VOLUMEN
02

TIERRAS DE MONTAÑA
SERIE INFRAESTRUCTURA DE ORIGEN

PRESERVAR VALOR
ASEGURAR INTEGRIDAD
HABILITAR TRANSFORMACIÓN
GENERAR ACTIVOS



LA

CAPA DE PRESERVACIÓN

INFRAESTRUCTURA PASIVA PARA LA ESTABILIZACIÓN DE BIOMASA HÚMEDA EN ORIGEN

CAPITAL BIOLÓGICO | CAPA DE PRESERVACIÓN | ASEGURAMIENTO DE VALOR | INTEGRIDAD BIOLÓGICA | TRANSFORMACIÓN | ACTIVOS AMBIENTALES

PUBLICADO POR EL OBSERVATORIO DE INFRAESTRUCTURAS DE ORIGEN TIERRAS DE MONTAÑA
PRIMERA EDICIÓN
JULIO DE 2026

"El Capital Biológico es el valor químico, físico y agronómico inherente generado por las cosechas agrícolas y forestales, que abarca el Carbono, los nutrientes, la humedad y la energía almacenada."

— Volumen 01, Blueprint del ORIGEN

... La preservación de ese Capital Biológico en el lugar donde se genera constituye la primera capa de infraestructura territorial…

Serie de infraestructuras de origen
Volumen 02

La Capa de Preservación
Infraestructura pasiva para la estabilización de biomasa húmeda de origen agrícola

---

Publicado por el Observatorio de Infraestructuras de Origen
Tierras de Montaña
Primera edición — Julio de 2026

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

PREFACIO

La preservación no es un paso posterior. Es el primer acto de infraestructura.

El Volumen 01 definió la disciplina de la *Ingeniería de Infraestructura Biológica*. Estableció que el Capital Biológico se degrada en ausencia de infraestructura. Demostró que la pérdida es física, cuantificable y universal.

Pero un principio, por sólido que sea, no construye infraestructura.

El presente volumen desarrolla la primera capa operativa de ese sistema: la infraestructura de preservación en terreno.

Su objeto es definir los criterios, las arquitecturas y los indicadores necesarios para detener la degradación del Capital Biológico en el lugar donde se genera.

No se trata de un manual técnico.

Se trata de un marco metodológico que permite a cualquier territorio diseñar su propia infraestructura de preservación, adaptada a sus condiciones particulares.

Este volumen no modifica los principios del Blueprint. Los aplica, Los desarrolla. Los hace operativos. Los traduce en conocimiento aplicable a la primera decisión de infraestructura que todo territorio debe tomar.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

La Serie de Infraestructura de Origen traduce este marco metodológico en conocimiento operativo:

Tipo de documento	Función
Blueprint	Metodología universal (Volumen 01)
Volumen 02	Desarrollo metodológico de La Capa de Preservación
Notas de diseño	Aplicación a flujos de biomasa específicos
Notas técnicas	Resolución de problemas de ingeniería específicos
Estudios de caso	Análisis de despliegues territoriales reales
Libros de proyectos	Planificación territorial sistémica completa
Archivos de ingeniería	Dimensionamiento confidencial y diseño industrial

El presente volumen se sitúa en el segundo nivel de la serie.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

CAPÍTULO 1 – LA DEGRADACIÓN COMO PÉRDIDA DE Capital Biológico

1.1 El Capital Biológico como activo territorial

El Capital Biológico, definido en el Volumen 01, constituye el valor químico, físico y agronómico inherente generado por las cosechas agrícolas y forestales. Comprende el Carbono, los nutrientes, la humedad y la energía almacenada en la biomasa.

Este capital no es abstracto. Es mensurable. Está contenido en cada kilogramo de biomasa generada por el territorio.

Sin embargo, el Capital Biológico no permanece estable una vez que la biomasa es cosechada o separada de la planta. A partir de ese momento, inicia un proceso de transformación natural que, en ausencia de infraestructura, conduce invariablemente a su degradación y pérdida.

La degradación no es un fenómeno secundario. Es el mecanismo mediante el cual el territorio pierde, antes de cualquier transformación, una parte significativa del valor que ha generado.

1.2 La ventana temporal de preservación

La biomasa fresca no espera.

Los procesos de degradación biológica comienzan en el mismo momento en que la biomasa es separada de su ciclo natural. La velocidad de estos procesos depende de múltiples factores, pero el factor más determinante es el contenido de humedad.

En biomasa con alta humedad, la ventana temporal disponible para actuar es particularmente reducida:

Período	Proceso dominante	Consecuencia
0–24 horas	Fermentación	Emisiones de CH_4, olores, descenso del pH
24–72 horas	Lixiviación	Pérdida de N, P, K y contaminación de aguas
3–7 días	Compactación y degradación estructural	Mayor dificultad de manejo y menor eficiencia logística
> 7 días	Mineralización del Carbono	Emisiones de CO_2 y reducción del potencial de secuestro

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Esta tabla muestra un hecho ineludible:

La ventana temporal para preservar el Capital Biológico se mide en horas, no en días.

Si no existe infraestructura que intervenga en ese período, el valor que podría haber sido preservado se convierte en emisiones, en lixiviados, en olores, en pérdida de oportunidad.

1.3 Los mecanismos de degradación

La degradación del Capital Biológico no es un proceso único. Es un conjunto de mecanismos que actúan simultáneamente.

1.3.1 Fermentación

La biomasa fresca contiene azúcares, almidones y otros compuestos orgánicos fácilmente degradables. En presencia de humedad, las comunidades microbianas presentes de manera natural comienzan a metabolizar estos compuestos.

La fermentación genera:

- Ácidos orgánicos, que reducen el pH.
- Compuestos volátiles, responsables de olores.
- Metano (CH_4) en condiciones anaeróbicas, un gas con efecto invernadero 28 veces superior al CO_2.

La fermentación no solo reduce el valor energético de la biomasa. También genera externalidades ambientales que afectan al territorio circundante.

1.3.2 Lixiviación

El agua contenida en la biomasa no es inerte. Actúa como disolvente y como medio de transporte.

A medida que la biomasa se descompone, los nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio) se movilizan y son arrastrados por el agua de escorrentía. Este fenómeno, conocido como lixiviación, tiene dos consecuencias:

- **Pérdida de nutrientes para el territorio:** Los nutrientes que deberían retornar al suelo se pierden en el agua de drenaje.
- **Contaminación de cuerpos de agua:** Los lixiviados, con alta carga orgánica, generan demanda biológica de oxígeno (DBO) y química de oxígeno (DQO) en los cuerpos de agua receptores.

La lixiviación no es un efecto secundario menor. Es una de las principales vías de pérdida de valor agronómico y de generación de pasivos ambientales.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

1.3.3 Mineralización del Carbono

El Carbono contenido en la biomasa existe en dos estados principales:

- **Carbono lábil:** Fracción fácilmente degradable, sujeta a mineralización rápida en CO_2 o CH_4.
- **Carbono estable:** Fracción recalcitrante que persiste en el suelo o puede convertirse en biocarbón.

En ausencia de infraestructura, el Carbono lábil se mineraliza rápidamente, liberando CO_2 a la atmósfera. Esta pérdida reduce el potencial de secuestro de Carbono del territorio y disminuye la cantidad de materia orgánica disponible para la formación de suelos.

1.3.4 Compactación y pérdida de estructura

La biomasa húmeda tiende a compactarse bajo su propio peso. Este proceso reduce la porosidad, dificulta el intercambio gaseoso y crea condiciones anaeróbicas que aceleran la fermentación y la generación de metano.

Además, la compactación dificulta el manejo posterior de la biomasa, incrementando los costos logísticos y reduciendo la eficiencia de las etapas posteriores de valorización.

1.4 Las pérdidas económicas y ambientales

La degradación del Capital Biológico no es un fenómeno puramente físico o químico. Tiene consecuencias económicas y ambientales directas.

1.4.1 Pérdida de Carbono

El Carbono que se mineraliza en CO_2 o CH_4 es Carbono que no estará disponible para:

- Secuestro en el suelo.
- Conversión en biocarbón.
- Generación de energía.
- Mejora de la fertilidad del suelo.

Esta pérdida representa, simultáneamente, una oportunidad económica desperdiciada y un impacto ambiental evitable.

1.4.2 Pérdida de nutrientes

Los nutrientes arrastrados por lixiviación no solo se pierden para el sistema productivo. Cuando alcanzan cuerpos de agua, generan:

- Eutrofización.
- Mortandad de peces.
- Costos de tratamiento de agua.
- Pérdida de biodiversidad acuática.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

El costo de reposición de estos nutrientes mediante fertilizantes sintéticos recae sobre el productor y sobre el territorio.

1.4.3 Pérdida de eficiencia logística

La biomasa húmeda es pesada. El agua que contiene representa una fracción significativa de su peso total. Transportar agua es transportar un insumo que no aporta valor en el punto de destino.

La eficiencia logística se reduce porque:

- Cada kilogramo de agua transportado ocupa capacidad que podría destinarse a Carbono o nutrientes.
- La densidad energética de la biomasa húmeda es baja, lo que encarece el costo por unidad de energía útil.
- La manipulación de materiales húmedos es más compleja y costosa.

1.5 La pérdida de oportunidad

Más allá de las pérdidas físicas y económicas, la degradación del Capital Biológico representa una pérdida de oportunidad para el territorio.

Cada kilogramo de Carbono que se convierte en CO_2 antes de ser transformado es un kilogramo que no se convierte en:

- Suelo fértil.
- Energía renovable.
- Material de base biológica.
- Crédito de Carbono.
- Ingreso para el productor.

Cada litro de lixiviado que contamina un cuerpo de agua es un litro de nutrientes que no vuelve al ciclo agronómico.

Cada hora que la biomasa permanece sin infraestructura es una hora en la que el territorio pierde valor.

1.6 La preservación como respuesta metodológica

La preservación no es una solución entre otras. Es la respuesta metodológica a un problema físico y económico fundamental.

Preservar el Capital Biológico significa detener los mecanismos de degradación antes de que estos reduzcan el valor de la biomasa. Significa intervenir durante la ventana temporal crítica para garantizar que el Carbono, los nutrientes y la energía almacenada estén disponibles para las etapas posteriores.

La infraestructura de preservación, por tanto, no es un costo operativo.

Es la inversión necesaria para garantizar que el valor generado por el territorio no se pierda antes de ser transformado.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

CAPÍTULO 2 – LAS RESTRICCIONES FÍSICAS DEL TERRITORIO

2.1 El territorio como condición de diseño

La infraestructura de preservación no se diseña en el vacío. No existe una solución universal aplicable a todos los territorios. Cada territorio impone un conjunto de restricciones físicas, climáticas y logísticas que condicionan cualquier estrategia de preservación.

El diseño de infraestructura debe comenzar por el reconocimiento de estas restricciones. No es posible seleccionar una tecnología, dimensionar una instalación o definir un protocolo operativo sin comprender primero las condiciones que el territorio impone.

Este capítulo identifica las principales restricciones físicas que afectan a la preservación de biomasa húmeda en origen.

2.2 Contenido de humedad inicial

La humedad inicial de la biomasa es la variable más determinante para cualquier estrategia de preservación.

Una biomasa con alto contenido de humedad:

- Es más susceptible a la fermentación y degradación.
- Tiene menor densidad energética.
- Es más pesada y costosa de transportar.
- Requiere más energía para su secado o estabilización.

La humedad inicial no es uniforme. Varía según:

- El tipo de cultivo.
- El momento de la cosecha.
- Las condiciones climáticas previas.
- El método de recolección.

Cuantificar la humedad inicial es el primer paso para dimensionar cualquier infraestructura de preservación.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

2.3 Temperatura ambiente

La temperatura acelera o ralentiza los procesos biológicos.

En climas cálidos:

- La fermentación es más rápida.
- La ventana de preservación se acorta.
- Los olores y emisiones son más intensos.

En climas fríos:

- Los procesos biológicos se ralentizan.
- La ventana de preservación se alarga.
- Pero el secado natural es más lento.

La temperatura ambiente no es constante. Varía según:

- La altitud.
- La estación del año.
- La hora del día.
- La exposición solar.

El diseño de infraestructura debe considerar estas variaciones estacionales y diarias.

2.4 Altitud

La altitud afecta indirectamente a la preservación a través de su influencia sobre la temperatura y la presión atmosférica.

A mayor altitud:

- La temperatura media es más baja.
- La presión atmosférica es menor.
- La humedad relativa tiende a ser más variable.

En territorios de montaña, como la Cordillera Andina, la altitud impone restricciones específicas:

- La logística es más compleja y costosa.
- El acceso a tecnologías y repuestos es más limitado.
- La mano de obra especializada es más escasa.
- Las distancias a los centros de acopio suelen ser mayores.

Estas restricciones deben ser consideradas en el diseño de cualquier infraestructura de preservación.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

2.5 Topografía y pendiente

La topografía del territorio condiciona:

- La accesibilidad a las fincas y áreas de cultivo.
- La posibilidad de instalar infraestructura.
- El drenaje natural de agua.
- La exposición solar y la ventilación.

En terrenos con pendiente pronunciada:

- El acceso de vehículos es limitado.
- La instalación de infraestructura es más costosa.
- El drenaje natural puede facilitar o dificultar la gestión del agua.
- La exposición solar puede ser aprovechada para el secado natural.

La topografía no debe ser vista únicamente como una limitación. En algunos casos, puede ofrecer oportunidades:

- La pendiente puede facilitar el drenaje por gravedad.
- La orientación puede maximizar la exposición solar.
- La altitud puede ofrecer condiciones favorables para el secado.

2.6 Disponibilidad de agua

El agua es un recurso dual en la preservación.

Por un lado:

- El agua contenida en la biomasa debe ser reducida para detener la degradación.
- El agua de lluvia puede interferir con el secado natural.

Por otro lado:

- El agua de lixiviación contiene nutrientes que pueden ser recuperados.
- El agua puede ser utilizada para riego en época seca.

La disponibilidad de agua en el territorio afecta:

- La viabilidad del secado natural.
- La necesidad de cubiertas o protecciones.
- La posibilidad de recuperar lixiviados para uso agronómico.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

2.7 Distancia y accesibilidad

La distancia entre el lugar de generación de biomasa y el centro de acopio o transformación es un factor crítico.

A mayor distancia:

- Mayor costo de transporte.
- Mayor tiempo entre la generación y la transformación.
- Mayor riesgo de degradación durante el transporte.
- Mayor dependencia de infraestructura vial.

La accesibilidad afecta:

- El tipo de vehículos que pueden utilizarse.
- La frecuencia de recolección.
- La posibilidad de desplazar equipos de mantenimiento.
- La viabilidad de infraestructura descentralizada.

En territorios con vías limitadas o de difícil acceso, la preservación en origen se vuelve no solo conveniente, sino necesaria.

2.8 Estacionalidad y variabilidad climática

La biomasa no se genera de manera uniforme a lo largo del año.

Las cosechas son estacionales. Esto implica:

- Picos de generación de biomasa en momentos específicos.
- Períodos de baja o nula generación.
- Variaciones en la humedad inicial según la estación.

La infraestructura de preservación debe estar diseñada para:

- Absorber los picos de generación sin colapsar.
- Funcionar en condiciones climáticas variables.
- Permitir el almacenamiento de biomasa preservada para períodos de baja generación.

La estacionalidad y la variabilidad climática no son excepciones. Son condiciones normales de cualquier territorio agrícola.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

2.9 Capacidad logística disponible

La preservación no ocurre en el vacío. Forma parte de un sistema logístico más amplio que incluye:

- Recolección.
- Transporte.
- Almacenamiento.
- Transformación.

La capacidad logística disponible en el territorio afecta:

- La frecuencia con la que se puede recolectar biomasa.
- El volumen que se puede transportar en cada viaje.
- La distancia máxima que puede recorrer la biomasa antes de degradarse.
- La disponibilidad de mano de obra para operar la infraestructura.

La infraestructura de preservación debe ser diseñada considerando la capacidad logística real del territorio, no la deseada.

2.10 La interacción de las restricciones

Las restricciones físicas no actúan de manera aislada. Interactúan entre sí.

