



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Prototipo experimental para la formulación de materiales compuestos de usos alternativos

Autor: Pilar Rivera Cid

Institución: Alquimia Soluciones Ambientales S.L.
E-mail: rivera@alquimiamasd.com

Otros autores: Lourdes Rodríguez Mayor (Alquimia Soluciones Ambientales S.L.); José F. Núñez Martín (Alquimia Soluciones Ambientales S.L.); José Luis Durán (Alquimia Soluciones Ambientales, S.L.); Pablo Cañizares (Departamento de Ingeniería Química-Universidad de Castilla-La Mancha); Jaime Moraleda (Departamento de Ingeniería Química-Universidad de Castilla La Mancha)



RESUMEN:

La Unión Europea tiene como una de sus prioridades la utilización sostenible de los recursos naturales y la adecuada gestión de los residuos. Los residuos industriales forman parte integral del ciclo productivo. Para algunos, los residuos evocan imágenes negativas: bolsas de basura, desperdicios y vertederos de residuos tóxicos. Sin embargo, con el tiempo, los residuos están pasando a considerarse una valiosa fuente de recursos y constituyen una oportunidad. En este sentido el presente proyecto tiene como finalidad el diseño y la construcción de una planta piloto para la valorización de residuos industriales peligrosos para su uso como combustibles y materias primas de interés industrial. Así se pretende encontrar alternativas de gestión diferentes a los residuos de naturaleza orgánica (normalmente incineración o gestión inadecuada en vertedero) y de naturaleza inorgánica (vertedero o estabilización y posterior vertido). La instalación proyectada permite formular nuevos materiales compuestos para usos alternativos, con aprovechamiento energético o material de sus componentes. El método de valorización propuesto consiste en la mezcla, en las proporciones adecuadas, del residuo y de un aditivo inerte, generalmente una arcilla que, gracias a su capacidad de adsorción, permite reducir o eliminar la peligrosidad de determinados residuos peligrosos al retener en su estructura los componentes que determinan la peligrosidad del residuo. La instalación se ha diseñado como una planta piloto experimental, con una capacidad de producción baja (200 kg/h), destinada a realizar pruebas y ensayos que permitan caracterizar los materiales obtenidos y evaluar sus posibilidades para su posterior uso industrial. Al mismo tiempo, los resultados obtenidos en este proyecto se utilizarán para dimensionar en un futuro otras instalaciones que permitan aumentar dicha capacidad de producción. El prototipo experimental consta de 4 silos para el almacenamiento de residuos y aditivos, que alimentan mediante 4 sinfines a una mezcladora horizontal, con una capacidad de 250 L. Mediante una tolva de descarga, se recogen los materiales obtenidos, que posteriormente se alimentan a una compactadora de rodillos para granular el material. El prototipo se ha instalado en la planta piloto del Instituto de Tecnologías Química y Medioambiental (ITQUIMA) de la Universidad de Castilla-La Mancha.



1. INTRODUCCIÓN.

La Unión Europea tiene como una de sus prioridades la utilización sostenible de los recursos naturales y la adecuada gestión de los residuos. Los residuos industriales forman parte integral del ciclo productivo. Para algunos, los residuos evocan imágenes negativas: bolsas de basura, desperdicios y vertederos de residuos tóxicos. Sin embargo, con el tiempo, los residuos están pasando a considerarse una valiosa fuente de recursos y constituyen una oportunidad. En este sentido el presente proyecto tiene como finalidad el diseño y la construcción de una planta piloto para la valorización de residuos industriales peligrosos para su uso como combustibles y materias primas de interés industrial. Así se pretende encontrar alternativas de gestión diferentes a los residuos de naturaleza orgánica (normalmente incineración o gestión inadecuada en vertedero) y de naturaleza inorgánica (vertedero o estabilización y posterior vertido).

La instalación descrita en este trabajo permite formular nuevos materiales compuestos para usos alternativos, con aprovechamiento energético o material de sus componentes. El método de valorización propuesto consiste en la mezcla, en las proporciones adecuadas, del residuo y de un aditivo inerte, generalmente una arcilla que, gracias a su capacidad de adsorción, permite reducir o eliminar la peligrosidad de determinados residuos peligrosos al retener en su estructura los componentes que determinan la peligrosidad del residuo.

