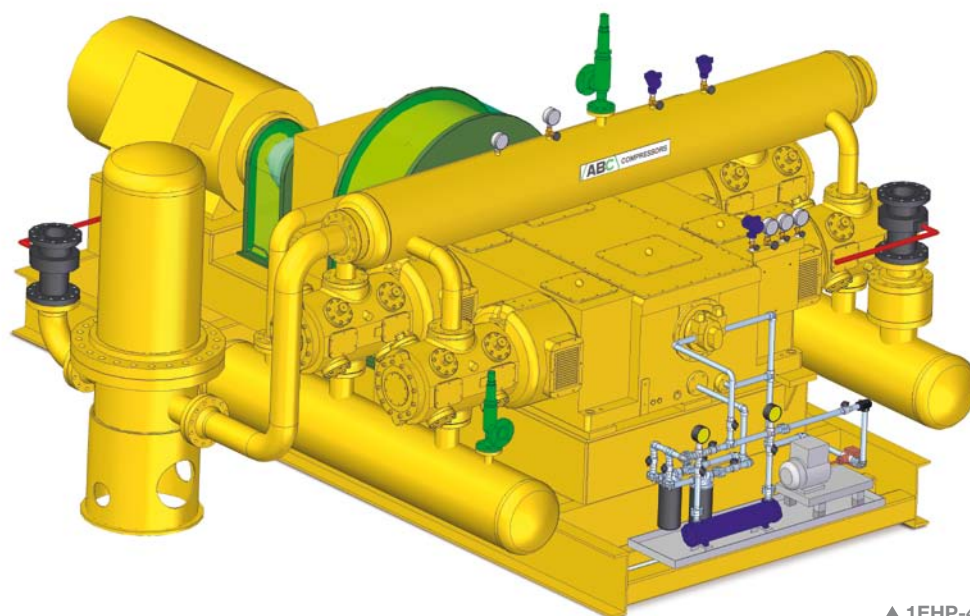
En función del número de cilindros de cada máquina, ésta se puede regular hasta un 0-25-50-75-100%, de forma totalmente automática, quedando siempre el compresor perfectamente equilibrado.

Para valores intermedios, por ejemplo, como cuando la demanda es del 60% de la capacidad nominal del compresor, éste trabajará un período de tiempo al 50% y otro al 100%, resultando una producción del 60% de su capacidad nominal, ajustándose con ello a la demanda requerida.



### ▲ 1EHP-1-GT

- Presión de entrada: 27,7 bar
- Presión salida: 42 bar
- Caudal máximo: 9.600 Nm³/h



▲ 1EHP-4-GT

- Presión de entrada: 12 bar
- Presión salida: 30 bar
- Caudal máximo: 13.000 Nm<sup>3</sup>/h



**2 compresores 1EHP-4-GT  
(1 compresor en stand-by)**

PLANTA QUÍMICA

- Presión de entrada: 15,5 bar
- Presión salida: 29,3 bar
- Caudal: 13.708 Nm<sup>3</sup>/h
- Potencia turbina: 40 MW



▲ 1EHA-4-GT

- Presión de entrada: 7 bar
- Presión salida: 14 bar
- Caudal máximo: 4.280 Nm<sup>3</sup>/h



▲ 1EHA-6-GT

- Presión de entrada: 35 bar
- Presión salida: 50 bar
- Caudal máximo: 10.800 Nm<sup>3</sup>/h



▲ 1EHA-1-GT

- Presión de entrada: 18 bar
- Presión salida: 23 bar
- Caudal máximo: 2.300 Nm<sup>3</sup>/h

# ABILITY

## services

Tras más de 60 años en el mercado, ABC sigue apostando por consolidar relaciones a largo plazo. **Es fundamental suministrarle no sólo los productos mejor adaptados a sus necesidades, sino poder acompañarle a lo largo de su ciclo de vida.**

### ABILITY NETWORK

Mediante una red de oficinas de servicio en más de 20 países, con más de **100 técnicos de campo y stocks de repuestos** estratégicamente distribuidos por todo el mundo, ABC garantiza el mejor soporte técnico para la puesta en marcha, mantenimiento y seguimiento de sus compresores.

### ABILITY CONTRACT

Con el fin de asegurar las mejores pautas de funcionamiento de su compresor a largo plazo y permitir que el coste de mantenimiento sea controlado desde un principio, ABC le ofrece contratos de mantenimiento **"FULL SERVICE"**, con extensiones de **garantía de hasta 5 años**.

### ABILITY EYE

ABC considera importante ayudarle a monitorizar su red de compresores de forma rápida y sencilla, esté donde esté. En consecuencia, el **CONTROL REMOTO web Ability Eye**, con sus tres niveles de trabajo, es la herramienta perfecta para tener todas sus instalaciones bajo control.

**Ability Services** engloba los **servicios prestados desde las fases preliminares del diseño de la máquina, su puesta en marcha y su posterior operación**, ofreciéndole una completa gama de servicios y soluciones técnicas:

### ABILITY IMPROVER

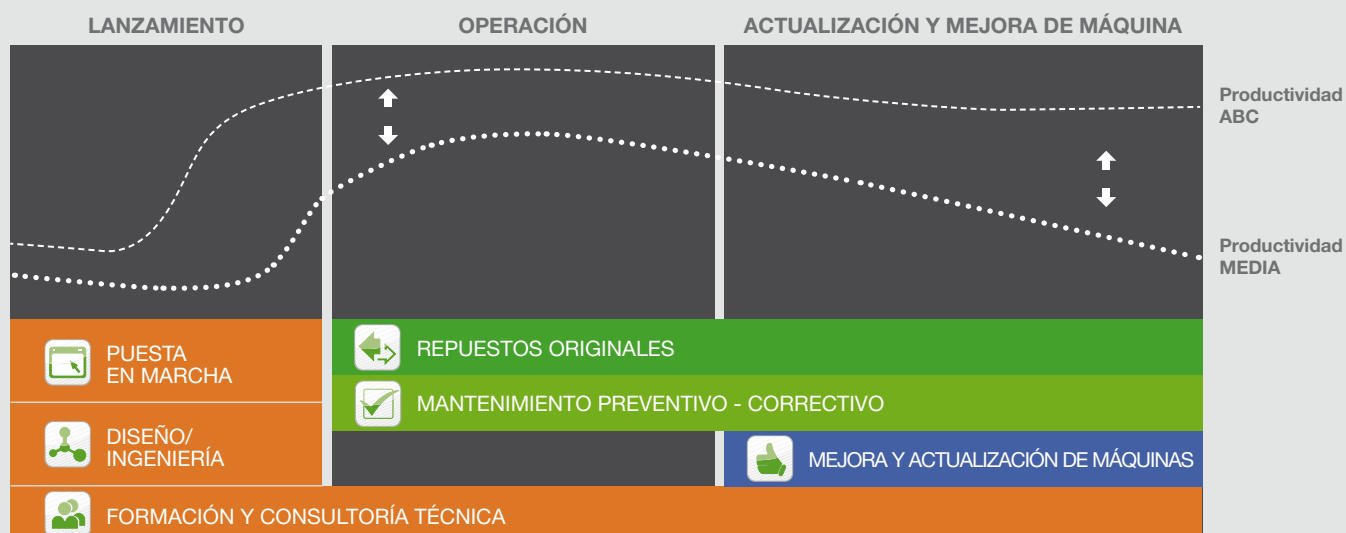
Productos y servicios dirigidos a **mejorar su sistema de compresión de aire o gas**. Mejora de los sistema de regulación, sistemas de coordinación de baterías de máquinas, actualización de compresores, sistemas de ahorro energético, consultoría y auditorías de planta.

### ABILITY ACADEMY

ABC pone a su disposición y a la de sus especialistas de campo en todo el mundo, un **extenso programa de formación** para garantizar la aplicación de los mejores criterios técnicos a la hora de diagnosticar y operar sus compresores.



Auditoría energética



Consulte más detalles en nuestra página web  
[www.abc-compressors.com](http://www.abc-compressors.com)

**SEDE CENTRAL**

**Eibar**

Polígono Azitain nº 6 P.O.Box 87  
20600 EIBAR (Guipúzcoa) ESPAÑA

Tel.: +34 943 820 400

Fax: +34 943 820 235

abc@abc-compressors.com

Contacte con nuestra **RED INTERNACIONAL**  
a través de:

www.abc-compressors.com

# RELIABLE BEYOND LIMITS



02/2013



ARIZAGA, BASTARRICA Y CIA, S.A.

**CALIDAD TOTAL**

ISO 9001

ISO 14001

OHSAS 18001



## TUBO INOXIDABLE EN BARRA Serie 2 - INOXPRES



La tubería de acero inoxidable con soldadura AISI-316L (1.4404), se fabrica bajo la norma EN 10312.

**Compatible para instalaciones de gas.**

Aplicaciones:

Agua Sanitaria.  
Calefacción.  
Contra incendios.  
Climatización.  
Instalación Solar térmica.  
Aire comprimido.  
Gases inertes.

**ATENCIÓN: EL PRECIO ES POR METRO LINEAL.**

Se suministra en barras completas, mirar Longitud de la barra.



Código	Descripción	Medida	Long. barra	Stock	Precio	Pedir
605020	TUBO INOX_Pres 15 x 1`0mm. 5mts.(Serie 2) AISI-316L-EN10312	15 x 1`0 mm	5 m	100,0	3,63	<input type="text"/>
605021	TUBO INOX_Pres 18 x 1`0mm. 5mts.(Serie 2) AISI-316L-EN10312	18 x 1`0 mm	5 m	90,0	4,31	<input type="text"/>
605022	TUBO INOX_Pres 22 x 1`2mm. 5mts.(Serie 2) AISI-316L-EN10312	22 x 1`2 mm	5 m	80,0	5,90	<input type="text"/>
605023	TUBO INOX_Pres 28 x 1`2mm. 5mts.(Serie 2) AISI-316L-EN10312	28 x 1`2 mm	5 m	131,0	7,42	<input type="text"/>
605024	TUBO INOX_Pres 35 x 1`5mm. 6mts.(Serie 2) AISI-316L-EN10312	35 x 1`5 mm	6 m	82,4	11,65	<input type="text"/>
605025	TUBO INOX_Pres 42 x 1`5mm. 6mts.(Serie 2) AISI-316L-EN10312	42 x 1`5 mm	6 m	78,0	13,87	<input type="text"/>
605026	TUBO INOX_Pres 54 x 1`5mm. 6mts.(Serie 2) AISI-316L-EN10312	54 x 1`5 mm	6 m	41,0	17,29	<input type="text"/>



## CURVA 90° H-H - INOXPRES

ACERO INOXIDABLE AISI 316L



Código	Descripción	E	Medida	Stock	Precio	Pedir
600115	CURVA 90 HH 15 ACC. PRENSAR INOX 316 (20 unid.)	20	15	12,0	3,24	<input type="text"/>
600118	CURVA 90 HH 18 ACC. PRENSAR INOX 316 (20 unid.)	20	18	49,0	3,73	<input type="text"/>
600122	CURVA 90 HH 22 ACC. PRENSAR INOX 316 (10 unid.)	10	22	32,0	4,51	<input type="text"/>
600128	CURVA 90 HH 28 ACC. PRENSAR INOX 316 (10 unid.)	10	28	33,0	5,99	<input type="text"/>
600135	CURVA 90 HH 35 ACC. PRENSAR INOX 316 (5 unid.)	5	35	11,0	9,37	<input type="text"/>
600142	CURVA 90 HH 42 ACC. PRENSAR INOX 316 (2 unid.)	2	42	8,0	16,10	<input type="text"/>
600154	CURVA 90 HH 54 ACC. PRENSAR INOX 316 (2 unid.)	2	54	22,0	22,44	<input type="text"/>



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **2.5 ANEXO V: Estudio básico de seguridad y salud.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## ÍNDICE

### **I. MEMORIA.**

1. INTRODUCCIÓN.....	página 4
1.1 Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud.	
1.2 Justificación de la necesidad del Estudio Básico de Seguridad y Salud.	
1.3 Marco normativo.	
2. DATOS DEL PROYECTO. ....	página 9
3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA.....	página 10
4. ESTUDIO DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS. ....	página 11
4.1 Riesgos y medidas preventivas colectivas.	
4.2 Riesgos y medidas preventivas específicos.	
4.2.1 Carretilla Elevadora.	
4.2.2 Herramientas Manuales y Portátiles.	
Herramientas manuales.	
Herramientas movidas con energía.	
5. REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD Y SALUD ESPECÍFICOS PARA LA OBRA. ....	página 20
5.1 Documentación necesaria para el acceso a la obra.	
5.1.1 Documentación para la empresa.	
5.1.2 Documentación del Trabajador.	
5.1.3 Documentación para el acceso de vehículos.	
6. CENTROS DE ASISTENCIA SANITARIA .....	página 22

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

7. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLE EN LA OBRA.....	página 23
7.1 Obligaciones del promotor.	
7.2 Coordinadores en materia de seguridad y salud.	
7.3 Plan de seguridad y salud en el trabajo.	
7.4 Obligaciones de contratistas y subcontratistas.	
7.5 Obligaciones de los trabajadores.	
7.6 Libro de incidencias.	
8. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS. ....	página 27
9. DERECHOS DE LOS TRABAJADORES. ....	página 28
10. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LA OBRA. ....	página 28
 <b>II. PLIEGO DE CONDICIONES.</b>	
1. CONDICIONES GENERALES. ....	página 29
1.1 Objeto de este pliego.	
1.2 Compatibilidad y relación entre el Estudio de Seguridad y Salud y el Proyecto de ejecución.	
2. LEGISLACION VIGENTE APLICABLE A LA OBRA. ....	página 30
3. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN. ....	página 33
4. CONDICIONES TÉCNICAS DE LA MAQUINARIA. ....	página 34
5. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS SERVICIOS DE HIGIENE Y BIENESTAR.....	página 35
6. ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD EN OBRA. ....	página 35
7. OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS.....	página 36
8. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD.....	página 39

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

## **I. MEMORIA.**

### **1. INTRODUCCIÓN.**

#### **1.1. Objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud.**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud corresponde al Proyecto ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA INCORPORACIÓN DE BIOGÁS COMO COMBUSTIBLE EN UNA PLANTA DE SECADO POR ATOMIZACIÓN DE SUSPENSIONES CERÁMICAS, en aplicación de este estudio se redactará el correspondiente Plan de Seguridad y Salud por el contratista principal de la obra, según lo dispuesto en el artículo 7 del R.D. 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Este Plan de Seguridad y Salud constituirá el instrumento básico de ordenación de las actividades de identificación y, en su caso, evaluación de los riesgos y planificación de la actividad preventiva a que se refiere el capítulo II del Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y facilitará la labor de prevención y protección de riesgos profesionales, durante la ejecución de la obra.

Una copia del Plan de Seguridad y Salud estará en la obra a disposición de los representantes de los trabajadores. De igual forma, una copia del mismo estará a disposición de la Dirección Facultativa y estará también a disposición permanente de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social y de los organismos autonómicos competentes en la materia.

Se consideran en este Estudio Básico los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares; la identificación de los riesgos laborales que pueden ser evitados y las medidas técnicas para ello; los riesgos que no pueden eliminarse y se especifican las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser redactado en aplicación del presente Estudio Básico, y el Contratista Principal lo someterá, antes del inicio de los trabajos, a la aprobación de la Administración promotora previo informe del Coordinador de Seguridad y Salud de las obras en fase de ejecución.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

Este Estudio Básico de Seguridad y Salud propone una serie de procedimientos constructivos para ejecutar los trabajos, de los que se analizan sus riesgos proponiendo una serie de medidas preventivas al efecto de minimizarlos.

