

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

EXPEDIENTE: SU.013/2017

### **ADQUISICIÓN DE INFRAESTRUCTURA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA PARA LA UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA.**

#### ***EQUIPAMIENTO PARA MUESTREO Y ANÁLISIS EN CONTINUO DE GASES Y SUBPRODUCTOS GENERADOS EN LA PLANTA DE GASIFICACIÓN.***

El presente documento tiene como objetivo la descripción técnica para la inclusión del equipamiento preciso para el análisis en continuo de gases, así como muestreo y caracterización de subproductos (cenizas, alquitranes) generados en la planta piloto de gasificación de 50 kg/h que posee el grupo GAIRBER. Ello constará de las siguientes actuaciones:

#### **1. Análisis en continuo del gas de síntesis**

Con el fin de supervisar y controlar la calidad del gas generado en la planta se pretende adquirir un cromatógrafo de gases en línea. Este dispositivo, compacto en tamaño, permitirá un seguimiento en continuo de la composición de la corriente de gas. También se podrá calcular el poder calorífico superior e inferior, el índice de Wobbe, densidad y densidad relativa, compresibilidad y el peso molecular entre otras propiedades.

Los componentes a analizar comprenden una amplia gama: los gases permanentes (He, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>), hidrocarburos ((C<sub>1</sub>-C<sub>9</sub>), H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, CO, COS). El equipo se configurará y calibrará de acuerdo a las especificaciones realizadas. El dispositivo tomará una muestra de gas cada 3 minutos (este intervalo podría ser modificado), realizará el análisis en pocos segundos y los resultados se almacenarán y mostrarán en el monitor del equipo. Paralelamente, a través de un puerto configurable (Profibus, Modbus) o puerto Ethernet de comunicación, se enviarán los valores al sistema de control de la planta.

Esta monitorización permitirá seguir el comportamiento del proceso de gasificación en términos de calidad de gas de síntesis ya que se mostrará la composición de dicho gas en la pantalla de la sala de control.

Dado el carácter experimental de la planta piloto de gasificación, habrá parámetros de operación que se pueden variar y gracias al analizador de gases, se comprobará el efecto que éstos tienen sobre la calidad del gas generado. La influencia de la materia prima utilizada, el caudal de aire de proceso utilizado y su temperatura, el tipo de material de lecho o mezcla de varios, serán parámetros a estudiar. Las pruebas de gasificación permitirán estimar y predecir el comportamiento del proceso y mediante la instalación de este equipo poder verificar los resultados esperados, mediante análisis de simulación.

#### **2. Dispositivo para muestreo de alquitranes**

Como resultado de las reacciones que se producen en la gasificación, aparecen una serie de supproductos. Además del residuo sólido (cenizas que se recogen en el filtro), una serie de compuestos orgánicos fluyen con el gas. Estos compuestos son eliminados en el proceso de lavado del gas.

