

**Thirteenth CAR/SAM Regional Bird/Wildlife Hazard Prevention Committee Meeting and Conference  
Décima tercera Reunión y Conferencia del Comité Regional CAR/SAM de Prevención del Peligro Aviario/Fauna  
(CARSAMPAF/13)**

**SAFETY MANAGEMENT IN THE ENVIRONMENT AND FAUNA / GESTIÓN DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE Y FAUNA**

**“INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS  
RESIDUOS PROCEDENTES DE LOS VUELOS INTERNACIONALES EN EL AEROPUERTO  
INTERNACIONAL DE TOCUMEN, PANAMÁ**



**Ciudad de Panamá, 20-23 de octubre de 2015**

**JOSE MARIA GUILLAMON VIAMONTE  
Dr. Ingeniero Aeronáutico  
Máster en Medio Ambiente y Recursos Naturales  
jmguillamon01@gmail.com**



CARSAMPAF/13

**Thirteenth CAR/SAM Regional Bird/Wildlife Hazard Prevention Committee Meeting and Conference**  
**Décima tercera Reunión y Conferencia del Comité Regional CAR/SAM de Prevención del Peligro Aviario/Fauna (CARSAMPAF/13)**

**PLANTA DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE RESIDUOS PROCEDENTES DE VUELOS INTERNACIONALES EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TOCUMEN - PANAMÁ**

- ▶ 1. Antecedentes. Reglamento Sanitario Internacional.
- ▶ 2. Residuos procedentes de vuelos internacionales.
- ▶ 3. Tratamiento Térmico de residuos por incineración.
- ▶ 4. Ventajas e inconvenientes del Tratamiento Térmico de Residuos por incineración.
- ▶ 5. Planta de Tratamiento Térmico de Residuos por incineración en el aeropuerto Internacional de Tocumen.
- ▶ 6. Análisis de generación de residuos en el aeropuerto internacional de Tocumen.
- ▶ 7. Determinación de la ubicación del Sistema de Tratamiento Térmico de residuos en el aeropuerto.
- ▶ 8. Descripción Proyecto de Tratamiento Térmico de Residuo en el aeropuerto internacional de Tocumen.
- ▶ 9. Fases del proyecto de implantación de un Sistema de Tratamiento Térmico de residuos.
- ▶ 10. Fase de combustión del Sistema de Tratamiento Térmico de Residuos.
- ▶ 11. Fase de depuración de los gases del Sistema de Tratamiento Térmico de Residuos.
- ▶ 12. Fase de monitoreado de gases del Sistema de Tratamiento Térmico de Residuos.
- ▶ 13. Valores limite de emisión de los contaminantes procedentes de la incineración residuos peligrosos.
- ▶ 14. Valores Limite de emisión para vertidos de aguas residuales de depuración de gases.
- ▶ 15. Puesta en operación de la Planta de Tratamiento Térmico de Residuos.
- ▶ 16. Parámetros de diseño de la Planta de Tratamiento Térmico de Residuos.
- ▶ 17. Conclusiones.



Organización  
Mundial de la Salud

- **Vivimos en un mundo, sumamente interdependiente e interconectado.**
- **Algunos virus emergentes, han suscitado gran preocupación a escala internacional.**
- **Los brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos todavía siguen siendo frecuentes.**
- **Debemos estar preparados para responder a las enfermedades que pueden surgir a raíz de cambios ambientales o climáticos agudos así como de la contaminación.**
- **Reglamento Sanitario Internacional (RSI) de la OMS**

## Reglamento Sanitario Internacional (2005)

Organización Mundial de la Salud:  
La seguridad sanitaria internacional.



- La seguridad internacional en materia de salud pública.
- Fortalecer los sistemas nacionales de vigilancia y respuesta
- El singular mandato de la OMS en materia de salud pública.
- En junio de 2007, entro en vigor el Reglamento Sanitario Internacional (RSI)
- La seguridad sanitaria internacional está supeditada a la capacidad efectiva de los países.
- Aplicar el RSI es una obligación que incumbe tanto a la OMS como a los Estados Partes.
- Compartir la vulnerabilidad implica compartir también la responsabilidad.

## Objetivos:

- Reducir en todo lo posible el riesgo de propagación internacional de enfermedades mediante la adopción de medidas de salud pública permanentes y eficaces y la dotación de capacidades de respuesta en los aeropuertos, puertos y pasos fronterizos terrestres designados, en todos los países.

## Justificación:

- Un elemento esencial en el RSI es el control de las enfermedades en los aeropuertos, puertos y pasos de frontera y establece una serie de requisitos relativos a los aeropuertos, puertos y pasos fronterizos (RSI).
- El RSI establece una estrecha colaboración con otras organizaciones del sistema de las Naciones Unidas (OACI, la OMI y la OMT, etc.) y con asociaciones de la industria (IATA, ACI, etc.).

- Una de las funciones de los **Departamentos de Sanidad**, es el control de los “residuos de cocina” de medios de transporte internacional, por cuanto muchos de estos residuos pueden ser vehículo de agentes productores de enfermedades que afectan tanto a las personas como a los animales.
- Son “**residuos de cocina procedentes de medios de transporte internacional**” “Los residuos alimenticios incluido el aceite de cocina usado, procedentes de restaurantes, servicios de catering y cocinas, servidos a bordo de líneas de transporte marítimo o aéreo que tengan como origen primero, procedencia o hagan escala en otro país”.
- La reglamentación internacional clasifica los subproductos de origen animal no destinados a consumo humano en tres categorías (C1, C2 y C3 ) en función de su potencial riesgo para la salud pública y/o animal;
- **Los residuos de cocina procedentes de medios de transporte internacional**, están clasificados dentro de la categoría de mayor riesgo, Categoría C1.
- **Por esta razón es necesario** que, ante la llegada de este tipo de residuos a un puerto o a un aeropuerto, se adopten las medidas necesarias para garantizar su destrucción en las condiciones establecidas en la normativa de aplicación.
- La **entidad encargada de la recepción de los desechos generados en los vuelos internacionales**, deberán contar con un “Plan para la recepción, manipulación y eliminación de los desechos” con el fin de minimizar los riesgos para la salud pública y la sanidad animal y garantizar la correcta gestión ambiental de los residuos.

El “Plan para la recepción, manipulación y eliminación de los desechos procedentes de los vuelos internacionales” incluirá, como mínimo, los siguientes aspectos:

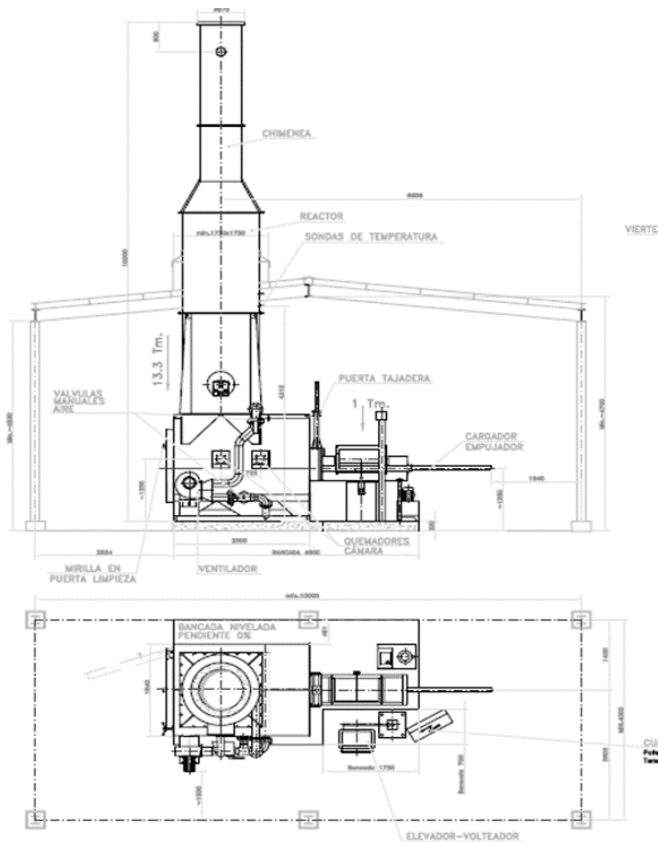
- a) **Una descripción pormenorizada de los procedimientos de recepción, recogida, transporte**, así como de los **métodos de eliminación de los residuos de cocina** que contengan productos de origen animal procedentes de vuelos que operan a nivel internacional.
- b) **Una descripción detallada del sistema de limpieza y desinfección de los contenedores o receptáculos destinados a albergar los residuos de cocina** (incluyendo los vehículos de transporte) y el resto de instalaciones y objetos que entren en contacto con el material de categoría C1. Se especificará, al menos, los métodos, las frecuencias, los productos empleados, las instrucciones de uso, las responsabilidades y los registros de actividad.
- c) **El tipo y cantidad de residuos de cocina descargados** de los vuelos que operan a nivel internacional.
- d) **Una descripción de los métodos de eliminación de los residuos de cocina** descargados de los vuelos que operan a nivel internacional.
- e) **Los residuos de cocina se deben depositar en un contenedor específico para material de categoría C1** y durante las operaciones de recogida y transporte se deben mantener separados de residuos de otras categorías (C2 y C3).
- f) **En su caso, las responsabilidades asignadas** a cada una de las **empresas externas contratadas** por la entidad gestora del aeropuerto para realizar la recogida, el almacenamiento, transporte, transformación o eliminación de los residuos de cocina de categoría C1.