El Contratista Principal podrá modificarlos o proponer otros a los expuestos en su Plan de Seguridad y Salud, conservando y respetando el espíritu del Estudio Básico, sin que impliquen en ningún caso una reducción de la seguridad en obra y sometiéndolo siempre a la aprobación de la Administración promotora previo informe del Coordinador de Seguridad y Salud de la obra en fase de ejecución.

### **1.2. Justificación de la necesidad del Estudio Básico de Seguridad y Salud.**

En virtud del Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de Construcción, y según su artículo 4, el proyecto ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA INCORPORACIÓN DE BIOGÁS COMO COMBUSTIBLE EN UNA PLANTA DE SECADO POR ATOMIZACIÓN DE SUSPENSIONES CERÁMICAS, debe incluir un Estudio Básico de Seguridad y Salud al no encontrarse en ninguno de los siguientes supuestos:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759,08 euros.
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborales, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, conducciones subterráneas y presas.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

### **1.3. Marco normativo.**

Como queda dicho, este Estudio de Seguridad y Salud se redacta en cumplimiento de lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1.997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, cuyo artículo 4 establece las condiciones de obligatoriedad para los proyectos técnicos de construcción, viniendo reglamentariamente exigido en el presente caso.

De acuerdo con ello, este Estudio debe ser complementado, antes del comienzo de la obra, por el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista. Dicho plan desarrollará las medidas preventivas previstas en el Estudio, adaptando éstas a las técnicas y soluciones que han de ponerse finalmente en obra. Eventualmente, el Plan de Seguridad y Salud podrá proponer alternativas preventivas a las medidas planificadas aquí, en las condiciones establecidas en el artículo 7 del ya citado Real Decreto 1627/1997.

En su conjunto, el Plan de Seguridad y Salud constituirá el conjunto de medidas y actuaciones preventivas derivadas de este Estudio, que el contratista se compromete a disponer en las distintas actividades y fases de la obra, sin perjuicio de las modificaciones y actualizaciones a que pueda haber lugar, en las condiciones reglamentariamente establecidas.

La base legal de este Estudio, así como del citado Real Decreto 1627/97, dictado en su desarrollo, es la Ley 31/1.995, de 10 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, cuyo desarrollo reglamentario, de aplicación directa al Estudio de Seguridad y Salud, en tanto que establece normas que deben ser observadas parcial o totalmente en su redacción y posterior cumplimiento que, sin perjuicio de las recogidas en el pliego de condiciones de este Estudio, se concretan en las siguientes:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. del 10-11-95). Modificaciones en la Ley 50/1998, de 30 de diciembre.
- Estatuto de los Trabajadores (Real Decreto Legislativo 1/95, de 24 de marzo).
- Reglamento de los Servicios de Prevención (Real Decreto 39/97, de 17 de enero, B.O.E. 31-01-97).
- Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención (Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, B.O.E. 01-05-98).
- Desarrollo del Reglamento de los Servicios de Prevención (O.M. de 27-06-97, B.O.E. 04-07-97).



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

- Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de Construcción (Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, B.O.E. 25-10-97).
- Reglamento sobre disposiciones mínimas en materia de Señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo (Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, B.O.E. 23-04-97).
- Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares Trabajo [excepto Construcción] (Real Decreto 486/97, de 14 de abril, B.O.E. 23-04- 97).
- Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la Manipulación de Cargas (Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, B.O.E. 23-04-97).
- Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas al trabajo con Equipos que incluyen Pantallas de Visualización (Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, B.O.E. 23-04-97).
- Reglamento de Protección de los trabajadores contra los Riesgos relacionados con la Exposición a Agentes Biológicos durante el trabajo (Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, B.O.E. 24-05-97)
- Reglamento de Protección de los trabajadores contra los Riesgos relacionados con la Exposición a Agentes Cancerígenos durante el trabajo (Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, B.O.E. 24-05-97)
- Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual (Real Decreto 773/1997, de 22 de mayo, B.O.E. 12-06-97)
- Reglamento sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los Equipos de Trabajo (Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, B.O.E. 07-08-97)
- Real Decreto 949/1997, de 20 de junio, por el que se establece el certificado de profesionalidad de la ocupación de prevencionista de riesgos laborales
- Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el 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. Ampliación 1 normativa del Estado.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de “Reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales”.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

- Real Decreto 171/2004, de 30 de Enero, por el que se desarrolla el art. 24 de la ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 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, en materia de trabajos temporales en altura. BOE núm. 274 de 13 noviembre.
- RD 1644/2008 por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Deroga el RD 1435/1992 por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- Real Decreto 330/2009, de 13 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- Real Decreto 327/2009, de 13 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.
- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

## 2. DATOS DEL PROYECTO.

Este estudio básico de seguridad y salud es referido al proyecto cuyos datos son:

- **Nombre del Proyecto:** ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA INCORPORACIÓN DE BIOGÁS COMO COMBUSTIBLE EN UNA PLANTA DE SECADO POR ATOMIZACIÓN DE SUSPENSIONES CERÁMICAS.
- **Autor/a del proyecto:** MARTA CHIVA BELTRÁN.
- **Titularidad del encargo:** EUROATOMIZADO, S.A
- **Emplazamiento:** POLÍGONO INDUSTRIAL VILAFAMÉS I, S/N. (VILAFAMÉS, CASTELLÓN).
- **Presupuesto de Ejecución Material (PEM):** 177.242,78 €.
- **Plazo de ejecución:** 13 días.
- **Número de operarios:** 6 operarios.
- **Jornadas totales:** 46 jornadas.

El Presupuesto de Ejecución Material de la obra es de:

**P.E.M. = 177.242,78 €**

El plazo de ejecución de las obras previsto es de 13 días y se estima unos recursos humanos de 6 operarios durante la duración de la obra.

Como se observa no se da ninguna de las circunstancias expuestas en el apartado **1.2. Justificación de la necesidad del Estudio Básico de Seguridad y Salud**, por lo que se redacta el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

### **3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA**

Las características más relevantes del emplazamiento donde se llevará a cabo la obra son:

- Acceso a la obra por vial público en polígono industrial perteneciente al municipio de Vilafamés.
- Presenta ubicación en planta baja.
- Presenta suministro de energía eléctrica.
- Presenta suministro de agua.
- Presenta suministro de gas natural.
- Presenta sistema de saneamiento.
- No presenta servidumbres ni condicionantes.

#### **3.1 Descripción de la solución propuesta.**

La actividad de esta planta, es la producción de polvo atomizado cerámico. Éste producto es una de las materias primas de las empresas azulejeras para la fabricación de revestimientos y pavimentos. El aumento del volumen de producción unido a la cada vez más estricta normativa medioambiental y al aumento del precio de los combustibles fósiles, hace necesario el estudio de alternativas con las que poder mejorar el rendimiento global del proceso.

En el presente proyecto se intervendrá en el combustible, por lo que la solución propuesta es la de reemplazar de manera parcial el gas natural alimentado a una de las turbinas de la planta por biogás. Para ello se deberán instalar un gasómetro de almacenamiento de biogás, un compresor que alimente dicho gas a los quemadores de la turbina de cogeneración y las conducciones necesarias para unir todos estos elementos.

#### **3.2 Interferencias con infraestructuras y servicios.**

Dado que la instalación se realizará dentro del perímetro de la fábrica, no existe interferencias con terceros. Si la obra incidiera sobre la circulación, se adoptarán medidas relativas de balizamiento y señalización de cualquier obstáculo que se encuentre en las inmediaciones de la obra, redirigiendo el tráfico de vehículos y viandantes con una correcta señalización.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

#### 4. ESTUDIO DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS.

##### 4.1 Riesgos y medidas preventivas colectivas.

El montaje de la instalación descrita, requiere la ejecución de una serie de trabajos que pueden agruparse de manera genérica en las siguientes actividades:

- Montaje mecánico.
- Montaje eléctrico.
- Acabados.
- Puesta en marcha.

En cada una de estas etapas existen una serie de riesgos laborales comunes que no pueden ser eliminados, como las caídas a nivel o desnivel, los choques contra objetos, los sobreesfuerzos... por lo que se deberán adoptar las medidas preventivas y protecciones técnicas para el control y la reducción de este tipo de riesgos. En la **Figura 4.1: Medidas preventivas y protecciones colectivas**. Se muestran las acciones colectivas a llevar a cabo, así como su grado de adopción con el fin de minimizar los riesgos existentes.

---

<b>Medidas preventivas y protecciones colectivas</b>	<b>Grado de adopción</b>
Orden y limpieza en vías de circulación, pestos de trabajo...	Permanente
Señalización de la obra	Permanente
Buena iluminación y ventilación	Permanente
Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento.	Permanente
Extintor de polvo seco, de eficacia 21A - 113B	Permanente
Evacuación de escombros	Frecuente
Información específica, cursos, charlas...	Frecuente

**Figura 4.1: Medidas preventivas y protecciones colectivas.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

En la **Figura 4.2: Equipos de protección individual**. Se muestran los equipos individuales que todo trabajador deberá hacer uso mientras esté en la obra con el fin de minimizar las lesiones que pudiera sufrir en caso de accidente.

<b>Equipo</b>	<b>Grado de adopción</b>
Botas de protección	Permanente
Casco de seguridad	Permanente
Ropa adecuada para el trabajo	Permanente
Gafas de seguridad	Permanente
Cinturones de protección	Ocasionalmente

**Figura 4.2: Equipos de protección individual.**

#### **4.2 Riesgos y medidas preventivas específicos.**

En este apartado se evaluará de manera específica los riesgos que presentan la maquinaria y herramientas que se utilizarán durante el montaje de la instalación diseñada, las medidas preventivas a adoptar y las protecciones individuales que serán obligatorias para su uso.

##### **4.2.1 Carretilla Elevadora.**

###### **Riesgos.**

- Caídas a distinto y mismo nivel.
- Atrapamientos, vuelco.
- Ruido.
- Atropellos de personas.
- Interferencias con otras carretillas.
- Golpes con las cargas.
- Caídas de partes de las cargas.
- Contactos eléctricos.

###### **Protecciones individuales.**

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Gafas contra impactos.
- Guantes de cuero.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Protectores auditivos.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

**Medidas Preventivas.**

- Antes del primer uso, el responsable de recibirla efectuará un riguroso reconocimiento de cada uno de los elementos que la componen.
- La empresa subcontratista, presentará al Coordinador de Seguridad y Salud un registro con los operarios formados y designados para el manejo de las carretillas elevadoras. Únicamente estos empleados podrán utilizarlas.
- Se circulará con la horquilla bajada.
- Los carretilleros se situarán de forma que puedan controlar, tanto la zona de carga como de descarga; en caso contrario, deberán de actuar dirigidos por otra persona.
- Se maniobrará la máquina solo desde el asiento del conductor.
- Se circulará siempre a velocidad moderada, tomando las curvas a menor velocidad y avisando con el claxon en caso de poca visibilidad.
- Si la carga es voluminosa y reduce la visibilidad, se circulará marcha atrás.
- Cuando se circule por rampas o pendientes, si la pendiente tiene una inclinación de la horquilla inferior a la máxima de la horquilla se podrá circular de frente en el sentido de descenso, con la precaución de llevar el mástil en su inclinación máxima. Si el descenso se ha de realizar por pendientes superiores a la inclinación máxima de la horquilla, el mismo se ha de realizar, necesariamente, marcha atrás. El ascenso deberá realizarse hacia delante.
- No se aumentará bajo ningún pretexto, el peso de contrapeso poniéndoles cargas adicionales.
- Para elevar la carga con seguridad, meter la carga en la horquilla y elevarla unos 15 centímetros sobre el suelo. Siempre Circular llevando el mástil inclinado el máximo posible hacia atrás.
- La elevación o descenso de las cargas se hará lentamente, evitando toda arrancada o parada brusca.
- Las carretillas evitarán trasladar la carga por encima de las personas y puestos de trabajo.
- No se dejarán nunca con cargas suspendidas.
- Durante las paradas del trabajo, se estacionará la carretilla con el motor apagado.
- El llenado de los depósitos, se realizará en las zonas destinadas a este fin.
- Está prohibido transportar personas.
- Al finalizar la jornada de trabajo, se estacionará la máquina fuera de las aéreas de trabajo, resguardada de la intemperie.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

### **4.3 Herramientas Manuales y Portátiles.**

Entendemos como tales, cualquier instrumento de trabajo manual cuyo movimiento o desplazamiento se realiza con las manos del operario.

Podemos dividirlos en dos grandes grupos:

- Herramientas manuales. Para su manejo solo requieren la energía del hombre.
- Herramientas movidas con energía. Para su manejo necesitan ser accionadas por alguna fuerza motriz.

Algunas de las Normas Técnicas de Prevención aplicables a este tipo de herramientas son:

- NTP 391: Herramientas Manuales (I).
- NTP 391: Herramientas Manuales (II).

#### **4.3.1 Herramientas manuales.**

Dividiremos las herramientas manuales en cuatro grupos:

- Herramientas punzantes.
- Herramientas de golpeo.
- Herramientas de corte.
- Herramientas de fuerza.

En este caso, los riesgos son comunes a los cuatro grupos de herramientas manuales. Se detallan a continuación.

#### **Riesgos.**

- Proyección de partículas del material o de la herramienta.
- Golpes y cortes ocasionados por las propias herramientas durante el trabajo normal con las mismas.
- Lesiones oculares por partículas provenientes de los objetos que se trabajan y/o de la propia herramienta.
- Golpes en diferentes partes del cuerpo por despido de la propia herramienta o del material trabajado.
- Esguinces por sobreesfuerzos o gestos violentos.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

### **Herramientas punzantes (punzones, cinceles, punteros...)**

#### **Medidas Preventivas.**

- Estas herramientas deben conservarse bien afiladas y con su ángulo de corte correcto.
- El operario sostendrá adecuadamente la herramienta, en posición vertical, dirigiendo la mirada hacia la parte cortante de la herramienta.
- Se recomienda instalar pantallas de protección para proteger a otros trabajadores.
- La cabeza de la herramienta debe estar libre de rebabas y su filo debe estar bien definido. Así mismo deberá usarse un martillo de peso adecuado acorde al tamaño del cincel.
- Cuando sea necesario afilar en cincel, se mantendrá una temperatura adecuada para que este no pierda en temple. El rectificado se llevará a cabo en etapas, enfriándolo periódicamente con agua o fluido refrigerante.
- La pieza sobre la que se trabaje debe estar firmemente sujeta.
- Se aconseja utilizar un porta-cinzel o un mango parachoques de caucho, ya que aísla del frío y evita el riesgo de contusiones en las manos en caso de golpe con el martillo.

