

7. ECONOMÍA DEL PROCESO DE DESORCIÓN TÉRMICA

7.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COSTE DE INVERSIÓN

Los costes de inversión de los distintos métodos de desorción térmica varían ampliamente desde cientos de miles hasta más de 5 millones de euros. Algunos de los factores más significativos que afectan al coste del sistema de desorción térmica son:

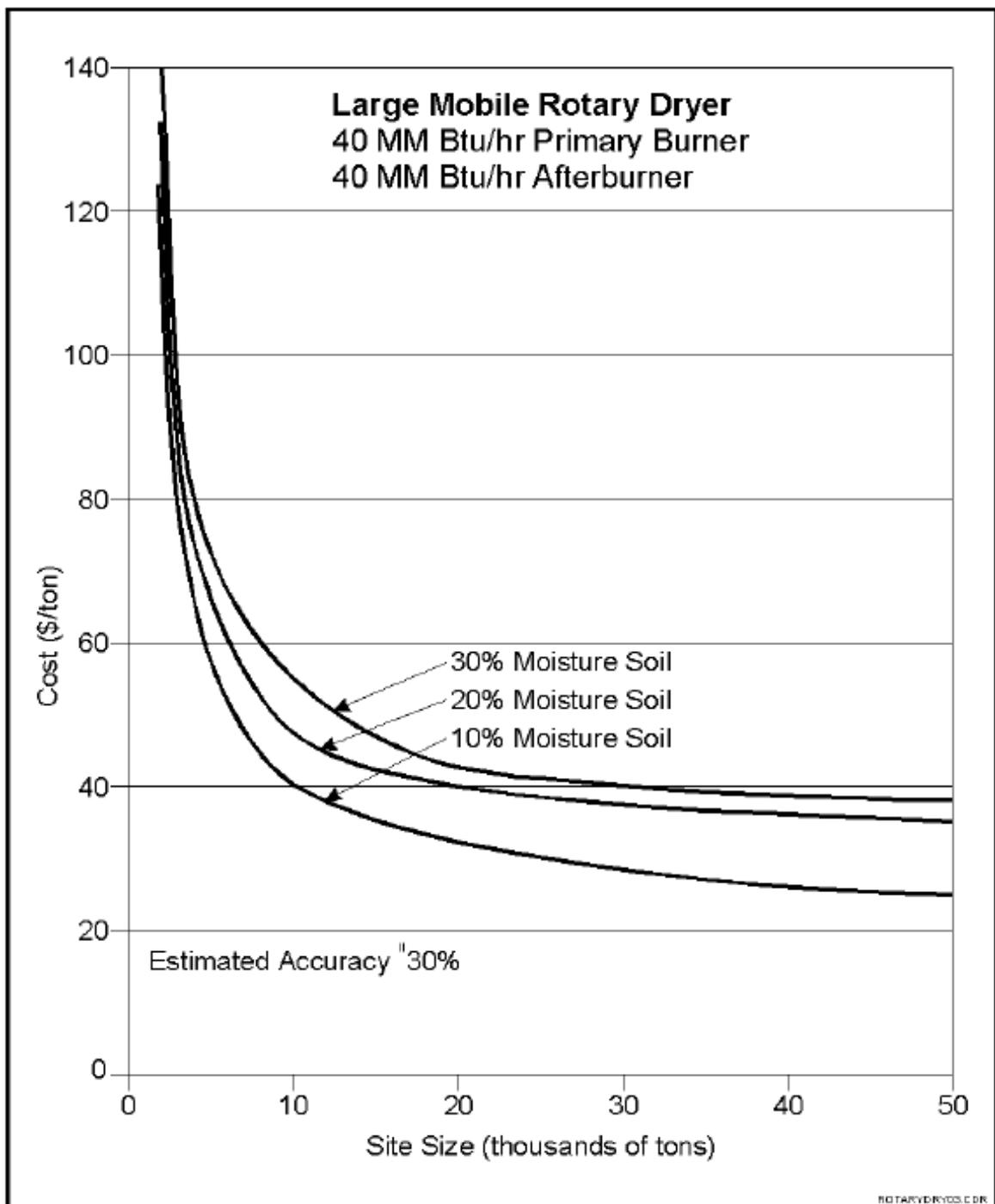
- *Tipo de sistema de tratamiento:* El tipo de tecnología usada en el sistema de desorción térmica afecta de manera significativa al coste de inversión. El tipo de material usado en la fabricación de los equipos, el tamaño de los mismos y la complejidad y componentes que puedan tener, todo ello afecta al coste del proceso. Los sistemas de contacto indirecto producen menos caudal de gases a tratar, por tanto tienden a costar menos que los sistemas de contacto directo del mismo tamaño. En los equipos de contacto indirecto el gas de chimenea no ha entrado en contacto con el material contaminado, por lo que normalmente no requiere un tratamiento. Los sistemas que usan electricidad como fuente de calor generalmente cuestan menos por la misma razón, pero sus costes de operación pueden ser mayores si la electricidad tiene un precio elevado en el lugar de tratamiento.
- *Temperatura de tratamiento:* Cuanto mayor sea la temperatura de tratamiento de los sistemas de desorción térmica, mayor es el coste de inversión debido a materiales de construcción más caros, quemadores más grandes, y equipos de mayor volumen para alojar el caudal de gas de proceso de muy baja densidad.
- *Rendimiento en el tratamiento de suelos:* Los sistemas de alto rendimiento necesitan equipos de mayor tamaño y por tanto de mayor precio.
- *Capacidad para tratar contaminantes clorados:* Para el tratamiento de componentes clorados son necesarios una depuración del gas ácido y un equipo de neutralización. Estos equipos extras, como el depurador de gas ácido, incrementan el coste de inversión.
- *Sistema de depuración del gas:* Además de, o en lugar de, un sistema de depuración de gas, pueden ser necesarios otros equipos de depuración como por ejemplo filtro de mangas o equipo de absorción con carbón activo.