- Durante las últimas décadas, la mayoría de los países industrializados con densidades de población elevadas han empleado el **“Tratamiento térmico por incineración”** como procedimiento alternativo al vertedero controlado, para la eliminación de residuos.
- El **“Tratamiento térmico de residuos por incineración”** consiste en la combustión completa de diferentes tipos de residuos hasta su conversión en escorias y cenizas, siendo un sistema ampliamente utilizado para el tratamiento de residuos sólidos urbanos, industriales, peligrosos y hospitalarios, entre otros.
- Este tratamiento es una **“respuesta”** a las amenazas sanitarias planteadas por los residuos que por sus características representan un peligro potencial para la población.
- Así pues, entre otros, **el objetivo** del tratamiento térmico de residuos es eliminar los riesgos que podrían derivarse de los residuos procedentes de “restos de cocina” de vuelos internacionales.
- La aplicación y entrada en vigor de **normativas internacionales sobre “emisiones”**, así como el uso de modernas tecnologías de control de la contaminación, **han reducido las emisiones a la atmósfera a niveles** en los cuales los riesgos de los contaminantes de los tratamientos térmicos de residuos se consideran prácticamente nulos.
- El uso continuado y eficaz de las **técnicas de depuración y control de las emisiones a la atmósfera** representa un aspecto medioambiental clave para el funcionamiento ambientalmente sostenible de estos sistemas.

- **Uno de los principales motivos** por los que se usa este tratamiento es para la destrucción total y definitiva de productos o compuestos químicos tanto peligrosos como no peligrosos.
- **Mediante este proceso de combustión controlada** los residuos se transforman en gases de combustión(73%), escorias(25%), cenizas(2%), partículas y energía térmica que puede ser utilizada para producir energía eléctrica. El tratamiento permite reducir el peso un (75%), volumen (90%) y en determinadas condiciones de operación obtener energía.
- **El poder calorífico del material a incinerar y el potencial contaminante de las emisiones** los dos motivos que han hecho evolucionar los sistemas de Tratamiento térmico por incineración hacia procedimientos capaces de alcanzar mayores rendimientos en la combustión y mayor eficacia en la eliminación de contaminantes.
- **Las disposiciones y normas legales que limitan las emisiones** de los sistemas de tratamiento térmico por incineración son cada vez más “estrictos”, de modo que para conseguir su cumplimiento ha sido necesario desarrollar “nuevas tecnologías” para el sistema de combustión y para el sistema de depuración de gases.

- **Una buena combustión se rige por la regla de las 3T:** Temperatura, Tiempo de residencia y Turbulencia, parámetros que se fijan en el momento de la concepción de sistema. La mala regulación de uno de estos parámetros puede generar condiciones inadecuadas de funcionamiento.
- **Debido a la composición heterogénea de los residuos,** el proceso de combustión se desarrolla en condiciones de exceso de aire (la legislación exige un mínimo del 6% de oxígeno en exceso), a una temperatura mínima de 850 °C/1100° C, con un tiempo de residencia de al menos 2 segundos.
- **Para la eficaz aplicación de este sistema de tratamiento,** es necesario que los residuos posean un poder calorífico superior a las 1400 kcal/kg, a fin de asegurarse la auto-combustión. En los incineradores de pequeña capacidad, hay que incorporar un combustible adicional, que suele ser habitualmente fueloil o propano o gas natural.

Las **características** mas significativas que se han de tenerse en cuenta a la hora de seleccionar un incinerador para eliminar los residuos procedentes de los vuelos internacionales en un aeropuerto son:



1. Tipo de residuos a tratar térmicamente.
2. Cantidad de residuos a tratar térmicamente.
3. Capacidad de carga del Sistema.
4. Tiempo de operación.
5. Consumo de combustible.
6. Punto de conexión de energía eléctrica y agua.
7. Accesos disponibles para vehículos a la Planta de tratamiento.
8. Ubicación y superficie ocupada por la Planta de tratamiento.
9. Sistema de depuración de gases.
10. Sistema de monitoreado continuo de gases.
11. Chimenea de salida de los gases (\*)

### Ventajas:

- Posibilidad de tratar numerosos tipos de residuos.
- Posibilidad de implantarlo cerca de núcleos urbanos.
- Limitada utilización de terrenos, poca superficie de terreno necesaria.
- Reduce el volumen de residuos un 90%.
- Importante reducción del peso de los residuos 75 %.
- Permite la reutilización de las escorias como material en la construcción.
- Posibilidad de recuperación de energía térmica contenida en los residuos.
- Costos operacionales moderados.

### Inconvenientes:

- Se generan gases tóxicos que deben ser tratados.
- Necesitan un aporte de energía exterior para su funcionamiento.
- Se necesita un vertedero especial para el depósito de cenizas, parte de las cuales son tóxicas.
- La inversión inicial es elevada.

- **Artículos 105 y 106 de la Constitución Política de la República de Panamá.**
- **Artículo 114 de la Constitución de la Constitución Política de la República de Panamá.**
- **Decreto Ejecutivo N° 116**, de 18 de mayo de 2001. “Manual Nacional para el Manejo de los Desechos Internacionales en los puertos aéreos, marítimos y terrestres de la República de Panamá”.
- **Dicho Decreto Legislativo es de obligado cumplimiento** para toda persona, natural o jurídica, y entidad del Estado, que asuma la función del manejo de desechos internacionales n los puertos marítimos, aéreos y terrestres de la República de Panamá.
- **Decreto Ejecutivo nº 293**, de 23 de agosto de 2004, que dicta las Normas sanitarias para la obtención de los permisos de construcción y operación, así como para la vigilancia de los sistema de incineración.
- **El mandato de la OMS** en materia de salud pública a través del RSI para fortalecer los sistemas nacionales de vigilancia y su respuesta.
- **Para dar respuesta a todo lo anterior**, las **autoridades** del aeropuerto internacional de **Tocumen**, en colaboración de la **OACI**, impulsaron la adquisición, instalación y operación de una “Planta de Tratamiento Térmico de los residuos” para eliminar los residuos de los vuelos de ámbito internacional.

- El Decreto ejecutivo nº 116 del Ministerio de Salud de 18 de mayo de 2001, “Por el que se aprueba el Manual Nacional para el manejo de los desechos internacionales no peligrosos en los puertos aéreos, marinos y terrestres de la Republica”.
- La ley del ambiente No. 41 de 1 de julio de 1998. “Por el cual se dicta la Ley General de Ambiente de la República de Panamá y se crea la Autoridad Nacional del Ambiente”.
- El Decreto ejecutivo nº 293 del Ministerio de Salud del 23 de agosto de 2004, “Por el que se dictan normas sanitarias para la obtención de los permisos de construcción y operación, así como para la vigilancia de los sistemas de incineración.
- Decreto Ejecutivo Nº 59 de 16 de marzo de 2000 que “Reglamenta los procesos de Evaluación de Impacto Ambiental”.
- Ley nº 21, 06/12/1990 “Por la cual se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación”.
- Normativa de la Dirección de Cuarentena Agropecuaria del MIDA.
- Normativa de la Autoridad de Aeronáutica Civil (AAC) en lo que concierne a la superficie limitadora de obstáculos.
- Normativa de la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM)
- Normativa del Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales.
- Resolución Nº 77-02/09/1998, “Por la cual se establece la presentación y normas para realización del estudio de riesgos a la salud y al ambiente”.
- La norma NFPA, en lo referente a clasificación de residuos.
- Decreto Ejecutivo Nº 197 de 19 de agosto de 1996, publicado en la G. O. de 28 de agosto de 1996 y a su vez reglamentada por el Resuelto Nº 01554 de 8 de abril de 1998, publicado en la Gaceta Oficial de 21 de abril de 1998.
- Decreto Ejecutivo Nº 111 de 23 de junio de 1999 publicado en la G. O. de 29 de junio de 1999.
- Ley No. 41 de 27 de agosto de 1999 publicada en la G. O. de 30 de agosto de 1999.
- Reglamento Sanitario Internacional.





PUNTOS DE ACOPIO DE RESIDUOS EN EL “LADO AIRE”

Datos obtenidos de la **Empresa de catering y puntos de acopio** ubicados en lado aire del aeropuerto(julio 2013):

- **Numero de bolsas generadas en un día-medio: 665 bolsas**
- **Número máximo de bolsas recogidas en un día: 750 bolsas**
- **Numero de Kg diarios de residuos recogidos en el “lado aire” del aeropuerto procedentes de vuelos “no internacionales”: 275 Kg.**
- **Peso-medio de las bolsas recogidas: 8.17 kg.**
- **La producción “media diaria” de residuos durante el mes de julio de 2013 ascendía en a 5.708 Kg.**

Procedencia de los residuos hay tres fuentes diferenciadas:

- a) **Bolsas de residuos procedentes de las instalaciones de la compañía de y que suponen el 67% del total.**
- b) **Bolsas de residuos procedentes de los 60 “puntos de acopio” que suponen el 29% del total.**
- c) **Residuos recogidos en puntos de acopio distribuidos en “lado aire” no originados por desechos procedentes de vuelos internacionales, que suponen el 4% del total.**

Las características, porcentajes y procedencia de los residuos obtenidos en las tres fuentes diferenciadas se resumen en las siguientes tablas:

Tipo de residuo	Vuelos internacionales-nacionales Empresa de catering (% en peso) (67% del total)	Vuelos internacionales. Puntos de acopio lado aire (%en peso). (Representan el 29% del total)	Residuos procedentes de “lado aire” vuelos “no” internacionales (% en peso). (Representan el 4% del total)
Papel	9,35%	42%	30%
Plástico	36,68%	22%	15%
Materia orgánica (restos de comida)	44,37%	16%	30%
Trapos	0%	5,8%	0%
Envases de aluminio	9,60%	1,3%	10%
Vidrio	0%	1%	5%
Otros (material líquido, audífonos, etc.)	0%	11,9%	10%
Residuos peligrosos	0%	0%	0%

“Instalación y operación de una Planta de Tratamiento Térmico de Residuos procedentes de los vuelos internacionales en el aeropuerto de Tocumen, Panamá”