Un ejemplo:

- Un territorio con alta humedad inicial, clima cálido y vías de difícil acceso enfrenta un desafío combinado: la biomasa se degrada rápidamente, el transporte es costoso y la distancia a la transformación es grande.

Otro ejemplo:

- Un territorio con baja humedad inicial, clima templado y vías accesibles tiene condiciones más favorables, pero puede enfrentar otros desafíos como la estacionalidad o la topografía.

El diseño de infraestructura debe considerar la interacción de todas las restricciones, no cada una de manera individual.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

2.11 Implicaciones para el diseño de infraestructura

El reconocimiento de las restricciones físicas tiene implicaciones directas para el diseño de infraestructura:

Primera implicación:

No existe una solución universal. Cada territorio requiere un diseño adaptado a sus condiciones específicas.

Segunda implicación:

La infraestructura de preservación debe ser modular y escalable. Debe poder adaptarse a variaciones en volumen, humedad y condiciones climáticas.

Tercera implicación:

La infraestructura debe ser robusta y de bajo mantenimiento. En territorios con acceso limitado, la complejidad técnica debe reducirse al mínimo.

Cuarta implicación:

La infraestructura debe aprovechar las condiciones naturales del territorio (gravedad, viento, sol, temperatura) siempre que sea posible.

Quinta implicación:

La infraestructura debe ser diseñada considerando no solo el estado actual del territorio, sino también su evolución futura.

2.12 Conclusión metodológica

Las restricciones físicas no son obstáculos a superar. Son condiciones de diseño a integrar.

El territorio no es un problema a resolver. Es el contexto que define las soluciones posibles.

La preservación en origen no es una imposición técnica. Es una respuesta a las restricciones físicas, climáticas y logísticas que el territorio impone.

Comprender estas restricciones es el primer paso para diseñar infraestructura que funcione en el territorio, no contra él.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Figura 3.1
Diagrama de los seis criterios de diseño y su relación con los Principios de Origen.



3.1 La infraestructura pasiva como respuesta metodológica

El diseño de infraestructura de preservación debe comenzar por una decisión fundamental: **¿qué tipo de infraestructura es apropiada para el territorio?**

El Volumen 01 establece que la infraestructura biológica debe adaptarse a las limitaciones físicas de la materia prima, no al revés. Este principio, conocido como *Principio de Origen I*, tiene implicaciones directas para el diseño.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

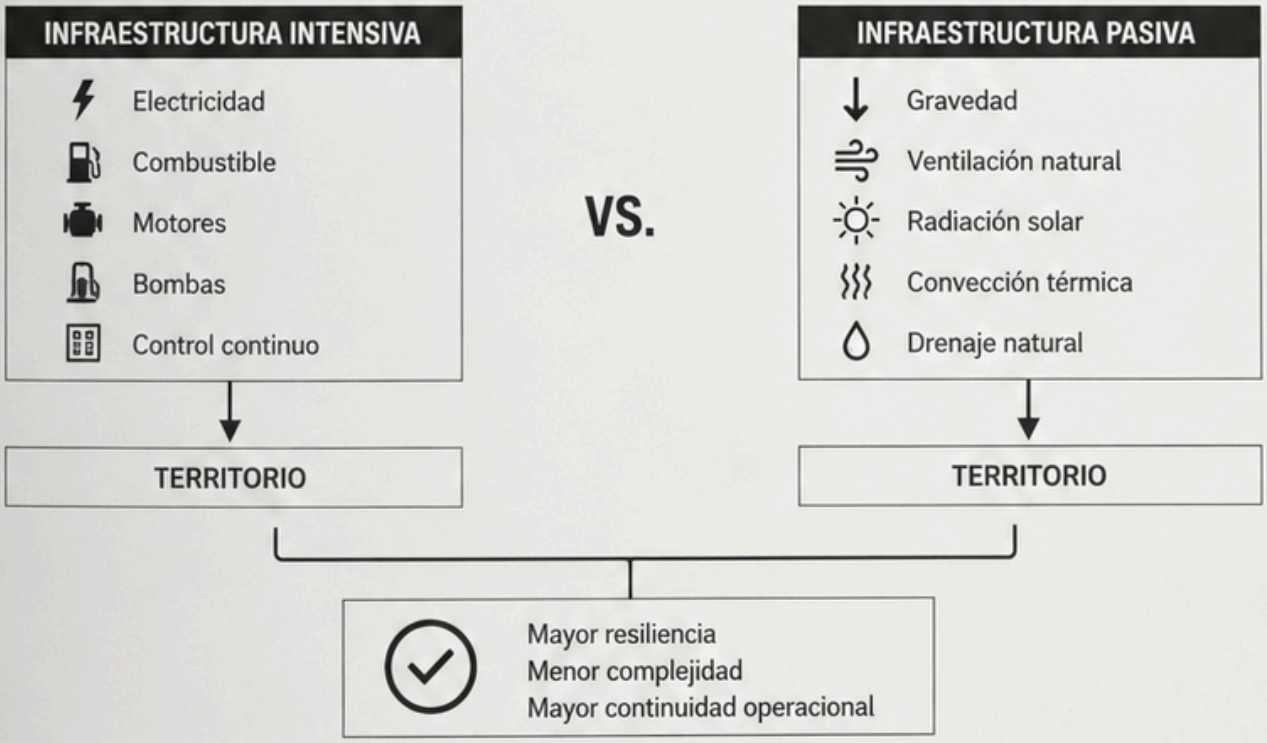
En territorios con alta humedad, topografía compleja y acceso limitado, la infraestructura pasiva constituye la respuesta más adecuada.

La infraestructura pasiva se caracteriza por:

- Utilizar fuerzas naturales (gravedad, viento, sol, convección térmica) como fuente primaria de energía.
- Minimizar la dependencia de insumos externos (combustibles, electricidad, repuestos complejos).

Figura 3.2

Comparación conceptual entre infraestructura intensiva e infraestructura pasiva.



- Requerir bajo mantenimiento y operación sencilla.
- Ser modular y escalable.
- Adaptarse a las condiciones específicas del territorio.

La infraestructura pasiva constituye la respuesta metodológica cuando las condiciones territoriales limitan la aplicación de infraestructuras intensivas. Es la solución que respeta las restricciones del territorio y maximiza la probabilidad de funcionamiento continuo.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

3.2 Principios de diseño derivados del Blueprint

El Volumen 01 define tres *Principios de Origen* y cinco *Principios operativos derivados*. Estos principios constituyen la base para el diseño de cualquier infraestructura de preservación.

Cuadro 3.2 Matriz de Decisión de Origen aplicada a un territorio de montaña

Restricción territorial	Condición observada	Respuesta metodológica
Contenido de humedad	Alto (>80 %)	Preservación inmediata
Radio de transporte	Corto (<10 km)	Infraestructura descentralizada
Topografía	Pendiente elevada	Aprovechamiento de la gravedad
Disponibilidad de energía	Limitada	Sistemas pasivos
Capital disponible	Restringido	Soluciones modulares
Capacidad técnica	Básica	Operación sencilla
Estacionalidad	Producción variable	Infraestructura escalable
Disponibilidad de terrenos	Amplia o limitada	Adaptación del diseño según el sitio

Resultado metodológico
Arquetipo recomendado: Sistema Pasivo de Preservación.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

3.2.1 Principio de Origen I: La biología rige la infraestructura

El hardware está supeditado a la biología. La infraestructura deberá adaptarse a las limitaciones físicas de la materia prima, no al revés. La materia prima define los parámetros de diseño.

Implicación para el diseño:

El diseño debe comenzar por el análisis de la biomasa: contenido de humedad, composición, estacionalidad, volumen. La infraestructura se diseña a partir de estos datos, no a partir de una tecnología preexistente.

3.2.2 Principio de Origen II: Preservar antes de transformar

El tiempo degrada el valor. La función principal de la infraestructura en su fase inicial deberá ser detener la degradación biológica y asegurar la línea base de Carbono. La preservación precede a la conversión en todos los casos.

Implicación para el diseño:
La infraestructura de preservación no debe ser concebida como una etapa previa a la transformación. Es una etapa independiente con su propia lógica de diseño. Su objetivo no es preparar para la conversión; es detener la degradación.

3.2.3 Principio de Origen III: La infraestructura precede a la tecnología

Sin acondicionamiento, la logística falla. Sin logística, la conversión falla. La infraestructura deberá establecerse antes de seleccionar cualquier tecnología de conversión.

Implicación para el diseño:
La infraestructura de preservación se diseña sin considerar la tecnología de conversión posterior. La tecnología se selecciona una vez que la biomasa ha sido estabilizada y sus características son conocidas.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Principio	Declaración	Implicación para el diseño
1	La biomasa determina la infraestructura.	Diseñar a partir de la biomasa, no a partir de la tecnología.
2	El valor deberá preservarse antes de que pueda transformarse.	La preservación es un fin en sí mismo, no un medio para la transformación.
3	Los territorios son sistemas; no pueden optimizarse de forma independiente.	Diseñar considerando la interacción con otras capas de infraestructura.
4	Primero se evaluarán las soluciones pasivas.	Agotar las soluciones que utilizan fuerzas naturales antes de considerar soluciones activas.
5	La tecnología es la decisión final.	La selección tecnológica es el último paso del proceso de diseño.

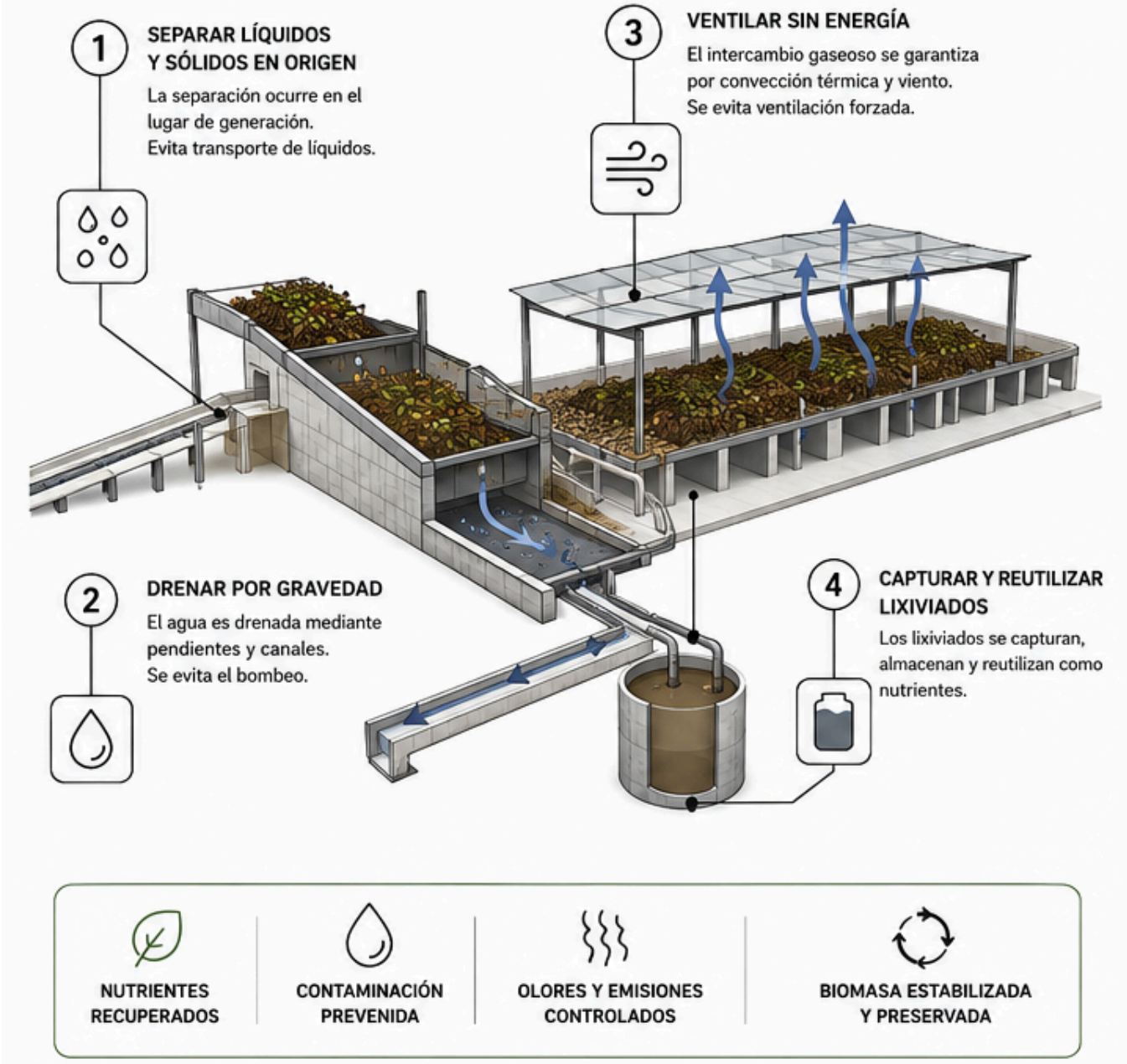
© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

3.3 Criterios de diseño para infraestructura pasiva

A partir de los principios del Blueprint, se derivan seis criterios de diseño específicos para la infraestructura pasiva de preservación.

Figura 3.3

Representación gráfica de los principios operativos (separación, drenaje, ventilación, captación de lixiviados).



© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

3.3.1 Criterio 1: Adaptación a la humedad inicial

La humedad inicial de la biomasa determina la velocidad de degradación y la urgencia de la intervención.

El diseño debe:

- Dimensionar la infraestructura en función del volumen de biomasa generado y su contenido de humedad.
- Prever mecanismos de drenaje y ventilación que permitan la reducción de humedad sin consumo energético externo.
- Considerar la variación estacional de la humedad.

3.3.2 Criterio 2: Aprovechamiento de fuerzas naturales

La infraestructura pasiva utiliza fuerzas naturales como fuente primaria de energía.

El diseño debe:

- Utilizar la gravedad para el drenaje y la separación de líquidos.
- Aprovechar el viento para la ventilación y el intercambio gaseoso.
- Utilizar la convección térmica para el movimiento de aire.
- Maximizar la exposición solar para el secado natural.
- Minimizar la dependencia de energía eléctrica o combustible.

3.3.3 Criterio 3: Modularidad y escalabilidad

La infraestructura debe ser capaz de adaptarse a variaciones en el volumen de biomasa.

El diseño debe:

- Permitir la ampliación o reducción de capacidad según la estacionalidad.
- Ser construible por etapas.
- Utilizar componentes estandarizados y disponibles localmente.
- Facilitar el mantenimiento y la reparación con recursos locales.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

3.3.4 Criterio 4: Robustez y bajo mantenimiento

En territorios con acceso limitado, la complejidad técnica debe reducirse al mínimo.

El diseño debe:

- Utilizar materiales duraderos y resistentes a las condiciones climáticas.
- Minimizar el número de partes móviles.
- Requerir mantenimiento sencillo y poco frecuente.
- Ser operable por personal con capacitación básica.

3.3.5 Criterio 5: Gestión integrada de efluentes

La infraestructura no debe generar externalidades ambientales en el territorio.

El diseño debe:

- Capturar y canalizar los lixiviados para su tratamiento o reutilización.
- Prevenir la contaminación de cuerpos de agua.
- Controlar olores y emisiones.
- Recuperar nutrientes para uso agronómico.
- Prevenir condiciones anaeróbicas que generen metano.

3.3.6 Criterio 6: Continuidad territorial

La infraestructura debe ser concebida como parte de un sistema territorial más amplio.