La instalación industrial como planta piloto móvil experimental, que se describe en el presente trabajo, ha sido diseñada teniendo en cuenta dos objetivos:

- Primeramente, se dimensiona la instalación para que pueda hacer frente a una capacidad de producción baja, destinada a realizar pruebas, ensayos y caracterización de los materiales obtenidos
- Al mismo tiempo, como planta piloto experimental, los resultados obtenidos en este proyecto permitirán dimensionar en un futuro otras instalaciones para poder aumentar dicha capacidad de producción

2. UBICACIÓN.

El emplazamiento temporal elegido para la instalación del prototipo móvil ha sido el interior de la planta piloto del Instituto de Tecnología Química y Medioambiental (ITQUIMA) de la Universidad de Castilla-La Mancha. Los condicionantes para esta ubicación del prototipo han sido:

1. Experiencia y conocimientos técnicos que posee el personal del ITQUIMA, además de disponer de una Planta Piloto para realizar la experimentación requerida
2. Ausencia de procesos químicos industriales. La única operación que se realiza es el pretratamiento físico-químico para formular productos que cumplan las exigencias requeridas por los centros finales de valorización.



3. Existencia de laboratorios para poder llevar a cabo un control analítico sobre los residuos y poder realizar pruebas, análisis y caracterizaciones de éstos y de los productos finales obtenidos.
4. Existencia de un contrato de colaboración entre Alquimia Soluciones Ambientales y la Universidad de Castilla-La Mancha
5. Experiencia del equipo promotor de Alquimia y el deseo de emprender acciones medioambientales en la zona de Castilla-La Mancha
6. Posibilidad de aplicar los resultados de la investigación a empresas de la zona, ya sea de la industria química, la madera y/o el petróleo.

La ubicación temporal del prototipo en la planta piloto del ITQUIMA presenta la ventaja de la existencia y facilidad de consecución de servicios auxiliares (energía eléctrica, agua, báscula, instalación contra incendios, etc.). Otra ventaja adicional es la posibilidad de compartir laboratorios, lo que se traduce en una reducción de los costes fijos de operación.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.

La disposición física de la instalación se encuentra reflejada en las figuras 1 y 2 y ocupa una superficie total de 35,2 m² que considera una zona de acopio de residuos, aditivos y productos finales ya acabados y otra zona donde se encuentra el prototipo y se lleva a cabo todo el proceso. La capacidad máxima prevista de formulación diaria es del orden de 1 t.

