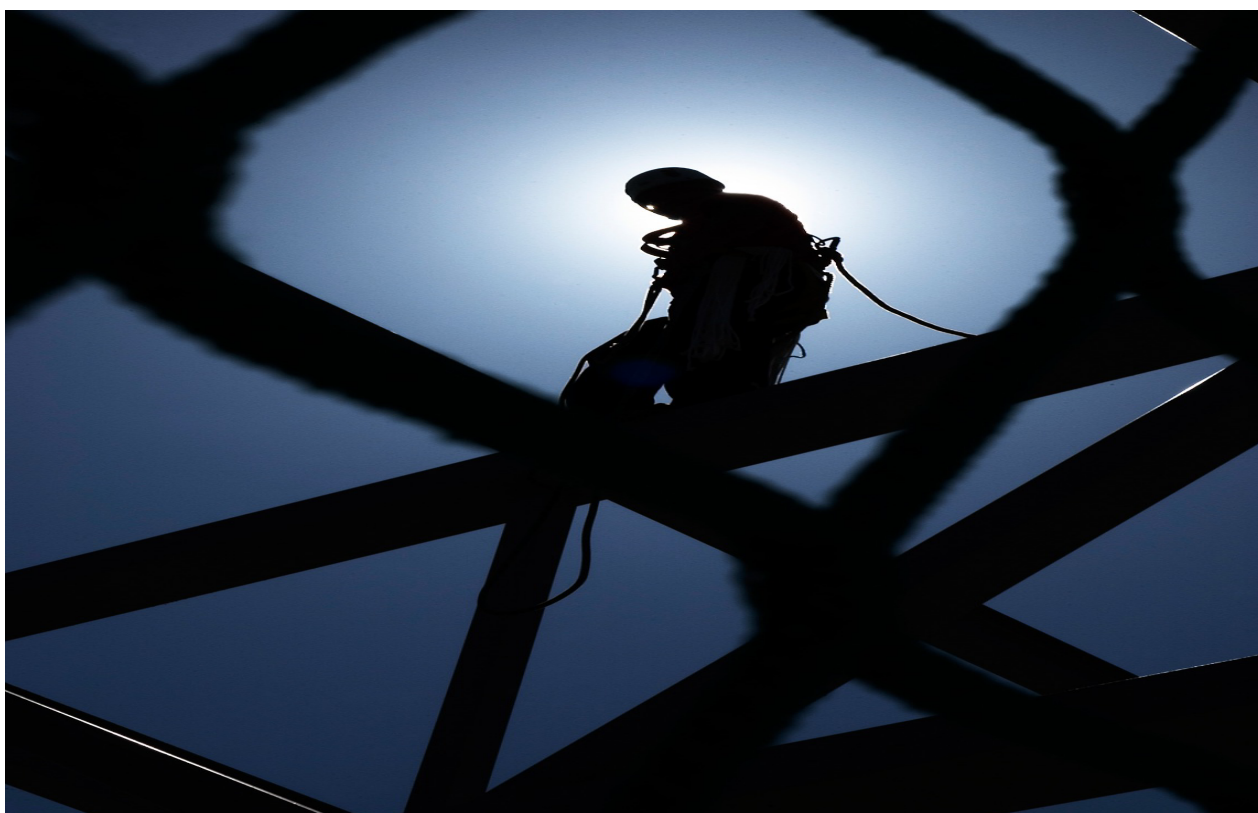




Modelo industrial para la
eliminación definitiva del amianto.



DOCUMENTO CONFIDENCIAL
Uso restringido



AMIANTOP

Eliminación industrial definitiva del amianto

AMIAANTOP

Eliminación industrial definitiva del amianto

**Dossier técnico e institucional
para la tramitación ambiental, industrial y administrativa integral
del Proyecto FS GREEN® 10-08A**

La Rioja · España · 2026

Proyecto Industrial Estratégico

Tecnología de transformación mineral por plasma térmico de alta temperatura
(Sin proceso clásico de combustión del residuo)

También conocido como “Plasma Frío”
Ref. RCR9-FS10-08A

Elaborado por:

EFI Ecotech Group s.r.o.
Desarrollo tecnológico FS GREEN®
Dirección Técnica: Mr. Aleksey Loghasev

RCR-9 S.L.
Implantación industrial y operación en entornos regulados
Responsable Institucional:
D. Yosu González Martínez – CEO

Polígono Industrial El Sequero · Arrúbal · La Rioja · España
rcr@re-9.com · +34 941 445 158

Sitios web corporativos:
www.amiantop.es
www.efiecotech.com
www.reformascontratasyredes.es

Nota editorial

El presente documento tiene como finalidad exponer de forma estructurada el enfoque técnico, territorial e industrial del modelo AMIANTOP para la eliminación definitiva del amianto.

AMIANTOP no se plantea como una propuesta teórica ni como una mejora incremental del modelo de gestión existente, sino como una infraestructura industrial orientada a resolver de manera estructural un pasivo ambiental de escala intergeneracional.

El contenido se presenta con vocación técnica e institucional, integrando análisis del problema, fundamentos tecnológicos, marco operativo e impactos estructurales derivados de su implantación.

Este documento no constituye una oferta comercial, sino una exposición técnica del modelo y de su potencial contribución a políticas públicas, planificación territorial y estrategias industriales sostenibles.

Introducción

La gestión del amianto representa uno de los mayores desafíos estructurales heredados por las políticas públicas europeas en materia de salud pública, medio ambiente y planificación territorial.

Décadas después de su prohibición, millones de toneladas de materiales con contenido en amianto permanecen integradas en edificios, infraestructuras e instalaciones industriales. El modelo predominante de retirada y almacenamiento en vertedero ha permitido reducir riesgos inmediatos, pero no ha alterado la naturaleza física del material ni eliminado su potencial de peligrosidad a largo plazo.

En este contexto, el modelo **AMIAANTOP** plantea una evolución conceptual: sustituir la lógica del almacenamiento indefinido por una infraestructura industrial orientada a la transformación estructural del material y a la eliminación definitiva del riesgo.

El presente dossier desarrolla los fundamentos técnicos, el marco operativo y los impactos estructurales de este enfoque.

El desarrollo tecnológico que sustenta AMIAANTOP ha sido concebido por EFI **Ecotech Group**, integrando capacidades industriales y experiencia técnica especializada en colaboración con **RCR**, en el marco de una visión orientada a soluciones estructurales y replicables.

Nota metodológica

El presente documento ha sido elaborado a partir del desarrollo técnico y conceptual del proyecto AMIANTOP por parte de sus promotores.

En el proceso de redacción, estructuración y representación gráfica se han empleado herramientas avanzadas de apoyo a la edición y modelización documental, incluyendo sistemas basados en inteligencia artificial, bajo supervisión técnica y validación humana experta.

Los gráficos y esquemas incluidos tienen carácter ilustrativo y conceptual, y no sustituyen en ningún caso la documentación técnica, regulatoria o de ingeniería que fundamenta el proyecto.

El contenido, los criterios industriales y las decisiones estratégicas reflejadas en este documento corresponden íntegramente a los responsables del proyecto.

ÍNDICE

AMIANTOP

Infraestructura industrial para la eliminación estructural del amianto

Nota editorial	4
Introducción.....	5
Nota metodológica	6
ÍNDICE	7
1. MARCO GENERAL Y SINTESIS ESTRUCTURAL.....	10
1.1 Naturaleza del proyecto.....	10
1.2 Problema estructural.....	10
1.3 Enfoque técnico.....	11
1.4 Impacto e implicaciones	12
1.5 Marco institucional y respaldo	12
1.6 Síntesis	13
2. EL PROBLEMA ESTRUCTURAL DEL AMIANTO	14
2.1 Escala y dimensión territorial.....	14
2.2 Riesgo para la salud pública	14
2.3 Modelo predominante: retirada y vertedero	16
2.4 Generación de pasivo intergeneracional.....	19
2.5 Limitaciones estructurales del enfoque actual.....	20
2.6 Necesidad de una solución industrial definitiva	21
3. VISIÓN ESTRATEGICA: DE LA GESTIÓN A LA ELIMINACIÓN	22
3.1 De la gestión indefinida a la resolución estructural.....	22
3.2 El problema como fenómeno físico	22
3.3 Eliminación irreversible como objetivo tecnológico.....	23
3.4 Integración en el marco europeo.....	23
3.5 Cambio de paradigma	24
4. TECNOLOGÍA FS GREEN APLICADA A AMIANTOP.....	25
4.1 Principio físico de transformación estructural.....	25
4.2 Proceso de transformación.....	25
4.3 Arquitectura industrial del sistema.....	26
4.4 Sistema completamente hermético	27
4.5 Ausencia de combustión	28

4.6 Resultado del proceso y estabilización mineral.....	28
4.7 Integración energética.....	29
4.8 Marco normativo técnico aplicable	30
4.9 Diferenciación tecnológica frente a modelos térmicos convencionales.....	30
4.10 Seguridad industrial y control ambiental integrado.....	31
4.11 Control integrado de parámetros críticos del proceso	32
4.12 Integración sistémica y coherencia operativa del modelo.....	33
5. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	35
5.1 Seguridad estructural por diseño	35
5.2 Confinamiento tecnológico hermético	35
5.3 Monitorización avanzada y trazabilidad digital.....	36
5.4 Cultura operativa y experiencia certificada	37
5.5 Impacto ambiental estructural.....	37
5.6 Escalabilidad tecnológica.....	39
5.7 Eliminación de pasivos ambientales	39
5.8 Coherencia regulatoria	40
6. INFRAESTRUCTURA AMIANTOP	41
6.1 Concepto de infraestructura industrial estratégica.....	41
6.2 Configuración operativa base (9,8t/día)	42
6.3 Organización funcional de la planta	43
6.4 Integración energética.....	44
6.5 Escalabilidad modular.....	45
6.6 Fase administrativa	46
6.7 Infraestructura como solución estructural.....	46
7. RESULTADOS E IMPACTOS	48
7.1 Impacto en salud pública	48
7.2 Impacto ambiental.....	49
7.3 Impacto climático	49
7.4 Impacto industrial y economía circular.....	49
Aplicaciones potenciales de las fracciones minerales	50
7.5 Impacto económico estructural.....	51
7.6 Impacto territorial	51
8 · PROYECCIÓN INDUSTRIAL Y ESCALABILIDAD	52
8.1 Plataforma tecnológica estructural	52
8.2 Escalabilidad por módulos operativos.....	52
8.3 Integración en estrategias públicas de eliminación progresiva	53
8.4 Infraestructura como activo estratégico territorial.....	54

8.5 Proyección europea y replicabilidad.....	54
8.6 AMIANTOP como instrumento de política industrial ambiental	54
9. CONVERGENCIA TECNOLÓGICA Y SOLIDEZ OPERATIVA.....	57
9.1 Integración de capacidades tecnológicas e industriales.....	57
9.2 Solidez operativa en entornos regulados	58
9.3 Gobernanza técnica del proyecto.....	59
9.4 Capacidad de implantación real	59
9.5 Eliminación de fragmentación del modelo tradicional	59
10. ENCAJE ESTRATÉGICO EUROPEO Y POLÍTICA PÚBLICA.....	61
10.1 De la gestión del residuo a la eliminación estructural del pasivo	61
10.2 Alineación con la transición ecológica europea	61
10.3 Eliminación de cargas intergeneracionales	61
10.4 Instrumento operativo de política pública.....	62
10.5 Coherencia regulatoria y viabilidad administrativa.....	62
11. MANIFIESTO ESTRATEGICO	64

1. MARCO GENERAL Y SINTESIS ESTRUCTURAL

1.1 Naturaleza del proyecto

AMIANTOP constituye una infraestructura industrial estratégica concebida para la eliminación definitiva del riesgo asociado al amianto mediante la aplicación de la tecnología FS Green® desarrollada por EFL Ecotech Group, en un entorno técnico controlado, trazable y plenamente integrado en el marco regulatorio vigente.

