

INIA-FPTA 443:

CONVERGENCIA DE ESTÁNDARES ISO, GFSI Y EUDR PARA EL SISTEMA DE TRAZABILIDAD ARROZ EN URUGUAY

Nicolás Gimenez¹, Gustavo Barboza Martignone¹

¹ Al Deep Economics; ngimenez@aideepeconomics.com

Correspondencia: gbarboza@aideepeconomics.com

Fecha:

V1. 20/11/2025

V2. 10/01/2026 Revisado Actualizado G.B.M

1. Contexto Estratégico y Análisis de Requerimientos

En el marco del proyecto FPTA N° 443 se plantea la necesidad de ajustar el sistema de trazabilidad propuesto a los estándares internacionales. Este reporte técnico detalla de forma preliminar los requisitos necesarios para dicho sistema basado en Tecnologías de Información Geográfica (GIS) y bases de datos relacionales avanzadas, alineado con ISO 22005, GlobalG.A.P. IFA v6, GFSI (FSSC 22000) y el EUDR.

1.1. El Desafío de la Identidad Preservada en Graneles

El conflicto central en la ingeniería de este sistema radica en la tensión entre la eficiencia logística de los graneles y la especificidad regulatoria. Según la Comisión Europea (2024), el EUDR prohíbe explícitamente el modelo de "balance de masas" tradicional que permite mezclar productos de origen desconocido con productos conformes. Esto obliga a la industria a adoptar modelos de segregación estricta o soluciones de trazabilidad lógica avanzada.

Para resolver esto en silos de flujo continuo, el sistema debe implementar la lógica de "Declaración en Exceso" (*Declaration in Excess*), este mecanismo permite la mezcla física en silos únicamente si el operador puede declarar y geolocalizar *todos* los posibles orígenes que contribuyeron a esa mezcla, asumiendo la responsabilidad legal por la conformidad de cada uno de los polígonos involucrados.

2. Arquitectura Geoespacial y Cumplimiento EUDR

El cumplimiento del Reglamento (UE) 2023/1115 (EUDR) impone los requisitos técnicos más estrictos del sistema. A diferencia de certificaciones previas, la Comisión Europea (2023) establece que la geolocalización no es opcional, sino un dato vinculante para la liberación de aduanas.

El software debe actuar como un motor de análisis de riesgo regulatorio, capaz de evaluar el cumplimiento de los requisitos de no deforestación establecidos por la normativa europea. De acuerdo con Coolset (2024), los operadores deben demostrar que las áreas productivas no registraron eventos de deforestación posteriores al 31 de diciembre de 2020.

Desde el punto de vista técnico, esto implica la ejecución de **consultas espaciales** (por ejemplo, **ST_Intersects**) entre las geometrías de los predios y capas satelitales históricas de cobertura arbórea, tales como las derivadas de Sentinel-2 u otras fuentes oficiales. Estas verificaciones deben realizarse al momento de registrar o validar una unidad productiva, permitiendo identificar alertas tempranas de incumplimiento y clasificar el riesgo asociado a cada lote o productor.

2.1. Ingeniería de Datos para Geolocalización de Alta Precisión

La arquitectura debe basarse en **PostGIS** para gestionar objetos espaciales complejos, cumpliendo con los siguientes criterios técnicos derivados de la normativa:

2.1.1. Requisitos de Polígonos y Precisión

De acuerdo con Farmerline (2024) y Acclym (2024), para cualquier parcela superior a 4 hectáreas, es obligatorio capturar el polígono perimetral completo, no solo un punto central. El sistema debe configurarse para:

- **Formato de Intercambio:** Generar salidas estrictamente en formato **GeoJSON**, estándar requerido por el Sistema de Información de la UE (Acclym, 2024).
- **Precisión Numérica:** Almacenar coordenadas con un mínimo de seis decimales para garantizar la precisión métrica y evitar falsos positivos en zonas limítrofes con áreas forestales (Acclym, 2024).

2.1.2. Integración de Análisis de Deforestación

El software debe actuar como un motor de análisis de riesgo. Según Coolset (2024), los operadores deben verificar que no hubo deforestación después del 31 de diciembre de

2020. Técnicamente, esto implica ejecutar consultas espaciales (ST_Intersects) contra capas satelitales de cobertura arbórea (ej. Sentinel-2) al momento de dar de alta un lote en el sistema.