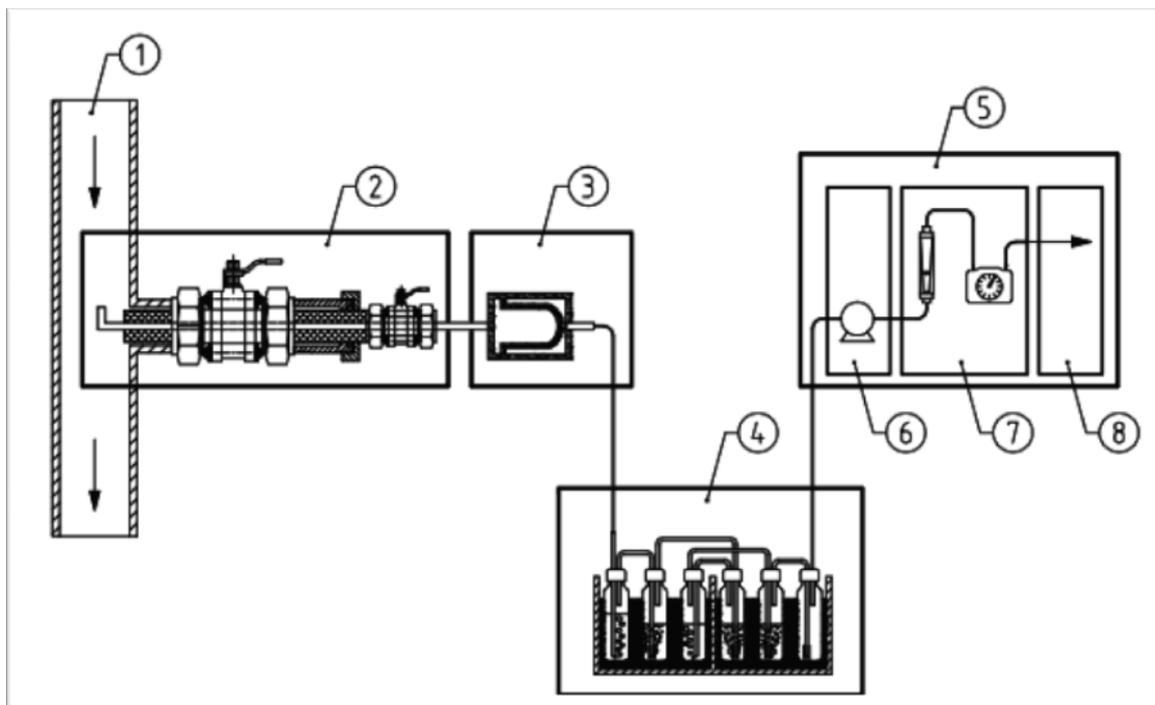
## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

EXPEDIENTE: SU.013/2017

En función de las condiciones de reacción que se den en la gasificación, así como el origen de la materia prima utilizada, la tipología de estos compuestos orgánicos puede variar. De ahí que resulte fundamental poder determinarlos, y por ello la inclusión de este dispositivo de muestreo de dicho compuestos.

El denominado tren de muestreo se describe de acuerdo al procedimiento **"The international standard for tar and particle measurement in biomass producer gas"**, protocolo de estandarización del proceso de muestreo de los compuestos orgánicos (alquitranes).

El tren de muestreo consistirá en una sonda de muestreo, una conexión de muestreo (a través del cual la sonda será montada) y los tubos calefactados y válvulas adicionales requeridos. La línea ha de ser corta, pequeña en volumen y lo más sencilla posible. Juntas adicionales, válvulas, filtros, etc., deberán evitarse para minimizar el riesgo de fugas. En el diseño del tren muestreo se ha de tener en cuenta la limpieza de la línea, la suficiente limpieza del gas de muestra y la prevención de la condensación.



**Ilustración 1. Esquema del tren de muestreo de gases para caracterización de alquitranes**

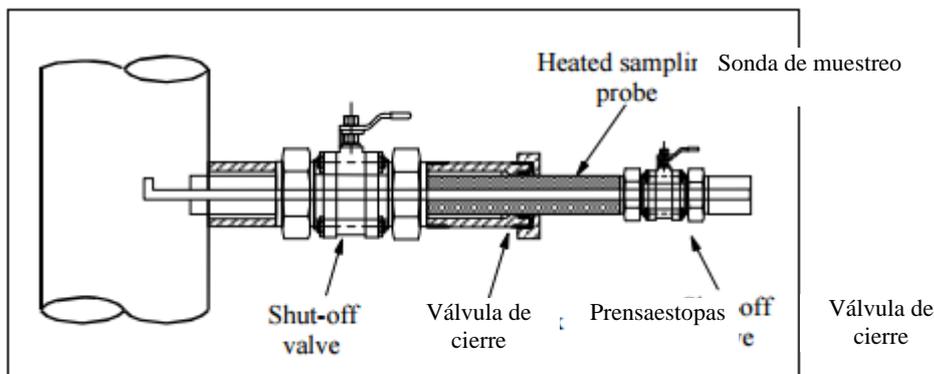
- 1- Flujo de Gas
- 2- Módulo de pre-acondionamiento del gas
- 3- Filtro partículas
- 4- Detección de alquitranes
- 5- Medidor de caudal