El proyecto se impulsa con la participación de RCR como operador especializado en la gestión de materiales con amianto en entornos regulados, integrando desarrollo tecnológico e implantación industrial dentro de una única estructura operativa coherente.

AMIANTOP sustituye el modelo tradicional basado en retirada y almacenamiento prolongado por un proceso industrial orientado a la transformación material irreversible del residuo, eliminando la base física de su peligrosidad y cerrando de forma estructural el ciclo del riesgo.

A diferencia de los enfoques basados en encapsulado, confinamiento o vertido, AMIANTOP plantea un cambio estructural en la gestión del problema: **actuar sobre la naturaleza física del material para eliminar de forma irreversible su peligrosidad.**

1.2 Problema estructural

El amianto sigue presente en millones de toneladas distribuidas por el territorio europeo y global.

La utilización masiva de amianto durante décadas en cubiertas, conducciones, aislamientos y estructuras industriales ha generado una acumulación distribuida y heterogénea, cuya retirada progresiva plantea un reto técnico, logístico y presupuestario de gran magnitud para las administraciones públicas.

Su retirada es una obligación progresiva desde el punto de vista normativo y de salud pública, pero el modelo predominante de gestión posterior —basado en el depósito en vertederos de residuos peligrosos— no elimina el riesgo, sino que lo traslada en el tiempo.

Este enfoque genera:

- Pasivos ambientales a largo plazo.
- Obligaciones de control y mantenimiento intergeneracionales.
- Dependencia de infraestructuras de almacenamiento permanente.
- Costes públicos sostenidos.

El problema del amianto no es únicamente logístico o administrativo; es un problema físico.

Mientras su estructura fibrosa permanezca intacta, el riesgo para la salud pública persiste.

Este carácter físico del problema exige una solución igualmente física e irreversible.

1.3 Enfoque técnico

AMIANTOP aplica la tecnología FS Green® como solución industrial orientada a la **transformación estructural irreversible del material**, operando en un circuito tecnológico cerrado y hermético, sin procesos de combustión y con control permanente de parámetros críticos.

El resultado es la eliminación definitiva de las propiedades peligrosas asociadas al amianto, evitando la generación de nuevos pasivos y reduciendo la dependencia de vertederos de residuos peligrosos.

La arquitectura del proyecto incorpora desde su diseño:

- Sistema tecnológico hermético.
- Control automatizado y supervisión continua.
- Criterios de seguridad industrial integrados.
- Coherencia con el marco regulatorio vigente y prospectivo.

Este planteamiento transforma el tratamiento del amianto en un proceso industrial estandarizable, auditable y replicable, superando el modelo de gestión basado exclusivamente en el confinamiento.

1.4 Impacto e implicaciones

El proyecto AMIANTOP genera un impacto positivo en múltiples niveles:

Salud pública

- Reducción estructural del riesgo asociado a la exposición futura.

Ambiental

- Eliminación del pasivo en lugar de su almacenamiento indefinido.

Climático

- Reducción estimada de aproximadamente 16.240 toneladas de CO₂/año en configuración base (9,8t/día), con capacidad de escalado industrial.

Industrial y energético

- Generación integrada. de energía eléctrica e hidrógeno como vectores tecnológicos del proceso, junto con la obtención de fracciones minerales valorizables.
 - La valorización de fracciones minerales como óxido de magnesio (MgO), dióxido de silicio (SiO₂) y fracción mineral combinada permite integrar el proyecto en cadenas industriales existentes, reduciendo la generación de residuos secundarios y favoreciendo la economía circular.
-

1.5 Marco institucional y respaldo

AMIANTOP se apoya en la convergencia entre:

- La tecnología desarrollada por **EFI Ecotech Group**.
- La experiencia operativa de RCR en la gestión real de materiales con amianto en entornos regulados.

El proyecto se encuentra actualmente en fase de tramitación administrativa y ha sido concebido para integrarse en el marco normativo aplicable, garantizando coherencia técnica, operativa y regulatoria.

Esta convergencia tecnológica y operativa constituye la base estructural del proyecto de AMIANTOP.

1.6 Síntesis

AMIANTOP no representa únicamente una evolución en la gestión del amianto, sino un cambio de lógica:

Sustituir el almacenamiento indefinido por la eliminación material irreversible del riesgo.

2. EL PROBLEMA ESTRUCTURAL DEL AMIANTO

2.1 Escala y dimensión territorial

El amianto fue ampliamente utilizado durante décadas por sus propiedades térmicas, mecánicas y de resistencia química. Su incorporación masiva en cubiertas, aislamientos, conducciones, elementos estructurales y aplicaciones industriales ha generado una presencia extensa, heterogénea y territorialmente distribuida en el conjunto europeo.

A pesar de su prohibición progresiva, millones de toneladas de materiales que contienen amianto continúan integradas en edificios públicos y privados, infraestructuras industriales, instalaciones logísticas, redes técnicas y entornos urbanos consolidados. Esta realidad configura un pasivo ambiental acumulado de gran magnitud, cuya gestión no puede abordarse como un fenómeno puntual o localizado.

El envejecimiento natural de estas estructuras incrementa progresivamente el riesgo de degradación y liberación de fibras, aumentando la exposición potencial de la población y generando una presión creciente sobre los sistemas de retirada, confinamiento y almacenamiento especializado.

La dimensión territorial del problema no responde únicamente a su volumen, sino a su carácter estructural y distribuido: el amianto forma parte de la infraestructura construida heredada del siglo XX. En consecuencia, las estrategias basadas exclusivamente en la retirada y el almacenamiento indefinido trasladan el riesgo en el tiempo, pero no modifican su base material.

La magnitud acumulativa, la dispersión geográfica y la proyección intergeneracional del pasivo exigen soluciones técnicamente sólidas, estructuralmente sostenibles y capaces de actuar sobre la naturaleza física del material.

2.2 Riesgo para la salud pública

La peligrosidad del amianto está directamente vinculada a su estructura fibrosa microscópica. Cuando estas fibras se liberan y permanecen en suspensión, pueden ser inhaladas y alojarse en el

sistema respiratorio, generando patologías graves tras periodos de latencia prolongados.



Imagen 1. Intervención técnica en cubierta con potencial liberación de fibras de amianto. La manipulación del material requiere protocolos estrictos de seguridad para minimizar el riesgo de exposición aérea.

El riesgo asociado al amianto no desaparece con el paso del tiempo. Por el contrario, el deterioro progresivo de los materiales que lo contienen incrementa la probabilidad de liberación de fibras si no se interviene de manera adecuada y estructurada.

A diferencia de otros residuos industriales, cuya peligrosidad puede neutralizarse mediante procesos físico-químicos convencionales, el amianto mantiene su capacidad lesiva mientras conserva su morfología fibrosa. Por ello, la mera contención o almacenamiento no elimina el riesgo intrínseco, sino que lo difiere en el tiempo y lo traslada a futuras generaciones.

En este contexto, la gestión del amianto no constituye únicamente una cuestión técnica de mantenimiento o cumplimiento normativo, sino un asunto de salud pública a medio y largo plazo, con implicaciones sanitarias, ambientales, económicas y territoriales.

La dimensión acumulada del amianto en Europa convierte su tratamiento en un desafío estratégico de escala continental. Este desafío exige soluciones que actúen sobre la base material del riesgo y no exclusivamente sobre sus manifestaciones externas.

2.3 Modelo predominante: retirada y vertedero

El modelo actualmente dominante en la gestión del amianto en Europa se articula en tres fases sucesivas:

1. Retirada controlada del material conforme a protocolos específicos de seguridad.
2. Embalaje y transporte como residuo peligroso.
3. Depósito en vertederos autorizados de residuos peligrosos.



Imagen 2. Depósito en vertedero autorizado de residuos que contienen amianto bajo el modelo tradicional de confinamiento prolongado.

Este esquema ha permitido reducir la exposición inmediata durante las operaciones de desamiantado, estableciendo procedimientos técnicos rigurosos para proteger a trabajadores y población.

El embalaje se realiza habitualmente mediante sacas de polipropileno de alta resistencia (big bags) u otros sistemas homologados, diseñados para contener el material durante su manipulación y transporte en condiciones controladas. Estas soluciones ofrecen un nivel adecuado de seguridad en el corto plazo, siempre que se mantengan bajo supervisión técnica y conforme a los procedimientos establecidos.



Imagen 3. Manipulación y almacenamiento temporal de residuos con amianto en sacas homologadas (big bags) bajo protocolo de seguridad.



Imagen 4. Unidad móvil de descontaminación y apoyo logístico en operaciones de retirada controlada de amianto.

No obstante, desde una perspectiva estructural, el modelo de vertedero implica el almacenamiento prolongado de materiales cuya peligrosidad intrínseca no ha sido eliminada. Una vez depositados y enterrados, los residuos dependen de la integridad continuada de sus envolventes y de las condiciones geotécnicas y ambientales del emplazamiento.

El paso del tiempo, la compactación de residuos, las tensiones del terreno y los procesos naturales de degradación pueden alterar progresivamente las condiciones iniciales de confinamiento. Como consecuencia, el sistema requiere monitorización permanente, mantenimiento de infraestructuras de sellado y control a largo plazo.

En términos conceptuales, el vertedero constituye una solución de confinamiento y almacenamiento, no de eliminación definitiva del riesgo.

La naturaleza mineral del amianto implica que su peligrosidad no se degrada espontáneamente con el tiempo: mientras la estructura cristalina fibrosa permanezca intacta, el riesgo potencial persiste.

Este modelo, aunque técnicamente válido en términos de gestión operativa, traslada el problema en el tiempo y genera una dependencia intergeneracional de infraestructuras de almacenamiento y vigilancia.

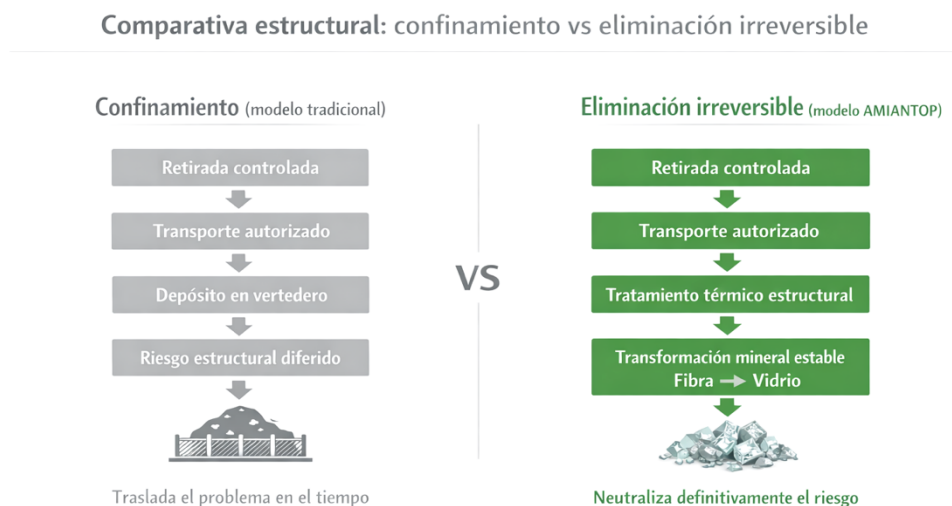


Figura 1. Comparativa estructural entre el modelo de confinamiento en vertedero y el modelo de eliminación irreversible mediante transformación mineral aplicada en AMIANTOP.

2.4 Generación de pasivo intergeneracional

El almacenamiento indefinido de residuos que contienen amianto implica la consolidación de un pasivo ambiental de carácter estructural.