### **Herramientas de golpeo (martillos, mazos, picos...)**

#### **Medidas Preventivas.**

- Comprobar que la herramienta se conserva en buen estado y que el eje del mango queda perpendicular a la cabeza.
- Que el mango sea de madera dura, resistente y elástica.
- Que la superficie del mango esté limpia, sin barnizar y se ajuste perfectamente a la mano.
- Agarrar el mango por el extremo, lo más alejado al cabezal posible, de modo que los golpes sean seguros y eficaces.
- La pieza sobre la que se trabaje debe estar firmemente sujeta.
- Asegurarse que durante el empleo del martillo, no se interponga ningún obstáculo o persona en el arco descrito al golpear.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

### **Herramientas de corte (sierras).**

#### **Medidas Preventivas.**

- La pieza sobre la que se trabaje debe estar firmemente sujeta.
- Mantener bien tensada la hoja de sierra que se designe a corta metales.
- No serrar con demasiada fuerza, para evitar que la hoja se doble o rompa.
- Proteger adecuadamente las hojas de sierra cuando se transporten en fundas. Al empezar a cortar una pieza, la hoja de la sierra debe estar ligeramente inclinada, para producir una primera muesca de guía.
- Cuando se esté llegando al final del corte, se debe disminuir la presión sobre la hoja.
- Al terminar el trabajo, se colgarán las sierras en la pared, especialmente las de cortar metal.

### **Herramientas de fuerza (eslingas, estrobos, cuerdas, gatos...)**

#### **Medidas Preventivas.**

- No se debe sobre pasar la carga máxima, que debe ir indicada en sus dispositivos. Emplear únicamente dispositivos de resistencia adecuada.
- El responsable de la maniobra, se encargará de que todos los elementos a utilizar se encuentren en perfecto estado y retirará aquellos que tengan algún defecto.
- Se colocará de forma que se encuentren nudos, cocas y torceduras.
- Para sujetar la carga con varios ganchos, estos siempre deberán estar hacia fuera. Los ramales o cables, no deben formar entre sí un ángulo mayor de 90°.
- La carga debe permanecer en equilibrio estable, utilizando si es preciso un pórtico distanciador para equilibrar las fuerzas, formando ángulos los más reducidos posibles.
- Cuando haya que desplazar una eslinga, esta se aflojará lo suficiente para desplazarla sin que roce con la carga.
- En almacenaje se realizará en lugares secos al abrigo de la intemperie. Suspendidos en soportes de aristas redondeadas, de manera que no estén en contacto con el suelo.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

#### **4.3.2 Herramientas movidas con energía**

##### **Compresor.**

###### **Riesgos**

- Incendios y explosiones.
- Golpes de "látigo" por las mangueras.
- Proyección de partículas.
- Reventones de los conductos.
- Ruido.

###### **Protecciones individuales**

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- chaleco fluorescente.
- Protectores auditivos.
- Mascarilla protectora.

###### **Medidas preventivas**

- El compresor será siempre arrastrado a su posición de trabajo cuidándose que no se rebase nunca la franja de dos metros de ancho desde el borde de cortes o de coronación de taludes y quedará en estación con la lanza de arrastre en posición horizontal, con lo que el aparato estará nivelado, y con las ruedas sujetas mediante tacos antideslizamiento. En caso de que la lanza de arrastre carezca de rueda o de pivote de nivelación, se adaptará éste mediante suplementos firmes y seguros.
- Las operaciones de abastecimiento de combustible serán realizadas siempre con el motor parado. Las carcasas protectoras del compresor estarán siempre instaladas y en posición de cerradas.
- Cuando el compresor no sea de tipo silencioso, se señalizará claramente y se advertirá el elevado nivel de presión sonora alrededor del mismo, exigiéndose el empleo de protectores auditivos a los trabajadores que deban operar en esa zona.
- Se comprobará sistemáticamente el estado de conservación de las mangueras y boquillas, previéndose reventones y escapes en los mismos.

### **Radial o Amoladoras.**

#### **Riesgos**

- Abrusiones y cortes.
- Ruido.
- Proyección de fragmentos del disco de corte.
- Descargas eléctricas.
- Proyección de partículas y polvo.

#### **Protecciones individuales**

- Casco de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Gafas de seguridad.

#### **Medidas preventivas**

- Antes de montar el disco en la máquina, debe examinarse detenidamente para asegurarse de que se encuentra en condiciones adecuadas de uso. Desechando los que estén muy gastados, tengan grietas o roturas en las partes de corte.
- Elegir un disco adecuado para la operación a realizar.
- Para la colocación del disco, la máquina debe estar desconectada de la fuente de energía. El disco se colocará centrado en el eje, y no se apretará en exceso el tornillo de fijación.
- Antes de iniciar el corte, se procederá al replanteo exacto de la línea de sección a ejecutar.
- Se comprobará que el giro del disco es correcto.
- Se sujetará firmemente la máquina con las dos manos, cuidando que al final del corte no golpee el disco o de tirones.
- Tendrán todos sus órganos móviles protegidos con la carcasa.
- El manillar o mando de la radial de corte, se forrará con triple capa enroscada de cinta autoadhesiva, para evitar contactos fortuitos con la energía eléctrica.
- Se prohíbe el uso de la máquina sin el protector adecuado, así como cuando la diferencia entre el diámetro interior del protector y el diámetro exterior del disco sea superior a 25mm.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

### **Taladros.**

#### **Riesgos**

- Abrusiones y cortes.
- Ruido.
- Descargas eléctricas.
- Proyección de partículas y polvo.

#### **Protecciones individuales**

- Casco de seguridad.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Botas de seguridad.
- Gafas de seguridad.
- Protectores auditivos.

#### **Medidas preventivas**

- Antes de la puesta en marcha, el trabajador comprobará el buen estado de las conexiones eléctricas y eficacia del doble aislamiento de la carcasa.
- Se deben utilizar brocas bien afiladas y cuya velocidad óptima de corte corresponda a la de la máquina en carga.
- La presión ejercida debe ser la adecuada para mantener la velocidad constante.
- La pieza a taladrar debe estar adecuadamente apoyada y sujeta.
- Cuando se termine el trabajo, se retirará la broca y se desconectará la máquina de la fuente de alimentación.
- Es desaconsejable el uso de guantes o ropas anchas, para evitar el riesgo de atrapamientos o enrollamiento de la tela.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

## **5. REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD Y SALUD ESPECÍFICOS PARA LA OBRA.**

### **5.1 Documentación necesaria para el acceso a la obra.**

Para la concesión de acceso a la obra las empresas deberán presentar la siguiente documentación:

#### **5.1.1 Documentación para la empresa.**

Al incorporarse a la obra o hacer la implantación:

- TC1 y TC2 actualizados. En caso de nuevas incorporaciones, se presentará el alta en la Seguridad Social del o de los trabajadores.
- Contrato de Adhesión a la Mutua de Accidentes y Enfermedades Profesionales de la empresa.
- Acta de constitución del Servicio de Prevención, si este es propio.
- Copia del contrato de actividades preventivas, si el Servicio de Prevención es ajeno.
- Plan de Seguridad y Salud. En caso de empresas subcontratadas, presentarán Carta de Adhesión al Plan de Seguridad y Salud de la empresa contratante. Si este plan no contemplara los riesgos de esta empresa subcontratada, desarrollarán su propio Plan de Seguridad y Salud.
- Plan de Formación en Seguridad y Salud de la empresa para la obra.
- Contrato de trabajo de los trabajadores en el centro de trabajo de la obra.
- Apertura del centro de trabajo.

#### **5.1.2 Documentación del Trabajador.**

Al incorporarse a la obra:

- En caso de nuevas incorporaciones presentarán el alta en la Seguridad Social del o de los trabajadores.
- Certificado de aptitud médica expedido por la Mutua o Servicio de Prevención ajeno que garantice que al trabajador se le ha realizado un reconocimiento médico específico para su puesto de trabajo, según la ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales.
- Fotocopia del D.N.I. del trabajador.
- Certificado de formación del trabajador en prevención de los riesgos en su trabajo.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

- Certificado de recepción del equipo de protección individual.
- Antes de la entrega de las tarjetas, el responsable de prevención en la obra se entrevistará con el Coordinador de Seguridad y Salud, que le explicará las actividades e informes que debe realizar su empresa en la obra. Sin esta entrevista, no se concederá ninguna tarjeta de acceso a la obra.

En el caso de personal extranjero, dependiendo de si estos son o no de la Unión Europea, presentarán, en principio la siguiente documentación:

- Fotocopia del documento de identidad o pasaporte.
- Seguro médico (Fotocopia de E101, E111, E115).
- Permiso de trabajo o autorización para trabajar por un periodo igual o superior a 3 meses.
- Resto de condiciones igual que cualquier trabajador.

Para el acceso de personal de visitas:

- Se solicitará la identificación personal (D.N.I., pasaporte o carné de conducir), y se le facilitará un pase, con el cual no podrá realizar ningún trabajo.

### **5.1.3 Documentación para el acceso de vehículos.**

No se permitirá el acceso de turismos ni vehículos particulares a la obra, excepto que tengan que descargar algún material o mercancía y solo con la autorización expresa del coordinador de Seguridad y Salud.

- Para vehículos de carga se precisará tener en vigor la I.T.V., el seguro del vehículo y la documentación requerida por la D.G.T., comprobación del correcto funcionamiento del dispositivo de marcha atrás.
- Para el acceso de los conductores y ayudantes, se requerirá la misma documentación que para cualquier trabajador.
- El desplazamiento de vehículos pesados, será precedido y dirigido por un trabajador que avisará del paso de los mismos a otros vehículos y personas, llevándolo por el mejor camino al punto de destino.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

- Para plataformas elevadoras, se presentará certificado de la última revisión efectuada, seguro de responsabilidad civil en vigor y certificado de formación en el funcionamiento de la máquina de todos los trabajadores que la manejen.

## **6. CENTROS DE ASISTENCIA SANITARIA**

De acuerdo con el apartado 15 de Anexo 4 del R.D.1627197, la obra dispondrá de los siguientes servicios higiénicos:

- Vestuarios con asientos y taquillas individuales, provistas de llave.
- Lavabos con agua fría, agua caliente, y espejo.
- Duchas con agua fría y caliente.
- Retretes.

Durante la ejecución de los trabajos, los empleados podrán utilizar los vestuarios y retretes existentes en la planta.

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486197, la obra dispondrá del material necesario para primeros auxilios:

- Botiquín portátil, en obra.

Entre el material de primeros auxilios, se incluirá la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos. En este caso serán:

- Asistencia primaria → Centro de Salud de Vall d'Alba. Situado a una distancia de 8 kilómetros.
- Asistencia especializada → Hospital General de Castellón. Situado a una distancia de 26 kilómetros.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

## **7. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLE EN LA OBRA.**

### **7.1 Obligaciones del promotor.**

Antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o diversos trabajadores autónomos.

La designación de coordinadores en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

### **7.2 Coordinadores en materia de seguridad y salud.**

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el artículo 10 del R.D. 1627/1997.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

### **7.3 Plan de seguridad y salud en el trabajo.**

En aplicación del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el Contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un plan de seguridad y salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y salud.

Durante la ejecución de la obra, este podrá ser modificado por el contratista, pero siempre con la aprobación expresa del coordinador en materia de seguridad y salud.

### **7.4 Obligaciones de contratistas y subcontratistas.**

El contratista y subcontratista están obligados a:

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:

- Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- Elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de accesos, y la determinación de vías, zonas de desplazamientos y circulación.
- Manipulación de distintos materiales y utilización de medios auxiliares.
- Mantenimiento, control previo a la puesta en servicio y control periodico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- Delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
- Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
- Recogida de materiales peligrosos utilizados.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

- Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- Cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
- Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad

2. Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.

3. Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.

4. Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud.

5. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud, y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente, o en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.

Las responsabilidades del Coordinador, Dirección Facultativa y del Promotor no eximirán de sus responsabilidades a los Contratistas y Subcontratistas.

### **7.5 Obligaciones de los trabajadores.**

Los trabajadores autónomos están obligados a:

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:

- Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

- Recogida de materiales peligrosos utilizados.
- Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- Cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
- Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

2. Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.

3. Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.

4. Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

5. Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el R.D. 1215/1997.

6. Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el R.D. 773/1997.

7. Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

#### **7.6 Libro de incidencias.**

En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, un libro de incidencias que constará de hojas duplicado y que será facilitado por el colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del coordinador. Tendrán acceso al libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones Públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador estará obligado a remitir en el plazo de 24 h. una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

#### **8. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.**

Cuando el coordinador durante la ejecución de las obras, observase el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de trabajos, o en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia de Castellón. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados por la paralización a los representantes de los trabajadores.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

## **9. DERECHOS DE LOS TRABAJADORES.**

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

El contratista facilitará una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

## **10. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LA OBRA.**

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del R.D. 1627/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

## **II. PLIEGO DE CONDICIONES.**

### **1. CONDICIONES GENERALES.**

#### **1.1. Objeto de este pliego.**

El presente Pliego de Condiciones es el nexo de unión entre las disposiciones de carácter general y particular que se indican en la Memoria y Pliego de Condiciones del Proyecto.

#### **1.2 Compatibilidad y relación entre el Estudio de Seguridad y Salud y el Proyecto de ejecución.**

En caso de incompatibilidad o contradicción entre los documentos del presente Estudio de Seguridad y los documentos del Proyecto redactado por el Arquitecto Técnico, decidirá la Dirección facultativa de la Obra, bajo su responsabilidad.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

## 2. LEGISLACION VIGENTE APLICABLE A LA OBRA.

La obra, objeto del presente estudio de Seguridad, estará regulado a lo largo de su ejecución por lo textos que a continuación se citan, siendo de obligado cumplimiento para las partes implicadas.