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

EXPEDIENTE: SU.013/2017

- 6- Bomba aspiración
- 7- Caudalímetro
- 8- Venteo

### 3.1. Módulo de pre-acondicionamiento del gas

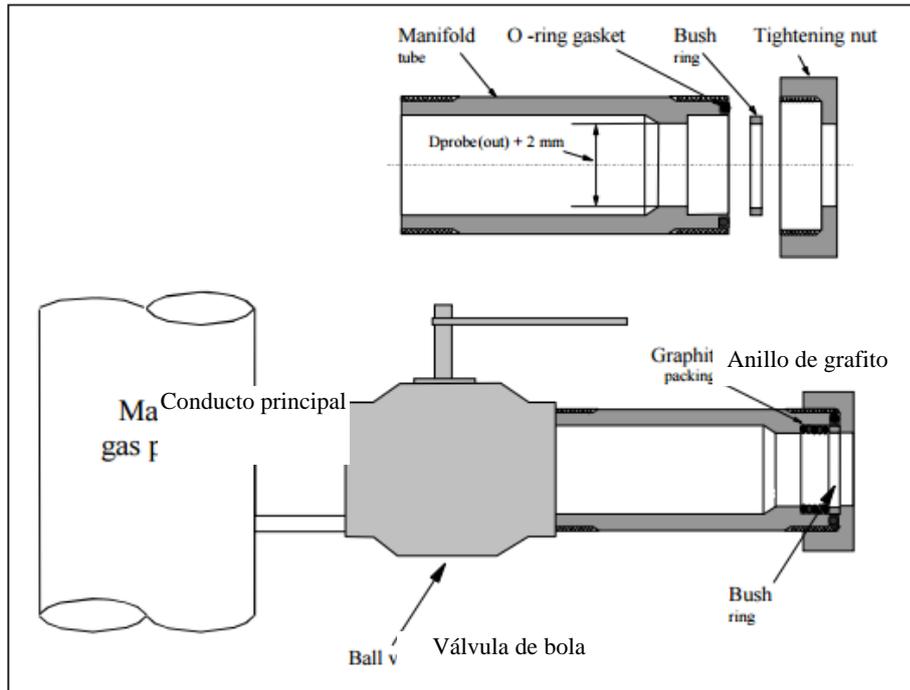


#### Ilustración 2. Esquema del módulo de pre-acondicionamiento del gas

El punto de muestreo (para proceso en condiciones atmosféricas) estará diseñado de tal manera que la sonda pueda ser retirada a través de la válvula de cierre (válvula de bola) durante el tiempo en que el gasificador esté en marcha. El diseño del prensaestopas se representa en la Ilustración 3. Una segunda válvula (de bola) se montará entre la sonda y el filtro de partículas para cerrar la línea de muestreo. La válvula deberá ser resistente a la temperatura de proceso (válvula de cierre de alta temperatura).