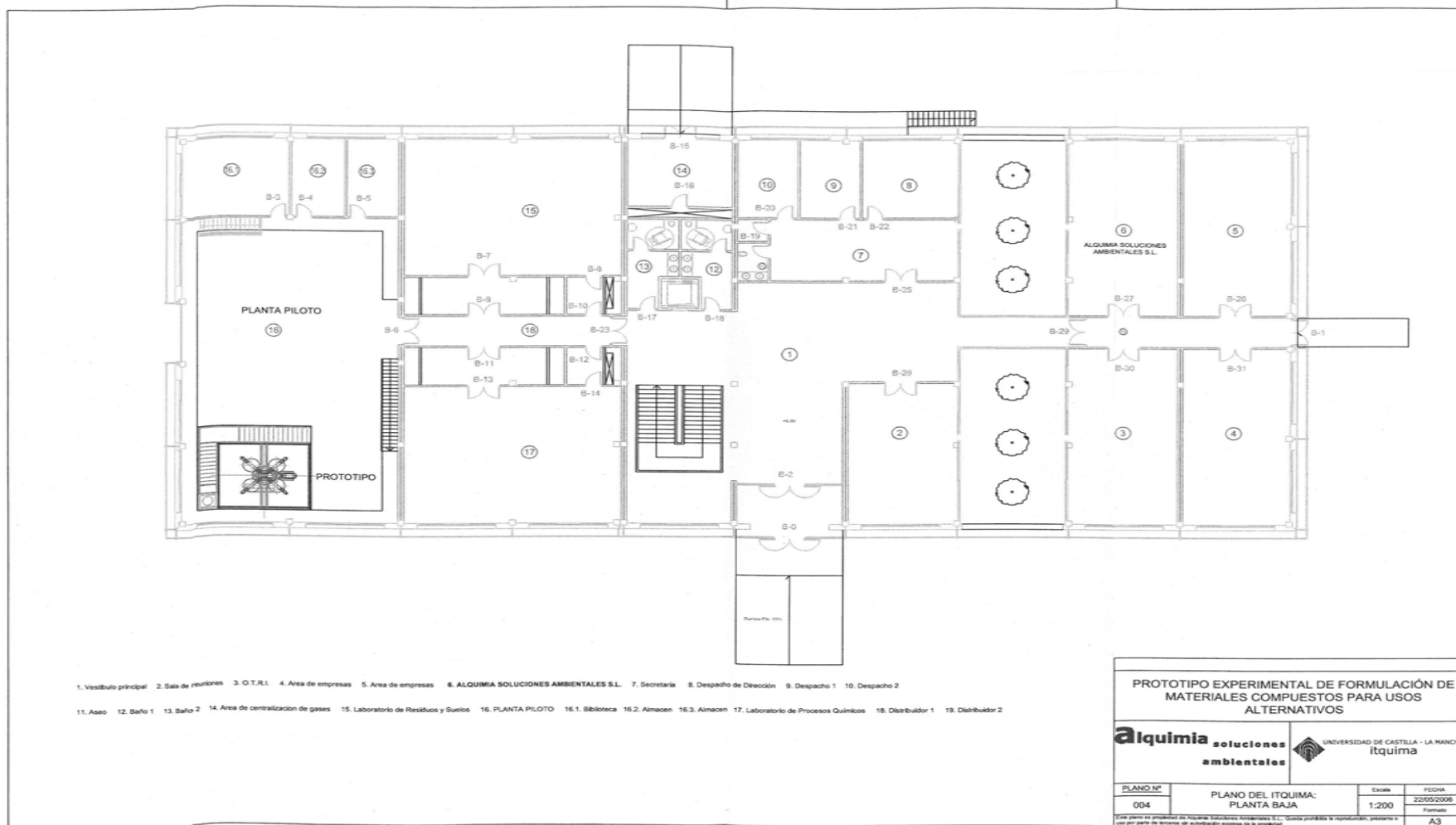


Fig. 2. Zona de proceso del prototipo.



La estructura del edificio está realizada con pórticos de hormigón armado en todas sus plantas. Los pilares son cuadrados en todas las zonas, y sobre ellos apoyan vigas de hormigón armado o cerchas. La estructura horizontal está realizada con losas alveolares y capa de compresión de 5 cm.

En cuanto a los revestimientos, el suelo de la planta piloto es de pavimento de corindón continuo sobre solera de hormigón de acabado monolítico.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

Para realizar la operación experimental de la formulación de materiales compuestos para usos alternativos son necesarios un conjunto de equipos destinados a intervenir en las distintas fases y secuencias del proceso (ver figura 3).