Desde una perspectiva territorial y temporal, este modelo conlleva:

- Ocupación permanente de suelo industrial o especializado.
- Necesidad de infraestructuras de sellado, aislamiento y control a largo plazo.
- Transferencia de responsabilidad técnica, ambiental y económica a generaciones futuras.
- Dependencia continuada de la disponibilidad y mantenimiento de vertederos autorizados.

El vertedero no elimina el riesgo inherente al material, sino que lo confina dentro de un sistema cuya estabilidad debe garantizarse durante décadas. La gestión del residuo se prolonga más allá del ciclo de vida de los edificios o infraestructuras donde el amianto fue originalmente utilizado, generando una obligación de vigilancia intergeneracional.

Este esquema produce un pasivo acumulativo cuya magnitud aumenta con el tiempo, tanto por la incorporación continua de nuevos residuos como por la necesidad de mantener infraestructuras de almacenamiento existentes.

Desde un punto de vista estructural, el modelo actual resuelve la urgencia operativa de retirada, pero no transforma la naturaleza mineral del material ni elimina su base física de peligrosidad. En consecuencia, la responsabilidad técnica y ambiental se proyecta hacia el futuro, apoyándose en la estabilidad prolongada de sistemas de confinamiento y en la vigilancia continuada durante décadas.

2.5 Limitaciones estructurales del enfoque actual

El modelo basado exclusivamente en retirada y almacenamiento presenta limitaciones de carácter estructural que impiden resolver de forma definitiva el problema del amianto.

Desde un punto de vista técnico:

- No elimina la peligrosidad intrínseca del material.
- No altera su estructura cristalina fibrosa.
- Mantiene la necesidad de control y vigilancia indefinidos.

Desde una perspectiva territorial:

- Depende de infraestructuras de almacenamiento de capacidad limitada.
- Genera presión creciente sobre vertederos especializados.
- Compromete suelo industrial durante horizontes temporales prolongados.

Desde el punto de vista económico y estratégico:

- Traslada costes de mantenimiento y supervisión a largo plazo.
- No genera valor añadido industrial ni energético.
- Consolida un modelo reactivo basado en confinamiento, no en transformación.

Ante una escala territorial significativa y un marco regulatorio progresivamente más exigente, la ampliación del modelo de vertedero no constituye por sí sola una respuesta estructural al problema del amianto, sino una prolongación del esquema de almacenamiento diferido.

2.6 Necesidad de una solución industrial definitiva

El riesgo asociado al amianto es de naturaleza física y mineral. Mientras su estructura fibrosa permanezca intacta, la potencial peligrosidad subsiste.

Resolver el problema de manera estructural implica actuar sobre la base material del residuo, eliminando de forma irreversible las propiedades que lo hacen peligroso mediante procesos industriales capaces de modificar su estructura cristalina y transformarlo en compuestos minerales estables, no fibrosos y técnicamente valorizables.

En este contexto se enmarca la propuesta de AMIANTOP, que plantea:

- Sustituir un modelo de almacenamiento indefinido por una infraestructura industrial orientada a la transformación estructural del material.
- Pasar de una lógica de confinamiento a una lógica de eliminación definitiva del riesgo.
- Integrar el tratamiento dentro de un esquema industrial controlado, monitorizado y energéticamente optimizado.

Desde esta perspectiva, la solución no consiste en aislar el problema en el tiempo, sino en modificar su naturaleza física para cerrar de forma definitiva el ciclo del riesgo.

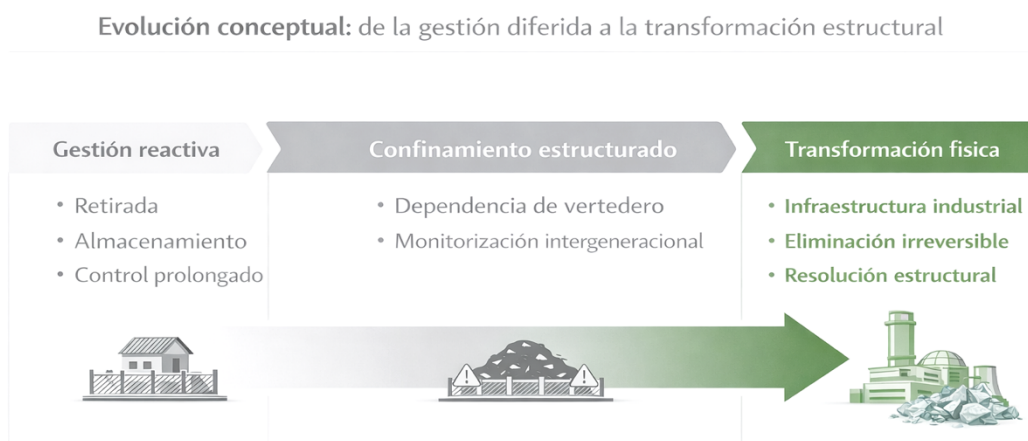


Figura 2. Evolución conceptual del modelo de gestión del amianto: de la gestión diferida basada en almacenamiento a la transformación estructural irreversible del material.

3. VISIÓN ESTRATEGICA: DE LA GESTIÓN A LA ELIMINACIÓN

3.1 De la gestión indefinida a la resolución estructural

La gestión tradicional del amianto se ha centrado históricamente en el control del riesgo: encapsular, aislar, retirar y almacenar.

Este enfoque ha permitido reducir la exposición inmediata, pero no ha modificado la naturaleza física del material. El riesgo permanece latente mientras la estructura fibrosa del amianto continúe intacta.

AMIANTOP parte de una premisa distinta:

- Un material peligroso deja de serlo únicamente cuando pierde de forma irreversible las propiedades físicas que determinan su peligrosidad.

Este cambio de enfoque transforma la gestión del amianto en una cuestión de ingeniería industrial orientada a la eliminación estructural del riesgo.

Este enfoque introduce una lógica de política industrial aplicada a la gestión de pasivos históricos: no se trata únicamente de retirar y almacenar, sino de intervenir sobre la naturaleza física del material para cerrar definitivamente el ciclo de riesgo

3.2 El problema como fenómeno físico

El amianto no es un problema administrativo ni exclusivamente normativo.

Es un problema físico vinculado a una estructura microscópica cuya estabilidad determina la persistencia del riesgo.

Mientras esa estructura exista:

- La peligrosidad potencial subsiste.
- El riesgo requiere control.
- La responsabilidad se prolonga en el tiempo.

Desde esta perspectiva, las soluciones basadas en almacenamiento constituyen una estrategia de contención, no de resolución.

AMIANTOP aborda el problema desde su raíz material: actuar sobre la estructura física para eliminar definitivamente la base de su peligrosidad.

3.3 Eliminación irreversible como objetivo tecnológico

El objetivo de AMIANTOP no es optimizar el almacenamiento ni mejorar el confinamiento, sino alcanzar una transformación estructural irreversible.

Esto implica:

- Sustituir la lógica de control permanente por una lógica de intervención definitiva.
- Reducir la dependencia de infraestructuras de almacenamiento prolongado.
- Evitar la generación de nuevos pasivos intergeneracionales.

La eliminación irreversible del riesgo modifica de manera sustancial el marco de planificación territorial y ambiental.

Esta transformación desplaza el debate desde la gestión del residuo hacia la ingeniería de neutralización estructural del material.

3.4 Integración en el marco europeo

El enfoque adoptado por AMIANTOP se alinea con:

- Las políticas europeas de transición energética.
- La reducción de pasivos ambientales históricos.
- Los principios de economía circular.
- La necesidad de soluciones industriales estructurales frente a problemas heredados.

El proyecto no propone una mejora incremental del modelo existente, sino una transición hacia un paradigma industrial diferente: del almacenamiento indefinido a la transformación estructural.

En este contexto, AMIANTOP se configura como infraestructura estratégica alineada con la transición industrial europea orientada a la reducción estructural de riesgos ambientales heredados.

3.5 Cambio de paradigma

El paso de la gestión a la eliminación implica un cambio conceptual:

- De la contención al tratamiento.
- Del confinamiento al proceso industrial.
- Del pasivo acumulativo a la resolución estructural.

Este cambio de paradigma es el fundamento sobre el que se construye la propuesta tecnológica desarrollada por EFI Ecotech Group y aplicada en el marco del proyecto AMIANTOP.

El cambio no es operativo, sino estructural: redefine el papel de la industria en la resolución de pasivos ambientales históricos.

Este enfoque redefine la gestión del amianto como una intervención de ingeniería industrial orientada a la resolución material del riesgo, y no a su simple contención temporal.

4. TECNOLOGÍA FS GREEN APLICADA A AMIANTOP

4.1 Principio físico de transformación estructural

La tecnología aplicada en AMIANTOP se basa en un proceso industrial de transformación estructural irreversible del amianto, mediante tratamiento térmico controlado en un entorno completamente hermético.

El objetivo del proceso no es encapsular ni estabilizar superficialmente el material, sino modificar de forma definitiva su estructura cristalina fibrosa, eliminando la base físico-química de su peligrosidad.

Desde el punto de vista material, el amianto es un silicato con estructura cristalina fibrosa.

Mientras dicha estructura permanece intacta, subsiste el riesgo asociado a la liberación de fibras respirables.

El enfoque tecnológico adoptado actúa directamente sobre esa estructura, provocando su desorganización mineralógica y su transición hacia una fase vítrea estable.

El resultado no es una contención del riesgo, sino su eliminación estructural.

4.2 Proceso de transformación

El residuo con amianto es introducido en un sistema completamente cerrado y sometido a un ciclo térmico controlado en cámaras de alta temperatura.

Durante este proceso se produce:

- La desestructuración irreversible de la red cristalina fibrosa.
- La fusión del material y pérdida total de su morfología original.
- La transición hacia una matriz mineral vítrea estable.

El circuito tecnológico opera en régimen hermético, con control automatizado y supervisión continua de temperatura, presión y estabilidad del proceso.

No existe combustión abierta ni oxidación descontrolada.

La transformación se desarrolla bajo parámetros monitorizados y reproducibles, garantizando estabilidad operativa y trazabilidad técnica.

4.3 Arquitectura industrial del sistema

La infraestructura AMIANTOP se organiza en módulos funcionales integrados:

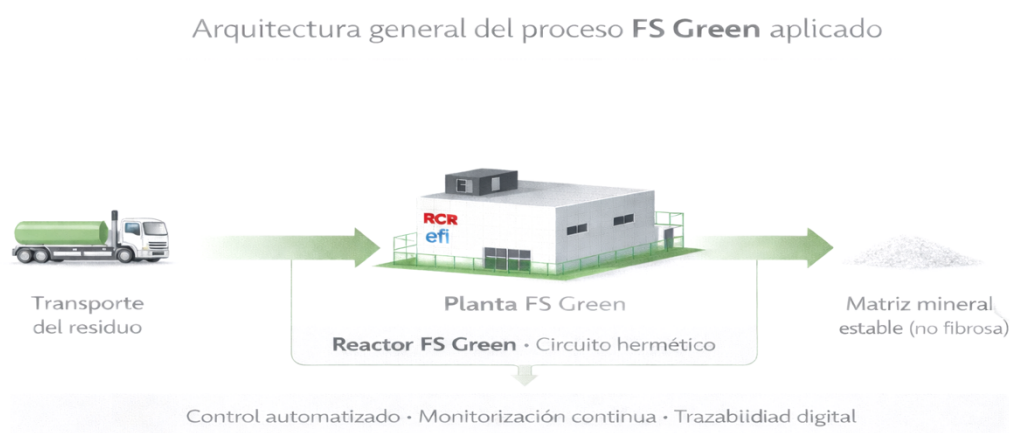


Figura 3. Arquitectura general del proceso industrial de transformación estructural del amianto mediante tecnología FS Green® aplicada en la infraestructura AMIANTOP.

1. Recepción y preparación controlada del material.
2. Introducción en sistema cerrado.
3. Transformación térmica estructural.
4. Enfriamiento progresivo del fundido mineral.
5. Clasificación y gestión de fracciones resultantes.