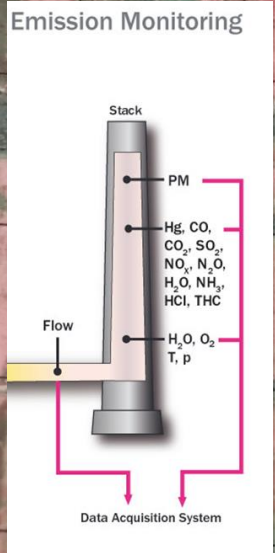
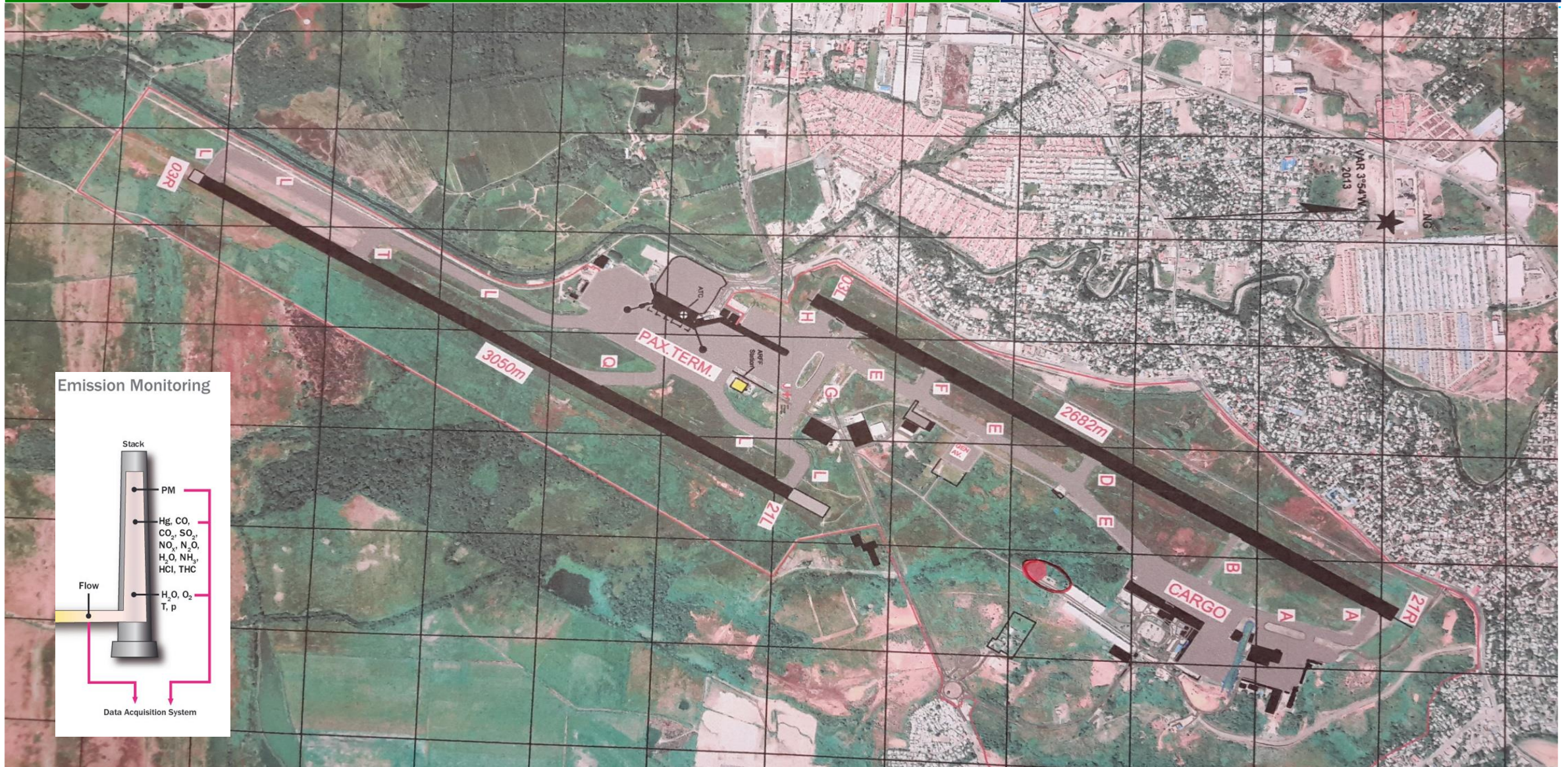
Generación de residuos en el aeropuerto de Tocumen

Estimación de residuos generados en el “lado aire” para los escenarios 2025 y 2030

	Internacional (O&D)	Conexión	Total
2011	3,314,478	2,277,274	5,591,752
2012	3,678,519	2,527,395	6,205,915
2013	4,048,524	2,781,614	6,830,139
2014	4,411,904	3,031,281	7,443,185
2015	4,777,828	3,282,696	8,060,524
2016	5,145,560	3,535,353	8,680,913
2017	5,440,729	3,738,155	9,178,884
2018	5,746,944	3,948,545	9,695,490
2019	6,084,232	4,166,543	10,230,775
2020	6,388,881	4,389,600	10,778,482
2021	6,712,168	4,611,720	11,323,889
2022	7,051,848	4,845,104	11,896,952
2023	7,408,700	5,090,285	12,498,985
2024	7,783,570	5,347,847	13,131,416
2025	8,177,274	5,618,349	13,795,623
2026	8,590,720	5,902,414	14,493,134
2027	9,024,838	6,200,683	15,225,522
2028	9,480,589	6,513,815	15,994,404
2029	9,959,024	6,842,533	16,801,557
2030	10,460,233	7,186,898	17,647,131

AÑO 2013				
PASAJEROS				
MES	TOTAL	EMBARCADO	DESEMBARCADO	TRANSITO DIRECTO
JULIO	688.395	155.289	162.292	370.814

ESCENARIO PLAN MAESTRO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TOCUMEN	PREVISIÓN DE TRAFICO DE PASAJEROS	PREVISIÓN PASAJEROS POTENCIALMENTE GENERADORES DE RESIDUOS EN EL LADO AIRE	Nº DE Kg/AÑO DE RESIDUOS SUSCEPTIBLES DE SER GENERADOS EN EL LADO AIRE	Nº DE Kg/DÍA DE RESIDUOS SUSCEPTIBLES DE SER GENERADOS EN EL LADO AIRE
2025	13,795.623	10,760.586	3,550.993	9.729
2030	17,647.131	13,764.762	4,542.371	12.445



La **estructura operativa** de la Planta de Tratamiento Térmico de Residuos (incinerador) implantada en el aeropuerto internacional de Tocumen incluye las siguientes fases:

- 1) **Zona de descarga, almacenamiento y tratamiento “in situ” de residuos.**
- 2) **Carga de residuos en la cámara de combustión del incinerador.**
- 3) **Cámara de post-combustión para asegurar una completa destrucción de los compuestos orgánicos.**
- 4) **Zona de recogida y extracción de cenizas y escorias.**
- 5) **Tratamiento de cenizas de la etapa de combustión.**
- 6) **Un sistema de refrigeración y caldera de recuperación de energía (en incineradores con capacidad > 140 Tn/día).**
- 7) **Zona de almacenamiento de escorias y cenizas y productos recogidos en los procesos de depuración.**
- 8) **Control y tratamiento de aguas resultado del proceso de incineración.**
- 9) **Filtrado y depuración de los gases procedentes de la combustión.**
- 10) **Evacuación de los gases depurados a la atmósfera (ventilador y chimenea).**
- 11) **Monitorización y control de emisiones.**

La instalación esta adaptada en cada una de estas etapas de operación en términos de diseño, en función de los “tipos de residuos, cantidad y tiempo de funcionamiento” para conseguir la mayor eficiencia en el tratamiento de los residuos.

El diseño de los sistemas de control y programas de mantenimiento también desempeñan un importante papel para asegurar optimizar la operatividad de la Planta de Tratamiento de residuos.

**PARTE 1: SISTEMA DE INCINERACION: (CAMAS DE COMBUSTIÓN)**

Tipo de residuos a incinerar:

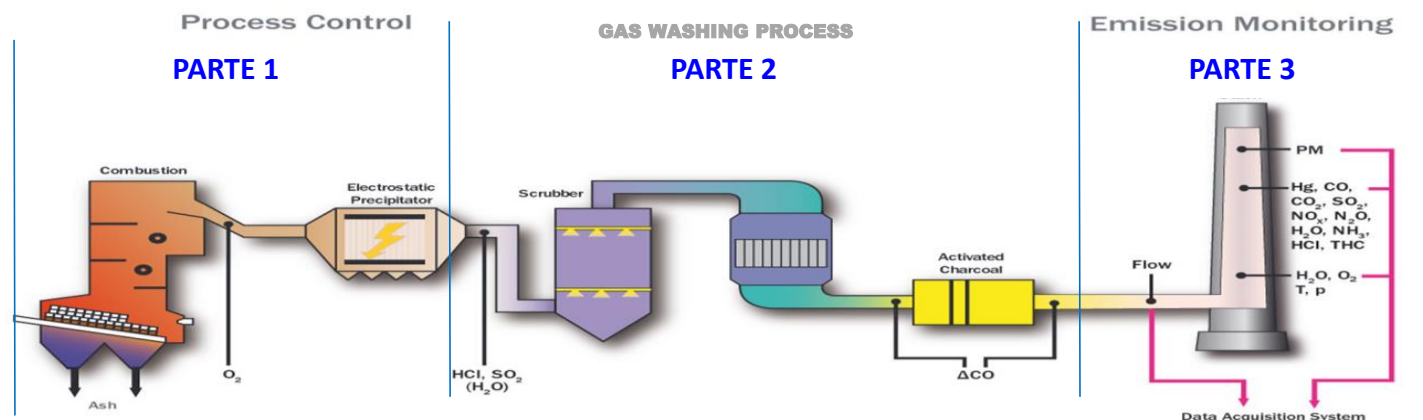
Cantidad de residuos a ser tratados térmicamente-día: Para determinar la capacidad de cada carga de residuos, Nº de cargas, Necesidad de turnos de trabajo, etc.