El diseño debe:

- Considerar la integración con otras capas de infraestructura (logística, transformación, energía).
- Ser compatible con la evolución futura del territorio.
- Fortalecer la capacidad local de gestión de biomasa.
- Generar conocimiento y experiencia que pueda ser replicado en otros territorios.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

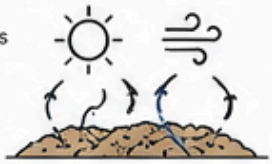
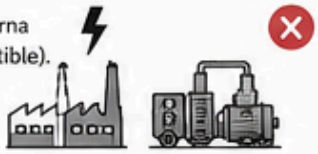
Tabla 3.3 Comparación entre infraestructura pasiva e infraestructura activa

Criterio	Infraestructura pasiva	Infraestructura activa
Fuente principal de energía	Fuerzas naturales	Electricidad o combustibles
Dependencia externa	Baja	Alta
Complejidad técnica	Baja	Alta
Mantenimiento	Reducido	Frecuente
Partes móviles	Mínimas	Numerosas
Consumo energético	Muy bajo	Elevado
Modularidad	Alta	Variable
Adaptación territorial	Alta	Limitada por requerimientos técnicos
Inversión inicial	Moderada	Generalmente superior
Riesgo operativo	Bajo	Mayor dependencia de equipos e insumos
Replicabilidad	Alta	Condicionada por recursos disponibles
Resiliencia	Elevada	Dependiente del suministro energético

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Figura 3.4

Comparación entre infraestructura pasiva e infraestructura activa en función de las restricciones del territorio.

INFRAESTRUCTURA PASIVA Diseñada para restricciones territoriales		INFRAESTRUCTURA ACTIVA Dependiente de insumos externos
Utiliza fuerzas naturales (gravedad, viento, sol, convección térmica). 	FUENTE DE ENERGÍA	Requiere energía externa (electricidad, combustible). 
Baja dependencia de insumos externos. 	DEPENDENCIA EXTERNA	Alta dependencia de insumos y repuestos. 
Bajo mantenimiento y operación sencilla. 	MANTENIMIENTO	Alto mantenimiento y operación compleja. 
Modular y escalable según necesidades. 	MODULARIDAD Y ESCALABILIDAD	Normalmente rígida y poco adaptable. 
Utiliza materiales locales disponibles. 	MATERIALES	Requiere materiales especializados. 
Bajo consumo energético. 	CONSUMO ENERGÉTICO	Alto consumo energético. 
Mayor resiliencia ante fallas y condiciones climáticas. 	RESILIENCIA	Vulnerable a fallas de equipos e insumos. 
Menor costo de inversión y operación. 	COSTO	Mayor costo de inversión y operación. $$$
Mayor probabilidad de funcionamiento continuo. 	CONTINUIDAD OPERACIONAL	Mayor riesgo de interrupciones. 

La infraestructura pasiva es la respuesta metodológica cuando el territorio presenta restricciones físicas, logísticas, económicas y técnicas.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

El Volumen 01 define la *Matriz de Decisión de Origen* como la herramienta metodológica para filtrar la realidad biológica a través de las limitaciones territoriales y determinar la respuesta de infraestructura adecuada.

Para la infraestructura pasiva de preservación, la Matriz de Decisión evalúa las siguientes restricciones:

Restricción	Criterios de evaluación
Contenido de humedad	>80% frente a <30%
Radio de transporte	<10 km frente a >50 km
Disponibilidad de calor residual	Disponible vs. No disponible
Estacionalidad volumétrica	Pico intenso frente a flujo constante
Disponibilidad de terrenos	>2 ha frente a <0,5 ha
Disponibilidad de energía	Calor residual de la red frente a ninguno
Disponibilidad de capital	Listo para invertir vs. Limitado
Capacidad técnica	Habilidosos vs. Bajos

Cuando las restricciones indican humedad alta, transporte limitado, capital restringido y capacidad técnica baja, la Matriz de Decisión recomienda el arquetipo de **Sistemas Pasivos**.

El Volumen 02 desarrolla este arquetipo para La Capa de Preservación en origen.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

3.5 Principios operativos para el diseño pasivo

A partir de los criterios de diseño y la Matriz de Decisión, se derivan principios operativos específicos para el diseño de infraestructura pasiva.

3.5.1 Principio 1: Separar líquidos y sólidos en origen

La separación de líquidos y sólidos debe ocurrir en el lugar de generación de la biomasa. El transporte de líquidos es antieconómico y ambientalmente riesgoso.

3.5.2 Principio 2: Ventilar sin energía

El intercambio gaseoso debe ser garantizado por mecanismos naturales: convección térmica, viento, diferencias de presión. La ventilación forzada solo debe considerarse cuando las condiciones naturales sean insuficientes.

3.5.3 Principio 3: Drenar por gravedad

El agua debe ser drenada mediante pendientes y canales que utilicen la fuerza de la gravedad. El bombeo debe evitarse siempre que sea posible.

3.5.4 Principio 4: Capturar y reutilizar lixiviados

Los lixiviados no son residuos. Son nutrientes movilizados. La infraestructura debe capturarlos y almacenarlos para su reutilización en el ciclo agronómico.

3.5.5 Principio 5: Utilizar materiales locales

Los materiales de construcción deben ser preferentemente locales, disponibles y de bajo costo. La dependencia de materiales importados reduce la replicabilidad y aumenta el costo.

3.5.6 Principio 6: Diseñar para el operador local

La infraestructura debe ser diseñada considerando las capacidades del operador local. La complejidad técnica debe ser reducida al mínimo necesario para cumplir la función.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

3.6 Conclusión: La infraestructura pasiva como elección metodológica

La infraestructura pasiva no es una elección técnica entre otras. Es la elección metodológica que responde a las restricciones del territorio y a los principios del Blueprint.

Cuando el territorio presenta:

- Alta humedad inicial.
- Topografía compleja.
- Acceso limitado.
- Capital restringido.
- Capacidad técnica limitada.

La infraestructura pasiva es la solución que:

- Utiliza fuerzas naturales.
- Minimiza la dependencia externa.
- Reduce el mantenimiento.
- Maximiza la probabilidad de funcionamiento continuo.

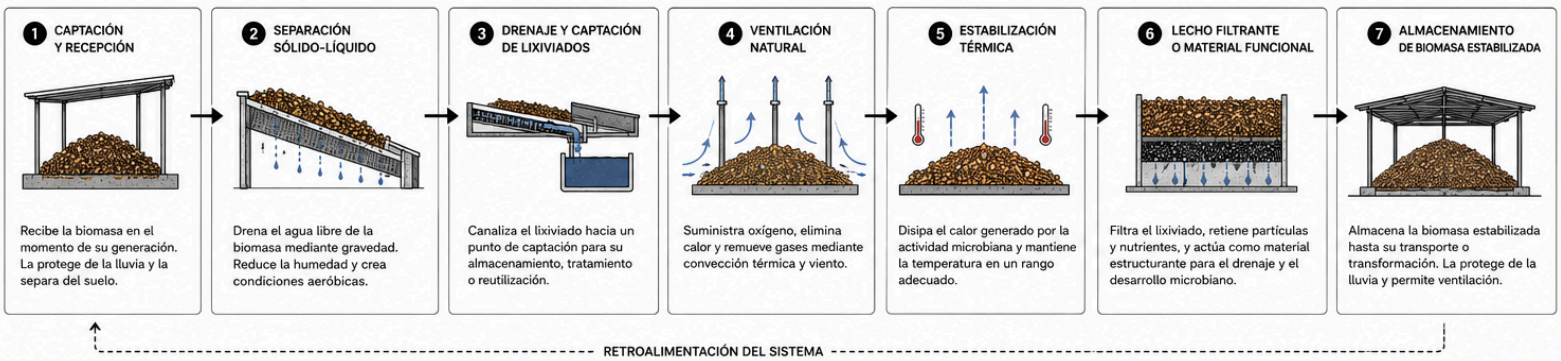
La infraestructura pasiva no es una solución inferior. Es la solución que respeta la biología, el territorio y los principios de ORIGEN.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

VOLUMEN 02 – La Capa de Preservación

CAPÍTULO 4 – ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA INFRAESTRUCTURA DE PRESERVACIÓN

Figura 4.1
Diagrama de flujo que muestra la secuencia funcional de los componentes.



4.1 La infraestructura como sistema funcional

La infraestructura de preservación no es un elemento aislado. Es un sistema compuesto por componentes funcionales que interactúan entre sí para lograr un objetivo común: detener la degradación del Capital Biológico.

Cada componente cumple una función específica dentro del sistema. La ausencia o mal funcionamiento de cualquiera de ellos compromete la eficacia del conjunto.

Este capítulo describe los elementos constitutivos de la infraestructura pasiva de preservación. No prescribe diseños específicos. Define las funciones que deben ser cumplidas y los criterios que deben ser considerados en el diseño de cada componente.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Cuadro 4.1 Síntesis de los componentes, su función y los criterios de diseño asociados

Componente	Función principal	Criterios de diseño
Captación y recepción	Recibir la biomasa y protegerla del contacto con el suelo y la lluvia.	Superficie impermeable, cubierta, pendiente para drenaje, acceso para descarga, capacidad acorde al pico de cosecha.
Separación sólido–líquido	Reducir la humedad libre y favorecer condiciones aeróbicas.	Drenaje por gravedad, superficie inclinada o perforada, evacuación continua de lixiviados, ausencia de agua estancada.
Drenaje y captación de lixiviados	Canalizar y recuperar los lixiviados para tratamiento o reutilización.	Canales con pendiente, depósito impermeable, almacenamiento suficiente, sistema de tratamiento o reutilización.
Ventilación natural	Aportar oxígeno y evacuar calor y gases.	Aprovechamiento del viento y la convección, distribución uniforme de conductos, entrada inferior y salida superior de aire.
Estabilización térmica	Mantener una temperatura compatible con la preservación biológica.	Disipación natural del calor, monitoreo periódico, posibilidad de ajustar la ventilación y el espesor de biomasa.
Lecho filtrante	Filtrar lixiviados, retener nutrientes y facilitar el drenaje.	Material local, alta capacidad de absorción, estabilidad física, permeabilidad al agua y al aire.
Almacenamiento	Conservar la biomasa preservada hasta su transporte o transformación.	Cubierta, ventilación, protección frente a rehumectación, capacidad logística suficiente y acceso para carga y descarga.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

4.2 Captación y recepción de biomasa

Tabla 4.2 Correspondencia entre los componentes y los principios del Blueprint

Componente	Principio del Blueprint	Aplicación metodológica
Captación y recepción	Principio de Origen I	La infraestructura se adapta al volumen y características de la biomasa desde su generación.
Separación sólido–líquido	Principio de Origen II	La preservación comienza inmediatamente mediante la reducción de humedad y la detención de la degradación.
Drenaje y captación de lixiviados	Principio de Origen II	Conservación de nutrientes y prevención de pérdidas ambientales.
Ventilación natural	Principio Operativo 4	Prioridad al uso de fuerzas naturales antes de incorporar soluciones activas.
Estabilización térmica	Principio Operativo 4	Regulación de temperatura mediante ventilación y disipación natural del calor.
Lecho filtrante	Principio de Origen I	Selección de materiales en función de las propiedades de la biomasa y del territorio.
Almacenamiento	Principio de Origen III	La biomasa se estabiliza antes de cualquier decisión tecnológica de transformación.
Sistema completo	Principio de Continuidad Territorial	Todos los componentes operan como una infraestructura integrada dentro del sistema ORIGEN.

La captación es el primer punto de contacto entre la biomasa generada y la infraestructura de preservación.

Su función es:

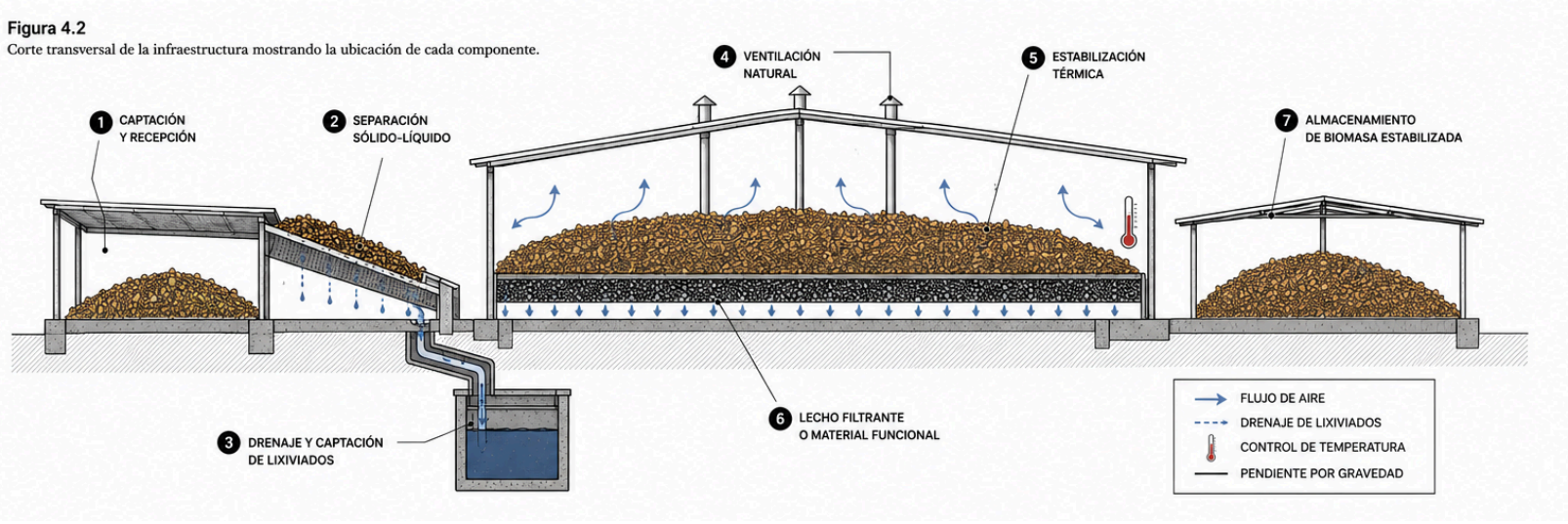
- Recibir la biomasa en el momento de su generación o inmediatamente después.
- Evitar el contacto directo con el suelo para prevenir la contaminación y la degradación.
- Iniciar el proceso de separación de líquidos y sólidos.
- Proteger la biomasa de la lluvia y la humedad externa.

Criterios de diseño:

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

- La superficie de recepción debe ser impermeable y con pendiente para facilitar el drenaje.
- Debe estar cubierta para proteger la biomasa de la lluvia.
- Debe permitir el acceso para la descarga de biomasa.
- Debe estar dimensionada para el volumen máximo esperado en el pico de cosecha.

Figura 4.2
Corte transversal de la infraestructura mostrando la ubicación de cada componente.



© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

4.3 Separación sólido-líquido

La biomasa fresca contiene una fracción significativa de agua libre. Esta agua debe ser separada de la fracción sólida para detener los procesos de degradación.

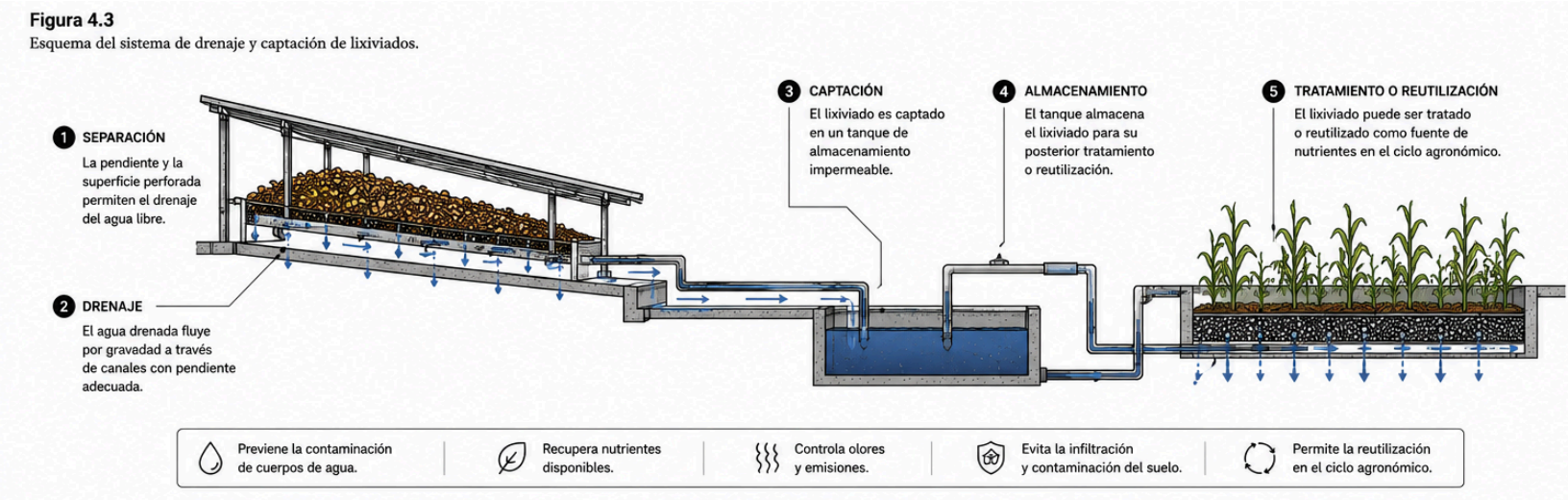
La separación sólido-líquido cumple tres funciones:

- Reducir el contenido de humedad de la biomasa.
- Drenar el agua que contiene nutrientes solubles.
- Crear condiciones aeróbicas que prevengan la fermentación anaeróbica.