Todo el sistema opera dentro de un circuito tecnológico hermético diseñado para:

- Excluir la liberación no controlada de partículas.
- Garantizar la estabilidad de parámetros operativos.
- Permitir trazabilidad completa del proceso.

La automatización industrial incorpora:

- Control continuo de variables críticas.
- Monitorización ambiental en tiempo real.
- Registro digital de parámetros de operación.
- Protocolos de seguridad industrial integrados.

Este diseño asegura reproducibilidad, estabilidad y coherencia técnica del sistema.

4.4 Sistema completamente hermético

Uno de los elementos diferenciales del modelo aplicado en AMIANTOP es su carácter estructuralmente cerrado.

El material no entra en contacto con el entorno exterior durante el tratamiento.

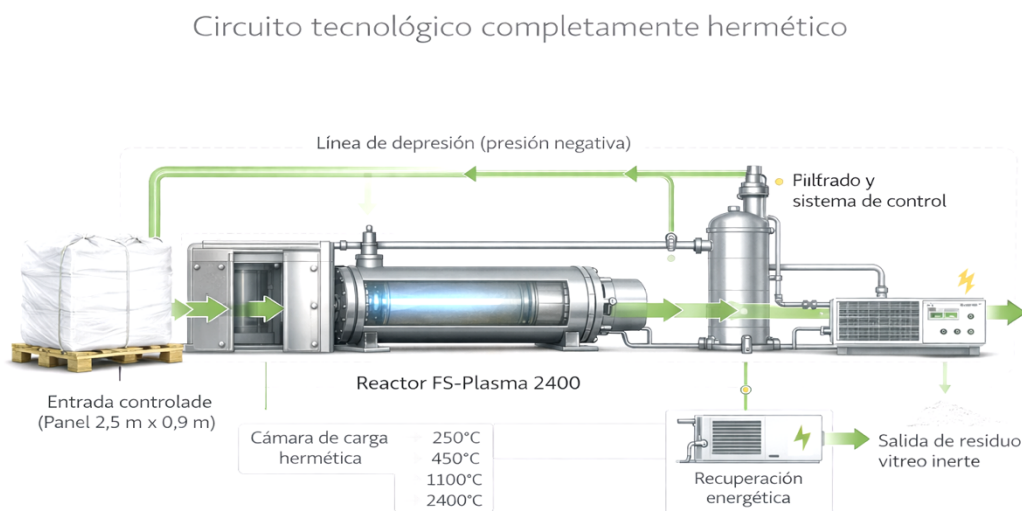


Figura 4. Esquema funcional del circuito tecnológico hermético del sistema FS Green®, basado en reactor horizontal en depresión permanente, con filtrado integrado, recuperación energética y contención total en todas las etapas.

La arquitectura hermética del sistema:

- Minimiza riesgos operativos.
- Reduce exposición del personal.
- Controla emisiones en origen.
- Evita generación de contaminación secundaria.

Este enfoque responde a criterios avanzados de seguridad industrial y control ambiental aplicables a instalaciones que operan con residuos peligrosos.

4.5 Ausencia de combustión

A diferencia de los tratamientos térmicos convencionales asociados a incineración u oxidación, el sistema aplicado en AMIANTOP no se basa en combustión del material.

El proceso se desarrolla en entorno controlado, sin llama y sin oxidación abierta, lo que permite:

- Evitar procesos típicos de incineración.
- Excluir subproductos derivados de combustión.
- Mantener estabilidad térmica bajo parámetros definidos.
- Operar dentro de un circuito cerrado monitorizado.

Ausencia de combustión en el sistema FS Green

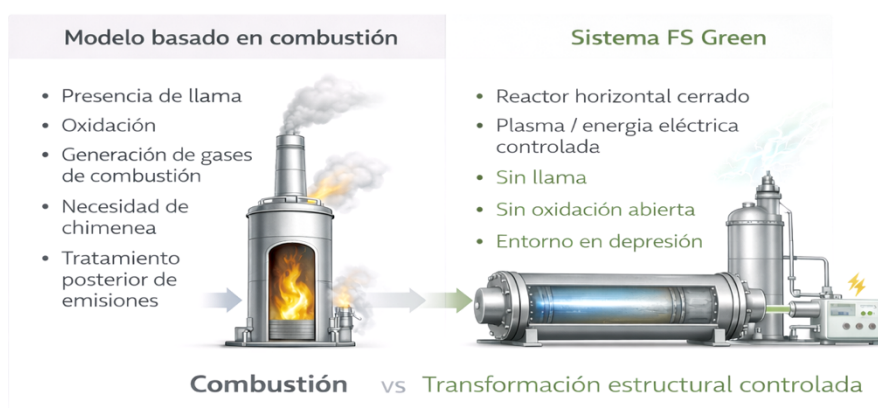


Figura 5. Representación conceptual de la ausencia de combustión en el sistema FS Green®, diferenciándolo de procesos térmicos basados en oxidación y llama. El diseño está orientado a la transformación estructural del material y no a su destrucción por combustión, constituyendo una diferencia esencial respecto a modelos térmicos tradicionales.

4.6 Resultado del proceso y estabilización mineral

Tras el proceso, la estructura fibrosa del amianto se transforma en una matriz vítrea mineral estable, compuesta fundamentalmente por

óxidos minerales consolidados presentes en la composición original del material.

Entre las fracciones obtenidas destacan:

- Óxido de magnesio ($\text{MgO} \geq 90 \%$)
- Dióxido de silicio ($\text{SiO}_2 \geq 90 \%$)
- Fracción mineral combinada (mezcla estabilizada de otros óxidos)

Como consecuencia de la transformación:

- Desaparece la estructura fibrosa característica.
- El material adquiere estabilidad físico-química.
- Se elimina la peligrosidad asociada a la inhalación de fibras.
- No requiere gestión como residuo peligroso.

El producto final se presenta como un residuo sólido vítreo técnicamente estable, susceptible de valorización como materia prima secundaria en aplicaciones industriales controladas, incluyendo:

- Industria cementera.
- Industria del vidrio.
- Fabricación de materiales de construcción.

Este enfoque permite sustituir un modelo de almacenamiento indefinido por un modelo de transformación estructural con integración industrial posterior.

4.7 Integración energética

La arquitectura tecnológica aplicada en AMIANTOP incorpora una gestión energética integrada que permite:

- Generación de energía eléctrica para autoconsumo o integración en red.
- Producción de hidrógeno como gas tecnológico.
- Optimización del balance energético interno del sistema.

Esta integración refuerza la coherencia industrial del proyecto y contribuye a su alineación con los objetivos europeos de transición energética y descarbonización.

4.8 Marco normativo técnico aplicable

El desarrollo tecnológico aplicado en AMIANTOP se enmarca en el cumplimiento del conjunto de disposiciones europeas y nacionales relativas a:

- Gestión de residuos peligrosos.
- Protección de la salud pública frente a exposición a fibras de amianto.
- Emisiones industriales y control ambiental integrado.
- Seguridad industrial y prevención de riesgos.
- Trazabilidad y responsabilidad ampliada del gestor.

El modelo industrial ha sido concebido para integrarse en el régimen de autorización ambiental correspondiente, garantizando coherencia entre diseño tecnológico, operación industrial y exigencias regulatorias presentes y previsibles.

La transformación estructural irreversible del material permite sustituir el modelo de almacenamiento indefinido por un esquema compatible con los principios europeos de:

- Eliminación progresiva de pasivos históricos.
- Economía circular.
- Descarbonización industrial.
- Reducción de riesgos estructurales a largo plazo.

4.9 Diferenciación tecnológica frente a modelos térmicos convencionales

El sistema aplicado en AMIANTOP no debe confundirse con tratamientos térmicos convencionales basados en incineración o combustión abierta.

Las diferencias estructurales son:

- No opera mediante combustión del residuo.
- No persigue únicamente la reducción volumétrica.
- No genera subproductos típicos de oxidación abierta.
- Funciona en circuito tecnológico completamente hermético.
- Está orientado a la transformación cristalina irreversible del material.

Cambio de enfoque tecnológico en el tratamiento térmico



Figura 6. Diferenciación conceptual entre modelos térmicos convencionales y el enfoque estructural aplicado en el sistema FS Green®.

Mientras los modelos térmicos tradicionales se centran en la destrucción o estabilización superficial del residuo, el enfoque aplicado en AMIANTOP actúa sobre la naturaleza estructural del material, eliminando la base física de su peligrosidad.

La diferencia es tecnológica y conceptual: de la gestión del residuo a la resolución estructural del riesgo.

4.10 Seguridad industrial y control ambiental integrado

La seguridad industrial constituye un eje estructural del diseño de AMIANTOP.

El modelo incorpora desde su concepción:

- Sistema completamente cerrado y automatizado.
- Control continuo de temperatura, presión y estabilidad operativa.
- Monitorización ambiental en tiempo real.
- Registro digital trazable del proceso.
- Exclusión de emisiones no controladas.

Este enfoque permite:

- Minimizar riesgos operativos.

- Reducir exposición del personal.
- Garantizar estabilidad térmica bajo parámetros definidos.
- Facilitar verificación técnica y auditoría regulatoria.

El control ambiental no se incorpora como medida correctiva posterior, sino como elemento constitutivo del diseño tecnológico.

4.11 Control integrado de parámetros críticos del proceso

El funcionamiento del sistema aplicado en AMIANTOP se basa en un control continuo y automatizado de los parámetros críticos que determinan la estabilidad térmica, la seguridad operativa y la integridad ambiental del proceso.

Desde su concepción, la tecnología integra un sistema de supervisión permanente que actúa sobre variables fundamentales, entre las que destacan:

- Temperatura por zonas térmicas (secado, precalentamiento, formación intermedia y zona de máxima energía).
- Presión negativa permanente en cámara de carga y reactor.
- Flujo y composición de gases en circuito interno.
- Consumo energético y estabilidad eléctrica del sistema.
- Integridad estructural y condiciones de operación del reactor horizontal.

Cada una de estas variables es monitorizada en tiempo real mediante sensores distribuidos estratégicamente, conectados a un sistema digital de control que permite:

- Ajuste automático de condiciones operativas.
- Registro continuo y trazable del proceso.
- Activación preventiva de protocolos de seguridad.
- Verificación documental para auditoría técnica y regulatoria.

El modelo no opera sobre parámetros estimados, sino sobre datos operativos medidos y verificados, garantizando estabilidad térmica bajo valores definidos y reduciendo la variabilidad inherente a los tratamientos térmicos convencionales.

El control no constituye una capa adicional, sino un elemento estructural integrado en el diseño tecnológico.

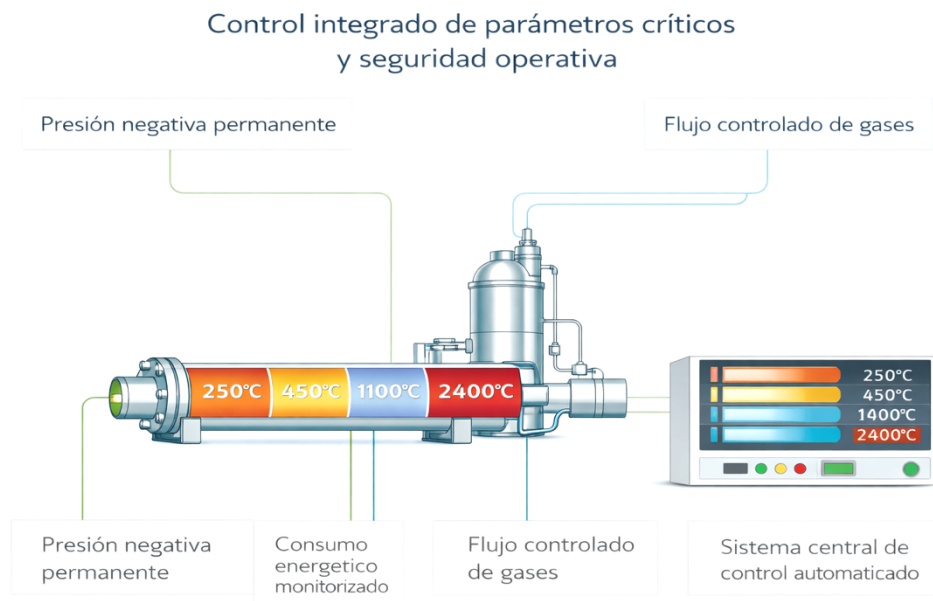


Figura 7. Sistema integrado de control, seguridad industrial y monitorización en tiempo real del proceso FS Green®, incluyendo supervisión de parámetros críticos, presión negativa permanente, trazabilidad digital y exclusión de emisiones no controladas.