- RD 1627/1977 de 24 de octubre (BOE: 25/10/97). *Disposiciones mínimas de Seguridad y de Salud en las obras de construcción.*
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre (BOE: 10/11/95). *Prevención de riesgos laborales.*
- RD 39/1997 de 17 de enero (BOE: 31/01/97). *Reglamento de los Servicios de Prevención.*
- RD 485/1997 de 14 de abril (BOE: 23/04/97). *Disposiciones mínimas en materia de señalización, de seguridad y salud en el trabajo.*
- RD 486/1997 de 14 de abril (BOE: 23/04/97). *Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.* Modifica y deroga algunos capítulos de la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo (Orden 09/03/1971).
- RD 487/1997 de 14 de abril (BOE: 23/04/97). *Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.*
- RD 773/1997 de 30 de mayo (BOE: 12/06/97). *Disposiciones mínimas de seguridad y salud, relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.*
- RD 1215/1997 de 18 de julio (BOE: 07/08/97). *Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.* Modifica y deroga algunos capítulos de la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo (Orden 09/03/1971).
- Orden de 31 de enero de 1940. Andamios: Capítulo VII, artículos 66 a 74 (BOE: 03/02/40). *Reglamento general sobre Seguridad e Higiene.*
- Orden de 28 de agosto de 1970. Artículos 1 a 4, 183 a 291 y Anexos I y II (BOE: 05/09/70). *Ordenanza del trabajo para las industrias de la Construcción, vidrio y cerámica.* Corrección de errores: BOE 17/10/70.
- Orden de 20 de septiembre de 1986. (BOE: 13/10/86). *Modelo de libro de incidencias correspondiente a las obras en que sea obligatorio el estudio de Seguridad e Higiene.* Corrección de errores: BOE: 31/10/86.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

- Orden de 16 de diciembre de 1987. (BOE: 29/12/87). *Nuevos modelos para la notificación de accidentes de trabajo e instrucciones para su cumplimiento y tramitación.*
- Orden de 23 de mayo de 1977. (BOE 14/06/77). *Reglamento de aparatos elevadores para obras.* Modificación: Orden de 7 de marzo de 1981 (BOE: 14/03/81).
- Orden de 28 de junio de 1988. (BOE: 07/07/88). *Instrucción Técnica Complementaria MIE-AEM 2 del Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención referente a grúas-torre desmontables para obras.* Modificación: Orden de 16 de abril de 1990 (BOE: 24/04/90).
- RD 1316/1989 de 27 de octubre. (BOE: 02/11/89). *Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.*
- RD 1495/1986 de 26 de mayo (BOE: 21/07/86). *Reglamento de seguridad en las máquinas.*
- RD 1435/1992 de 27 de noviembre (BOE: 11/12/92), reformado por RD 56/1995 de 20 de enero (BOE: 08/02/95). *Disposiciones de aplicación de la Directiva 89/392/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas.*
- Orden de 9 de marzo de 1971. (BOE: 16 y 17/03/71). *Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.* Corrección de errores: BOE: 06/04/71. Modificación: BOE: 02/11/89. Derogados algunos capítulos por la Ley 31/1995, RD 485/1997, RD 486/1997, RD 664/1997, RD 665/1997, RD 773/1997 y RD 1215/1997.
- Art. 19. Escaleras de mano.
- Art. 21. Aberturas de pisos.
- Art. 22.- Aberturas en las paredes.
- Art. 23. Barandillas y plintos.
- Art. 25 a 28.- Iluminación.
- Art. 31.- Ruidos, vibraciones y trepidaciones.
- Art. 36. Comedores.
- Art. 38 a 43. Instalaciones Sanitarias y de Higiene.
- Art. 51. Protecciones contra contactos en las instalaciones y equipos eléctricos.
- Art. 58. Motores Eléctricos.
- Art. 59.- Conductores eléctricos.
- Art. 60.- Interruptores y cortocircuitos de baja tensión.
- Art. 70. Protección personal contra la electricidad.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

- Art. 82.- Medio de Prevención y extinción de incendios.
- Art. 83 a 93.- Motores, transmisiones y máquinas.
- Art. 94 a 96.- Herramientas portátiles.
- Art. 100 a 107.- Elevación y transporte.
- Art. 124. Tractores y otros medios de transportes automotores.
- Art. 145 a 151. Protecciones personales.

Resoluciones aprobatorias de Normas Técnicas Reglamentarias para distintos medios de protección personal de trabajadores.

- MT1.- Cascos de seguridad no metálicos BOE 30.12.74.
- MT2.- Protecciones auditivas. BOE 1.9.75
- MT4.- Guantes aislantes de la electricidad. BOE 3.9.75.
- MT5.- Calzado de seguridad contra riesgos mecánicos.
- MT7.- Adaptadores faciales. BOE 2.9.77.
- MT13.- Cinturones de sujeción. BOE 2.9.77.
- MT16.- Gafas de montura universal para protección contra impactos. BOE 17.8.78.
- MT17.- Oculares de protección contra impactos. BOE 7.2.79.
- MT21.- Cinturones de suspensión. BOE 16.3.81.
- MT22.- Cinturones de caída. BOE 17.3.81.
- MT25.- Plantillas de protección frente a riesgos de perforación. BOE 13.10.81.
- MT26.- Aislamiento de seguridad de las herramientas manuales en trabajos eléctricos de baja tensión. BOE 10.10.81.
- MT27.- Bota impermeable al agua y a la humedad. BOE 22.12.81.

Si correspondiera, en propio Reglamento de Régimen Interno de la Empresa.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

### **3. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN.**

#### **Protecciones personales.**

Todo equipo de protección individual llevará marcado europeo CE, marcado que lo clasifica como correcto para su uso previsto, y no otro. En los casos en que no lleve marcado CE será desechado para su uso.

La Dirección Técnica de obra con el auxilio del Delegado de Prevención dispondrá en cada uno de los trabajos en obra la utilización de los equipos de protección adecuados.

El personal de obra deberá conocer el uso de cada uno de los equipos de protección individual que se le proporcionen. En el caso concreto del cinturón de seguridad, será preceptivo que la Dirección Técnica de la obra proporcione al operario el punto de anclaje o en su defecto las instrucciones concretas para la instalación previa del mismo.

#### **Protecciones colectivas.**

- **Vallas de cierre y protección.**

La protección de todo el recinto de la obra se realizará mediante vallas autónomas de limitación y protección con altura suficiente, puerta de acceso para vehículos y puerta independiente de acceso de personal. Esta deberá mantenerse hasta la conclusión de la obra.

Cumplirán lo dispuesto en el apartado 11 de la parte C del anexo IV del Real Decreto.

Las vallas de protección tendrán como mínimo 90 cm. de altura estando construidas a base de tubos metálicos o de madera. Dispondrán de patas para mantener su estabilidad.

- **Extintores.**

Serán de polvo polivalente, revisándose periódicamente y se localizarán en cada maquinaria pesada y en la oficina general de obra.

- **Barandillas.**

Cumplirán la misma altura que las de delimitación, de 90 cm. y estarán diseñadas para sufrir un empuje de una persona (150 kp) y no desprenderse.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

#### **4. CONDICIONES TÉCNICAS DE LA MAQUINARIA.**

Las máquinas con ubicación fija en obra, serán instaladas por personal competente y debidamente autorizado.

El mantenimiento y reparación de estas máquinas quedará, asimismo, a cargo de tal personal, el cual seguirá siempre las instrucciones señaladas por el fabricante de las máquinas. Las operaciones de instalación y mantenimiento deberán registrarse documentalmente en los libros de registro pertinentes de cada máquina. De no existir estos libros para aquellas máquinas utilizadas con anterioridad en otras obras, antes de su utilización, deberán ser revisadas en profundidad por personal competente, asignándoles el mencionado libro de registro de incidencias.

Las máquinas con ubicación variable, deberán ser revisadas por personal experto antes de su uso en obra, quedando a cargo de la Dirección Técnica de la obra con la ayuda del Vigilante de Seguridad la realización del mantenimiento de las máquinas según las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

El personal encargado del uso de las máquinas empleadas en obra deberá estar debidamente cualificado y autorizado por parte de la Dirección Técnica de la obra proporcionándole las instrucciones concretas de uso

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

## **5. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS SERVICIOS DE HIGIENE Y BIENESTAR.**

Las instalaciones provisionales de obra se adaptarán en lo relativo a elementos, dimensiones y características a lo especificado en los artículos 39, 40, 41, y 42 de la Ordenanza General de Seguridad e Salud y 335, 336, y 337 de la Ordenanza Laboral de la Construcción, Vidrio y Cerámica.

Se precisa un recipiente con tapa para facilitar el acopio y retirada de los desperdicios y basuras que se genere durante las comidas del personal de la obra.

Para el servicio de limpieza de estas instalaciones higiénicas, se responsabilizará a una persona, la cual podrá alternar este trabajo con otros propios de la obra.

## **6. ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD EN OBRA.**

- **Servicio Técnico de Seguridad e Salud.**

La empresa dispondrá de asesoramiento técnico en Seguridad y Salud.

Todo el personal que realice su cometido en las fases del montaje en general, deberá realizar un curso de Seguridad y Salud, en el que se les indicarán las normas generales sobre Seguridad y Salud que en la ejecución de esta obra se van a adoptar.

Esta formación debería ser impartida por los jefes de Servicios Técnicos o mandos intermediarios, recomendándose su complementación por instituciones tales como los Gabinetes de seguridad e higiene en el trabajo, mutua de accidentes, etc.

Por parte de la dirección de la empresa en colaboración con la dirección técnica de la obra, se velará para que el personal sea instruido sobre las normas particulares que para la ejecución de cada tarea o para la utilización de cada máquina, sean requeridas.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

- **Seguro de Responsabilidad Civil y Todo Riesgo en obra.**

Será preceptivo en la obra, que los técnicos responsables dispongan de cobertura en materia de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia; imputables al mismo o a las personas de las que debe responder. Estas mismas condiciones serán exigibles a las subcontratas.

- **Comité de seguridad y salud.**

No será necesaria su constitución, ya que no se prevé que la obra tenga más de 30 trabajadores, por lo que no es obligatorio.

## **7. OBLIGACIONES DE LAS PARTES IMPLICADAS.**

### **7.1 Responsabilidad del Contratista.**

El Contratista será responsable ante los Tribunales de los accidentes que, por inexperiencia, descuido y mala o nula aplicación de la seguridad, sobrevinieran en la obra, ateniéndose en todo a las disposiciones de la Policía Urbana y leyes comunes sobre la materia.

### **7.2 Facultades de la Dirección de Seguridad de la Obra.**

- **Interpretación de los documentos del Estudio de Seguridad y Salud.**

Las incidencias que surjan en la interpretación de los documentos del Estudio de Seguridad y Salud o posteriormente durante la ejecución de los trabajos, serán resueltos por la Dirección de Seguridad, obligando a dicha resolución al contratista. Las especificaciones no descritas en este Pliego y que se encuentren en el resto de documentación que completa este Estudio se considerarán, por parte de la Contrata, como si figurasen en este Pliego de Condiciones. En caso de que en los documentos escritos se reflejen conceptos que no estén incluidos en planos o viceversa, el criterio a seguir lo decidirá la Dirección de Seguridad de la Obras.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

El contratista deberá consultar previamente cuantas aclaraciones estime oportunas para una correcta interpretación del estudio de Seguridad.

- **Aceptación de los elementos de seguridad.**

Los elementos de seguridad que se vayan a emplear en la obra, deberán ser aprobados por la Dirección de Seguridad, reservándose ésta el derecho de desechar aquéllos que no reúnan las condiciones necesarias.

- **Instalación deficiente de los elementos de seguridad.**

Si a juicio de la Dirección de Seguridad hubiera partes de la obra donde las medidas de seguridad resultasen insuficientes, estuvieran en mal estado o deficientemente instaladas, el contratista tendrá la obligación de disponerlas de la forma que ordene la Dirección de Seguridad, no otorgando estas modificaciones derecho a percibir indemnización de algún género, ni eximiendo al Contratista de las responsabilidades legales con que hubiera podido incurrir por deficiente o insuficiente instalación de elementos de seguridad.

### **7.3 Parte de accidente, deficiencias y libro de incidencias sobre seguridad y salud.**

Deberán existir en obra partes de accidente y deficiencias que recogerán como mínimo los siguientes datos:

- **Partes de accidente:** Identificación de la obra; día, mes y año en que se ha producido el accidente; hora de producción del accidente; nombre del accidentado; oficio y categoría profesional del accidentado; domicilio del accidentado; lugar en que se produjo el accidente; causas del accidente; consecuencias aparentes del accidente; especificación sobre los posibles fallos humanos; lugar, persona y forma de producirse la primera cura; lugar del traslado para hospitalización y testigos del accidente.
- **Parte de deficiencias:** Identificación de la obra; fecha en que se ha producido la observación; lugar de la obra en el que se ha hecho la observación; informe sobre la deficiencia observada y estudio sobre la mejora de la deficiencia en cuestión.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

- **Libro de Incidencias sobre Seguridad e Salud:** Este libro que consta de hojas cuadruplicadas, se facilitará por el Colegio del responsable de Seguridad y Salud. Estará permanentemente en la obra.

Las anotaciones en este Libro se escribirán cuando tenga lugar una incidencia por:

- El Ingeniero Técnico, director de Seguridad.
- El Ingeniero Director de la obra.
- El Ingeniero Técnico Director Técnico de la obra.
- Un técnico provincial de Seguridad e Salud en el Trabajo.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

## **8. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD.**

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, el Contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra.

En dicho plan se incluirán, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar en ningún caso una disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y salud. Durante la ejecución de la obra, este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del coordinador en materia de seguridad y salud. Cuando no fuera necesaria la designación del coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas; por lo que el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los antedichos, así como de la Dirección Facultativa.

Castellón, Octubre del 2016.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **Capítulo 3: PLANOS.**