**PARTE 2: EQUIPAMIENTO PARA LIMITAR Y DEPURAR LAS EMISIONES DE LOS GASES DE LA COMBUSTIÓN:**

Cumplimiento de la Normativa Ambiental de carácter internacional y la vigente en la Republica de Panamá): Ello nos permite determinar el equipamiento, instrumentación y procesos que debemos instalar al objeto de que a la chimenea lleguen los gases y partículas dentro de los limites establecidos en la legislación.

**PARTE 3: EQUIPAMIENTO PARA MOMITOREO Y CONTROL:**

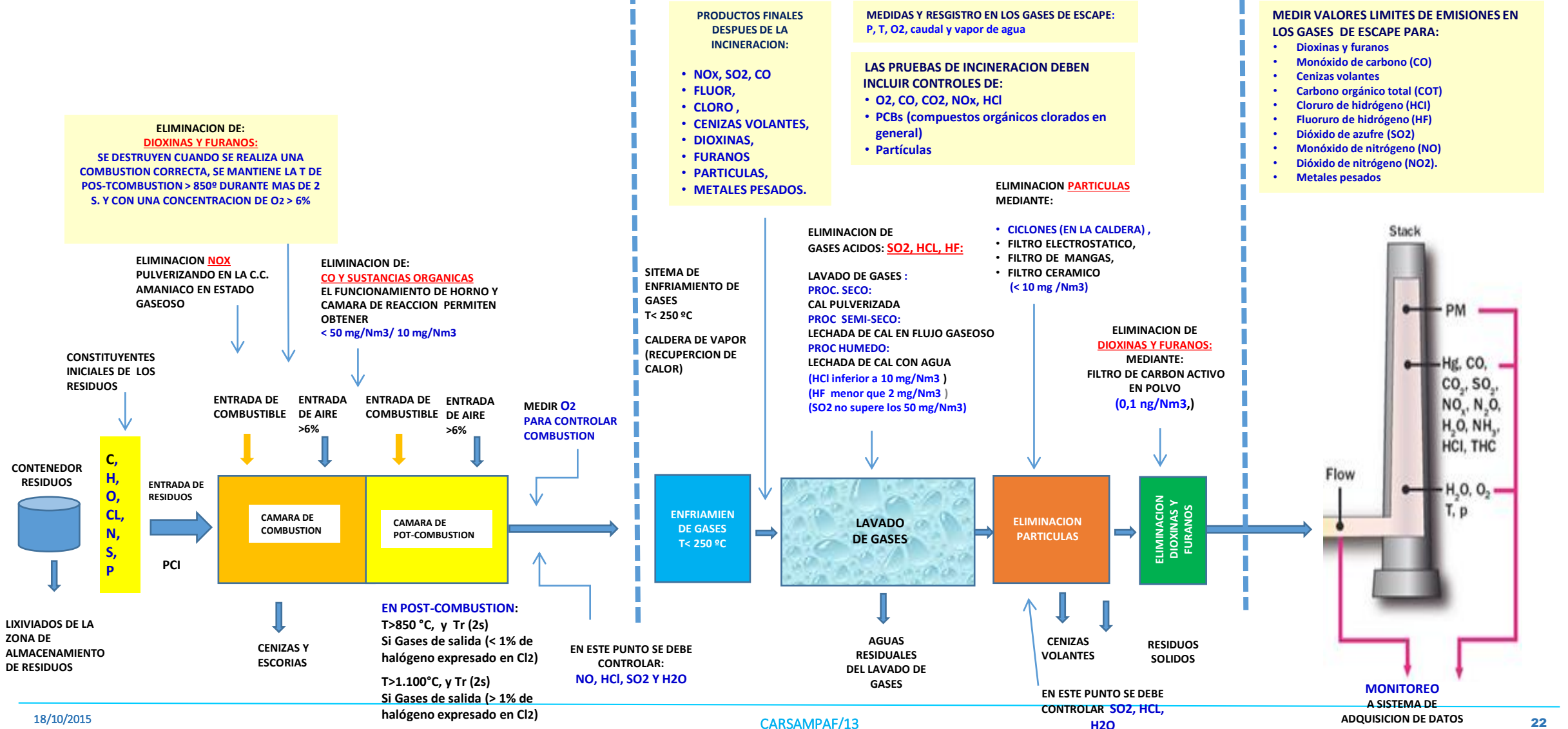
Al objeto de asegurarnos y controlar los limites de emisiones gases, partículas, caudal, presión y temperatura y poder facilitar información de dichos valores a la autoridad competente si son requeridos.



FASE DE COMBUSTION DE RESIDUOS

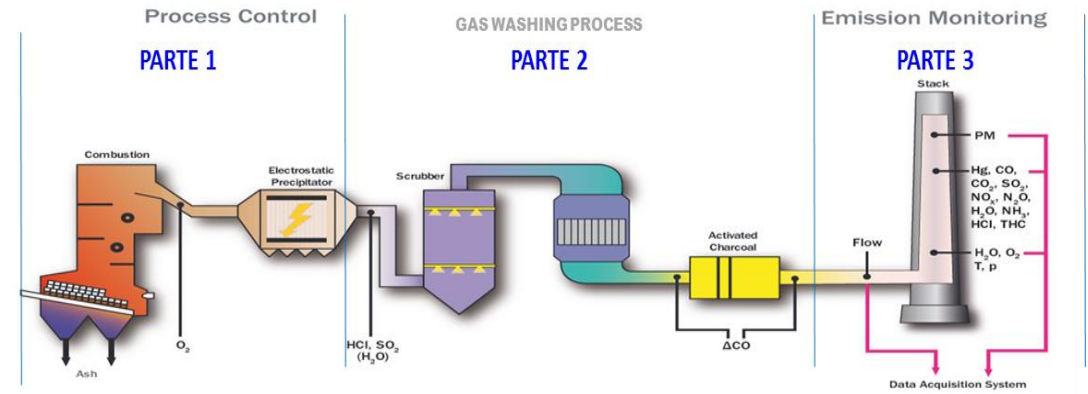
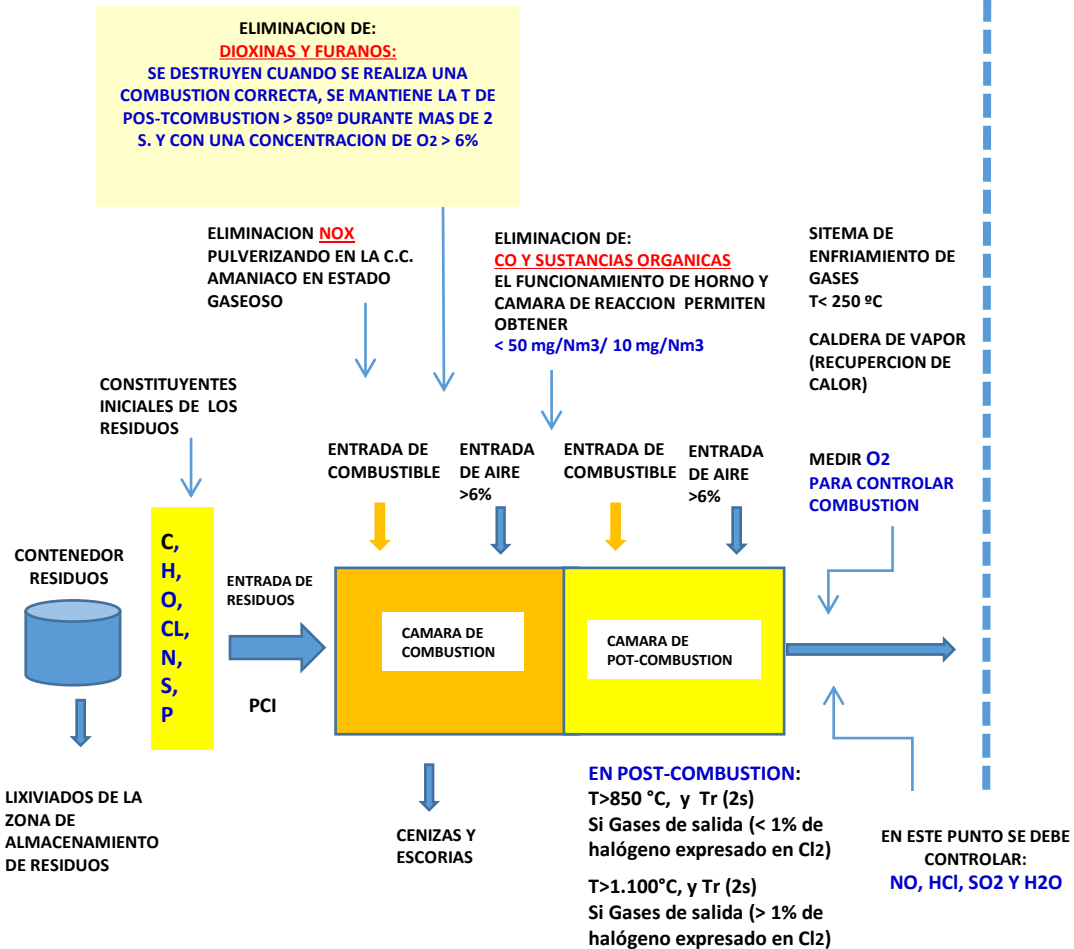
FASE DE FILTRADO DE GASES