4.12 Integración sistémica y coherencia operativa del modelo

El sistema aplicado en AMIANTOP no debe interpretarse como la suma de módulos independientes, sino como una arquitectura tecnológica integrada en la que transformación mineral, seguridad industrial, control ambiental y recuperación energética forman parte de un mismo ecosistema operativo.

Desde su diseño conceptual, cada subsistema está interconectado y coordinado:

- La hermeticidad estructural condiciona el control ambiental.
- El control ambiental alimenta el sistema de monitorización.
- La monitorización regula el comportamiento térmico.
- La estabilidad térmica garantiza la transformación cristalina irreversible.
- La recuperación energética optimiza el rendimiento global del sistema.

Esta integración evita la fragmentación típica de modelos convencionales, en los que el tratamiento térmico, el filtrado y el control ambiental se gestionan como etapas sucesivas y no como un único circuito coherente.

El resultado es un modelo tecnológico unitario, donde seguridad, eficiencia energética y eliminación estructural del riesgo se conciben como partes inseparables de un mismo proceso industrial.

De este modo, el control ambiental no se incorpora como medida correctiva posterior, sino como componente constitutivo del diseño.

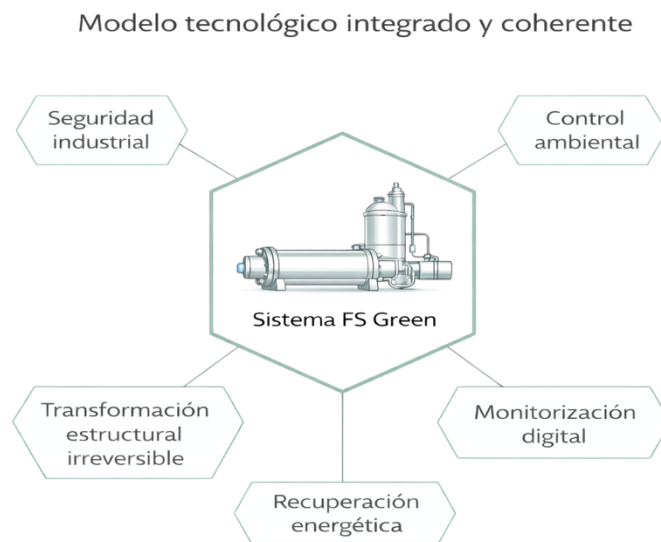


Figura 8. Integración sistémica del modelo FS Green®, mostrando la interconexión estructural entre transformación mineral, seguridad industrial, control ambiental, monitorización digital y recuperación energética.

5. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

5.1 Seguridad estructural por diseño

La infraestructura AMIANTOP ha sido concebida bajo el principio de **seguridad integrada desde la fase de ingeniería**, incorporando criterios de prevención estructural en el diseño del sistema.

La seguridad no se plantea como una medida correctiva posterior, sino como un elemento constitutivo del modelo tecnológico. La arquitectura industrial incorpora:

- Separación funcional de áreas operativas.
- Minimización de intervención manual directa.
- Automatización de fases críticas del proceso.
- Control continuo de parámetros operativos.
- Sistemas redundantes de supervisión.

El enfoque responde a una lógica de eliminación del riesgo en origen, coherente con el principio de transformación estructural irreversible del material.

5.2 Confinamiento tecnológico hermético

El tratamiento del material con amianto se desarrolla en un **circuito tecnológico completamente cerrado**, evitando el contacto del material con el entorno exterior durante todo el proceso.

El diseño hermético del sistema integra:

- Contención primaria del material durante su transformación.
- Contención secundaria en zonas técnicas críticas.
- Control en origen de posibles emisiones.
- Estabilidad térmica bajo parámetros definidos y monitorizados.

Este modelo permite operar bajo un principio de control integral de **emisiones en el origen**, eliminando riesgos asociados a dispersión de partículas y reforzando la protección ambiental estructural del proyecto.

CONFINAMIENTO TECNOLÓGICO HERMÉTICO

Control integral de emisiones en origen

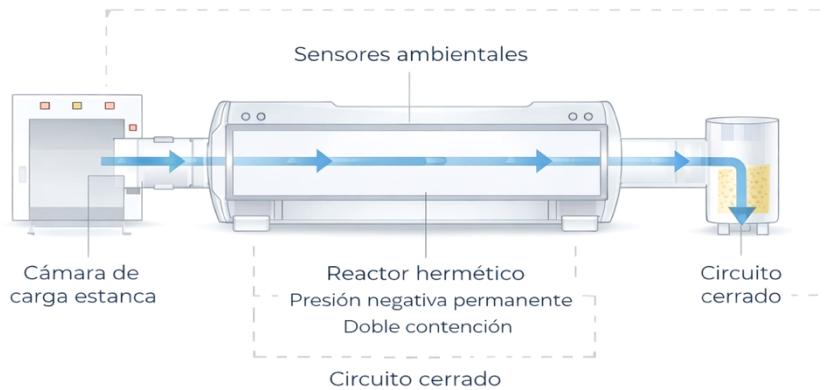


Figura 9. Modelo de control integral de emisiones en origen basado en circuito tecnológico hermético, contención primaria y secundaria, y depresión permanente, evitando emisiones primarias y secundarias al entorno.

5.3 Monitorización avanzada y trazabilidad digital

El sistema incorpora un esquema de monitorización continua que garantiza estabilidad operativa y trazabilidad documental:

- Control permanente de parámetros térmicos y de presión.
- Supervisión de condiciones internas del reactor.
- Registro digital de variables críticas.
- Seguimiento ambiental en puntos definidos del sistema.

La información generada es auditable y permite asegurar coherencia técnica, reproducibilidad del proceso y cumplimiento de los requerimientos regulatorios aplicables a instalaciones industriales y gestión de residuos peligrosos.

MONITORIZACIÓN AVANZADA Y TRAZABILIDAD DIGITAL

Control continuo de parámetros críticos del proceso

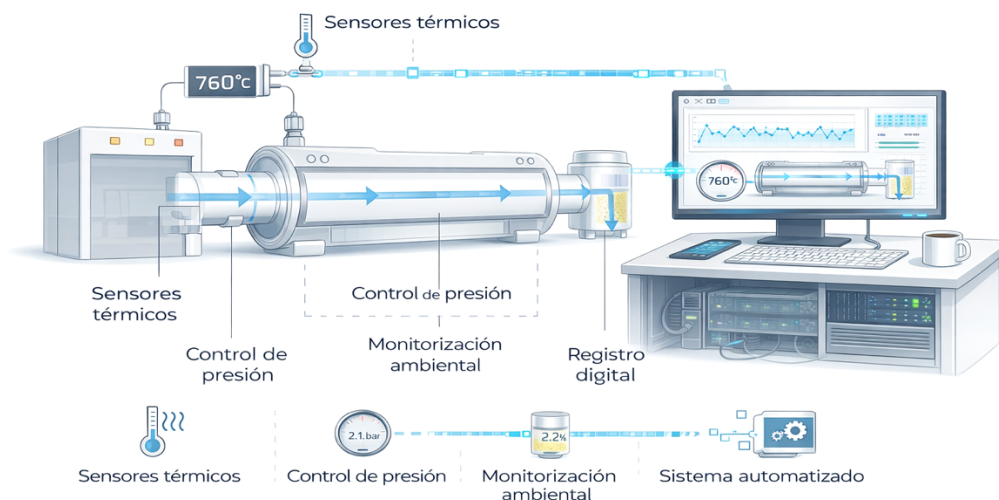


Figura 10. Sistema de monitorización avanzada y trazabilidad digital del proceso FS GREEN®, con control continuo de parámetros críticos (temperatura, presión, estabilidad operativa), registro digital trazable y supervisión automatizada en entorno hermético.

5.4 Cultura operativa y experiencia certificada

El proyecto AMIANTOP se apoya en la experiencia operativa de RCR en la retirada y gestión controlada de materiales con amianto en entornos regulados.

Esta experiencia aporta:

- Conocimiento práctico de protocolos de seguridad.
- Gestión de riesgos en campo.
- Aplicación de estándares técnicos en operaciones sensibles.

La actividad se desarrolla bajo sistemas certificados de gestión ambiental y seguridad laboral conforme a estándares internacionales, proporcionando un marco estructurado y auditado para la implantación industrial del modelo.

5.5 Impacto ambiental estructural

La planta base de AMIANTOP ha sido dimensionada para una capacidad aproximada de **9,8 toneladas diarias de material con amianto**.

En esta configuración, el modelo permite una reducción estimada de aproximadamente **16.240 toneladas de CO₂ anuales** en comparación con esquemas basados exclusivamente en retirada y almacenamiento prolongado en vertedero.

Adicionalmente, el modelo evita la generación indirecta de gases de efecto invernadero asociados a esquemas de almacenamiento prolongado en vertedero, incluyendo emisiones potenciales de metano (CH₄) derivadas de procesos anaerobios en entornos de disposición final.



Figura 11. Impacto ambiental estructural del modelo AMIANTOP en configuración base de 9,8 t/día, mostrando la reducción estimada de emisiones de CO₂ frente a esquemas convencionales de retirada y almacenamiento en vertedero.

Esta estimación corresponde a la configuración base de 9,8 toneladas diarias y se fundamenta en el modelo operativo integrado descrito en el presente documento.

Esta reducción se vincula a:

- Optimización logística.
- Eliminación de infraestructuras de almacenamiento indefinido.
- Integración energética interna del sistema.
- Sustitución parcial de materias primas vírgenes mediante valorización mineral.

El modelo transforma un pasivo ambiental acumulativo en un flujo industrial controlado, reduciendo impactos a medio y largo plazo asociados al almacenamiento permanente.

5.6 Escalabilidad tecnológica

La tecnología desarrollada por **EFI Ecotech Group** ha sido concebida como una plataforma modular y escalable.

Además de la configuración base de 9,8 t/día, existen desarrollos para capacidades superiores (30 y 90 toneladas diarias), adaptables a distintos contextos territoriales.

La escalabilidad permite:

- Adaptación a volúmenes regionales.
- Replicabilidad del modelo.
- Optimización territorial.
- Incremento de impacto estructural sin alterar el principio tecnológico central de eliminación definitiva del riesgo.

ESCALABILIDAD TECNOLÓGICA – PLATAFORMA MODULAR AMIANTOP

Arquitectura hermética constante · Capacidad adaptable

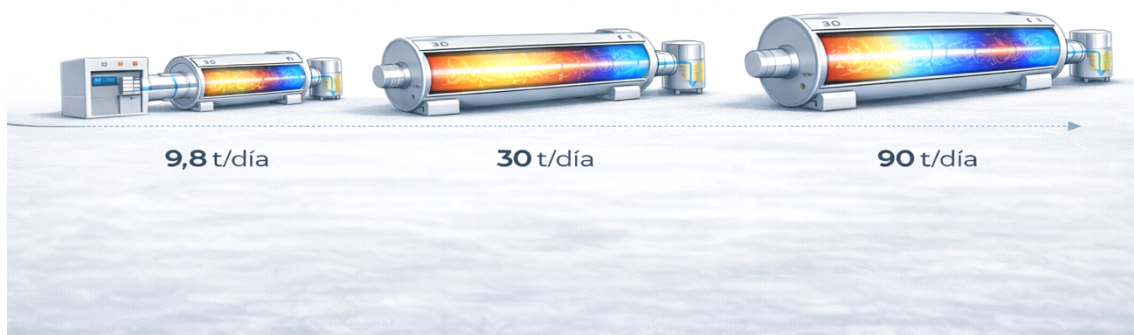


Figura 12. Arquitectura modular y escalabilidad progresiva del sistema AMIANTOP (9,8–30–90 toneladas/día).