2.2. Gestión de Silos: Lógica de "Declaración en Exceso"

Dado que el arroz se almacena a granel, la gestión de silos requiere un algoritmo de segregación lógica.

- **Segregación Lógica:** Taylor Wessing (2024) aclara que si un producto no conforme entra en contacto con productos conformes, la totalidad de la mezcla se considera no conforme. Por tanto, el sistema debe bloquear la entrada de camiones "desconocidos" a silos designados como "EU Compliant".
- **Implementación de Declaración en Exceso:** Cuando se extrae grano de un silo mixto (donde todos los orígenes son conformes pero están físicamente mezclados), el sistema debe generar una declaración que incluya las coordenadas de todos los lotes ingresados al silo desde su último vaciado. ISEAL Alliance (2024) destaca que, aunque esto aumenta el volumen de datos, es la única vía viable para commodities a granel bajo el marco legal actual, evitando la necesidad de una segregación física molecular imposible en la práctica.

3. Trazabilidad de Campo y Certificación GlobalG.A.P. IFA v6

Para la certificación GlobalG.A.P. IFA v6 en Cultivos Combinables, el sistema digitaliza el control agronómico. El Secretariado de GlobalG.A.P. (2025) introdujo en la versión 6 listas de verificación "Smart" orientadas a resultados, lo que requiere una estructura de base de datos flexible.

3.1. Digitalización y Validación de Datos

El sistema debe modelar las entidades de datos críticas identificadas en los Principios y Criterios de IFA v6 (GlobalG.A.P., 2022):

- **Material de Propagación:** Registro obligatorio de variedades y tratamientos de semillas. Si el mercado destino restringe OGMs, el sistema debe validar la variedad contra una lista blanca interna (Preferred by Nature, 2023).
- **Productos Fitosanitarios (PPP):** El registro debe incluir nombre comercial, ingrediente activo y fecha de aplicación. Es crítico implementar una regla de validación automática para el Plazo de Seguridad (PHI). Como se desprende de

las normas generales de GlobalG.A.P. (2022), el sistema debe alertar (o impedir) la creación de un "remito de cosecha" si la fecha actual es inferior a la Fecha Aplicación + Días de Carencia.

3.2. Balance de Masas en Tiempo Real

GlobalG.A.P. exige una validación de balance de masas para prevenir el fraude alimentario. El sistema debe comparar el rendimiento estimado del polígono (basado en datos históricos o satelitales) con el peso real ingresado en báscula. Si la desviación supera un umbral predefinido (ej. 20%), se debe disparar una alerta de auditoría, tal como sugieren los protocolos de integridad del estándar (GlobalG.A.P., 2022).

4. Métricas de Sostenibilidad: Sustainable Rice Platform (SRP)

La Sustainable Rice Platform (SRP) requiere cuantificar el impacto ambiental. Según la Sustainable Rice Platform (2019), el sistema debe calcular 12 Indicadores de Desempeño (PIs) basándose en datos primarios de campo. Los indicadores incluyen desde uso de nutrientes hasta registros laborales para evitar el trabajo infantil; en el contexto uruguayo y en nuestro proyecto, no interesan particularmente dos:

4.1. Cálculo Automatizado de Indicadores uso de Agua y Nitrógeno

De las métricas planteadas en SRP se identificaron como clave para el contexto uruguayo las de uso de Agua y Nitrógeno.

4.1.1. Eficiencia en el Uso de Nitrógeno (NUE)

Para calcular este indicador, Rikolto y SRP (2022) especifican el uso de la Productividad Parcial del Factor PFP_N . El sistema debe aplicar la siguiente fórmula automáticamente:

$$PFP_N = \frac{GY}{N_{total}}$$

Donde GY es el rendimiento de grano y N total es la suma del nitrógeno elemental aplicado. Es vital que la base de datos contenga una tabla de conversión de fertilizantes comerciales (ej. Urea = 46% N) para automatizar este cálculo y reducir el error humano (Sustainable Rice Platform, 2022).

4.1.2. Productividad del Agua (Water Productivity)

La gestión del agua es crítica en el arroz. Según Sharma *et al.* (2019), la productividad del agua (WP) se calcula como:

$$WP = \frac{\text{Rendimiento de Grano (kg)}}{\text{Riego + Precipitación Efectiva (m}^3\text{)}}$$

El sistema debe integrar APIs meteorológicas para obtener la precipitación geolocalizada y sumarla a los registros de bombeo del productor, facilitando el cumplimiento del indicador sin necesidad de pluviómetros manuales en cada chacra.