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

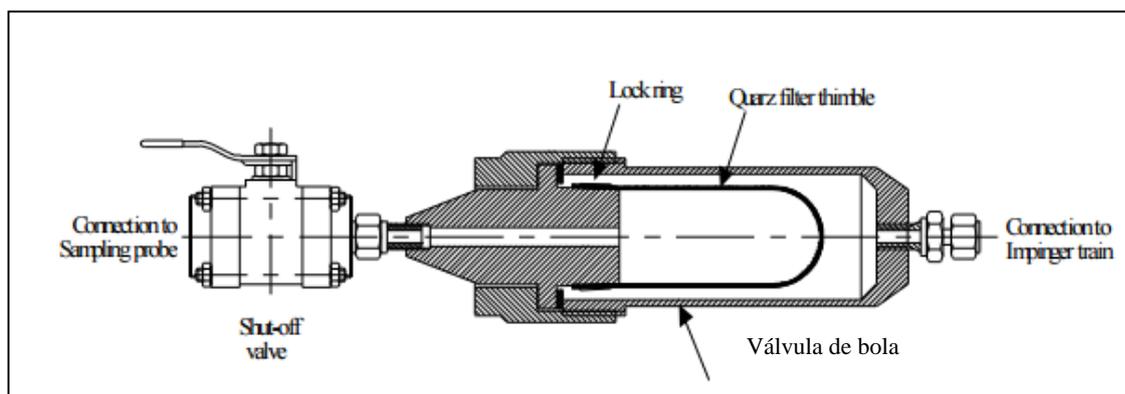
EXPEDIENTE: SU.013/2017



**Ilustración 3. Esquema del aislamiento del punto de muestreo**

El calentamiento externo de la línea de muestreo (eléctrica o circulación de un fluido caliente por camisa) evitará la condensación de vapor de agua y los gases condensables (obstrucción del conducto de muestreo). El material aislante deberá cubrir por completo la línea de muestreo y filtro de partículas para mantener una temperatura mínima necesaria que evite la formación de puntos fríos (posible condensación de alquitrán) en la línea o en el filtro.

### 3.2. Filtro de partículas



**Ilustración 4. Esquema del módulo de filtrado de partículas**

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

EXPEDIENTE: SU.013/2017

Las partículas se recogerá en un sistema de filtro calentado externamente. El material del filtro deberá ser de cuarzo, con una capacidad de retención de al menos 99,998 % para partículas de tamaño de 0,3 mm.

En caso de que la concentración de partículas sea superior a  $20 \text{ mg/Nm}^3$ , se utilizarán filtros de tipo cartucho. Sus dimensiones serían de un diámetro de 30 mm y una longitud de 77 o 100 mm. En general, una superficie de filtración de  $100 \text{ cm}^2$  permitirá la retención de partículas sin aumento significativo en la caída de presión en el filtro. El soporte del filtro deberá ser estanco a los gases.

El material del soporte del filtro deberá ser inerte a la composición de los alquitranes y soportar al menos  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  más que la temperatura de operación. En el interior del soporte se colocará un termopar para medir la temperatura del gas en el filtro ya que resultará crítico este parámetro, ya que deberá ser suficientemente alta con el fin de prevenir que el filtro se colmate de alquitranes condensados, pero lo suficientemente baja para prevenir reacciones de alquitrán en la superficie del filtro.

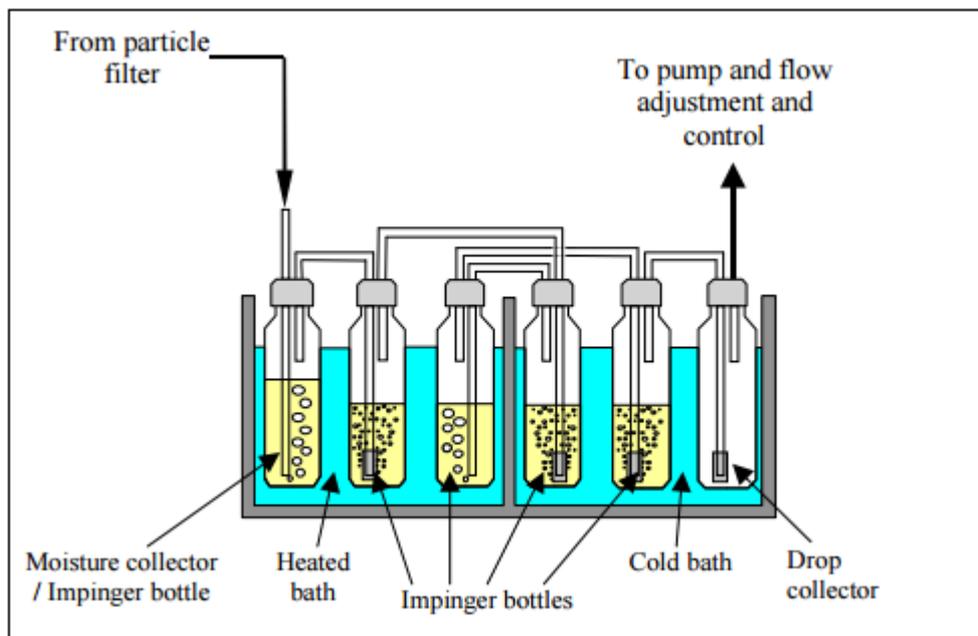
### 3.3. Detección de alquitranes

La recogida de la humedad y el alquitrán se llevará a cabo en una serie de 6 botellas Impinger. El principio de la toma de muestras es el siguiente.