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

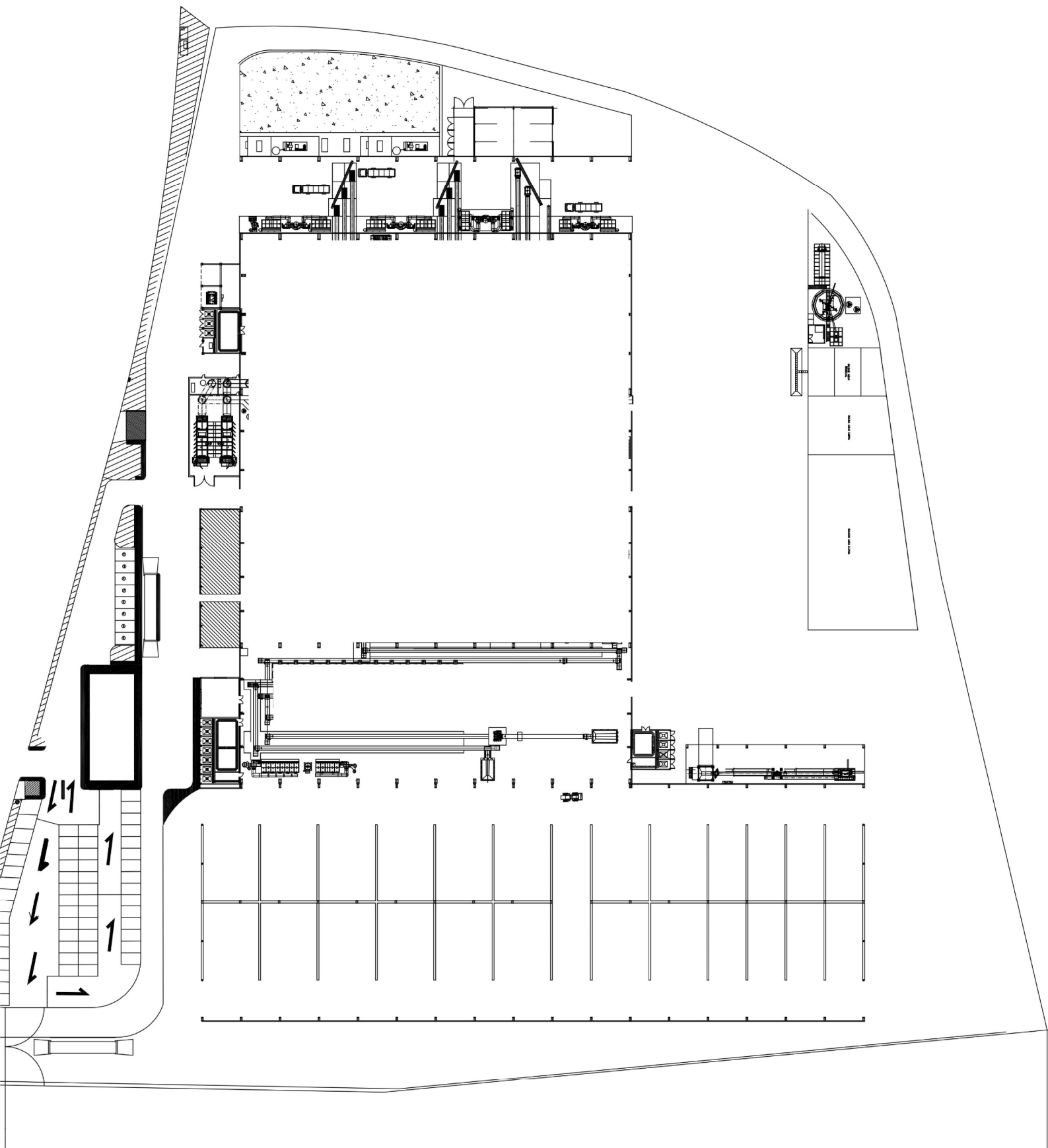
## **ÍNDICE**

**Plano 1: Plano completo de la planta.**

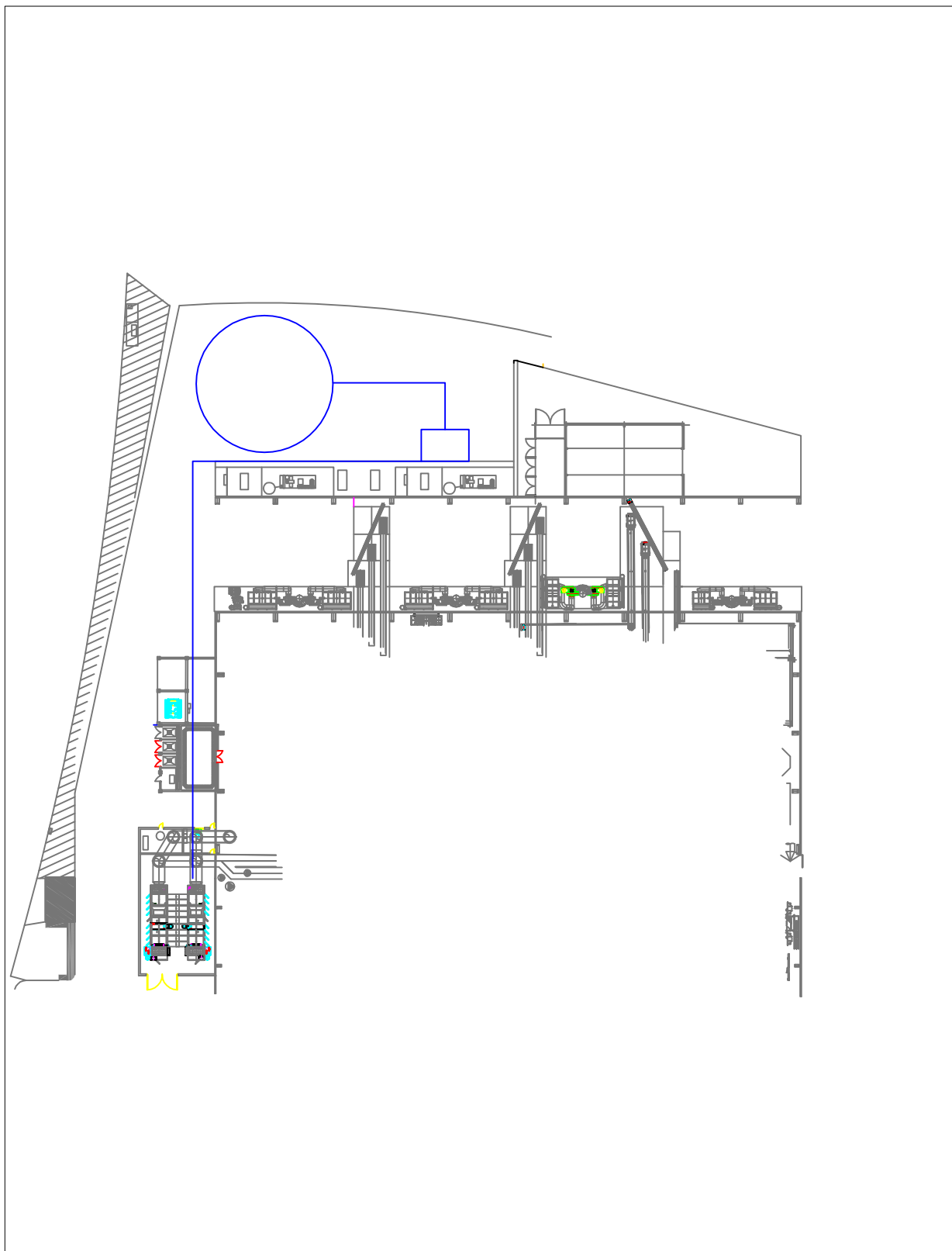
**Plano 2: Ampliación del plano de planta y ubicación de la instalación de abastecimiento de biogás.**

**Plano 3: Plano de la instalación de abastecimiento de biogás.**

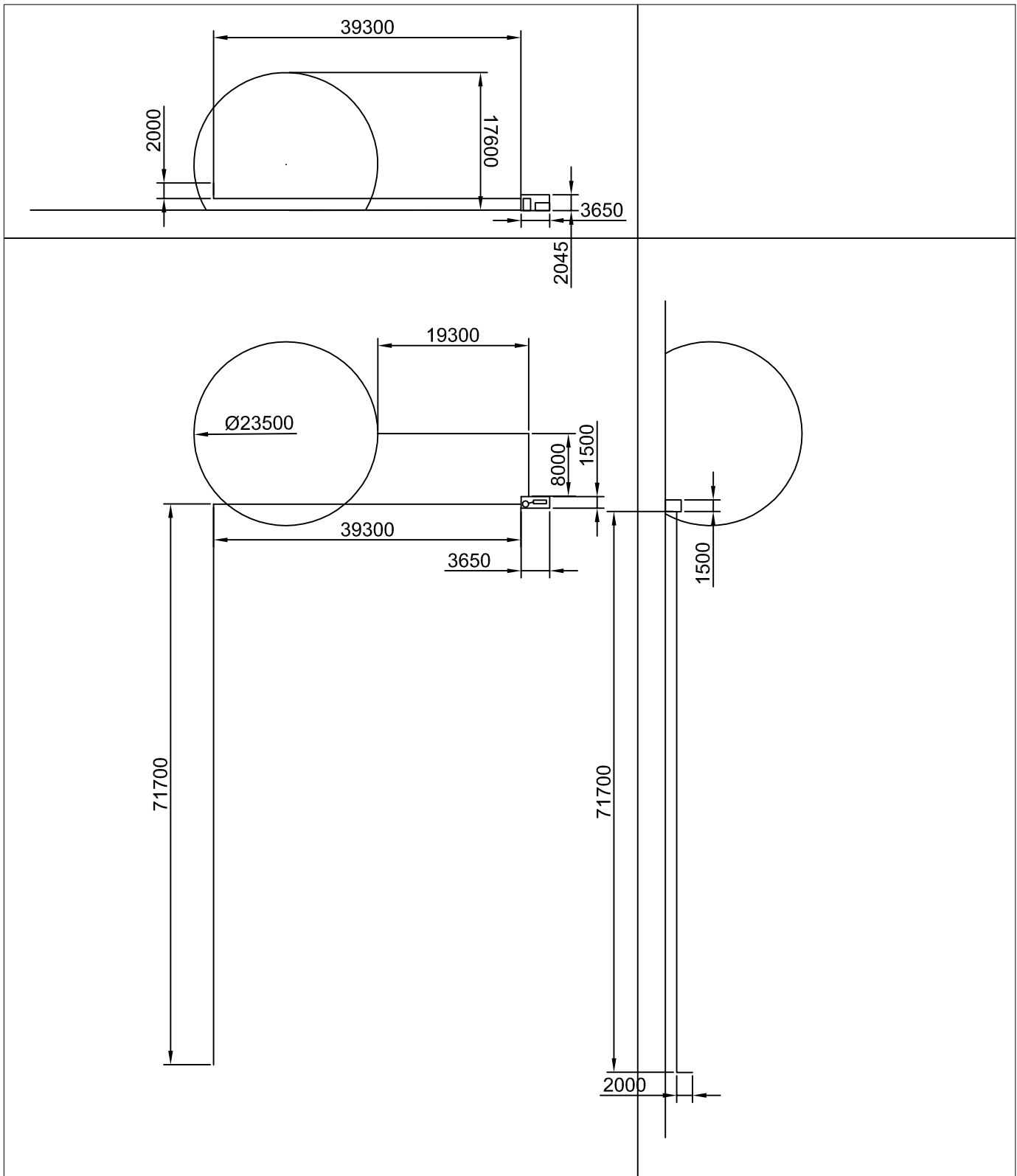
**Plano 4: Plano del compresor a instalar.**



Plano 1: Plano completo de la planta.



Plano 2: Ampliación del plano de planta y ubicación de la instalación de abastecimiento de biogás.



MARTA CHIVA BELTRÁN

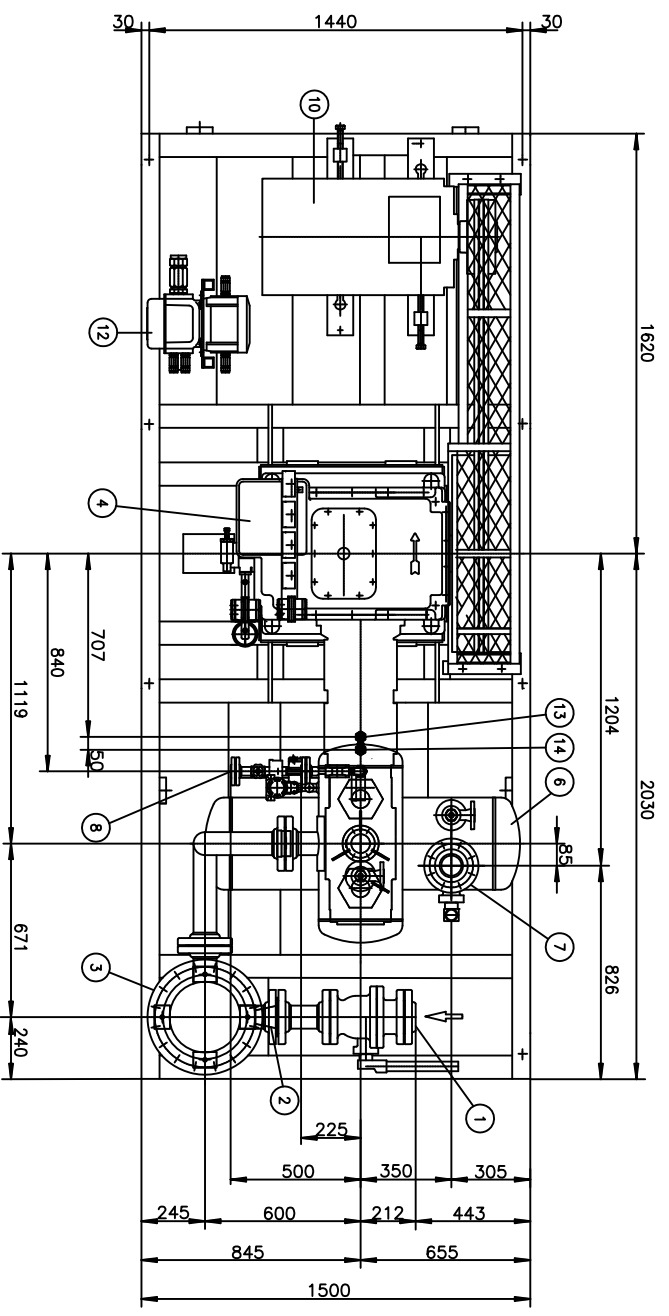
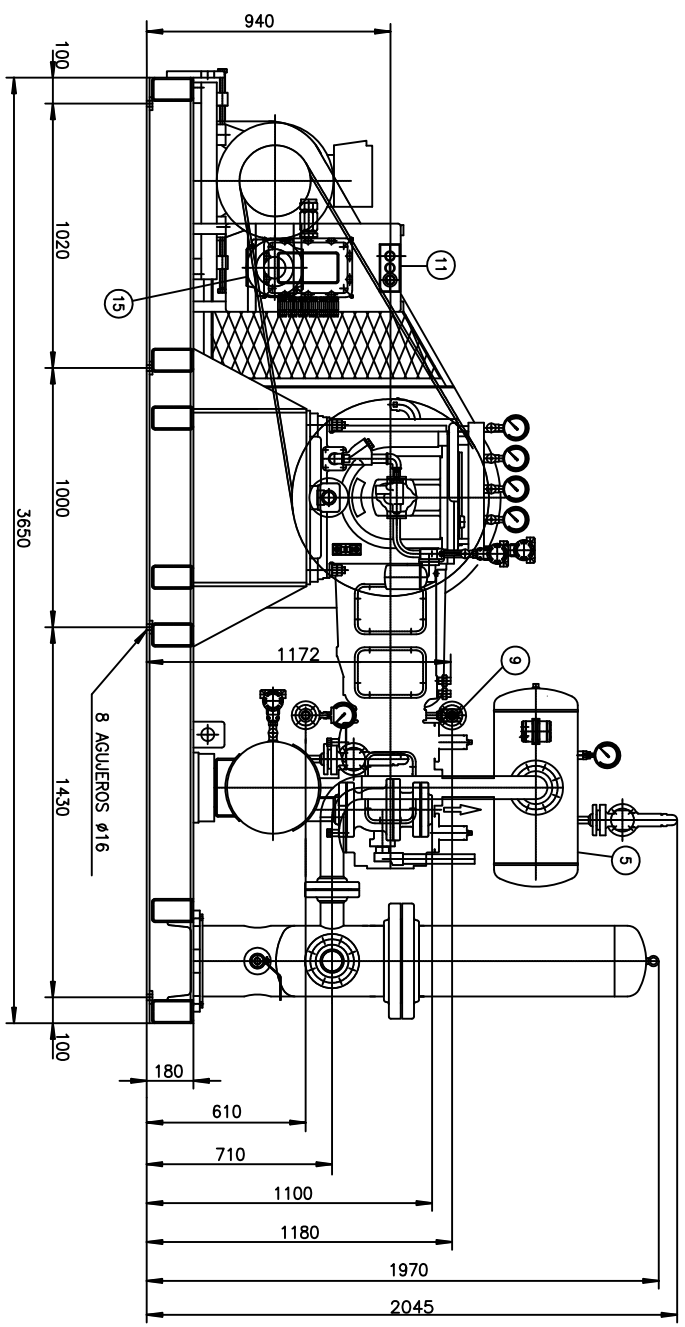
TRABAJO FINAL DE GRADO

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones de cerámicas.

Planos de la instalación de abastecimiento de biogás.