Criterios de diseño:

- El sistema de separación debe utilizar la gravedad como fuerza motriz.
- Debe contar con una superficie inclinada o perforada que permita el drenaje del agua.
- El agua drenada debe ser canalizada hacia un sistema de captación para su posterior tratamiento o reutilización.
- El diseño debe evitar la acumulación de agua estancada que pueda generar condiciones anaeróbicas.

Figura 4.3
Esquema del sistema de drenaje y captación de lixiviados.



© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Tabla 4.3 Materiales posibles para el lecho filtrante y sus características

Material	Capacidad de drenaje	Retención de nutrientes	Estabilidad	Disponibilidad territorial	Observaciones
Biochar	Alta	Muy alta	Muy alta	Variable	Material de referencia por su elevada porosidad y capacidad de adsorción.
Cascarilla de arroz	Alta	Media	Media	Alta en zonas arroceras	Ligera, económica y de fácil reposición.
Astillas de madera	Media	Baja	Media	Alta en zonas forestales	Favorecen la aireación y el drenaje.
Material vegetal carbonizado	Alta	Alta	Alta	Variable	Alternativa local cuando existe producción de biomasa carbonizada.
Grava lavada	Muy alta	Muy baja	Muy alta	Alta	Excelente drenaje; requiere combinarse con materiales orgánicos para mejorar la retención.
Arena gruesa	Alta	Baja	Alta	Alta	Adecuada para mejorar el drenaje en combinación con otros materiales.
Materiales locales equivalentes	Variable	Variable	Variable	Dependiente del territorio	Deben evaluarse según permeabilidad, estabilidad física y capacidad de adsorción.

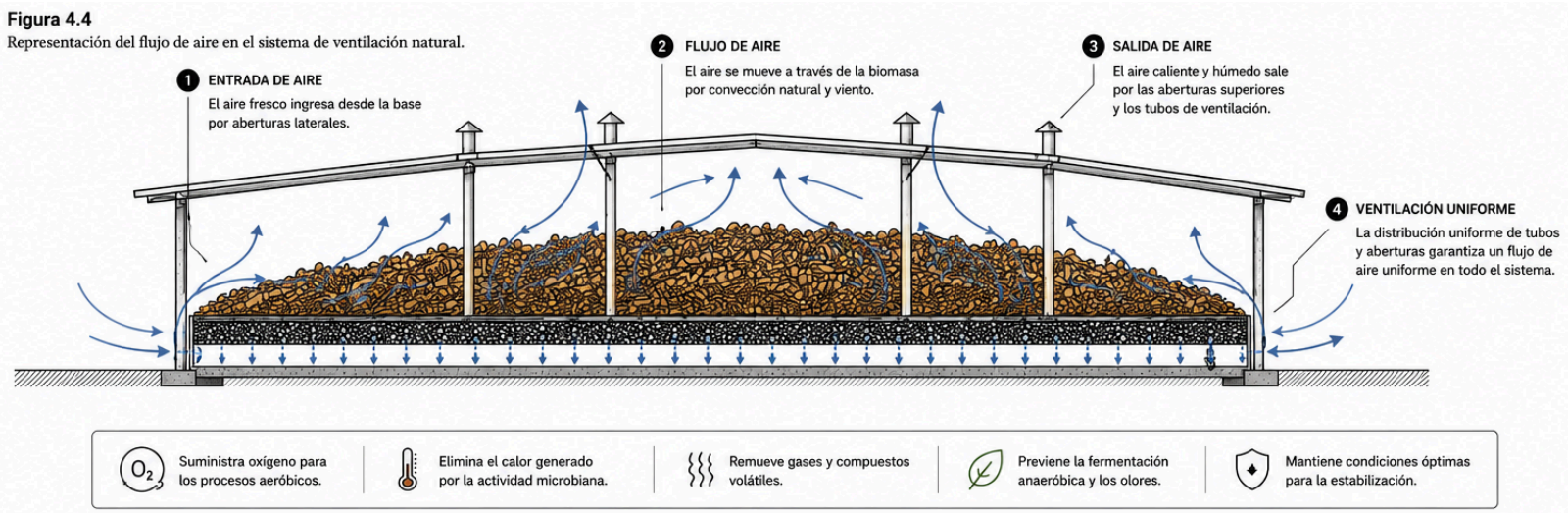
© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

4.4 Drenaje y captación de lixiviados

El agua drenada de la biomasa, conocida como lixiviado, contiene nutrientes solubles (nitrógeno, fósforo, potasio) y compuestos orgánicos. Su gestión es crítica para:

- Prevenir la contaminación de cuerpos de agua.
- Recuperar nutrientes para uso agronómico.
- Controlar olores y emisiones.

Figura 4.4
Representación del flujo de aire en el sistema de ventilación natural.



Criterios de diseño:

- El sistema de drenaje debe canalizar el lixiviado hacia un punto de captación.
- Los canales de drenaje deben tener pendiente suficiente para evitar la acumulación de agua.
- El punto de captación debe contar con almacenamiento para el lixiviado.
- El almacenamiento debe ser impermeable para evitar la infiltración al suelo.
- Debe preverse un sistema de tratamiento o reutilización del lixiviado.

4.5 Ventilación natural

La ventilación es esencial para mantener condiciones aeróbicas en la biomasa y prevenir la fermentación anaeróbica.

La ventilación natural cumple tres funciones:

- Suministrar oxígeno para los procesos aeróbicos.
- Eliminar el calor generado por la respiración microbiana.
- Remover los gases y compuestos volátiles generados durante la estabilización.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Criterios de diseño:

- La ventilación debe ser natural, utilizando la convección térmica y el viento.
- La infraestructura debe estar diseñada para permitir el flujo de aire a través de la biomasa.
- Los tubos o conductos de ventilación deben estar distribuidos uniformemente.
- La entrada de aire debe ser posible desde la base y la salida desde la parte superior.

4.6 Estabilización térmica

La biomasa en proceso de estabilización genera calor como resultado de la actividad microbiana. Si la temperatura se eleva demasiado, puede producirse:

- Pérdida de nutrientes por volatilización.
- Riesgo de incendio.
- Muerte de microorganismos benéficos.

Criterios de diseño:

- La infraestructura debe permitir la disipación del calor generado.
- La ventilación natural debe ser suficiente para mantener la temperatura dentro de un rango adecuado.
- En caso de temperaturas excesivas, debe ser posible ajustar la ventilación o el espesor de la capa de biomasa.
- La temperatura debe ser monitoreada de manera regular.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

4.7 Lecho filtrante o material funcional

El lecho filtrante es un material colocado en la base de la infraestructura que cumple varias funciones:

- Filtrar el lixiviado y retener partículas sólidas.
- Proporcionar una superficie para el desarrollo de microorganismos.
- Absorber compuestos orgánicos y nutrientes.
- Actuar como material estructurante para el drenaje.

Materiales posibles:

- Biochar.
- Cascarilla de arroz.
- Astillas de madera.
- Materiales orgánicos carbonizados.
- Otros materiales locales con capacidad de absorción y filtración.

Criterios de diseño:

- El material debe ser disponible localmente.
- Debe tener capacidad de absorción de nutrientes y compuestos orgánicos.
- Debe ser estable y no degradarse rápidamente.
- Debe permitir el flujo de agua y aire.

4.8 Almacenamiento de biomasa preservada

Una vez que la biomasa ha alcanzado un estado de estabilización, debe ser almacenada hasta su transporte o transformación.

El almacenamiento cumple dos funciones:

- Permitir la acumulación de biomasa para optimizar la logística.
- Proteger la biomasa preservada de la recontaminación o rehumectación.

Criterios de diseño:

- El almacenamiento debe estar cubierto para proteger la biomasa de la lluvia.
- Debe permitir la ventilación para evitar la rehumectación.
- Debe estar dimensionado para el volumen de biomasa preservada generado entre ciclos de transporte.
- Debe ser accesible para la carga y descarga.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

4.9 Integración de los componentes

Los componentes descritos no operan de manera aislada. Forman un sistema integrado donde cada elemento depende del funcionamiento del anterior y condiciona al siguiente.

La secuencia funcional es:

1. **Captación y recepción** → Recibe la biomasa y la separa del suelo.
2. **Separación sólido-líquido** → Drena el agua libre de la biomasa.
3. **Drenaje y captación de lixiviados** → Canaliza el agua drenada para su tratamiento o reutilización.
4. **Ventilación natural** → Mantiene condiciones aeróbicas.
5. **Estabilización térmica** → Controla la temperatura.
6. **Lecho filtrante** → Filtra y retiene nutrientes.
7. **Almacenamiento de biomasa preservada** → Protege la biomasa hasta su transporte o transformación.

Cada componente debe ser dimensionado y diseñado en función de los demás, considerando el volumen de biomasa, las condiciones climáticas y las restricciones del territorio.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

4.10 Correspondencia con los principios del Blueprint

Los componentes descritos responden a los principios y criterios establecidos en el Blueprint:

Principio o criterio	Aplicación en los componentes
Principio de Origen I (La biología rige la infraestructura)	Los componentes se diseñan a partir del contenido de humedad y la composición de la biomasa.
Principio de Origen II (Preservar antes de transformar)	La función de los componentes es detener la degradación, no preparar para la conversión.
Principio de Origen III (La infraestructura precede a la tecnología)	Los componentes se diseñan sin considerar la tecnología de conversión posterior.
Principio operativo 4 (Primero se evaluarán las soluciones pasivas)	Todos los componentes utilizan fuerzas naturales (gravedad, convección, viento).
Gestión de humedad	La separación sólido-líquido, el drenaje y la ventilación están orientados a reducir la humedad.
Control de lixiviados	El drenaje y la captación de lixiviados previenen la contaminación.
Recuperación de nutrientes	El lecho filtrante y la captación de lixiviados permiten la recuperación de nutrientes.
Modularidad	Los componentes pueden ser dimensionados y escalados según el volumen de biomasa.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

4.11 Conclusión: La infraestructura como sistema integrado

La infraestructura de preservación no es una colección de elementos independientes. Es un sistema donde cada componente cumple una función específica y contribuye al objetivo común de preservar el Capital Biológico.

El diseño de cada componente debe considerar:

- Las restricciones del territorio.
- El volumen y características de la biomasa.
- La interacción con los demás componentes.
- Los principios y criterios del Blueprint.

Cuando los componentes funcionan de manera integrada, la infraestructura de preservación logra:

- Detener la degradación de la biomasa.
- Reducir las pérdidas de Carbono y nutrientes.
- Prevenir la contaminación ambiental.
- Preparar la biomasa para su posterior transformación.

La infraestructura de preservación, por tanto, no es un conjunto de elementos técnicos. Es un sistema territorial diseñado para preservar el valor biológico.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

VOLUMEN 02 – La Capa de Preservación

CAPÍTULO 5 – La Capa de Preservación DENTRO DE LA MATRIZ ORIGEN

5.1 La arquitectura metodológica de ORIGEN

El Volumen 01 define la *Matriz de Decisión de Origen* como el mecanismo metodológico que filtra la realidad biológica a través de las limitaciones territoriales para determinar la respuesta de infraestructura adecuada.

La Matriz no es una herramienta de diseño mecánica. Es un marco de decisión que obliga al diseñador a considerar explícitamente las restricciones del territorio antes de seleccionar cualquier solución técnica.

El presente capítulo sitúa La Capa de Preservación dentro de esta arquitectura metodológica. Muestra cómo la Matriz de Decisión conduce a la selección de infraestructura pasiva y cómo esta capa se integra con las capas posteriores del sistema ORIGEN.

Figura 5.1
Diagrama de la Matriz de Decisión de Origen aplicada a la Capa de Preservación.

MATRIZ DE DECISIÓN DE ORIGEN – CAPA DE PRESERVACIÓN

RESTRICCIÓN	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	EVALUACIÓN DEL TERRITORIO (Ejemplo: Montaña húmeda)	IMPLICACIÓN PARA LA PRESERVACIÓN
Contenido de humedad	>80% frente a <30%	>80% (Alta)	A mayor humedad, mayor urgencia de intervención en origen.
Radio de transporte	<10 km frente a >50 km	<10 km (Corto)	A mayor distancia, más costoso transportar agua; la preservación en origen es necesaria.
Disponibilidad de calor residual	Disponible vs. No disponible	No disponible	Si no hay calor residual, el secado activo es inviable; se requiere secado pasivo.
Estacionalidad volumétrica	Pico intenso frente a flujo constante	Pico intenso	Picos intensos requieren infraestructura modular y capacidad de absorción de choques.
Disponibilidad de terrenos	>2 ha frente a <0,5 ha	<0,5 ha (Limitada)	Menor disponibilidad de terreno obliga a diseños más compactos.
Disponibilidad de energía	Calor residual de la red frente a ninguno	Ninguno	Sin energía disponible, la infraestructura debe ser pasiva.
Disponibilidad de capital	Listo para invertir vs. Limitado	Limitado	Capital limitado obliga a soluciones de bajo costo y construcción progresiva.
Capacidad técnica	Habilidosos vs. Bajos	Baja	Baja capacidad técnica obliga a diseños simples y de fácil operación.

RESULTADO DE LA MATRIZ

Las restricciones del territorio indican que el arquetipo apropiado es:

SISTEMAS PASIVOS

Infraestructura que utiliza gravedad, energía solar, viento y energía biológica como fuentes primarias de operación.

Aplicable a pequeña escala, entornos remotos y bajo gasto de capital.

APLICACIÓN

SELECCIÓN DEL ARQUETIPO PARA LA CAPA DE PRESERVACIÓN

- Uso de fuerzas naturales
- Minimización de componentes mecánicos
- Operación sencilla y mantenimiento reducido
- Construcción con materiales locales
- Escalabilidad y modularidad

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

5.2 La Matriz de Decisión de Origen aplicada a la preservación

La Matriz de Decisión evalúa un conjunto de restricciones que determinan el arquetipo de infraestructura apropiado.

Para La Capa de Preservación, las restricciones relevantes son:

Restricción	Criterios de evaluación	Implicación para la preservación
Contenido de humedad	>80% frente a <30%	A mayor humedad, mayor urgencia de intervención en origen.
Radio de transporte	<10 km frente a >50 km	A mayor distancia, más costoso transportar agua; la preservación en origen es necesaria.
Disponibilidad de calor residual	Disponible vs. No disponible	Si no hay calor residual, el secado activo es inviable; se requiere secado pasivo.
Estacionalidad volumétrica	Pico intenso frente a flujo constante	Picos intensos requieren infraestructura modular y capacidad de absorción de choques.
Disponibilidad de terrenos	>2 ha frente a <0,5 ha	Menor disponibilidad de terreno obliga a diseños más compactos.
Disponibilidad de energía	Calor residual de la red frente a ninguno	Sin energía disponible, la infraestructura debe ser pasiva.
Disponibilidad de capital	Listo para invertir vs. Limitado	Capital limitado obliga a soluciones de bajo costo y construcción progresiva.
Capacidad técnica	Habilidosos vs. Bajos	Baja capacidad técnica obliga a diseños simples y de fácil operación.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

5.3 El arquetipo de Sistemas Pasivos

Cuando la Matriz de Decisión evalúa las restricciones de un territorio de montaña con alta humedad, vías limitadas, capital restringido y capacidad técnica baja, el arquetipo resultante es **Sistemas Pasivos**.