La conexión entre el tubing metálico caliente y el material de vidrio se deberá diseñar cuidadosamente para asegurar la estanqueidad de la unión. Una forma de obtener esto sería haciendo que el final del tubing sea idéntico a la junta de cristal esmerilado macho para que se ajuste a la junta hembra esmerilada de la botella. El radio de la junta metálica deberá ser el mismo, o ligeramente más pequeño, que la junta de vidrio. El radio más pequeño hará que el agrietamiento de la junta hembra debido a la diferente dilatación térmica sea menos probable.

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

EXPEDIENTE: SU.013/2017



### Ilustración 5. Esquema del módulo de detección de alquitranes

En la serie de botellas Impinger, la primera botella actuará como un colector de humedad, en el cual el agua y alquitrán del gas se condensarán por absorción en isopropanol. El calor desprendido por enfriamiento del gas y la condensación se eliminará en un baño de agua externo o por un intercambiador de calor adicional antes del condensador.

Después del colector de humedad del gas se hace pasar a través de una serie de 4 botellas con disolvente y 1 final que está vacía.

Una malla fina, dará mejores resultados que la de tipo gruesa; es importante controlar la variación de presión, si del tipo G3 dan muy alta, se debería pasar al tipo G2.

Se utilizarán burbujeadores de vidrio estándar (100 ml o 250 ml de volumen) con un diámetro del tubo interno de 4 mm.

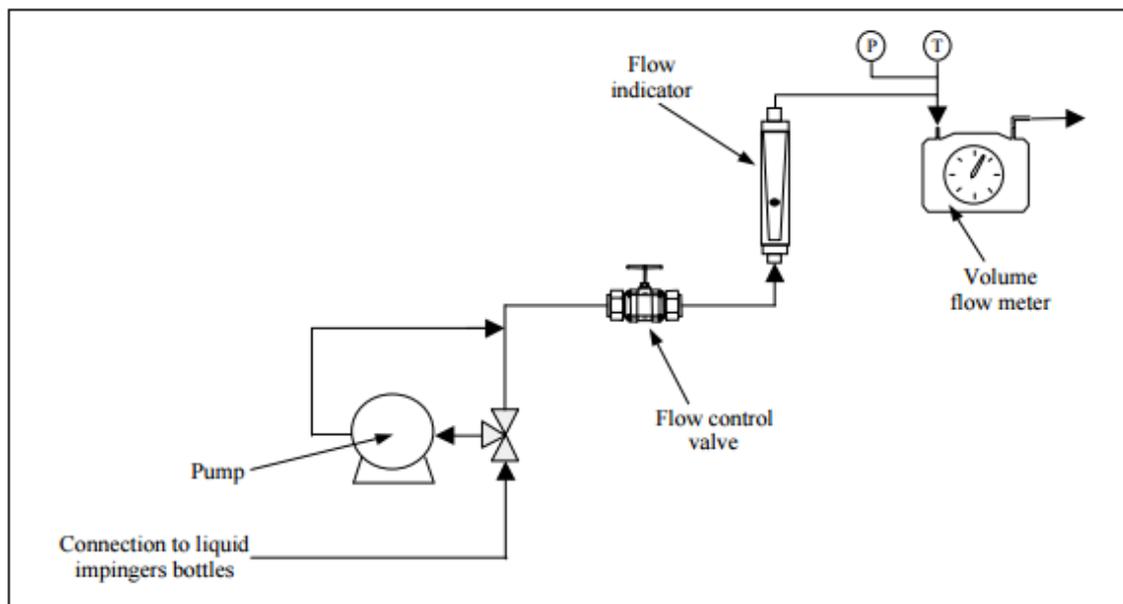
Líquido de refrigeración puede ser una mezcla de sal/hielo/agua ya preparada o una mezcla de hielo seco con isopropanol o mediante un dispositivo mecánico de refrigeración. El baño deberá estar aislado.