Fecha: Noviembre de 2016

Unidades: mm



- 1.-BRIDA ASPIRACION GAS 3" 300lbs SLIP-ON RF
- 2.-FILTRO TEMPORAL ASPIRACION 3" 300lbs
- 3.-FILTRO ASPIRACION GAS FFN-08/E
- 4.-COMPRESOR 1EHA-1-GT/160
- 5.-COLECTOR ASPIRACION
- 6.-COLECTOR ESCAPE
- 7.-BRIDA SALIDA GAS 3" 300lbs SLIP-ON RF
- 8.-BRIDA ENTRADA AGUA 1" 150lbs SLIP-ON RF (CON CONTRABRIDA)
- 9.-BRIDA SALIDA AGUA 1" 150lbs SLIP-ON RF (CON CONTRABRIDA)
- 10.-MOTOR ELECTRICO
- 11.-CAJA LOCAL DE BORNAS
- 12.-CAJA LOCAL CON PULSADORES
- 13.-TUERCA UNION 3/8" SW SALIDA FUGAS BLOQUE (CONECTAR A VENITEO)
- 14.-TUERCA UNION 3/8" SW SALIDA FUGAS EMPAQUETADURA (CONECTAR A VENITEO)
- 15.-CAJA ELECTROVALVULAS GUP-20

- 1.-GAS SUCTION FLANGE 3" 300lbs SLIP-ON RF
- 2.-SUCTION TEMPORARY STAINER 3" 300lbs
- 3.-GAS SUCTION FILTER FFN-08/E
- 4.-1EHA-1-GT/160 COMPRESSOR
- 5.-SUCTION MANIFOLD
- 6.-DELIVERY MANIFOLD
- 7.-GAS OUTLET FLANGE 3" 300lbs SLIP-ON RF
- 8.-WATER INLET FLANGE 1" 150lbs SLIP-ON RF (WITH COUNTERFLANG)
- 9.-WATER OUTLET FLANGE 1" 150lbs SLIP-ON RF (WITH COUNTERFLANG)
- 10.-ELECTRIC MOTOR
- 11.-TERMINALS LOCAL BOX
- 12.-LOCAL BOX WITH PUSSES-BUTTO
- 13.-UNION JOINT 3/8" SW DISTANCE PIECE LEAKAGES OUTLET (CONNET TO VENITEO)
- 14.-UNION JOINT 3/8" SW PACKING LEAKAGES OUTLET (CONNET TO VENITEO)
- 15.-SOLENOID VALVE BOX GUP-20

CIMENTACION SEGUN PLANO 229081  
 FOUNDATION ACCORDING TO DRAWING 229081

FECHA	FINA	FECHA	FINA
10/12/07	J.LLIZKANO	10/12/07	J.LLIZKANO
10/12/07	J.AEZUAGA		

**ARZAGA BASTARRICA Y CIA.-EBAR**

ESCALA EN FORMA A3	229079	FE
1/15		0
MONTAJE COMPRESOR 1EHA-1-GT/160	SISTEME A	
1EHA-1-GT/160 COMPRESOR ASSEMBLY	SISTEMO POR:	

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **Capítulo 4: PLIEGO DE CONDICIONES.**



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

**ÍNDICE**

<b>I. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES, FACULTATIVAS y ECONÓMICAS.....</b>	<b>página 4</b>
1. Disposiciones generales. ....	página 4
1.1 Disposiciones de carácter general.....	página 4
1.2 Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares.....	página 10
1.3 Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas. ....	página 16
2. Disposiciones facultativas. ....	página 19
2.1 Definición y atribuciones de los agentes.....	página 19
2.2 Agentes que intervienen en la obra. ....	página 22
2.3 Agentes en materia de seguridad y salud. ....	página 22
2.4 Agentes en materia de residuos.....	página 22
2.5 La Dirección Facultativa. ....	página 22
2.6 Visitas facultativas. ....	página 22
2.7 Obligaciones de los agentes intervinientes. ....	página 23
2.8 Documentación final de obra. ....	página 33
3. Disposiciones económicas. ....	página 34
3.1 Definición. ....	página 34
3.2 Contrato de obra. ....	página 34
3.3 Criterio general. ....	página 35
3.4 Fianzas. ....	página 35
3.5 Precios. ....	página 36
3.6 Obras por administración. ....	página 39
3.7 Valoración y abono de los trabajos. ....	página 40

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

3.8 Indemnizaciones mutuas. ....	página 43
3.9 Varios. ....	página 43
3.10 Retenciones en concepto de garantía. ....	página 44
3.11 Plazos de ejecución: Planing de la obra. ....	página 45
2.12 Liquidación económica de las obras. ....	página 45
3.13 Liquidación final de la obra. ....	página 46
<b>II. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....</b>	<b>página 47</b>
1. Objeto. ....	página 47
2. Prescripciones sobre los materiales. ....	página 47
2.1 Garantías de calidad. ....	página 47
2.2 Tuberías de acero inoxidable. ....	página 48
3. Normas de funcionamiento.....	página 49
3.1 Puesta en marcha de la instalación. ....	página 49
3.2 Instrucciones de uso y medidas de seguridad de la instalación de abastecimiento de biogás.....	página 50
3.3 Mantenimiento de la instalación de abastecimiento biogás.....	página 50
4. Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidad de obra.....	página 51
5. Almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de residuos.....	página 53

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **I. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES, FACULTATIVAS y ECONÓMICAS.**

### **1. Disposiciones generales.**

#### **1.1 Disposiciones de carácter general.**

##### **1.1.1 Objeto del Pliego de Condiciones**

El objeto de este Pliego de Condiciones, es el de determinar los criterios de la relación establecida entre los agentes que intervendrán en las obras definidas en este proyecto y servir de guía para la realización del contrato de obra entre el Promotor y Contratista.

##### **1.1.2 Contrato de obra.**

El presente contrato de obra, tiene por objetivo la incorporación de biogás como combustible a las turbinas de cogeneración de una planta de obtención de tierra atomizada estándar, implantando un sistema de almacenamiento y abastecimiento de biogás. Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. El Director de Obra ofrecerá la documentación necesaria para su realización.

##### **1.1.3 Documentación del contrato de obra.**

A continuación, se enumeran en orden de prioridad, los documentos que componen el contrato de obra a fin de evitar posibles interpretaciones:

- Pliego de Condiciones.
- Documentación gráfica y escrita del Proyecto: memoria, planos, anexos, mediciones y presupuestos.

Si existieran diferentes interpretaciones, prevalecen las especificaciones fijadas en el presente documento.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### **1.1.4 Proyecto Arquitectónico.**

El Proyecto Arquitectónico, está compuesto por los documentos que determinan y definen de manera inequívoca las exigencias técnicas, funcionales y estéticas de las obras contempladas en el artículo 2 de la Ley de Ordenación de la Edificación. En él se justificarán técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica vigente aplicable.

Si el proyecto se desarrollara mediante proyectos parciales se mantendrá la coordinación entre todos ellos, a fin de evitar duplicidad en la documentación y/o honorarios a percibir por los autores de estos proyectos parciales.

Los documentos complementarios al Proyecto, serán:

- Planos y documentación de las obras, que se vayan suministrando por el Director de Obra a lo largo de la misma.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Programa de Control de Calidad de Edificación y su Libro de Control.
- Estudio de Seguridad y Salud, o Estudio Básico de Seguridad y Salud.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, elaborado por el Contratista.
- Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.
- Licencias y otras autorizaciones administrativas.

#### **1.1.5 Reglamentación urbanística.**

La obra a realizar, se ajustará a las limitaciones aprobadas por los organismos competentes, especialmente a lo que se refiere a volúmenes, alturas, emplazamientos y ocupación del solar, así como a todas las modificaciones del Proyecto que pueda exigir la Administración para que éste se ajuste a las Ordenanzas y Normas vigentes.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### **1.1.6 Formalización del Contrato de Obra.**

Los Contratos de Obra, se formalizarán mediante un documento privado entre las partes interesadas. Dicho documento podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes intervinientes.

Estos contratos contendrán:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza, en caso de haber fianza.
- La cláusula en la que se exprese que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en el Proyecto.

El Contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General.

Serán a cuenta del Adjudicatario todos los gastos que ocasionen la extensión del documento en que se consigne al Contratista.

#### **1.1.7 Jurisdicción competente.**

En caso de existir desacuerdos entre las partes, ambas quedan obligadas a someter a discusión las diferencias a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

#### **1.1.8 Responsabilidad del Contratista.**

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra deficientes o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa halla examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hallan sido abonadas en liquidaciones parciales.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### **1.1.9 Accidentes en el trabajo.**

Es de obligado cumplimiento el Real Decreto 1627/1 997, del 24 de Octubre, por el que se establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud, en virtud del Real Decreto 1627/97, el control y seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.

#### **1.1.10 Daños y perjuicios a terceros.**

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las contiguas o colindantes. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiera lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse en las operaciones de ejecución de obra.

Asimismo, el Contratista será responsable de los daños y perjuicios, directos o indirectos que puedan ocasionarse a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso en los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como de los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de “Todo riesgo al derribo y la construcción”, suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el Promotor o Propiedad, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

#### **1.1.11 Anuncios y carteles.**

Sin previa autorización del Promotor, no se podrán colocar en las obras ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y los exigidos por la policía local.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### **1.1.12 Copia de documentos.**

El Contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de todos los documentos integrantes del Proyecto.

#### **1.1.13 Suministro de materiales.**

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al Contratista por retraso en el plazo de finalización de la obra o en los plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

#### **1.1.14 Hallazgos.**

El Promotor se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones. El Contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indique por parte del Director de Obra.

El Promotor abonará al Contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen, siempre que estén debidamente justificados y aceptados por la Dirección Facultativa.

#### **1.1.15 Causas de rescisión del contrato de obra.**

Se consideran causas suficientes de rescisión de contrato:

- La muerte o incapacitación del Contratista.
- La quiebra del Contratista.
- Las alteraciones del contrato por las siguientes causas:
  - i. La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del Director de Obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor al 100€.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

- ii. Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones de más o menos el 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
  - La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
  - Que el Contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
  - El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
  - El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
  - El abandono de la obra sin causas justificadas.
  - La mala fe en la ejecución de la obra.

#### **1.1.16 Omisiones: Buena fe.**

Las relaciones entre el Promotor y el Contratista, reguladas por el presente documento y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al Promotor por parte del Contratista mediante la ejecución de la obra, basándose en la BUENA FE mutua de ambas partes, que pretende beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de perjuicio. Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en el Pliego de Condiciones y la documentación complementaria del proyecto y de la obra, se entenderán siempre suplidas por la BUENA FE de las partes, que las subsanará debidamente con el fin de conseguir una adecuada CALIDAD FINAL de obra.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **1.2 Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares.**

Se describen las disposiciones básicas a considerar en la ejecución de las obras relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares, así como a las recepciones de los edificios objeto del presente proyecto y sus obras anexas.

### **1.2.1 Accesos y vallados.**

El Contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el Director de Ejecución de Obra su modificación o mejora.

### **1.2.2 Replanteo.**

El Contratista iniciará “in situ” el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se consideran a cargo del Contratista e incluidos en su oferta económica.

Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el Director de Obra. Será responsabilidad del Contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

### **1.2.3 Inicio de la obra y ritmo de ejecución.**

El contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los periodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del Contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El Director de Obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirá en la misma obra junto con él, el día de comienzo de los trabajos, el Director de la Ejecución de obra, el Promotor y el Contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el Director de la Obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

- Proyecto de ejecución, Anexos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Aviso previo a la Autoridad laboral competente efectuado por el Promotor.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuado por el Contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias.

La fecha de acta de comienzo de la obra, marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de obra.

#### **1.2.4 Orden de los trabajos.**

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente facultad del Contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la Dirección Facultativa.

#### **1.2.5 Facilidades para otros contratistas.**

De acuerdo con lo que requiere la Dirección Facultativa, el Contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya dado lugar por la utilización de los medios auxiliares o los suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, todos ellos se ajustarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### **1.2.6 Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor.**

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por causas imprevistas o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Contratista, está obligado a realizar, con su personal y sus materiales, cuanto la Dirección de Ejecución de Obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

#### **1.2.7 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto.**

El Contratista, podrá requerir del Director de Obra o del Director de Ejecución de Obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los Planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondiente, se comunicarán necesariamente por escrito al Contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del Director de Ejecución de Obra, como del Director de Obra.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el Contratista en contra de las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa, habrá que dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

#### **1.2.8 Prórroga por causa de fuerza mayor.**

Si por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del Director de Obra. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Director de Obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **1.2.9 Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra.**

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que, habiéndolos solicitado por escrito, no se le hubiesen proporcionado.

### **1.2.10 Trabajos defectuosos.**

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la instalación, el Contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la Dirección Facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderá extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de Ejecución de Obra advierta vicios o defectos en los trabajos efectuados, o que los materiales empleados, aparatos o equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del Contratista. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y/o reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Director de Obra, quien mediará para resolverla.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### **1.2.11 Vicios ocultos**

El Contratista es el único responsable de los vicios ocultos y de los defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente L.O.E., aparte de otras responsabilidades legales o de cualquier índole que puedan derivarse.

Si el Director de Ejecución de Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no que considere necesarios para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al Director de Obra.

El Contratista demolerá y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de obra mal ejecutadas, sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que el Director de Obra y/o el Director de Ejecución de Obra lo hayan examinado o reconocido con anterioridad, o que haya sido conformada o abonada una parte o la totalidad de las obras mal ejecutadas.

#### **1.2.12 Procedencia de materiales, aparatos y equipos.**

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los que se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesto en obra, el Contratista deberá presentar al Director de Ejecución de la Obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

#### **1.2.13 Presentación de muestras.**

A petición del Director de Obra, el contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### **1.2.14 Materiales, aparatos y equipos defectuosos.**

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones fuesen defectuosos, el Director de Obra, a instancias del Director de Ejecución de Obra, dará la orden al Contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen.

Si a los quince días de recibir el Contratista la orden de retirar los materiales que no estuviesen en condiciones no hubiera sido cumplida, podrá hacerlo el Promotor o Propiedad a cuenta del Contratista.

En el caso en que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos pero aceptables a juicio del Director de Obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el Contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

#### **1.2.15 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.**

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, correrán a cargo del Contratista.

#### **1.2.16 Limpieza de las obras.**

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean necesarias para que la obra presente el aspecto apropiado.

#### **1.2.17 Obras sin prescripciones explícitas.**

En la ejecución de trabajos que pertenecen a la construcción de las obras, y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego de Condiciones ni en el resto de documentos del proyecto, el Contratista se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte el Director Facultativo de las obras y en segundo lugar a las normas y prácticas de la construcción.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **1.3 Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas.**

#### **1.3.1 Consideraciones de carácter general.**

La recepción de la obra es el acto por el cual el Contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al Promotor y ésta es aceptada por él. Podrá realizarse con o sin reservas y debe abarcar la totalidad de la obra o fases completadas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde.

La recepción, deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el Promotor y el Contratista. Haciendo constar en ella:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de las mismas.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados se hará constar en un acta diferente, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, se exijan al Contratista para asegurar sus responsabilidades.

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el Director de Obra y el Director de Ejecución de la Obra.

El Promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales.

En todo caso, el rechazo deberá ser justificado por escrito en el acta, en la que se fijará un nuevo plazo para efectuar la recepción.

La recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de fin de obra, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada al Promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos los treinta días desde la fecha indicada, el Promotor hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivados por escrito.

El cómputo de los plazos de responsabilidad y garantía serán los establecidos en la L.O.E. y se iniciará a partir de la fecha en que se suscriba el acta de recepción, o cuando se entienda ésta tácitamente producida según los previsto en el apartado anterior.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **1.3.2 Recepción provisional.**

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, comunicará el Director de Ejecución de Obra al Promotor la proximidad de su fin, de manera que pueda fijarse la fecha del acto de la Recepción Provisional.

Ésta se realizará con la intervención de el Promotor, el Contratista y de los Directores de Obra y de Ejecución de Obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección de la obra con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado Final de Obra.

Cuando las obras se hallen en condiciones de ser recibidas, se hará constar expresamente en el Acta y se darán al Contratista las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no cumplierse, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

### **1.3.3 Documentación final de obra.**

El Director de ejecución de obra, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactaran la documentación final de sus obras, que se facilitará al Promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente, con lo que se establece en los párrafos 2, 3, 4 y 5, del apartado 2 del artículo 4º del Real Decreto 515/1989, de 21 de Abril.