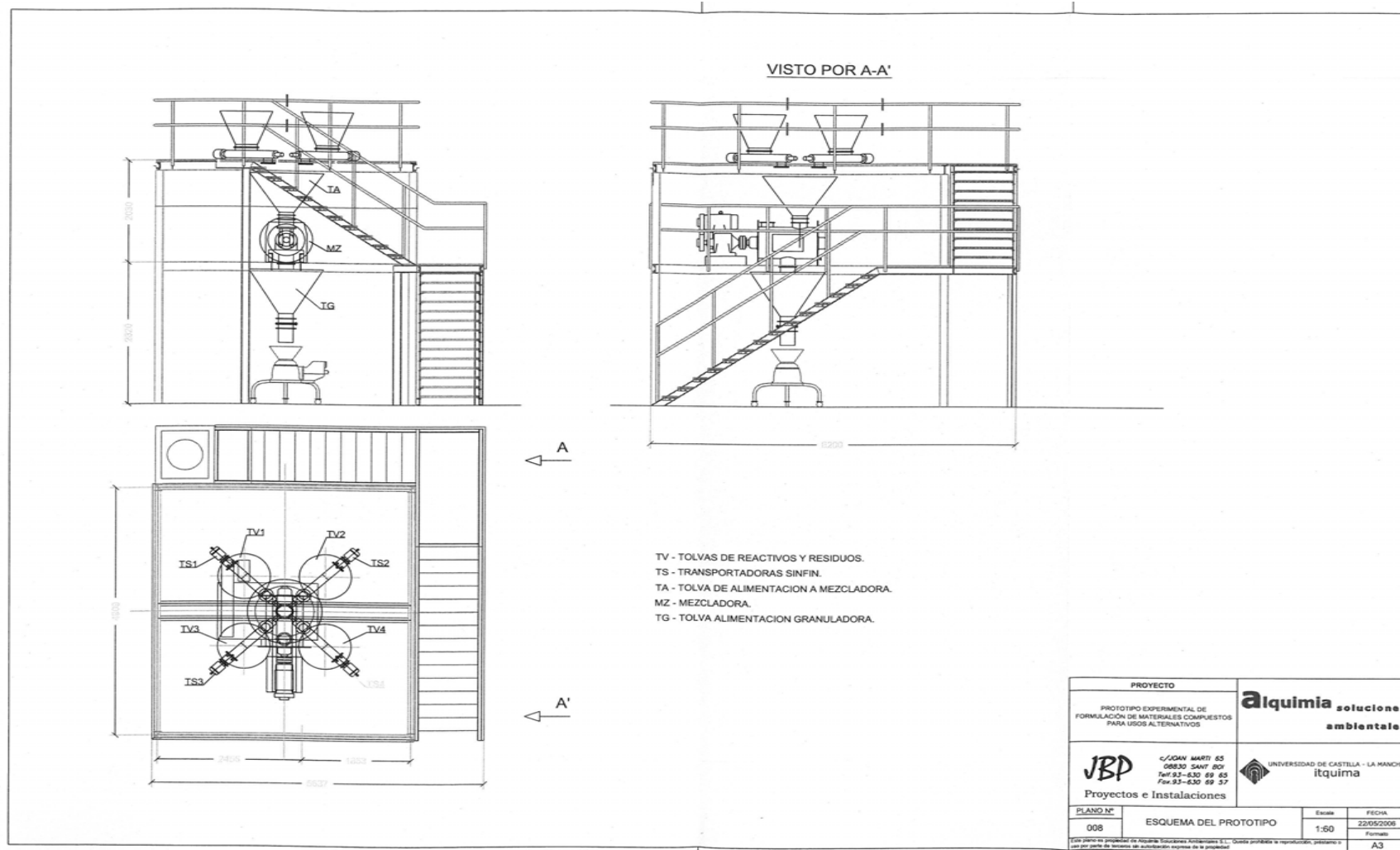


Fig. 3. Componentes del prototipo experimental.



Como planteamiento general del proyecto, se considera como equipo principal la mezcladora, que está constituida por un cuerpo cilíndrico en cuyo interior está instalado un eje transversal con unas palas, las cuales por su diseño especial facilitan la mezcla. El diseño de estas palas y el tiempo de residencia en el interior de la mezcladora hacen que el producto depositado gire en varias direcciones y se homogenice perfectamente.

La mayoría de los equipos restantes tienen relación con la citada mezcladora, tomándose esta circunstancia como base para la distribución de dichos equipos, además de aspectos como:

- Ocupación en planta reducida
- Circuitos de interconexión de longitudes reducidas
- Ordenación de los equipos en posiciones cercanas para los relacionados entre sí
- Espacios libre suficientes para revisión de mecanismos, elementos de control, mantenimiento de los equipos, etc.
- Logística adecuada para el movimiento de los envases con residuos
- Simplicidad en la observación y control del trabajo de la planta experimental
- Seguridad en la formulación de los productos, para las personas que intervienen.

4.1 Tolvas de reactivos y residuos (TV)

Se dispone de 4 tolvas, para el almacenamiento, de 300 L de capacidad cada una, que permiten descargar manualmente sacos y bidones de reactivos y residuos. Poseen una geometría circular y están preparadas para el acoplamiento de transportadores sinfín en las bocas de descarga, para llevar el producto hasta la mezcladora. Poseen una inclinación de 60° y una tapa superior abatible con una zona que permite apoyar sacos y bidones para su apertura y posterior vaciado. Disponen de soportación y placas base y están fabricadas en acero al carbono St 37.

4.2 Transportadores sinfín (TS)

Se dispone de 4 transportadores sinfín de construcción en mecano soldadura fabricados en acero al carbono con cuerpo de forma circular y bocas de entrada y salida. Poseen una rosca helicoidal con tubo eje de sentido hacia la derecha con estanqueidad y soporte del eje de la rosca helicoidal con rodamientos exteriores. Se encuentran accionados por motor reductor eléctrico (0,75 kW) Eexd y acoplado en línea con el eje transportador.

4.3 Tolva de alimentación de la mezcladora (TA)

Se trata de una tolva de alimentación a la mezcladora de 500 L de capacidad máxima, con forma circular y preparada para acoplarse en la boca de entrada de la mezcladora. Posee una inclinación de 60° con soportación y placas base y está fabricada en acero al carbono St 37.