MONITOREADO GASES



FASE DE COMBUSTION DE RESIDUOS

PARTE 1

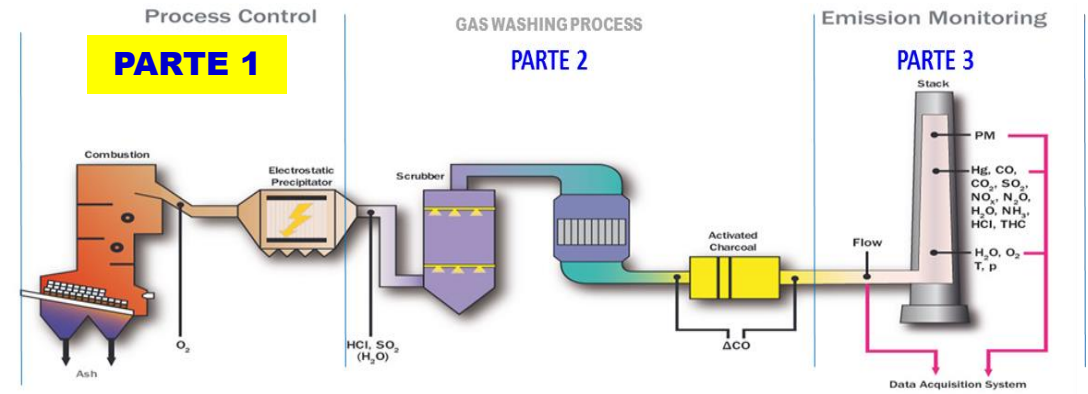
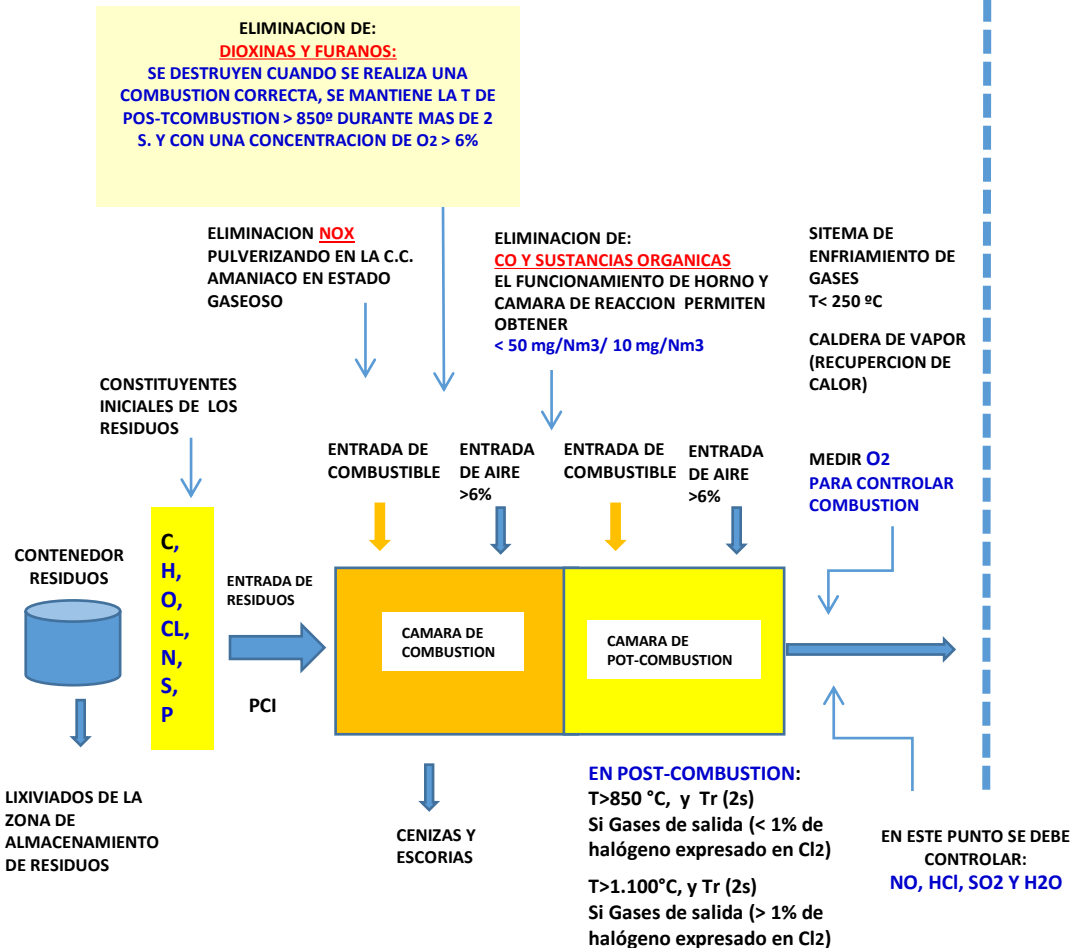


COMPONENTES DEL SISTEMA DE COMBUSTIÓN:

- Cámara de incineración (cámara de combustión).
- Reactor térmico o (cámara de postcombustión).
- Quemadores de la cámara de combustión.
- Quemadores del reactor térmico.
- Ventilador de la cámara de combustión.
- Ventilador de la cámara de postcombustión.
- Puerta frontal de la cámara de combustión.
- Cargador mecánico de residuos de velocidad variable
- Contenedores de carga.
- Extracción de ceniza y útiles de limpieza.
- Cuadro eléctrico.

FASE DE COMBUSTION DE RESIDUOS

PARTE 1



- Para asegurar la destrucción de las moléculas orgánicas complejas, que salen de los gases de la cámara de combustión, se someten estos gases a un proceso adicional en la cámara de postcombustión, donde la temperatura es superior a 850°C/1100°C durante un tiempo no inferior a 2 segundos y con un contenido de oxígeno superior al 6%.
- Los gases de salida (en determinadas condiciones de operación) se pueden introducir en una caldera de recuperación para producción de vapor con el que pueda obtenerse energía eléctrica por medio de una turbina.
- Para conseguir un “Tratamiento térmico” correcto y la minimización de los gases contaminantes, se deben controlar los siguientes parámetros: Temperatura, Tiempo de residencia y Turbulencia.

Los elementos principales que se encuentran en los residuos son: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre; también están presentes en pequeñas cantidades otros elementos como metales, halógenos, etc.

Los productos que se obtienen del tratamiento térmico por incineración en función de cada componente son:

Componentes en el residuo	Elementos producidos
Carbono -----	Cenizas (s) y Dióxido de Carbono (g)
Oxígeno -----	Dióxido de Carbono (g)
Hidrógeno -----	Vapor de agua
Halógenos -----	Ácidos halogenados, Br <sub>2</sub> , I <sub>2</sub> (g)
Azufre -----	Óxidos de Azufre (g)
Nitrógeno -----	Óxidos de Nitrógeno (g)
Fósforo -----	Pentóxidos de Fósforo (g)
Metales -----	Óxidos metálicos (s)
Metales Alcalinos -----	Hidróxidos (s), "Inquemados" (g)



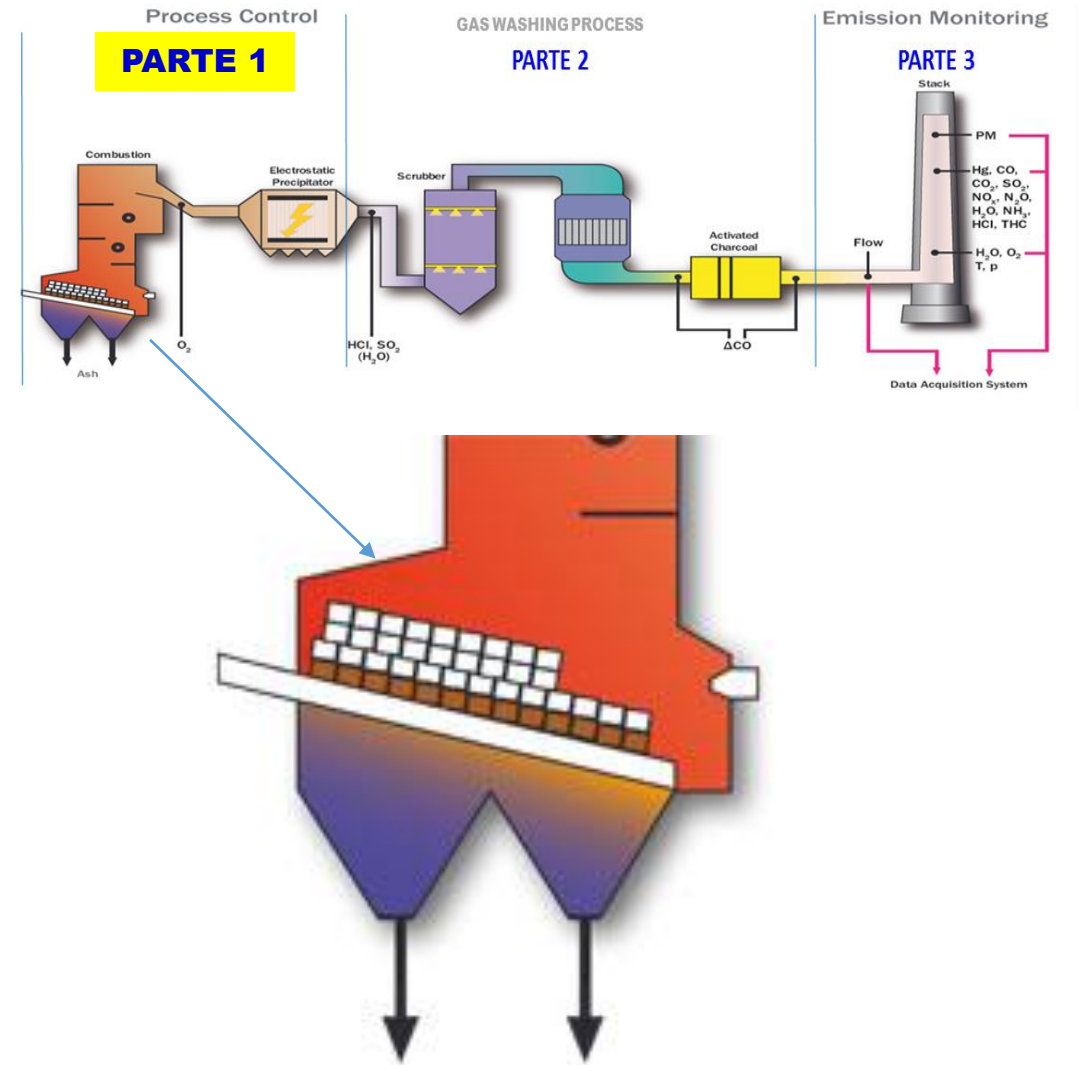
NO, NO<sub>2</sub>  
 SO<sub>2</sub>  
 CO  
 PARTICULAS  
 METALES  
 FLUOR  
 CLORO  
 DIOXINAS  
 FURANOS