El Volumen 01 define los Sistemas Pasivos como:

"Infraestructura que utiliza gravedad, energía solar, viento y energía biológica como fuentes primarias de operación. Aplicable a pequeña escala, entornos remotos y bajo gasto de capital."

La Capa de Preservación desarrollada en el presente volumen corresponde a este arquetipo. Su diseño se basa en:

- Uso de fuerzas naturales.
- Minimización de componentes mecánicos.
- Operación sencilla y mantenimiento reducido.
- Construcción con materiales locales.
- Escalabilidad y modularidad.

5.4 Entrada, proceso y salida de La Capa de Preservación

Diagrama de flujo de la Capa de Preservación (entrada, proceso, salida).



La Capa de Preservación se define por su función dentro del sistema ORIGEN.

Entrada:

- Biomasa húmeda de origen agrícola.
- Contenido de humedad variable.
- Volumen estacional.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Proceso:

- Captación y recepción.
- Separación sólido-líquido.
- Drenaje y captación de lixiviados.
- Ventilación natural.
- Estabilización térmica.
- Filtración a través de lecho de biochar o material funcional.

Salida:

- Biomasa en estado de Intégridad Biológica.
- Humedad reducida.
- Carbono preservado.
- Nutrientes retenidos.
- Lixiviados capturados para reutilización.

Cuadro 5.4 Síntesis de la entrada, proceso y salida de La Capa de Preservación

Etapa	Elementos principales	Resultado esperado
Entrada	Biomasa húmeda de origen agrícola, humedad variable, volumen estacional.	Capital Biológico disponible para intervención.
Proceso	Captación y recepción, separación sólido-líquido, drenaje, captación de lixiviados, ventilación natural, estabilización térmica y lecho filtrante.	Reducción de humedad, detención de la degradación y conservación del Carbono y nutrientes.
Salida	biomasa preservada con Intégridad Biológica, lixiviados recuperados y biomasa protegida para almacenamiento o transporte.	Condición adecuada para la Capa de Transformación (Volumen 03).

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

5.5 La relación con las capas posteriores

La Capa de Preservación no opera de manera aislada. Es la primera capa de un sistema que incluye:

Volumen 03 – Capa de Transformación:

La biomasa preservada se convierte en energía, biocarbón u otros productos. La transformación solo es eficiente si la biomasa ha alcanzado la Intégridad Biológica.

Volumen 04 – Integración Energética:

Los productos de la transformación se integran en mercados y cadenas de valor. La calidad de los productos depende de la calidad de la biomasa recibida.

Design Notes:

Arquitecturas de referencia para biomasas específicas. Se diseñan sobre la base de los principios establecidos en el presente volumen.

Case Studies:

Validación territorial de la metodología. Demuestran que La Capa de Preservación funciona en condiciones reales.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

5.6 La Capa de Preservación dentro de la Cadena de Valor Biológico

El Volumen 01 define la *Cadena de Valor Biológico* como:

Cosecha → Capital → Infraestructura → Integridad → Transformación → Activos

La Capa de Preservación se sitúa en los eslabones de **Infraestructura** e **Integridad**.

Eslabón	Función	Estado
Cosecha	Producción agrícola	Capital Biológico bruto
Capital	Reconocimiento del valor generado	Capital Biológico identificado
Infraestructura	**Estabilización, secado, acondicionamiento**	**Intervención activa**
Integridad	**Estado físico y químico preservado**	**Intégridad Biológica alcanzada**
Transformación	Pirólisis, gasificación, torrefacción	Biocarbono, calor, energía
Activos	Mercados, créditos, agricultura	Eliminación de Carbono, regeneración

La Capa de Preservación es el puente entre el Capital Biológico generado por la cosecha y la Intégridad Biológica necesaria para la transformación.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

5.7 La integración territorial

La Capa de Preservación no es una solución aislada. Forma parte de un sistema territorial que incluye:

- **Productores:** Generan la biomasa y operan la infraestructura.
- **Cooperativas o asociaciones:** Organizan la logística y coordinan la operación.
- **Centros de acopio:** Reciben la biomasa preservada.
- **Plantas de transformación:** Convierten la biomasa en productos.
- **Mercados:** Valoran los productos generados.

La infraestructura de preservación debe ser diseñada considerando la interacción con todos estos actores. No es un elemento técnico aislado. Es un nodo en una red territorial de valor.

5.8 Conclusión: La Capa de Preservación como primer eslabón operativo

La Capa de Preservación es la primera intervención operativa en la Cadena de Valor Biológico. Su función es garantizar que el Capital Biológico no se degrade antes de ser transformado.

Dentro de la Matriz ORIGEN:

- **El arquetipo apropiado** para territorios de montaña con alta humedad y acceso limitado es **Sistemas Pasivos**.
- **La entrada** es biomasa húmeda de origen agrícola.
- **El proceso** es la estabilización mediante infraestructura pasiva.
- **La salida** es biomasa en estado de Intégridad Biológica.
- **La integración** conecta la finca con las capas posteriores de transformación y valorización.

La Capa de Preservación no es un fin en sí misma. Es la condición necesaria para que todo el sistema ORIGEN funcione.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Cuadro 5.7 Correspondencia entre arquetipos de infraestructura y condiciones territoriales

Condiciones territoriales predominantes	Arquetipo recomendado	Características principales
Alta humedad, acceso limitado, bajo capital, baja capacidad técnica	**Sistema Pasivo**	Gravedad, ventilación natural, bajo mantenimiento, modularidad.
Humedad media, disponibilidad parcial de energía	**Sistema Híbrido**	Combina soluciones pasivas con apoyo energético puntual.
Baja humedad, infraestructura consolidada, alta disponibilidad energética	**Sistema Activo**	Secado mecánico, automatización y control continuo.
Alta producción industrial y logística centralizada	**Sistema Industrial Integrado**	Alto nivel de mecanización, gran capacidad y elevada inversión.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

VOLUMEN 02 – La Capa de Preservación

CAPÍTULO 6 – Indicadores de Integridad Biológica

6.1 La necesidad de indicadores

La infraestructura de preservación tiene un objetivo claro: alcanzar el estado de *Intégridad Biológica* definido en el Volumen 01.

Intégridad Biológica: *El estado físico y químico preservado de la biomasa después de la estabilización, lo que permite que su valor original esté disponible para su posterior transformación o aplicación ambiental.*

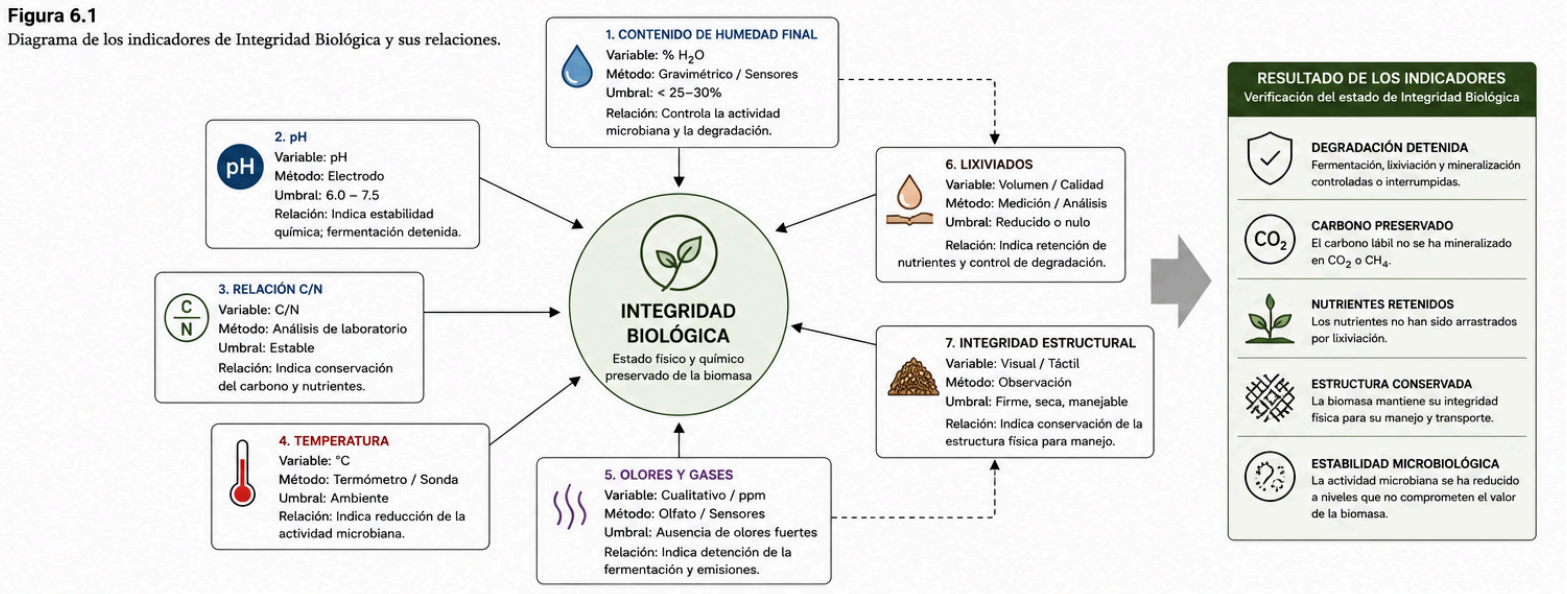
Sin embargo, un estado no puede ser gestionado si no puede ser medido.

Los indicadores de Intégridad Biológica cumplen tres funciones:

- **Verificar** que la infraestructura de preservación ha cumplido su función.
- **Orientar** las decisiones operativas durante el proceso de estabilización.
- **Garantizar** que la biomasa entregada a las capas posteriores cumple con los requisitos necesarios.

Este capítulo define los indicadores que permiten verificar el estado de Intégridad Biológica de la biomasa preservada.

Figura 6.1
Diagrama de los indicadores de Integridad Biológica y sus relaciones.



© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Cuadro 6.1 Síntesis de los indicadores, variables, métodos de medición y umbrales

Indicador	Variable	Método de medición	Umbral de Intégridad Biológica
Contenido de humedad	% de humedad	Método gravimétrico o sensores	**< 25–30 %** (según la biomasa)
pH	pH	Electrodo en muestra diluida	**6.0 – 7.5** estable
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	Relación C/N	Análisis de laboratorio	Relación estable, sin mineralización significativa
Temperatura	°C	Termómetro o sonda	Cercana a la temperatura ambiente
Olores y gases	Intensidad de olores y emisiones	Evaluación sensorial y sensores	Ausencia de olores fuertes y bajas emisiones
Lixiviados	Volumen y calidad	Medición y análisis químico	Generación reducida o nula
Integridad estructural	Estado físico	Evaluación visual y táctil	Biomasa firme, seca y fácilmente manejable

---

6.2 El concepto de Intégridad Biológica

El Volumen 01 define la Intégridad Biológica como el estado en el cual la biomasa ha sido estabilizada y su valor original está disponible para su posterior transformación.

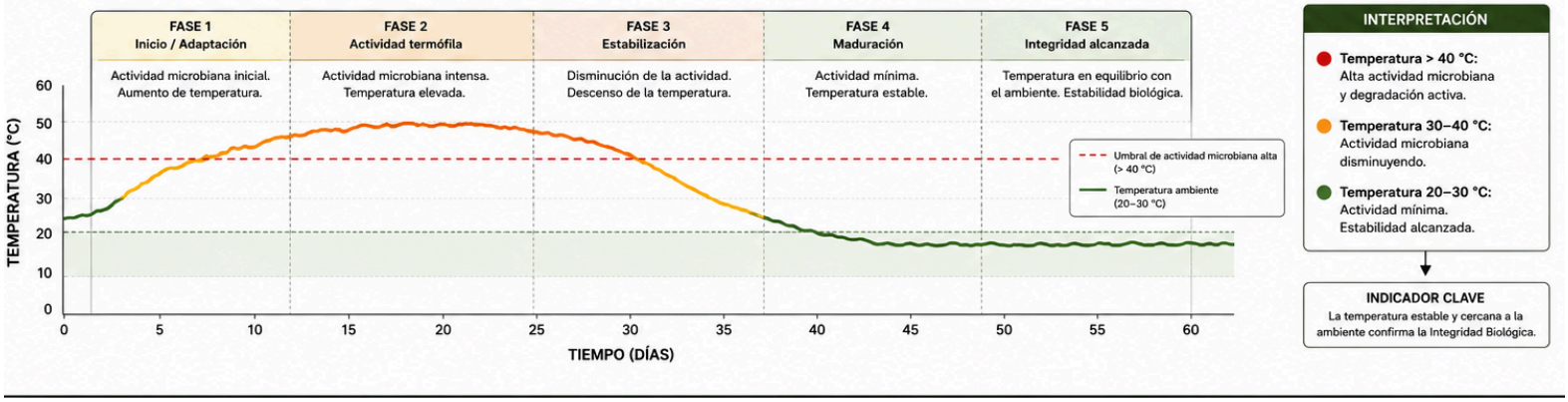
© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Este estado implica:

- **Degradación detenida:** Los procesos de fermentación, lixiviación y mineralización han sido controlados o interrumpidos.
- **Carbono preservado:** El Carbono lábil no se ha mineralizado en CO_2 o CH_4.
- **Nutrientes retenidos:** Los nutrientes no han sido arrastrados por lixiviación.
- **Estructura conservada:** La biomasa mantiene su integridad física para su manejo y transporte.
- **Estabilidad microbiológica:** La actividad microbiana ha sido reducida a niveles que no comprometen el valor de la biomasa.

La Intégridad Biológica no es un estado binario. Es un gradiente. Cuanto mayor es la integridad, mayor es el valor disponible para la transformación.

Figura 6.2
Gráfico de la evolución de la temperatura durante el proceso de estabilización.



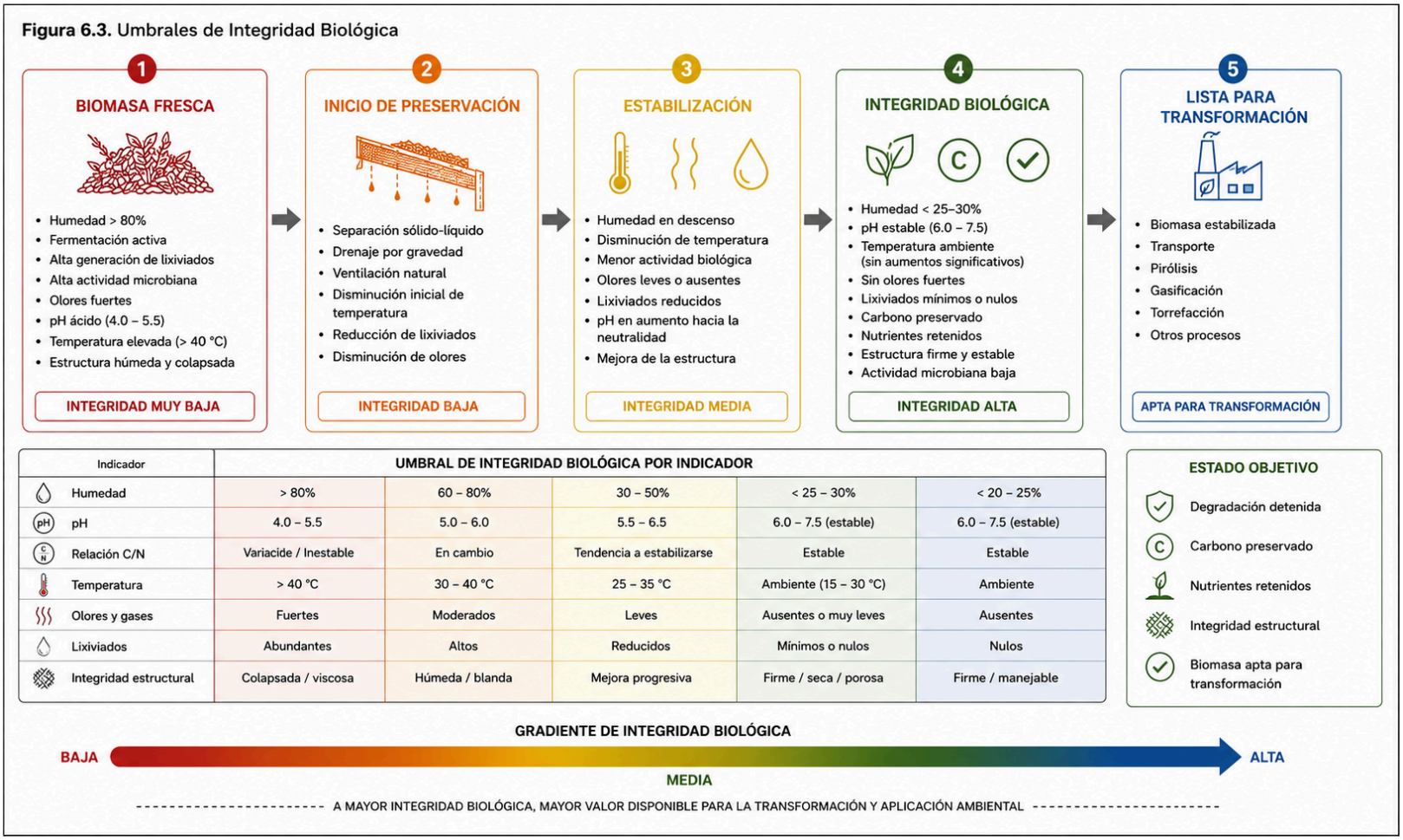
© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Cuadro 6.2 Correspondencia entre indicadores y componentes de la infraestructura

