

Proyecto de Grado



Estudiantes:

Sofía Palamarchuk

Leticia Almeida

[EXTENSIÓN DE LAS CAPACIDADES DE LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA DEL SNIA]



Proyecto de Grado – Facultad de Ingeniería – Universidad de la República

TUTOR: Jorge Corral,

Montevideo, Uruguay
Marzo, 2016

Resumen

Actualmente el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), quien aloja al Sistema Nacional de Información Agropecuaria (SNIA), cuenta con información a nivel nacional sobre cultivos y ganadería a través de diversas fuentes de datos, siendo dos de ellas las principales relacionadas al SNIA: la Data Library (software desarrollado por la Columbia University) y el ArcGIS (software comercial de la empresa ESRI). Éstas funcionan como repositorio de información del SNIA. Ambos sistemas proveen en la actualidad un mecanismo para la consulta y manipulación de los datos brindados por éstos, las cuales presentan diversas limitaciones en cuanto a sus funcionalidades. Limitaciones que no hacen posible al día de hoy que el SNIA cumpla con su objetivo de funcionar como un sistema integrado de información.

Por tanto como objetivo de este Proyecto de Grado está el analizar estas limitaciones, investigar las tecnologías de la plataforma tecnológica del SNIA, y en base a las necesidades del Instituto Plan Agropecuario, armar un Caso de Estudio que resuelva las limitaciones encontradas al querer migrar sus modelos de simulación de ganadería hacia la plataforma tecnológica del SNIA.

Para poder llevar a cabo el desarrollo del Caso de Estudio fue necesario definir algunas Pruebas de Concepto para analizar la posibilidad o no de poder implementar los requerimientos más importantes de los modelos del Instituto Plan Agropecuario con las tecnologías del SNIA. Los requerimientos que se identificaron fueron en las siguientes áreas: seguridad, visualización de datos en mapas, consumo de datos desde una aplicación externa a la plataforma tecnológica del SNIA y la ejecución de modelos dinámicos.

Como resultado de las Pruebas de Concepto, se generó un árbol de decisión para que sea utilizado como referencia a la hora de decidir que tecnología se adapta mejor a la realidad que se presente al querer integrar nuevos modelos a la plataforma tecnológica del SNIA.

La solución planteada a la problemática real presentada por el Instituto Plan Agropecuario es una aplicación *web* que podrá estar alojada en el SNIA y ser utilizada por productores agropecuarios, técnicos del Instituto Plan Agropecuario y el público en general.

Es de interés que toda la investigación realizada sobre la plataforma tecnológica del SNIA sirva de guía para que otras instituciones, además del Instituto Plan Agropecuario, puedan migrar sus modelos a la plataforma tecnológica.

Palabras Clave: Modelo, Simulación, Sistema de Información Geográfica, Data Library, ArcGIS, Modelo de una Explotación Ganadera Extensiva, Presupuestación forrajera, Productividad Primaria Neta por Área.

Tabla de Contenidos

Resumen	2
Capítulo 1 Introducción	6
1.1 Contexto	6
1.2 Metodología de trabajo	11
1.3 Organización del documento	13
Parte I. Contexto	14
Capítulo 2 Introducción a Data Library y ArcGIS	15
2.1 Data Library	15
2.2 ArcGIS	19
2.3 Resumen	23
Capítulo 3 Requerimientos del Instituto Plan Agropecuario	24
3.1 Seguridad	24
3.2 Visualización de Datos	25
3.3 Consumo de Datos	26
3.4 Ejecución de modelos dinámicos	26
3.5 Resumen	26
Capítulo 4 Limitaciones de la plataforma tecnológica del SNIA	28
4.1 Data Library	28
4.2 ArcGIS	28
4.3 Resumen	29
Parte II. Pruebas de Concepto y Caso de Estudio	30
Capítulo 5 Pruebas de Concepto	31
5.1 Seguridad	31
5.2 Visualización de datos	35
5.3 Consumo de datos	40
5.4 Ejecución de modelos dinámicos	45
5.5 Resumen	52
Capítulo 6 Diseño e implementación del Caso de Estudio	55
6.1 Diseño	55
6.2 Implementación	56
6.3 Resumen	66
Parte III. Comparación de tecnologías y conclusiones	67

Capítulo 7 Comparación de tecnologías	68
7.1 Árbol de decisión	69
7.2 Resumen.....	74
Capítulo 8 Conclusiones finales y Trabajo a Futuro	76
8.1 Conclusiones.....	76
8.2 Aportes	77
8.3 Trabajo a futuro	79
Glosario	80
Referencias.....	84
Índice de Figuras	86
Índice de Tablas.....	88
Índice de Implementaciones	89
Anexos.....	91
Anexo I Riesgos del proyecto	92
Anexo II MEGanE	95
Anexo III Presupuestación forrajera	99
Anexo IV Modelo de seguridad de ArcGIS	102
Anexo V Visualización de mapas en Data Library	104
Anexo VI Metodología de desarrollo utilizada	106
Anexo VII Minutas de reuniones realizadas	146

Capítulo 1 Introducción

El Sistema Nacional de Información Agropecuaria (SNIA) no cuenta al día de hoy con una plataforma en la que vuelque sus datos de interés de manera de contar con ellos en un lugar centralizado y que esos datos sirvan para generar otros datos de interés tanto para el grupo proveedor del dato como para el resto de las partes pertenecientes al SNIA. En otras palabras, de manera ideal, se busca que un instituto o grupo pueda tener acceso a información que provea otro instituto y le sirva para que junto con la información que ya se cuente en la plataforma, se puedan generar nuevos valores o índices de interés para todo el SNIA.

Dada esta necesidad se propuso con este Proyecto de Grado, proveer e innovar en una tecnología que ayude a resolver algunas de las limitaciones con las que se encuentra el SNIA hoy en día, mediante la investigación y desarrollo de una herramienta de fácil acoplamiento de las partes interesadas.

Para comprender mejor el problema al que nos enfrentábamos, se estudió el caso particular del Instituto Plan Agropecuario, el cual actualmente no se encuentra dentro de la plataforma tecnológica del SNIA.

El Instituto Plan Agropecuario ha desarrollado modelos de simulación como forma de experimentar escenarios alternativos que ayuden a la toma de decisiones de los productores ganaderos, especialmente aquellos productores familiares extensivos.

Este instituto cuenta con un modelo físico-biológico estricto, sin “estrategias de manejo” denominado MEGanE (Modelo de una Explotación Ganadera Extensiva). El MEGanE en su estado actual, simula en forma adecuada el funcionamiento físico-biológico de una explotación criadora extensiva sobre el basalto, dentro de un espectro muy amplio de situaciones.

En el contexto de este Proyecto de Grado, se plantea la migración de este y otro modelo hacia el SNIA, el cual se encuentra siendo implementado como repositorio centralizado e integrado de diferentes soluciones de software, relacionadas a la actividad agropecuaria de nuestro país.

Para ello se desarrolló una solución de software que supera las limitaciones encontradas, permitiendo que el Instituto Plan Agropecuario pueda integrar sus modelos de simulación a la plataforma tecnológica del SNIA.

1.1 Contexto

El Sistema Nacional de Información Agropecuaria (SNIA) es un sistema de información concebido como un bien público para apoyar a la toma de decisiones, la aplicación de políticas públicas y la gestión del riesgo de la actividad agropecuaria y pesquera de nuestro país. Apunta a la integración de los sistemas de información ya existente, y a generar nueva información, productos y herramientas orientados a responder a las necesidades del sector agropecuario público y privado.

Entre algunos de sus objetivos específicos está:

- Mejorar la capacidad de monitoreo y pronóstico del clima y la vegetación.
- Establecer análisis históricos de riesgos asociados al clima.

- Establecer “buenas prácticas” para escenarios climáticos para los próximos 10-30 años.
- Desarrollar herramientas informáticas para el análisis de impacto ambiental, de optimización de uso del suelo, de evaluación de tecnologías, tanto a nivel regional, como de cuenca y de productor en tiempo real.
- Establecer una plataforma de consulta a la que pueden acceder usuarios del sector agropecuario público y privado.
- Desarrollar herramientas informáticas para el análisis de impacto ambiental, de optimización de uso del suelo, de evaluación de tecnologías, tanto a nivel regional, como de cuenca y de productor en tiempo real.

El SNIA apunta a mejorar la gestión del conocimiento a través de la integración de la información de los recursos naturales, el clima y los diferentes sectores productivos hasta llegar a la construcción de un sistema de información de producción integrado. [Ber13]

Dentro de los grupos pertenecientes al SNIA, se encuentra el Instituto Plan Agropecuario, una organización destinada a contribuir al desarrollo sostenible e innovador de la producción ganadera y de pequeños y medianos productores, para mejorar su situación económica, familiar y humana, mediante capacitación, extensión, generación de información y articulación con otras instituciones.

Los servicios del Instituto Plan Agropecuario están dirigidos principalmente hacia las unidades de producción y decisión familiares para las que la ganadería, es una relevante fuente de ingresos.

El Instituto Plan Agropecuario realiza transferencias de información con intencionalidad educativa en el medio rural enfocando esta actividad como un proceso educativo no formal y participativo, que integrará el conocimiento académico y el conocimiento empírico de los productores. Considera la complejidad de las unidades productivas, sus procesos de decisión, la dotación de trabajo, las trayectorias tecnológicas y su grado de vinculación a formas organizadas.

La fortaleza del Instituto Plan Agropecuario está en su capacidad para llegar eficientemente al pequeño y mediano productor ganadero, en su autonomía conceptual, técnica y de dirección; y en las organizaciones representativas del sector productivo que integran su Junta Directiva. [IPA]

Dentro de los objetivos del Instituto Plan Agropecuario se destacan:

- Potenciar la página *web* y utilizarla como canal de comunicación y articulación institucional y de exposición del Plan Agropecuario, fortaleciendo los métodos de TICs para la difusión de información.
- Identificar áreas temáticas, alineadas con la estrategia de la institución a los efectos de presentar proyectos de cooperación y/o fuentes de financiamiento para ampliar la capacidad de gestión.

- Desarrollar el uso de las TICs como herramienta de capacitación para lograr un mayor impacto de los programas y opciones diseñadas por el Plan Agropecuario. Promover y capacitar en el uso de las TICs a los usuarios, técnicos y funcionarios del Plan Agropecuario.

Se presentan a continuación algunos conceptos que serán de utilidad a la hora de entender todo el contexto del problema que se hará frente en este Proyecto de Grado.

Sistema de Información Geográfica

Un sistema de información geográfica es un sistema para la gestión, análisis y visualización de conocimiento geográfico que se estructura en diferentes conjuntos de información:

- Mapas interactivos: proporcionan una visión interactiva de la información geográfica que permite dar respuesta a cuestiones concretas, y presentar un resultado de dichas respuestas. Los mapas proporcionan al usuario las herramientas necesarias para interactuar con la información geográfica.
- Datos Geográficos: en la base de datos se incluye información vectorial y *raster*, modelos digitales del terreno, redes lineales, información procedente de estudios topográficos, topologías y atributos.
- Modelos de Geoprocesamiento: son flujos de procesos que permiten automatizar tareas que se repiten con frecuencia, pudiendo enlazar unos modelos con otros.
- Modelos de datos: la información geográfica en la *Geodatabase* es algo más que un conjunto de tablas almacenadas en un Sistema Gestor de Base de Datos. Incorpora, al igual que otros sistemas de información, reglas de comportamiento e integridad de la información. Tanto el esquema, como el comportamiento y las reglas de integridad de la información geográfica juegan un papel fundamental en un Sistema de Información Geográfica.
- Metadatos: son los datos que describen la información geográfica, facilitando información como propietario, formato, sistema de coordenadas, extensión, etc., de la información geográfica.

Un catálogo de metadatos permite al usuario organizar, realizar búsquedas y acceder a información geográfica compartida. Cualquier catálogo de metadatos debe tener herramientas disponibles para generar, editar y sincronizarse de forma automática con la información que describen los metadatos. [IPA]

Definición de Modelo

Un modelo es una simplificación de la realidad. Un mapa es un buen ejemplo de un modelo, pues muestra los aspectos más relevantes de la realidad que se está modelando (una ciudad, y en particular sus calles). Por lo tanto, oculta (o simplifica) aquellos aspectos que no sean relevantes para el objetivo del modelo (en el caso del mapa oculta detalles como que es lo que hay en cada esquina). De hecho, al construir un modelo se suele seguir lo que se conoce como “la estrategia del cartógrafo” que consiste en respetar los siguientes puntos: Incluir en el modelo los aspectos más relevantes de la realidad, acorde al nivel de abstracción con el cual se está modelando (ej. si el mapa es de una ciudad mostrara todas las calles, pero si es un mapa de un país, mostrara las rutas y carreteras más importantes, obviando las calles). Utilizar los

mismos nombres que existen en la realidad (es decir, respetar la nomenclatura que se utiliza en la realidad también dentro del modelo, lo cual facilita luego la interacción con las demás personas que están viendo el modelo, brindando así un vocabulario común entre las partes interesadas). No colocar cosas que no existen en la realidad. Si bien esto puede parecer muy elemental, cada modelador, al momento de construir un modelo, tiene en su haber y en su mente un conjunto de suposiciones, conocimientos, etc. que pueden llevarlo (sutilmente y sin darse cuenta) a incluir o modificar cosas de la realidad, por ejemplo, valiéndose de su punto de vista de ver el mundo.

Definición de Simulación

Una simulación es la experimentación, mediante un modelo, de cierta idea o posibilidad. A modo de ejemplo, un artista que realiza una caricatura de una persona (ej. de un político) y que luego esa caricatura es tomada por un imitador quien le da vida a la misma. [BBC+11]

Modelos del Instituto Plan Agropecuario

Los modelos que maneja el Instituto Plan Agropecuario se pueden agrupar en dos grandes categorías: modelos dinámicos y modelos estáticos. Se consideran como modelos dinámicos a aquellos en los cuales el tiempo es una variable, y modelos estáticos, aquellos que generan salidas con alguna conclusión en base a ciertos datos de entrada. Algunos datos de entrada de los modelos estáticos del Instituto Plan Agropecuario son: cantidad de animales, tasa de crecimiento de pasturas, altura del pasto, entre otros.

En el contexto de este Proyecto de Grado se trabajó con dos modelos del Instituto Plan Agropecuario, un modelo dinámico y un modelo estático que se detallan a continuación.

Modelo de una Explotación Ganadera Extensiva (MEGanE)

Los modelos de simulación pueden ser considerados como herramientas de aprendizaje – según la idea del «simulador de vuelo»– donde los usuarios se beneficiarían por experimentar con situaciones posibles, más aún si son construidos en forma participativa con los potenciales interesados.

El Instituto Plan Agropecuario desarrolló un modelo para representar a una explotación ganadera criadora extensiva sobre un suelo representativo de basalto: el MEGanE (Modelo de una Explotación Ganadera Extensiva). El MEGanE pudo reproducir una situación de crisis forrajera conocida, con resultados coherentes a una realidad posible. El modelo fue desarrollado por un equipo con integrantes con antecedentes en el área de la informática, la modelación y la simulación en conjunto con técnicos del Instituto Plan Agropecuario. En el proceso participaron técnicos y productores de la región del basalto (departamentos de Artigas, Salto y Paysandú), en un contexto de desarrollo participativo con el fin de rescatar el saber local. El MEGanE pretende entonces reflejar una situación productiva representativa de la cría extensiva en basalto, y fue elaborado en conjunto con sus potenciales usuarios.

El MEGanE es un modelo dinámico (el tiempo es una variable), empírico (reproduce las relaciones entre sus componentes a partir de observaciones experimentales y referencias anecdóticas, sin profundizar en los procesos) y determinístico (no se basa en probabilidades). También, el modelo fue concebido para ser interactivo, ya que permite que el usuario

proponga situaciones de su interés. La Figura 1 presenta el modelo MEGanE, en forma de diagrama causal.

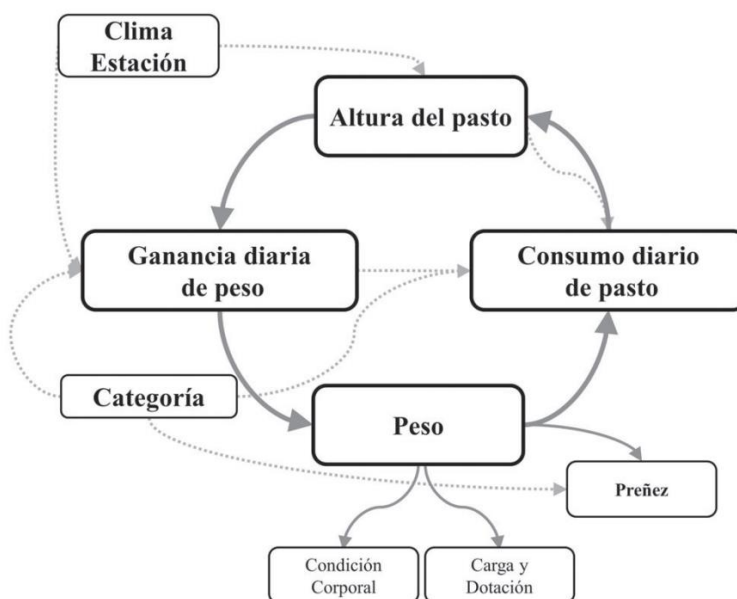


Figura 1 - Diagrama del MEGanE, indicando los modelos que describen los distintos procesos, las relaciones entre ellos y algunas salidas típicas. [DBC+12]

Por más información sobre el MEGanE ver el Anexo II.

Presupuestación forrajera

Un ejemplo de modelo estático es la presupuestación forrajera. La presupuestación consiste en realizar un balance entre la oferta de forraje utilizable (forraje producido que es consumido por el animal) y los requerimientos del ganado.

El objetivo de este método consiste en predecir si habrá suficiente cantidad de forraje para cubrir las necesidades alimenticias del ganado para las distintas épocas del año. En función de ellos, se tomarán las medidas necesarias para ajustar la oferta y demanda de forraje en un establecimiento. La decisión según el caso, puede consistir en aumentar o disminuir el stock, o bien recurrir a la implantación de nuevas pasturas o alimentación suplementaria. [DELL90]

Por más información sobre el presupuestación forrajera ver el Anexo III.

1.2 Metodología de trabajo

A continuación se presenta la metodología de trabajo utilizada durante realización del Proyecto de Grado. Él mismo se dividió en las siguientes etapas:

1. Entrada en contexto y estudio de la plataforma tecnológica del SNIA
2. Identificación de los requerimientos del Instituto Plan Agropecuario
3. Análisis de las limitaciones de la plataforma tecnológica del SNIA
4. Diseño de una solución (diseño de un Caso de Estudio)
5. Implementación de la solución (implementación del Caso de Estudio)

A continuación se desarrolla el proceso seguido en cada etapa.

1) *Entrada en contexto y estudio de la plataforma tecnológica del SNIA*

En esta etapa se llevaron adelante una serie de reuniones con todos los involucrados en el Proyecto de Grado: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), SNIA, Instituto Plan Agropecuario y técnicos de Data Library. Las reuniones fueron llevadas a cabo con una estrategia de “rondas”, en las cuales cada “ronda” implicaba una reunión con cada una de las partes interesadas. Se hizo de esta manera para entrar en contexto con la realidad de cada uno, sus necesidades e ir fijando los términos del proyecto en base a la información recabada. Al ser el área Agropecuaria un área completamente nueva para las integrantes, la complejidad de la terminología utilizada y los temas tratados en cada reunión, hizo que las “rondas” de reuniones fueran una forma de irse familiarizando con la temática al mismo tiempo que se consideraban todos los puntos de vista dentro del estudio.

Luego de la primera entrada de contexto, se acotaron las rondas de reuniones a las partes involucradas que tenían un conocimiento técnico sobre la plataforma tecnológica del SNIA. A partir de estas reuniones, se buscó documentar las experiencias de cada parte con las herramientas que forman parte de la plataforma tecnológica del SNIA (ArcGIS y Data Library).

Se llevaron a cabo reuniones y entrevistas remotas con integrantes del SNIA e integrantes del Instituto Internacional de Investigación en Clima y Sociedad (IRI) de la Columbia University, los desarrolladores de Data Library. Estos técnicos fueron: Gastón Nicassio (experto en Data Library en Uruguay), Manuel Martínez (experto en ArcGIS en Uruguay), Walter E. Baethgen (experto en Data Library en Nueva York) y Remi Cousin (experto en Data Library en Nueva York).

Durante este proceso se fueron dejando minutas de las reuniones que reflejaron todos los temas tratados y las conclusiones de cada reunión. Las mismas se pueden encontrar en el Anexo VII. Las reuniones fueron complementadas con una fuerte investigación de todo lo que tiene que ver con la plataforma tecnológica del SNIA. Se estudiaron las dos herramientas que forman parte de la misma, y se identificaron las principales características de cada una.

Toda la información recogida mediante las reuniones, la investigación y las lecciones aprendidas fueron registradas y forman parte de este documento.

2) Identificación de los requerimientos del Instituto Plan Agropecuario

Luego de la etapa de entrada en contexto con la realidad del SNIA y del Instituto Plan Agropecuario, se llevaron a cabo 4 reuniones con el equipo del instituto para identificar sus requerimientos al querer migrar sus modelos a la plataforma tecnológica del SNIA. En estas reuniones participaron el Ing. Agr. Francisco Dieguez y Federico Arias, ambos representantes del instituto.

3) Análisis de las limitaciones de la plataforma tecnológica del SNIA

Una vez identificados los requerimientos, y en base al estudio previo realizado de las herramientas, se analizaron las limitaciones que podría tener la plataforma tecnológica del SNIA y se diseñaron una serie de Pruebas de Concepto con el objetivo de identificar las limitaciones que presenta cada herramienta.

4) Diseño de una solución (diseño de un Caso de Estudio)

Se diseñó un Caso de Estudio en conjunto con el Instituto Plan Agropecuario, que utilizando las Pruebas de Concepto como base, resolviera la integración de sus modelos a la plataforma tecnológica del SNIA. Para el diseño de la solución, se llevaron a cabo nuevamente una serie de reuniones para definir y analizar todos los requerimientos que debía tener la solución por parte del Instituto Plan Agropecuario.

Todos los conocimientos recogidos en esta etapa se encuentran plasmados en varios documentos. Siguiendo un proceso de desarrollo de software basado en RUP, visto en la carrera de grado, se realizaron los siguientes artefactos sobre la pieza de software a construir: Especificación de Requerimientos, Modelo de Dominio, Especificación de Casos de Uso, Diagrama de Casos de Uso, Diagramas de Secuencia, Contratos, Diagramas de Comunicación, Diagrama de Clases, Diagrama de Componentes, Diagrama de Despliegue, Diagrama de Entidad-Relación.

Como parte del diseño de la solución, se realizó un análisis de las tecnologías y lenguajes de programación que utiliza el SNIA para que la solución se acople a la política de la organización y del MGAP. Es deseable que no se introduzcan más tecnologías de las que ya se están usando y que la solución planteada pueda ser utilizada como referencia para futuros desarrollos sobre la plataforma tecnológica de SNIA.

5) Implementación de la solución (implementación del Caso de Estudio)

Una vez realizadas las Pruebas de Concepto y habiendo llevado a cabo toda la etapa de diseño, se implementó la solución final, que resuelve los aspectos técnicos de la integración mencionada anteriormente. La solución obtenida es una aplicación *web* que podrá estar alojada en el SNIA para ser utilizada por productores agropecuarios, técnicos del Instituto Plan Agropecuario y el público en general que desee acceder a los modelos de Instituto Plan Agropecuario.

1.3 Organización del documento

Lo que resta del documento está estructurado en tres partes.

La Parte I introduce el contexto del Proyecto de Grado: las herramientas estudiadas, los requerimientos y necesidades que presentó el Instituto Plan Agropecuario respecto a migrar algunos de sus modelos de simulación de ganadería hacia la plataforma tecnológica del SNIA, y las limitaciones identificadas en la misma. Estas limitaciones fueron identificadas a la luz de las necesidades que planteó el Instituto Plan Agropecuario.

En la Parte II se plantean y desarrollan las Pruebas de Concepto con el objetivo de buscar una solución para cada una de las limitaciones identificadas. Luego, se implementó el Caso de Estudio, diseñado en conjunto con el Instituto Plan Agropecuario, de forma de permitir validar los hallazgos realizados en las Pruebas de Concepto y concebir una solución integral que supere las limitaciones de la plataforma tecnológica del SNIA.

Por último, en la Parte III del documento se encuentra una comparación de las dos tecnologías estudiadas (Data Library y ArcGIS), se presenta un árbol de decisión con el objetivo de que sea utilizado como herramienta y base para la toma de decisiones en futuros desarrollos sobre la plataforma tecnológica del SNIA. Al final se encuentran las conclusiones del Proyecto de Grado.

En el Anexo III se presentan los riesgos identificados al comienzo del Proyecto de Grado. Se destaca dentro de ellos, el desconocimiento del área agropecuaria y de la realidad actual del SNIA por parte de las integrantes, y la falta de disponibilidad de las partes involucradas en el Proyecto de Grado que dificulte el entendimiento y la identificación de requerimientos y limitaciones. Para cada riesgo se presenta la probabilidad de ocurrencia, el impacto, la estrategia de mitigación, cómo se realiza el monitoreo y el plan de contingencia.

Parte I. Contexto

Capítulo 2 Introducción a Data Library y ArcGIS

En este capítulo se presentan las herramientas que forman parte de la plataforma tecnológica del SNIA y la investigación realizada sobre sus funcionalidades y carencias dentro del contexto del Proyecto de Grado. Para esto, se realizaron entrevistas a técnicos y usuarios de las herramientas y se llevó a cabo un estudio teórico de ambas. El análisis en profundidad de cada herramienta se realizó en las Pruebas de Concepto que se presentan en el Capítulo 5. No entra dentro de los objetivos de este capítulo realizar una comparación a fondo entre ambas herramientas.

2.1 Data Library

La Data Library es una biblioteca de datos creada por el Instituto Internacional de Investigación en Clima y Sociedad (IRI) de la Columbia University. Es una base de datos abierta y una herramienta de análisis que permite visualizar, analizar, y bajar datos relacionados al clima, a través de un navegador *web*. La misma fue el resultado de una investigación llevada a cabo durante 20 años por PhDs y técnicos de la Columbia University.

Es una herramienta de libre costo que permite:

- Acceder a datos climáticos y físicos a nivel mundial. Los datos climáticos incluyen datos históricos y proyecciones de niveles de precipitaciones, mar, superficie, temperatura del aire, modelos, previsiones y simulaciones. Los conjuntos de datos físicos incluyen información sobre hielo, hidrología, topología y oceanografía.^[DLP]
- Crear análisis de datos desde un promedio básico hasta análisis más avanzados.
- Monitorear y analizar las condiciones climáticas actuales a través de una colección de mapas (Maproom).
- Crear representaciones visuales de los datos, incluyendo animaciones.
- Bajar datos en diferentes formatos generalizados, incluyendo formatos compatibles con los SIG.^[IRIDL]

En otras palabras, se puede decir que la Data Library es:

- Un repositorio de datos climáticos y físicos.
- Una herramienta de visualización de datos.
- Una herramienta de análisis de datos.
- Un recurso de descarga de datos.

Con Data Library es posible utilizar conjuntos de datos (*DataSets*) por categorías de catálogos para encontrar un conjunto de datos, hacer mapas estacionales por fecha, mapas animados de temperatura climatológica, crear series temporales de precipitaciones y mapas de anomalías de humedad del suelo entre otras facilidades.

Se entiende por conjuntos de datos (*DataSets*) a una colección de datos organizados como variables multidimensionales dependientes, variables independientes y subconjuntos de datos, junto con los metadatos que hace posible la interpretación de los mismos de manera significativa.

Esta herramienta permite varias opciones de visualización, como ser distribuciones geográficas o administrativas de cada sector, entre otras. [IRIDL14]

2.1.1 Data Library en el marco del SNIA

Se presenta a continuación una cita de una publicación realizada por el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP) en el Anuario del año 2013, referente al uso de la Data Library en el marco del SNIA.

“El proceso de desarrollo del SNIA requiere de una fuerte articulación institucional para permitir la interoperabilidad de las bases de datos de las organizaciones y la participación activa e integrada de las personas involucradas en los procesos de generación y análisis de información. Del mismo modo, se visualiza la necesidad de trabajar de manera interdisciplinaria y colaborativa, forjando el compromiso de brindar un servicio de información pública de utilidad para el sector.

Con el objetivo de facilitar la interoperabilidad buscada, en noviembre de 2013 se instaló en Uruguay la herramienta Data Library. Además de la instalación de la Data Library, y la transferencia de conocimiento en varias áreas, se proyecta desarrollar un conjunto de productos de diversa índole tales como la mejora de pronósticos estacionales y el monitoreo del clima y la vegetación, permitiendo anticipar y coordinar acciones frente a la ocurrencia de eventos perjudiciales como, por ejemplo, los déficits y excesos hídricos, realizar pronósticos de cosecha, o evaluar la vulnerabilidad de un determinado rubro productivo.

A esto se suma el invaluable aporte de la Universidad de la República, del INIA, y demás organizaciones de la institucionalidad agropecuaria ampliada, que participarán en numerosos proyectos de investigación y mediante diferentes formatos de colaboración que buscan mejorar las herramientas existentes, ampliar su alcance y hacerlas disponibles para responder a los problemas complejos a los que se enfrenta el sector.” [Ber13]

2.1.2 Funcionalidades de Data Library

A continuación se destacan las principales funcionalidades que ofrece la Data Library.

Acceso a datos

Data Library ofrece libre acceso a miles de *DataSets* de alto valor y proporciona las herramientas y la formación necesarias para realizar análisis y toma de decisiones. Permite compilar datos climáticos, geofísicos, de salud y agricultura desde numerosos proveedores y los empaqueta en un *framework* común que hace de Data Library una herramienta que permite realizar investigaciones y análisis multidisciplinarios. [DLP]

Maproom

La herramienta Maproom dentro de Data Library, permite a los usuarios seleccionar y manipular ciertas variables para crear visualizaciones espaciales personalizadas de regiones, en un determinado rango de tiempo y sujetos de interés. A continuación se muestra una vista de un Maproom y sus componentes.

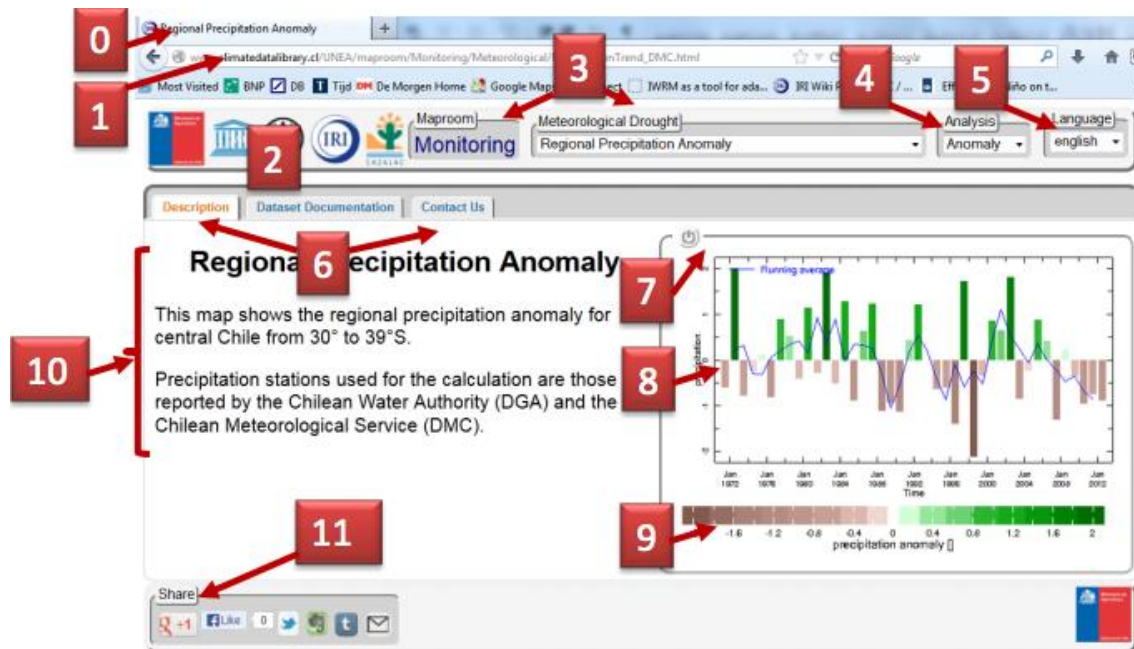


Figura 2 - Componentes del Maproom

Las componentes del Maproom son:

0. Título del Maproom.
1. URL.
2. los logos de la UNEA, UNESCO, FAO, IRI y CAZALAC, y un listado de los socios involucrados en el observatorio.
3. Componentes de navegación hacia un componente más arriba o más abajo.
4. Selector de análisis.
5. Selector de idioma “español” y “english”.
6. Pestañas de información adicional, e información de contacto.
7. Botones de control de exportación de imagen, fuente de datos en el DL, compartir
8. Mapa/gráfico.
9. Escala asociado al mapa.
10. Texto descriptivo.
11. Barra para compartir la información. [IRIM14]

Funcionalidades SIG con datos históricos

Data Library integra capacidades de Sistema de Información Geográfica (SIG) con la consulta de datos históricos que permiten analizar la evolución de dichos datos. Rémi Cousin, ingeniero de IRI especialista en bases de datos, aclara que con todos los sistemas de SIG, como por ejemplo el programa ArcGIS u otros, se podría llegar a hacer lo mismo, pero en combinación

con otros *software*. Además, la Data Library considera la funcionalidad del tiempo, que los otros programas no contemplan.

“Generalmente, con otros programas de la especialidad se puede conseguir información de distribución geográfica de una especie determinada, con muchos elementos. Pero si se quiere analizar, por ejemplo, la evolución de papayas por parcelas en el valle, es mucho más complejo. En cambio, en Data Library se puede conocer la evolución de este tipo de cultivo y comparar, por ejemplo, el año 1981 con el año 2012, sacar la producción promedio de los últimos 30 años, entre otras cosas”, asegura Cousin. [CEAZA]

Soporte técnico

Si bien este aspecto no es una funcionalidad de la herramienta, es un aspecto importante de la misma a tener en cuenta.

En el convenio firmado entre el IRI y el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), además de la instalación de la Data Library, se incluye la transferencia de conocimiento en varias áreas, y el soporte por parte del equipo de la Columbia University. [Ber13]

En este sentido, se realizó un viaje a Nueva York por parte de técnicos uruguayos que fueron capacitados por el equipo de IRI en el uso de esta herramienta. Del mismo modo, en el 2014 se dictó curso de Data Library en Uruguay, en el que participaron 40 técnicos de 16 instituciones del MGAP [VAZ14]. Además, los técnicos del IRI se encuentran disponibles y accesibles a través del correo electrónico para responder inquietudes y dudas por parte de los usuarios de la Data Library en Uruguay.

2.1.3 Carencias de Data Library

A continuación se presentan las carencias que presenta Data Library, identificadas en la investigación inicial. Esta información fue recabada a través de reuniones con el equipo técnico del SNIA que utiliza la herramienta hoy en día.

Control de Acceso

A Diciembre del 2015, la herramienta no cuenta con un manejo de seguridad (roles, usuarios, permisos, etc.), que es necesario para la confidencialidad de los datos de productores agropecuarios del Instituto Plan Agropecuario que se desean volcar a la plataforma tecnológica del SNIA. [REU15]

Capacidad de desarrollo

En las investigaciones que se ha realizado el equipo de trabajo de Data Library dentro del SNIA, no se ha encontrado la manera de implementar ecuaciones dinámicas a través de la misma, por lo cual implica que los modelos que el Instituto Plan Agropecuario no puedan ser migrados a la plataforma. [REU15]

Usabilidad

La interfaz gráfica de usuario no cumple con algunos principios básicos de usabilidad mencionados en la ISO/IEC 25010:2011 ^[IEC25010], al considerar como usuario objetivo un productor agropecuario con conocimientos básicos de informática. Los siguientes principios fueron evaluados como parte de este análisis.

- **Facilidad de Aprendizaje:** se refiere a la facilidad con la que nuevos usuarios desarrollan una interacción efectiva con el sistema o producto. Hasta el día de hoy, técnicos del MGAP siguen capacitándose en el uso de la herramienta, y para estudiantes del último año de la carrera de grado en Ingeniería en Computación, la curva de aprendizaje fue de al menos 3 meses.
- **Facilidad de Uso:** es la facilidad con la que el usuario hace uso de la herramienta, la eficacia y eficiencia de la misma. Las consultas de datos se hacen únicamente a través del lenguaje nativo de Data Library (Ingrid) en modo experto, por lo cual requiere de cierto nivel de conocimiento de programación y capacitación, que no está acorde a la realidad de los productores agropecuario, quienes son los usuarios objetivos.
- **Interfaz atractiva:** como se mostró anteriormente, un Maproom contiene muchos componentes que son confusos para un usuario recién iniciado, como es el caso de un productor agropecuario.

2.2 ArcGIS

ArcGIS es una herramienta SIG paga líder en el segmento que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Permite hacer análisis profundos, obtener una mayor comprensión de los datos y realizar decisiones de alto nivel.

El sistema incluye *software*, una infraestructura *on-line* basada en la nube, herramientas profesionales, recursos configurables como plantillas de aplicación, mapas base listos para utilizar y contenido propio compartido por la comunidad de usuarios.

ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para los usuarios dentro de un departamento, por toda una organización, entre varias organizaciones y comunidades de usuarios o en Internet, para cualquier usuario interesado en acceder a ella. El sistema está disponible en cualquier lugar a través de navegadores *Web*, dispositivos móviles como *smartphones* y equipos de escritorio. ^[ARCGIS]

A continuación se muestran los principales componentes de ArcGIS for Server, que permite compartir recursos SIG dentro de una empresa y la *web*.

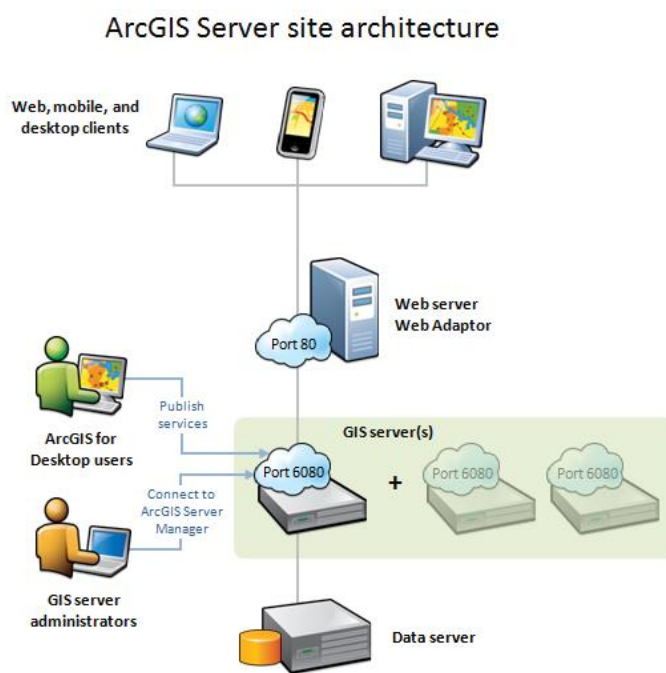


Figura 3 – Componentes de ArcGIS for Server [IAS]

Los recursos SIG son los mapas, globos, localizadores de direcciones, *geodatabases* y herramientas que se pueden compartir con otros usuarios. Estos recursos se comparten al alojarlos en el sistema de ArcGIS Server, o en el servidor SIG, y al permitir a las aplicaciones de cliente utilizar e interactuar con los recursos. Las principales ventajas de compartir los recursos SIG en un servidor SIG son las mismas que compartir cualquier dato a través de cualquier clase de tecnología del servidor: los datos se administran centralmente, admiten varios usuarios y proporcionan a los clientes la información más actualizada. [ASR]

ArcGIS for Desktop

ArcGIS for Desktop es la plataforma que se utiliza para administrar los proyectos y flujos de trabajo de SIG, así como para crear datos, mapas, modelos y aplicaciones. Además, constituye el punto de partida y la base para la implementación de SIG en las organizaciones y en la *Web*. Se utiliza para publicar y compartir información geográfica con otras personas. [AFD]

2.2.1 ArcGIS en el marco del SNIA/SNIG

El Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) creó el Sistema Nacional de Información Ganadera (SNIG), un sistema multipropósito que soporta las decisiones operacionales y estratégicas para este ramo de la economía. El SNIG fue desarrollado para monitorear el ganado. Este sistema de trazabilidad, el cual es obligatorio y tiene un alcance nacional, incorporó más de 11,5 millones de animales en su base de datos, convirtiendo a Uruguay en el único país con una completa trazabilidad de la población de ganado.

ArcGIS for Server fue elegido por el SNIG como la plataforma tecnológica, ya que provee las funcionalidades para soportar una cantidad significativa de datos que pueden ser fácilmente integrados en soluciones web del sistema y debido a su escalable arquitectura horizontal y vertical.

“La aplicación web desarrollada, ofrece a los diferentes actores involucrados (criaderos, comerciantes, industria, servicios veterinarios, policía, etc.), información relacionada con sus actividades, brindando transparencia al sistema. Cada actor, posee diferentes privilegios que le dan acceso autorizado a diferentes niveles de datos y funcionalidades. Por ejemplo, los criaderos pueden tener acceso a mapas de sus tierras y datos sobre actividades o especies de animales por medio de su respectivo número de registro. Los servicios veterinarios pueden acceder a mapas mostrando anillos de las fincas vecinas, información usada en caso de presentarse enfermedades en animales.” [RPD13]

Como consecuencia de la elección del SNIG, el SNIA, que comparte recursos y personas con éste, adoptó el uso de ArcGIS.

2.2.2 Funcionalidades de ArcGIS

A continuación se presentan las principales funcionalidades que ofrece ArcGIS.

Completa herramienta de SIG

Es una herramienta muy completa que permite trabajar en diferentes temas SIG a través de sus numerosas herramientas. Además de *ArcMap*, se puede contar con las extensiones *3D Analyst*, *Geostatistical Analyst*, *Maplex*, *Network Analyst*, *Schematics*, *Spatial Analyst*, *Tracking Analyst* y *ArcScan*.

- *Spatial Analyst*. ArcGIS tiene más capacidades analíticas espaciales: sombreado, con superposiciones, álgebra de mapas, aproximación de la superficie y análisis de redes.
- *3D Analyst*. La extensión *3D Analyst* de ArcGIS proporciona herramientas para la creación, visualización y análisis de datos SIG en un contexto tridimensional.
- *Geostatistical Analyst*. Esta herramienta permite la realización de análisis geoestadístico, partiendo del análisis exploratorio de los datos hasta su representación espacial. [HER]

Estándar de facto

Si bien este aspecto no es una funcionalidad de la herramienta, es una importante característica de la misma a ser mencionada.

ArcGIS es la herramienta SIG paga más popular y es un estándar en la industria. No es el único estándar existente y hay muchas herramientas de conversión de datos, pero en caso de querer compartir datos con otras organizaciones es muy probable que requieran que los mismos puedan ser abiertos con herramientas de ArcGIS (la mayoría de las agencias gubernamentales y comerciales fuera del Uruguay utilizan productos ESRI por encima de cualquier otro paquete de SIG).

Lenguajes de programación y Extensibilidad

La funcionalidad de ArcGIS se puede extender a través de código Python y *plugins* (o extensiones en ArcGIS). El modelo de datos de ArcGIS soporta objetos con relaciones y comportamiento.

ArcGIS for Desktop es programable en lenguajes estándar como Python y la plataforma .NET, tanto con lenguaje C# como con Visual Basic.

En el caso de *ArcGIS for Server*, dependerá de donde se va a ejecutar el código (servidor o cliente), el lenguaje a utilizar. En el servidor se puede ejecutar código Java, Python, Ruby, PHP, .Net. En el cliente (navegador), se cuentan con las tres APIs de ESRI:

- JavaScript
- Flex
- Silverlight

Esto permite a un desarrollador añadir nuevas funcionalidades utilizando una gran variedad de tecnologías conocidas, lo cual le da flexibilidad a la hora de querer conectarse con otras herramientas, por ejemplo, Data Library.

Control de Acceso

ArcGIS cuenta con la capacidad de controlar el acceso a datos publicados en el servidor y provee de una autenticación de usuarios al sistema. Permite mantener una base de datos de usuarios en el servidor de ArcGIS independiente a los usuarios de la aplicación o las aplicaciones que utilicen los servicios publicados en el servidor SIG. [PRE]

Integración a nivel de datos

ArcGIS es altamente integrable con los gestores de bases de datos más populares como IBM DB2, PostgreSQL y Oracle.

Soporte técnico

ESRI tiene una base de conocimiento bien establecida y cuenta con millones de usuarios que vuelcan conocimiento y recursos en foros, y un sistema de soporte técnico para usuarios de ArcGIS.

2.2.3 Carencias de ArcGIS

A continuación se presentan las carencias identificadas que presenta ArcGIS a partir de la investigación realizada.

Personalización

Al ser una herramienta propietaria, no tiene la flexibilidad de una herramienta *open source* en lo que refiere a capacidad de modificar el código fuente, y no siempre se puede ajustar el producto a las necesidades exactas del usuario.

Costo

ArcGIS se restringe a una licencia por usuario. Cada instalación nueva de ArcGIS se regula mediante el registro de una clave de licencia. Por otro lado, ArcGIS es una suite que incluye tres versiones de escritorio con diferentes niveles de complejidad y componentes móviles y *web*. En caso de necesitar un componente adicional que se debe comprar una licencia nueva. Las licencias para las versiones más básicas del producto se encuentran en torno a los USD 50.000.

2.3 Resumen

A partir de la investigación realizada sobre las funcionalidades y carencias de cada herramienta y las experiencias recolectadas en las distintas reuniones con los técnicos que las utilizan, se presenta a continuación una tabla que resume las características vistas en cada una.

Característica	Data Library	ArcGIS
Acceso a datos	✓	X
Maproom	✓	X
Funcionalidades SIG con datos históricos	✓	X
Soporte técnico	✓	✓
Control de Acceso	X	✓
Capacidad de desarrollo (Lenguajes de programación y Extensibilidad)	X	✓
Funcionalidades SIG avanzadas	X	✓
Estándar de facto	X	✓
Integración a nivel de datos	X	✓
Personalización (modificación del código fuente)	✓	X
Con costo	X	✓

Tabla 1 - Características de cada herramienta de la plataforma tecnológica del SNIA

Hay que destacar que cada herramienta fue creada con un propósito distinto (no necesariamente compiten entre sí), por lo que pueden trabajar de manera conjunta para atender las distintas necesidades de los usuarios de la plataforma tecnológica del SNIA. Tanto los datos como las imágenes generadas en Data Library se pueden descargar en formatos de uso común, incluyendo KML (es un lenguaje etiquetado basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones) y ArcGIS. Por lo tanto, se pueden crear aplicaciones en ArcGIS con información que se encuentre en la Data Library.

En lo que refiere a la usabilidad, en la caso de Data Library, al ser una herramienta que podría ser utilizada directamente por un productor agropecuario (usuario final), la usabilidad de la misma se evaluó teniendo en cuenta a este perfil de usuario; mientras que ArcGIS es una herramienta utilizada por desarrolladores para crear aplicaciones de *software* que pueden ser utilizadas por productores agropecuarios, por lo que los usuarios de cada una no son los mismos.

Capítulo 3 Requerimientos del Instituto Plan Agropecuario

En este capítulo se presentan las necesidades planteadas por el Instituto Plan Agropecuario y los requerimientos que se deben cumplir para poder migrar sus modelos a la plataforma tecnológica del SNIA [REUD]. Los mismos se listan a continuación:

- El modelo de simulación MEGanE y la presupuestación forrajera se deben poder ejecutar de manera *on-line*.
- Se debe poder consultar y ver información de la Producción Primaria Neta por Área (PPNA), en otras palabras, el crecimiento de las pasturas en tiempo real, un dato que se encuentra alojado en la Data Library.
- Los modelos a ejecutar deben utilizar información georreferenciada, tanto nivel de un potrero, predio o región.
- Se deben poder generar gráficas con los resultados de consultar la PPNA para un período y un área del país determinados.
- Se deben proteger los datos sensibles de productores agropecuarios. Existen datos en la base de datos del Instituto Plan Agropecuario que deben permanecer seguros para mantener la privacidad de los productores.

Dadas las necesidades que presentó el Instituto Plan Agropecuario se plantearon cuatro requerimientos a resolver en ambas herramientas que se detallan a continuación.

3.1 Seguridad

Se investigó si actualmente algunas de las herramientas de la plataforma tecnológica del SNIA provee de un módulo de seguridad que pueda cubrir esta necesidad.

Los datos que se deben proteger son los correspondientes a los productores que actualmente se encuentran registrados en el Instituto Plan Agropecuario. Estos datos son:

- Usuario y contraseña de ingreso al sistema.
- Datos propios de los establecimientos de cada productor.

Se muestra a continuación los perfiles de usuarios que cuenta actualmente el Instituto Plan Agropecuario, las funcionalidades a las que pueden acceder y que deben ser tenidos en cuenta por el SNIA:

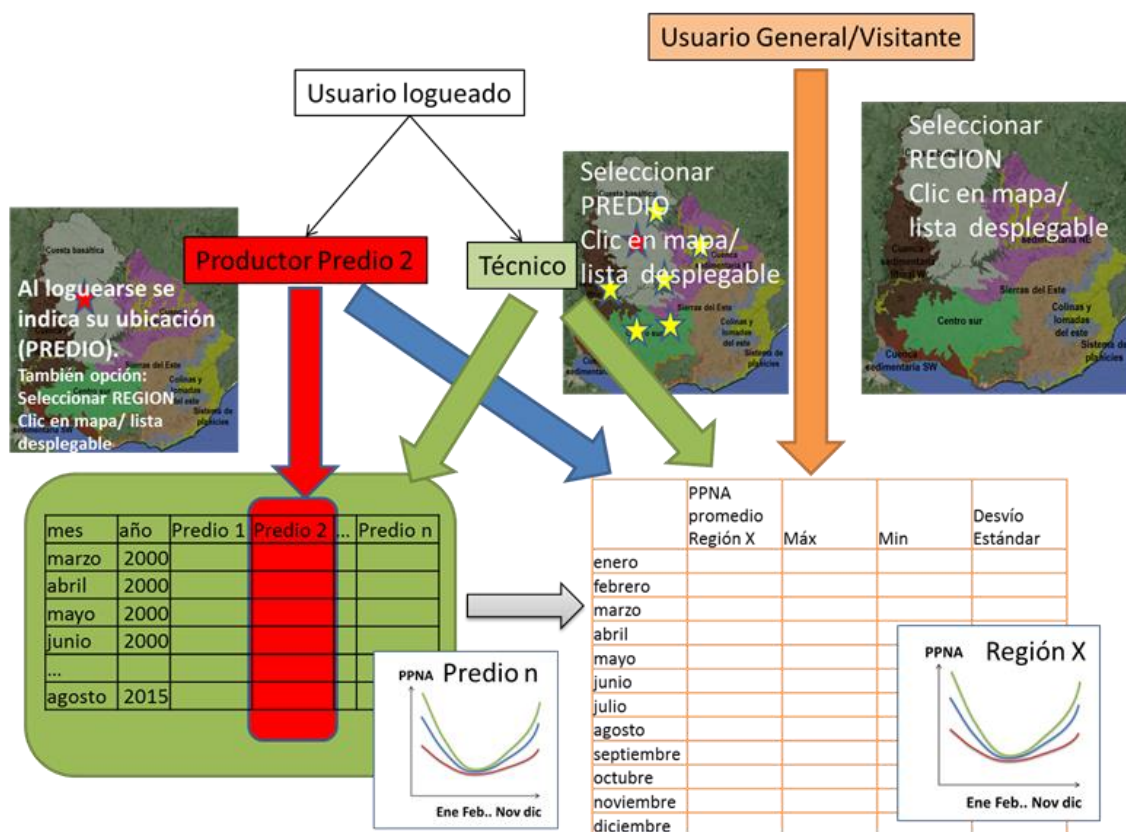


Figura 4 - Perfiles de usuarios Instituto Plan Agropecuario

Cómo se puede ver en la Figura 4, existen tres perfiles de usuarios: un usuario de tipo Productor (propietario de un predio perteneciente al Instituto Plan Agropecuario, que podrá hacer consultas a nivel de predio/potrero), un usuario de tipo Técnico (perteneciente al Instituto Plan Agropecuario), y un usuario Visitante/Usuario General (perteneciente al SNIA/MGAP, a otra Institución o cualquier persona que quiera usar el sistema, que hará consultas a nivel de región).

3.2 Visualización de Datos

Actualmente los modelos del Instituto Plan Agropecuario proveen de información de interés para los productores que los ayuda a la toma de decisiones importantes a través de la visualización de datos. Esto puede ser a través de mapas, gráficas o resultados de las ecuaciones de los modelos. Por lo tanto, la plataforma tecnológica del SNIA deberá de proveer de mecanismos de publicación y visualización de los datos que cumplan con este fin.

Es importante destacar que los usuarios finales de los productos del Instituto Plan Agropecuario son productores y técnicos, por lo que todos los datos deben ser mostrados de una manera intuitiva y amigable para que se entienda fácilmente que es lo que se quiere mostrar.

3.3 Consumo de Datos

Actualmente el Instituto Plan Agropecuario consume y consulta ciertos datos que se encuentran alojados en la plataforma tecnológica del SNIA, como ser mapas y datos de la Producción Primaria Neta por Área (PPNA).

La metodología que sigue en la actualidad el Instituto Plan Agropecuario es consultar los datos desde la plataforma tecnológica del SNIA y copiarlos en sus sistemas para que estos luego los consuman. En otros casos los datos son obtenidos desde otras fuentes externas a la plataforma tecnológica del SNIA perdiendo el objetivo del SNIA como centro de integración de la Institucionalidad Ampliada.

Por lo tanto, se puede dividir este requerimiento en 2 sub-requerimientos:

- Consumo de datos desde la plataforma tecnológica del SNIA.
- Consumo de datos desde plataformas externas a la plataforma tecnológica del SNIA.

3.4 Ejecución de modelos dinámicos

Uno de los modelos dinámicos que el Instituto Plan Agropecuario estaba interesado en migrar a la plataforma tecnológica del SNIA es el MEGanE. Por más sobre este modelo ver el Anexo II.

Se destacan las siguientes características del modelo:

- Está compuesto por ocho ecuaciones (unas dependientes de los resultados de las anteriores)
- Se debe iterar en estas ecuaciones, lo que requiere alta capacidad de procesamiento por parte de la herramienta o plataforma donde se ejecute.

Si bien el Instituto Plan Agropecuario planteó la posibilidad de ejecutar el modelo en la plataforma tecnológica del SNIA, no se halló el modo de implementar un modelo de estas características en Data Library.

ArcGIS no se planteó a priori como una opción para el Instituto Plan Agropecuario, porque no tenían conocimiento de la existencia de esta herramienta como parte de la plataforma tecnológica del SNIA, y Data Library parecía no contar con las funcionalidades que se necesitan para ejecutar las ecuaciones ni la posibilidad de iterar en ellas.

Por lo tanto, como parte de la investigación del Proyecto de Grado, se analizaron las posibilidades de ejecutar el modelo con ambas herramientas, identificando ventajas y desventajas para este caso y futuros casos que se puedan dar de modelos *dinámicos*.

3.5 Resumen

A modo de resumen, los requerimientos planteados por el Instituto Plan Agropecuario fueron los siguientes:

- Se deben proteger los datos sensibles de sus productores.
- Se debe poder ver y publicar información para ser consumida por productores y técnicos a través de mapas, gráficas o tablas.

- Se debe poder consumir información alojada en la Data Library, tanto desde una aplicación interna y como de una aplicación externa a la misma.
- Se debe permitir la ejecución de modelos dinámicos, en particular el MEGanE.

En el próximo capítulo se verán las limitaciones identificadas en cada herramienta frente a los requerimientos planteados por el Instituto Plan Agropecuario.

Capítulo 4 Limitaciones de la plataforma tecnológica del SNIA

A continuación se presentan las limitaciones identificadas en cada herramienta que forma parte de la plataforma tecnológica del SNIA, para cumplir con los requerimientos planteados por el Instituto Plan Agropecuario. Estos requerimientos se eligieron de manera tal que fuesen representativos de las necesidades de la Institucionalidad Ampliada (no únicamente de este instituto), y que puedan ser tomados como referencia a la hora de analizar los requerimientos de otros grupos. Las limitaciones serán analizadas en profundidad en la Parte III de este documento, en donde se diseñan e implementan las Pruebas de Concepto sobre cada herramienta.

4.1 Data Library

Una limitante que el Instituto Plan Agropecuario encontró en la Data Library es el nivel de escala con el que se trabaja. El nivel de escala en que trabaja el SNIA y el Instituto Plan Agropecuario es diferente. Ciertas consultas sobre la Data Library devuelven información a nivel de región, mientras que al Instituto Plan Agropecuario le es de interés la información a escala predial (a nivel de potrero). Para esto, el SNIA debe generar una base de datos con un formato uniforme, que permita incorporar información de PPNA de otras instituciones (por ejemplo, PPNA de predios de referencia del Basalto y del Este del proyecto Ganaderos Familiares y Cambio Climático del MGAP), de modo que de los segundos nombrados (predios/potrerros) generen información para alimentar estadísticas a la escala mayor (regiones).

Otras limitaciones identificadas en Data Library es su capacidad de procesamiento de datos que van mucho más allá de consultas geográficas. Data Library cuenta con un lenguaje de consulta nativo denominado Ingrid, y como se ha mencionado anteriormente, no se ha logrado implementar ecuaciones dinámicas que puedan iterar sobre distintas variables, lo cual es necesario para ejecutar el modelo MEGanE.

Por otro lado, la Data Library provee de un interfaz con mapas, tablas y gráficas que no es fácil de modificar para mostrar datos de manera intuitiva a un usuario que no tiene muchos conocimientos informáticos.

Por último, la Data Library no cuenta con ningún tipo de seguridad en el acceso a los datos ya que los mismos son públicos. Esto representa una limitante a la hora de querer migrar datos sensibles de productores del Instituto Plan Agropecuario a la misma, para luego utilizarlos y consumirlos desde otra aplicación.

4.2 ArcGIS

Por desconocimiento por parte del Instituto Plan Agropecuario de esta herramienta previo al Proyecto de Grado, no se tenía claro en un principio qué limitaciones presentaba esta herramienta frente a las necesidades del Instituto Plan Agropecuario. En caso de existir limitaciones, éstas serían identificadas en las Pruebas de Concepto que se describen en el próximo capítulo.

4.3 Resumen

Se plantean a continuación una síntesis de las preguntas que se buscó responder sobre las capacidades de cada herramienta estudiadas de la plataforma tecnológica del SNIA para resolver las necesidades del Instituto Plan Agropecuario.

¿Existe la posibilidad de proteger datos sensibles con ambas herramientas?

En caso de tener la posibilidad de proteger datos sensibles, ¿cuál es más conveniente y por qué?

¿Cuál es la dificultad de publicar información nueva (del Instituto Plan Agropecuario) en ambas herramientas?

¿Se pueden consumir datos desde ambas? ¿Cuáles son las dificultades?

¿Es posible consumir datos de ambas desde una aplicación externa?

¿Es posible ejecutar modelos dinámicos y estáticos en ambas herramientas? En caso de poder ejecutar modelos de ambos tipos, ¿Dónde conviene más ejecutar? ¿Por qué?

Estas preguntas serán la motivación del próximo capítulo, en el cual se presentan las cuatro Pruebas de Concepto realizadas, y el análisis de las ventajas y desventajas de cada una de las herramientas para hacer frente a los requerimientos del Instituto Plan Agropecuario.

Parte II. Pruebas de Concepto y Caso de Estudio

Capítulo 5 Pruebas de Concepto

Con el objetivo de estudiar cómo resolver los requerimientos planteados y verificar su viabilidad antes de comenzar con el desarrollo del Caso de Estudio, se presentan 4 Pruebas de Concepto utilizando las herramientas que forman parte de la plataforma tecnológica del SNIA (Data Library y ArcGIS).

En este capítulo se detalla la solución desarrollada en cada herramienta por separado, las dificultades encontradas y la comparación entre ambas.

5.1 Seguridad

Se estudiaron las funcionalidades que provee cada plataforma para realizar un control de acceso a los datos que se encuentran en cada una. A continuación, se presentan la solución encontrada para cada una.

5.1.1 Seguridad en Data Library

La versión actual de Data Library instalada en el MGAP no cuenta con un módulo de seguridad, por lo que no es posible realizar el control de acceso con las funcionalidades que presenta actualmente.

Se consultó con los técnicos del IRI y creadores de la Data Library de la Columbia University, Nueva York, Rémi Cousin e Igor Khomyakov, si tienen planificado el desarrollo de un módulo de seguridad dentro de la Data Library, a lo cual respondieron la cita que se presenta a continuación:

“Actualmente, tenemos un framework de seguridad simple que tiene tres niveles de permisos: acceso público al Mundo; acceso a análisis de datos y visualización del Mundo, pero la descarga de formatos de datos es solo para un grupo con permisos; no acceso al Mundo pero acceso a análisis de datos, visualización y descargas a un grupo con permiso. Este framework no es transferible a otro sitio de Data Library, solo está operando en Nueva York”, asegura Cousin. [MRI]

Khomyakov está desarrollando un nuevo *framework* para cubrir los aspectos de seguridad en Data Library. Al momento solo está disponible en Nueva York.

Además de las funcionalidades que mencionó Cousin, el nuevo *framework* puede ser utilizado en el sitio de un *partner*, por ejemplo, transferido a otra Data Library (es una base de datos que almacena contraseñas encriptadas, credenciales, permisos, etc.), ofrece una manera rápida y transparente de registro de usuario y autenticación (ejemplo: usuario/contraseña, Facebook, Google, openID), provee una acceso transparente a recursos de terceros protegidos por varios protocolos de seguridad (por ejemplo, OAuth2), presenta un mecanismo de permisos extensible con grupos, roles, recursos y provee de protocolos de seguridad extensibles (OAuth, OAuth2, OpenID, User/Password, PKI certificates).

“El desarrollo está casi terminado. Está corriendo en un ambiente de producción en Nueva York por los próximos meses. Actualmente estamos cambiando el código de la Data Library al nuevo framework. Una vez que esto se haya hecho, lo empaquetaremos y lo dejaremos disponible para otros sitios partners de Data Library”, comenta Khomyakov en octubre 2015.

De acuerdo a la información proporcionada por los técnicos del IRI, se estima que para los próximos meses tendrán el *framework* de seguridad disponible en implementación de Data Library de otros países, entre ellos Uruguay. Concluimos que, en la versión actual, no se puede realizar un control de acceso a los datos que se encuentra en la base de datos de la Data Library instalada en Uruguay.

5.1.2 Seguridad en ArcGIS

Para el problema presentado, se deben proteger servicios *web* SIG, por lo que se deben configurar los permisos sobre los servicios en el Manager de ArcGIS. Cuando se habilita la seguridad en el servidor SIG, solo aquellos usuarios pertenecientes a roles que tenga permisos para acceder a los servicios SIG serán capaces de acceder. Por más detalles sobre el modelo de seguridad en ArcGIS ver el Anexo IV.

5.1.2.1 Solución planteada

Para el desarrollo de la Prueba de Concepto, se publicó un servicio seguro en el servidor de ArcGIS del MGAP y se creó un usuario en el servidor con permisos para acceder al mismo. Posteriormente, se implementaron dos soluciones utilizando autenticación basada en *tokens* que se detallan a continuación.

La primera solución utiliza el módulo *Identity Manager* de ESRI [OIM]. El mismo retorna una clase *Singleton* que es instanciada automáticamente en *esri.id* cuando se importa el módulo que contiene a esta clase. El *Identity Manager* provee del *framework* y los métodos requeridos para manejar las credenciales y el acceso a recursos seguros del servidor ArcGIS a través del uso de *tokens*. Éste se encarga de pedirle al usuario las credenciales de acceso (mediante un *popup*), generar el *token* y anexarlo al pedido al recurso seguro. Solo se necesita incluirlo en el require del código, como se muestra a continuación:

```
require([  
    "esri/IdentityManager",  
    ...])
```

Implementación 1 – Agregar el Identity Manager de la API de ArcGIS

La ventaja de esta la solución es que es directa, simple y no requiere de mucha codificación, ya que el *Identity Manager* se encarga de realizar la autenticación. Por otro lado, la mayor desventaja es que no da mucha flexibilidad al desarrollador, por ejemplo, no se puede modificar el aspecto del *popup* que pide las credenciales al usuario (solamente el texto que se le presenta al usuario).

En la siguiente figura se muestra el *popup* mencionado anteriormente.

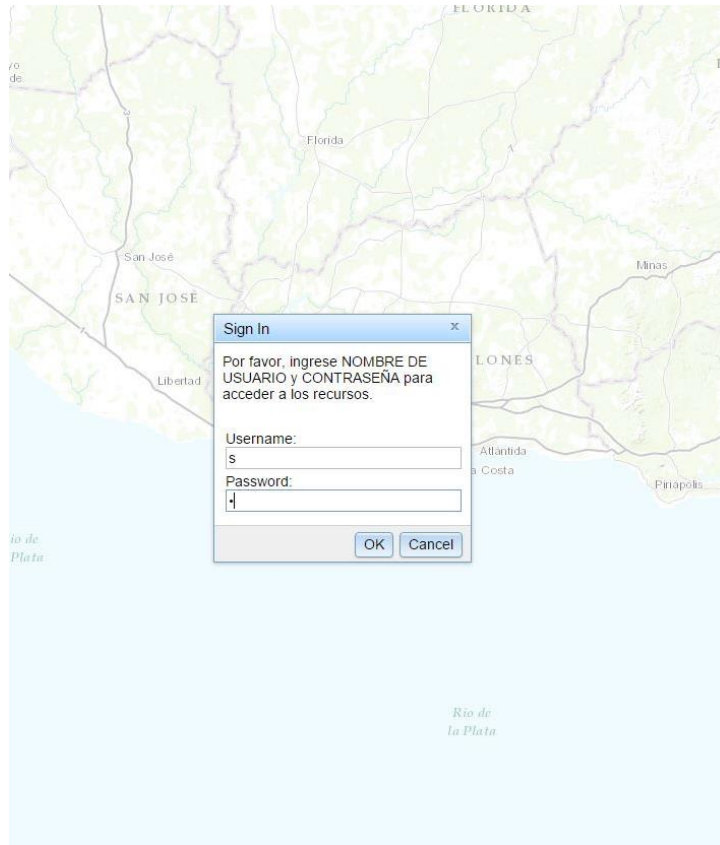


Figura 5 – Autenticación con Identity Manager en ArcGIS

Una alternativa a utilizar el *Identity Manager* es acceder al servicio seguro de manera directa, obteniendo el *token* y anexándolo al pedido. Para evitar que los usuarios puedan ver el *token* que se envía entre el servidor *web* y los usuarios, se debe utilizar un *proxy* del lado del cliente_[WWWS].

Para implementar esta alternativa, se descargó un *proxy* para Java_[JPF] y se instaló en el servidor Tomcat local donde ejecuta la aplicación.

Para que la aplicación envíe los pedidos a través del *proxy*, se debe especificar en el código la ruta al mismo. Para ello se agregó la siguiente línea al código:

```
esri.config.defaults.io.proxyUrl = "/Java/proxy.jsp";
```

Implementación 2 – Especificación de la ubicación del proxy para filtrar pedidos

Y para que el *proxy* se encargue del manejo de las credenciales y el *token*, y ningún usuario externo pueda acceder a estos datos, se agregaron los siguientes datos en el archivo *proxy.config*:

```
<serverUrls>
  <serverUrl
    url="http://web.renare.gub.uy"
    matchAll="true"
    tokenServiceUri="http://web.renare
      .gub.uy/arcgis/tokens"
    username="[nombre]"
    password="[contraseña]" />
</serverUrls>
```

Implementación 3 – Especificación del servicio de *tokens* en el proxy

Esta solución es más flexible que la anterior, al ser el desarrollador quien se encarga de la autenticación (a través de la implementación del *proxy*). Todos los mensajes al usuario pueden ser adaptados al igual que el formulario de login, como se muestra a continuación.

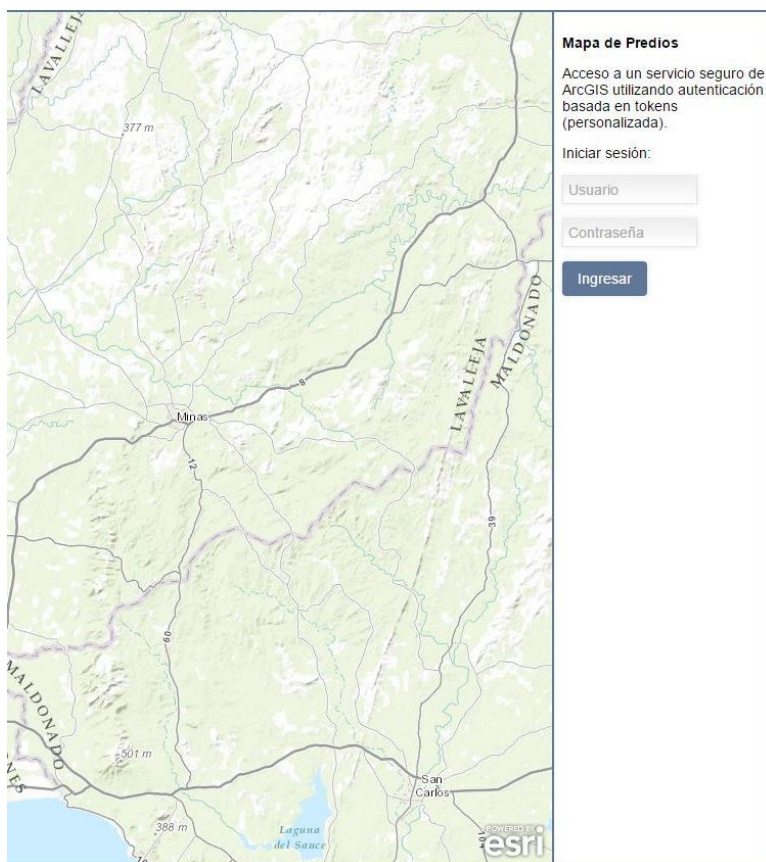


Figura 6 – Autenticación personalizada en ArcGIS

Como desventaja, esta alternativa requiere de más codificación, además de la instalación de un proxy en el servidor de aplicación. Al ser el desarrollador el encargado de implementar la autenticación, el mismo debe asegurarse que los datos confidenciales (como ser la contraseña), no puedan ser accedidos ni interceptados por terceros.

5.1.2.2 Dificultades encontradas

Uno de los principales desafíos fue la selección del mecanismo de autenticación que mejor se adapta al problema presentado. Hay varias alternativas para implementar el control de acceso con ArcGIS, cada una depende del tipo de aplicación que se esté desarrollando, y si se desea hacer el control a nivel de servicios o a nivel de aplicación. Comprender este modelo, evaluar las distintas alternativas y decidir cuál es la solución o soluciones más adecuadas para la realidad presentada requirió de un tiempo de investigación importante previo al desarrollo de la solución.

5.2 Visualización de datos

Es de interés permitirle a un productor/técnico seleccionar un portero dentro de un predio y ejecutar un modelo sobre el mismo.

Se estudiaron las distintas alternativas para mostrar y visualizar datos en mapas creados en ambas plataformas. La visualización de datos es de suma importancia para el Instituto Plan Agropecuario, ya que los usuarios finales serán personas de contextos distintos y no todos manejan las herramientas informáticas y los mapas con la misma facilidad. Se quiere desarrollar una herramienta que sea utilizada por productores ganaderos, por lo que la información tiene que estar presentada de forma clara y es un aspecto a tener en cuenta a la hora de elegir la tecnología a utilizar.

5.2.1 Visualización de datos en Data Library

Se investigó sobre las posibilidades que brinda Data Library en el modo experto (lenguaje Ingrid) para realizar un dibujo de un polígono sobre un mapa, y no se logró encontrar una solución.

Por tal motivo, se consultó a los técnicos del IRI sobre las opciones que ofrece Data Library para dibujar en un mapa. John Del Corral comentó que actualmente hay dos alternativas, y que el Modo Experto no permite dibujar cualquier tipo de polígono (solo un rectángulo o un punto).

“La primera opción es en el modo experto, donde se puede crear un rectángulo o un punto en un mapa. Luego otras operaciones Ingrid pueden utilizar ese objeto para generar una serie temporal o media de la zona. La segunda forma es crear un polígono en ArcGIS y la importación a la base de datos / GIS Postgres y usar eso como cualquier otro polígono. Me imagino que ustedes gustarían ser capaces de dibujar cualquier polígono (no sólo un rectángulo) en el modo experto. No hemos implementado todavía, pero debería ser posible. “

También se consultó sobre este tema a Walter E. Baethgen, quien sugirió realizar el dibujo del polígono sobre Google Earth.

“El dibujo de un polígono se haría sobre base de Google Earth. Las salidas de los mapas de los maprooms pueden exportarse directamente a Google Earth (.kml) así que eso no será problema. La pregunta es si lo que hay en un maproom hoy serviría para una escala detallada, a nivel de predio”, comenta Baethgen.

Al no poder realizar el dibujo de un polígono cualquier dentro de la Data Library, se decidió proceder con la segunda parte de la Prueba de Concepto, que es la visualización de datos en forma de Maprooms.

5.2.1.1 Solución planteada

Para el desarrollo de la Prueba de Concepto, se cargaron datos a la Data Library referentes a la Producción Primaria Neta por Área (PPNA) para diferentes predios y potreros. Además de los datos, se incluyó la geometría de los mismos para que se puedan georeferenciar. Por lo tanto, a los datos cargados se les agregó un coloreado que permite diferenciar cada dato georeferenciado por predio/área/PPNA/predio/potrero.

Para poder visualizar los datos basta con acceder a las URLs presentadas en Anexo V, y hacer zoom hasta el predio/potrero deseado.

Un Maproom provee de dos tipos de *zoom*:

- *Click* sobre la imagen para centrar.
- *Click* y arrastrar para dibujar sobre un área del mapa. Se mostrará un acercamiento de la zona dibujada.

Adicionalmente provee de un botón para realizar el *zoom out* de la imagen.

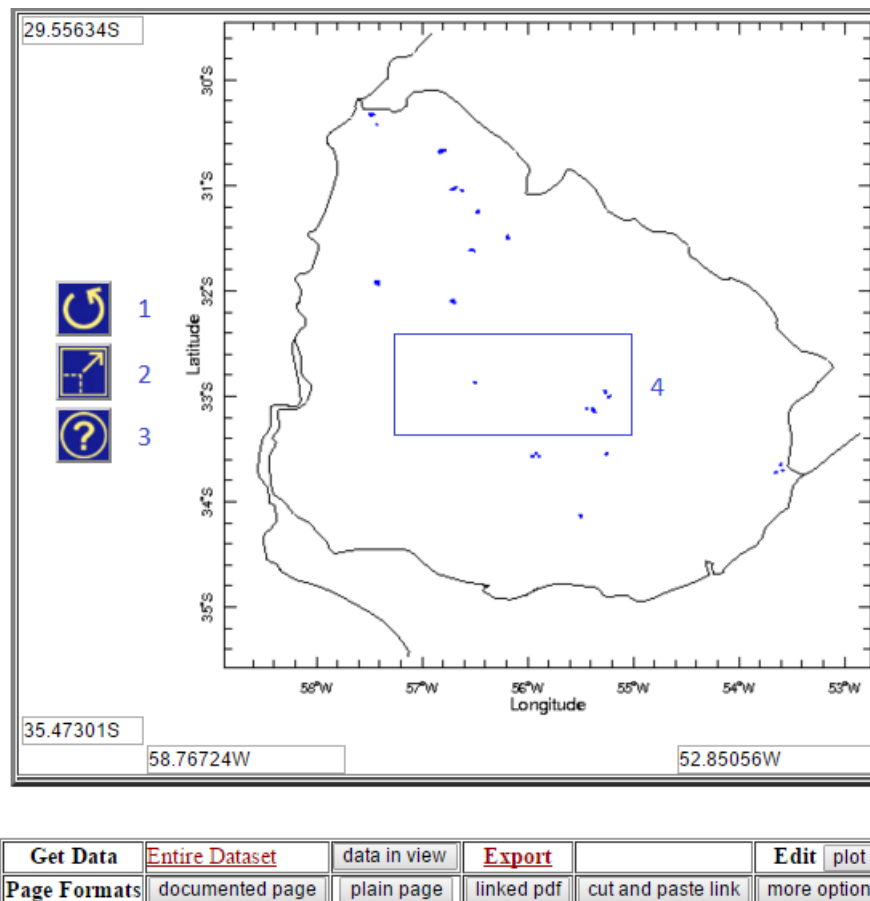


Figura 7 – Visualización de mapas en Data Library

- 1 – Recarga la imagen.
- 2 – Realiza un *zoom out* del mapa, cargando el mapa del mundo.
- 3 – Muestra una ayuda sobre los datos que se muestran.
- 4 – Forma de hacer *zoom in* de un área del mapa.

Dado que aún no existe módulo de seguridad, no hubo manera de verificar que las consultas a predios o potreros fueran realizada únicamente por usuarios que tuvieran autorizada la vista a un predio/potrero propio. Por lo que el acceso a los predios y potreros es público.

En cuanto a los datos o funcionalidades que se pueden consultar una vez dibujada el área de interés, se listan los siguientes:

- Exportar mapa y escala de la figura en varios formatos como ser JPG, PDF, GIF, entre otros.
- Editar el dibujo. Esta funcionalidad es una de las que permite consultar más de una información sobre el dibujo realizado ya que es puede consultar, por ejemplo, datos del PPNA para diferentes fechas (meses/años).
- Consultar el *DataSet* origen de los datos.
- Como parte de la visualización de los datos, se provee de toda la información ingresada en la base en forma de tablas, las cuales al igual que en la Prueba de Concepto de consumo de datos se puede consultar y extraer a través del análisis gramatical de los datos.

Se comprobó que una vez cargados los datos en Data Library, la consulta a los mismos se podía hacer de manera sencilla y fue posible guardar la URL con la configuración deseada para consultarla en cualquier momento. Por otro lado, existen diversas maneras de exportar los datos consultados, lo cual es una gran ventaja si se quieren utilizar con otra herramienta.

Los datos se vinculan y corresponden sin tener que el usuario estar correlacionando información y se provee acceso a toda la información cargada de manera transparente.

5.2.1.2 Dificultades encontradas

Una de las principales desventajas encontradas fue la necesidad de cargar previamente todos los datos pensando en cómo se van a querer consultar los mismos. Esto hace que se pierda flexibilidad y dinamismo en la manipulación de los mismos.

Por otro lado, la opción *Data in View* dentro del Maproom retornaba error 404, y se pudo observar que la ecuación que formula en modo experto es incorrecta. Esto es un error de implementación que se debe solucionar, porque sería una manera sencilla de acceder a toda la información acerca del dibujo realizado. Por último, al no haber protección sobre los datos publicados, cualquier usuario puede acceder a la información de todo el país y de un predio o potrero específico.

5.2.2 Visualización de datos en ArcGIS

ArcGIS permitió dibujar un polígono en un mapa de una manera muy directa y sencilla, utilizando la herramienta *Draw* y la opción *Draw.FREEHAND_POLYGON*. Luego, se puede calcular el área y perímetro del polígono dibujado utilizando un servicio geométrico llamado "*areas-and-lengths-complete*" en

<http://sampleserver6.arcgisonline.com/arcgis/rest/services/Utilities/Geometry/GeometryServer>. A continuación se muestra una imagen de la solución implementada.

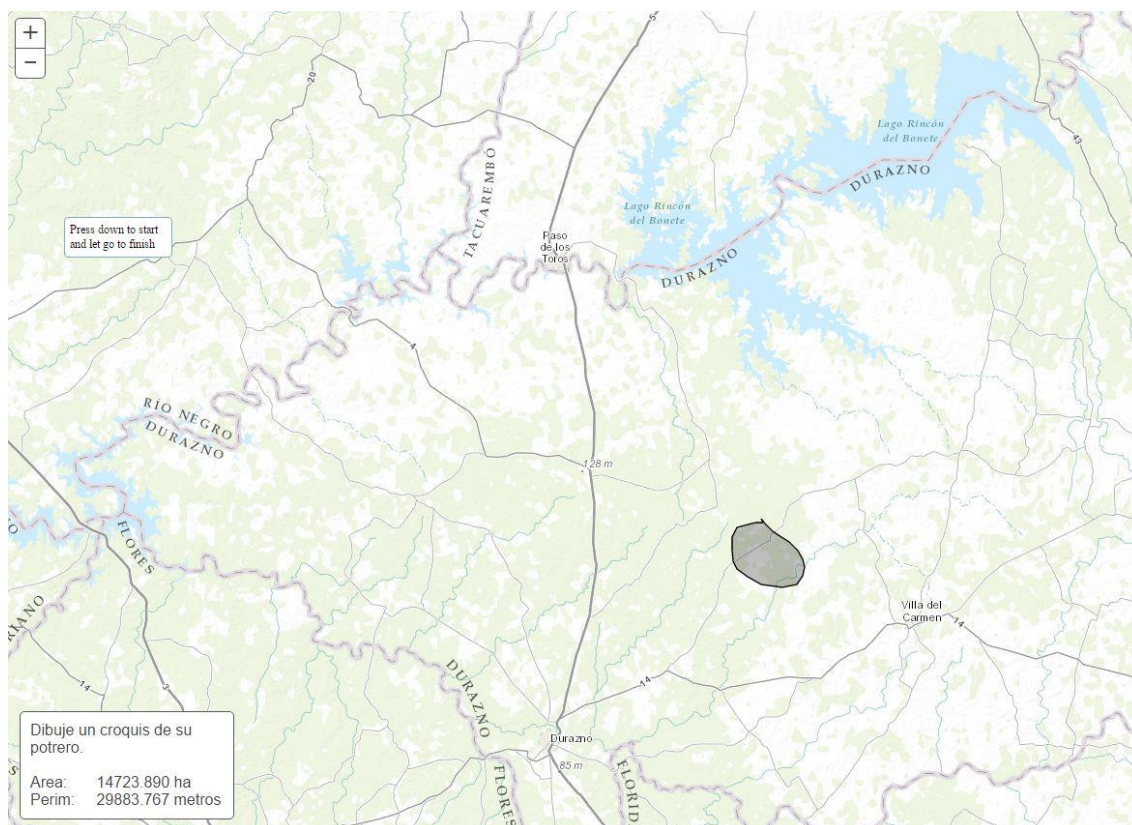


Figura 8 - Dibujar en un mapa en ArcGIS

Esto no demostró mayores dificultades por lo que se decidió extender la Prueba de Concepto e investigar como visualizar los datos de un departamento o región a la que pertenece un predio determinado. Esta información es necesaria como dato de entrada en el modelo de simulación MEGanE.

Para esto, fue necesario realizar una intersección espacial entre la geometría de un predio y la geometría de un departamento o región. La Prueba de Concepto se basó en resolver la intersección entre predio-departamento, lo cual permite identificar en qué departamento se encuentra un determinado predio y mostrarlo en un mapa (lo mismo se aplica para un predio-región).

5.2.2.1 Solución planteada

Se evaluaron varias alternativas para realizar la intersección. Para cualquiera de ella se necesitó contar con un mapa publicado con una capa de predios y otra capa de departamentos.

La primera opción fue utilizar el servicio de geometrías de ArcGIS, que cuenta con una función llamada *Intersect*, la cual tiene como entrada las geometrías que se desean intersectar y como salida el resultado de la intersección.

```
esri.tasks.GeometryService("http://sampleserver1.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/Geometry/GeometryServer");
```

Implementación 4 – Crear un nuevo servicio de geometrías con la API de ArcGIS

Se debe obtener las geometrías previamente, por lo que se debió realizar una consulta al servicio de mapas para obtenerlas. Más adelante se muestra como se hizo esto.

La segunda opción fue utilizar la función *query()* de la librería Leaflet para JavaScript. Se realizó una consulta directa con la relación espacial intersección, como se muestra a continuación:

```
<script
src="//cdn.jsdelivr.net/leaflet/0.7.3/leaflet.js"></script>

predios.query()[intersects](inputGeometry).ids(function(error, ids){
    if (ids != null){
        previousIds = ids;
        for (var i = ids.length - 1; i >= 0; i--) {
            predios.setFeatureStyle(ids[i], { color:
'red', weight: 2});
        };
    };
});
```

Implementación 5 – Función *query()* para realizar la consulta espacial intersección

La tercera opción investigada fue realizar una consulta espacial por geometría del predio, utilizando las funciones *query()* y *queryTask()* del *framework* Dojo para JavaScript. Se eligió esta como la opción más adecuada, ya que los desarrollos con ArcGIS realizados por el MGAP hasta el momento fueron siendo utilizando el *framework* Dojo, por lo que están familiarizados con la tecnología.

Lo primero que se realizó fue una consulta por atributo para obtener el predio buscado. La consulta se ejecutó sobre la capa de predios publicada previamente. Cada predio se identifica por el atributo ID2 o por la combinación de atributos DEPTO y PADRON.

```
qpredio = new Query();
qpredio.returnGeometry = true;
qpredio.outSpatialReference = new SpatialReference(102100);
qpredio.outFields = ["AREAHA" , "PADRON"];
qpredio.where = "DEPTO = 'Canelones' AND PADRON = " + padron;
qtpredio.execute(qpredio, showPredio);
```

Implementación 6 – Consulta por atributo para obtener un determinado predio

La consulta anterior retorna un único objeto que es el predio buscado, con la geometría del mismo (se especifica *query.returnGeometry = true*)

Luego, se realizó una consulta espacial para obtener el/los departamentos en los cuales se encuentra el predio. Esta consulta utiliza la geometría del predio y el atributo SPATIAL_REL_INTERSECTS de *Query* para realizar la intersección:

```
var qdeptos = new Query();
qdeptos.returnGeometry = true;
qdeptos.outSpatialReference = new SpatialReference(102100);
qdeptos.outFields = ["NOMBRE", "PERIMETER"];
qdeptos.spatialRelationship = Query.SPATIAL_REL_INTERSECTS;
qdeptos.geometry = predioFeatures.geometry;
```

Implementación 7 – Consulta geométrica para obtener el departamento del predio

La consulta anterior retorna un *array* con los departamentos que cumplen la condición.

Para visualizar los resultados en el mapa, se crearon dos instancias de *InfoTemplate*, una ventana con información del predio y otra con información del departamento.

```
infoTemplatePredio = new InfoTemplate("Predio", "Padron Nro:
${PADRON} <br/> Area: ${AREAHA} há");

infoTemplateDepto = new InfoTemplate("Departamento",
"${NOMBRE}</br> Perimetro: ${PERIMETER} mts");
```

Implementación 8 – Creación de ventanas con información del predio y departamento

También se logró mostrar el contorno de un predio o departamento en el mapa, o identificarlo con un símbolo (punto, cuadrado, etc.) utilizando la clase *Symbol*.

Al igual que se hizo con los departamentos, siguiendo los mismos pasos se puede intersectar un predio con una región del país.

5.2.2.2 Dificultades encontradas

La principal dificultad encontrada fue con temas de SIG. Los mapas de *arcgis.com* y los mapas de Uruguay (utilizados por el MGAP) usan un sistema de coordenadas geográficas distinto. Siempre que se consulte los mapas de Uruguay, se debe especificar el espacio de referencia de salida igual a 102100. En caso contrario, no se mostrarán los resultados de las consultas en el mapa base que se utiliza siempre (de *arcgis.com*). Por lo tanto, se debe especificar lo siguiente:

```
qpredio.outSpatialReference = new SpatialReference(102100);
```

Implementación 9 – Especificación del espacio de referencia

5.3 Consumo de datos

Se estudiaron las funcionalidades que provee cada plataforma para realizar el consumo de datos alojados en cada una y que se utilizaron posteriormente en el Caso de Estudio.

5.3.1 Consumo de datos en Data Library

Es necesario poder consumir datos alojados en la Data Library para ser utilizados en tiempo real en el modelo de presupuestación forrajera. Se utiliza la presupuestación forrajera como base para esta Prueba de Concepto, pero se puede extender a cualquier modelo de tipo estático.

5.3.1.1 Solución planteada

Para llevar adelante una presupuestación forrajera, se estudió la posibilidad de realizar cálculos en la Data Library (ecuaciones simples), utilizando datos que se encuentran en la misma, en este caso, el dato del PPNA promedio por región del país.

Como primer paso, se escribió la ecuación en Data Library utilizando la funcionalidad de modo experto, como se muestra a continuación.

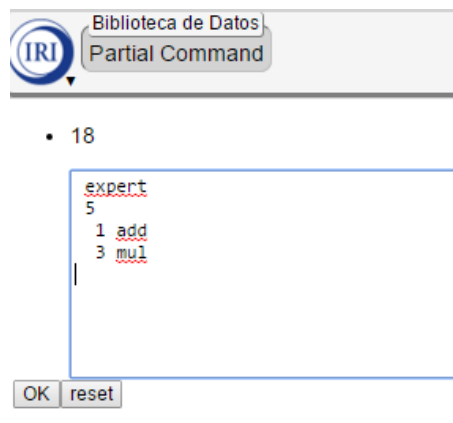


Figura 9 - Ecuación en lenguaje Ingrid (modo experto)

Esta ecuación representa el resultado de realizar el cálculo $(5 + 1) * 3$ que arroja como resultado 18. Al ejecutar esta ecuación en modo experto, se generó la siguiente URL: <http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/expert/5/1/add/3/mul/>, en la cual se observa que los parámetros de la ecuación están dados por los valores 5, 1 y 3 que pueden ser fácilmente parametrizados por valores variables.

Una vez comprendida la URL generada, el próximo paso fue establecer una conexión HTTP desde Java para analizar el *buffer* de respuesta de la conexión e intentar capturar el resultado de la ecuación para mostrarla al usuario.

Para esto se utilizó la librería `httpClient` de Apache, la cual ofrece operaciones para este propósito.

El resultado de ejecutar el pedido de tipo GET fue un HTML con el contenido de la página devuelta por Data Library al realizar el cálculo. Por lo que para poder mostrar el resultado al usuario, fue necesario analizar gramáticamente dicha respuesta para extraer el resultado.

El siguiente paso fue construir la consulta para obtener el dato del PPNA. La URL que genera la consulta del PPNA es la siguiente:

<http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/expert/SOURCES/.MGAP/.IPA/.PPNA/.promedio/Region/%28%20%29VALUES/T/12/splitstreamgrid%5BT2%5Daverage/T+exch+table+text+text+skipanyNaN+table+.html>

Se marca en color verde el parámetro que indica la región del país sobre la cual se quiere hacer la consulta. El resultado de la consulta arroja el promedio de valores de PPNA desde el año 1960 a la fecha ingresados en Data Library, discriminando por mes del año.

Dado que la región del país es uno de los parámetros de la URL, al igual que en caso de la ecuación simple, se puede parametrizar para permitirle al usuario realizar la consulta sobre la región que desea. Por otro lado, al estar la respuesta discriminada por meses del año, se puede analizar gramáticamente el buffer de respuesta para extraer el resultado del PPNA para el mes que el usuario desea consultar.

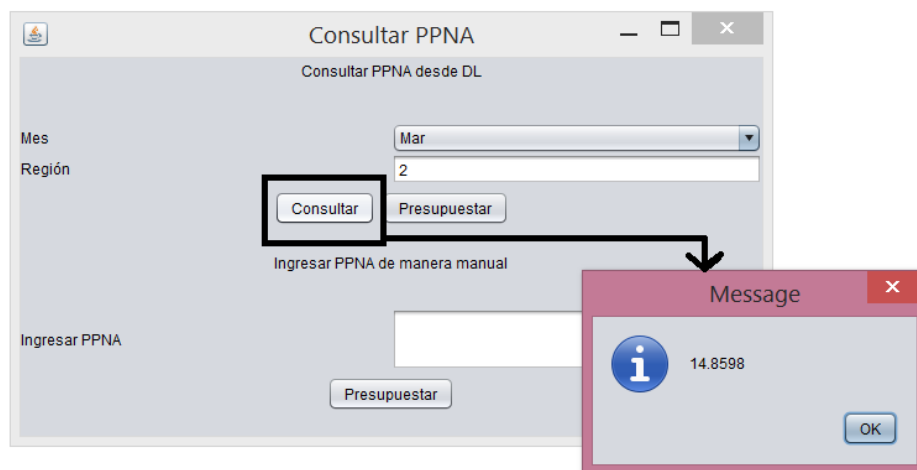


Figura 10 – Consultar el PPNA desde Data Library

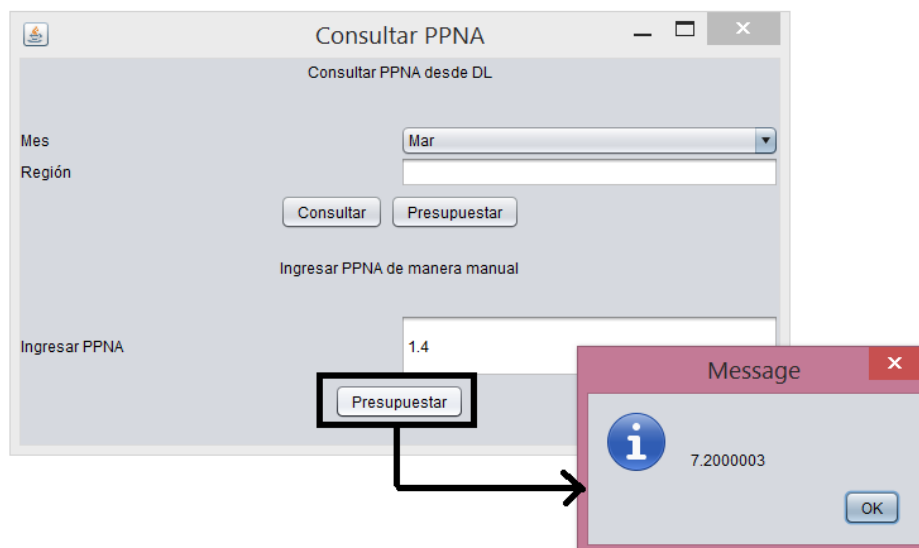


Figura 11 – Cálculo desde la Data Library simulando una presupuestación forrajera

5.3.1.2 Dificultades encontradas

Una de las mayores dificultades al desarrollar la Prueba de Concepto fue la conexión con el servidor de Data Library, que fue muy inestable. Se recomienda tener un servidor dedicado donde esté alojada la misma. Con esto se aumentaría en gran escala la posibilidad de asignar a Data Library la resolución de modelos estáticos sin tener el riesgo de la baja del servicio.

Por otra parte, el hecho de tener que realizar un análisis gramatical de las respuestas obtenidas por el servidor para obtener los resultados buscados, hace que sea muy ineficiente realizar consultas que retornen muchos datos dentro de un HTML.

5.3.2 Consumo de datos en ArcGIS

Se planteó la necesidad de consumir servicios publicados en un servidor de ArcGIS desde una aplicación *web* externa al servidor. Para el Caso de Estudio concreto, se debía mostrar un mapa con regiones, departamentos y predios. Esta información, o bien ya se encontraba en el servidor ArcGIS o se debió publicar para poder consumirla.

Se realizó una investigación preliminar sobre las tecnologías que provee ArcGIS para consumir servicios y mapas desde fuera del servidor. Para construir aplicaciones fuera del Manager de ArcGIS, el servidor de ArcGIS ofrece diversos *frameworks* de programación o APIs, que se pueden usar para crear aplicaciones *web* y servicios. La API que se elija depende de la experiencia y el nivel de conocimientos del desarrollador, así como de los requerimientos de la aplicación.

5.3.2.1 Solución planteada

A partir de la investigación realizada y como recomendación del equipo de técnicos de ArcGIS del MGAP, se eligió utilizar JavaScript para comunicarse con el servidor ArcGIS. Se puede utilizar una API para JavaScript provista por ArcGIS, que permite embeber funcionalidades de mapeo livianas en la aplicación *web*. Es gratis y solo se requiere que los mapas y herramientas que se van a consumir están disponibles en el servidor ArcGIS.

La API de JavaScript es alimentada por una back-end REST API que es capaz de recuperar cualquier tipo de información del servidor. La API está construida sobre Dojo JavaScript toolkit, por lo que no hay que preocuparse por acomodar el comportamiento del código en los distintos navegadores, ya que el *framework* lo maneja por sí mismo.

Algunos de los servicios publicados en el servidor ArcGIS del MGAP se encuentran en <http://web.renare.gub.uy/arccgis/rest/services>. Se puede utilizar el Directorio de Servicios para buscar la dirección *web* del mapa que se quiere consumir, por ejemplo http://web.renare.gub.uy/arccgis/rest/services/PDG/pdg_ls/MapServer. Este mapa contiene dos capas, una de regiones y otra de departamentos.

Para mostrar un mapa con las regiones se debió ejecutar código JavaScript dentro de una página HTML. El primer paso fue crear un mapa base con las coordenadas (longitud y latitud) y el *zoom* adecuado para mostrar un mapa del Uruguay completo.

```
map = new Map("map", { basemap: "gray", center: [-55.4732, -  
32.7337], zoom: 7 });
```

Implementación 10 – Crear un mapa base con las coordenadas de Uruguay

Luego, se creó una instancia de un objeto *feature layer* con la URL al servicio de mapas que se deseaba consumir. En este caso se quería mostrar un mapa con las regiones, por lo que se necesitó la URL a la capa de regiones, que se encuentra en http://web.renare.gub.uy/arcgis/rest/services/PDG/pdg_ls/MapServer/0.

Un *feature layer* es una capa que hace referencia a un conjunto de datos de la entidad como ser puntos, líneas y polígonos. [CFL]

A continuación, se muestra como crear un *feature layer* a partir de la capa que contiene la información que se desea mostrar:

```
var featureLayer = new  
FeatureLayer("http://web.renare.gub.uy/arcgis/rest/services/  
PDG/pdg_ls/MapServer/0", {  
    mode: FeatureLayer.MODE_ONDEMAND,  
    infoTemplate: template,  
    outFields: ["NOMBRE"]  
});  
map.addLayer(featureLayer);
```

Implementación 11 – Crear un *feature layer*

Además, se creó un objeto *InfoTemplate* para mostrar información de cada región al hacer *clic* sobre la región en el mapa. En este caso, se mostraba el nombre de la región seleccionada.

A continuación, se puede ver el resultado del mapa consumido:

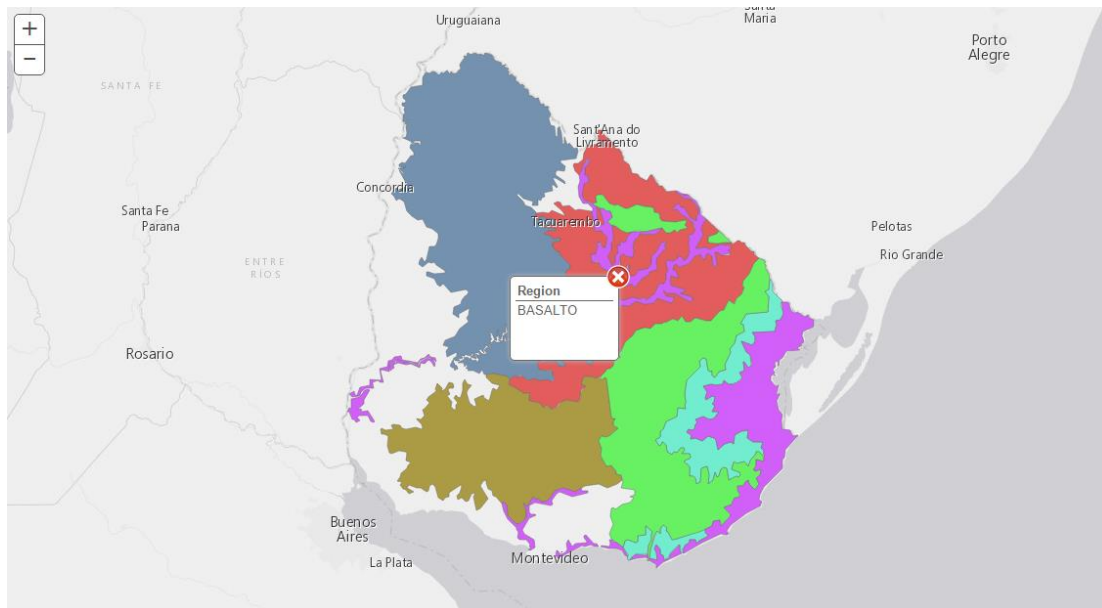


Figura 12 - Mapa del Uruguay con regiones

5.3.2.2 Dificultades encontradas

No se encontraron mayores dificultades más allá de la familiarización con JavaScript, el uso de la API, y la navegación por los servicios de mapas publicados. La API provee de varias operaciones para mostrar capas y mapas, y cada una se adapta mejor de acuerdo a la información que se quiere mostrar en el mapa y las operaciones que se hagan sobre el mismo. En este caso, se utilizó *feature Layer* ya que resuelve el consumo del servicio y permite mostrar información de una manera simple y rápida.

5.4 Ejecución de modelos dinámicos

Se estudió la viabilidad de desarrollar uno de los modelos de simulación de ganadería del Plan Agropecuario en la plataforma tecnológica del SNIA. Para esta Prueba de Concepto, se eligió el modelo MEGanE, ya que fue un requerimiento planteado por el Instituto Plan Agropecuario.

Los detalles del funcionamiento del modelo MEGanE se pueden encontrar en en Anexo II.

El modelo consiste en ocho ecuaciones, en las cuales seis se debe iterar para obtener los resultados diarios del modelo (altura del pasto y peso del animal), que son datos de entrada para la siguiente iteración.

El mayor desafío que se presentó fue poder implementar las ecuaciones con las funciones aritméticas que proveen ambas plataformas, así como poder iterar sobre las mismas.

Las ecuaciones que se necesitaba implementar fueron:

- $Dotación = \frac{cabezas}{superficie}$
- $Ka = PPNA * coeficiente\ climático$

Y se debía iterar sobre las siguientes ecuaciones:

- $Crecimiento\ del\ pasto = \Delta t * altura\ pasto\ inicial * \left(1 - \frac{altura\ pasto\ inicial}{K_a}\right)$
- $Altura\ pasto\ preconsumo = altura\ pasto\ inicial + Crecimiento\ del\ pasto$
- $Ganancia\ de\ peso\ vacuno = coef\mu - e^{(-coef\eta * Altura\ pasto\ preconsumo)} * X_i$
- $Consumo\ Pasto\ Total = (aMant * (\eta Mant * Altura\ pasto\ preconsumo + \mu Mant)) + bGan * Ganancia\ de\ peso\ vacuno * \frac{Peso\ Inicial^{0.75}}{1.8 * 180} * Dotacion$
- $Peso\ Final = Peso\ Inicial + Ganancia\ de\ peso\ vacuno$
- $Altura\ pasto\ Final = Altura\ pasto\ preconsumo - Consumo\ Pasto\ Total$

Al comienzo de cada iteración, se debía actualizar el valor de Peso Inicial y Altura pasto inicial con los valores finales de la iteración anterior:

- $Peso\ Inicial = Peso\ Final$
- $Altura\ del\ Pasto\ Inicial = Altura\ del\ Pasto\ Final$

5.4.1 Ejecución de modelos dinámicos en Data Library

Una de las grandes limitaciones identificadas al querer ejecutar el MEGanE sobre Data Library fue posibilidad de realizar iteraciones sobre alguna de las funcionalidades de la herramienta. Por este motivo, el primer paso fue investigar sobre la existencia de funciones de *loop* que ejecutaran sobre Data Library. Luego, para poder utilizar los resultados de una ecuación anterior, se estudió el manejo de variables y en el especial el *stack* de Data Library donde se guardan los resultados.

5.4.1.1 Solución planteada

Data Library provee de algunas funciones de *loop* que se utilizan en la siguiente consulta y se describen a continuación.

- **beginLoop:** Marca el inicio de un *loop*. El *loop* inicia con la marca de una con una condición inicial. En el caso del ejemplo el inicio se da en 600.5. Dado que la unidad está determinada como los meses a partir del año 1960, 600.5 representa enero del año 2010. Si bien es una función que permite iterar, itera sobre variables de tiempos por lo que no sirve para nuestro propósito.
- **endLoop:** Finaliza el *loop* cuando se llega al límite marcado en el *grid*. En el ejemplo, el límite se llega al 659.5 que representa diciembre del año 2014.
- **L4cycle:endLoop:** Culmina a la 4ta iteración (4to ciclo) del esquema de Lorenz (con utilidad en realidades caóticas como ser el clima).
- **Explicit:endLoop:** multiplica por 2.59200E+06 el parámetro de consulta, en el ejemplo, corresponde al promedio del PPNA.
- **Repeat:** Repite la sentencia que se encuentra entre {} *n* cantidad de veces. Esta función si es capaz de iterar en cualquier tipo de función por lo que será la utilizada para iterar en las ecuaciones del MEGanE.

De todas las funciones provistas por Data Library se utilizará la sentencia *Repeat*.

Una vez analizada la posibilidad de iterar en el modelo, el próximo paso fue analizar todas las ecuaciones de MEGanE y las limitaciones técnicas de simular todas las ecuaciones y sus

operandos con Data Library. Luego, se buscó poder simular la utilización del resultado de una ecuación en una ecuación posterior.

Dentro de los manejos del *stack* que realiza Data Library, se puede referenciar un resultado anterior a través de la función *index*. La función *index* cuenta de 0 a *n* comenzando desde la última operación hasta la primera, como se muestra en la siguiente figura.

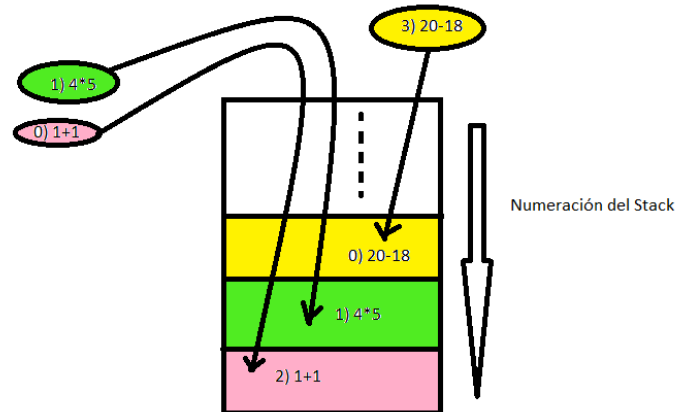


Figura 13 - Manejo *stack* en Data Library

De esta manera, se pueden ir generando las ecuaciones y cuando se necesite invocar el resultado de una ecuación anterior, se debe analizar el estado del *stack* y el *index* del resultado que se busca. Aunque parezca una tarea sencilla, una vez que se tienen muchos elementos en el *stack*, ya no se hace tan fácil la referencia a un resultado anterior.

El código en Ingrid obtenido para las ecuaciones del MEGanE ejecutado en la Data Library es el siguiente:


```

Expert
90 {
  30.0
  100.0 div
  /name (dotacion) def
  SOURCES .MGAP .IPA .PPNA_UFFIP .Campo-Lote
  campo_lote (Gonzales_Lombardo-2) VALUES
  T (Jan 2010) (Dec 2010) RANGEEDGES
  tasa_promedio
  [T]average
  1.5 mul
  /name (ka) def
  SOURCES .MGAP .IPA .PPNA_UFFIP .Campo-Lote
  campo_lote (Gonzales_Lombardo-2) VALUES
  T (Jan 2010) (Dec 2010) RANGEEDGES
  0.02 1.4 1.0 1.4 tasa_promedio
  [T]average
  div
  sub
  mul
  mul
  /name (crecimientoPasto) def
  0 index
  1.4 add
  /name (alturaPreconsumo) def
  0.434 -0.239
  2 index mul
  eexp
  1.4 mul
  sub
  /name (gananciaPesoDiaria) def
  0.0132
  2 index mul
  1.5132 add
  0.107 mul
  0.141
  2 index mul
  add
  380
  2 {380 mul}repeat
  sqrt sqrt mul
  1.8
  180 mul
  div
  7 index mul
  /name (consumoPasto) def
  380
  2 index add
  /name (pesoFinal) def
  3 index
  2 index add
  /name (alturaPastoFinal) def
} repeat

```

5.4.1.2 Dificultades encontradas

A pesar que se logró implementar un modelo dinámico con ecuaciones complejas en la Data Library, se encontraron varias dificultades que se detallan a continuación:

- Manejo del *stack* de Data Library. Todos los resultados de los cálculos que se realizan se guardan en el *stack* (la memoria) de Data Library. Para utilizar un dato calculado anteriormente, se debe saber en qué lugar del *stack* se encuentra.
- Asociación de las ecuaciones. Se requiere de un análisis profundo de la ecuación que se quiere resolver para prever las asociaciones que es necesario hacer.
- El lenguaje Ingrid no provee una función para hacer el cálculo de Potencia ($y^{0.75}$), por lo que se debió buscar una alternativa para realizarlo. En este caso particular, se pudo resolver utilizando las funciones raíz cuadrada y multiplicación ya que el exponente es 0,75 que es equivalente a 3/4. Por lo que, aplicando las propiedades de potencia se obtiene que $y^{0.75} = y^{\frac{3}{4}} = (y^3)^{\frac{1}{4}} = (y \cdot y \cdot y)^{\frac{1}{4}} = (y \cdot y \cdot y)^{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}} = (y^{\frac{1}{2}} \cdot y^{\frac{1}{2}} \cdot y^{\frac{1}{2}})^{\frac{1}{2}} = \sqrt[4]{(y \cdot y \cdot y)}$. En lenguaje Ingrid esto equivale a:

```
expert
y.
2 {y mul} repeat
sqrt sqrt
```

Implementación 13 – Potencia en lenguaje Ingrid

Se debió descomponer en raíz cuadrada ya que Ingrid no provee una función de raíz n-ésima.

- Tiempo de ejecución. El tiempo que demora para ejecutar el modelo MEGanE completo, que corresponde a 90 iteraciones es muy alto (en término de minutos). Esto se puede deber a que Data Library imprime en pantalla los resultados que se van guardando en el *stack*, por lo que, al ir creciendo el mismo, se incrementa la cantidad de texto que se imprime.
- Propenso a cometer errores en los cálculos. Todas las ecuaciones deben resolverse analizando cuidadosamente las asociaciones de los operandos. Data Library trabaja en todas sus funciones con uno o dos operandos, por lo que a la hora de realizar una ecuación de más de dos de éstos se deben diseñar las asociaciones sin perder la correctitud de la ecuación.

5.4.2 Ejecución de modelos dinámicos en ArcGIS

Para implementar un modelo como el MEGanE en ArcGIS, se debió crear un servicio de geoproceto ("Geoprocessing Service"). El geoprocetamiento permite conectar secuencias de herramientas, utilizando la salida de una herramienta para alimentar a otra.

Existen dos maneras de crear un geoproceto en ArcGIS. A través del Model Builder, una herramienta gráfica para encadenar operaciones o utilizando Python. La primera opción tiene sus limitaciones, la segunda es muy potente además de que es más cómoda para informáticos. Mientras que *Model Builder* se puede ver como un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo (modelos) que encadenan secuencias de herramientas de

geoprocesamiento_[QMB], Python es un lenguaje de programación gratuito, multiplataforma y de código abierto que es rápido, potente en lo que respecta a la capacidad de desarrollo y fácil de aprender. Python se considera un lenguaje de secuencia de comandos (o interpretativo), ya que no requiere un compilador. Existen otros lenguajes de secuencia de comandos además de Python, pero ESRI lo eligió como el lenguaje preferido debido a su potencia y amplia aceptación.

La funcionalidad de geoprocesamiento es accesible a través de Python utilizando el paquete de sitio ArcPy del *software* de ArcGIS. ArcPy proporciona acceso a las herramientas de geoprocesamiento así como a las funciones adicionales, las clases y los módulos que permiten crear flujos de trabajo simples o complejos de manera rápida y sencilla.

5.4.2.1 Solución planteada

Se eligió implementar la solución en Python ya que se tomó en cuenta que la curva de aprendizaje es más rápida para informáticos, en especial si no se tiene conocimiento previo de servicios de geoprocesamiento o ArcGIS.

Un servicio de geoproceso se puede ver como cuatro actividades separadas: diseño, autoría, publicación y uso (o consumo). En este caso, el diseño es una etapa que fue realizada previamente, ya que partimos de la base de que el servicio de geoproceso es el MEGanE. Para las siguientes tres etapas, se utilizó una licencia de prueba de ArcGIS for Desktop y programación *web* para crear y acceder al servicio.

Autoría

El primer paso fue crear una herramienta de geoprocesamiento utilizando un script en Python. El código de las ecuaciones del MEGanE sobre las cuales se itera para un trimestre (90 días) es el siguiente:

```
for x in xrange(0,91):

    alturaPasto = alturaPastoFinal
    pesoVivo = pesoVivoFinal

    #se utiliza valor del Ka correspondiente al mes 2
    if x > 30 and x < 61 :
        ka = ka_mes2
    #se utiliza valor del Ka correspondiente al mes 3
    elif x > 60 :
        ka = ka_mes3

    crec_pasto = delta * alturaPasto * (1 -
    alturaPasto/ka)
    altura_preconsumo = alturaPasto + crec_pasto

    if alturaPasto < alturaMinima:
        gananciaDiariaPeso = pesoVivo * perdidaAyuno
    else:
        gananciaDiariaPeso = coefMu - math.exp(-coefNu
        * altura_preconsumo) * coefXi

    if alturaPasto < alturaMinima:
        consumoTotalCM = 0
    else:
        consumoTotalCM = (aMant * ( nMant *
        altura_preconsumo + mMant)+ bGan *
        gananciaDiariaPeso)* pow(pesoVivo,0.75) /
        energiaPasto / kgMScmK * dotacion

    pesoVivoFinal = pesoVivo + gananciaDiariaPeso
    alturaPastoFinal = altura_preconsumo -
    consumoTotalCM
```

Implementación 14 – Código en lenguaje Python del MEGanE

Esta herramienta pasó a ser parte de las *tasks* del servicio. Luego, se debió configurar los datos necesarios de entrada para ejecutar la herramienta, en nuestro caso los datos de entrada al modelo MEGanE. También se detallaron los datos de salida de la herramienta, o sea el resultado del modelo. Uno de los datos de entrada al modelo es el PPNA, un dato que varía de acuerdo al mes del año y la región del país. Como se mencionó anteriormente en el documento, este dato se encuentra en la Data Library.

Otra Prueba de Concepto realizada en el marco de este proyecto (denominada Consumo de datos), consistió en consumir este dato desde una aplicación externa, a través de una consulta URL y el análisis gramatical del HTML que se obtiene como resultado. Este desarrollo fue realizado en Java ya que fue la tecnología elegida por el MGAP.

Los datos de entrada para ejecutar la herramienta son los siguientes: superficie, peso inicial, altura inicial, cantidad de cabezas, datos del PPNA (3 valores, uno para cada mes del trimestre), coeficientes climáticos (3 valores, uno para cada mes del trimestre). El resultado de la herramienta es un *String* que se retorna serializado en un JSON. Se eligió JSON porque es muy para los servicios *web* y además es leíble y eficiente.

Publicación

Para publicar una herramienta autorizada, se debió ejecutar la herramienta en una aplicación como ArcMap o ArcGlobe. Se ejecutó la herramienta dentro de una caja de herramientas o *toolbox*, y se obtuvo el resultado en la ventana *Results*. Desde esta ventana, se compartió como un servicio de geoprocesamiento, siguiendo los pasos que se mostraban en la misma.

Uso

Como resultado, el servicio de geoproceso quedó publicado en la siguiente URL:

<https://web.renare.gub.uy/arcgis/rest/services/PDG/Megane/GPServer>, y se consume a través de la API de ArcGIS utilizando la clase *Geoprocessor*. [CGP]

5.4.2.2 Dificultades encontradas

La implementación del MEGanE en ArcGIS no tuvo mayores dificultades, ya que se reduce a programar las ecuaciones e iteraciones en un lenguaje avanzando como es Python, convertirlo en una herramienta con datos de entrada y salida, y luego publicarlo como un servicio de geoproceso de ArcGIS.

5.5 Resumen

A modo de resumen, se muestra una tabla con los resultados de las Pruebas de Concepto sobre cada herramienta y se marca con un *tick* aquellas en las que se ha encontrado una solución satisfactoria que haya cumplido con el requerimiento del Instituto Plan Agropecuario identificado previamente, y con una cruz aquellas que no.

	Seguridad	Visualización de datos	Consumo de datos	Ejecución de modelos dinámicos
Data Library	X	✓	✓	X
ArcGIS	✓	✓	X	✓

Tabla 2 - Resultados de las Pruebas de Concepto

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas de cada Prueba de Concepto y luego, las conclusiones finales sobre qué soluciones se decidieron utilizar como parte del Caso de Estudio implementado.

Seguridad

ArcGIS provee de las herramientas y métodos necesarios para realizar un control de acceso sobre los servicios consumidos desde una aplicación *web*. Este control se puede realizar a través de varios mecanismos de autenticación. Se eligió una autenticación basada en *tokens* ya

que es una forma simple de resolver el problema de seguridad planteado y que se puede implementar de dos maneras distintas utilizando la API de JavaScript provista por ArcGIS.

Por otro lado, Data Library cuenta con un *framework* de seguridad que podría resolver el problema de acceder datos sensibles que se encuentran en la base de datos del SNIA, pero aún no se encuentra disponible para ser utilizado en Uruguay.

Visualización de datos

ArcGIS provee de una funcionalidad directa para dibujar un polígono en un mapa “a mano alzada” mientras que Data Library no permite realizar un dibujo que no sea un punto o un rectángulo.

Con respecto a la visualización de datos, Data Library provee de una forma sencilla de configurar como se mostrarán los mismos a través de una URL. En el caso de ArcGIS, es necesario crear una capa de servicio, especificar los datos de salida o los datos a mostrar, y crear un objeto que puede ser un *InfoTemplate* para mostrar una ventana con información o utilizar la clase *Symbol* para identificar los resultados sobre el mapa.

En lo que respecta a la usabilidad de los mapas, Data Library provee de un *zoom* que no ofrece mucha flexibilidad y tiene restricciones sobre qué áreas se muestran. Por otro lado, en ArcGIS se pueden utilizar mapas base que tienen el zoom incorporado y es fácil de utilizar, permitiendo acercarse o alejarse en cualquier parte del mapa sin perder calidad y definición.

La mayor ventaja de crear mapas en Data Library es que se incorporan datos/funcionalidades sobre el mapa los cuales se pueden utilizar de manera directa (si los datos ya son cargados en la base de datos pensando en esta posibilidad), mientras que en ArcGIS se deben programar y especificar todos los datos y funcionalidades que se desean mostrar para poder trabajar sobre el mapa. Las funcionalidades “por defecto” de Data Library no se encuentra de manera directa en ArcGIS.

Por otra parte, todos los Maprooms provistos por Data Library tienen la posibilidad de visualizar los textos en inglés o en español sin necesidad de implementaciones extras.

Consumo de datos

Con las Pruebas de Concepto realizadas sobre el consumo de datos, se pudo validar la viabilidad de consumir datos alojados en cada plataforma que se utilizarán en el Caso de Estudio planteado en el próximo capítulo. En ambos casos, se pudo extender la solución a otro tipo de datos, ya sean otros mapas con más capas u tablas con datos.

Ejecución de modelos dinámicos

Se pudo validar que ambas herramientas soportan el desarrollo de modelo dinámicos complejos, como lo es el MEGanE. A pesar de esto, se encontraron grandes dificultades para implementar el mismo en Data Library, ya que la lógica del lenguaje Ingrid no es tan familiar como lo es Python, y el código generado es de una complejidad mayor. También es

importante señalar que Ingrid no provee de todas las funciones matemáticas predefinidas, como lo es la función potencia.

Por otro lado, la eficiencia que se obtiene al ejecutar el modelo en ArcGIS es mucho mayor, el procesamiento se hace en cuestión de segundos, mientras en Data Library demora varios minutos.

La mayor ventaja de ejecutar el modelo MEGanE en Data Library es que los datos del PPNA utilizados para calcular el crecimiento del pasto, se obtienen en una consulta directa a la base de datos de la Data Library, ya que el dato se encuentra alojado en dicha base de datos. En el caso del modelo en ArcGIS, se debe hacer una consulta mediante una URL desde el exterior.

Por otra parte, la posibilidad de guardar datos de una iteración a la siguiente en Data Library es simplemente manejando el *stack*, no hay posibilidades de acceder a resultados anteriores a través de variables o arreglos. Por lo que, como se dijo anteriormente, esto agrega una gran complejidad a causa del manejo del *stack*. En contraparte, con Python se puede declarar e invocar variables sin mayor complejidad.

Conclusiones finales

A partir de los resultados obtenidos en las Pruebas de Concepto, se decidió lo siguiente para llevar a cabo el Caso de Estudio:

- Utilizar ArcGIS para realizar el control de acceso a datos, y permitir que ciertos usuarios puedan hacer consultas a nivel de predio, mientras que otros sólo deben ver datos a nivel de región. Estos datos pertenecen del Instituto Plan Agropecuario y serán migrados a la plataforma tecnológica del SNIA.
- ArcGIS se adapta mejor como herramienta para mostrar datos y visualizar mapas. Sin embargo, se puede considerar integrar un Maproom como parte de los datos a mostrar que se encuentran en la Data Library. Se descarta la posibilidad de utilizar un Maproom como el mapa base donde los usuarios estarán trabajando (buscando predios, haciendo zoom para dibujar un potrero, etc.), ya que no ofrece la misma flexibilidad que los mapas creados en ArcGIS.
- Utilizar la solución desarrollada para consumir datos alojados en la Data Library desde una aplicación externa, en particular, los datos del PPNA para un potrero/predio/región determinada.
- A pesar de que la presupuestación forrajera se puede implementar en Data Library, se decide utilizar Data Library únicamente para la consulta de datos alojados en la misma, ya que no aporta valor utilizarla como “calculadora” para implementar las ecuaciones del modelo estático, y esto se puede realizar directamente en la lógica de la aplicación Java a desarrollar.
- Utilizar ArcGIS para la implementación del MEGanE, y consumirlo como un geoproceso.

Capítulo 6 Diseño e implementación del Caso de Estudio

Se especifican a continuación las etapas de diseño e implementación utilizadas para la realización del Caso de Estudio.

6.1 Diseño

Para analizar la viabilidad de la implementación de una solución integral que resolviera las necesidades del Instituto Plan Agropecuario, se desarrollaron las Pruebas de Concepto descritas en el capítulo anterior, que no solo sirvieron como una clara guía para diseñar la solución, sino que además para saber cuál herramienta de la plataforma tecnológica del SNIA (Data Library o ArcGIS) era más adecuada para implementar cada funcionalidad y cuál se ajustaba mejor a los requerimientos.