1. Partículas
2. Monóxido de carbono y sustancias orgánicas
3. Gases ácidos: SO<sub>2</sub>, HCl, HF
4. Dioxinas y furanos.
5. Escorias y Cenizas

## Optimización y control de la combustión

Para conseguir un tratamiento térmico correcto y la minimización de los gases contaminantes, se deben controlar los siguientes parámetros:

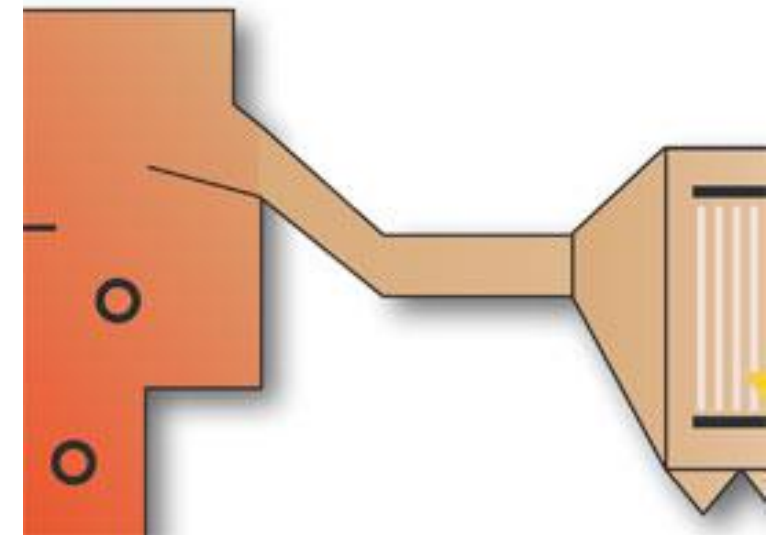
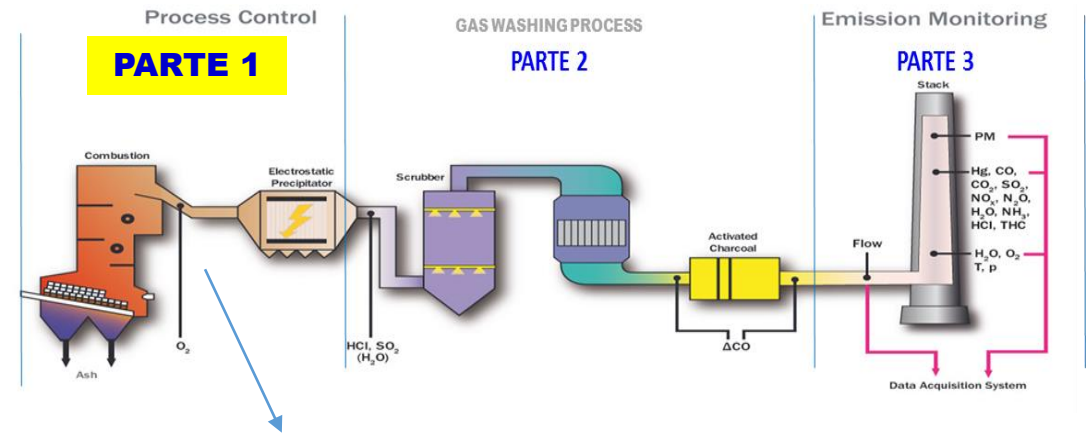
- Concentración de O<sub>2</sub> a la salida de la cámara de post-combustión.
- Concentración de de NO, HCl, SO<sub>2</sub> Y H<sub>2</sub>O a la salida de la cámara de post-combustión.
- El tiempo de residencia de los residuos en contacto con el oxígeno dentro de la cámara de post-combustión. (Tiempo de retención).
- Turbulencia. La relación entre las cantidades de oxígeno y de residuos que se mezclan.
- Temperatura. De las cámara de combustión-postcombustión.



## 1. Desnitrificación de los gases de la combustión

Es necesario conseguir que las emisiones de NO<sub>x</sub> queden reducidas al máximo antes de su liberación en la atmósfera.

- En el proceso de control de NO<sub>x</sub> con reducción catalítica no selectiva (SNCR) se pulveriza amoníaco en estado gaseoso o una mezcla de urea y agua directamente en la cámara de combustión.
- En la cámara, las moléculas de NO<sub>x</sub> reaccionan con los compuestos de amoníaco y forman nitrógeno y agua. Las emisiones de NO<sub>x</sub> se reducen en consonancia.
- A la salida de la cámara, además de O<sub>2</sub> (eficiencia de la combustión), se controla el NO para controlar y optimizar el proceso de NO<sub>x</sub>.
- Con el mismo sistema pueden controlarse las concentraciones de HCl, SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, que son parámetros de control importantes para la posterior depuración.



- **En el proceso de incineración** de los residuos se genera una gran cantidad de **energía térmica** que para determinadas condiciones de operación, podría ser aprovechada. A tal efecto las instalaciones de incineración de residuos pueden estar previstas de un sistema de recuperación de calor para convertir la energía térmica en **energía eléctrica**.
  
- **Estudios realizados demuestran** que cuando las cantidades de residuos incineradas son **inferiores a 140 Tn/día**, no se rentabiliza la inversión realizada para el aprovechamiento de la energía generada en el proceso de combustión. Esta etapa se contempla muy escasamente en países con climas cálidos.
  
- Un **“balance térmico medio”** en un incinerador puede tener los siguientes valores, calculados respecto al **100%** de la entrada:
  - **18% de pérdidas en la zona de combustión y caldera**
  - **0,8 % de pérdidas en el turbo generador**
  - **48,2 % en la refrigeración (aerocondensador)**
  - **6% autoconsumo**
  - **27 % producción de energía eléctrica.**

FASES DEL FILTRADO-DEPURACION DE GASES

PRODUCTOS FINALES DESPUES DE LA INCINERACION:

- NOx, SO2, CO
- FLUOR,
- CLORO ,
- CENIZAS VOLANTES,
- DIOXINAS,
- FURANOS,
- PARTICULAS,
- METALES PESADOS.

MEDIDAS Y RESGISTRO EN LOS GASES DE ESCAPE: P, T, O2, caudal y vapor de agua

LAS PRUEBAS DE INCINERACION DEBEN INCLUIR CONTROLES DE:

- O2, CO, CO2, NOx, HCl
- PCBs (compuestos orgánicos clorados en general)
- Partículas

PARTE 2

ELIMINACION **PARTICULAS** MEDIANTE:

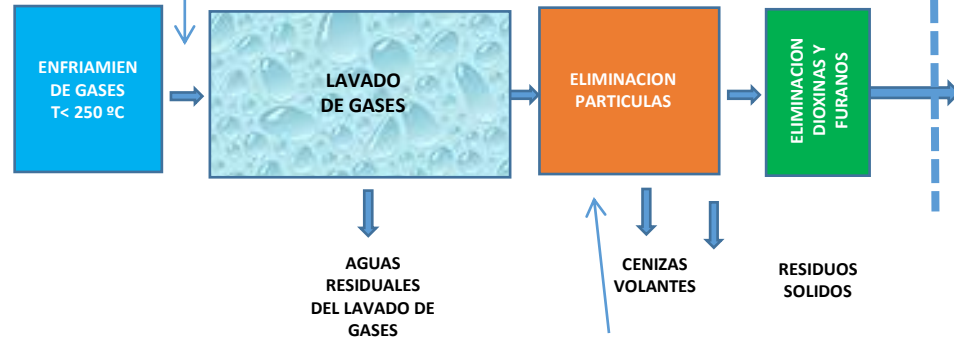
- CICLONES (EN LA CALDERA) ,
- FILTRO ELECTROSTATICO,
- FILTRO DE MANGAS,
- FILTRO CERAMICO (< 10 mg /Nm3)

ELIMINACION DE GASES ACIDOS: **SO2, HCL, HF:**

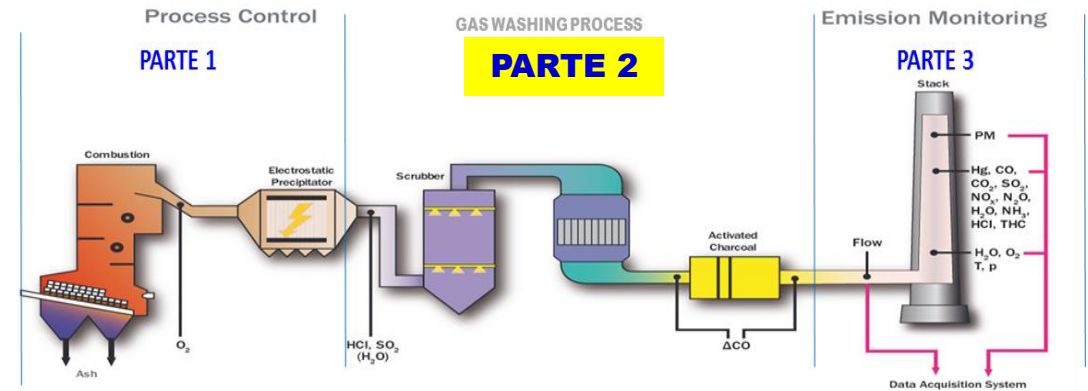
- LAVADO DE GASES :
- PROC. SECO: CAL PULVERIZADA
  - PROC SEMI-SECO: LECHADA DE CAL EN FLUJO GASEOSO
  - PROC HUMEDO: LECHADA DE CAL CON AGUA (HCl inferior a 10 mg/Nm3) (HF menor que 2 mg/Nm3) (SO2 no supere los 50 mg/Nm3)