4.4 Mezcladora (MZ)

La mezcladora es una mezcladora horizontal, marca Lodiger, y está constituida por un cuerpo cilíndrico, de 630 mm de diámetro y 1000 mm de longitud, fabricado en acero inoxidable, en cuyo interior está instalado un eje transversal con tres palas y un disgregador. Tiene una capacidad máxima de 300 L, y está compuesta por:

- Grupo motor reductor de 11 kW a 1470 rpm de velocidad máxima, Eexd
- Disgregador, con motor de 4kW a 2900 rpm, Eexd
- Válvula de admisión , DN250
- Válvula de descarga DN250
- Válvula de salida DN250, para captación de gases y polvos
- Puerta de inspección de 520 x 340 mm
- Bloqueos de seguridad, mecánico y eléctrico
- Dimensiones de la cámara de mezclado: Diámetro, 630 mm, Longitud: 1000 mm.
- Fabricado según normativa CE

4.5 Tolva de alimentación a la Granuladora (TG)

Se trata de una tolva de forma circular, fabricada en acero al carbono St 37, de 500 L de capacidad máxima, destinada a permitir la descarga de la mezcladora. Se encuentra preparada para acoplarse en la boca de entrada de la granuladora. Posee una inclinación de 60° con soportación y placas base.

Una vez descritos cada uno de los equipos que forman el prototipo experimental, en la siguiente figura se muestra una imagen real de cada uno de ellos:



Fig. 4. Vista real del prototipo experimental.



4.6 Granuladora compactadora

Se trata de un equipo complementario al prototipo que sirve para granular, en vía seca, los productos pulverulentos que se obtienen en el proceso de formulación.

Posee un sistema de alimentación vertical forzado por medio de sinfín con pasos helicoidales calculados para generar un desairado de los productos, permite la perfecta manipulación de polvos de muy bajas densidades.

Dispone de dos rodillos que logran una perfecta compactación de los productos manipulados y un grupo motriz accionado por moto reductores variadores con servomando e indicador digital del número de vueltas en el cuadro de maniobras, con lo que se consigue un perfecto ajuste de las velocidades de la alimentación y rodillos compactadores, factor imprescindible para obtener las densificaciones necesarias de los productos a manipular con total independencia de la presión hidráulica de los rodillos, ya que, en ciertos casos, por modificarse sus propiedades al estar sometidos a una excesiva presión, es necesario aumentar el tiempo de compactación a presiones prácticamente nulas.

Posee triple sistema de granulación, compuesto de: roturación, corte y granulación final del producto a través de un tamiz intercambiable con la facilidad en montaje y desmontaje de dichos elementos.

Al estar refrigerados por agua los rodillos, se evita el calentamiento de los mismos. Una central hidráulica con el bloque de mandos independiente para sus diferentes funciones y su cuadro de maniobras incorpora todos los elementos necesarios (tacómetros digitales, manómetros de presión, selección de presión de los rodillos de compactación, cierre lateral de los mismos, elevación y descenso del cuerpo de alimentación). Véase figura 5.



Fig. 5. Granuladora compactadora.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de formulación de materiales compuestos, origen de este trabajo, pretende desarrollar un nuevo procedimiento para la estabilización físico-química de residuos, tanto de naturaleza orgánica como de naturaleza inorgánica, procedentes de diversos procesos industriales. El proceso se basa en el empleo, bajo determinadas condiciones, de un filossilicato (arcilla) de elevada superficie específica que permite obtener materiales que puedan ser valorizados material y energéticamente.

El método de estabilización desarrollado se basa en obtener sólidos granulados mediante la mezcla de los residuos con la arcilla.

El aditivo que se adiciona al residuo para su estabilización es una arcilla natural (tipo bentonita o similar) que corresponde químicamente a un silicato de magnesio hidratado de fórmula ideal $\text{Si}_{12}\text{Mg}_8\text{O}_{30}(\text{OH})_4 \times 8\text{H}_2\text{O}$. Pertenece al grupo de los filossilicatos 2:1. Su estructura está constituida por dos capas de unidades tetraédricas de sílice unidas mediante átomos de oxígeno a una capa central octaédrica de magnesio. De este modo, la capa tetraédrica es continua pero con la dirección de los extremos apicales de sílice invertidos cada seis unidades, lo que provoca discontinuidades en la capa octaédrica de magnesio.

Morfológicamente, estas arcillas consisten en partículas aciculares, microfibrosas, con canales internos a lo largo de su estructura (canales zeolíticos) dirigidos paralelamente al eje longitudinal de la partícula. En estado natural, estas partículas se disponen al azar aglomeradas en grandes haces.

La estructura formada es muy porosa, con un elevado volumen de meso y macroporos. Los canales zeolíticos de estas arcillas permiten la absorción de líquidos por succión



capilar, existiendo así mismo una adsorción selectiva en el interior de los canales que actúan como tamices moleculares.