5. Trazabilidad Industrial y Estándares GFSI (FSSC 22000)

La Fundación FSSC (2023) establece requisitos estrictos bajo el esquema FSSC 22000 v6, enfocándose en la inocuidad y la prevención de contaminación cruzada.

5.1. Trazabilidad en Flujo Continuo y Limpieza

En operaciones de silos y secadoras continuas, la definición de lote se vuelve temporal. Según las guías de FSSC (2023) sobre transporte y almacenamiento, es mandatorio registrar la limpieza de tanques y silos. El software debe vincular el evento de "Carga de Silo" con el último evento de "Limpieza (CIP)". Si se intenta cargar un lote de arroz con atributos especiales (ej. Orgánico) en un silo cuya última carga fue convencional y no registra limpieza intermedia, el sistema debe bloquear la operación (Foundation FSSC, 2023).

5.2. Capacidad de "Mock Recall"

El estándar de trazabilidad requiere que la organización sea capaz de ejecutar un simulacro de retiro de producto del mercado en un plazo limitado. Según IFSQN (2023) y las directrices de auditoría FSSC, un retiro simulado exitoso debe completarse, generalmente, en menos de cuatro horas.

Para cumplir con este requisito, la base de datos debe diseñarse con la capacidad de utilizar consultas recursivas (como las Common Table Expressions en PostgreSQL). Esto permitirá rastrear instantáneamente, desde el lote de producto terminado hasta los polígonos de origen y los registros fitosanitarios asociados, cumpliendo así con los

requisitos de diseño de sistemas establecidos en la norma ISO 22005 (ISO, 2007).

6. Interoperabilidad y Estándares de Datos

Para garantizar la escalabilidad y evitar islas de información, el sistema debe adherirse a estándares globales de intercambio de datos.

6.1. ISOBUS y ADAPT

Para la ingesta automática de datos de maquinaria (cosechadoras, pulverizadoras), el sistema debe ser compatible con el estándar ISO 11783 (ISOBUS). Según AutoPi (2024), este protocolo estandariza la comunicación entre implementos y software de gestión. Además, se recomienda alinear el modelo de datos con el esquema **ADAPT** AgGateway (2024). ADAPT facilita la interoperabilidad semántica entre diferentes marcas de maquinaria y sistemas de información agrícola (FMIS), permitiendo que los archivos de prescripción y cosecha se traduzcan directamente a registros de trazabilidad.

6.2. Pasaporte Digital de Granos

Siguiendo las tendencias del Reino Unido descritas por AHDB (2025), el sistema debe estar preparado para emitir un "Pasaporte Digital". Este token digital transferirá los atributos de sostenibilidad (cumplimiento EUDR, puntaje SRP) y seguridad alimentaria junto con la titularidad de la carga, asegurando la integridad de los datos a lo largo de la cadena comercial. En nuestro proyecto, esto está contemplado en el visor de trazabilidad (ya sea por link, QR, o token).

- **Pasaporte Digital para la Trazabilidad del Arroz en Uruguay:**

En línea con las tendencias globales, como las señaladas por AHDB (2025) en el Reino Unido, se contempla la emisión de un "Pasaporte Digital" como parte del sistema de trazabilidad. Este *token* digital está diseñado para transferir, junto con la titularidad de la carga, los atributos clave de sostenibilidad (cumplimiento EUDR, puntaje SRP) y seguridad alimentaria. De esta forma, se garantiza la integridad de los datos a lo largo de toda la cadena comercial. La visualización de esta información está prevista en el visor de trazabilidad del proyecto, accesible mediante un *link*, código QR o el propio *token*.

7. Conclusión

La implementación de esta arquitectura permitirá al sector arrocero uruguayo transicionar de un cumplimiento normativo pasivo a una ventaja competitiva activa. La



integración de las reglas de validación espacial de **PostGIS** para el **EUDR** (Acclym, 2024), combinada con los cálculos agronómicos automatizados de **SRP** (Rikolto & SRP, 2022) y la robustez de trazabilidad industrial de **FSSC 22000**, crea un ecosistema digital resiliente. Este enfoque asegura el acceso continuo a mercados exigentes y optimiza la eficiencia operativa mediante la digitalización de la confianza.