- *Sistema de Instrumentación y Control*: El grado de sofisticación del sistema con alarmas, dispositivos de seguridad y sistema de paro de emergencia; la necesidad de un sistema de monitorización continua de emisiones y ciertos instrumentos específicos como pueden ser monitores de opacidad, medidores de flujo de gases, etc., pueden incrementar el coste de inversión del sistema de desorción térmica.

7.2 TASAS DE COSTO UNITARIAS

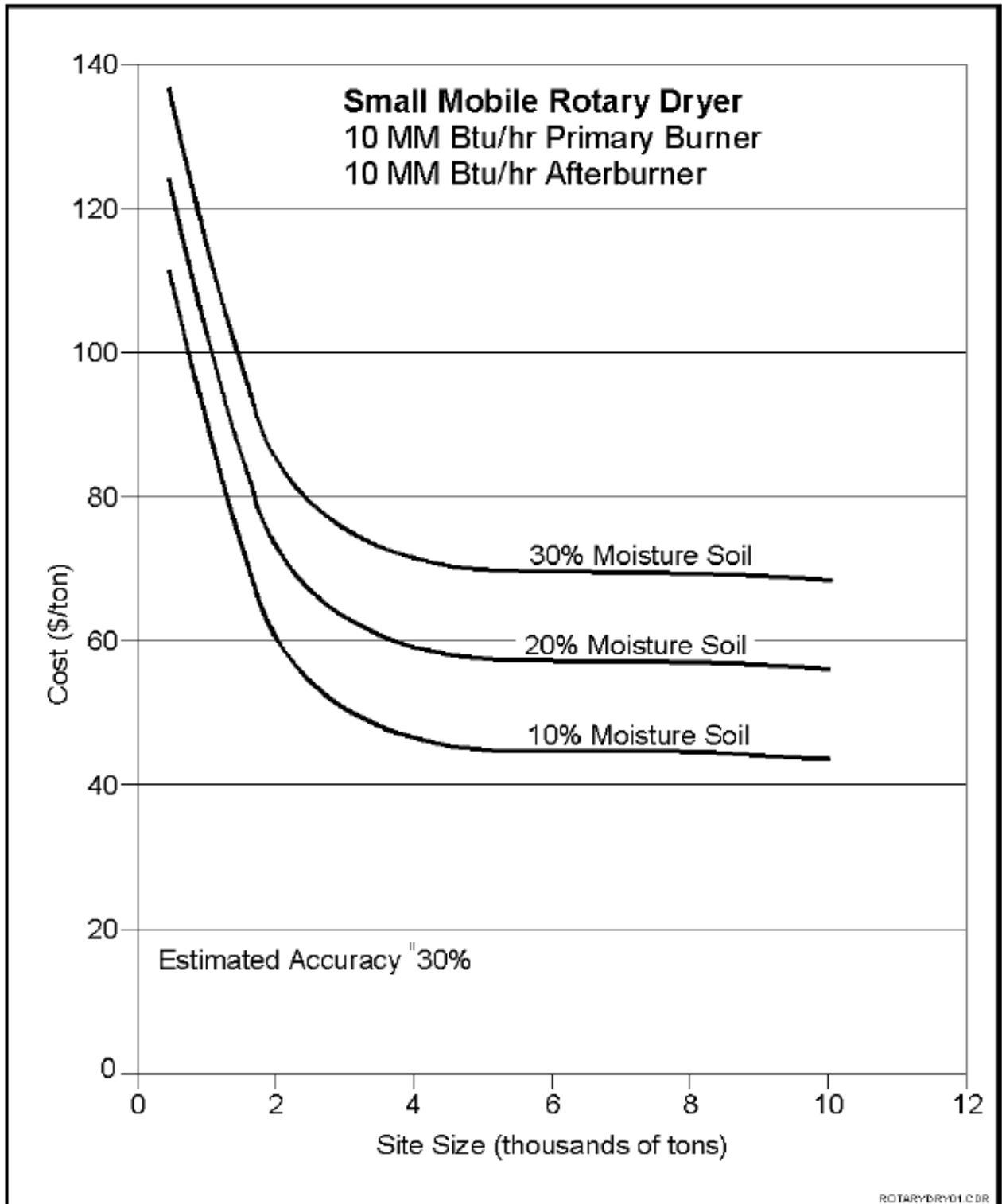
Hay una diferencia significativa entre el coste de la unidad de tratamiento por desorción térmica y el coste del resto de unidades de tratamiento para la completa remediación del emplazamiento contaminado. El coste de la unidad de tratamiento puede ser solo una tercera parte del coste total de todas las unidades, particularmente si incluye una excavación profunda o bien una eliminación de sedimentos, que puede ser comparado económicamente con una simple excavación superficial. El tipo de tecnología usada en la desorción térmica, el caudal de material contaminado a ser tratado, la concentración de los contaminantes y el grado de humedad de los mismos, la localización del proyecto de remediación, los útiles disponibles y sus costes, las eficiencias operacionales de los sistemas de desorción, los criterios legislativos aplicables, y el conjunto de muestreos y análisis necesarios son algunos de los factores que afectan al coste de la unidad de tratamiento y, por tanto, al porcentaje con respecto al coste global.

Hay una serie de curvas que relacionan los costes unitarios estimados de sistemas móviles de desorción térmica (€/tonelada suelo tratado) con la cantidad de suelo tratado, en función de la cantidad de humedad presente en el material contaminado. Ejemplos de estas curvas son la representadas en las figuras 5-1 (para una unidad móvil de desorción térmica con desorbedor rotatorio de gran tamaño) y 5-2 (para una unidad móvil de desorción térmica con desorbedor rotatorio de pequeño tamaño), tomadas de la guía de aplicación para sistemas de desorción térmica de la “Naval Facilities Engineering Service Center”.