### **1.3.4 Medición definitiva y liquidación provisional de la obra.**

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá a su medición definitiva por el Director de ejecución de obra, con precisa asistencia del Contratista o representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado aprobada por el Director de obra, que servirá para el abono por el Promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### **1.3.5 Plazo de garantía.**

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a seis meses.

#### **1.3.6 Conservación de las obras recibidas provisionalmente.**

Los gastos de conservación durante el plazo de entrega comprendido entre la recepción provisional y definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Si la instalación fuese utilizada antes de la recepción definitiva, la guarda, limpieza y reparación ocasionadas por el uso correrán a cargo de la Propiedad. Las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del Contratista.

#### **1.3.7 Recepción definitiva.**

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esta fecha, cesará la obligación del Contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de las instalaciones, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de vicios de construcción.

#### **1.3.8 Prórroga del plazo de garantía.**

Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Director de Obra indicará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de fianza.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **1.3.9 Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida.**

En caso de resolución de contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar en el plazo fijado la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno.

Las obras y los trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente. Transcurrido el plazo de garantía, se recibirá, definitivamente según lo dispuesto anteriormente.

Para las obras y trabajos no finalizados pero aceptables a juicio del Director de Obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **2. Disposiciones facultativas.**

### **2.1 Definición y atribuciones de los agentes de la edificación.**

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.). Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación.

Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la L.O.E. y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención. Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la ejecución de la obra, considerándose:

#### **2.1.1 El Promotor.**

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o de manera colectiva decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la obra, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios. Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la obra.

Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la Legislación de contratos de las Administraciones públicas y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la L.O.E.

#### **2.1.2 El Projectista.**

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto. Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de la L.O.E., cada projectista asumirá la titularidad de su proyecto.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **2.1.3 El Contratista.**

Es el agente que asume, contractualmente ante el Promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

Es el responsable explícito de los vicios o defectos constructivos, sin perjuicio del derecho de repetición de éste hacia los subcontratistas.

### **2.1.4 El Director de Obra.**

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del Director de Obra.

### **2.1.5 El Director de Ejecución de Obra.**

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo instalado.

Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el Ingeniero, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimara necesarios para poder dirigir de manera correcta la ejecución de las mismas.

### **2.1.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la instalación.**

Son entidades de control de calidad de la instalación aquellas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la instalación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de la obra.

#### **2.1.7 Los suministradores de productos.**

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción para la instalación.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

#### **2.2 Agentes que intervienen en la obra según la Ley 38/99.**

#### **2.3 Agentes en materia de seguridad y salud según El Real Decreto 1627/97.**

#### **2.4 Agentes en materia de residuos según EL Real Decreto 105/08**

#### **2.5 La Dirección Facultativa.**

En correspondencia con la L.O.E., la Dirección Facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la Dirección Facultativa se integrará el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a un facultativo distinto de los anteriores.

Representa técnicamente los intereses del Promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.

#### **2.6 Visitas facultativas.**

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la Dirección Facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

## **2.7 Obligaciones de los agentes intervinientes.**

Las obligaciones de los agentes que intervienen en la ejecución de la obra son las contenidas en los artículos 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16, del capítulo 111 de la L.O.E. y demás legislación aplicable.

### **2.7.1 El Promotor.**

Son obligaciones del Promotor:

Ostentar sobre la propiedad la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él. Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al Director de Obra, al Director de la Ejecución de la Obra y al Contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.

Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.

Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes, de conformidad con la normativa aplicable.

Garantizar los daños materiales que la instalación pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.

Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D. 1627/97, de 24 de octubre, por el que se



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.

El Promotor no podrá dar orden de inicio de las obras hasta que el Contratista haya redactado su Plan de Seguridad y, además, éste haya sido aprobado por el Coordinador en Materia de Seguridad y Salud en fase de Ejecución de la obra, dejando constancia expresa en el Acta de Aprobación realizada al efecto.

Efectuar el denominado Aviso Previo a la autoridad laboral competente, haciendo constar los datos de la obra, redactándolo de acuerdo a lo especificado en el Anexo III del R.D.1627/97. Una copia del mismo deberá exponerse en la obra de forma visible, actualizándolo si fuese necesario.

Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

### **2.7.2 El Projectista.**

Son obligaciones del Projectista:

Redactar el proyecto por encargo del Promotor, con sujeción a la normativa técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al Promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.

Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales de la instalación, en especial las posibles cimentaciones y estructuras.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en la instalación para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo éstos adaptarse al Proyecto de Ejecución, y no pudiendo contravenirlo en modo alguno.

Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al Arquitecto antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.

Acordar con el Promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.

Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del Ingeniero y por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos. Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del Ingeniero y previo acuerdo con el Promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.

Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **2.7.3 El Contratista.**

Son obligaciones del Contratista:

Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.

Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.

Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del R.D. 1627/97 de 24 de octubre.

Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como de cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.

Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las instrucciones del Ingeniero Director de Obra y del Director de la Ejecución Material de la Obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales, aun cuando estos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.

Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.

Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el Ingeniero o Ingeniero técnico, Director de Ejecución Material de la Obra.

Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.

Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del Director de la Ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.

Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen la instalación una vez finalizada.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Poner a disposición del Arquitecto Técnico o Aparejador los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.

Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la Dirección Facultativa.

Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.

Facilitar a los Arquitectos Directores de Obra, en el caso de que los hubiese, los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.

Suscribir las garantías de obra que se señalan en el Artículo 19 de la Ley de Ordenación de la Edificación y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad de la instalación).

#### **2.7.4 El Director de Obra.**

Son obligaciones del Director de Obra:

Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.

Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al Promotor.

Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

sustancialmente a la distribución de espacios, así como la modificación de los materiales previstos.

Asesorar al Director de la Ejecución de la Obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.

Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.

Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del Promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Informar puntualmente al Promotor de aquellas modificaciones sustanciales que por razones técnicas o normativas, conllevan una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de la instalación.

Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados. Al Proyecto Final de Obra se anexará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento de la instalación, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Además de todas las facultades que corresponden al Arquitecto Director de Obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada alta dirección en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.

Cabe señalar expresamente que la resistencia al cumplimiento de las órdenes de los Arquitectos Directores de Obra en su labor de alta dirección se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá recusar al Contratista y/o acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el Contratista de las consecuencias legales y económicas.

### **2.7.5 El Director de Ejecución de Obra.**

Acontece al Ingeniero. Según se establece en el Artículo 13 de la LOE y demás legislación vigente al efecto, las atribuciones competenciales y obligaciones que se señalan a continuación:

La Dirección inmediata de la Obra.

Verificar personalmente la recepción a pié de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.

Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del Director de Obra.

Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al Arquitecto o Arquitectos Directores de Obra, si aplica que fueran necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el Contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.

Comprobar los replanteos, los materiales, hormigones y demás productos suministrados, exigiendo la presentación de los oportunos certificados de idoneidad de los mismos.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, extendiéndose dicho cometido a todos los elementos de cimentación y estructura horizontal y vertical, con comprobación de sus especificaciones concretas de dimensionado de elementos, tipos de viguetas y adecuación a ficha técnica homologada, diámetros nominales, longitudes de anclaje y adecuados solape y doblado de barras.

Cumplimiento de todas las normativas que son de aplicación; a dimensiones parciales y totales de elementos, a su forma y geometría específica, así como a las distancias que deben guardarse entre ellos, tanto en horizontal como en vertical.

Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencia necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al Contratista y, en su caso, a los subcontratistas. Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.

Supervisar posteriormente el correcto cumplimiento de las órdenes previamente efectuadas y la adecuación de lo realmente ejecutado a lo ordenado previamente.

Verificar el adecuado trazado de instalaciones, conductos, acometidas, redes de evacuación y su dimensionado, comprobando su idoneidad y ajuste tanto a las especificaciones del proyecto de ejecución como de los proyectos parciales, coordinando dichas actuaciones con los técnicos redactores correspondientes.

Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los Directores de Obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al Promotor.

Supervisar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, respecto a lo especificado por la normativa vigente, en cuyo cometido y obligaciones tiene legalmente competencia exclusiva, programando bajo su responsabilidad y debidamente coordinado y auxiliado por el Contratista, las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias de elementos estructurales, y la eficacia de las soluciones.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Informar con prontitud a los Directores de Obra de los resultados de los Ensayos de Control conforme se vaya teniendo conocimiento de los mismos, proponiéndole la realización de pruebas complementarias en caso de resultados adversos.

Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Colaborar activa y positivamente con los restantes agentes intervinientes, sirviendo de nexo de unión entre éstos, el Contratista, los Subcontratistas y el personal de la obra.

Elaborar y suscribir responsablemente la documentación final de obra relativa a los resultados del Control de Calidad y, en concreto, a aquellos ensayos y verificaciones de ejecución de obra realizados bajo su supervisión.

Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.

Si se hiciera caso omiso de las órdenes efectuadas por el Ingeniero, Director de la Ejecución de las Obras, se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el Contratista de las consecuencias legales y económicas.

#### **2.7.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la instalación.**

Son obligaciones de las entidades o laboratorios de control de calidad:

Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, el director de la ejecución de las obras.

Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **2.7.7 Los suministradores de productos.**

Son obligaciones de los suministradores de producto:

Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.

Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

### **2.7.8 Los Propietarios y los usuarios.**

Son obligaciones de los propietarios y usuarios de la instalación:

Conservar en buen estado la instalación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada, los seguros y garantías con que ésta cuente.

La utilización adecuada de la instalación o de parte de la misma de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

## **2.8 Documentación final de obra.**

Finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el Director de Obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento de la instalación, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, será entregada a los usuarios finales.

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la instalación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **3. Disposiciones económicas.**

#### **3.1 Definición.**

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, Promotor y Contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

#### **3.2 Contrato de obra.**

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el Promotor y el Contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (Director de Obra y Director de Ejecución de la Obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el Contratista.
- Condiciones de ocupación del edificio e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del Contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del Promotor.
- Presupuesto del Contratista.
- Revisión de precios.
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

### **3.3 Criterio general.**

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.), tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

### **3.4 Fianzas.**

El Contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra:

#### **3.4.1 Ejecución de trabajos con carga a la fianza.**

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en nombre y representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

#### **3.4.2 Devolución de las fianzas.**

La fianza recibida será devuelta al Contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El Promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

#### **3.4.3 Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales.**

Si el Promotor, con la conformidad del Director de Obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **3.5 Precios.**

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construcción de la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

#### **3.5.1 Precio básico.**

Es el precio por unidad (ud, m, kg , etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga en obra, embalajes, etc. ) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

#### **3.5.2 Precio unitario.**

Es el precio de una unidad de obra que obtendremos como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.
- Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.
- Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en concreto.

En relación a la composición de los precios, el vigente Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre) establece que la composición y el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Considera costes directos:

- La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Deben incluirse como costes indirectos:

- Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos.
- Todos estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.
- Las características técnicas de cada unidad de obra, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución, se encuentran en el apartado de 'Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.', junto a la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra. Si en la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio de la unidad de obra, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra contratada.

Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución de las unidades de obra:

- El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales en obra, incluso carga y descarga de los camiones.
- Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero de obra.
- Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada una de las unidades de obra.

### **3.5.3 Presupuesto de Ejecución Material (PEM).**

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

### **3.5.4 Precios contradictorios.**

Sólo se producirán precios contradictorios cuando el Promotor, por medio del Director de Obra, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista siempre estará obligado a efectuar los cambios indicados.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Director de Obra y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el contrato de obra o, en su defecto, antes de quince días hábiles desde que se le comunique fehacientemente al Director de Obra. Si subsiste la diferencia, se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiese se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato de obra. Nunca se tomará para la valoración de los correspondientes precios contradictorios la fecha de la ejecución de la unidad de obra en cuestión.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **3.5.5 Reclamación de aumento de precios.**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

### **3.5.6 Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios.**

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra recogido en este Pliego de Condiciones.

### **3.5.7 Revisión de los precios contratados.**

El presupuesto presentado por el Contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

### **3.5.8 Acopio de materiales.**

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el Promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el Contratista responsable de su guarda y conservación.

## **3.6 Obras por administración.**

Se denominan "Obras por administración" aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el Promotor, bien por sí mismo, por un representante suyo o por mediación de un Contratista.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Las obras por administración se clasifican en dos modalidades:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración delegada o indirecta.

Según la modalidad de contratación, en el contrato de obra se regulará:

- Su liquidación.
- El abono al Contratista de las cuentas de administración delegada.
- Las normas para la adquisición de los materiales y aparatos.
- Responsabilidades del Contratista en la contratación por administración en general y, en particular, la debida al bajo rendimiento de los obreros.

### **3.7 Valoración y abono de los trabajos.**

#### **3.7.1 Forma y plazos de abono de las obras.**

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (Promotor y Contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por la propiedad en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el Director de Ejecución de la Obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El Director de Ejecución de la Obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por unidad de obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el Contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al Director de Ejecución de la Obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el Contratista.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al Contratista, queda éste obligado a aceptar las decisiones del Promotor sobre el particular.

### **3.7.2 Relaciones valoradas y certificaciones.**

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, que sean imputables al Contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el Promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo al que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

### **3.7.3 Mejoras de obras libremente ejecutadas.**

Cuando el Contratista, incluso con la autorización del Director de Obra, emplease materiales de más esmerada preparación de mayor tamaño que el señalado en el proyecto, sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese asignado mayor precio, ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin solicitársela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la Dirección Facultativa, no tendrá derecho más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### **3.7.4 Abonos de trabajos presupuestados con partida alzada.**

El abono de los trabajos presupuestados en partida alzada se efectuará previa justificación por parte del Contratista. Para ello, el Director de Obra indicará al Contratista, con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta.

#### **3.7.5 Abono de trabajos especiales no contratados.**

Cuando fuese preciso efectuar cualquier tipo de trabajo de índole especial u ordinaria que, por no estar contratado, no sea de cuenta del Contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por la Propiedad por separado y en las condiciones que se estipulen en el contrato de obra.

#### **3.7.6 Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía.**

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones, sin estar sujetos a revisión de precios.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **3.8 Indemnizaciones mutuas.**

#### **3.8.1 Indemnización por retraso del plazo de fin de obras.**

Si, por causas imputables al Contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el Promotor podrá imponer al Contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

#### **3.8.2 Indemnización por demora de los pagos por parte del Promotor.**

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

### **3.9 Varios.**

#### **3.9.1 Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra.**

Sólo se admitirán mejoras de obra, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como de los materiales y maquinaria previstos en el contrato.

Sólo se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ampliación de las contratadas como consecuencia de observar errores en las mediciones de proyecto.

En ambos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o maquinaria ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirá el mismo criterio y procedimiento, cuando el Director de Obra introduzca innovaciones que supongan una reducción en los importes de las unidades de obra contratadas.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **3.9.2 Unidades de obra defectuosas.**

Las obras defectuosas no se valorarán.

### **3.9.3 Seguro de las obras.**

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

### **3.9.4 Conservación de la obra.**

El Contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

### **3.9.5 Uso por el Contratista del edificio o bienes del Promotor.**

No podrá el Contratista hacer uso de edificios o bienes del Promotor durante la ejecución de las obras sin el consentimiento del mismo.

Al abandonar el Contratista la instalación, tanto por buena terminación de las obras, como por resolución del contrato, está obligado a dejarlo en buen estado en el plazo que se estipule en el contrato de obra.