### 3.4. Medición de caudal

El sistema estará formado por una bomba, una válvula de control de caudal, un indicador de caudal, medidor de presión y temperatura y un medidor de caudal volumétrico.

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

EXPEDIENTE: SU.013/2017



**Ilustración 6. Esquema del módulo de medición de caudal.**

La bomba de succión de gas (bomba de vacío) deberá ser libre de aceite, hermético y la pulsación deberá ser mínima.

Se recomienda el uso de bomba de membrana debido a su fácil limpieza y mantenimiento. La bomba de gas deberá ser capaz de desplazar al menos  $1 \text{ Nm}^3/\text{h}$  a una presión absoluta de 50000 Pa. La instalación de una válvula de control de flujo permitirá ajustar el caudal de la muestra.

Para determinar el volumen de gas muestreado, se utilizará un barómetro y un medidor de gas seco calibrado con termopar e indicador del diferencial de presión. El flujo de gas durante la eliminación de los gases inodoros y muestreo se controlará con un rotámetro. Éste deberá estar ubicado entre la bomba y el dispositivo de medición de volumen, que se utilizará para ajustar y compensar el flujo de la muestra. Un indicador de temperatura, indicador de presión diferencial y un barómetro se utilizarán para corregir la temperatura ambiente y la presión a las condiciones normales.

Los gases de escape de las líneas de bypass y de gas deberán ser evacuados a la atmósfera.

### 3.5. Listado de material para el muestreo

Para temperaturas de línea de muestreo por debajo de  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ , se utilizará PTFE o tubo de vidrio. A temperaturas mayores, hasta  $700 \text{ }^\circ\text{C}$ , se optaría por acero inoxidable (AISI 316 o AISI 310).

En la siguiente tabla 1 se presenta de manera general el equipo y los materiales necesarios para la construcción de sistema de muestreo, los cuales han de cumplir la regulación de

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

EXPEDIENTE: SU.013/2017

seguridad vigente así como la regulación de seguridad para atmósferas potencialmente explosivas, si la zona donde está el equipo está clasificada como tal.

**Tabla 1. Material para el sistema de muestreo**

EQUIPO	MATERIAL Y DESCRIPCIÓN
<b>Sonda</b>	Acero Inoxidable, AISI 316 o AISI 310
<b>Condensador</b>	Acero a prueba de ácidos, AISI 316, vidrio
<b>Filtro</b>	Fibra cuarzo, 30x77mm, 950°C, 99,998% (0,3µm)
<b>Filtración</b>	Soporte filtro acero a prueba de ácidos, AISI 316
<b>Quenching</b>	Bomba peristáltica (3l/h;3m) con tubo Tygon, PTFE y tubing INOX
<b>Bombas</b>	Bomba membrana
<b>Rotámetro</b>	Rotámetro caudal de gas 1 – 20 l/min
<b>Medidor de gas</b>	Medidor de gas seco
<b>Bote Impinger</b>	Vidrio estándar de laboratorio (100ml o 250ml)
<b>Perlas de vidrio</b>	O.D. 6mm
<b>Solvente</b>	Isopropanol (99% mín.)
<b>Baño frío</b>	Acero a prueba de ácido, AISI 316; baño con sales, hielo Enfriador de compresión
<b>Botellas</b>	500ml con tapón roscado recubierto de PTFE (GL45) y anillo vertido
<b>Juntas</b>	PTFE o grafito o cobre o Viton

### 3. Equipamiento de laboratorio para análisis de muestras

La caracterización de los combustibles sólidos así como de los subproductos generados durante el proceso de gasificación (cenizas, alquitranes), permitirá la optimización de los parámetros de operación (temperatura, cantidad de aire, material de lecho, etc).