Componente de la infraestructura	Indicadores asociados	Función de verificación
Captación y recepción	Humedad inicial, integridad estructural	Verificar la recepción adecuada de la biomasa.
Separación sólido–líquido	Humedad final, lixiviados	Confirmar la reducción de agua libre y la separación eficiente.
Drenaje y captación de lixiviados	Volumen y calidad de lixiviados	Verificar la recuperación de nutrientes y prevenir contaminación.
Ventilación natural	Temperatura, olores y gases	Confirmar condiciones aeróbicas y disipación del calor.
Estabilización térmica	Temperatura	Verificar la reducción de la actividad microbiana.
Lecho filtrante	Lixiviados, pH	Evaluar la retención de nutrientes y la estabilidad química.
Almacenamiento	Humedad, integridad estructural	Confirmar que la biomasa mantiene su estado hasta la transformación.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Figura 6.3. Umbrales de Integridad Biológica



Indicador	UMBRAL DE INTEGRIDAD BIOLÓGICA POR INDICADOR				
Humedad	> 80%	60 – 80%	30 – 50%	< 25 – 30%	< 20 – 25%
pH	4.0 – 5.5	5.0 – 6.0	5.5 – 6.5	6.0 – 7.5 (estable)	6.0 – 7.5 (estable)
Relación C/N	Variacide / Inestable	En cambio	Tendencia a estabilizarse	Estable	Estable
Temperatura	> 40 °C	30 – 40 °C	25 – 35 °C	Ambiente (15 – 30 °C)	Ambiente
Olores y gases	Fuertes	Moderados	Leves	Ausentes o muy leves	Ausentes
Lixiviados	Abundantes	Altos	Reducidos	Mínimos o nulos	Nulos
Integridad estructural	Colapsada / viscosa	Húmeda / blanda	Mejora progresiva	Firme / seca / porosa	Firme / manejable

6.3 Categorías de indicadores

Los indicadores de Intégridad Biológica se agrupan en cuatro categorías:

Categoría	Variable	Propósito
Humedad	Contenido de agua	Verificar que la biomasa ha sido deshidratada adecuadamente.
Estabilidad química	pH, conductividad, relación C/N	Verificar que la degradación química se ha detenido.
Estabilidad microbiológica	Actividad microbiana, temperatura, emisiones	Verificar que la actividad biológica ha sido controlada.
Integridad física	Estructura, compactación, porosidad	Verificar que la biomasa mantiene su integridad para el manejo.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Tabla 6.3 Utilidad de los indicadores de Intégridad Biológica

Indicador	Decisión que permite tomar	Impacto sobre el sistema ORIGEN
Humedad	Determinar si la biomasa puede almacenarse o transformarse.	Reduce pérdidas de Carbono y energía.
pH	Confirmar el fin de la fermentación.	Garantiza la estabilidad biológica.
Relación C/N	Verificar la conservación del Carbono.	Preserva el valor agronómico y energético.
Temperatura	Detectar actividad microbiana residual.	Permite corregir el proceso de estabilización.
Olores y gases	Identificar degradación anaeróbica.	Reduce emisiones y pérdidas de valor.
Lixiviados	Verificar la retención de nutrientes.	Evita contaminación y facilita la reutilización.
Integridad estructural	Confirmar la aptitud para manipulación y transporte.	Facilita la logística y la transformación posterior.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

6.4 Indicador 1: Contenido de humedad final

La humedad es el factor más determinante para la degradación de la biomasa. Reducir el contenido de humedad es el primer paso para alcanzar la Intégridad Biológica.

Variable: Contenido de humedad (%).

Método de medición: Método gravimétrico (secado en estufa) o sensores de humedad.

Umbral de Intégridad Biológica:

- Para la mayoría de las biomasas, la degradación activa se detiene por debajo del 25-30% de humedad.
- El umbral exacto depende del tipo de biomasa y del uso previsto.

Significado: La humedad final indica si la biomasa ha sido suficientemente deshidratada para detener los procesos de degradación.

6.5 Indicador 2: pH

El pH es un indicador de la actividad fermentativa y de la producción de ácidos orgánicos.

Variable: pH (escala de 0 a 14).

Método de medición: Medición directa con electrodo en muestra diluida.

Umbral de Intégridad Biológica:

- Biomasa fresca: pH ácido (4.0 – 5.5) debido a fermentación.
- biomasa preservada: pH cercano a neutro (6.0 – 7.5).
- Un pH estable y no descendente indica que la fermentación se ha detenido.

Significado: Un pH estable y cercano a la neutralidad indica que la degradación ácida ha cesado.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

6.6 Indicador 3: Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

La relación C/N es un indicador de la composición de la biomasa y de su potencial de degradación.

Variable: Relación C/N (masa de Carbono / masa de Nitrógeno).

Método de medición: Análisis de laboratorio de Carbono orgánico y Nitrógeno total.

Umbral de Intégridad Biológica:

- La relación C/N de la biomasa fresca varía según el cultivo.
- Una relación C/N estable indica que la mineralización del Carbono se ha detenido.

Significado: La relación C/N permite verificar que el Carbono no se ha mineralizado excesivamente durante la estabilización.

6.7 Indicador 4: Temperatura

La temperatura de la biomasa es un indicador directo de la actividad microbiana.

Variable: Temperatura (°C).

Método de medición: Termómetro o sonda de temperatura.

Umbral de Intégridad Biológica:

- Biomasa en degradación activa: temperatura elevada (>40°C) por actividad microbiana.
- biomasa preservada: temperatura ambiente, sin aumentos significativos.

Significado: La temperatura estable y cercana a la ambiente indica que la actividad microbiana se ha reducido.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

6.8 Indicador 5: Emisiones de olores y gases

La presencia de olores y gases es un indicador cualitativo de fermentación y degradación.

Variable: Olores (cualitativo) y emisiones de gases (CH_4, CO_2, NH_3).

Método de medición:

- Olores: Evaluación sensorial (olfato).
- Gases: Sensores o medición directa en campo.

Umbral de Intégridad Biológica:

- Biomasa en degradación activa: olores fuertes (ácidos, amoniaco, sulfuros).
- biomasa preservada: olor terroso o ausencia de olores fuertes.

Significado: La ausencia de olores fuertes indica que la fermentación y la generación de compuestos volátiles se han detenido.

6.9 Indicador 6: Presencia de lixiviados

La generación de lixiviados es un indicador de la movilización de nutrientes y de la actividad de degradación.

Variable: Volumen y calidad del lixiviado generado.

Método de medición: Medición del volumen de lixiviado capturado y análisis de nutrientes (N, P, K).

Umbral de Intégridad Biológica:

- Biomasa en degradación activa: generación continua de lixiviados.
- biomasa preservada: generación de lixiviados reducida o nula.

Significado: La reducción de la generación de lixiviados indica que los nutrientes están retenidos en la biomasa.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

6.10 Indicador 7: Integridad estructural

La estructura física de la biomasa es un indicador de su capacidad de manejo y de su valor para la transformación.

Variable: Compactación, porosidad, integridad de fibras.

Método de medición: Evaluación visual y táctil.

Umbral de Intégridad Biológica:

- Biomasa en degradación activa: estructura colapsada, húmeda, viscosa.
- biomasa preservada: estructura firme, seca, fácil de manejar.

Significado: La biomasa preservada mantiene su integridad estructural para el manejo y transporte.

6.11 Tabla síntesis de indicadores

Indicador	Variable	Método de medición	Umbral de Integridad
Humedad final	% H_2O	Gravimétrico / Sensores	< 25-30%
pH	pH	Electrodo	6.0 – 7.5
Relación C/N	C/N	Análisis laboratorio	Estable
Temperatura	°C	Termómetro / Sonda	Ambiente
Olores y gases	Cualitativo / ppm	Olfato / Sensores	Ausencia de olores fuertes
Lixiviados	Volumen / Calidad	Medición / Análisis	Reducido o nulo
Integridad estructural	Visual / Táctil	Observación	Firme, seca, manejable

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

6.12 La verificación de la Intégridad Biológica

La Intégridad Biológica no se verifica mediante un único indicador. Se verifica mediante el conjunto de indicadores que, en su totalidad, confirman que la biomasa ha sido estabilizada.

La verificación se realiza en dos momentos:

1. Durante el proceso de estabilización:

- Monitoreo de temperatura, humedad, olores y generación de lixiviados.
- Permite ajustar las condiciones de operación si los indicadores se desvían del rango esperado.

2. Al final del proceso de estabilización:

- Medición de todos los indicadores.
- Confirmación de que la biomasa ha alcanzado los umbrales definidos.

6.13 La relación con las capas posteriores

La verificación de la Intégridad Biológica es la condición de entrada para las capas posteriores del sistema ORIGEN.

Capa	Condición de entrada	Indicadores relevantes
Volumen 03 – Transformación	Biomasa en estado de Intégridad Biológica	Humedad final, pH, estabilidad microbiológica
Volumen 04 – Energía	Biomasa con calidad consistente	Humedad final, densidad energética
Design Notes	Datos de biomasa para diseño	Todos los indicadores
Case Studies	Validación territorial	Todos los indicadores

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

6.14 Conclusión: Los indicadores como herramienta de gestión

Los indicadores de Intégridad Biológica son la herramienta que permite verificar que la infraestructura de preservación ha cumplido su función.

Sin indicadores, la preservación es una operación ciega.

Con indicadores, la preservación se convierte en:

- **Medible:** El éxito de la infraestructura puede ser cuantificado.
- **Gestionable:** Las desviaciones pueden ser corregidas.
- **Verificable:** La biomasa entregada a las capas posteriores cumple con los requisitos necesarios.

La preservación no es una operación de fe. Es una operación de ingeniería. Y la ingeniería se basa en datos.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

VOLUMEN 02 – La Capa de Preservación

CAPÍTULO 7 – CASOS DE APLICACIÓN

7.1 El papel de los casos de aplicación

Los casos de aplicación cumplen una función fundamental dentro del marco ORIGEN: **validar la metodología en condiciones reales.**

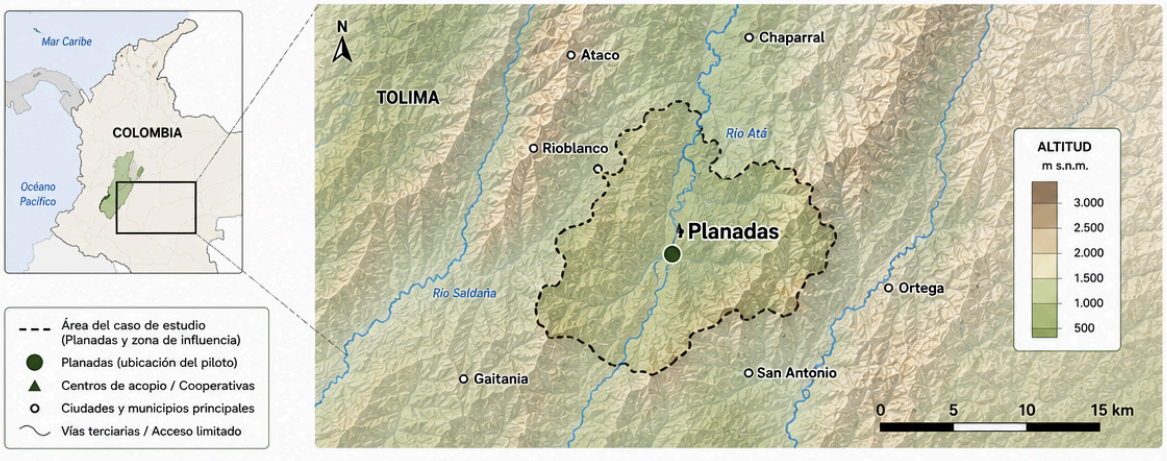
Un caso de aplicación no es un manual de operación. No es una guía técnica para un cultivo específico. Es una demostración de que los principios, criterios e indicadores definidos en el presente volumen son aplicables y efectivos en un territorio concreto.

Los casos de aplicación:

- Ilustran la metodología sin modificarla.
- Demuestran que la infraestructura pasiva funciona en condiciones reales.
- Proporcionan datos y lecciones para futuras implementaciones.
- Permiten la mejora continua del marco metodológico.

El presente capítulo presenta el **Caso de Estudio 001: Pulpa de café en la Cordillera Andina**, como primera validación territorial de La Capa de Preservación.

Figura 7.1
Mapa del territorio del caso de estudio – Pulpa de café en Planadas, Tolima, Colombia.



CONTEXTO TERRITORIAL – PLANADAS	
Ubicación	Planadas, Tolima, Colombia
Altitud	1.500 – 2.000 m s.n.m.
Clima	Templado húmedo con temporada seca y lluviosa
Topografía	Pendientes pronunciadas, vías terciarias de acceso limitado
Actividad principal	Cultivo de café (beneficio húmedo)
Productores	Pequeños y medianos, organizados en cooperativas
Distancia a centros de acopio	10 – 50 km
Restricciones clave	Alta humedad, fermentación rápida, transporte de agua antieconómico, capital y capacidad técnica limitados

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

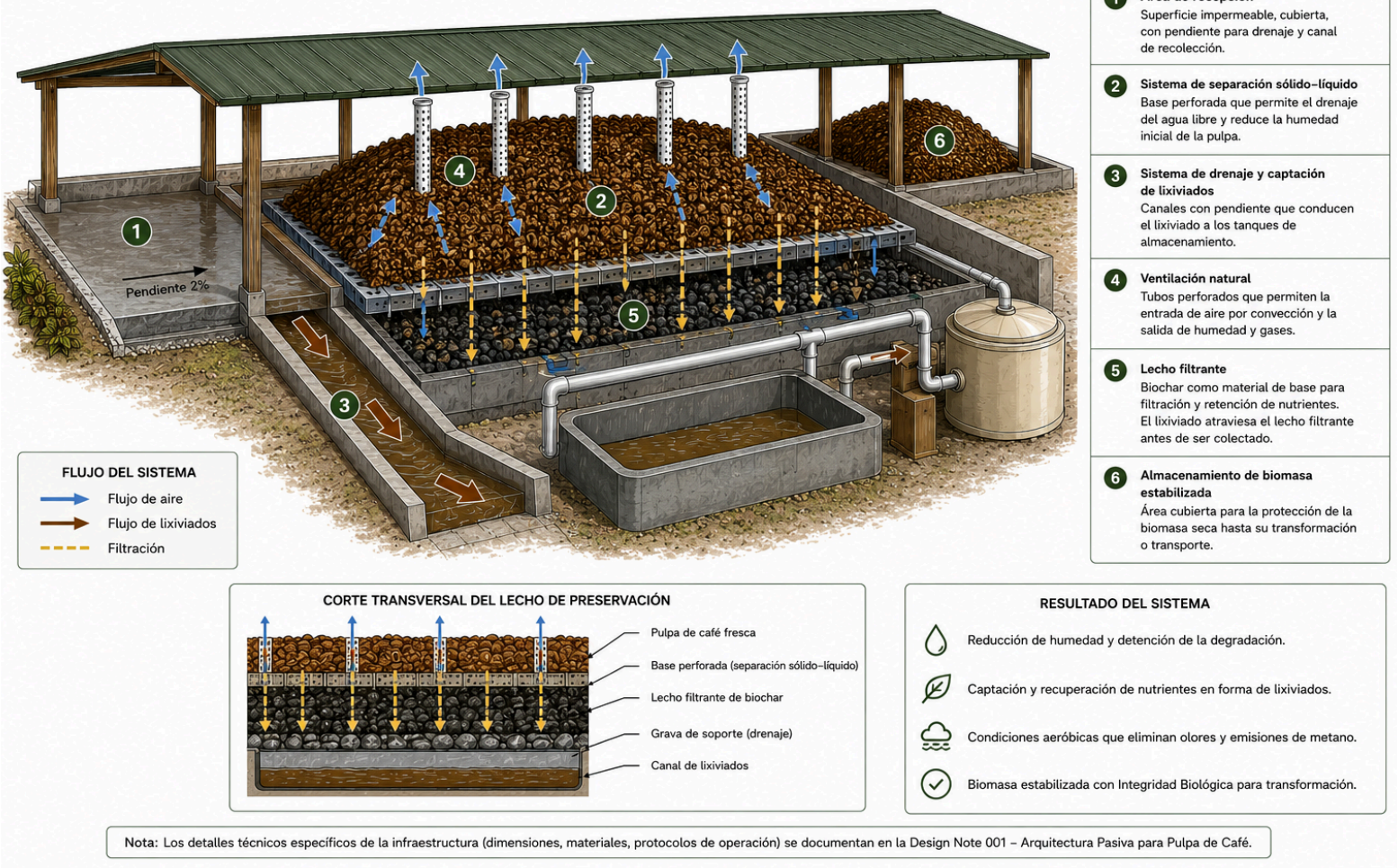
Tabla 7.1. Características típicas de la pulpa de café fresca utilizadas como base para el diseño de la infraestructura de preservación.