A lo largo de las partículas, se encuentra un gran número de grupos silanoles (Si-OH). Estos grupos se sitúan sobre las aristas a intervalos de unos 5 Å. Existe un segundo grupo de centros activos constituidos por moléculas de agua coordinadas al magnesio de la estructura (agua de coordinación). Los centros activos son los responsables de gran parte de los procesos de adsorción y justifican además, el comportamiento higroscópico de la bentonita. Las moléculas polares del agua y algunas moléculas orgánicas forman puentes de hidrógeno con estos centros activos.

Estas arcillas presentan, además, una pequeña carga superficial negativa debida fundamentalmente a los defectos del cristal y a la ruptura de la estructura en los bordes. Su capacidad de intercambio catiónico es baja (10-15 meq/100 g) y la interacción con electrolitos es muy débil.

Una composición química de una arcilla habitual es la siguiente:

SiO ₂	60,5%	Fe ₂ O ₃	0,9%
Al ₂ O ₃	2,4%	Na ₂ O	0,1%
MgO	23,8%	K ₂ O	0,5%
CaO	0,5%		

5.1 Zona de proceso

Entre los productos que se utilizan en el proceso se pueden diferenciar los residuos y los aditivos. Dentro de los residuos, éstos se pueden presentar en estado sólido, pastoso o líquido y dentro de los aditivos, el absorbente se recibe en forma de polvo con tamaños de partícula inferiores a 5 µm.

El acopio de materiales se hace en una zona aislada con ventilación natural, en la planta sótano del ITQUIMA, dotada con medidas de extinción contra incendios. Además se dispone de recogida de derrames y de un montacargas para facilitar la manipulación de los residuos y los materiales.

Aunque la capacidad de proceso de la instalación proyectada es pequeña (200 kg/h), la instalación dispone del correspondiente título de gestor de residuos (CM/245), con el fin de que los industriales que participan en el proyecto de investigación aporten sus residuos dentro del marco legal y la administración competente sepa, en todo momento, el origen, tratamiento y destino final de los materiales y/o residuos obtenidos.

5.2 Proceso de gestión

Dado que se trata de un proceso de investigación, puede ocurrir que algunos experimentos den lugar a productos que no sean susceptibles de valorización, ni sean susceptibles de ser reintegrados al proceso de formulación, por lo que habrá que gestionarlos mediante una operación de eliminación. Por ello, los posibles procesos de gestión de residuos a desarrollar en la instalación y, que se encuentran recogidos en el Anejo 1 "Operaciones de valorización y eliminación de residuos" de la Orden MAM/304/2002, son los siguientes:



- D13: Combinación o mezcla previa a cualquiera de las operaciones enumeradas entre D1 y D12
- D15: Almacenamiento previo a cualquiera de las operaciones enumeradas entre D1 y D14 (con exclusión del almacenamiento temporal previo a la recogida en el lugar de producción)
- R12: Intercambio de residuos para someterlos a cualquiera de las operaciones enumeradas entre R1 y R11
- R13: Acumulación de residuos para someterlos a cualquiera de las operaciones enumeradas entre R1 y R12 (con exclusión del almacenamiento temporal previo a la recogida en el lugar de la producción)

Además se realizan operaciones de pretratamiento, con el sentido que les otorga el Art. 3º del Real Decreto 833/1988: “Operaciones que mediante la modificación de las características físicas o químicas del residuo persigue una mayor facilidad para su manipulación, tratamiento o eliminación”.

Las operaciones enumeradas anteriormente, desde el punto de vista de la ingeniería química, consisten en procesos unitarios de mezcla. La tecnología elegida para llevarlos a cabo es la que se viene utilizando en la industria química con gran eficacia, y que ha sido asumida de forma universal en las instalaciones de residuos.

5.3 Formulación

Los residuos son sometidos a operaciones básicas de mezcla, con los aditivos, con el fin de conseguir productos que cumplan con las especificaciones técnicas que permitan su aprovechamiento, y/o en el peor de los escenarios, con los parámetros de aceptación de los centros de eliminación final de los residuos.

1. Los residuos y los aditivos se introducen manualmente en las tolvas. Luego se conectan los sinfines mediante variadores para dosificar el producto deseado en el interior de la mezcladora, se cierra la válvula de admisión y se acciona el dispositivo de seguridad que bloquea la mezcladora.
2. El inicio del ciclo de formulación se lleva a cabo accionando un interruptor que se encuentra en el cuadro general de mando (ver figura 6). El ciclo de trabajo se desarrolla de forma manual, siguiendo un programa seleccionado previamente.



Fig. 6. Cuadro general de mando.