Bibliografía

Acclym. (2024). EUDR Geolocation Requirements: A Practical Guide. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://www.acclym.com/blog/eudr-geolocation-requirements-a-practical-guide/>

AgGateway. (2024). AgGateway Releases ADAPT Standard Version 1.0. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://aggateway.org/News/2024PressReleases/AgGatewayReleasesAdaptStandardVersion10.aspx>

AHDB (Agriculture and Horticulture Development Board). (2025). Digital Passport (Combinable Crops). Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://ahdb.org.uk/digital-passport>

Ankara Chamber of Industry (ASO). (2024). EUDR FAQ - Declaration in Excess. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://www.aso.org.tr/uploads/attachments/EUDR-FAQ-October-24.pdf>

AutoPi. (2024). What is ISOBUS and ISO 11783? Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://www.autopi.io/blog/what-is-isobus-and-iso11783/>

ClientEarth. (2022). Getting to deforestation-free: Clarifying the traceability requirements in the EU Deforestation Regulation. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de https://www.clientearth.org/media/mdzplo2q/getting-to-deforestation-free_clarifying-the-traceability-requirements-in-the-eu-deforestation-regulation_clientearth.pdf

Coolset. (2024). How to comply with the EUDR guide. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://www.coolset.com/academy/how-to-comply-with-the-eudr-guide/>

Comisión Europea. (2023). Deforestation-free products. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de https://environment.ec.europa.eu/topics/forests/deforestation/regulation-deforestation-free-products_en

Comisión Europea. (2024). Frequently Asked Questions - EU Deforestation Regulation. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de https://www.eeas.europa.eu/sites/default/files/documents/2024/240314_EN_FAQ%20EUDR%20%281%29_0.pdf

Farmerline. (2024). EUDR FAQ Deep Dive: Geolocation, Traceability and the End of Mass Balance. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://farmerline.co/eudr-faq-deep-divegeolocation-traceability-and-the-end-of-mass-balance/>

Foundation FSSC. (2023). FSSC 22000 Guidance Document: Transport Tank Cleaning. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://www.fssc.com/wp-content/uploads/2023/03/Guidance-Document-Transport-Tank-Cleaning-V6.pdf>

GlobalG.A.P. (2022). Integrated Farm Assurance (IFA) - Principles and Criteria. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://www.globalgap.org/document-downloads?documentlist=Wyl0WWRWVXFtdllheFZBUjBsMXViNEdQliwiM0pCU3RJT0RRRnllczljQ21TVFRqYSJd>

GlobalG.A.P. Secretariat. (2025). IFA v6 Smart for combinable crops. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://www.globalgap.org/news-and-press/ifa-v6-cc-ppm-launch/>

IFSQN. (2023). FSSC 22000 requirements for traceability time. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://www.ifsqn.com/forum/index.php/topic/33255-fssc-22000-requirements-for-traceability-time/>

ISEAL Alliance. (2024). Deforestation-free supply chains: The role of declaration in excess. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://isealalliance.org/sustainability-news/deforestation-free-supply-chains-role-declaration-excess>

ISO. (2007). ISO 22005:2007 Traceability in the feed and food chain. International Organization for Standardization.

Preferred by Nature. (2023). GlobalG.A.P. IFA V6 Updates. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://www.preferredbynature.org/sites/default/files/GlobalG.A.P.%20IFA%20V6%20JUN23.pdf>

Rikolto, & Sustainable Rice Platform. (2022). SRP Performance Indicators for Sustainable Rice Cultivation. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/srp_performance_indicators_for_sustai

nable_rice_cultivation.pdf

Sharma, S., et al. (2019). Field-specific nutrient management using Rice Crop Manager decision support tool in Odisha.

Sustainable Rice Platform. (2019). SRP Performance Indicators for Sustainable Rice Cultivation (Version 2.1). Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://sustainablerice.org/wp-content/uploads/2022/12/203-SRP-Performance-Indicators-Version-2.1.pdf>

Taylor Wessing. (2024). FAQ EUDR Status. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://www.taylorwessing.com/-/media/taylor-wessing/files/germany/2024/10/taylor-wessingsynopsefaq-eudrstand-11oktober-2024.pdf>