Parámetro	Valor típico	Implicación para la preservación
Contenido de humedad	80–85 %	Alta susceptibilidad a fermentación y degradación.
pH	4,0 – 5,0	Medio ácido debido a la actividad fermentativa inicial.
Relación C/N	12 – 15	Elevado potencial de actividad microbiológica.
Carbono orgánico (base seca)	45–50 %	Principal reserva de Carbono a preservar.
Nitrógeno total (base seca)	1,5–2,5 %	Nutriente susceptible de pérdidas por lixiviación.
Potasio (base seca)	2,0–3,0 %	Alta movilidad en presencia de lixiviados.
Volumen generado	Variable según cosecha	Requiere infraestructura modular y escalable.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

7.2 Caso de Estudio 001 – Pulpa de café en la Cordillera Andina

Figura 7.2
Esquema de la infraestructura pasiva implementada para la preservación de pulpa de café.



Nota: Los detalles técnicos específicos de la infraestructura (dimensiones, materiales, protocolos de operación) se documentan en la Design Note 001 – Arquitectura Pasiva para Pulpa de Café.

7.2.1 Contexto territorial

El caso de estudio se desarrolla en un territorio de montaña de la Cordillera Andina, caracterizado por:

- **Altitud:** 1.500 – 2.000 m s.n.m.
- **Clima:** Templado húmedo, con temporada seca y lluviosa bien definidas.
- **Topografía:** Pendientes pronunciadas, vías terciarias de acceso limitado.
- **Actividad principal:** Cultivo de café, con generación estacional de pulpa.
- **Productores:** Pequeños y medianos, organizados en cooperativas.
- **Distancia a centros de acopio:** Variable, entre 10 y 50 km.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Este territorio presenta todas las restricciones que hacen necesaria la preservación en origen:

- Alta humedad de la pulpa de café (>80%).
- Fermentación rápida (0-24 horas).
- Transporte de agua antieconómico.
- Acceso limitado para vehículos.
- Capital restringido para infraestructura compleja.
- Capacidad técnica limitada para operación y mantenimiento.

7.2.2 La biomasa: pulpa de café

La pulpa de café es el residuo generado durante el beneficio húmedo del café. Representa aproximadamente el 40-50% del peso del fruto fresco.
Características de la pulpa fresca:

Parámetro	Valor típico
Contenido de humedad	80-85%
pH	4.0 – 5.0
Relación C/N	12 – 15
Carbono orgánico	45-50% (base seca)
Nitrógeno total	1.5-2.5% (base seca)
Potasio	2.0-3.0% (base seca)
Volumen generado	Variable según cosecha

La pulpa de café es una biomasa con alto potencial de valorización, pero también con alta vulnerabilidad a la degradación. Su manejo inadecuado genera:

- Emisiones de metano (CH_4) por fermentación anaeróbica.
- Lixiviados con alta carga orgánica (DBO/DQO).
- Olores y pérdida de nutrientes.
- Contaminación de cuerpos de agua.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

7.2.3 La infraestructura implementada

Sobre la base de los principios y criterios definidos en los capítulos anteriores, se implementó una infraestructura pasiva de preservación en el territorio.
La infraestructura incluye:

- **Área de recepción:** Superficie impermeable, cubierta, con pendiente para drenaje.
- **Sistema de separación sólido-líquido:** Base perforada que permite el drenaje del agua libre.
- **Sistema de drenaje y captación de lixiviados:** Canales y tanques de almacenamiento para el lixiviado.
- **Ventilación natural:** Tubos perforados distribuidos en la base y el interior de la biomasa.
- **Lecho filtrante:** Biochar como material de base para filtración y retención de nutrientes.
- **Almacenamiento de biomasa preservada:** Área cubierta para biomasa seca.

Nota: Los detalles técnicos específicos de la infraestructura (dimensiones, materiales, protocolos de operación) se documentan en la **Design Note 001 – Arquitectura Pasiva para Pulpa de Café**, documento complementario al presente volumen.

7.2.4 Resultados de la preservación

La infraestructura fue operada durante un ciclo completo de cosecha. Los resultados se evaluaron mediante los indicadores de Intégridad Biológica definidos en el Capítulo 6.

Indicador	Pulpa fresca	Pulpa estabilizada	Umbral de Integridad
Humedad	82%	22%	< 25-30%
pH	4.5	6.8	6.0 – 7.5
Relación C/N	13	14	Estable
Temperatura	Variable	Ambiente	Ambiente
Olores	Ácidos, fermentados	Terroso	Ausencia de olores fuertes
Lixiviados	Generación continua	Reducida	Reducido o nulo
Integridad estructural	Colapsada, húmeda	Firme, seca	Firme, manejable

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

Resultados cuantitativos:

Parámetro	Valor
Reducción de peso	80% (de 10 t a 2 t)
Reducción de humedad	De 82% a 22%
Lixiviado capturado	8.000 litros por cada 10 t de pulpa
Tiempo de estabilización	5-7 días
Pérdida de Carbono evitada	Estimar en función de la mineralización evitada

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

7.2.5 Lecciones aprendidas

Lección	Observación	Implicación metodológica
Infraestructura pasiva	La estabilización se logró utilizando únicamente gravedad, ventilación natural y drenaje.	Confirma la validez del arquetipo de Sistemas Pasivos definido por ORIGEN.
Captación de lixiviados	Los lixiviados pudieron recuperarse para su reutilización agronómica.	Reduce pérdidas de nutrientes y riesgos ambientales.
Participación de productores	La operación fue realizada por productores con capacitación básica.	La simplicidad operativa favorece la apropiación territorial.
Modularidad	La infraestructura respondió adecuadamente a los picos de cosecha.	Permite ampliar o reducir capacidad según la estacionalidad.
Indicadores de Intégridad Biológica	Los indicadores permitieron verificar objetivamente el estado de la biomasa.	Facilitan el seguimiento, la gestión y la validación del proceso.

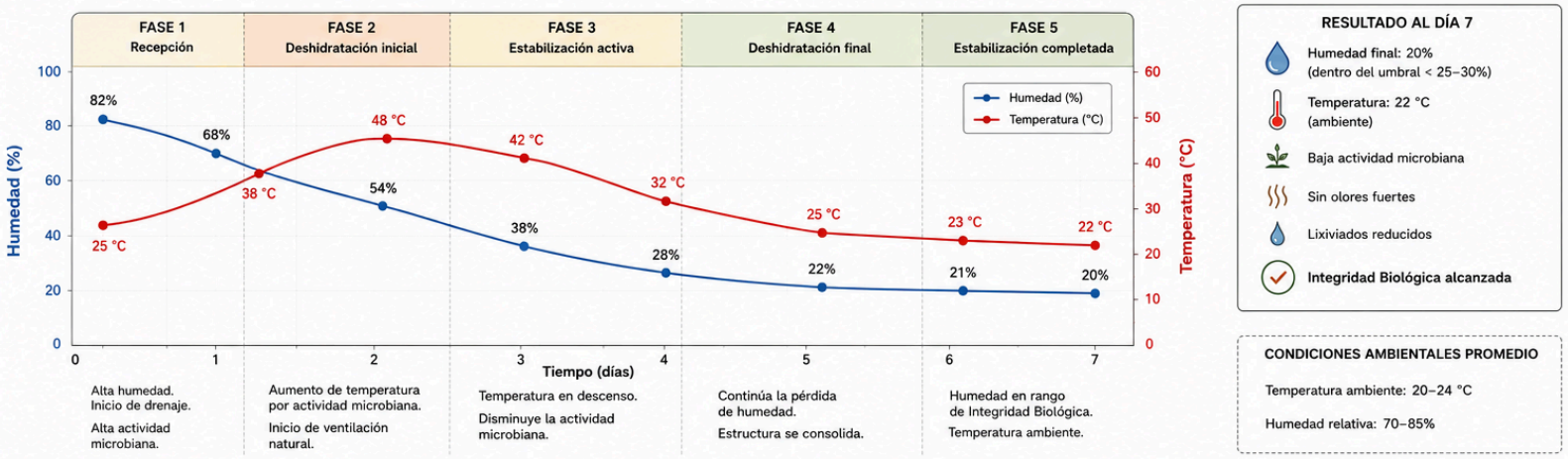
La implementación del caso de estudio permitió extraer lecciones para futuras aplicaciones:

Primera lección:
La infraestructura pasiva funciona en condiciones reales de montaña. La gravedad, la convección térmica y el viento son suficientes para lograr la estabilización sin consumo energético externo.
Segunda lección:
La captación de lixiviados es crítica. Los nutrientes recuperados pueden ser utilizados para riego en época seca, cerrando el ciclo agronómico.
Tercera lección:
La participación de los productores es fundamental. La infraestructura debe ser diseñada considerando sus capacidades y limitaciones.
Cuarta lección:
La estacionalidad requiere modularidad. La infraestructura debe poder absorber los picos de cosecha sin colapsar.
Quinta lección:
Los indicadores de Intégridad Biológica son operativos y verificables. Permiten gestionar el proceso y garantizar la calidad de la biomasa.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

7.3 Próximos casos de estudio

Figura 7.3
Evolución de la humedad y la temperatura durante el proceso de estabilización de la pulpa de café.



El presente caso de estudio (pulpa de café) es el primero de una serie de validaciones territoriales de La Capa de Preservación.

Los próximos casos de estudio previstos incluyen:

- **Caso de Estudio 002:** Cáscara de cacao – Territorio del Pacífico colombiano.
- **Caso de Estudio 003:** Racimos vacíos de palma – Llanos Orientales.
- **Caso de Estudio 004:** Residuos hortícolas – Sabana de Bogotá.

Cada caso de estudio se publicará como documento complementario al presente volumen, manteniendo la coherencia metodológica establecida en el Capítulo 6 y los capítulos anteriores.

Figura 7.4
Antes y después de la estabilización de la pulpa de café.



© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

7.4 La validación metodológica

El Caso de Estudio 001 demuestra que:

1. **Los principios del Blueprint** son aplicables en condiciones reales.
2. **Los criterios de diseño** definidos en el Capítulo 3 son operativos.
3. **Los componentes** descritos en el Capítulo 4 funcionan de manera integrada.
4. **Los indicadores** del Capítulo 6 permiten verificar la Intégridad Biológica.
5. **La infraestructura pasiva** es viable en territorios con alta humedad, topografía compleja y acceso limitado.

El caso de estudio no modifica la metodología. La valida. Proporciona evidencia de que La Capa de Preservación es una respuesta efectiva al problema de la degradación del Capital Biológico.

7.5 Conclusión: El caso de estudio como herramienta de aprendizaje

Los casos de aplicación no son fines en sí mismos. Son herramientas de aprendizaje y validación.
Cada caso de estudio:

- Demuestra que la metodología funciona.
- Proporciona datos para la mejora continua.
- Genera confianza en los actores territoriales.
- Permite la replicación en otros territorios.

El Caso de Estudio 001 – Pulpa de café en la Cordillera Andina constituye la primera validación territorial de La Capa de Preservación. No es el último. Es el primero de una serie que demostrará que la preservación en origen es posible, necesaria y efectiva en cualquier territorio que genere biomasa húmeda.

> **Nota metodológica:** Los valores presentados corresponden a rangos de referencia reportados en la literatura científica y documentos técnicos (FAO, IPCC, Cenicafé, IBI). Los resultados específicos de cada implementación deberán ser verificados mediante mediciones de campo.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

VOLUMEN 02 – La Capa de Preservación

CAPÍTULO 8 – DESIGN NOTES ASOCIADAS

8.1 El papel de las Design Notes

Las *Design Notes* constituyen el nivel de desarrollo técnico que sigue a la definición metodológica de un volumen.

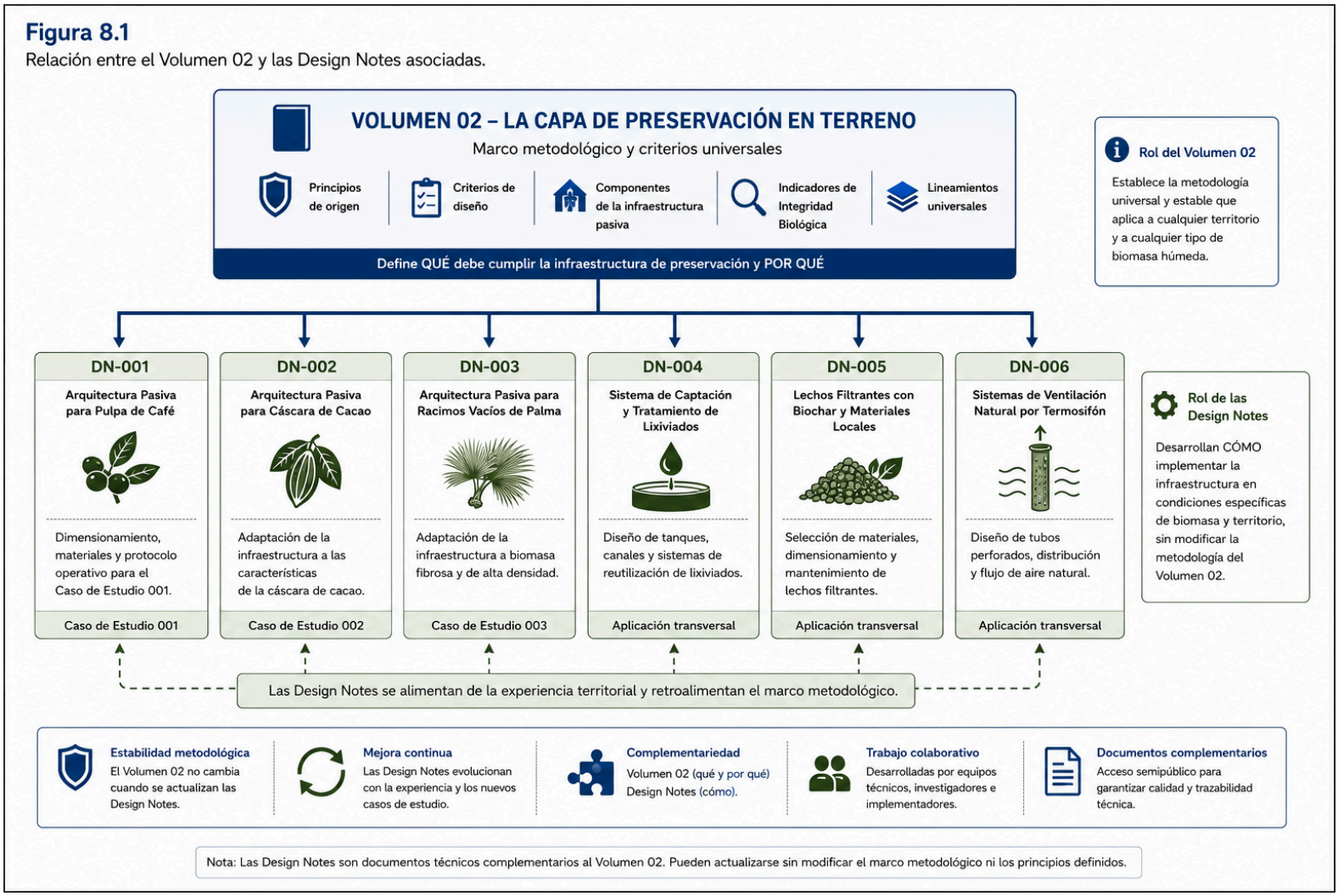
Mientras que el presente volumen define **qué** debe cumplir la infraestructura de preservación y **por qué**, las Design Notes desarrollan **cómo** se implementa en condiciones específicas.