ELIMINACION DE **DIOXINAS Y FURANOS:** MEDIANTE: FILTRO DE CARBON ACTIVO EN POLVO (0,1 ng/Nm3,)

SITEMA DE ENFRIAMIENTO DE GASES T< 250 °C  
CALDERA DE VAPOR (RECUPERACION DE CALOR)



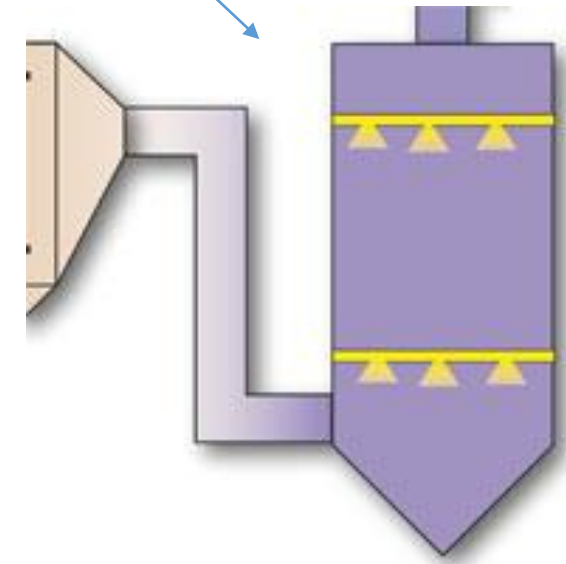
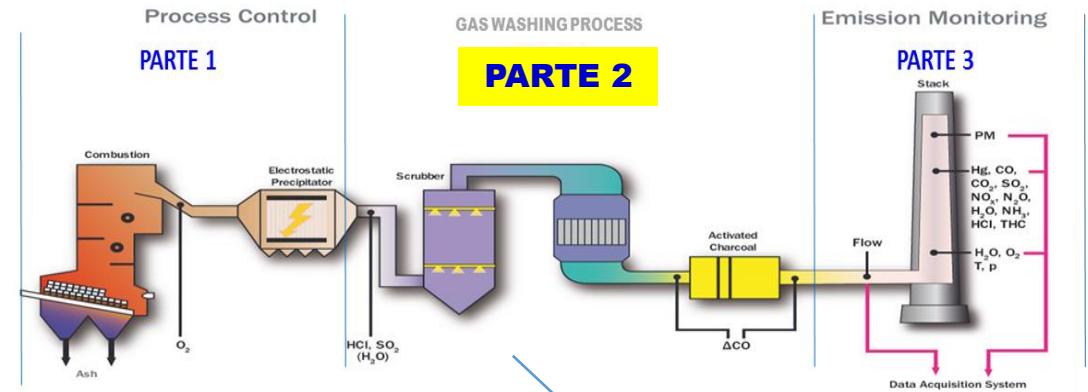
EN ESTE PUNTO SE DEBE CONTROLAR **SO2, HCL, H2O**



- Las emisiones deben cumplir los límites que fijan las normas legales por lo que es preciso dotar a la instalación de una serie de técnicas capaces de destruir o retener los diferentes tipos de contaminantes.
- A medida que van disminuyendo los límites de las emisiones aumenta la complejidad del proceso de depuración.
- En los incineradores de ultima generación los sistema de depuración de los gases de combustión utilizados se describen en la diapositiva siguiente.

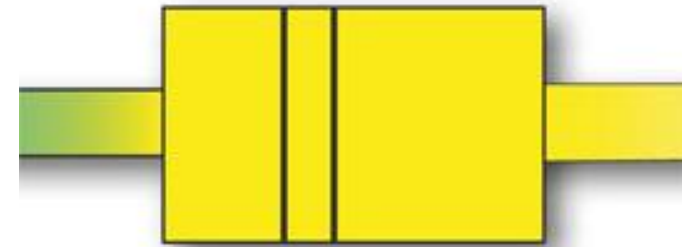
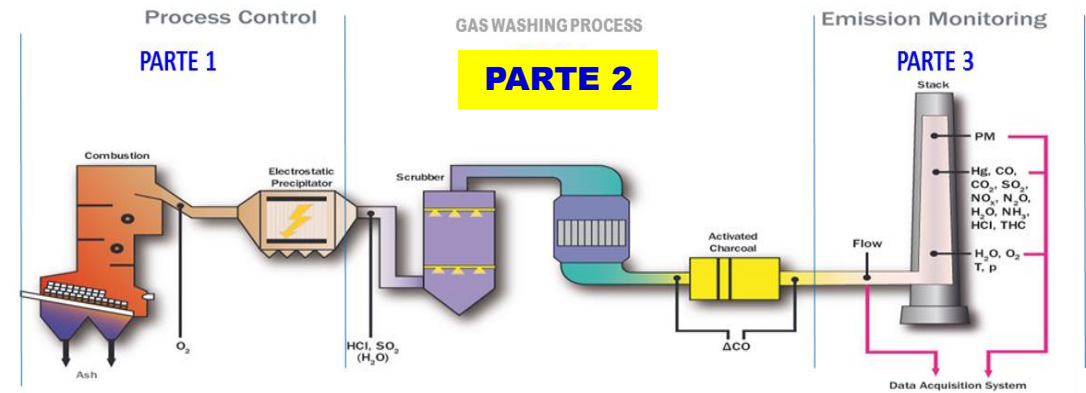
## Depuración de los gases de combustión

- **Procesos de lavado en seco:** Los lavados por vía seca, se realizan mediante la inyección de cal en el reactor, con posterior filtración mediante filtro electrostático o de mangas.
- **Procesos de lavado semisecos (o semihúmedos):** En estos dos procesos la cal es utilizada en forma de lechada, lo que permite una mejor reactividad de la cal y un enfriamiento de los gases por evaporación del agua de dilución de la cal. Los sistemas de filtración pueden ser los mismos.
- Para un control adecuado de las operaciones del proceso en seco, es fundamental realizar un control continuo de HCl, SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.
- **Procesos de lavado por vía húmeda:** Se descomponen en dos fases:
  - Tratamiento de las partículas en suspensión mediante filtros electrostáticos, y
  - Tratamiento de los gases mediante columnas de absorción.
  - En los tratamientos húmedos, el gas de combustión se rocía con una mezcla acuosa de agua y cal viva. Los contaminantes ácidos en estado gaseoso reaccionan con el líquido y se forma yeso, que puede extraerse del agua residual.



### Eliminación de metales pesados, dioxinas y furanos.

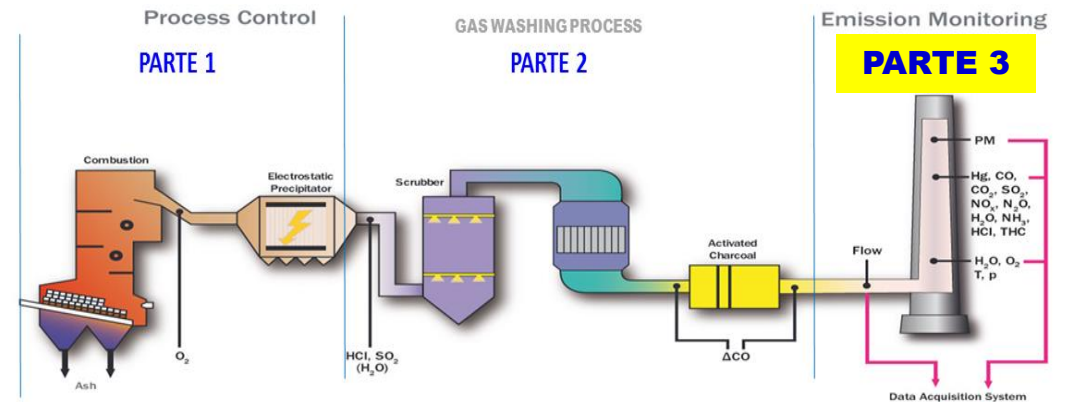
- Para controlar las emisiones de metales pesados y dioxinas y furanos, suelen utilizarse filtros de carbón activado.
- Por su alta porosidad y su gran superficie activa, el carbón activado es ideal para adsorber contaminantes.
- Sin embargo, una de sus desventajas es la capacidad de auto-combustión.
- Pueden detectarse puntos calientes en el filtro de carbón activado realizando mediciones diferenciales CO a la entrada y a la salida del filtro.