La propuesta técnica para el estudio de la biomasa como combustible será realizar los análisis siguiendo los procedimientos normalizados según la Norma UNE-EN ISO 17225:2014 para Biocombustibles Sólidos, donde se recogen las normas con sus protocolos de análisis correspondientes:

- **Análisis inmediato**
  - Humedad, según UNE-EN ISO 18134:2016
  - Materias volátiles, según UNE-EN ISO 18123:2015
  - Carbono fijo (calculado)
  - Cenizas, según UNE-EN ISO 18122:2016
- **Análisis elemental**
  - Carbono, según UNE EN ISO 16948:2015
  - Hidrógeno, según UNE EN ISO 16948:2015
  - Nitrógeno, según UNE EN ISO 16948:2015
  - Azufre, según UNE-EN ISO 16994:2015
  - Cloro, según UNE-EN ISO 16994:2015
  - Oxígeno (calculado)

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

EXPEDIENTE: SU.013/2017

- **Análisis energético**
  - Poder calorífico superior (PCS), según UNE-EN 14918
  - Poder calorífico inferior (PCI) (calculado)
- **Elementos minoritarios**
  - As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn, según UNE-EN ISO 16968:2015
- **Análisis sobre pellets**
  - Humedad total, según UNE-EN ISO 18134:2016
  - Densidad aparente, según UNE-EN ISO 17828:2016
  - Durabilidad mecánica, según UNE-EN ISO 17831-1:2016
  - Contenido en finos, según UNE-EN ISO 17831-1:2016
  - Tamaño: diámetro y longitud, según UNE-EN ISO 17829
- **Análisis sobre cenizas procedentes de biomásas.**
  - Composición inorgánica de las cenizas (Elementos mayoritarios), según UNE-EN ISO 16967:2015
- **Otros análisis.**
  - Distribución granulométrica, según UNE-EN ISO 17827-1:2016

### 3.1. Equipamiento

Para la realización de los análisis de acuerdo a la norma, hay equipos de laboratorio que resultan necesarios, tales como:

*Horno mufla:* para la realización del test gravimétrico, poder determinar el contenido de humedad del combustible sólido o análisis de los aglomerados que pudieran generarse, este equipo es una herramienta útil a disponer de ella en el laboratorio.

*Durabilímetro:* aparato para la certificación de la durabilidad mecánica de los pellets de madera. El principio de funcionamiento es aquel por el cual una vez llenados los depósitos, se pone en funcionamiento de modo que se tiene que pesar los pellets que quedan después de la abrasión, y la diferencia entre el peso inicial y el peso de salida es la abrasión.

*Densímetro:* determinación de la densidad aparente de acuerdo a la norma EN 17828 mediante cilindro de acero robusto.

*Tamizado manual:* uso de tamices de acuerdo a norma ISO 3310-2 para la operación de cribado y separación de la fracción fina de la materia prima.

*Calorímetro:* aparato para la determinación del poder calorífico de una muestra.

La inclusión de más equipos para la reproducibilidad de los análisis de acuerdo a las normas correspondientes quedaría pendiente de la disponibilidad actual de una serie de equipos, de modo que se pudiera actualizar los existentes o suministrar los que faltan dado el caso.

### 4. Modificaciones en la planta para disposición de puntos de muestreo.

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

EXPEDIENTE: SU.013/2017

En la planta de gasificación existente se plantea la realización de los trabajos necesarios para poder incluir el nuevo equipamiento.

La instalación del analizador de gases incluiría los trabajos y material necesarios para poder dirigir una fracción del gas limpio a través del equipo. El punto de extracción estaría al final de la línea de gas, después de la root de gas, en la línea de entrada a la antorcha.

El punto de extracción de gas para poder analizar el contenido de alquitranes queda definido a la salida del filtro de mangas.

### INSTALACIÓN

Es obligación del adjudicatario la instalación, montaje y puesta en marcha del equipo adjudicado, cuyo destino sería en las Instalaciones de la Universidad que indique el Investigador Principal del Proyecto, siendo obligación del adjudicatario aportar todos los medios humanos y materiales necesarios para su correcta instalación y funcionamiento.

Corresponde a los licitadores conocer en profundidad las características de la instalación, de forma que consideren en sus ofertas todas las actuaciones necesarias para llevar a cabo la misma.

Se entenderá por puesta en marcha la entrega del material ofertado, su distribución física, hasta los cuadros generales de distribución de los mismos (bandejas, soportes y otros), la conexión y puesta en servicio del equipamiento como último requerimiento de funcionamiento normal en su ubicación definitiva.