3. Una vez finalizado el proceso de mezcla, se descarga el producto sobre la tolva de alimentación de la granuladora. A través de la válvula manual proporcional correspondiente, se descarga el producto en la granuladora.

6. SERVICIOS AUXILIARES

6.1 Montacargas

Tiene como función facilitar el movimiento de bidones desde la zona de acopio de materiales hasta la zona de proceso donde se produce el mezclado y formulación de productos. Sus características principales son:

- Paradas: 3.
- Capacidad: 500 kg.
- Velocidad: 0.2 m/s.
- Recorrido: 8 m.
- Accionamiento: hidráulico 2:1 (dos cables suspensión de 8 mm).
- Alimentación: trifásica 380 V 50/60 Hz.
- Plataforma de 800 x 800 mm con dos accesos a 180 °. Realizada en chapa estriada, en una sola pieza para atornillar a chasis. Realizadas en estructura tubular.



- Botoneras en cada planta con pulsadores de llamada y envío a todos los niveles de servicio. Cada botonera incorpora un interruptor de STOP para caso de parada de emergencia. Maniobra del tipo automática simple mediante placa de relés, en corriente continua rectificada a 24 V; preparada para accionamiento de leva retráctil como dispositivo de desenclavamiento de la cerradura de puerta.
- La alimentación de la instalación está protegida con un automático y un diferencial.

6.2 Báscula

Destinada al pesado de las distintas cantidades de residuos que se reciban para llevar un control de los residuos recepcionados. Posee una plataforma cuadrada de 50 x 50 cm con la posibilidad de pesar palets que contengan hasta un máximo de 4 bidones. El modelo es FV-150 K de SALTER Electroscale.

7. LABORATORIO

Los laboratorios del ITQUIMA están diseñados y equipados para dar respuesta a todas las necesidades analíticas que implica la gestión de residuos peligrosos con medios propios. Concretamente, se dispone de cuatro laboratorios bien diferenciados que son:

- Laboratorio de Combustibles.
- Laboratorio de Procesos Químicos.
- Laboratorio de Residuos y Suelos.
- Laboratorio de Tecnología del Agua.

Desde el punto de vista funcional, se encuentran distribuidos físicamente en la planta baja y primera del ITQUIMA.

Las analíticas realizadas por el laboratorio pueden agruparse en cuatro apartados:

- Muestras recibidas de los productores, para determinar su admisibilidad en el centro y estudiar el tratamiento más adecuado: analítica de aceptación.
- Partidas de residuos recibidas, para comprobar su conformidad con la muestra aprobada: analítica de recepción
- Pretratamientos internos realizados en el centro (formulación de mezclas), para comprobar que los residuos han sido gestionados adecuadamente: analítica interna.
- Expediciones de residuos a otros gestores autorizados, para certificar las características de los residuos enviados: analítica de expedición.

La capacidad analítica del laboratorio puede presentarse a tres niveles:

- Parámetros a determinar y técnicas aplicadas
- Equipamiento
- Técnicas analíticas

7.1 Parámetros Determinados

La tabla que figura a continuación contiene resumidos los parámetros que se determinan de forma rutinaria, en función del tipo de residuo, su origen y destino interno o externo, así como las técnicas analíticas aplicadas.

PARÁMETRO	TÉCNICA
Metales (Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, V, Zn)	Espectrometría de absorción de atómica y/o Espectrometría de emisión de plasma ICP
Materia orgánica (s.m.s.)	Secado/Combustión
Punto de inflamación	Método Apéndice I (Orden 13/Oct/89)
Humedad	Valoración yodométrica
Fluoruros	Electrodo selectivo / Cromatografía iónica (Br ⁻ , F ⁻)
Cloruros	Electrodo selectivo/Valoración con NO ₃ Ag/ C.I.
Sulfatos	Turbidimetría / Cromatografía iónica
Cianuros	Destilación/Electrodo selectivo y/o Espectrometría de absorción UV/VIS
Conductividad	Potenciometría/Conductimetría
pH	Potenciometría
DQO	Colorimetría
Viscosidad	Viscosímetro capilar de vidrio
Densidad	Gravimetría/Densímetro
Poder calorífico (PCS.PCI)	Calorimetría
Cloro total	Bomba calorimétrica + Electrodo selec. y/o valoración con NO ₃ Ag / Cromatografía iónica