5.7 Eliminación de pasivos ambientales

A diferencia del modelo de vertedero, que implica almacenamiento indefinido de residuos peligrosos, AMIANTOP permite transformar el material y eliminar su peligrosidad estructural.

Este enfoque:

- Reduce la necesidad de monitorización intergeneracional.
- Disminuye la presión territorial asociada a vertederos especializados.
- Evita la acumulación de nuevos pasivos ambientales.
- Libera suelo para usos productivos.

La intervención industrial sustituye un modelo de gestión diferida por una solución estructuralmente resolutive.

5.8 Coherencia regulatoria

AMIANTOP ha sido concebido para integrarse en el marco normativo vigente en materia de:

- Gestión de residuos peligrosos.
- Seguridad industrial.
- Protección ambiental.
- Emisiones industriales.

El proyecto se encuentra en fase de tramitación administrativa conforme a los procedimientos exigidos por la legislación aplicable, incluyendo los instrumentos de autorización correspondientes.

La arquitectura técnica ha sido diseñada para garantizar compatibilidad con los requisitos regulatorios actuales y su evolución prospectiva.

6. INFRAESTRUCTURA AMIANTOP



Imagen 5. Infraestructura industrial AMIANTOP – Configuración base con tecnología FS GREEN® (9,8 t/día).

6.1 Concepto de infraestructura industrial estratégica

La infraestructura AMIANTOP materializa, en un emplazamiento industrial concreto, la aplicación operativa del modelo de transformación estructural desarrollado en los capítulos anteriores.

Concebida como una unidad industrial integrada, ha sido diseñada para operar bajo criterios estrictos de compatibilidad territorial, ambiental y normativa, garantizando coherencia entre tecnología, implantación física y marco regulatorio aplicable.

La implantación del proyecto responde a:

- Criterios de seguridad industrial.
- Accesibilidad logística controlada.
- Integración en suelo industrial adecuado.
- Cumplimiento de distancias y requisitos técnicos.

El diseño contempla la coexistencia con el entorno, minimizando impactos y garantizando control operativo.

La implantación responde a un modelo de infraestructura industrial de carácter estructural estratégica, concebida no como instalación aislada, sino como nodo territorial de transformación estructural del residuo, integrada en entornos industriales compatibles y bajo criterios de planificación técnica preventiva

6.2 Configuración operativa base (9,8 t/día)

La configuración operativa base de 9,8 toneladas diarias integra, en una unidad industrial autónoma, el conjunto completo de sistemas de proceso, control y gestión ambiental del modelo AMIANTOP.

Esta configuración constituye la primera escala de implantación territorial y permite validar la coherencia técnica del sistema en condiciones industriales reales, asegurando estabilidad operativa, trazabilidad integral y cumplimiento normativo.

La unidad base incorpora:

- Sistema hermético de transformación térmica estructural.
- Cámara de carga estanca y circuito cerrado de proceso.
- Sistema integrado de purificación y control de gases.
- Monitorización continua de parámetros críticos.
- Gestión energética interna con recuperación y optimización del balance energético.

La arquitectura ha sido concebida bajo un principio de modularidad escalable, permitiendo ampliar la capacidad mediante la incorporación de módulos replicables sin alterar el núcleo tecnológico ni la coherencia estructural del sistema.

De este modo, la configuración base no constituye una solución aislada, sino la primera expresión operativa de una plataforma industrial adaptable a diferentes magnitudes territoriales.

Infraestructura AMIANTOP basada en tecnología FS GREEN®

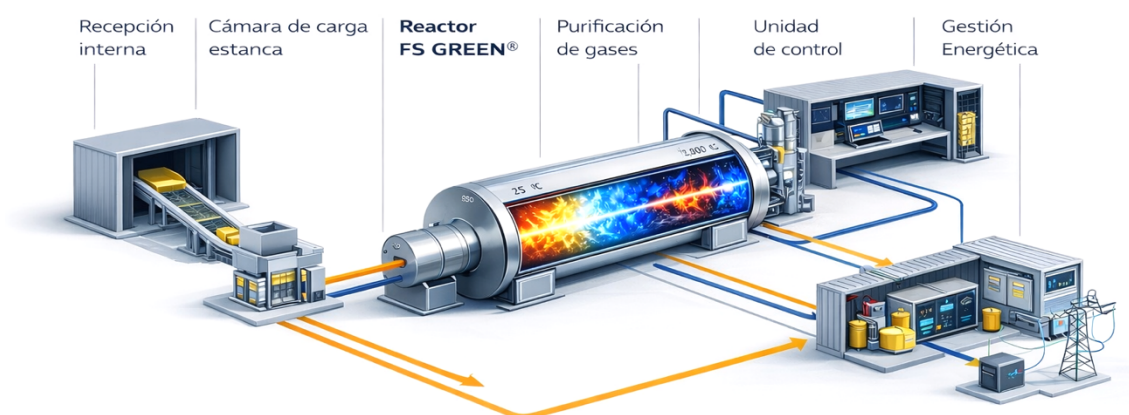


Figura 13. Configuración operativa base AMIANTOP (9,8 t/día), mostrando la integración funcional del reactor FS GREEN®, cámara de carga estanca, sistema de purificación de gases, unidad de control y gestión energética.

6.3 Organización funcional de la planta

La infraestructura AMIANTOP se estructura en áreas funcionales diferenciadas, organizadas bajo un principio de compartimentación industrial preventiva orientado a maximizar seguridad, eficiencia operativa y control ambiental integrado.

La organización funcional responde a una secuencia técnica coherente, en la que cada área cumple una función específica dentro de un circuito industrial unitario:

- Zona de recepción controlada, destinada a la entrada, verificación documental y preparación inicial del material.
- Área de preparación y alimentación del sistema, donde se realiza la introducción controlada en el circuito hermético.
- Núcleo tecnológico de transformación estructural, que integra el reactor horizontal, el sistema térmico y el control automatizado de parámetros críticos.
- Área de gestión de fracciones minerales resultantes, destinada a la estabilización, clasificación y almacenamiento técnico de los productos transformados.

- Sistemas auxiliares energéticos y de control, que garantizan la recuperación energética, la monitorización continua y la estabilidad operativa global.

Esta organización no responde a una lógica fragmentada de etapas sucesivas independientes, sino a una configuración operativa unitaria en la que cada área se encuentra interconectada con el sistema de control centralizado.

La compartimentación física y funcional refuerza la seguridad estructural del modelo, reduce la exposición operativa y facilita la trazabilidad completa del proceso industrial.

6.4 Integración energética

La infraestructura AMIANTOP incorpora un sistema de gestión energética integrada concebido como parte estructural del modelo industrial, y no como elemento accesorio.

El diseño del sistema permite optimizar el balance energético interno mediante la recuperación y reutilización de energía generada durante el proceso de transformación térmica estructural.

La integración energética contempla:

- Generación de energía eléctrica destinada al autoconsumo industrial o integración en red conforme al marco regulatorio aplicable.
- Producción de hidrógeno como gas tecnológico, integrado en el esquema operativo del sistema.
- Recuperación térmica y optimización de flujos energéticos internos.
- Reducción de dependencia energética externa.

Este enfoque refuerza la autosuficiencia operativa de la infraestructura y mejora la eficiencia global del modelo, alineándolo con los principios de descarbonización progresiva y transición energética industrial.

La energía no se incorpora como subproducto incidental, sino como vector integrado dentro de la arquitectura tecnológica, contribuyendo a la coherencia estructural del sistema y a su viabilidad territorial a largo plazo.

Auxiliary energy and control systems ensuring energy recovery, continuous monitoring, and overall operational stability.

INTEGRACIÓN ENERGÉTICA Y VECTORES INDUSTRIALES

Configuración base – 9,8 t/día

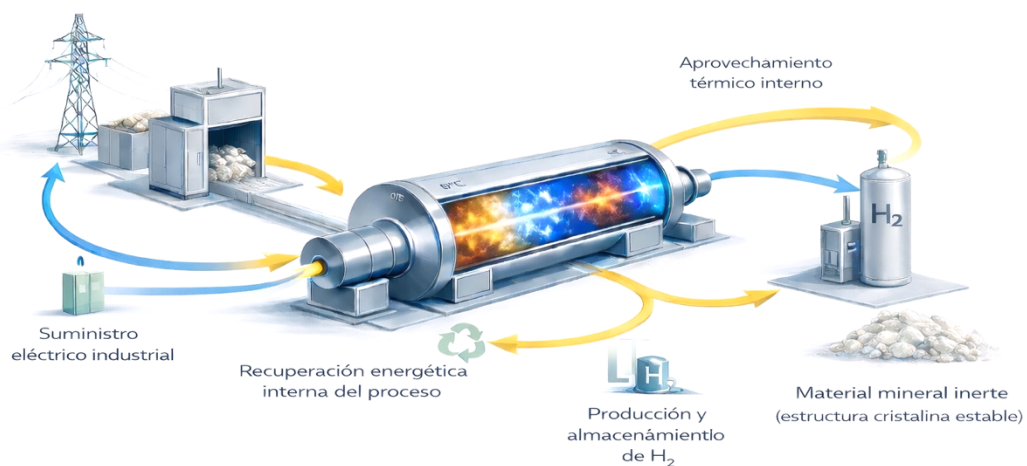


Figura 14. Esquema de integración energética de la infraestructura AMIANTOP (FS GREEN®), mostrando conexión eléctrica, generación y recuperación interna de energía, producción de hidrógeno como gas tecnológico y optimización del consumo operativo del sistema.

6.5 Escalabilidad modular

La tecnología desarrollada por **EFI Ecotech Group** permite la configuración modular de la infraestructura.

Además de la planta base de 9,8 t/día, el sistema puede adaptarse a configuraciones de mayor capacidad, incluyendo desarrollos de 30 y 90 toneladas diarias.

Esta modularidad permite:

- Adaptación a distintos volúmenes territoriales.
- Replicabilidad en otros emplazamientos.
- Escalado progresivo según necesidades regionales.

Sin alterar el principio tecnológico central del sistema.

Esta escalabilidad posiciona a AMIANTOP como plataforma tecnológica adaptable a distintos escenarios territoriales, manteniendo invariable el principio de eliminación estructural del riesgo.

6.6 Fase administrativa

La tecnología desarrollada por EFI Ecotech Group ha sido concebida bajo un principio de modularidad estructural que permite adaptar la capacidad operativa de la infraestructura AMIANTOP a diferentes magnitudes territoriales sin alterar el núcleo tecnológico del sistema.

La configuración base de 9,8 toneladas diarias constituye la primera escala de implantación industrial. A partir de esta unidad, el modelo permite ampliaciones mediante la incorporación de módulos replicables que mantienen:

- La arquitectura hermética integral del proceso.
- El control automatizado y la monitorización continua de parámetros críticos.
- La estabilidad térmica y operativa del sistema.
- El principio de transformación mineral irreversible del material.

Las configuraciones orientativas actualmente desarrolladas contemplan:

- 9,8 t/día → Implantación base de carácter territorial.
- 30 t/día → Escala regional.
- 90 t/día → Escala suprarregional o programas nacionales de eliminación progresiva.