La puesta en marcha del equipamiento deberá ser certificada por el investigador principal del proyecto, para ello los adjudicatarios deberán acreditar documentalmente mediante la entrega de los protocolos de puesta en servicio, debidamente cumplimentados.

El suministro no será conforme hasta que sean demostrados por el adjudicatario el cumplimiento de todas las obligaciones necesarias para la puesta en marcha del equipamiento, con la correcta cumplimentación de los protocolos a que hace referencia el párrafo anterior, debiendo obtenerse el visto bueno del Investigador Principal del proyecto.

En el importe ofertado por el licitador se incluirá el coste originado por la instalación, montaje y puesta en marcha del sistema en los términos recogidos en la propuesta, partiendo de las condiciones existentes en el Centro de destino; siendo este quién determinará el lugar y condiciones para el abastecimiento de los suministros de energía u otros necesarios.

La instalación, montaje y puesta en marcha se realizará, en todo caso, siguiendo la normativa vigente y las directrices facilitadas por el Centro de destino, quien controlará la ejecución a través de la/s persona/s que se designe/n.

Todas las diligencias y requisitos de documentación y certificaciones que fueran necesarias para la legalización de la instalación se gestionarán por el adjudicatario siendo de su cuenta los gastos incurridos por tales conceptos.

Los adjudicatarios retirarán y eliminarán todos los residuos asociados a la instalación de los equipos, como embalajes, protecciones, material en desuso, etc... mediante medios propios y de acuerdo a la normativa de aplicación para cada tipo de residuo generado.

Queda terminantemente prohibido el abandono de cualquier material en las dependencias o en los contenedores de residuos del centro.

## PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

EXPEDIENTE: SU.013/2017

### CLÁUSULAS AMBIENTALES

El Contratista responderá de cualquier incidente medioambiental por él causado, liberando a la UNIVERSIDAD de cualquier responsabilidad sobre el mismo.

Para evitar tales incidentes, el contratista adoptará con carácter general las medidas preventivas oportunas que dictan las buenas prácticas de gestión, en especial las relativas a evitar vertidos líquidos indeseados, emisiones contaminantes a la atmósfera y el abandono de cualquier tipo de residuos, con extrema atención en la correcta gestión de los clasificados como Peligrosos.

El Contratista adoptará las medidas oportunas para el estricto cumplimiento de la legislación medioambiental vigente que sea de aplicación al trabajo realizado.

En casos especiales, la Universidad de Extremadura podrá recabar del Proveedor / Contratista demostración de la formación o instrucciones específicas recibidas por el personal para el correcto desarrollo del trabajo.

Sin ánimo de exhaustividad, a continuación se relacionan algunas de las prácticas a las que el Contratista se compromete para la consecución de una buena gestión medioambiental:

- Limpieza y retirada final de envases, embalajes, basuras y todo tipo de residuos generados en la zona de trabajo. El contratista así mismo se hará cargo de sus residuos y envases de residuos, tramitándolos a través de gestor autorizado.
- Almacenamiento y manejo adecuado de productos químicos y mercancías o residuos peligrosos.
- Prevención de fugas, derrames y contaminación del suelo, arquetas o cauces, con prohibición de la realización de cualquier vertido incontrolado.
- Uso de contenedores y bidones cerrados, señalizados y en buen estado.
- Segregación de los residuos generados, teniendo especial atención con los peligrosos
- Restauración del entorno ambiental alterado.

El Contratista se compromete a suministrar información inmediata a La Universidad de Extremadura sobre cualquier incidente medioambiental que se produzca en el curso del trabajo que se le confía. La Universidad podrá recabar con posterioridad un Informe escrito referente al hecho y sus causas

El Contratista queda obligado al cumplimiento estricto de las directrices que establezca el centro dentro del Sistema de Gestión Ambiental.

Ante un incumplimiento de estas Condiciones, LA UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA podrá proceder a la paralización del trabajo, corriendo las pérdidas consiguientes a cargo del Contratista.