Source: Adapted from Troxler et al., (1993)

Figure 5-1. Large Mobile Rotary Dryer Treatment Costs



Source: Adapted from Troxler et al., (1993)

Figure 5-2. Small Mobile Rotary Dryer Treatment Costs

En la siguiente tabla se recoge de forma resumida los costes unitarios de tratamiento por tonelada de suelo contaminado tratado de las distintas tecnologías de desorción térmica que se pueden usar (vistas en el apartado 5 del presente proyecto), haciendo uso de datos recogidos en varias fuentes literarias, publicaciones de vendedores, etc.:

Tecnología de desorción térmica	Coste unitario
Desorbedor rotatorio de contacto directo, de pequeño a medio tamaño	40 - 200 € por tonelada
Desorbedor rotatorio de contacto directo, de gran tamaño	25 - 100 € por tonelada
Desorbedor rotatorio de contacto indirecto	80 - 150 € por tonelada

7.3 COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los costes de operación dependen de varios factores y varían con el caudal de material contaminado a tratar. Para un sistema de desorción térmica dado y unas condiciones de proceso requeridas para un proyecto de remediación particular, los costes de los útiles (electricidad, agua, combustible, etc) están directamente relacionados con las toneladas de material tratado. Otros factores, como el personal de trabajo, suministros de mantenimiento, y los costes de la toma de muestras y análisis están algo relacionados con la cantidad de material a tratar, pero no necesariamente directamente. Por ejemplo, un mismo sistema de desorción térmica dispuesto en el mismo emplazamiento puede operar con distintas eficiencias con el mismo conjunto de personal de trabajo. Igualmente, los costes de mantenimiento no son necesariamente el doble si se trata el doble de suelo contaminado. El ahorro en los costes de operación y mantenimiento cuando se usa un sistema de desorción térmica de gran tamaño es en parte responsable por la economía de escala mostrada en la tabla anterior.

Una vez que la inversión en el sistema de desorción térmica esta hecha, el objetivo del vendedor es que su uso sea lo más eficiente posible ya que si el sistema se usa en un proyecto durante un largo período de tiempo el dueño pierde en costes de oportunidad en poder usarlos en otros proyectos.

En las unidades de desorción térmica por contacto directo, como la tratada en el presente proyecto, hacen falta de 7 a más trabajadores. Si la unidad de desorción térmica opera 24 horas al día durante 7 días a la semana se necesitarían 4 grupos de trabajo de 2 personas cada uno para las 168 horas de trabajo semanal. Además de los costes salariales directos por las operaciones de trabajo, están los costes por viajes y dietas, por tanto el personal necesario tiene un impacto significativo en el coste total de la unidad de tratamiento.

Los costes de mantenimiento son difíciles de estimar. Además de las paradas por limpieza de equipos, inspecciones de los transportadores y el filtro de mangas, etc; pueden producirse sustituciones imprevistas o necesidades de reconstrucción debido a la dificultad del servicio en muchos proyectos. Los costes de mantenimiento suponen desde 1 euro por tonelada de suelo contaminado tratado durante los cinco primeros años de operación en un sistema de desorción térmica por contacto directo con un desorbedor rotatorio, operando 10 horas al día, 5 días a la semana y 36 semanas al año, hasta 8 euros por tonelada de suelo tratado para sistemas de desorción térmica mas complejos y de mayor tamaño.

A modo de ejemplo se presenta una gráfica donde se representa el desglose porcentual de costes para el tratamiento de 15000 toneladas de suelo contaminado a razón de 10 t/h en un sistema de desorción térmica con desorbedor rotatorio como el caso de estudio. Los porcentajes relativos al coste total para cada aspecto individual del proceso dependen sobre todo del conjunto de material contaminado a tratar:

