

INIA-FPTA 443 INFORME AVANCE:

SISTEMA DE TRAZABILIDAD DE ARROZ URUGUAYO: REQUERIMIENTOS DEL SOFTWARE ACTUALIZADOS

Autores: Nicolás Giménez¹, Fabian Davila², Gustavo Barboza Martignone¹

¹ AI Deep Economics; ² GIS514

Correspondencia: gbarboza@aideeconomics.com

Fecha:

V1. 11/11/2025

Resumen Ejecutivo

Este documento es una versión actualizada y resumida del reporte *Requerimientos y Funcionalidades para Sistema de Trazabilidad de Arroz en Uruguay* (AI Deep Economics, 2025) para el desarrollo de un Sistema Integral de Trazabilidad de Arroz en Uruguay. El sistema garantiza el seguimiento completo del producto desde la planificación del cultivo hasta su comercialización para cumplir con estándares internacionales de sostenibilidad, manteniendo la privacidad de datos de los productores. Objetivo principal: Posicionar al arroz uruguayo estratégicamente en mercados globales que valoran la sostenibilidad y la trazabilidad completa, respondiendo a la creciente demanda internacional por productos alimentarios con origen verificable.

1. Introducción y Contexto

1.1 Contexto del Sistema

El Sistema de Trazabilidad de Arroz uruguayo opera en un contexto productivo único a nivel mundial:

Características distintivas del cultivo uruguayo:

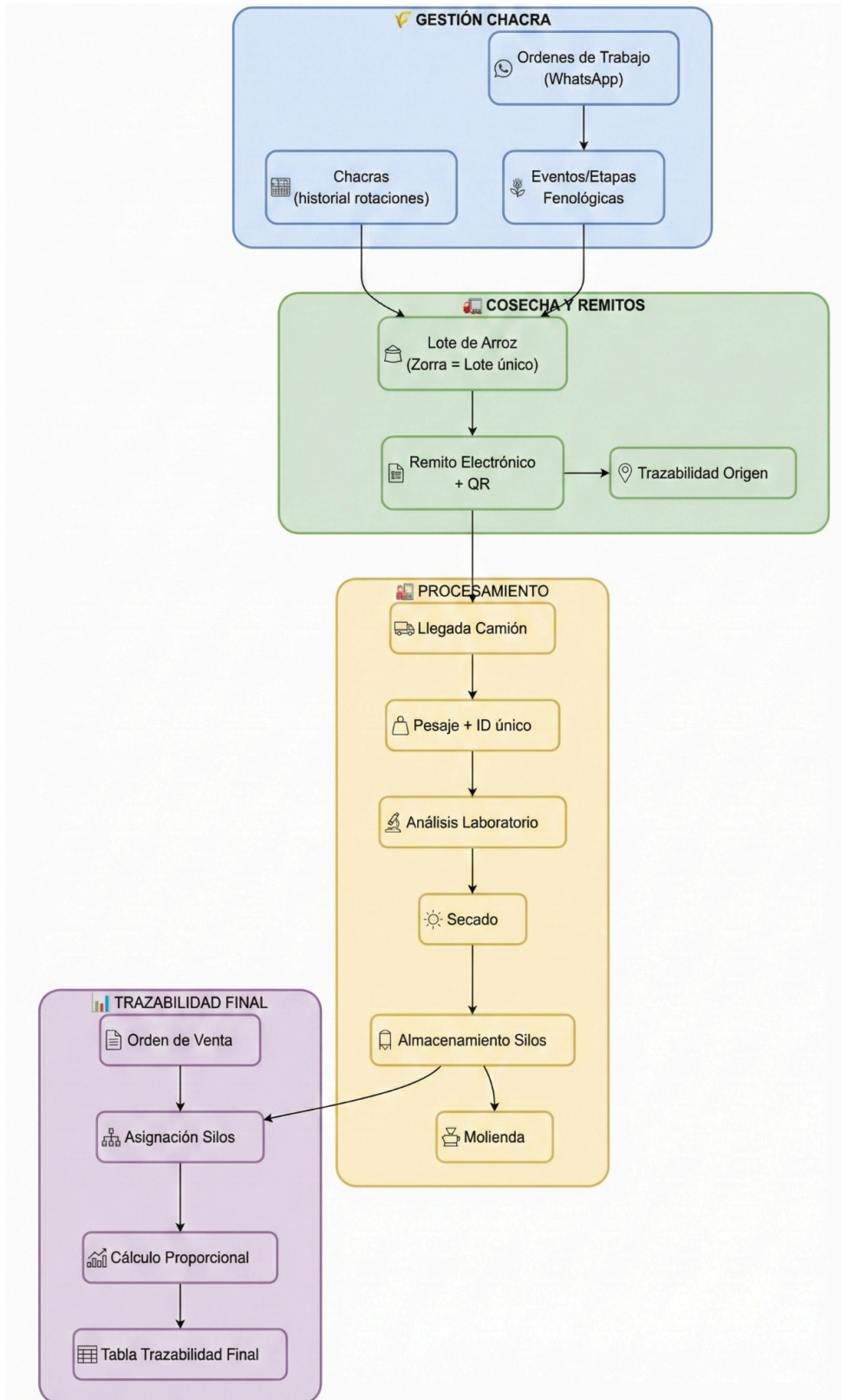
- Productividad récord mundial junto con EEUU .
- Sistema optimizado con fertilización mínima, sin insecticidas (control biológico natural).
- Factor limitante: Radiación solar disponible (la planta funciona como panel solar) .

Variables críticas de productividad:

- Tiempo de cultivo (retrasos en siembra reducen días de radiación) .
- Nubosidad estacional (años lluviosos = menos sol = menor productividad) .

1.2 Flujo Productivo

Figura 1. Flujo de trazabilidad completa del sistema



1.3 Estructura del Documento

El documento se organiza en tres componentes principales:

- **Sistema de Trazabilidad General:** Requerimientos generales, usuarios, roles, funcionalidades principales.
- **Requerimientos Frontend:** Especificaciones técnicas de interfaz de usuario y experiencia
- **Requerimientos Backend:** Arquitectura del servidor, bases de datos, APIs, seguridad e infraestructura.

2. Sistema de Trazabilidad de Arroz

2.1 Propósito y Alcance

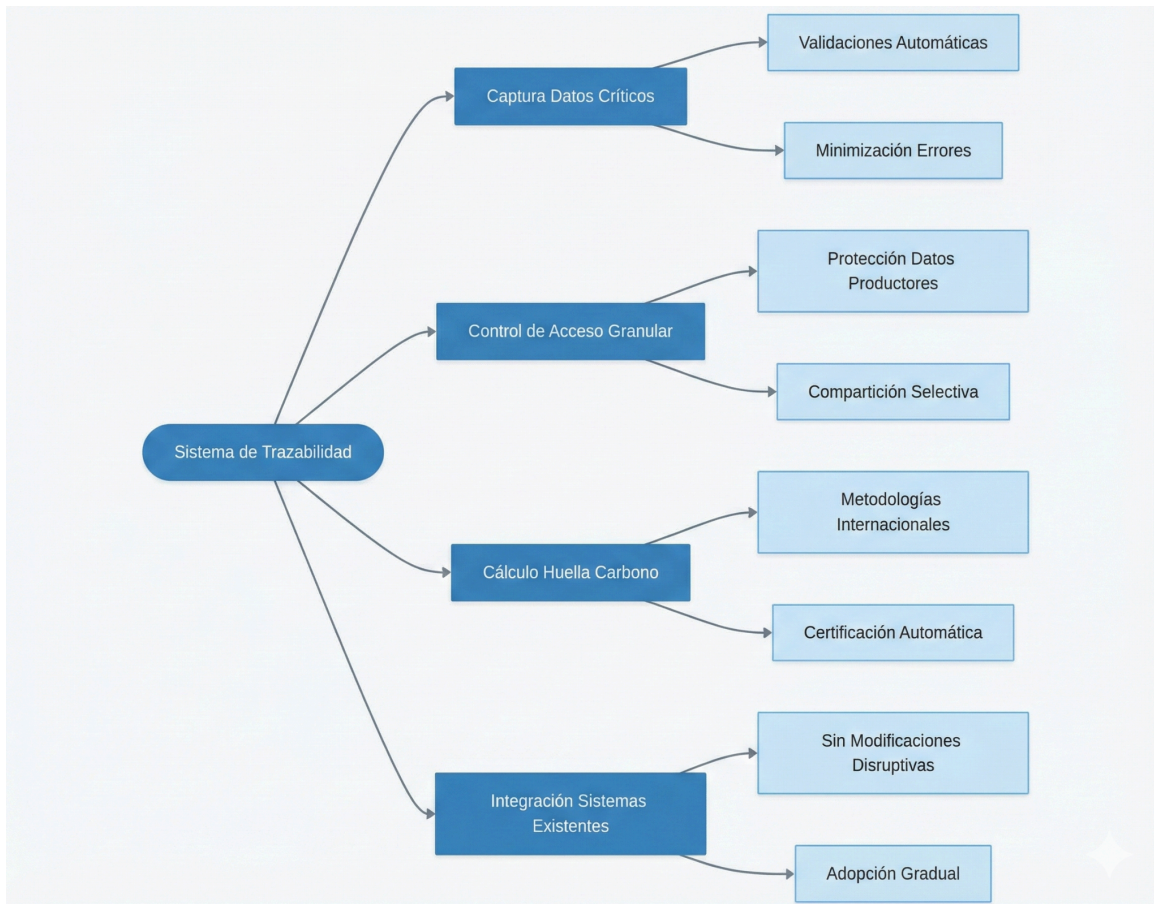
2.1.1 Propósito Principal

El sistema establece un mecanismo integral de seguimiento que permite rastrear cada lote de arroz desde su origen en la chacra hasta su destino final, respondiendo a:

- Demanda internacional por productos con origen verificable.
- Regulaciones de mercados desarrollados (UE, EEUU, países asiáticos).
- Requisitos de sostenibilidad para certificación internacional.
- Optimización de la cadena productiva uruguaya.

2.1.2 Capacidades Clave

Figura 2. Capacidades principales del sistema



2.2 Alcance Funcional

2.2.1 Incluye

- Gestión Establecimientos: Cartografía digital, delimitación GIS, historial temporal.
- Planificación Cultivos: Variedades, cronogramas, seguimiento actividades.
- Cosecha y Transporte: Remitos digitales QR, coordinación actores.
- Recepción Molinos: Parámetros calidad, trazabilidad lotes, inventario tiempo real.
- Órdenes de Venta: Vinculación precisa, documentación automática, certificaciones.
- Cálculo Sostenibilidad: Huella de carbono, metodologías ISO, benchmarking.

2.2.2 Excluye Específicamente

- Gestión financiera y contable.
- Recursos humanos.
- Procesamiento industrial detallado (más allá de trazabilidad).

2.3 Modelo de Usuarios y Control de Acceso

Concepto Fundamental del Sistema

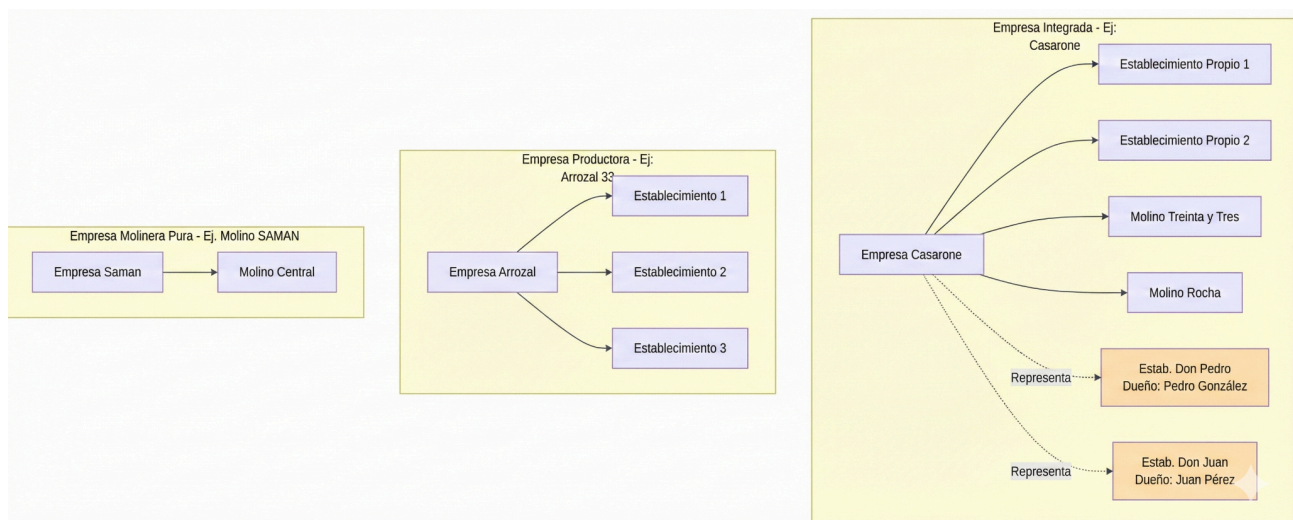
El sistema implementa un **modelo de tres mecanismos independientes** que trabajan en conjunto:

1. **Empresa Genérica:** Una empresa puede tener establecimientos rurales y/o molinos simultáneamente.
2. **Roles a Nivel de Empresa:** Los roles se asignan a nivel empresa, su alcance se determina por las entidades asignadas.
3. **Sistema de Representación:** Una empresa puede gestionar establecimientos de terceros que no usan el sistema.
4. **Sistema de Compartir información:** Empresas pueden compartir información de establecimientos con otras.

2.3.1 Arquitectura de Empresa Genérica

Principio: No existe distinción a nivel empresa entre "empresa productora" o "empresa molinera". Una empresa es simplemente una **entidad legal** que puede poseer cualquier combinación de establecimientos y molinos. La siguiente figura ilustra los tres casos posibles.

Figura 3. Posibles Tipos de Empresas Molineras



Características clave de la entidad Empresa:

- Una empresa puede tener 0 a N establecimientos.
- Una empresa puede tener 0 a N molinos.
- No hay restricción de tipo empresarial en la base de datos.
- La flexibilidad permite cualquier modelo de negocio.

2.3.2 Sistema de Roles Unificado

El sistema define CINCO roles totales, clasificados en dos categorías según la siguiente tabla:

Tabla 1. Sistema de Roles Empresariales

Rol	Alcance	Asignación	Entidades	Descripción
Superadministrador	Toda empresa	la NO (ve automáticamente)	todo	Creador de la empresa, control absoluto
Comercial	Toda empresa	la NO (ve automáticamente)	todo	Acceso transversal información comercial
Roles Operativos (Alcance por Asignación)				
Rol	Alcance	Asignación	Entidades	Descripción
Administrador	Entidades asignadas	SÍ (múltiples posibles)	entidades	Gestiona entidades específicas
Técnico	Entidades asignadas	SÍ (múltiples posibles)	entidades	Opera técnicamente en entidades asignadas
Operario	Entidades asignadas	SÍ (múltiples posibles)	entidades	Ejecuta tareas en entidades asignadas

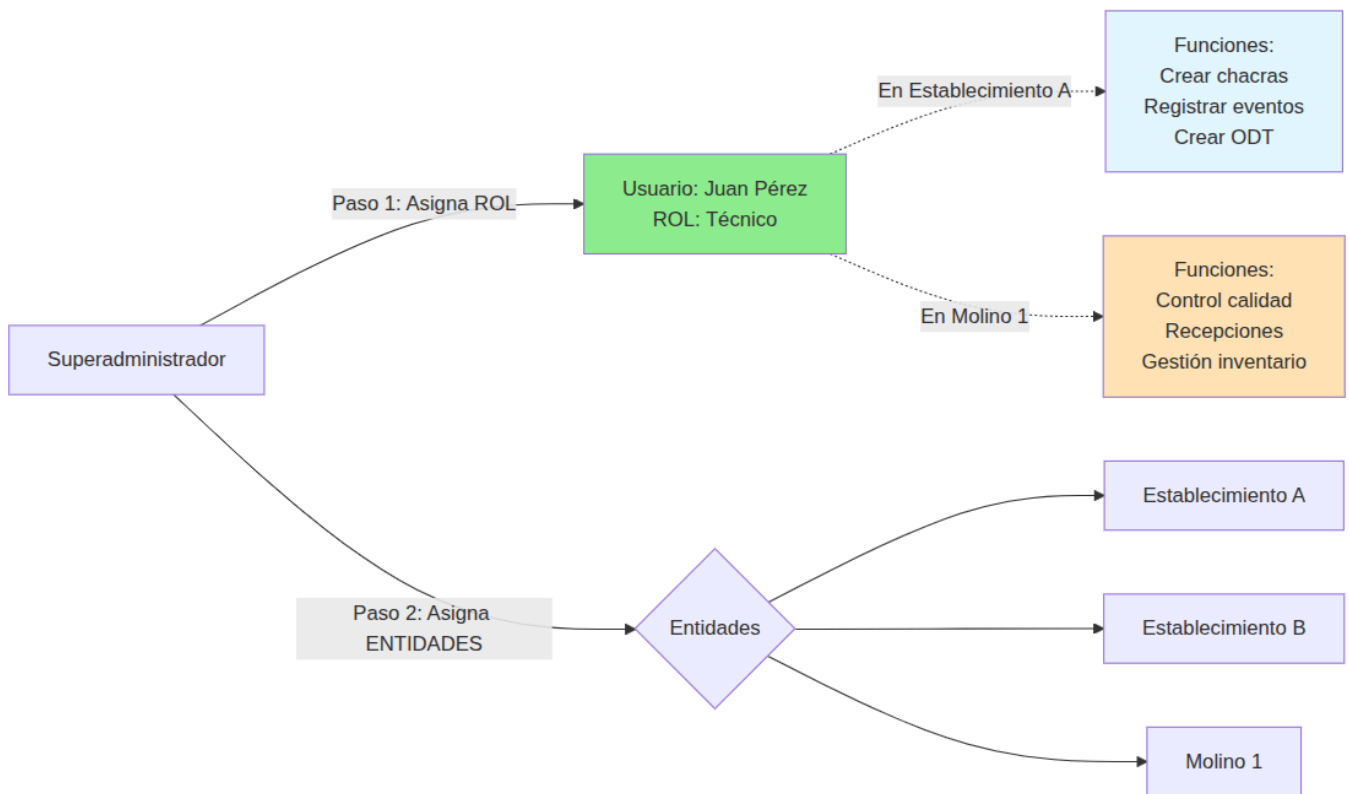
Nota crítica: Un mismo rol (ej: Técnico) se comporta diferente según el tipo de entidad:

- En **Establecimiento** → funciones agrícolas (crear chacras, registrar eventos, etc.)
- En **Molino** → funciones industriales (recepciones, control calidad, etc.)

2.3.3 Mecanismo de Asignación de Roles

La creación de roles se explica así: Superadministrador crea un nuevo usuario y le asigna un ROL específico, como "Técnico". Posteriormente, el Superadministrador debe asignar las ENTIDADES con las que trabajará el usuario, por ejemplo, "Establecimiento A" y "Molino 1". Finalmente, el sistema ajusta los menús y funciones que se muestran al usuario basándose en la entidad seleccionada para el trabajo en curso. La siguiente figura ilustra el proceso.

Figura 4. Mecanismo de asignación de roles



Flujo:

1. Superadministrador crea usuario y asigna un ROL (ej: "Técnico")
2. Superadministrador asigna ENTIDADES al usuario (ej: Establecimiento A, Molino 1)
3. El sistema muestra al usuario diferentes menús/funciones según dónde esté trabajando

2.3.4 Sistema de Representación (*Nueva Funcionalidad*)

Problema resuelto: Empresas grandes (molinos integrados) necesitan gestionar establecimientos de productores pequeños que no quieren/pueden usar el sistema.

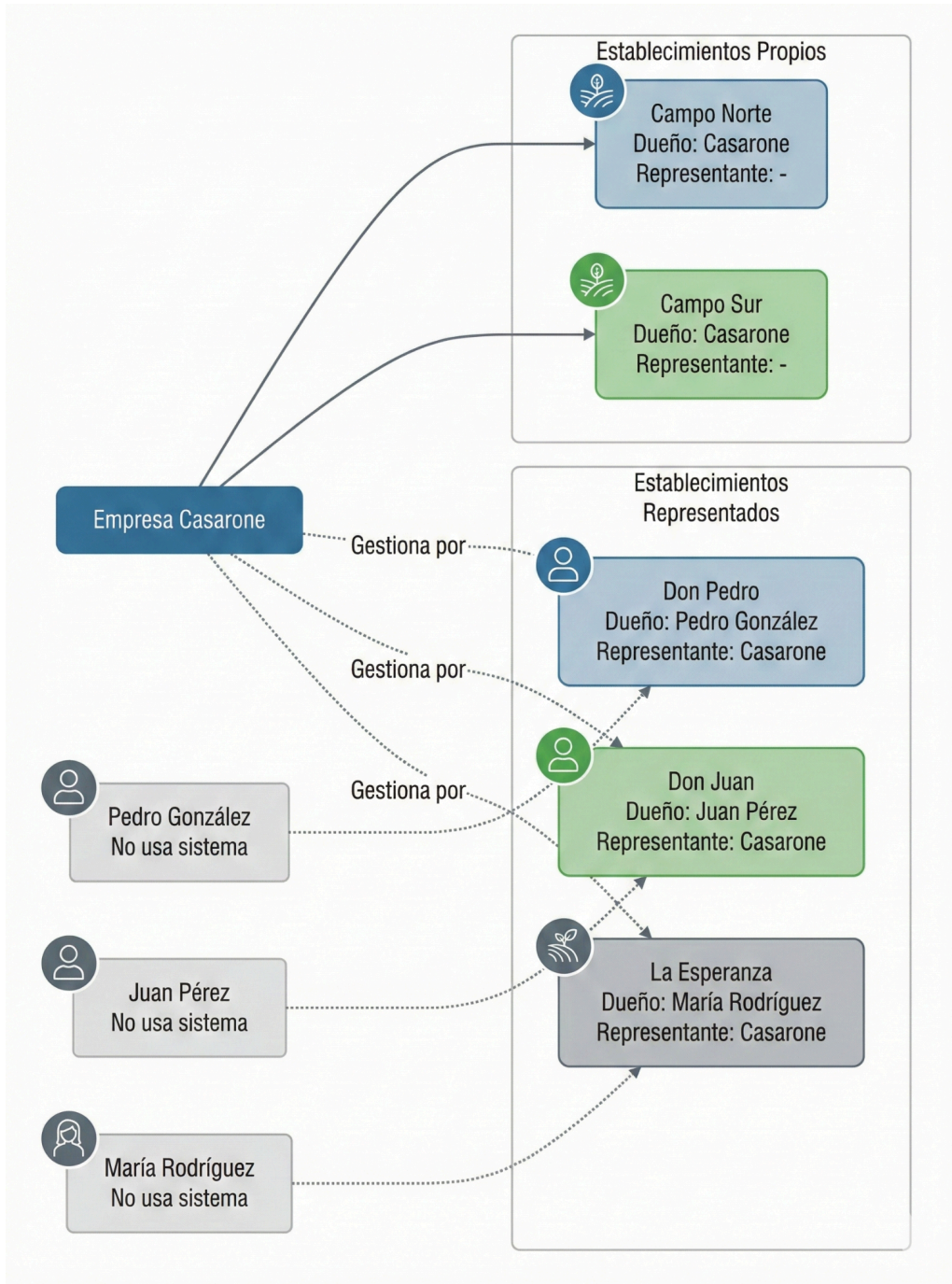
Concepto de "Representación"

Un establecimiento tiene:

- **UN DUEÑO** (empresa_duena_id): Propietario legal real.
- **UN REPRESENTANTE** (empresa_representante_id - opcional): Quien gestiona operativamente.

A continuación se ilustra el flujo de creación de establecimiento representado.

Figura 5. Flujo de Creación de Establecimiento Representado



A continuación, se ilustra un caso de uso hipotético: Casarone administra 50 pequeños productores que se resisten a utilizar el sistema.

Figura 6. Caso de uso hipotético en Casarone

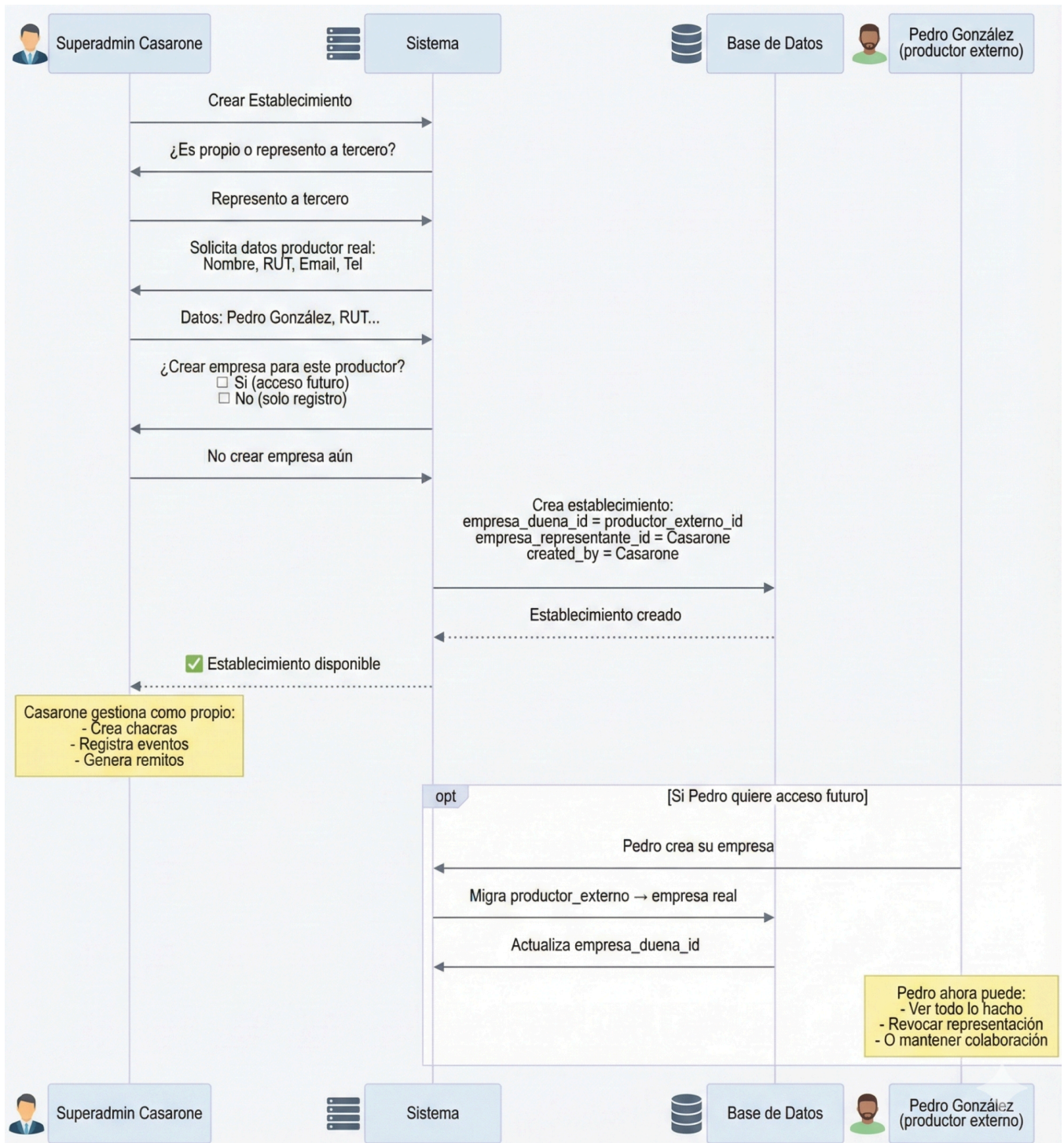


Tabla 2. Permisos en Representación

Acción	Empresa Dueña	Empresa Representante	Observaciones
Ver establecimiento	✓	✓	Ambos acceden
Crear/editar chacras	✓	✓	Gestión compartida
Registrar eventos	✓	✓	Gestión compartida
Crear remitos	✓	✓	Gestión compartida
Revocar representación	✓	✗	Solo dueño puede revocar
Eliminar establecimiento	✓	✗	Solo dueño puede eliminar
Transferir propiedad	✓	✗	Solo dueño decide

2.3.5 Sistema de COMPARTIR entre Empresas

A diferencia de la “Representación”, “Compartir” es para empresas ACTIVAS que colaboran temporalmente.

Figura 7. Sistema para Compartir Información entre Empresas

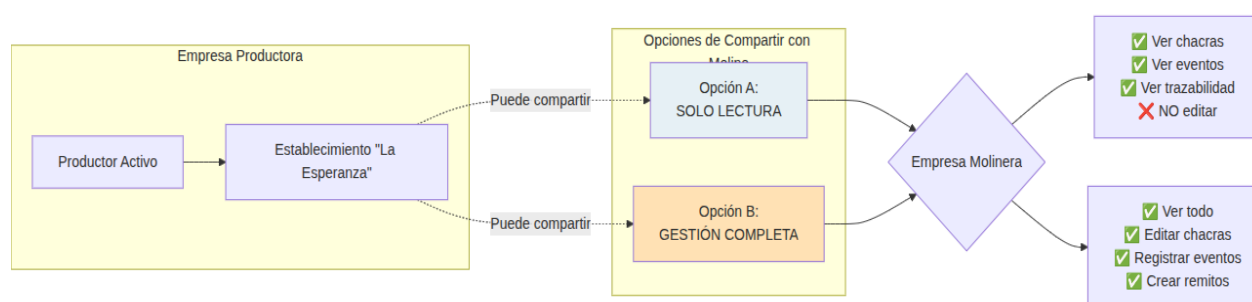


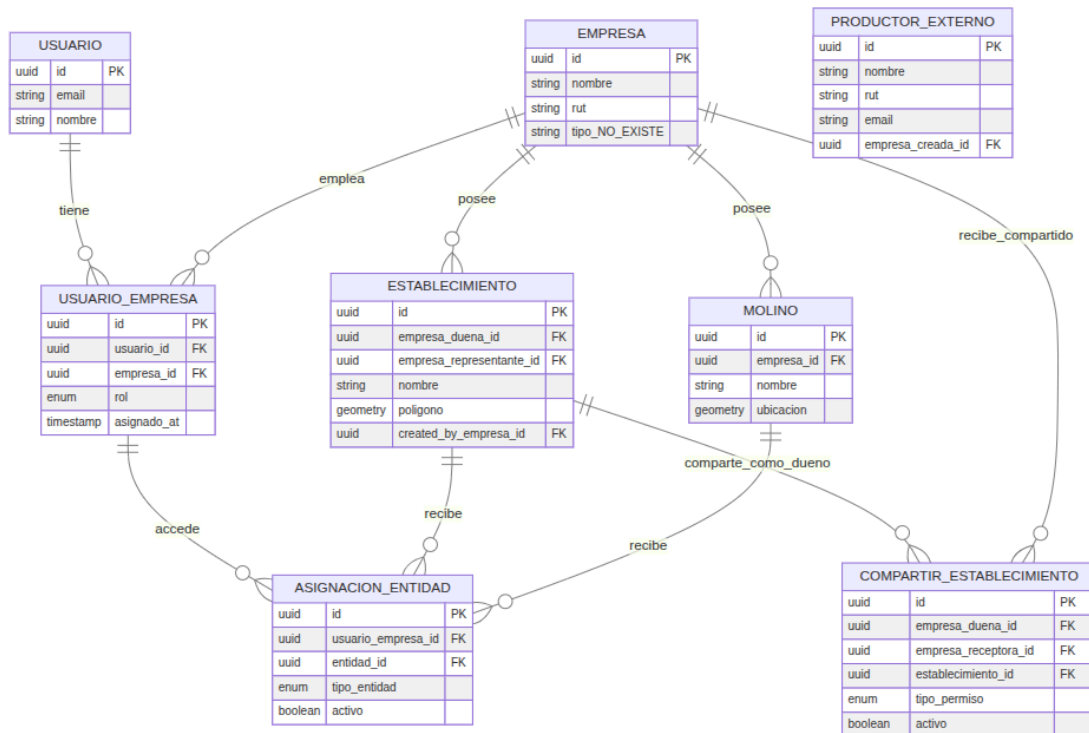
Tabla 3. Comparativa de “Representación” y “Compartir”

Característica	REPRESENTACIÓN	COMPARTIR
Iniciador	Representante crea el establecimiento	Dueño comparte algo existente
Dueño	Productor externo (puede no tener cuenta)	Productor activo con cuenta
Permisos	Casi totales (excepto eliminar)	Configurables (lectura o gestión)
Caso de uso	Molino gestiona por productores sin sistema	Productores colaboran con molinos
Reversibilidad	Dueño puede revocar cuando quiera	Dueño puede revocar cuando quiera
Número típico	Casaroné representa 50 productores	Productor comparte con 2-3 molinos

2.3.6 Modelo de Datos del Sistema de Usuarios

La siguiente figura ilustra el sistema de usuarios sugerido.

Figura 8. Sistema de Usuarios



Nota: PRODUCTOR_EXTERNO es una tabla auxiliar para productores que aún no tienen cuenta en el sistema. Este diseño es un EJEMPLO, no tomarlo literal. Se puede hacer diferente.

2.3.7 Matriz Unificada de Permisos

Se sugiere un nuevo sistema de roles más simplificados que mantiene todas las funcionalidades al dividir las funciones también por tipo de contexto.

Tabla 4. Modelo Simplificado de Permisos por Rol

Funcionalidad	Superadmin	Comercial	Admin	Técnico	Operario	Contexto
Gestionar empresa	✓	✗	✗	✗	✗	Empresa
Asignar roles	✓	✗	✗	✗	✗	Empresa
Crear establ./molinos	✓	✗	✗	✗	✗	Empresa
Gestionar representación	✓	✗	✗	✗	✗	Empresa
Gestionar compartir	✓	✗	✓	✗	✗	Establecimiento
Ver toda información	✓	✓	● Asignado	● Asignado	● Asignado	Empresa/Entidad
Crear/editar chacras	✓	✗	✓	✓	✗	Establecimiento
Registrar eventos, y ODT	✓	✗	✓	✓	✗	Establecimiento
Ejecutar ODT	✓	✓	✓	✓	✓	Establecimiento
Generar remitos	✓	✗	✓	● Permiso	● Permiso	Establecimiento/Molino
Gestionar recepciones	✓	✗	✓	✓	✓	Molino
Control calidad	✓	✗	✓	✓	✓	Molino
Órdenes de venta	✓	✓	✓	✗	✗	Molino
Gestionar inventario	✓	✓	✓	✗	✗	Molino

Leyenda: ✓ Acceso completo | ✗ Sin acceso | ● Acceso limitado/condicional

Control de calidad, e inventarios, son procesos internas del molino que no competen al sistema ahora, pero que podrían existir en iteraciones futuras

2.3.8 Casos de Uso Completos

A continuación, se presentan ejemplos que cubren todos los posibles casos de uso para el nuevo diseño.

Caso 1: Empresa Integrada Verticalmente

Empresa: Molino Hipotético

└─ ESTABLECIMIENTOS PROPIOS (3)

| └─ Campo Norte (empresa_duena_id = Casarone, empresa_representante_id = NULL)

| └─ Campo Sur (empresa_duena_id = Casarone, empresa_representante_id = NULL)

| └─ La Esperanza (empresa_duena_id = Casarone, empresa_representante_id = NULL)

|

└─ ESTABLECIMIENTOS REPRESENTADOS (50)

| — Don Pedro (empresa_duena_id = Pedro González, empresa_representante_id = Casarone)
| — Don Juan (empresa_duena_id = Juan Pérez, empresa_representante_id = Casarone)
| — ... (48 más)
|
| — MOLINOS (2)
| — Molino Treinta y Tres
| — Molino Rocha

USUARIOS:

- Juan Rodríguez → ROL: Técnico → ASIGNADO: 53 establecimientos (propios + representados)
- María López → ROL: Operario → ASIGNADO: Molino Treinta y Tres
- Carlos Gómez → ROL: Comercial → ACCEDE: Todo automáticamente

Experiencia de Juan (Técnico):

- Ver lista unificada de 53 establecimientos
- NO ve diferencia visual entre propios y representados
- Trabaja normalmente: crea chacras, registra eventos, planifica
- Sistema automáticamente registra que acciones las hizo Casarone

Caso 2: Productor que Migra a Autonomía

Situación inicial:

Establecimiento "Don Pedro"

| — empresa_duena_id = productor_externo_id (Pedro González sin cuenta)
| — empresa_representante_id = Casarone
| — created_by_empresa_id = Casarone

Pedro decide usar el sistema:

1. Pedro crea su empresa en el sistema
2. Sistema detecta que existe productor_externo con su RUT
3. Sistema ofrece migración:
 - Convierte productor_externo → empresa
 - Actualiza empresa_duena_id → nueva empresa de Pedro
4. Pedro decide:
 - **Opción A:** Revocar representación (gestiona solo)

- **Opción B:** Mantener representación (Casarone sigue ayudando)
- **Opción C:** Cambiar a sistema "Compartir" (lectura o gestión completa)

Caso 3: Productor Activo que Comparte

Empresa: Estancia San Jorge (productor grande)

- └─ Establecimientos (15)
 - └─ Todos gestionados por ellos mismos
- └─ COMPARTIDOS CON:
 - └─ Casarone: Lectura (para trazabilidad)
 - └─ Saman: Gestión Completa (técnico del molino ayuda)

2.3.10 Ventajas del Modelo Unificado

A. Resuelve tu caso de uso principal

- Casarone puede crear 50 establecimientos de terceros
- Los gestiona como si fueran propios
- Queda claro quién es el dueño real

B. Mantiene la simplicidad

- Un establecimiento tiene max 2 empresas asociadas (dueño + representante)
- No hay niveles complejos de permisos
- Lógica fácil de entender

C. Permite evolución natural

- Si Don Pedro más adelante quiere usar el sistema:
 - Ya tiene su empresa creada (o se crea)
 - Puede revocar la representación de Casarone
 - O mantenerla y empezar a ver lo que hacen

D. Trazabilidad transparente

- Cuando un cliente final escanea QR, ve:
 - Origen: Establecimiento "Don Pedro"
 - Productor: Pedro González
 - Gestionado por: Casarone

2.4 Requerimientos Funcionales

Los requerimientos se clasifican según **tres niveles de prioridad** ordenados de mayor a menor importancia:

2.4.1 Gestión de Establecimientos y Chacras

Tabla 5. Requerimientos funcionales para gestión de establecimientos y chacras (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF-EC-01	Registro de establecimientos	El sistema permitirá crear establecimientos rurales con datos básicos (nombre, dirección, propietario, RUT, coordenadas referencia). Admin puede editar todo, técnico no elimina establecimiento ni cambia info básica, operario sólo visualización. Soporte multi-establecimiento por usuario.	Alta
RF-EC-02	Registro de chacras	Crear y gestionar chacras con delimitación geográfica mediante polígonos precisos, múltiples vértices, geometrías complejas.	Alta
RF-EC-03	Cálculo automático de áreas	Cálculo automático área de chacras basado en polígonos, medidas en hectáreas con precisión decimal y validación consistencia geométrica.	Alta
RF-EC-00	Validación geoespacial	Validación automática consistencia geoespacial de polígonos, detectando superposiciones e inconsistencias.	Alta
RF-EC-06	Visualización en mapa	Visualización interactiva en mapa con zoom, pan, medición distancias, superposición capas temáticas.	Media
RF-EC-05	Histórico cambios límites	Registro histórico completo de cambios en límites para trazabilidad temporal (fechas, responsables, justificaciones).	Media
RF-EC-09	Preparación estándares internacionales	Compatibilidad con estándares internacionales (GlobalGAP, GFSI, ISO 22005) para certificaciones futuras.	Media
RF-EC-04	Subdivisión de chacras	Subdividir chacras en secciones menores para manejo diferenciado, manteniendo vinculación con chacra original.	Media
RF-EC-01	Importación de datos geoespaciales	Importar datos de chacras desde archivos estándar (Shapefile, KML, GeoJSON).	Baja
RF-EC-02	Generación de mapas temáticos	Mapas temáticos mostrando productividad, calidad, huella de carbono por chacra mediante codificación colores.	Baja
RF-EC-07	Registro de características suelo	Registrar características suelo por chacra (tipo, pH, materia orgánica) superponiendo polígonos con mapas de suelos, guardando análisis (JSON).	Baja
RF-EC-08	Integración de sensores IoT	Integración futura con sensores de chacra para captura automática de datos ambientales (humedad, temperatura, nutrientes).	Baja

Tabla 6. Requerimientos funcionales para sistema de representación

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RFEM-01	Creación de establecimiento representado	Permitir a Superadmin crear establecimiento especificando que representa a terceros. Solicitar datos del productor real (nombre, RUT, email, teléfono). Opción de crear empresa futura o solo registro externo.	Alta
RFEM-02	Gestión dual de propiedad	El Sistema debe distinguir entre empresa_duena (propietario real) y empresa_representante (quien gestiona). Mostrar claramente en interfaz esta distinción.	Alta
RFEM-03	Tabla productor externo	Mantener registro de productores sin cuenta del sistema: nombre, RUT, contacto, autorización representación. Preparar migración futura a empresa real.	Alta
RFEM-04	Permisos representante	El Representante tiene permisos casi totales EXCEPTO: eliminar establecimiento, transferir representación, cambiar empresa dueña. Solo el dueño puede estas acciones.	Alta
RFEM-0	Visualización unificada	Para representante, mostrar establecimientos propios y	Alta

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
5		representados en lista unificada con indicador visual claro del tipo (propio/representado).	
RFEM-06	Migración a autonomía	Flujo completo cuando productor externo crea cuenta: detectar RUT existente, ofrecer migración, convertir productor_externo → empresa, mantener historial completo.	Media
RFEM-07	Revocar representación	El dueño puede revocar representación en cualquier momento. Sistema notifica a representante, transfiere acceso completo a dueño, opcionalmente convierte a sistema "Compartir".	Media
RFEM-08	Auditoría representación	Registrar todas acciones realizadas por representante con metadata: empresa que ejecutó, fecha, contexto. Dueño puede consultar historial completo.	Media
RFEM-09	Notificaciones productor externo	a Enviar notificaciones periódicas a productor externo (email) sobre actividades en su establecimiento: eventos registrados, cosechas, etc.	Baja
RFEM-10	Dashboard representación	Panel específico para gestionar establecimientos representados: lista productores, estado cuentas, invitaciones pendientes, estadísticas.	Baja

2.4.2 Planificación y Gestión de Cultivos

Tabla 7. Requerimientos funcionales para planificación y gestión de cultivos (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF-PL-01	Creación planes cultivo	Definir planes detallados por chacra (variedades, fechas clave, estimaciones, cronograma actividades basado en mejores prácticas).	Alta
RF-PL-02	Registro eventos	Registrar eventos críticos (siembra, fertilización, riego, aplicaciones, fenológicos) asociados a chacra con geolocalización precisa. Los eventos pueden originarse de ODT ejecutadas o registrarse directamente.	Alta
RF-PL-01	Gestión órdenes de trabajo	Crear ODT, asignar a operarios, recibir informes de ejecución, registrar cumplimiento y transformar automáticamente en eventos al completarse.	Alta
RF-PL-05	Seguimiento cronograma	Comparar planificado vs. ejecutado, identificar desviaciones, calcular impactos rendimiento, alertas actividades atrasadas.	Media
RF-PL-06	Estimación rendimientos	Registrar estimaciones rendimiento en diferentes etapas, actualizar conforme avanza ciclo, comparar con históricos.	Media
RF-PL-04	Programación actividades	Programar actividades futuras basadas en cronogramas agronómicos, asignar responsables, generar notificaciones vencimientos.	Media
RF-PL-03	Asociación insumos	Asociar insumos utilizados (semillas, fertilizantes, pesticidas) a eventos con cantidades exactas, características técnicas, proveedores.	Media
RF-PL-08	Templates planificación	Templates predefinidos basados en variedades, zonas agroecológicas, sistemas de cultivo.	Baja
RF-PL-07	Notificaciones actividades	Notificar automáticamente sobre actividades próximas/atrasadas (email, SMS, push, WhatsApp).	Baja
RF-PL-09	Análisis desviaciones	Analizar desviaciones planificado-ejecutado, identificar patrones, recomendaciones mejora continua.	Baja
RF-PL-10	Integración climática	Integrar datos climáticos para ajustar cronogramas según condiciones meteorológicas, alertas riesgos climáticos.	Baja

2.4.3 Cosecha y Transporte

Tabla 8. Requerimientos funcionales para cosecha y transporte (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF-CT-02	Generación remitos digitales	Generar remitos digitales únicos con códigos QR para cada carga (origen, destino, producto, estimación peso).	Alta
RF-CT-01	Inicio cosecha	Registrar inicio cosecha en chacra específica (fecha, hora, cosechadora, operador, condiciones iniciales).	Alta
RF-CT-04	Registro camiones	Registrar camiones transportistas asociados a remitos (matrícula, conductor, empresa, capacidad carga).	Alta
RF-CT-05	Registro datos básicos transporte	Registrar origen exacto (coordenadas chacra), destino (coordenadas molino), hora salida, conductor para cada carga.	Alta
RF-CT-03	Identificación georreferenciada	Identificar automáticamente chacra cosechada mediante geolocalización, validar contra polígonos registrados.	Media
RF-CT-07	Gestión múltiples cargas	Gestionar cargas simultáneas desde diferentes secciones, mantener trazabilidad individual, consolidación lotes.	Media
RF-CT-08	Validación pesos estimados	Validar pesos estimados contra capacidades camión y rendimientos históricos, alertar inconsistencias.	Media
RF-CT-09	Gestión contingencias	Gestionar situaciones excepcionales (averías, cambios destino, divisiones carga) manteniendo trazabilidad.	Media
RF-CT-06	Seguimiento transporte GPS	Registrar ubicación camiones durante transporte, calcular tiempos viaje, estimar llegadas.	Baja
RF-CT-10	Integración maquinaria	Integración futura con sistemas GPS cosechadoras para captura automática datos rendimiento/ubicación.	Baja

2.4.4 Recepción y Gestión en Molino

Tabla 9. Requerimientos funcionales para recepción y gestión en molino (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF-SL-01	Lectura remito digital	Identificación rápida camiones mediante lectura códigos QR, mostrar automáticamente información origen y producto.	Alta
RF-SL-02	Registro peso	Registrar peso bruto, tara, peso neto con validación automática contra estimaciones y alertas discrepancias.	Alta
RF-SL-08	Validación disponibilidad	Validar disponibilidad espacio en silos antes confirmar recepción, evitar problemas almacenamiento.	Alta
RF-SL-04	Asignación almacenamiento lugar	Asignar cada carga a ubicación específica (silo, celda, sector), inventario tiempo real.	Media
RF-SL-03	Registro calidad parámetros	Registrar parámetros críticos (humedad, impurezas, granos partidos, rendimiento industrial) con validación rangos.	Media
RF-SL-06	Registro movimientos internos	Registrar transferencias entre ubicaciones dentro de planta, trazabilidad movimientos internos.	Media
RF-SL-09	Gestión rechazos	Gestionar cargas rechazadas por calidad (motivos, destino alternativo, trazabilidad conflictos).	Media
RF-SL-10	Consolidación lotes	Consolidar múltiples cargas en lotes comerciales manteniendo trazabilidad orígenes componentes.	Media
RF-SL-05	Notificación al productor	Notificar automáticamente recepción exitosa (peso final, parámetros calidad, ubicación almacenamiento).	Baja
RF-SL-07	Integración balanzas automáticas	Integración directa balanzas digitales para captura automática peso, eliminar errores transcripción.	Baja
RF-SL-11	Captura automática parámetros calidad	Integración equipos automáticos medición humedad/impurezas con respaldo manual.	Baja
RF-SL-12	Reportes recepción	Generar reportes automáticos recepción (resúmenes calidad, comparaciones entregas previas, recomendaciones).	Baja

2.4.5 Gestión de Órdenes de Venta

Tabla 10. Requerimientos funcionales para gestión de órdenes de venta (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF-OV-01	Generación QR orden venta	Generar QR único en momento orden venta identificando lote completo, permitiendo trazabilidad hacia comprador final.	Alta
RF-OV-02	Vinculación silos origen	Vincular automáticamente QR con silos específicos de origen manteniendo proporción de cada origen.	Alta
RF-OV-03	Trazabilidad hacia atrás desde venta	Rastrear desde QR venta hacia origen producción específico (todas chacras contribuyentes, historiales productivos).	Alta
RF-OV-08	Validación disponibilidad	Validar disponibilidad del producto en silos antes confirmar órdenes, evitar sobreventa.	Alta
RF-OV-07	Análisis composición lotes	Análisis detallado composición lotes venta mostrando contribución porcentual diferentes orígenes.	Media
RF-OV-04	Registro datos venta	Registrar datos completos orden de venta (cantidad, calidad, destino, comprador, precio, certificaciones).	Media
RF-OV-05	Generación documentación	Generar automáticamente documentación trazabilidad para compradores (certificados origen, reportes calidad, sostenibilidad).	Media
RF-OV-06	Gestión certificaciones	Gestionar requerimientos de certificación por comprador/mercado (GlobalGAP, orgánico, comercio justo, carbono neutro).	Baja

2.4.6 Trazabilidad y Reportes

Tabla 11. Requerimientos funcionales para trazabilidad y reportes (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF-TR-01	Trazabilidad hacia atrás	Identificar origen completo (chacra, productor, fecha siembra, variedad, insumos) de cualquier lote almacenado/vendido.	Alta
RF-TR-03	Reporte trazabilidad completo	Generar reportes detallados trazabilidad para cualquier lote incluyendo timeline completo siembra-venta.	Alta
RF-TR-09	Búsqueda avanzada	Capacidades búsqueda avanzada con múltiples filtros para localización rápida información específica.	Alta
RF-TR-06	Exportación datos	Exportar reportes en formatos estándar (Excel, CSV, PDF, XML) con templates personalizables.	Media
RF-TR-10	Reportes regulatorios	Generar reportes específicos cumplimiento regulaciones nacionales/internacionales trazabilidad alimentaria.	Media
RF-TR-02	Trazabilidad hacia adelante	Identificar destino completo (silo, lote comercial, comprador final) de producción cualquier chacra específica.	Media
RF-TR-08	Visualizaciones gráficas	Visualizaciones avanzadas (mapas de calor, gráficos temporales, dashboards interactivos).	Baja
RF-TR-07	Análisis comparativo	Comparar rendimientos, calidad, sostenibilidad entre diferentes entidades mediante visualizaciones interactivas.	Baja
RF-TR-04	Reportes producción	Reportes comprensivos producción por chacra/variedad/productor/región con análisis tendencias temporales.	Baja
RF-TR-05	Reporte eventos	Reportes detallados eventos registrados por chacra en períodos específicos (insumos aplicados, condiciones ambientales).	Baja

2.4.7 Cálculo de Huella de Carbono

Tabla 12. Requerimientos funcionales para cálculo de huella de carbono (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF-HC-01	Recopilación automática datos	Recopilar automáticamente datos necesarios cálculo huella carbono desde información trazabilidad existente.	Alta
RF-HC-08	Integración estándares internacionales	Compatibilidad con estándares internacionales (ISO 14067, PAS 2050, GHG Protocol Product Standard).	Alta
RF-HC-02	Cálculo automático huella carbono	Calcular automáticamente huella carbono por lote/chacra/periodo usando metodologías internacionalmente reconocidas.	Media
RF-HC-03	Factores emisión configurables	Configurar y actualizar factores de emisión para diferentes actividades/insumos según metodologías específicas.	Media
RF-HC-04	Reporte huella carbono	Generar reportes detallados huella carbono con desglose categorías emisión y comparaciones benchmarking.	Media
RF-HC-06	Certificación sostenibilidad	Generar documentación necesaria certificaciones sostenibilidad internacionales con verificación de datos.	Media
RF-HC-05	Comparación huella carbono	Comparar huella carbono entre diferentes entidades para identificar mejores prácticas.	Baja
RF-HC-07	Análisis mitigación	Análisis oportunidades mitigación emisiones simulando impactos diferentes prácticas manejo.	Baja

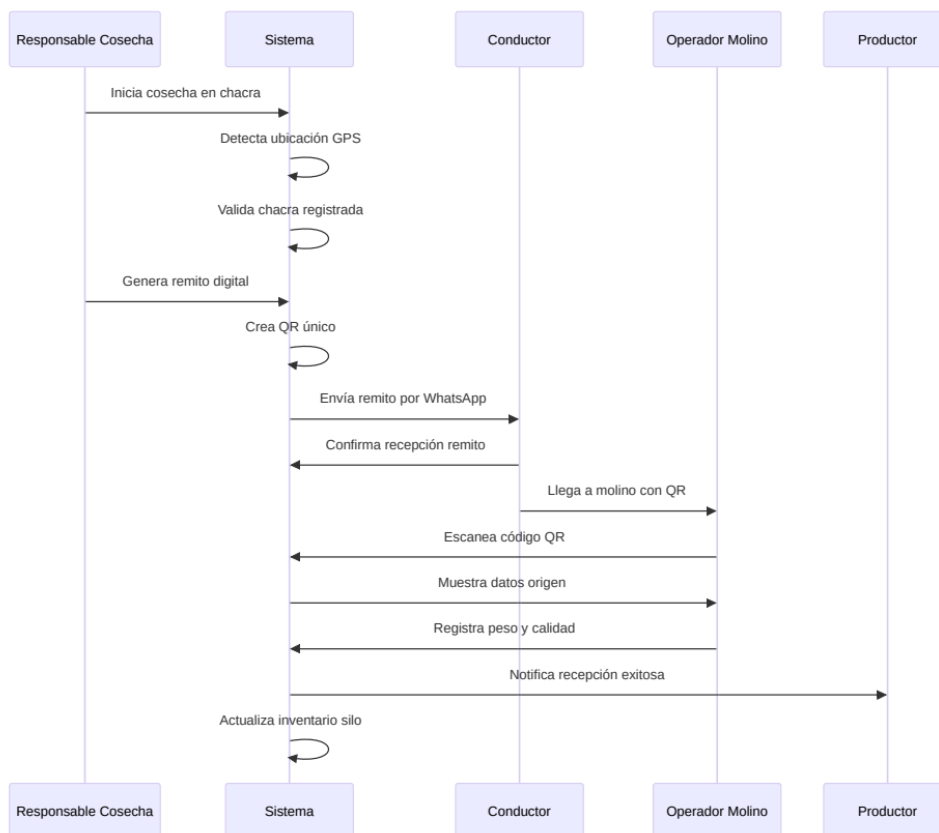
2.5 Casos de Uso Principales

2.5.1 Caso de Uso: Proceso Completo de Cosecha

Actores: Responsable de Cosecha, Conductor de Camión, Operador de Molino.

Flujo Principal:

Figura 9. Flujo de proceso completo de cosecha



2.5.2 Caso de Uso: Consulta de Trazabilidad por Cliente

Actores: Cliente Final (no usuario), Sistema

Flujo:

1. **Consulta inicial:** Cliente escanea QR del lote adquirido o accede por link/token.
2. **Validación acceso:** Sistema verifica permisos para información específica.
3. **Generación timeline:** Sistema construye línea temporal completa.
4. **Mostrar información:** Display de toda la cadena de trazabilidad.

Información Mostrada:

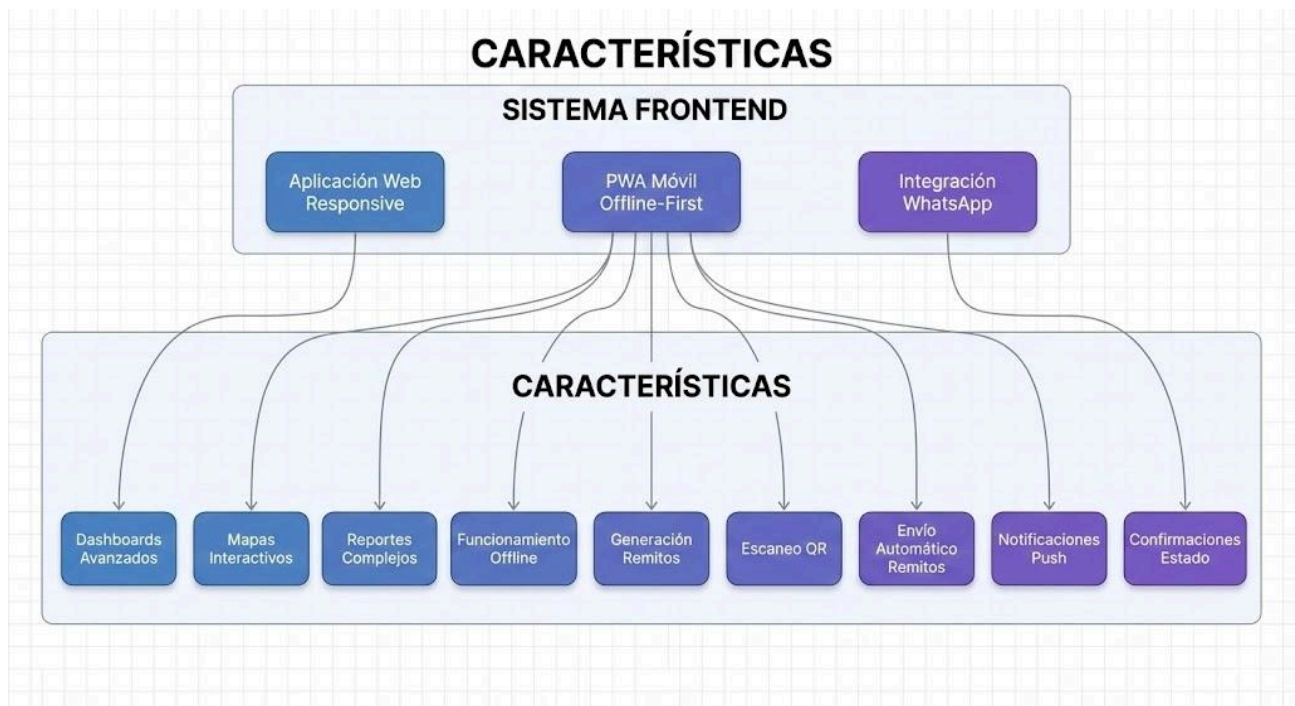
- Chacra de origen con coordenadas GPS exactas.
- Variedad de arroz y fecha de siembra.
- Cronograma de actividades ejecutadas.
- Parámetros de calidad en recepción.
- Cálculo automático de huella de carbono.
- Certificaciones aplicables.

3. Requerimientos del Frontend

3.1 Arquitectura de Componentes

El frontend se estructura en **tres componentes integrados**:

Figura 10. Arquitectura de componentes del frontend



3.2 Requerimientos por Componente

3.2.1 Interfaz Web Principal

Tabla 13. Requerimientos funcionales para interfaz web (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF-WEB-01	Dashboard personalizable	Dashboards adaptados por rol con KPIs específicos y accesos rápidos a funciones frecuentes por tipo de usuario.	Alta
RF-WEB-02	Mapas interactivos	Visualización chacras en mapas con zoom, pan, medición, superposición capas temáticas, selección múltiple elementos.	Alta
RF-WEB-03	Gestión visual chacras	Crear/editar polígonos chacras directamente en mapa con herramientas dibujo precisas, validación geométrica, cálculo automático áreas.	Alta
RF-WEB-04	Formularios inteligentes	Formularios convalidación tiempo real, autocompletado histórico, campos dependientes que se adaptan.	Alta
RF-WEB-05	Visualización trazabilidad	Consultar/visualizar cadena completa trazabilidad mediante timelines interactivos, diagramas flujo, mapas origen.	Alta
RF-WEB-08	Búsqueda global	Buscador global inteligente para chacras, remitos, silos, órdenes venta mediante texto libre o filtros específicos.	Alta
RF-WEB-07	Gestión usuarios	Interfaz completa administración usuarios, roles, permisos granulares, monitoreo actividad sistema.	Media
RF-WEB-06	Reportes interactivos	Generación/visualización reportes con gráficos dinámicos, filtros interactivos, drill-down, capacidades exportación.	Media

3.2.2 Aplicación PWA Móvil

Tabla 14. Requerimientos funcionales para PWA móvil (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF-PWA-01	Funcionamiento offline	PWA debe funcionar completamente sin conexión para funciones críticas con sincronización inteligente posterior.	Alta
RF-PWA-02	Generación remitos	Interfaz simplificada para generar remitos desde chacra con mínimo pasos y validación automática datos.	Alta
RF-PWA-03	Escaneo QR	Escanear códigos QR para recepción molinos con reconocimiento rápido y mostrado automático información relevante.	Alta
RF-PWA-06	Sincronización inteligente	Priorización automática datos críticos para sincronización con resolución automática conflictos menores.	Alta
RF-PWA-04	Geolocalización automática	Detección automática ubicación para asociar eventos con chacras específicas, validación contra polígonos registrados.	Media
RF-PWA-05	Registro eventos móvil	Formularios optimizados registro rápido eventos chacra con opciones predefinidas y captura fotografías.	Baja

3.2.3 Integración WhatsApp

Tabla 15. Requerimientos funcionales para integración WhatsApp (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF-WA-01	Envío remitos	Envío automático remitos por WhatsApp al generar desde sistema (código QR, información básica carga).	Alta
RF-WA-02	Notificaciones recepción	Confirmaciones recepción molino via WhatsApp con resumen peso, calidad, ubicación almacenamiento.	Media
RF-WA-04	Compartir trazabilidad	Compartir información resumida trazabilidad via WhatsApp para comunicación compradores/auditores.	Baja

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF-WA-03	Alertas personalizadas	Configuración alertas específicas para cada usuario según intereses y responsabilidades en sistema.	Baja

3.3 Requerimientos No Funcionales Frontend

3.3.1 Usabilidad y Experiencia de Usuario

Tabla 16. Requerimientos no funcionales de usabilidad (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RNF-UX-04	Idioma español	Interfaz completamente español rioplatense con terminología agropecuaria local apropiada.	Alta
RNF-UX-05	Curva aprendizaje	Usuario nuevo realizar tareas básicas después máximo 30 minutos capacitación.	Alta
RNF-UX-02	Tiempo carga	Páginas principales cargar <3s en conexiones 3G, indicadores progreso para operaciones lentas.	Media
RNF-UX-03	Navegación intuitiva	Máximo 3 clics para cualquier funcionalidad principal, breadcrumbs claros, navegación contextual.	Media
RNF-UX-01	Diseño responsive	Adaptación automática pantallas 320px (móviles) hasta 1920px (desktop) manteniendo funcionalidad completa.	Media

3.3.2 Rendimiento y Compatibilidad

Tabla 19. Requerimientos no funcionales de rendimiento (ordenados por prioridad)

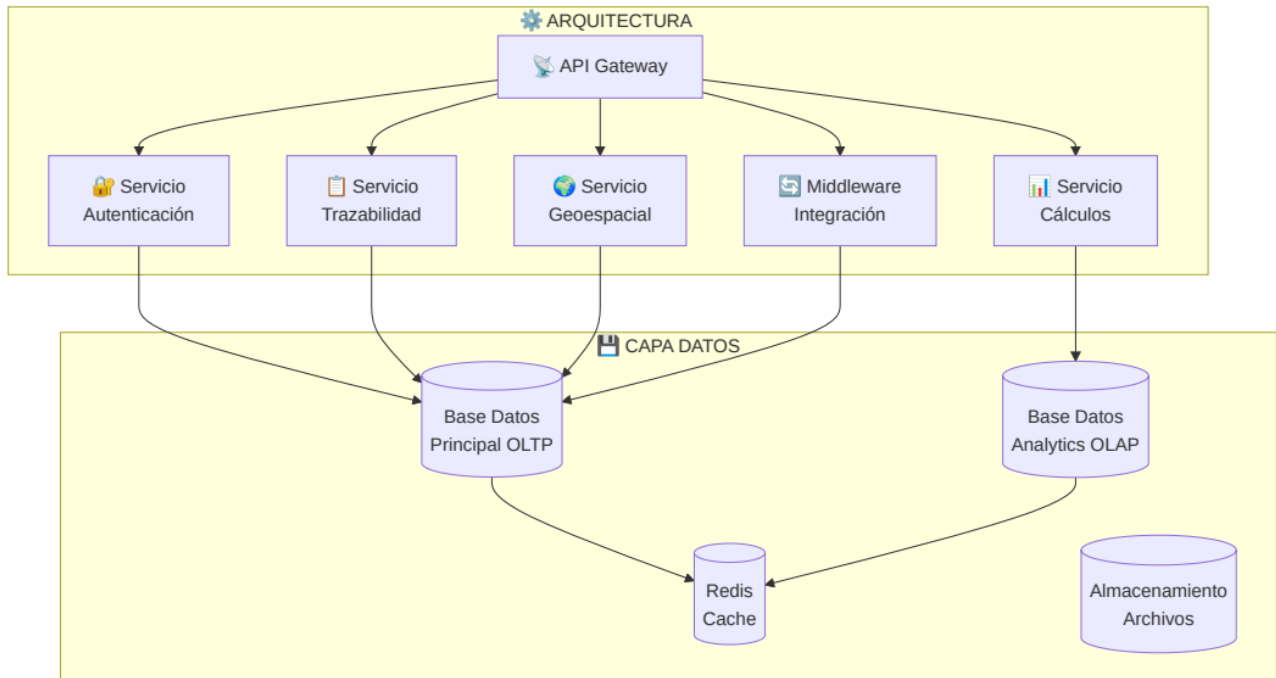
ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RNF-PE-01	Optimización móviles	PWA funcionar fluidamente dispositivos mínimo 2GB RAM, procesadores gama media.	Alta
RNF-PE-02	Navegadores modernos	Soporte completo Chrome 90+, Firefox 88+, Safari 14+, Edge 90+ con degradación elegante.	Alta
RNF-PE-03	Sistemas operativos móviles	Funcionamiento completo Android 8+ e iOS 12+ con optimizaciones específicas cada plataforma.	Alta
RNF-PE-04	Funcionamiento offline	Funcionalidades críticas disponibles sin conexión con sincronización automática al recuperar conectividad.	Media

4. Requerimientos del Backend

4.1 Arquitectura General

El backend adopta una **arquitectura de microservicios moderna** que proporciona:

Figura 11. Arquitectura general del backend



4.2 Sistema de Datos Híbrido

4.2.1 Sistema Principal (OLTP)

Tabla 20. Sistema de de Procesamiento de Transacciones En Línea

Componente	Tecnología	Propósito
Base Relacional	PostgreSQL nativo	Relaciones complejas chacra→lote→remito→silo→venta
Datos Variables	JSONB	Eventos trazabilidad, datos variables calidad
Datos Geoespaciales	PostGIS	Polígonos chacras, coordenadas geográficas
Seguridad	Row Level Security	Control granular por molino/productor
APIs	REST automática	Integración sistemas molinos

4.2.2 Sistema Analítico (OLAP) - Base Separada

Tabla 21. Sistema de Procesamiento Analítico en Línea

Componente	Tecnología	Propósito
Motor OLAP	PostgreSQL + Citus o ClickHouse	Consultas analíticas optimizadas
Datos Anonimizados	Coordenadas reducidas, usuarios hashados	Privacidad garantizada
ETL Automático	Proceso anonimización continuo	Sincronización datos analíticos
Optimización	Índices columnares, particionado temporal	Rendimiento consultas complejas

4.3 Requerimientos Funcionales Backend

4.3.1 Gestión de Datos y Persistencia

Tabla 18. Requerimientos funcionales para gestión de datos (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RB-GD-01	Almacenamiento datos trazabilidad	Almacenar información crítica trazabilidad completa arroz (eventos chacra, transporte, procesamiento, comercialización).	Alta
RB-GD-02	Soporte geoespaciales	Manejar eficientemente polígonos chacras, rutas GPS, coordenadas precisas, análisis espaciales usando tecnologías GIS.	Alta
RB-GD-04	Integridad referencial	Garantizar consistencia datos entre entidades relacionadas mediante constraints, triggers, validaciones automáticas.	Alta
RB-GD-06	Respaldo y recuperación	Implementar respaldo automático incremental/completo con verificación integridad y pruebas recuperación.	Alta
RB-GD-05	Versionado críticos	Mantener versiones históricas cambios datos críticos para auditoría (timestamps, responsables modificaciones).	Media
RB-GD-03	Gestión temporales	Optimizar almacenamiento/consulta datos temporales (eventos, tracking GPS, mediciones) con indexación temporal eficiente.	Media

4.3.2 APIs y Servicios Web

Tabla 19. Requerimientos funcionales para APIs (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RB-API-01	API REST operaciones CRUD	Exponer APIs REST comprehensivas para operaciones básicas CRUD con versionado apropiado.	Alta
RB-API-02	APIs aplicación móvil	Endpoints específicos optimizados para aplicación móvil remitos (payloads minimizados, operaciones offline).	Alta
RB-API-03	APIs integración sistemas externos	Exponer APIs estándar integración sistemas molinos/plantas industriales con autenticación segura.	Alta
RB-API-04	API trazabilidad completa	Endpoints especializados consultar trazabilidad hacia adelante/atrás con rendimiento optimizado.	Alta
RB-API-05	APIs reportes análisis	Endpoints generar reportes complejos y análisis datos con capacidades filtrado/paginación.	Media
RB-API-06	API cálculo huella carbono	Servicios calcular automáticamente huella carbono según diferentes metodologías internacionales.	Media

4.3.3 Lógica de Negocio

Tabla 20. Requerimientos funcionales para lógica de negocio (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RB-LN-01	Validación entrada	Validar datos entrada según reglas negocio complejas (rangos válidos, consistencia temporal, relaciones entidades).	Alta
RB-LN-02	Generación identificadores únicos	Generar códigos QR únicos y otros identificadores remitos/órdenes/lotas con algoritmos unicidad global.	Alta
RB-LN-04	Gestión estados workflow	Manejar estados complejos remitos, órdenes trabajo, procesos cosecha con transiciones válidas.	Alta
RB-LN-05	Vinculación automática datos	Vincular automáticamente remitos-silos, órdenes venta-lotes origen manteniendo integridad referencial completa.	Alta
RB-LN-03	Cálculos automáticos	Realizar cálculos automáticos de áreas, distancias, rendimientos, costos, métricas derivadas con precisión/eficiencia.	Media
RB-LN-06	Cálculo huella carbono	Calcular automáticamente huella carbono basada en datos trazabilidad usando múltiples metodologías internacionales.	Media

4.3.4 Gestión de Usuarios y Seguridad

Tabla 22. Requerimientos funcionales para usuarios y seguridad (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RB-US-01	Autenticación usuarios	Autenticar usuarios mediante credenciales seguras con soporte múltiples métodos (contraseña, 2FA, SSO).	Alta
RB-US-02	Autorización basada roles	Implementar control acceso granular basado roles/permisos específicos con herencia/delegación.	Alta
RB-US-03	Gestión sesiones	Manejar sesiones usuario de forma segura con tokens JWT, expiración automática, revocación inmediata.	Alta
RB-US-04	Auditoría acciones	Registrar acciones críticas para auditoría con timestamps, usuarios, contexto completo.	Alta
RB-US-05	Gestión permisos compartición	Manejar permisos complejos compartición selectiva datos entre usuarios con diferentes niveles acceso.	Media

4.4 Requerimientos No Funcionales Backend

4.4.1 Rendimiento y Escalabilidad

Tabla 22. Requerimientos no funcionales de rendimiento (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RNB-PE-01	Tiempo respuesta APIs	APIs responder <2s consultas básicas, <5s consultas complejas, <10s reportes pesados.	Alta
RNB-PE-02	Concurrencia	Soportar mínimo 1000 usuarios concurrentes sin degradación, escalando hasta 2000 durante picos cosecha.	Alta
RNB-PE-04	Manejo grandes volúmenes	Manejar eficientemente datos de 150,000 hectáreas, 500,000 eventos anuales, 100,000 remitos sin degradación.	Alta
RNB-PE-05	Throughput transacciones	Procesar mínimo 100 transacciones/segundo operación normal, 500 TPS durante picos.	Media
RNB-PE-03	Escalabilidad horizontal	Arquitectura permite escalado horizontal microservicios independientes agregando instancias según demanda.	Media

4.4.2 Disponibilidad y Confiabilidad

Tabla 23. Requerimientos no funcionales de disponibilidad (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RNB-DC-01	Disponibilidad sistema	Mantener disponibilidad mínima 99.5% anual con objetivo 99.9% durante periodos críticos cosecha.	Alta
RNB-DC-02	Tolerancia fallos	Continuar operando aunque fallen componentes individuales implementando redundancia/failover automático.	Alta
RNB-DC-04	Tiempo recuperación	RTO (Recovery Time Objective) máximo 2 horas, RPO (Recovery Point Objective) máximo 15 minutos.	Alta
RNB-DC-03	Recuperación automática	Recuperar automáticamente fallos comunes sin intervención manual usando health checks/restart automático.	Media

4.4.3 Seguridad

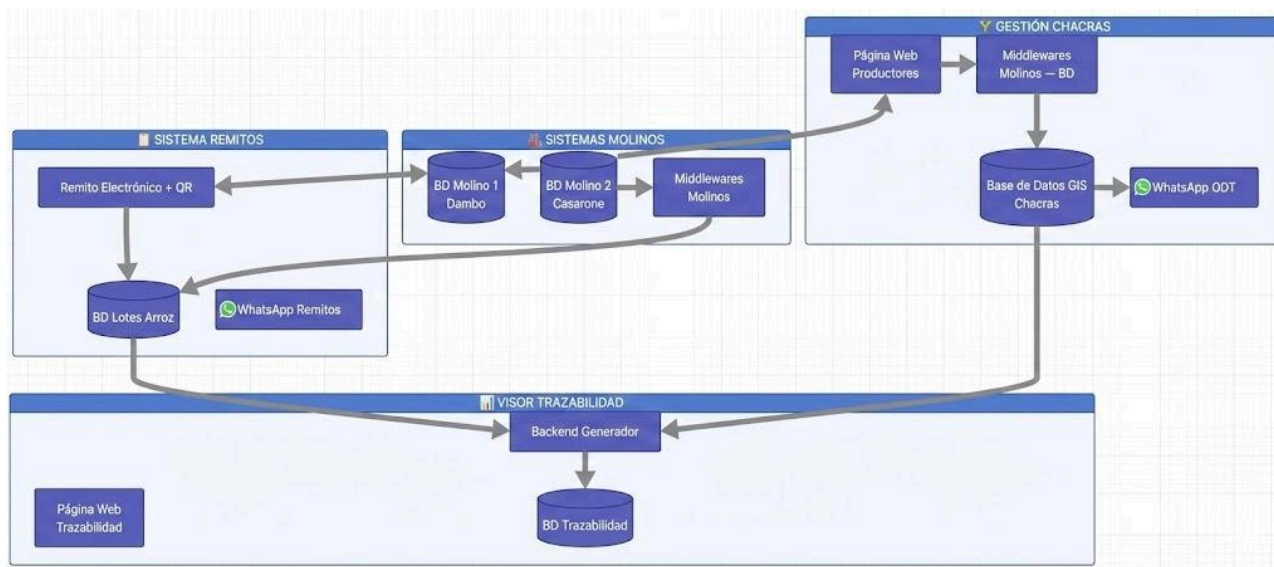
Tabla 24. Requerimientos no funcionales de seguridad (ordenados por prioridad)

ID	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RNB-SG-01	Encriptación tránsito	Todas comunicaciones encriptadas mediante HTTPS/TLS 1.3 mínimo con perfect forward secrecy.	Alta
RNB-SG-02	Encriptación reposo	Datos sensibles almacenados encriptados base datos usando AES-256 con gestión segura claves.	Alta
RNB-SG-03	Protección ataques	Implementar protecciones comprehensivas contra ataques comunes (SQL injection, XSS, CSRF, DDoS).	Alta
RNB-SG-04	Gestión segura credenciales	Credenciales/secrets gestionados usando servicios especializados con rotación automática/acceso auditado.	Alta

5. Arquitectura Técnica del Sistema

5.1 Arquitectura del Piloto

Figura 12. Arquitectura técnica del piloto



5.2 Entidades Principales

5.2.1 Base de Datos Empresa

Tabla 25. Datos de Empresa

Campo	Tipo	Descripción
id	UUID	Primary key único
nombre	String	Nombre legal empresa
rut	String	RUT único Uruguay
direccion	String	Dirección fiscal
contacto	JSONB	{email, telefono, web}
created_at	Timestamp	Fecha creación
activo	Boolean	Estado empresa

Nota: NO existe campo tipo_empresa. La empresa es genérica.

5.2.2 Base de Datos Establecimiento (ACTUALIZADA)

Tabla 26. Datos de Establecimiento

Campo	Tipo	Descripción
id	UUID	Primary key único
nombre	String	Nombre establecimiento
ubicacion	Geometry	Coordenadas referencia
empresa_duena_id	UUID FK	Propietario legal real
empresa_representante_id	UUID FK (nullable)	Quien gestiona operativamente
created_by_empresa_id	UUID FK	Empresa que creó en sistema
poligonos_dinamicos	PostGIS	Cambios semestrales límites
historial_eventos	JSONB	Aplicaciones, etapas fenológicas
historial_rotaciones	JSONB	Años arroz/praderas
metadata_representacion	JSONB	{fecha_inicio_rep, autorizacion_productor, etc}
created_at	Timestamp	Fecha creación

Lógica del establecimiento:

- Si empresa_duena_id == empresa_representante_id o empresa_representante_id IS NULL → Establecimiento PROPIO
- Si empresa_duena_id != empresa_representante_id → Establecimiento REPRESENTADO

5.2.3 Tabla de Datos de Molino

Tabla 27. datos de Molinos

Campo	Tipo	Descripción
id	UUID	Primary key único
empresa_id	UUID FK	Empresa propietaria del molino
nombre	String	Nombre del molino/planta
ubicacion	Point	Coordenadas geográficas (punto)
direccion	String	Dirección (de la portera o similar)
capacidad_procesamiento	Decimal (nullable)	Toneladas/día (opcional)
capacidad_almacenamiento	Decimal (nullable)	Toneladas totales silos (opcional)
activo	Boolean	Estado operativo del molino
created_at	Timestamp	Fecha creación en sistema
otros	JSONB	{contacto, horarios, certificaciones}

El molino será una entidad similar al establecimiento, pero sin chacras asociadas. Por ahora su función principal será solo la de existir como destino de los remitos. A futuro se pretende agregar más información, como certificaciones, tablas de silos, etcétera.

5.2.4 Base de Datos Productor Externo

Se sugiere una tabla para mantener la información de productores externos al sistema.

Tablas 27. datos de productores externos

Campo	Tipo	Descripción
id	UUID	Primary key
nombre	String	Nombre productor o empresa*
rut	String	RUT único
email	String (nullable)	Email contacto
telefono	String (nullable)	Teléfono
empresa_creada_id	UUID FK (nullable)	Si migró a empresa real
invitacion_enviada	Boolean	Control invitaciones
fecha_invitacion	Timestamp (nullable)	Última invitación
autorizacion_representacion**	JSONB	{fecha, documento firmado url, etc}
created_at	Timestamp	Fecha registro

*Muchos productores están registrados con su nombre como empresa (juan perez SRL)

** tal vez no sea necesario

5.2.5 Base de Datos Compartir Establecimiento

Tabla 28. Compartir datos de establecimiento

Campo	Tipo	Descripción
id	UUID	Primary key
empresa_duena_id	UUID FK	Empresa que comparte
empresa_receptora_id	UUID FK	Empresa que recibe
establecimiento_id	UUID FK	Establecimiento compartido
tipo_permiso	ENUM	'lectura' o 'gestion completa'
activo	Boolean	Permiso activo
otorgado_at	Timestamp	Fecha otorgamiento
revocado_at	Timestamp (nullable)	Fecha revocación
configuracion	JSONB	Configuraciones adicionales

5.2.6 Tablas Usuario y Roles (ACTUALIZADAS)

Tabla 28. usuario_empresa

Campo	Tipo	Descripción
id	UUID	Primary key
usuario_id	UUID FK	Referencia usuario
empresa_id	UUID FK	Referencia empresa
rol	ENUM	'superadmin', 'comercial', 'admin', 'tecnico', 'operario'
asignado_at	Timestamp	Fecha asignación
activo	Boolean	Estado rol

Tabla 29. asignacion_entidad

Campo	Tipo	Descripción
id	UUID	Primary key
usuario_empresa_id	UUID FK	Referencia usuario_empresa
entidad_id	UUID	ID establecimiento o molino
tipo_entidad	ENUM	'establecimiento' o 'molino'
activo	Boolean	Asignación activa
asignado_at	Timestamp	Fecha asignación

6. Plan de Implementación

6.1 Fase 1: Piloto (Febrero 2025)

6.1.1 Entregables (5 meses)

Tabla 30. Entregables Fase 1 (ordenados por prioridad)

Componente	Descripción	Prioridad
Base datos chacras	Georreferenciación completa chacras piloto	Alta
Base datos lotes	Unidad trazable con vinculación chacras	Alta
Sistema remitos QR	Generación automática códigos únicos	Alta
Backend unificador	Tracking y mezclas en silos	Alta
Middlewares integración	Casarone y Dambo conectados	Alta
Página web básica	Interface + integración WhatsApp	Alta

6.1.2 Alcance del Piloto

- **Productores:** 10-15 establecimientos representativos
- **Hectáreas:** 5,000-10,000 hectáreas
- **Molinos:** Casarone (manual) + Dambo (digital)
- **Duración:** Una zafra completa (febrero-julio 2025)

6.2 Fase 2: Post-Piloto

6.2.1 Expansión del Sistema

Tabla 31. Funcionalidades Fase 2 (ordenadas por prioridad)

Funcionalidad	Descripción	Prioridad
Sistema completo órdenes trabajo	Gestión integral actividades chacra	Alta
Cálculos huella carbono	Automático por metodologías	Alta
Incorporación productores rurales	Expansión a todos los productores	Alta
Webapp móvil	Aplicación nativa optimizada	Media
Sistema notificaciones avanzado	Multi-canal inteligente	Media
Mejoras UX feedback piloto	Optimizaciones basadas experiencia	Baja

7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Beneficios Estratégicos

7.1.1 A Nivel Individual de Productores

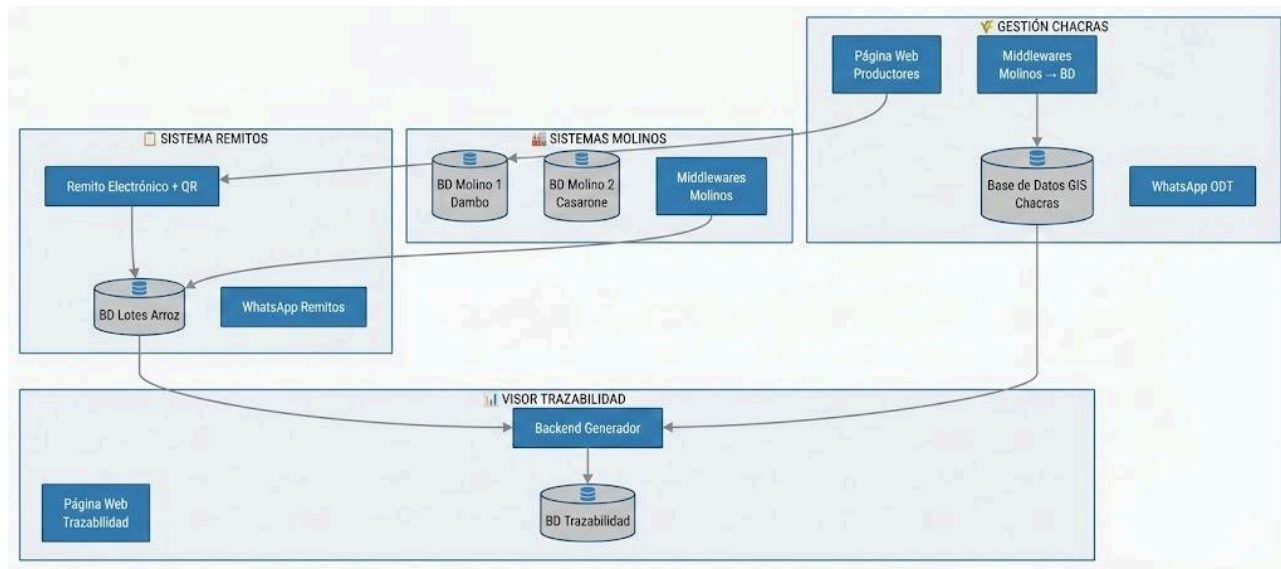
- **Optimización operativa:** Mejora eficiencia gestión cultivos.
- **Acceso mercados premium:** Certificación sostenibilidad/origen.
- **Reducción costos:** Automatización procesos manuales.
- **Mejora calidad datos:** Información precisa para decisiones.

7.1.2 A Nivel Sectorial Nacional

- **Posicionamiento internacional:** Arroz uruguayo diferenciado.
- **Cumplimiento regulaciones:** Preparación mercados exigentes.
- **Competitividad sostenible:** Ventaja huella carbono.
- **Agregado de valor:** Premium precios certificación.

7.2 Factores Críticos de Éxito

Figura 13. Factores críticos para el éxito del sistema



7.3 Recomendaciones Finales

7.3.1 Implementación Gradual

1. Piloto acotado: Validar con grupo representativo.
2. Feedback continuo: Ajustes basados en la experiencia real.
3. Escalamiento controlado: Expansión según capacidad de adopción.
4. Soporte intensivo: Acompañamiento durante transición.

7.3.2 Sustentabilidad Institucional

- Gobernanza sectorial: Administración por instituciones reconocidas.
- Financiamiento sostenible: Modelo económico viable a largo plazo.
- Evolución tecnológica: Preparación para futuras innovaciones.
- Alianzas estratégicas: Compradores internacionales, certificadoras.

7.3.3 Impacto Esperado

El Sistema de Trazabilidad de Arroz potenciará la transparencia y sostenibilidad de la producción arrocerá en Uruguay, favoreciendo:

- Potencial de mejores precios en mercados con requisitos de certificación.
- Facilita el acceso a nichos de alto valor (orgánico, carbono neutro).
- Mejora la gestión de riesgos comerciales mediante trazabilidad completa.
- Alineación estratégica con regulaciones futuras.