El incremento de capacidad no modifica el fundamento tecnológico, sino que amplía su dimensión operativa en función del volumen del pasivo ambiental existente.

Esta escalabilidad posiciona a AMIANTOP como una plataforma industrial adaptable, capaz de integrarse en diferentes contextos regulatorios y territoriales manteniendo coherencia técnica, estabilidad operativa y control ambiental estructural.

6.7 Infraestructura como solución estructural

AMIANTOP no se configura como una instalación industrial aislada, sino como una infraestructura estratégica orientada a la resolución material de un pasivo ambiental histórico.

Su diseño integra en una única arquitectura operativa:

- Transformación estructural irreversible del material.
- Seguridad industrial por diseño hermético.

- Control ambiental integrado y monitorización continua.
- Gestión energética estructuralmente incorporada.
- Escalabilidad modular adaptable a distintas realidades territoriales.

Este conjunto convierte la infraestructura en un modelo replicable dentro de entornos industriales compatibles, capaz de sustituir un esquema de gestión basado en almacenamiento indefinido por un modelo de intervención resolutive.

La infraestructura deja de operar bajo una lógica de contención prolongada para convertirse en un nodo industrial de transformación estructural del riesgo.

Integrado en el tejido productivo, el modelo se alinea con los principios de sostenibilidad territorial y responsabilidad intergeneracional.

De este modo, AMIANTOP no solo trata residuos, sino que redefine el papel de la infraestructura industrial en la gestión de pasivos ambientales acumulativos, trasladando el enfoque desde la administración del riesgo hacia su eliminación material definitiva.

7. RESULTADOS E IMPACTOS

7.1 Impacto en salud pública

La eliminación estructural del amianto mediante transformación mineral irreversible supone la desaparición definitiva de la base física del riesgo asociado a la exposición futura.

A diferencia del modelo de almacenamiento indefinido, donde la peligrosidad permanece latente, el tratamiento industrial aplicado en AMIANTOP elimina la morfología fibrosa responsable del riesgo sanitario.

Este cambio implica:

- Reducción estructural de riesgo a largo plazo.
- Disminución de dependencia de monitorización intergeneracional.
- Mayor estabilidad sanitaria a largo plazo.

El impacto no se limita al corto plazo operativo, sino que modifica la naturaleza del problema desde su base material.

Este enfoque desplaza la gestión del riesgo desde la monitorización prolongada hacia la eliminación material de su origen.

La eliminación irreversible del riesgo redefine la gestión del amianto como una política preventiva de salud pública de carácter estructural.



Figura 15. Impacto estructural en salud pública derivado de la eliminación irreversible del riesgo asociado al amianto mediante el modelo AMIANTOP.

7.2 Impacto ambiental

El modelo aplicado sustituye la lógica de confinamiento por una lógica de transformación.

Esto implica:

- Eliminación progresiva del pasivo ambiental asociado al almacenamiento prolongado.
- Reducción de dependencia de vertederos especializados.
- Disminución de presión territorial a largo plazo.

El impacto ambiental se proyecta más allá de la fase operativa inmediata, extendiéndose al ciclo completo de gestión del residuo.

7.3 Impacto climático

La sustitución del modelo de almacenamiento indefinido por un esquema de transformación industrial integrada permite reducir significativamente las emisiones asociadas al ciclo tradicional de gestión.

La optimización logística, la eliminación de ciclos reiterados de transporte y almacenamiento y la integración energética interna del sistema contribuyen a una reducción estructural de emisiones asociadas al modelo tradicional de gestión.

7.4 Impacto industrial y economía circular

La transformación estructural del amianto permite:

- Eliminar definitivamente su peligrosidad física.
- Obtener fracciones minerales estables:
 - Óxido de magnesio ($\text{MgO} \geq 90 \%$)
 - Dióxido de silicio ($\text{SiO}_2 \geq 90 \%$)
 - Fracción mineral combinada

La valorización de las fracciones minerales estabilizadas introduce un modelo de economía circular estructural, en el que un pasivo ambiental se transforma en recurso técnico integrable en procesos productivos existentes, reduciendo la extracción de materias primas naturales.

IMPACTO INDUSTRIAL Y ECONOMÍA CIRCULAR

Transformación mineral estructural



Figura 16. Integración industrial y economía circular derivada de la transformación mineral estructural del material tratado.

Aplicaciones potenciales de las fracciones minerales

Las fracciones obtenidas tras el proceso de transformación presentan estabilidad físico-química y aptitud para su integración en cadenas industriales existentes.

En función de su composición y grado de pureza:

- El **Dióxido de silicio ($\text{SiO}_2 \geq 90 \%$)** puede emplearse en aplicaciones vinculadas a la industria cementera, cerámica, vidriera y materiales refractarios.
- El **Óxido de magnesio ($\text{MgO} \geq 90 \%$)** presenta aplicaciones en la industria refractaria, cementos especiales, materiales ignífugos y soluciones técnicas de construcción.
- La **fracción mineral combinada** puede destinarse a usos como árido técnico o material mineral estabilizado en aplicaciones industriales y de infraestructura.

La incorporación de estas fracciones a procesos productivos existentes permite reducir la extracción de materias primas naturales, contribuyendo a un modelo de valorización industrial coherente y estructural.

7.5 Impacto económico estructural

Aunque el objetivo principal del proyecto es la eliminación definitiva del riesgo, el modelo aplicado presenta implicaciones económicas estructurales:

- Reducción de costes asociados a almacenamiento indefinido.
- Disminución de obligaciones de mantenimiento a largo plazo.
- Optimización territorial de infraestructuras.

El impacto económico se presenta como consecuencia sistémica de la eliminación estructural del pasivo, no como elemento primario de justificación del proyecto.

7.6 Impacto territorial

La implantación de una infraestructura de transformación industrial permite:

- Integración en entornos industriales compatibles.
- Reducción de dependencia de vertederos especializados.
- Posibilidad de adaptación a distintas realidades territoriales mediante escalabilidad modular.

La infraestructura propuesta no actúa como solución puntual, sino como herramienta industrial replicable dentro de marcos territoriales compatibles, contribuyendo a la planificación estratégica de gestión de pasivos ambientales.



17. Impacto territorial del modelo AMIANTOP mediante la eliminación progresiva de pasivos ambientales asociados al almacenamiento indefinido.

8 • PROYECCIÓN INDUSTRIAL Y ESCALABILIDAD

AMIANTOP ha sido concebido no como una instalación aislada, sino como una infraestructura industrial replicable orientada a la eliminación estructural de pasivos ambientales históricos.

Su arquitectura técnica permite abordar el problema del amianto desde una lógica sistémica, escalable y territorialmente adaptable, manteniendo inalterado el principio físico de transformación irreversible del material.

8.1 Plataforma tecnológica estructural

El núcleo tecnológico desarrollado por EFI Ecotech Group responde a un principio estable:

- Transformación física irreversible del residuo.
- Arquitectura hermética de proceso.
- Integración energética interna.
- Valorización industrial de fracciones minerales resultantes.
- Este núcleo no depende de variables territoriales específicas, lo que permite su implantación en distintos entornos industriales compatibles sin alterar su coherencia técnica.

El modelo puede considerarse una plataforma tecnológica estructural, no una solución puntual.

8.2 Escalabilidad por módulos operativos

La arquitectura industrial permite configurar el sistema en diferentes capacidades manteniendo:

- El diseño hermético integral.
- El control automatizado y monitorización continua.
- La estabilidad térmica y operativa del proceso.
- El principio estructural de eliminación del riesgo.

Configuraciones orientativas:

- 9,8 t/día → Planta base de implantación territorial.
- 30 t/día → Escala regional.
- 90 t/día → Escala suprarregional o programas nacionales.

La ampliación de capacidad no altera el fundamento tecnológico, sino que adapta su dimensión a la magnitud del pasivo territorial existente

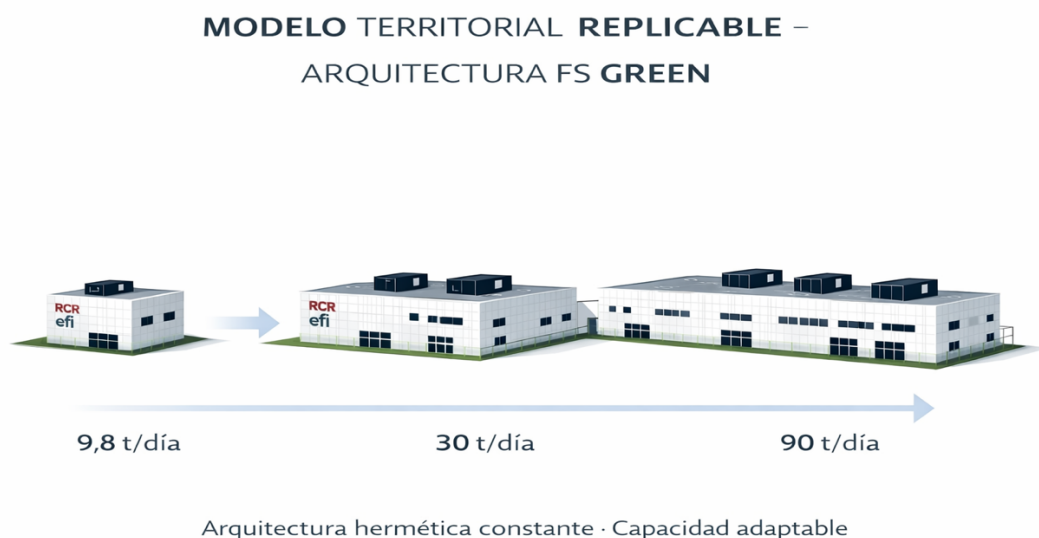


Figura 18. Modelo territorial replicable de infraestructura AMIANTOP en configuración modular adaptable a diferentes entornos industriales.

8.3 Integración en estrategias públicas de eliminación progresiva

El modelo permite estructurar programas territoriales de eliminación progresiva del amianto basados en:

- Transformación estructural en lugar de almacenamiento.
- Reducción progresiva de dependencia de vertederos especializados.
- Eliminación del riesgo intergeneracional.
- Integración energética y optimización logística.

En este sentido, AMIANTOP se alinea con:

- Estrategias europeas de transición ecológica.
- Políticas de reducción de pasivos ambientales históricos.
- Planes nacionales de retirada de amianto.
- Principios de economía circular estructural.

No introduce nuevas cargas estructurales a largo plazo, sino que reduce pasivos acumulativos.

8.4 Infraestructura como activo estratégico territorial

AMIANTOP no constituye únicamente una instalación de tratamiento, sino una infraestructura industrial estratégica con triple dimensión:

1. Eliminación física irreversible del riesgo.
2. Producción energética integrada.
3. Generación de materiales minerales valorizables.

Este enfoque transforma un modelo defensivo de gestión en un modelo estructural de resolución industrial del problema.

La infraestructura deja de ser un centro de confinamiento para convertirse en un activo industrial de transformación territorial.

8.5 Proyección europea y replicabilidad

La problemática del amianto presenta características comunes en múltiples Estados miembros:

- Presencia extendida en edificaciones e infraestructuras.
- Dependencia histórica del modelo de vertedero.
- Generación de pasivos ambientales acumulativos.

La replicabilidad modular del modelo permite:

- Adaptación a diferentes marcos regulatorios.
- Implantación progresiva por regiones.
- Integración en ecosistemas industriales existentes.
- Coordinación con estrategias de descarbonización.

AMIANTOP constituye, por tanto, una base tecnológica susceptible de implantación escalonada en distintos territorios europeos, manteniendo coherencia técnica, ambiental y regulatoria.

8.6 AMIANTOP como instrumento de política industrial ambiental

AMIANTOP trasciende la condición de infraestructura técnica para configurarse como un **instrumento operativo de política industrial ambiental**, orientado a la resolución estructural de un pasivo histórico de alcance territorial y europeo.