### **3.9.6 Pago de arbitrios.**

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista, siempre que en el contrato de obra no se estipule lo contrario.

### **3.10 Retenciones en concepto de garantía.**

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al Promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del Promotor durante el tiempo designado como PERIODO DE GARANTÍA, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al Contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

### **3.11 Plazos de ejecución: Planing de la obra.**

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

### **3.12 Liquidación económica de las obras.**

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el Promotor y el Contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, los manuales, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el Promotor, el Contratista, el Director de Obra y el Director de Ejecución de la Obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del Promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **3.13 Liquidación final de la obra.**

Entre el Promotor y Contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta solo mediará en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **II. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.**

### **1. Objeto.**

El objeto del presente documento es reflejar los requisitos técnicos básicos para realizar la instalación y puesta en marcha del sistema de abastecimiento de biogás.

### **2. Prescripciones sobre los materiales.**

#### **2.1 Garantías de calidad.**

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Higiene, salud y medioambiente.
- Seguridad en caso de incendio.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación de la conformidad establecido por la correspondiente Decisión de la Comisión Europea. Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del Director de la Ejecución de la Obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del mercado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el Real Decreto 1630/ 1992 por el que se transpone a nuestro ordenamiento legal la Directiva de Productos de Construcción 89/1 06/CEE.



Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

El marcado CE se materializa mediante el símbolo "CE" acompañado de una información complementaria. El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- El número de identificación del organismo notificado (cuando proceda).
- El nombre comercial o la marca distintiva del fabricante.
- La dirección del fabricante.
- El nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica.
- Las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto.
- El número del certificado CE de conformidad (cuando proceda).

## **2.2 Tuberías de acero inoxidable.**

Todas las tuberías y elementos accesorios suministrados de acero inoxidable, deberán ser de acero inoxidable AISI 316L, este tipo de acero inoxidable presenta una mejor resistencia a la corrosión que el del tipo 316 o 304., debido a su contenido en molibdeno.

### **Condiciones de suministro.**

Las tuberías deben suministrarse protegidas, de manera que no se alteren sus características ni propiedades.

### **Recepción y Control.**

Este material debe estar marcado periódicamente a lo largo de una generatriz, de forma indeleble, con:

- La marca del fabricante.
- Los caracteres correspondientes a la designación normalizada.

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **Conservación, almacenamiento y manipulación.**

El almacenamiento se realizará en lugares protegidos de impactos y de la humedad. Se colocarán paralelos y en posición horizontal sobre superficies planas.

Deben cortarse perpendicularmente al eje longitudinal de la tubería y quedar limpio de rebabas.

### **3. Normas de funcionamiento.**

#### **3.1 Puesta en marcha de la instalación.**

Antes de la puesta en marcha de la instalación se procederá al secado y limpieza interior de las tuberías y elementos.

Se comprobará que el regulador del gasómetro es estanco a caudal nulo y la seguridad de máxima (VIS) una vez disparada, también lo es.

La apertura de la llave del suministro de biogás, sólo podrá realizarse por la persona delegada para esta función.

Cuando se llenen de gas las canalizaciones se hará de manera que se evite la formación de mezcla aire-gas comprendida entre los límites de inflamabilidad del gas. Para ello, la introducción del gas se hará a velocidad moderada y continuada para reducir el riesgo de mezcla inflamable en la zona de contacto o bien se separarán ambos fluidos con un tapón de gas inerte o un pistón de purga.

Al realizar el purgado se cuidará de no dañar ningún elemento.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

### **3.2 Instrucciones de uso y medidas de seguridad de instalación de abastecimiento biogás.**

Una vez realizada la puesta en marcha de la instalación de abastecimiento de biogás, se deben tener en cuenta una serie de recomendaciones, con el fin de asegurar un correcto funcionamiento, seguridad y mantenimiento de la instalación. Algunas de estas recomendaciones son:

- Deberá haber personal responsable de la instalación de abastecimiento de biogás.
- Se deberán seguir las instrucciones indicadas en los manuales de utilización y mantenimiento de los diferentes equipos, gasómetro y compresor. Estos manuales deberán estar siempre a disposición del personal responsable de la instalación.
- Las diferentes válvulas de seccionamiento serán fácilmente accesibles con objeto de poder cortar el suministro ante cualquier emergencia.
- Se debe comprobar periódicamente el buen funcionamiento de las válvulas, de igual modo debe realizarse la inyección de engrase lubricante y sellado según las especificaciones de las válvulas instaladas.
- Al manipular la instalación, deberán utilizarse herramientas antichispas.

### **3.3 Mantenimiento de la instalación de abastecimiento biogás.**

A fin de asegurar el perfecto funcionamiento de la línea de abastecimiento de biogás, será necesario realizar las siguientes operaciones de mantenimiento:

- Inspeccionar ocularmente el estado de todas las tuberías y aparatos, caso de existir corrosiones se deben sanear y proceder al repintado.
- Debe realizarse con una periodicidad de cuatro años una prueba de estanqueidad y con una frecuencia menor comprobar las juntas y conexiones de aparatos con agua jabonosa.
- Vigilar las presiones delante de los reguladores para comprobar que los mismos funcionan correctamente.
- En caso de avería de los reguladores, electroválvulas de seguridad se debe avisar al encargado del mantenimiento de la instalación.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

#### **4. Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidad de obra.**

Las prescripciones para la ejecución de cada una de las diferentes unidades de obra se organizan en los siguientes apartados:

- **Características técnicas:** se describe la unidad de obra, detallando de manera pormenorizada los elementos que la componen, con la nomenclatura específica correcta de cada uno de ellos, de acuerdo a los criterios que marca la propia normativa.
- **Normativa de aplicación:** se especifican las normas que afectan a la realización de la unidad de obra.
- **Criterio de medición en proyecto:** indica cómo se ha medido la unidad de obra en la fase de redacción del proyecto, medición que luego será comprobada en obra.
- Antes de iniciarse los trabajos de ejecución de cada una de las unidades de obra, el Director de la Ejecución de la Obra habrá recepcionado los materiales y los certificados acreditativos exigibles, en base a lo establecido en la documentación pertinente por el técnico redactor del proyecto.
- En determinadas condiciones climáticas (viento, lluvia, humedad, etc.) no podrán iniciarse los trabajos de ejecución de la unidad de obra.
- En algunos casos, será necesaria la presentación al Director de la Ejecución de la Obra de una serie de documentos por parte del Contratista, que acrediten su cualificación para realizar cierto tipo de trabajos.
- **Comprobación en obra de las mediciones efectuadas en proyecto y abono de las mismas:** Indica cómo se comprobarán en obra las mediciones de Proyecto, una vez superados todos los controles de calidad y obtenida la aceptación final por parte del Director de Ejecución de la Obra.
- **Proceso de ejecución:** En este apartado se desarrolla el proceso de ejecución de cada unidad de obra, asegurando en cada momento las condiciones que permitan conseguir el nivel de calidad previsto para cada elemento constructivo en particular.
- **Fases de ejecución:** Se enumeran, por orden de ejecución, las fases de las que consta el proceso de ejecución de la unidad de obra.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

- **Condiciones de terminación:** se hace referencia a las condiciones en las que debe finalizarse cada unidad de obra, una vez aceptada, para que no interfiera negativamente en el proceso de ejecución del resto de unidades y quede garantizado su buen funcionamiento.
- Una vez terminados los trabajos correspondientes a la ejecución de cada unidad de obra, el Contratista retirará los medios auxiliares y procederá a la limpieza del elemento realizado y de las zonas de trabajo, recogiendo los restos de materiales y demás residuos originados por las operaciones realizadas para ejecutar la unidad de obra, siendo todos ellos clasificados, cargados y transportados a centro de reciclaje, vertedero específico o centro de acogida o transferencia.
- No será de abono al Contratista mayor volumen de cualquier tipo de obra que el definido en los planos o en las modificaciones autorizadas por la Dirección Facultativa. Tampoco le será abonado, en su caso, el coste de la restitución de la obra a sus dimensiones correctas, ni la obra que hubiese tenido que realizar por orden de la Dirección Facultativa para subsanar cualquier defecto de ejecución.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **5. Almacenamiento, manejo, separación y otras operaciones de gestión de residuos.**

El depósito temporal de los escombros se realizará en contenedores metálicos con la ubicación y condiciones establecidas en las ordenanzas municipales, o bien en sacos industriales con un volumen inferior a un metro cúbico, quedando debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

Aquellos residuos valorizables como maderas, plásticos, chatarra, etc., se depositarán en contenedores debidamente señalizados y segregados del resto de residuos, con el fin de facilitar su gestión.

El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas pertinentes para evitar que se depositen residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos fuera del horario de trabajo, con el fin de evitar el depósito de restos ajenos a la obra y el derramamiento de los residuos.

Se evitará la contaminación mediante productos tóxicos o peligrosos de los materiales plásticos, restos de madera, acopios o contenedores de escombros, con el fin de proceder a su adecuada segregación.

Los contenedores deberán estar pintados con colores vivos, que sean visibles durante la noche, y deben contar con una banda de material reflectante de al menos 15 centímetros a lo largo de todo su perímetro, figurando de forma clara y legible la siguiente información:

- Razón social.
- Código de Identificación Fiscal (C.I.F.).
- Número de teléfono del titular del contenedor/envase.
- Número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos del titular del contenedor.

Dicha información deberá quedar también reflejada, a través de adhesivos o placas, en los envases industriales u otros elementos de contención.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

El constructor deberá efectuar un estricto control documental, de modo que los transportistas y gestores de RCDs presenten los vales de cada retirada y entrega en destino final. En el caso de que los residuos se reutilicen en otras obras o proyectos de restauración, se deberá aportar evidencia documental del destino final.

Se deberán cumplir las prescripciones establecidas en las ordenanzas municipales y los requisitos y condiciones de la licencia de obra, especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje.

Estudio de viabilidad de la incorporación de biogás como combustible en una planta de secado por atomización de suspensiones cerámicas.

## **Capítulo 5: PRESUPUESTO.**



**ÍNDICE**

<b>1. Presupuesto de ejecución por material (P.E.M) .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Presupuesto de ejecución por contrata parcial (P.E.C<sub>parcial</sub>) .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Presupuesto de ejecución por contrata e inversión inicial.....</b>	<b>7</b>

Estudio de viabilidad de la modificación de los gases de combustión en una planta de secado por atomización de suspensiones de pasta blanca.

### 1. Presupuesto de ejecución por material (P.E.M).

A continuación, se detallan las partidas presupuestarias para el presente proyecto. Éste se divide en cinco partidas: sistema de almacenamiento de biogás, conducciones, sistema de compresión, mantenimiento y dirección de obra. Los precios unitarios y los presupuestos por ejecución de material se recogen en las siguientes figuras:

<b>Partida 1: Sistema de almacenamiento de biogás</b>			
Elemento	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Gasómetro de doble membrana Sattler	1	100.000	100.000
			<b>Total 100.000 €</b>

Figura 5.1.1: Partida 1.

<b>Partida 2: Conducciones</b>			
Elemento	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Tubo acero inoxidable 28 mm diámetro exterior y 1,2 mm espesor	27,8 m	7,42 €/m	206,28
Tubo acero inoxidable 42 mm diámetro exterior y 1,5 mm espesor	113,40 m	13,87 €/m	1.567,31
Codo de 90° estándar de acero inoxidable 28mm diámetro exterior	1 unidad	5,99 €/unidad	5,99
Codo de 90° estándar de acero inoxidable 42 mm diámetro exterior	2 unidad	16,10 €/unidad	32,20
Instalación	48 h	9,5 €/h	456
			<b>Total: 2.267,78 €</b>

Figura 5.1.2: Partida 2.

Estudio de viabilidad de la modificación de los gases de combustión en una planta de secado por atomización de suspensiones de pasta blanca.

<b>Partida 3: Sistema de compresión</b>			
Elemento	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Compresor 1EHA-1-GT	1	67.200	67.200
			<b>Total: 67.200 €</b>

**Figura 5.1.3: Partida 3.**

<b>Partida 4: Mantenimiento</b>			
Elemento	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Seguimiento del ingeniero durante el primer mes y dos visitas anuales	1	3.500	3.500
Formación del personal	10	20	200
Formación del personal para la seguridad	5	15	75
			<b>Total: 3.775 €</b>

**Figura 5.1.4: Partida 4.**

<b>Partida 5: Dirección de obra</b>			
Elemento	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Ingeniería	1	4.000	4.000
			<b>Total: 4.000€</b>

**Figura 5.1.5: Partida 5.**

En la **Figura 5.1.6: P.E.M.**, se recogen los totales de cada una de las partidas, cuyo sumatorio es el P.E.M.

Estudio de viabilidad de la modificación de los gases de combustión en una planta de secado por atomización de suspensiones de pasta blanca.

<b>Partida</b>	<b>Cantidad (€)</b>
1 Sistema de almacenamiento de biogás	100.000
2 Conducciones	2.267,78
3 Sistema de compresión	67.200
4 Mantenimiento	3.775
5 Dirección de obra	4.000
<b>P.E:M</b>	<b>177.242,78</b>

**Figura 5.1.6: P.E.M**

**P.E.M: 177.242,78 €**

## 2. Presupuesto de ejecución por contrata parcial (P.E.C.<sub>parcial</sub>).

Para el cálculo del Presupuesto de Ejecución por Contrata parcial, se estiman los Gastos Generales asumiendo un sobrecoste del 10% sobre el P.E.M de manera que queden cubiertos posibles imprevistos y un Beneficio Industrial del 6%. El P.E.C parcial se estima mediante la **Ecuación 8.1**. Los resultados obtenidos se muestran en **Figura 5.2.1: P.E.C.<sub>parcial</sub>**

$$PEC_{parcial} = GG + BI \quad \text{Ecuación 8.1}$$

Donde:

$$GG = 1,1 \cdot \text{P.E.M.}$$

$$BI = 0,6 \cdot \text{P.E.M.}$$

Partida	Cantidad (€)	GG (€)	BI (€)	P.E.C. <sub>parcial</sub> (€)
1 Sistema de almacenamiento de biogás	100.000	110.000	60.000	170.000
2 Conducciones	2267,78	2.494,56	1360,67	3.855,23
3 Sistema de compresión	67200	73.920	40.320	114.240
4 Mantenimiento	3775	No aplica	No aplica	3775
5 Dirección de obra	4.000	No aplica	No aplica	4.000

**P.E.C.<sub>parcial</sub>: 295.870,23 €**

Figura 5.2.1: P.E.C.<sub>parcial</sub>.

**P.E.C.<sub>parcial</sub>: 295.870,23 €**

Estudio de viabilidad de la modificación de los gases de combustión en una planta de secado por atomización de suspensiones de pasta blanca.

### **3. Presupuesto de ejecución por contrata e inversión inicial.**

El Presupuesto de Ejecución por Contrata incluye el Impuesto de Valor Añadido, establecido en un 21% para éste tipo de instalaciones. Para su cálculo emplearemos la siguiente ecuación:

$$PEC = 1,21 * PEC_{parcial} \quad \text{Ecuación 5.2}$$

Realizando el cálculo, se concluye que el presupuesto de ejecución de contrata es de 358.002,98 €. Este valor coincide con el de la inversión inicial a realizar para el proyecto.

$I_0 = P.E.C = 358.002,98 \text{ €}$
--------------------------------------