Las Design Notes:

- Desarrollan arquitecturas de referencia para biomasas específicas.
- Proporcionan dimensionamientos, materiales y protocolos operativos.
- No constituyen doctrina metodológica.
- Pueden actualizarse sin modificar el volumen.

Este capítulo identifica las Design Notes asociadas al presente volumen y describe su función dentro del sistema documental ORIGEN.

Figura 8.1
Relación entre el Volumen 02 y las Design Notes asociadas.



8.2 Design Notes de La Capa de Preservación

Design Note	Objeto	Alcance
DN-001	Arquitectura Pasiva para Pulpa de Café	Dimensionamiento, materiales, protocolo operativo para el Caso de Estudio 001.
DN-002	Arquitectura Pasiva para Cáscara de Cacao	Adaptación de la infraestructura a las características del cacao.
DN-003	Arquitectura Pasiva para Racimos Vacíos de Palma	Adaptación a biomasa fibrosa y de alta densidad.
DN-004	Sistema de Captación y Tratamiento de Lixiviados	Diseño de tanques, canales y sistemas de reutilización.
DN-005	Lechos Filtrantes con Biochar y Materiales Locales	Selección de materiales, dimensionamiento y mantenimiento.
DN-006	Sistemas de Ventilación Natural por Termosifón	Diseño de tubos perforados, distribución y flujo de aire.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

8.3 Relación entre el Volumen y las Design Notes

El presente volumen y las Design Notes mantienen una relación clara:

Aspecto	Volumen 02	Design Notes
Función	Define principios y criterios	Desarrolla soluciones específicas
Contenido	Metodología universal	Arquitecturas de referencia
Actualización	Estable, no se modifica	Puede actualizarse con nuevas experiencias
Autoría	Observatorio de Infraestructuras de Origen	Equipos técnicos, investigadores, implementadores
Acceso	Público	Semipúblico

Esta separación garantiza que el volumen permanezca estable mientras que las soluciones técnicas evolucionan con la experiencia.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

8.4 Contenido típico de una Design Note

Cada Design Note de La Capa de Preservación incluye:

1. Contexto:

- Tipo de biomasa y sus características.
- Restricciones del territorio.
- Objetivos de la infraestructura.

2. Diseño arquitectónico:

- Dimensiones y geometría.
- Materiales recomendados.
- Distribución de componentes.

3. Protocolo operativo:

- Recepción de biomasa.
- Monitoreo de indicadores.
- Mantenimiento y ajustes.

4. Resultados esperados:

- Indicadores de Intégridad Biológica.
- Tiempos de estabilización.
- Rendimientos y eficiencias.

5. Lecciones aprendidas:

- Ajustes realizados.
- Recomendaciones para futuras implementaciones.

8.5 La evolución de las Design Notes

Las Design Notes no son documentos estáticos. Evolucionan con la experiencia acumulada en los casos de estudio y las implementaciones territoriales.

Cuando una Design Note se actualiza:

- La nueva versión reemplaza a la anterior.
- Se documentan los cambios y las razones.
- El volumen permanece inalterado.

Este mecanismo permite que el conocimiento técnico evolucione sin comprometer la estabilidad metodológica del volumen.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

CAPÍTULO 9 – PUENTE HACIA EL VOLUMEN 03

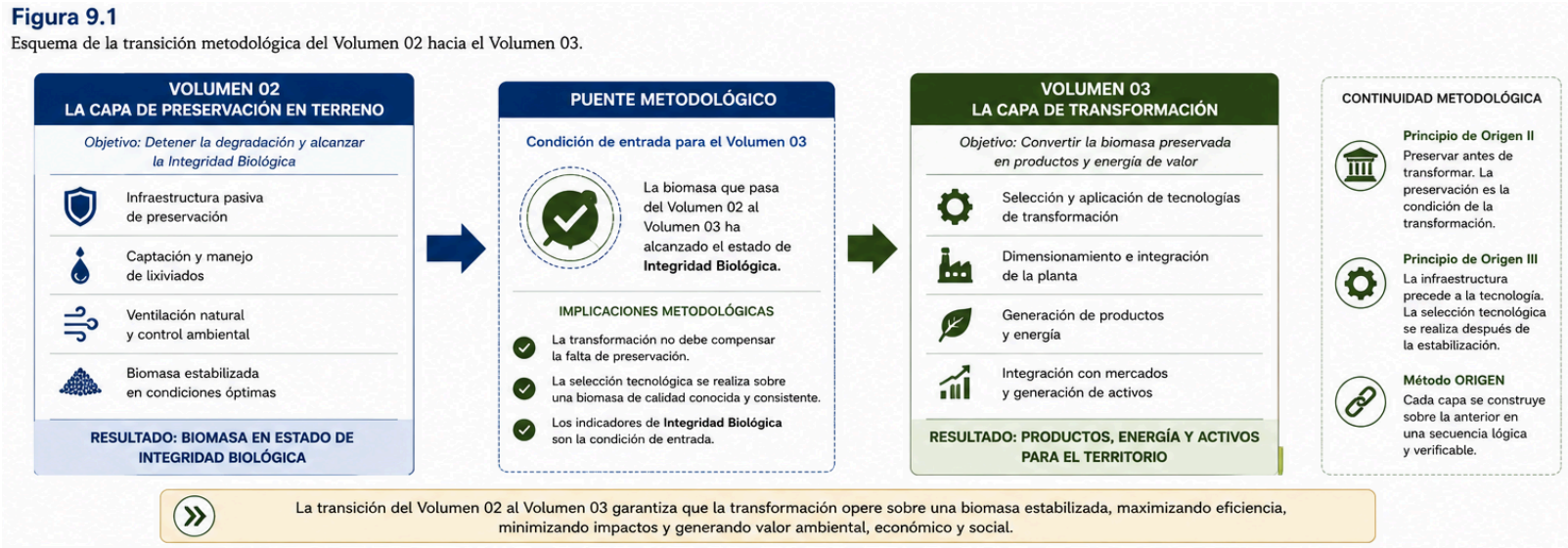
9.1 La transición metodológica

El presente volumen ha definido La Capa de Preservación: la infraestructura necesaria para detener la degradación del Capital Biológico en origen y alcanzar el estado de Intégridad Biológica.

Esta capa no es un fin en sí misma. Es la condición necesaria para que las capas posteriores del sistema ORIGEN puedan operar de manera eficiente.

El Volumen 03 desarrolla la siguiente capa metodológica: la **Capa de Transformación**.

Figura 9.1
Esquema de la transición metodológica del Volumen 02 hacia el Volumen 03.



© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

9.2 La biomasa preservada como punto de partida

El Volumen 03 parte de un presupuesto fundamental:

La biomasa que ingresa a la infraestructura de transformación ha alcanzado el estado de Intégridad Biológica definido en el presente volumen.

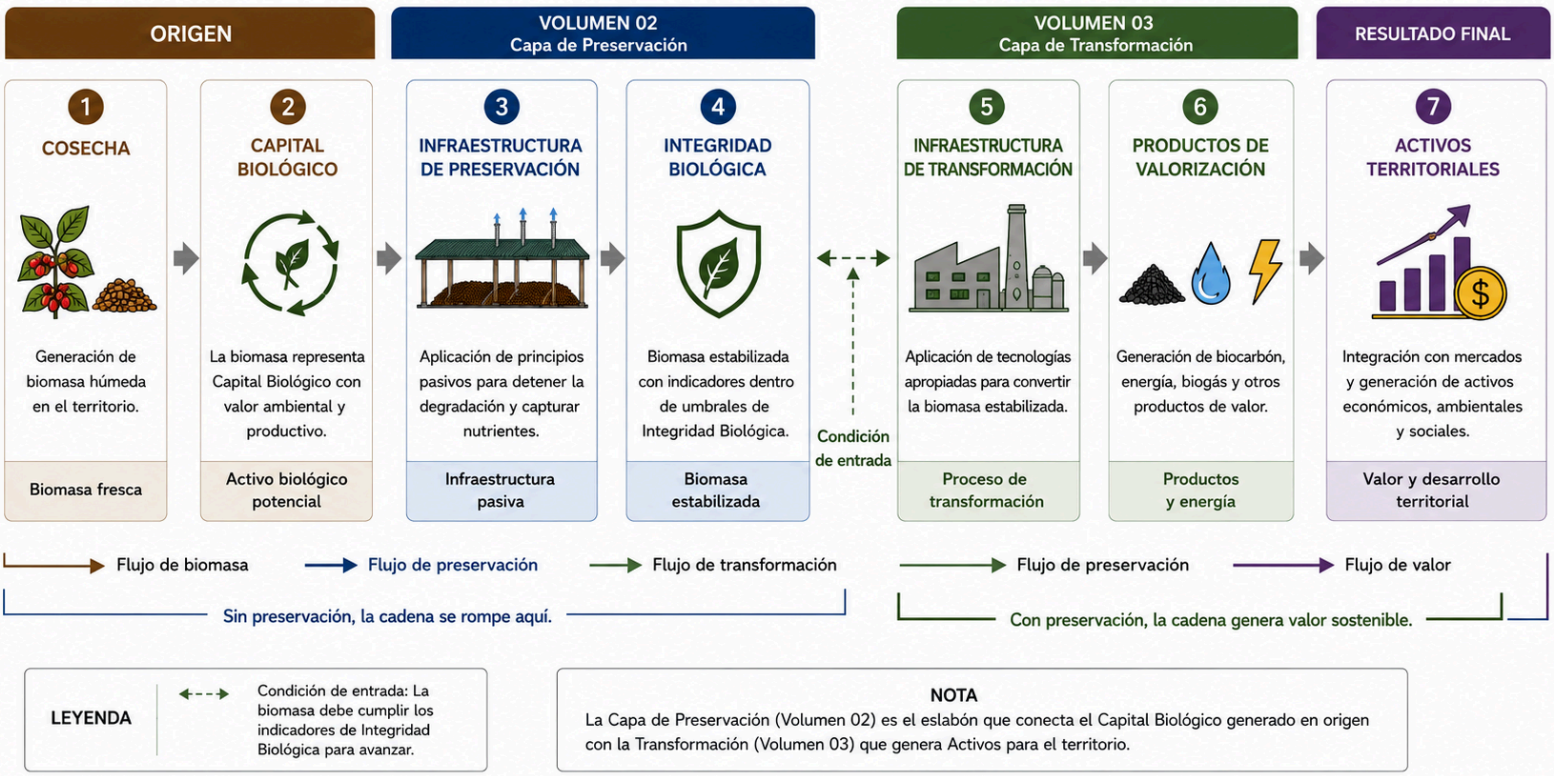
Este presupuesto tiene implicaciones metodológicas:

- La transformación no debe compensar la falta de preservación.
- La selección tecnológica se realiza sobre la base de una biomasa de calidad conocida y consistente.
- Los indicadores de Intégridad Biológica son la condición de entrada para el Volumen 03.

Sin preservación, la transformación es ineficiente o inviable. Con preservación, la transformación puede operar en condiciones óptimas.

Figura 9.2

La Cadena de Valor Biológica con la Capa de Preservación y la Capa de Transformación.



© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

9.3 Lo que el Volumen 03 desarrolla

El Volumen 03 – Capa de Transformación aborda:

1. Selección tecnológica:

- Pirólisis.
- Gasificación.
- Combustión.
- Digestión anaerobia.
- Otras tecnologías de conversión.

2. Dimensionamiento:

- Capacidad de planta.
- Balance de masa y energía.
- Integración con la logística territorial.

3. Productos de valorización:

- Biocarbón.
- Energía térmica y eléctrica.
- Biogás.
- Materiales de base biológica.

4. Integración con mercados:

- Créditos de Carbono.
- Sustitución de combustibles fósiles.
- Cadena de valor de productos.

9.4 La continuidad metodológica

La transición entre el Volumen 02 y el Volumen 03 se rige por la misma lógica metodológica:

- **Principio de Origen II:** Preservar antes de transformar. La preservación es la condición de la transformación.
- **Principio de Origen III:** La infraestructura precede a la tecnología. La selección tecnológica se realiza después de que la biomasa ha sido estabilizada.
- **Cadena de Valor Biológico:** Cosecha → Capital → Infraestructura → Integridad → Transformación → Activos.

La Capa de Preservación es el eslabón que conecta el Capital Biológico generado por la cosecha con la Transformación que genera Activos.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

9.5 Conclusión: La preservación como primer eslabón operativo

La preservación no es un paso opcional. No es una etapa que pueda ser omitida o simplificada. Es la primera decisión de infraestructura que todo territorio debe tomar antes de intentar transformar su biomasa.

El presente volumen ha definido:

- **Por qué** la preservación es necesaria (Capítulo 1).
- **Qué restricciones** impone el territorio (Capítulo 2).
- **Cómo** se diseña la infraestructura pasiva (Capítulos 3 y 4).
- **Dónde** se sitúa esta capa dentro del sistema ORIGEN (Capítulo 5).
- **Cómo** se verifica su éxito (Capítulo 6).
- **Cómo** se valida en condiciones reales (Capítulo 7).
- **Cómo** se desarrollan soluciones específicas (Capítulo 8).

El Volumen 03 comenzará donde este volumen termina: con biomasa en estado de Integridad Biológica, lista para ser transformada en valor ambiental, económico y social.

La preservación no es el final del camino. Es el comienzo.

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.

1. Normas y referencias metodológicas

- **FAO. (2011). Global Food Losses and Food Waste. Rome.**
- **FAO. (2013). Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources.**
- **IPCC. (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.**
- **ISO 14040. Environmental Management — Life Cycle Assessment.**
- **ISO 14044. Environmental Management — Requirements and Guidelines.**

---

2. Instituciones técnicas

- **Cenicafé.**
- **Manuales de Beneficio Ecológico del Café.**
- **Cenicafé.**
- **Manejo de Pulpa y Subproductos del Café.**
- **FAO.**
- **Crop Residues Management.**
- **USDA.**
- **Agricultural Waste Management Field Handbook.**

---

3. Literatura científica

- **IBI — International Biochar Initiative.**
- **Biochar Standards.**
- **European Biochar Certificate (EBC).**
- **Lehmann, J.; Joseph, S.**
- **Biochar for Environmental Management.**
- **IRENA.**
- **Innovation Outlook: Advanced Biofuels.**
- **IEA Bioenergy.**
- **Biochar Reports.**

Serie de infraestructuras de origen

Volumen 02

La Capa de Preservación

Infraestructura pasiva para la estabilización de biomasa húmeda de origen agrícola

---

Publicado por el Observatorio de Infraestructuras de Origen

Tierras de Montaña

Primera edición — Julio de 2026

FIN DEL DOCUMENTO

© 2026 SARAH JO SAS. Todos los derechos reservados.