El modelo permite articular una transición desde un esquema de gestión basado en el almacenamiento indefinido hacia un sistema industrial de eliminación física irreversible del riesgo, alineado con los principios de sostenibilidad estructural y responsabilidad intergeneracional.

Desde esta perspectiva, la implantación del modelo puede contribuir a:

- La ejecución efectiva de planes públicos de retirada progresiva de amianto.
- La reducción estructural de pasivos ambientales acumulativos.
- La disminución de la presión territorial asociada a vertederos especializados.
- La integración de infraestructuras industriales en estrategias de transición ecológica.
- La generación de coherencia entre política ambiental, industrial y energética.

AMIANTOP no plantea una solución incremental sobre el modelo existente, sino un cambio de lógica:

- de la contención prolongada a la transformación irreversible del material.

En este sentido, la infraestructura puede considerarse un vector de:

- Política de salud pública preventiva.
- Política de eliminación de pasivos ambientales históricos.
- Política de modernización industrial sostenible.
- Política territorial orientada a la reducción de cargas intergeneracionales.

El enfoque estructural permite sustituir obligaciones de monitorización indefinida por un modelo de resolución material del problema, contribuyendo a una planificación ambiental más estable y técnicamente fundamentada.

Con ello, AMIANTOP se posiciona como una herramienta industrial alineada con los objetivos estratégicos europeos de transición ecológica, economía circular estructural y descarbonización progresiva, sin generar nuevas cargas ambientales futuras.



Figura 19. AMIANTOP como instrumento de política industrial ambiental, integrado en planificación pública y alineado con el marco estratégico europeo de transición ecológica.

9. CONVERGENCIA TECNOLÓGICA Y SOLIDEZ OPERATIVA

9.1 Integración de capacidades tecnológicas e industriales

AMIANTOP se desarrolla a partir de la convergencia entre la capacidad tecnológica de EFI Ecotech Group, responsable del desarrollo de la tecnología FS Green®, y la experiencia operativa de RCR en la gestión de materiales con amianto en entornos regulados. Esta integración de conocimiento tecnológico e implantación industrial constituye la base estructural del proyecto.

La tecnología aporta:

- Transformación estructural irreversible del material.
- Arquitectura de proceso hermética.
- Integración energética.
- Valorización de fracciones minerales estabilizadas.

La experiencia operativa aporta:

- Gestión real de materiales con amianto.
- Conocimiento práctico de protocolos de seguridad.
- Interacción continuada con marcos regulatorios.
- Aplicación de procedimientos certificados.

La integración de ambos ámbitos elimina la fragmentación tradicional del modelo retirada-transporte-vertedero y configura una solución industrial coherente y estructurada.

La participación coordinada de EFI Ecotech Group y RCR permite integrar desarrollo tecnológico, ejecución operativa y adaptación regulatoria dentro de un único marco industrial coherente, reforzando la viabilidad técnica y administrativa del modelo.

CONVERGENCIA TECNOLÓGICA E INDUSTRIAL DEL MODELO AMIANTOP



Figura 20. Convergencia tecnológica e industrial del modelo AMIANTOP: tecnología FS GREEN®, capacidad operativa RCR e infraestructura integrada.

9.2 Solidez operativa en entornos regulados

El modelo AMIANTOP no se plantea como una solución experimental, sino como una infraestructura diseñada para operar dentro de marcos normativos consolidados.

La experiencia acumulada en operaciones de retirada y gestión controlada de materiales con amianto permite:

- Identificación precisa de riesgos operativos.
- Aplicación sistemática de protocolos de seguridad.
- Gestión documental y trazabilidad.
- Interacción estructurada con administraciones competentes.

La operatividad industrial se apoya en sistemas organizativos y de gestión certificados conforme a estándares internacionales aplicables en materia de calidad, medio ambiente y seguridad laboral.

Este marco aporta estabilidad, previsibilidad y coherencia en la implantación del modelo.

9.3 Gobernanza técnica del proyecto

AMIANTOP se articula bajo un esquema de gobernanza técnica estructurado que integra

- Coordinación tecnológica.
- Supervisión operativa.
- Control de parámetros críticos.
- Registro y trazabilidad digital del proceso.

La gobernanza técnica garantiza:

- Reproducibilidad del modelo.
- Coherencia entre diseño e implantación.
- Supervisión continua del desempeño industrial.
- Capacidad de auditoría técnica y regulatoria.

Este enfoque evita la disociación entre diseño conceptual y realidad operativa, reforzando la fiabilidad del sistema.

El modelo incorpora una estructura de responsabilidad técnica claramente definida, con funciones diferenciadas y supervisión jerarquizada, reforzando la estabilidad operativa del sistema.

9.4 Capacidad de implantación real

El proyecto se apoya en capacidades industriales existentes y experiencia en ejecución de proyectos técnicos complejos.

La implantación se concibe bajo criterios de:

- Planificación estructurada.
- Compatibilidad territorial.
- Integración con infraestructuras industriales existentes.
- Coordinación administrativa progresiva.

La combinación de tecnología validada, experiencia operativa y estructura organizativa permite abordar la fase de implantación desde una base sólida y técnicamente fundamentada.

9.5 Eliminación de fragmentación del modelo tradicional

El modelo tradicional de gestión del amianto implica múltiples fases desconectadas:

- Retirada.
- Transporte.
- Confinamiento.
- Monitorización indefinida.

AMIANTOP integra estas fases en un único esquema industrial coherente, donde el material no se traslada como riesgo latente, sino que se transforma estructuralmente dentro de una infraestructura controlada.

Esta integración reduce:

- Fragmentación operativa.
 - Dependencia prolongada de vertederos.
 - Multiplicación de riesgos logísticos.
 - Cargas intergeneracionales asociadas al almacenamiento permanente.
-

10. ENCAJE ESTRATÉGICO EUROPEO Y POLÍTICA PÚBLICA

10.1 De la gestión del residuo a la eliminación estructural del pasivo

La gestión tradicional del amianto en Europa se ha basado en la retirada y confinamiento del material en vertederos especializados, configurando un modelo de almacenamiento indefinido del riesgo.

AMIANTOP introduce un cambio estructural en esta lógica, al sustituir la contención prolongada por la transformación física irreversible del material, eliminando la base estructural de su peligrosidad.

Este enfoque permite transitar desde un modelo de gestión diferida hacia un modelo de resolución industrial definitiva, alineado con principios de responsabilidad intergeneracional y estabilidad territorial.

10.2 Alineación con la transición ecológica europea

La Unión Europea ha establecido un marco estratégico orientado a:

- Reducción de pasivos ambientales históricos.
- Descarbonización progresiva de la economía.
- Impulso a la economía circular estructural.
- Modernización de infraestructuras industriales.

El modelo AMIANTOP se integra coherentemente en este contexto al:

- Reducir la dependencia de vertederos especializados.
- Integrar valorización mineral y energética.
- Disminuir impactos acumulativos asociados al almacenamiento indefinido.
- Contribuir a la reducción estructural de emisiones indirectas.

La coherencia no es declarativa, sino funcional.

10.3 Eliminación de cargas intergeneracionales

El almacenamiento indefinido de materiales con amianto transfiere obligaciones de vigilancia y mantenimiento a generaciones futuras.

La transformación estructural irreversible del material elimina esta transferencia de responsabilidad, sustituyendo un modelo de monitorización permanente por un modelo de resolución material del riesgo.

En este sentido, AMIANTOP contribuye a:

- Reducir pasivos ambientales acumulativos.
 - Estabilizar planificación territorial.
 - Minimizar incertidumbre a largo plazo.
 - Mejorar previsibilidad regulatoria.
-

10.4 Instrumento operativo de política pública

AMIANTOP puede actuar como herramienta técnica de ejecución para:

- Programas públicos de retirada progresiva de amianto.
- Estrategias regionales de eliminación de pasivos históricos.
- Planes nacionales de modernización industrial sostenible.
- Iniciativas de transición energética con integración industrial.

La infraestructura no introduce nuevas cargas estructurales, sino que transforma un pasivo ambiental histórico en un proceso industrial controlado y estable.

10.5 Coherencia regulatoria y viabilidad administrativa

El modelo ha sido concebido desde su fase de diseño con integración del marco normativo aplicable en materia de:

- Gestión de residuos peligrosos.
- Seguridad industrial.
- Protección ambiental.
- Emisiones industriales.

La compatibilidad regulatoria se aborda de forma estructural, evitando la necesidad de adaptaciones posteriores que puedan comprometer la coherencia técnica del sistema.

MODELO ESTRUCTURAL INTEGRADO AMIANTOP

Infraestructura resolutive de eliminación definitiva del riesgo



Figura 21. Modelo estructural integrado AMIANTOP como infraestructura resolutive de eliminación definitiva del riesgo.

11. MANIFIESTO ESTRATEGICO

El amianto no es únicamente un residuo heredado del pasado industrial europeo.

Es un pasivo estructural que condiciona territorio, salud pública y responsabilidad intergeneracional.

Durante décadas, el enfoque dominante ha sido la gestión diferida: retirada, transporte y almacenamiento controlado. Un modelo administrativamente ordenado, pero materialmente inconcluso.

El riesgo no desaparece.

- Se desplaza.
- Se encapsula.
- Se posterga.

La evolución tecnológica y la madurez industrial introducen hoy un escenario distinto.

Cuando existe capacidad real para transformar de forma irreversible la naturaleza física de un material peligroso, el marco conceptual cambia.

AMIANTOP representa esa transición.

No desde la retórica, sino desde la convergencia entre conocimiento tecnológico, capacidad operativa e infraestructura industrial.

La tecnología FS GREEN®, desarrollada por EFI Ecotech Group, aporta la base científica que permite alterar estructuralmente la configuración mineral del amianto, neutralizando su peligrosidad intrínseca.

La capacidad industrial de RCR garantiza su aplicación en condiciones reales, con estándares técnicos exigentes y coherencia operativa.

La integración entre tecnología y músculo industrial convierte una posibilidad técnica en una infraestructura funcional.

Y esa diferencia es decisiva.

AMIANTOP no optimiza el modelo anterior.
Lo supera conceptualmente.

Sustituye la lógica del almacenamiento indefinido por la lógica de la transformación irreversible.

Introduce un principio estructural:

Los pasivos ambientales históricos no deben administrarse indefinidamente cuando pueden resolverse de forma definitiva.

Este enfoque no es sectorial.

Es sistémico.

Impacta en salud pública, al eliminar una fuente potencial de exposición futura.

Impacta en política ambiental, al reducir la necesidad de almacenamiento intergeneracional.

Impacta en política industrial, al integrar tecnología avanzada en la resolución de legados históricos.

En el contexto de la transición ecológica europea y de la autonomía estratégica industrial, la gestión de pasivos acumulados deja de ser una cuestión exclusivamente regulatoria.

Pasa a ser una cuestión de infraestructura.

La transición no consiste únicamente en evitar nuevos impactos.

Consiste también en cerrar de forma estructural los heredados.

La tecnología existe.

La capacidad industrial existe.

El marco normativo europeo avanza en esa dirección.

El tiempo de la gestión diferida da paso, de forma natural, a modelos resolutivos.

AMIANTOP representa esa evolución.

Un modelo en el que los pasivos históricos no se trasladan, sino que se transforman.

En el que el riesgo no se administra indefinidamente, sino que se elimina estructuralmente.

En el que la infraestructura industrial asume su papel en la resolución definitiva de los legados del pasado.

No se trata de una hipótesis futura.

Se trata de una capacidad técnica e industrial ya integrada.

Y como tal, redefine el horizonte desde el que abordar el legado del amianto en Europa.

AMIANTOP no prolonga la gestión del riesgo.

Establece las condiciones para su eliminación estructural.



Eliminación industrial definitiva del amianto.

Tecnología de transformación mineral irreversible

FS GREEN 10-08A

La Rioja – España
Febrero 2026