Bromo total	Bomba calorimétrica/Cromatografía iónica
Azufre total	Digestión + Turbidimetría /C.I. Bomba calorimétrica + Gravimetría /C.I.
Cenizas	Calcinación/Gravimetría
PCB's	Cromatografía de gases
Lixiviación	Método Apéndice III (Orden 13/Oct/89)
Toxicidad	Bioensayo de luminiscencia

7.2 Técnicas Analíticas

Todas las técnicas analíticas que se utilizan en los laboratorios están debidamente homologadas por organismos nacionales e internacionales de reconocido prestigio. Siempre que alguna de ellas está recogida en el vigente ordenamiento jurídico español, se toma con preferencia a cualquier otra. Puesto que la enumeración de todas las técnicas sería demasiado prolija y estaría fuera de contexto, se citan a continuación sólo las fuentes:

- Orden de 13 de octubre de 1989
- Normas UNE e ISO que resulten de aplicación
- Métodos de la EPA
- Métodos de la Asociación Americana de Químicos Analíticos

7.3 Equipamiento

Se relacionan a continuación los equipos más significativos que pueden encontrarse en los laboratorios.

- **Seta Flash Point Tester / closed cup (Medidor de punto de inflamación)**
- **Cromatógrafo iónico**
- **Cromatógrafo de gases/ ECD**
- **Calorímetro**
- **Analizador de iones**
- **Valorador de humedad**



- **Valorador automático**
- **Sistema de desmineralización de agua**
- **Horno microondas**
- **Espectrómetro de plasma acoplado inductivamente**
- **Espectrómetro de absorción atómica**
- **pH-metro**
- **Granatario**
- **Balanza analítica**
- **Centrífuga**
- **Agitador de varilla**
- **Placa calefactora**
- **Horno mufla**
- **Espectrofotómetro**
- **Analizador de toxicidad (ECOTOX)**

8. SEGURIDAD E HIGIENE

A continuación se describen las diferentes medidas a tomar para garantizar la seguridad e higiene en las instalaciones, teniendo en cuenta las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo reflejadas en el Real Decreto 486/1997.

8.1 Servicios sanitarios

Se dispone de botiquín en el despacho y en la planta piloto, en un lugar de fácil acceso y visibilidad para facilitar la atención de las primeras curas de las lesiones producidas por un posible accidente de trabajo.

8.2 Estructura de las instalaciones

En la instalación del prototipo móvil en la planta piloto se han previsto vías de tránsito y espacios con suficiente amplitud para tener comodidad en los movimientos.



No existe ningún punto del local a mayor distancia de 25 m de una salida, rampa o escalera al exterior. Las salidas de emergencia disponen de señalización mediante equipo de iluminación autónomo tal y como marca la normativa vigente.

8.3 Medidas preventivas y protectoras básicas

Todo el diseño del prototipo móvil se ha basado en el mantenimiento de un buen nivel de seguridad, a continuación se citan las medidas básicas:

- a) Suministro adecuado de agua para la protección contra el fuego
- b) Equipos eléctricos y estructuras puestas a tierra
- c) Localización segura de paramenta eléctrica auxiliar, interruptores, etc.
- d) Protección contra fallos en servicios imprescindibles
- e) Acceso al área para vehículos de emergencia
- f) Salidas para la evacuación del personal convenientemente señalizadas y adecuadas
- g) Clasificación eléctrica. Se utilizan equipos eléctricos convencionales en lugares donde es posible la manipulación de líquidos inflamables. En caso contrario, se utilizan equipos antideflagrantes.

8.4 Prevención y extinción de incendios

El sistema de protección contra incendios cumple las normas CEPREVEN y normas UNE correspondientes. Además, cumple la NBE CPI 96 de protección contra incendios en el edificio.

La instalación contiene los siguientes elementos:

- a) almacenamiento de agua
- b) equipo de bombeo
- c) red de distribución
- d) red de hidrantes
- e) sistema de pulverizadores – rociadores
- f) extintores
- g) alarmas y equipos auxiliares



9. NORMATIVA APLICABLE

- Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos
- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986 Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos
- Orden de 13-10-89, por la que se determinan los métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos.
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986 Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante el Real Decreto 833/1988
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos
- Decreto 158/2001, de 05-6-2001, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, por el que se aprueba el plan regional de residuos peligrosos de Castilla-La Mancha
- Orden de 21-01-2003, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, por la que se regulan las normas técnicas específicas que deben cumplir los almacenes y las instalaciones de transferencia de residuos peligrosos
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. OM 9/3/1971
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo
- Real Decreto 2177/1996, de 4 de octubre, por el que se aprueba la Norma Básica de Edificación "NBE-CPI/96: Condiciones de protección contra incendios en los edificios"