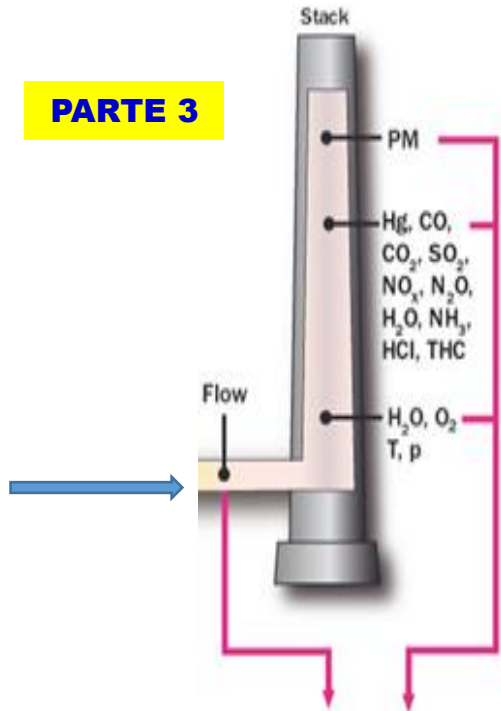
### MONITOREADO GASES

MEDIR VALORES LIMITES DE EMISIONES EN LOS GASES DE ESCAPE PARA:

- Dioxinas y furanos
- Monóxido de carbono (CO)
- Cenizas volantes
- Carbono orgánico total (COT)
- Cloruro de hidrógeno (HCl)
- Fluoruro de hidrógeno (HF)
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Monóxido de nitrógeno (NO)
- Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)
- Metales pesados



### PARTE 3



MONITOREO

A SISTEMA DE  
ADQUISICION DE DATOS

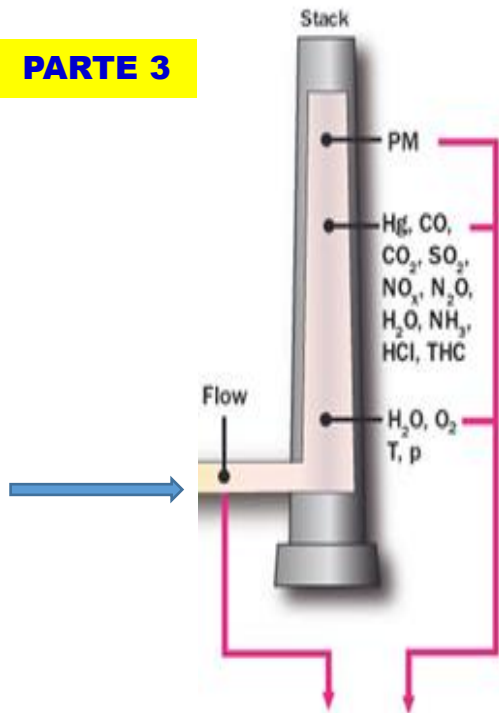
- De acuerdo con la normativa ambiental, los sistemas “Tratamiento térmico” de residuos por incineración deben controlar un buen número de componentes gaseosos (HCl, HF, CO, NO<sub>x</sub> (NO+NO<sub>2</sub>), SO<sub>2</sub> y TOC) y la materia particulada, de manera continua, así como los valores de referencia de caudal, temperatura del gas, presión, O<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.
- Los datos del control se transmiten a un sistema de adquisición de datos de las emisiones para continuar el procesado y presentar informes a las autoridades.
- Los equipos de supervisión utilizados deben contar con la aprobación de las autoridades competentes, por ejemplo, en la UE la Directiva sobre “Tratamiento térmico por incineración de residuos” 2000/76/EC).
- La superación de pruebas de homologación conforme a EN15267-3 y el cumplimiento de la norma de calidad EN14181 son también condiciones previas indispensables.

### MONITOREADO GASES

MEDIR VALORES LIMITES DE EMISIONES EN LOS GASES DE ESCAPE PARA:

- Dioxinas y furanos
- Monóxido de carbono (CO)
- Cenizas volantes
- Carbono orgánico total (COT)
- Cloruro de hidrógeno (HCl)
- Fluoruro de hidrógeno (HF)
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Monóxido de nitrógeno (NO)
- Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).
- Metales pesados

### PARTE 3



MONITOREO

A SISTEMA DE  
ADQUISICION DE DATOS

El “Sistema de monitoreo” realiza un control continuo de las emisiones de los siguientes elementos:

- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>)
- Óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>)
- Cloruro de hidrogeno (HF)
- Fluoruro de Hidrogeno (HCl)
- Oxígeno en las cámaras y la chimenea
- Temperatura en ambas cámaras.
- Indicadores de presión
- Tasa de carga de los desechos.
- Partículas Totales (PT).
- Carbono Orgánico Total (COT).
- Opacidad.
- Hidrocarburos totales.
- Dioxinas y Furanos:
- Cadmio (Cd).
- Mercurio (Hg).
- Talio (Tl).
- Sumatoria de los siguientes metales: Arsénico (As), Plomo (Pb), Níquel (Ni), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Antimonio (Sb) y Estaño (Sn).

“Instalación y operación de una Planta de Tratamiento Térmico de Residuos procedentes de los vuelos internacionales en el aeropuerto de Tocumen, Panamá”

Valores límite de emisión de los contaminantes procedentes de la incineración residuos peligrosos.

Límites contaminantes

Contaminantes	Unidades (al 7% de O <sub>2</sub> )	Límite de emisiones máximo permitido
Partículas totales	Miligramos por metro cúbico	< 50
Monóxido de carbono	Ppm por volumen	< 100
Ácido clorhídrico	Ppm por volumen o porcentaje de reducción	100 o 93%
Ácidos Fluorhídrico + Ácido bromhídrico	Miligramos por metro cúbico	< 3
Dióxido de Azufre	Ppm por volumen	< 55
Óxidos de Nitrógeno	Ppm por volumen	< 250
Plomo	Miligramos por metro cúbico	< 3
Cadmio	Miligramos por metro cúbico	< 0.1
Mercurio	Miligramos por metro cúbico	< 0.1
Cromo	Miligramos por metro cúbico	< 0.2
Níquel	Miligramos por metro cúbico	< 0.1
Policlorodibenzodioxinas	Nano gramos por metro cúbico	25
Policlorodibenzofuranos	Nano gramos por metro cúbico	25
Cianuros	Miligramos por metro cúbico	< 3
Fósforo	Miligramos por metro cúbico	< 5
Emisiones visibles (humos)	Porcentaje de opacidad	< 30%

	SUSTANCIAS CONTAMINANTES	Valores límite de emisión expresados en concentraciones en masa para muestras no filtradas
1.	Mercurio y sus compuestos, expresados en mercurio (Hg).	0,03 mg/l
2.	Cadmio y sus compuestos, expresados en cadmio (Cd).	0,05 mg/l
3.	Talio y sus compuestos, expresados en talio (Tl).	0,05 mg/l
4.	Arsénico y sus compuestos, expresados en arsénico (As).	0,15 mg/l
5.	Plomo y sus compuestos, expresados en plomo (Pb).	0,2 mg/l
6.	Cromo y sus compuestos, expresados en cromo (Cr).	0,5 mg/l
7.	Cobre y sus compuestos, expresados en cobre (Cu).	0,5 mg/l
8.	Níquel y sus compuestos, expresados en níquel (Ni).	0,5 mg/l
9.	Zinc y sus compuestos, expresados en zinc (Zn).	1,5 mg/l
10.	Dioxinas y furanos	0,3 mg/l

En la instalación del Sistema de Tratamiento Térmico, **antes de iniciar la operación**, para evaluar el desempeño de la instalación, se tiene que llevar a cabo un “**Protocolo de quemado**”, durante tres días consecutivos, en presencia de la autoridad competente y para lo cual se deberá disponer de:

- a) **Las condiciones operacionales del equipo.**
  - b) **Un Plan de monitoreado aprobado.**
  - c) **Un Plan para la disposición de los residuos resultado de la incineración (Escorias y cenizas).**
- El “**Protocolo de quemado**” se realiza en presencia de los técnicos del Ministerio de Salud, Autoridad Nacional del Ambiente, Dirección de Cuarentena Agropecuaria del MIDA, Autoridad de Aeronáutica Civil (AAC), y de cualquier otra entidad que sea autorizada por el Ministerio de Salud.
  - Los **análisis de las muestras** deberán ser realizados por personal químico idóneo de un laboratorio nacional o internacionalmente, autorizado para realizar este tipo de análisis.
  - **El Protocolo establece la periodicidad** de presentación de informes a la autoridad competente, basado en los resultados de la evaluación de desempeño del Sistema de Tratamiento Térmico y los equipos de control.

- **El fuerte proceso de generación de residuos** que la población mundial esta experimentando, y que todo indicar va a intensificarse, nos lleva a buscar alternativas de eliminación de los residuos producidos en los diversos ámbitos.
- **Hoy día, el tratamiento térmico de los residuos mediante incineración**, incorpora criterios y estándares de gestión de calidad, que constituyen, sin duda, una de las alternativas de gestión de residuos con mas protección y respeto hacia el medio ambiente.
- **La incorporación de los mas modernos equipos y “sistemas de depuración de gases”**, ( Diseñados con los parámetros mas exigentes control y límites de emisión), así como el “**monitoreado continuo**” de los gases de la combustión, hacen que el Sistema Tratamiento Térmico implantado en el aeropuerto de Tocumen, este considerado como uno de los Sistemas de gestión de residuos “**mas sostenibles**” desde el punto de vista ambiental.
- Con la puesta en operación de esta Planta de Tratamiento Térmico de residuos, el **aeropuerto internacional de Tocumen** dispondrá del Sistema de Tratamiento Térmico “**mas eficiente y avanzado**” que existe en la actualidad en los aeropuertos del mundo para la eliminación de los residuos procedentes de los “**vuelos internacionales.**”

**Thirteenth CAR/SAM Regional Bird/Wildlife Hazard Prevention Committee Meeting and Conference  
Décima tercera Reunión y Conferencia del Comité Regional CAR/SAM de Prevención del Peligro Aviario/Fauna  
(CARSAMPAF/13)**

**SAFETY MANAGEMENT IN THE ENVIRONMENT AND FAUNA / GESTIÓN DE LA SEGURIDAD OPERACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE Y FAUNA**

**“INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS  
RESIDUOS PROCEDENTES DE LOS VUELOS INTERNACIONALES EN EL AEROPUERTO  
INTERNACIONAL DE TOCUMEN, PANAMÁ**



**!!!GRACIAS POR SU ATENCION!!!**

**JOSE MARIA GUILLAMON VIAMONTE**  
Dr. Ingeniero Aeronáutico  
Máster en Medio Ambiente y Recursos Naturales  
jmguillamon01@gmail.com



CARSAMPAF/13