En paralelo al diseño de las Pruebas de Concepto, se llevó a cabo la definición de un Caso de Estudio, obteniendo el documento de [Especificación de Requerimientos](#), así como el documento de [Especificación de Casos de Uso](#). Luego de validados estos documentos con el Instituto Plan Agropecuario y con el SNIA, se construyó el [Modelo de Dominio](#).

Se presenta a continuación un Diagrama de Actividades que ilustra los principales flujos de trabajo de un usuario que inicia sesión en el sistema.

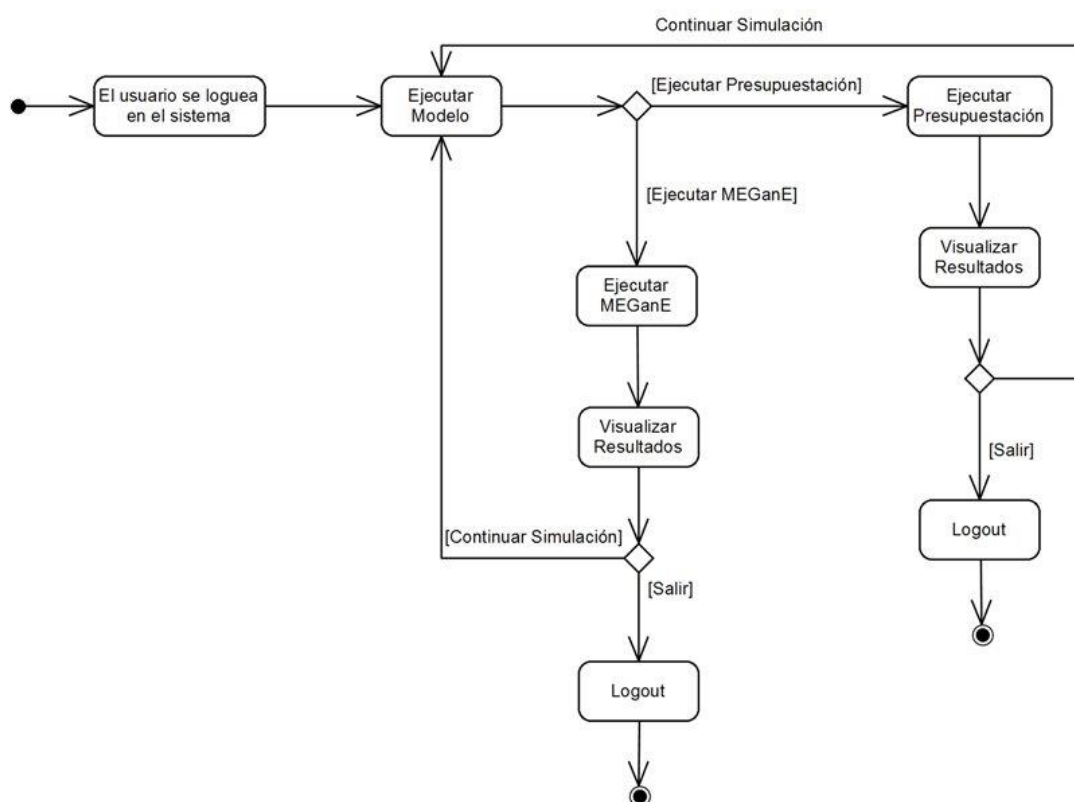


Figura 14 - Diagrama de Actividades de un usuario logueado

Luego de realizadas las Pruebas de Concepto, se procedió con el diseño del Caso de Estudio. Para realizar los diagramas correspondientes a esta etapa, se tomaron dos casos de uso más

representativos, con los cuales se logra cubrir gran parte de las funcionalidades de la solución. Los mismos son:

- Simulación de MEGanE ejecutado por un usuario de tipo Técnico/Productor.
- Simulación de la presupuestación forrajera ejecutado por un usuario de tipo Visitante.

La diferencia entre estos tipos de usuarios radica principalmente en la región/predio/potrero habilitado para ejecutar y los datos que se utilizan en cada caso. Los usuarios de tipo Productor podrán ejecutar los modelos en sus respectiva/os región/predios/potreros. Los usuarios con sesión de tipo Técnico podrán ejecutar el modelo en cualquier predio/potrero/región mientras que el usuario de tipo Visitante solo podrá ejecutar el modelo a nivel de región. El tipo de usuario además acotará los valores de los PPNA que podrá consultar y por ende utilizar en sus ejecuciones.

Tomando estos requisitos además de los ya definidos en la especificación de los requisitos, se procedió a realizar el [Diagrama de Secuencia del Sistema](#) y los [Contratos](#) para los casos de uso seleccionados. Posteriormente se realizaron los diagramas correspondientes a la fase de Diseño: [Diagramas de Comunicación](#) y [Diagrama de Clases](#), disponibles en el Anexo VI.

Dado que la comunicación con la plataforma ArcGIS se realiza a través de una API utilizando JavaScript, la solución final integra parte de la solución en esta tecnología y parte de la solución desarrollada en Java. Es por esto el Diagrama de Clases de Diseño presenta esta distinción de tecnologías (se marca en líneas punteadas en el diagrama) para dejar en evidencia que parte se implementa con que tecnología.

Una vez definido el diseño de la solución se comenzó con la etapa de implementación de la solución final que integra las Pruebas de Concepto además de agregar una interfaz amigable e intuitiva para uso de los usuarios finales.

6.2 Implementación

6.2.1 Capa lógica

La pieza de software destinada a solucionar parte de la lógica del problema y las conexiones con Data Library fueron implementadas con la tecnología Java versión 1.8 y como servidor *web* Apache Tomcat 8.0.9.0.

6.2.1.1 Conexiones a la Data Library

Las consultas a la Data Library se realizan a través de URLs que embeben consultas a la base de datos. En el marco de la solución del Caso de Estudio todas las consultas ejecutadas a la Data Library tienen que ver con consultas correspondientes al PPNA del potrero/región.

En el caso del predio, si bien en Data Library se encuentran los datos para los predios de un productor, el productor puede seleccionar la ejecución de los modelos sobre uno de sus predios de manera aislada, por lo que no era correcto retornar el valor del PPNA promedio de todos sus predios. Por lo que para retornar el PPNA promedio del predio seleccionado se consulta el valor de PPNA promedio para los potreros que están dentro del predio seleccionado.

Por lo tanto las consultas que se realizan a la Data Library son las siguientes:

Todas las consultas se realizaron en el modo experto de Data Library.

Consulta de PPNA promedio para una región

Consulta:

```
expert
SOURCES .MGAP .IPA .PPNA .promedio
Region (#region) VALUES
T 12 splitstreamgrid
[T2]average
```

Implementación 15 – Código Ingrid para consultar PPNA promedio para una región

URL:

<http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/expert/SOURCES/.MGAP/.IPA/.PPNA/.promedio/Region/%28%20#region%29VALUES/T/12/splitstreamgrid%5BT2%5Daverage/T+exch+table+text+text+skipanyNaN+table+.html>

Consulta de PPNA máximo para una región

Consulta:

```
expert
SOURCES .MGAP .IPA .PPNA .promedio
Region (#region) VALUES
T 12 splitstreamgrid
[T2]maxover
```

Implementación 16 – Código Ingrid para consultar PPNA máximo para una región

URL:

<http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/expert/SOURCES/.MGAP/.IPA/.PPNA/.promedio/Region/%28%20#region%29VALUES/T/12/splitstreamgrid%5BT2%5Dmaxover/T+exch+table+text+text+skipanyNaN+table+.html>

Consulta de PPNA mínimo para una región

Consulta:

```
expert
SOURCES .MGAP .IPA .PPNA .promedio
Region (#region) VALUES
T 12 splitstreamgrid
[T2]minover
```

Implementación 17 – Código Ingrid para consultar PPNA mínimo para una región

URL:

<http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/expert/SOURCES/.MGAP/.IPA/.PPNA/.promedio/Region/%28%20#region%29VALUES/T/12/splitstreamgrid%5BT2%5Dminover/T+exch+table-+text+text+skipanyNaN+-table+.html>

Consulta de PPNA histórico para una región

Consulta:

```
expert
SOURCES .MGAP .IPA .PPNA .promedio
Region (#region) VALUES
```

Implementación 18 – Código Ingrid para consultar PPNA histórico de una región

URL:

<http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/SOURCES/.MGAP/.IPA/.PPNA/.promedio/Region/%28#region%29VALUES/T+exch+table-+text+text+skipanyNaN+-table+.html>

Consulta de PPNA promedio para un potrero

Consulta:

```
expert
SOURCES .MGAP .IPA .PPNA_UFFIP
.tasa_promedio
id_lote (#potrero) VALUES
T 12 splitstreamgrid
[T2]average
```

Implementación 19 – Código Ingrid para consultar promedio PPNA de un potrero

URL:

http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/expert/SOURCES/.MGAP/.IPA/.PPNA_UFFIP/.tasa_promedio/id_lote/%28%20#potrero%29VALUES/T/12/splitstreamgrid%5BT2%5Daverage/T+exch+table-+text+text+skipanyNaN+-table+.html

Consulta de PPNA máximo para un potrero

Consulta:

```
expert
SOURCES .MGAP .IPA .PPNA_UFFIP
.tasa_promedio
id_lote (#potrero) VALUES
T 12 splitstreamgrid
[T2]maxover
```

Implementación 20 – Código Ingrid para consultar PPNA máximo para un potrero

URL:

http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/expert/SOURCES/.MGAP/.IPA/.PPNA_UFFIP/.tasa_promedio/id_lote/%28%20#potrero%29VALUES/T/12/splitstreamgrid%5BT2%5Dmaxover/T+exch+table-+text+text+skipanyNaN+-table+.html

Consulta de PPNA mínimo para un potrero

Consulta:

```
expert
SOURCES .MGAP .IPA .PPNA_UFFIP
.tasa_promedio
id_lote (#potrero) VALUES
T 12 splitstreamgrid
[T2]minover
```

Implementación 21 – Código Ingrid para consultar PPNA mínimo para un potrero

URL:

http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/expert/SOURCES/.MGAP/.IPA/.PPNA_UFFIP/.tasa_promedio/id_lote/%28%20#potrero%29VALUES/T/12/splitstreamgrid%5BT2%5Dminover/T+exch+table-+text+text+skipanyNaN+-table+.html

Consulta de PPNA histórico para un potrero

Consulta:

```
expert
SOURCES .MGAP .IPA .PPNA_UFFIP
.tasa_promedio
id_lote ( #potrero) VALUES
```

Implementación 22 – Código Ingrid para consultar PPNA histórico para un potrero

URL:

http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/expert/expert/SOURCES/.MGAP/.IPA/.PPNA_UFFIP/.tasa_promedio/id_lote/%28%20#potrero%29/VALUES/T+exch+table--+text+text+skipanyNaN+table+.html

Tanto en las consultas como en las URLs se debe reemplazar los valores #region / #potrero por los valores de región / potrero que se desean consultar.

Para comprender mejor la estructura de las consultas a Data Library vamos a describir cada una de las sentencias de la consulta:

- **expert:** Con esta etiqueta indicamos a Data Library que vamos a realizar una consulta en modo experto.
- **SOURCES:** Indica el comienzo de los sources. Por ejemplo SOURCES .MGAP .IPA .PPNA_UFFIP .tasa_promedio indica que los datos que queremos consultar se encuentra dentro del conjunto de datos definido por la ruta MGAP->IPA ->PPNA_UFFIP->tasa_promedio.
 - **id_lote / Region:** indicamos el valor del potrero / región a consultar.
 - **T 12 splitstreamgrid:** Indica que vamos a retornar una grilla de 12 filas (correspondiente a los meses del año).
 - **[T2]average/minover/maxover:** Indica si se quiere el registro de los promedios/máximos/mínimos por mes de todos los meses con registros en Data Library.

En los casos en los que se quieren todos los registros, por ejemplo para los históricos, no se especifica ni grilla ni operandos sobre la grilla, y de ese modo Data Library retorna todos los valores existentes para la región / predio.

Las URL son formadas utilizando las sentencias descriptas en la consulta en modo experto mediante la función *encode* de URL.

Como resultado de abrir una conexión y realizar una consulta a Data Library se obtiene un archivo de tipo HTML el cual es guardado en un buffer para su posterior procesamiento y extracción de los resultados.

Dado que con el tiempo los conjuntos de datos (SOURCES) pueden cambiar dentro de Data Library, las URLs pueden sufrir modificaciones, por lo que se optó por dejar las URLs en un archivo de configuración para facilitar su modificación.

6.2.1.2 Presupuestación forrajera

Como ya se explica en el Anexo III, la presupuestación forrajera es un modelo de tipo estático el cual para su ejecución se requiere realizar una serie de cálculos de baja complejidad los cuales pueden ser llevadas a cabo desde Data Library, es decir, Data Library provee de las funciones necesarias para calcular las operaciones necesarias para obtener un resultado de la presupuestación.

Pero a fines prácticos utilizar Data Library para realizar este tipo de cálculos sería utilizar la base de datos como calculadora, haciendo depender la disponibilidad de los resultados de la presupuestación de la disponibilidad de la Data Library, aumentando los riesgos de baja del servicio y disminuyendo la performance de la solución. Es por esto que se decidió incluir dichos cálculos en la solución Java implementada.

De todas maneras como input de la presupuestación tenemos los valores de PPNA para el trimestre que se desea ejecutar el modelo, por lo que dicha consulta sigue generando una consulta a Data Library, de otro modo, es posible ingresar dichos valores de manera manual, en el caso que el usuario no desee consultar en Data Library.

6.2.2 Capa de presentación

La capa de presentación fue implementada con las siguientes tecnologías: JavaScript y JSP (JavaServer Pages) con HTML embebido.

El código JavaScript ejecuta en el Cliente (navegador) y contiene las funciones necesarias para interactuar con mapas y consumir los servicios de mapas publicados en el servidor de ArcGIS a través de una API.

El código JSP ejecuta en el Servidor de aplicación, y contiene el HTML que dibuja cada página de la aplicación. Se decidió utilizar JSP debido a la necesidad del *framework* de seguridad implementado que se describe más adelante.

Se implementaron tres grandes clases en JavaScript que contienen las funciones que son accedidas desde cada HTML, y se describen a continuación:

- CMapas: esta clase contiene las funciones relacionadas al manejo de mapas, que son utilizadas en la página inicial “home.jsp” de la aplicación desarrollada. Estas funciones se dividen en las siguientes categorías:
 - Inicialización de capas del mapa: las funciones de inicialización de mapas de regiones, predios y potreros. Estos últimos dos, son mapas que se encuentran protegidos, para los cuales es necesario autenticarse en el servidor ArcGIS para poder consumirlos desde una aplicación externa. Esta autenticación se implementó con la solución planteada dentro de la Prueba de Concepto Seguridad.

- Funcionalidades del mapa: se implementaron funciones para activar/desactivar las distintas capas del mapa, realizar una búsqueda de un predio, identificar eventos en el mapa y mostrar información al usuario.
- CModelos: esta clase contiene las funciones relacionadas a los modelos dinámicos y estáticos descritos en el problema a resolver, y la consulta del PPNA Anual sobre un territorio seleccionado previamente. Las tres opciones de cálculos que se le muestran al usuario son:
 - Simulación MEGanE: el modelo de simulación fue implementado tal como se describe en la Prueba de Concepto Ejecución de modelos dinámicos, mediante un geoproceto publicado en el servidor de ArcGIS y consumido a través de la API de JavaScript.
 - Presupuestación forrajera: la lógica presupuestación fue implementada en Java y para ejecutar y obtener los resultados de la misma se utilizan *web services* que son accedidos desde JavaScript a través de pedidos HTTP XML.
 - Consulta del PPNA Anual: esta consulta se hace desde la lógica de la aplicación hacia la Data Library. Al igual que la presupuestación, para ejecutar y obtener los resultados de la consulta se utilizan *web services* que son accedidos desde JavaScript a través de pedidos HTTP XML.
- CUsuarios: esta clase contiene las funciones para conectarse con la base de datos de usuarios creada en PostgreSQL 9.2 y que contiene datos sobre los usuarios de la aplicación y los predios asociados a cada usuario. Esta base de datos se consulta para obtener el perfil del usuario que inicia sesión en la aplicación (técnico o productor), y para obtener los predios que se deben mostrar en el mapa en cada caso (se obtiene el identificador del predio para luego realizar una consulta al servidor de ArcGIS).

6.2.2.1 Estructura

La capa de presentación consiste en 2 páginas JSP con HTML embebido que corre código JavaScript y páginas HTML que muestran los formularios para ingresar datos y los resultados de la ejecución de los modelos. Las páginas JSP se detallan a continuación:

home.jsp: esta es la página inicial de la aplicación, que contiene el mapa con el que interactúa el usuario, la opción de iniciar sesión y los botones para ejecutar modelos. La misma incluye el archivo Javascript mapas.js que contiene a las clases CMapas y CUsuarios descritas anteriormente.

A continuación se muestra una vista de esta página para un usuario que inició sesión.

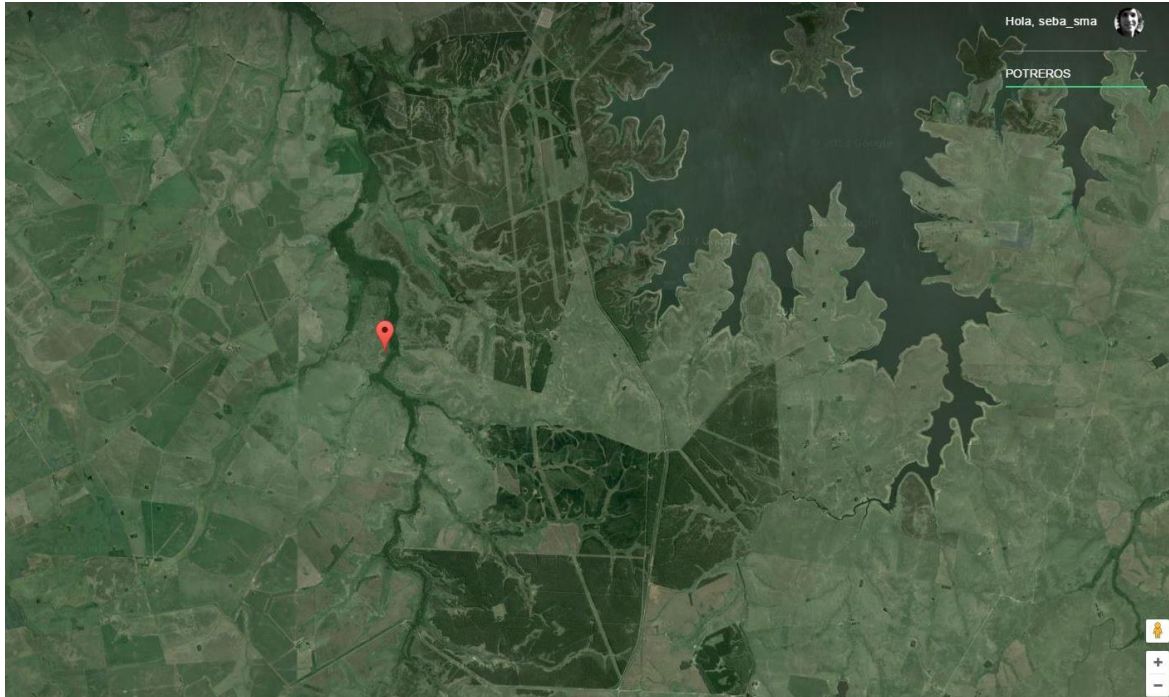


Figura 15 - Vista de la página home.jsp (usuario logueado)

login.jsp: está es la página que contiene el formulario de inicio de sesión que autentica a un usuario utilizando la librería de Apache Shiro. A continuación se muestra una imagen de la misma.

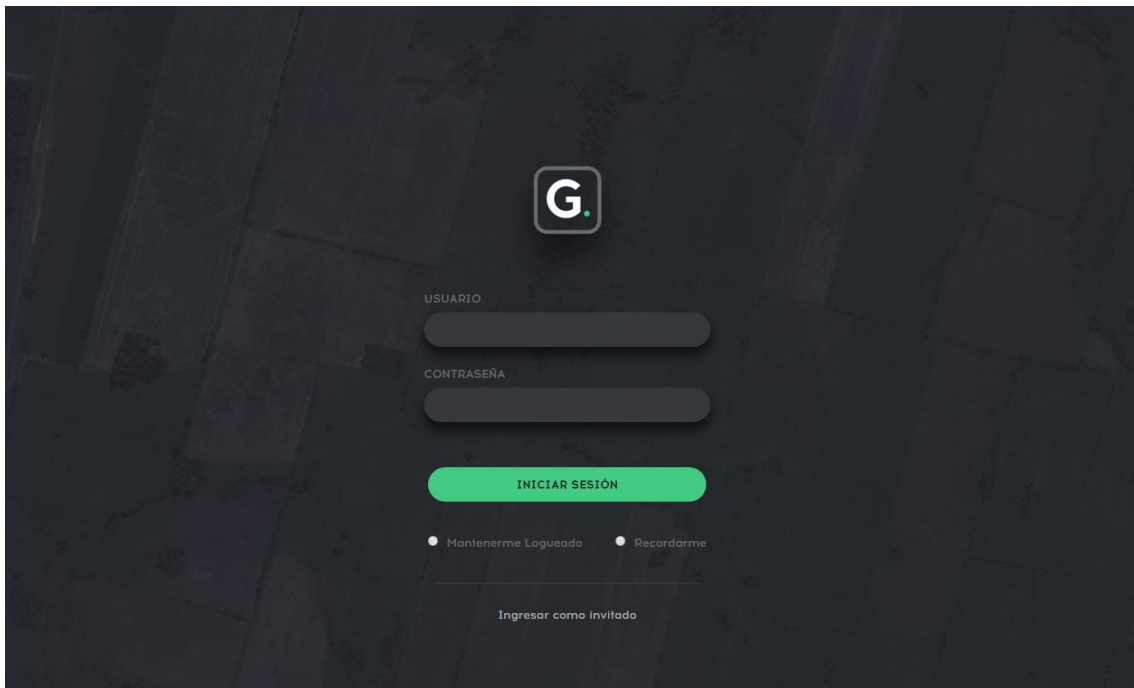


Figura 16 – Vista de la página de login

Las páginas en HTML son **form_simulación.html** y **form_presupuestación.html**. Éstas páginas contienen los formularios que se le presentan al usuario para ingresar datos referentes al modelo de simulación MEGanE y presupuestación forrajera a ejecutar respectivamente, así como los respectivos resultados. Las mismas incluyen el archivo JavaScript modelos.js que contiene la clase CModelos descrita anteriormente.

A continuación se muestra la vista del paso 5 del formulario de simulación MEGanE, en el cual se debe ingresar el peso promedio del ganado.

Figura 17 – Vista del paso 5 formulario simulación MEGanE

Y aquí la vista de la página de resultados de una presupuestación forrajera.

Figura 18 - Vista de página de resultados de la presupuestación forrajera

Para poder guardar, consultar y compartir variables entre los archivos JavaScript y que sean visibles por los distintos HTMLs, se definieron variables globales y se utiliza el *localStorage* de HTML5, que permite guardar los datos en variables y luego utilizarlas en el contexto del navegador del usuario. ^[HTML5]

6.2.3 Capa de seguridad

La capa de seguridad de la aplicación se implementó utilizando el *framework* Apache Shiro 1.2.2 de Java ^[AS]. Se decidió implementar una capa de seguridad complementaria a la seguridad ofrecida por ArcGIS, ya que los usuarios de la aplicación *web* son independientes a los usuarios del servidor de ArcGIS, y este último no tiene por qué tener información de los usuarios de la aplicación *web* (ésta u otras aplicación que utilicen los servicios publicados en el servidor ArcGIS). Por lo tanto, se eligió este *framework* que resuelve el problema de la seguridad a través de un control de acceso basado en roles. Los roles implementados fueron productor y técnico.

Para utilizar Apache Shiro en una aplicación *web*, se deben utilizar páginas JSP y a través de tags de Shiro se controla qué opciones se le muestran al usuario a nivel de interfaz de acuerdo a si el usuario está autenticado o no, y al rol que tiene el usuario que se autenticó. El *framework* provee de un *form* para iniciar sesión, y se configuró para que autentique los usuarios contra una base de datos de usuarios local creada en PostgreSQL 9.2. Esta configuración se realiza en el archivo *shiro.ini* que se encuentra dentro de la carpeta WEB-INF de la aplicación.

6.2.4 Capa de datos

Para este Caso de Estudio, la base de datos se implementó con PostgreSQL 9.2 y se creó con 12 usuarios (11 productores y 1 técnico). Los datos de los productores (nombre y predios que le pertenecen) fueron provistos por el Instituto Plan Agropecuario, y a modo representativo, se creó un usuario de tipo técnico que pueda ver todos los predios. A futuro, cada usuario de tipo técnico que se desee dar de alta en la aplicación, se puede asociar a ciertos productores y no necesariamente a todos.

Se realizó un trabajo en conjunto con el MGAP, para que los predios asociados a los usuarios de tipo productor, estuvieran publicados en el servidor de ArcGIS y también se encuentren datos del PPNA de cada uno en la Data Library. Esto asegura que un usuario que inicia sesión como productor, pueda ver sus predios y ejecutar modelos con datos válidos que se encuentren en la Data Library.

La especificación de la base de datos de usuarios creada con sus correspondientes tablas se encuentra en Diagrama de Entidad-Relación en el Anexo VI.

6.3 Resumen

Luego de analizada la viabilidad de la realización del Caso de Estudio se procedió con el diseño de la misma. Para la especificación del diseño se tomaron dos funcionalidades representativas del sistema. Éstas son:

- Simulación de MEGanE ejecutado por un usuario de tipo Técnico/Productor.
- Simulación de la presupuestación forrajera ejecutado por un usuario de tipo Visitante.

Una vez especificado el diseño se implementó la solución final del caso de estudio. Las tecnologías utilizadas para cada capa de la solución se presentan a continuación.

	Tecnología utilizada
Capa de presentación	JavaScript y JSP (JavaServer Pages) con HTML embebido.
Capa de seguridad	Apache Shiro 1.2.2 de Java
Capa lógica	Java 7, Apache Tomcat 8
Capa de datos	PostgreSQL 9.2

Tabla 3 - Tecnologías utilizadas en la solución

Como resultado se obtuvo una aplicación *web* que cumple con todos los requerimientos del Instituto Plan Agropecuario y que además aprovecha las virtudes de cada una de las herramientas (Data Library y ArcGIS) para implementar una solución que se integra con la plataforma tecnológica del SNIA.

Parte III. Comparación de tecnologías y conclusiones

Capítulo 7 Comparación de tecnologías

En base al estudio realizado sobre la plataforma tecnológica del SNIA y las herramientas utilizadas en el desarrollo del Caso de Estudio, se creó un árbol de decisión, con el objetivo de que sea tomado como un sistema experto que ayude a decidir sobre dónde implementar nuevos productos de software, de acuerdo a ciertas características consultadas en el árbol.

Con la construcción este árbol se busca lograr trascender a este Proyecto de Grado, es decir, usar el conocimiento adquirido en este proyecto pero generalizarlo, y que pueda ser usado en el futuro en otros productos que vayan más allá del Caso de Estudio desarrollado.

El árbol de decisión se presenta en 3 partes:

- Manejo de mapas: Se relaciona con el uso y visualización de mapas al cuál se hizo referencia en el desarrollo del Caso de Estudio.
- Acceso a datos: Hace referencia al consumo y visualización de datos que se encuentran alojados en la plataforma.
- Manejo de algoritmia: Manipulación de las herramientas como motor de resolución de algoritmia, por ejemplo, para la presupuestación forrajera y MEGanE.

Es de nuestro interés que este trabajo se tome como base para otros desarrollos y que las recomendaciones que se presentan aquí sean de utilidad a la hora de tomar decisiones de implementación de nuevos modelos sobre la plataforma tecnológica del SNIA.

Es importante destacar que la decisión de qué tecnología utilizar deber tener en cuenta el costo de licenciamiento de cada herramienta. Como se mencionó anteriormente, Data Library es una herramienta *open source*, por lo que no tiene costo, mientras de ArcGIS tiene un costo aproximado de USD 50,000, por lo que es otra variable a considerar en el caso de que se deba obtener una licencia de ArcGIS extra o si se puede utilizar la disponible en el SNIA/MGAP, como se hizo en el marco de este proyecto. Por otra parte también se debe tener en cuenta la curva de aprendizaje de cada una de las herramientas. En este sentido, Data Library acarrea un costo extra de capacitación por parte de expertos al ser una herramienta no profesional y no comercial lo cual puede inducir costos similares o hasta mayores al costo de licenciamiento de ArcGIS.

7.1 Árbol de decisión

Se presenta el árbol de decisión separado en 3 partes:

- Manejo de mapas: Esta parte del árbol resume las decisiones tomadas a la hora de elegir qué herramienta es mejor para todo lo relacionado con el manejo de mapas. Esta rama del árbol está orientada para aquellas instituciones que tengan como parte de sus modelos la necesidad de utilizar e interaccionar con mapas.
- Acceso a Datos: Con acceso a datos nos referimos al consumo de datos que están alojados en la plataforma tecnológica del SNIA (y en cada herramienta en particular) y todo lo que tiene que ver con la presentación de estos datos al usuario. Esta rama del árbol será de utilidad para aquellas instituciones que necesiten consumir y mostrar datos que se alojan en estas herramientas.
- Manejo de Algoritmia: Esta rama está orientada a aquellas instituciones cuyos modelos incluyan algún tipo de algoritmia, ya sea utilizando datos que se alojan o no en alguna de las herramientas. Se da una guía de qué plataforma es mejor para resolver distintos tipos de ecuaciones y problemas utilizando algoritmia simple o compleja.

Antes de presentar los árboles, se describen algunos de los conceptos que se utilizan en ellos.

- Información Interactiva: Hace referencia a la información que se muestra en el mapa, por ejemplo, al hacer *clic* sobre un departamento. Es decir, información que a priori no se muestra en pantalla a menos que se desee verla al interactuar con el mapa.
- Iteraciones Complejas: Se refiere a iteraciones donde se hagan muchas operaciones o cálculos, y que deban guardar datos que serán utilizados a futuro.

Luego de introducidos estos conceptos, se presentan las 3 ramas de árboles y se complementan con un cuadro con la descripción de las hojas de los mismos.

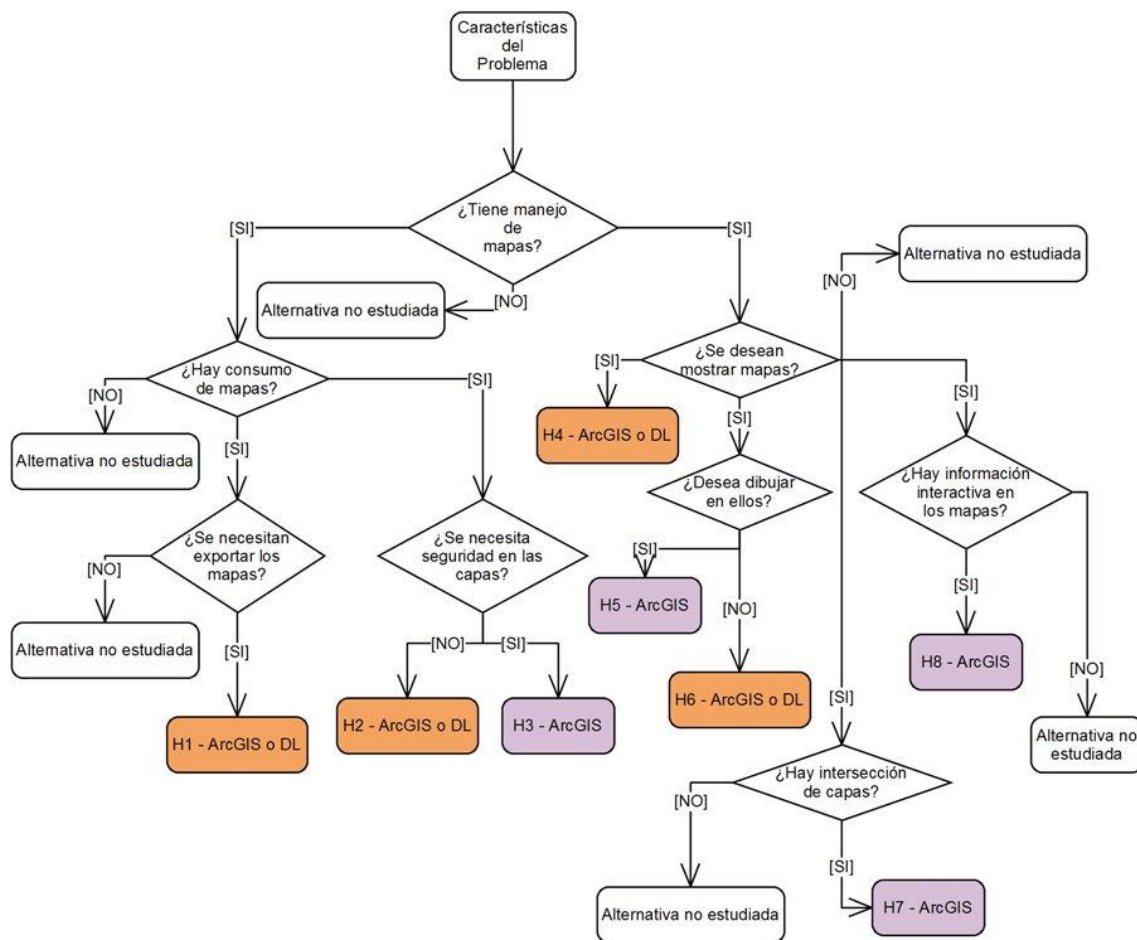
Manejo de mapas

Figura 19 - Árbol de decisión: Manejo de Mapas

Número de Hoja	Descripción
H1	Si se desean consumir mapas y además exportarlos, se puede recurrir tanto a ArcGIS como a Data Library. En el caso de ArcGIS se debe implementar la funcionalidad de descarga (se proveen mecanismos de desarrollo), mientras que en Data Library en la creación o consumo de un Maproom ya viene la funcionalidad de descarga incluida.
H2	ArcGIS y Data Library logran exponer mapas pero no ambas plataformas proveen de seguridad sobre los mismos (los datos que pueden mostrar). Si esto no es un requerimiento se pueden utilizar cualquiera de las dos.
H3	Si se desean proteger los mapas o las capas de éstos (por ejemplo, potreros o predios), se debe recurrir a ArcGIS ya que Data Library no provee seguridad sobre los Maprooms.
H4	Tanto Data Library como ArcGIS proveen funcionalidades que tengan que ver con la exposición de mapas.
H5	Si además de mostrar, se quieren realizar selecciones o dibujos a mano alzada sobre los mapas, se aconseja utilizar ArcGIS ya que Data Library sólo ofrece una selección de polígono sobre el mapa, que además funciona como zoom sobre el

	mismo.
H6	Si solo se quiere mostrar el mapa y no dibujar sobre él, se pueden utilizar ambas plataformas.
H7	Si se desea realizar una intersecciones de capas, por ejemplo, la capa de regiones con la capa de departamentos para identificar qué departamentos se encuentran dentro de una región específica, se debe utilizar ArcGIS ya que Data Library no provee de una forma de intersectar capas.
H8	Si es un requerimiento mostrar información interactiva sobre los mapas, como ser: superficie, área, identificador de superficie, etc., ArcGIS ofrece ese tipo de funcionalidades, no es posible hacerlo con Data Library. Toda la información que se muestra en un Maproom es precargada y se muestra de manera estática en la ventana.

Tabla 4 - Manejo de mapas

Acceso a datos

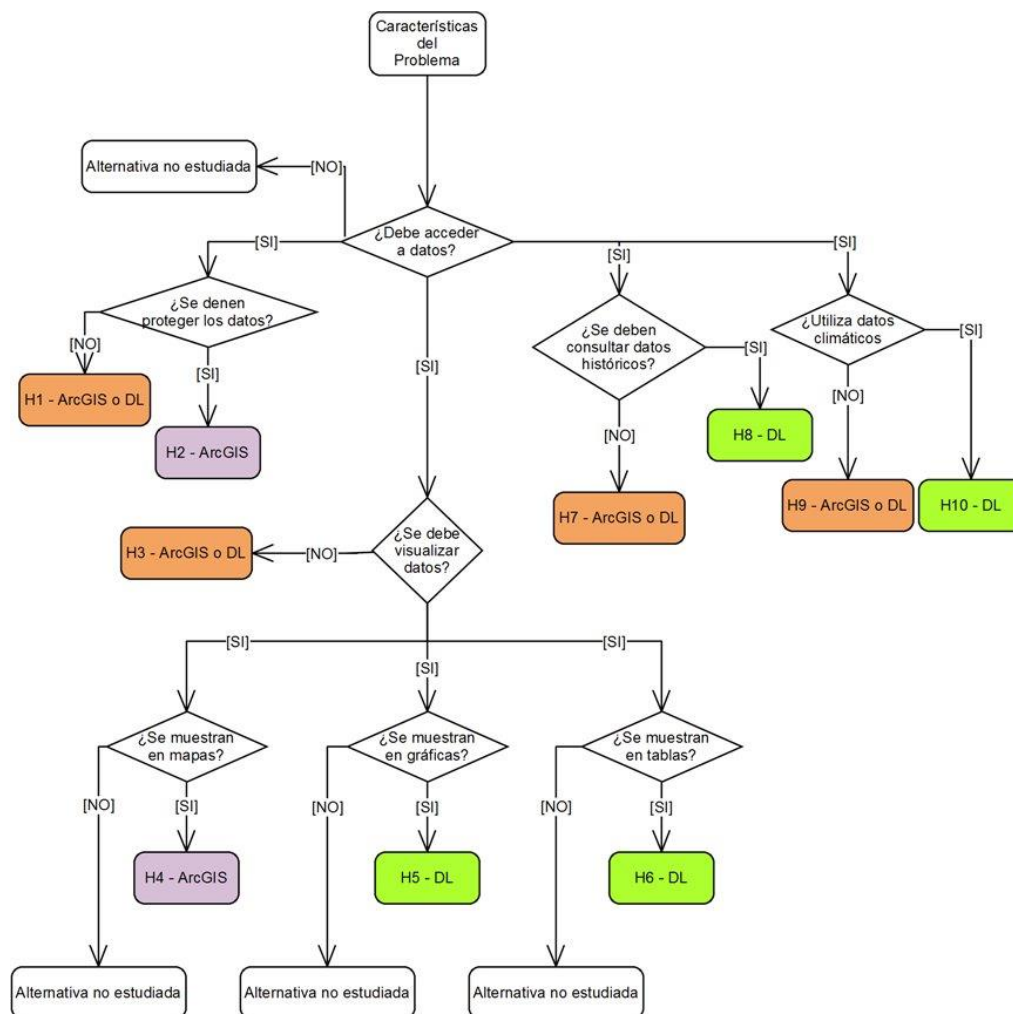


Figura 20 - Árbol de decisión: Acceso a datos

Número de Hoja	Descripción
H1	Si se deben consumir datos alojados en las herramientas, cuyo acceso no necesita ser protegido, se puede consumir datos de cualquiera de las dos herramientas (siempre y cuando se encuentren disponibles).
H2	En el caso que se necesite proteger el acceso a los datos, por ejemplo, que un productor no vea los predios de otro, en ese caso se debe utilizar ArcGIS ya que Data Library es una herramienta de libre acceso a sus datos.
H3	Si los datos solo se consumen para procesamiento y no para mostrarlos, se puede utilizar cualquiera de las herramientas, en la medida que el dato a consumir esté disponible.
H4	Si se desea mostrar los datos que se consumen en un mapa, la plataforma adecuada para esto es ArcGIS. En Data Library se pueden visualizar mapas pero no mostrar datos en ellos.
H5	Si los datos a consultar se desean mostrar en gráficas se aconseja el uso de Data Library ya que esta plataforma ofrece una manera directa de creación de gráficas, mientras que en ArcGIS será necesario desarrollar el gráfico a mostrar.
H6	Si los datos a consultar se desean mostrar en tablas se aconseja el uso de Data Library ya que esta plataforma ofrece una manera directa de creación de tablas, mientras que en ArcGIS será necesario desarrollar la tabla que se desea mostrar.
H7	Si los datos a consultar no son históricos, se puede consultar cualquiera de las herramientas, dependiendo de la disponibilidad del dato a consultar en cada una.
H8	Si los datos a consultar son históricos, Data Library cuenta con todo el historial de información agregada a la plataforma, permitiendo extraer información histórica con solo una consulta.
H9	Si los datos a consultar no son referidos a datos climáticos, se puede consultar cualquiera de las herramientas, dependiendo de la disponibilidad del dato a consultar en cada una.
H10	Data Library contiene miles de datos climáticos, por lo que en el caso de necesitar este tipo de información, se aconseja el uso de esta herramienta.

Tabla 5 - Acceso a datos

Manejo de algoritmia

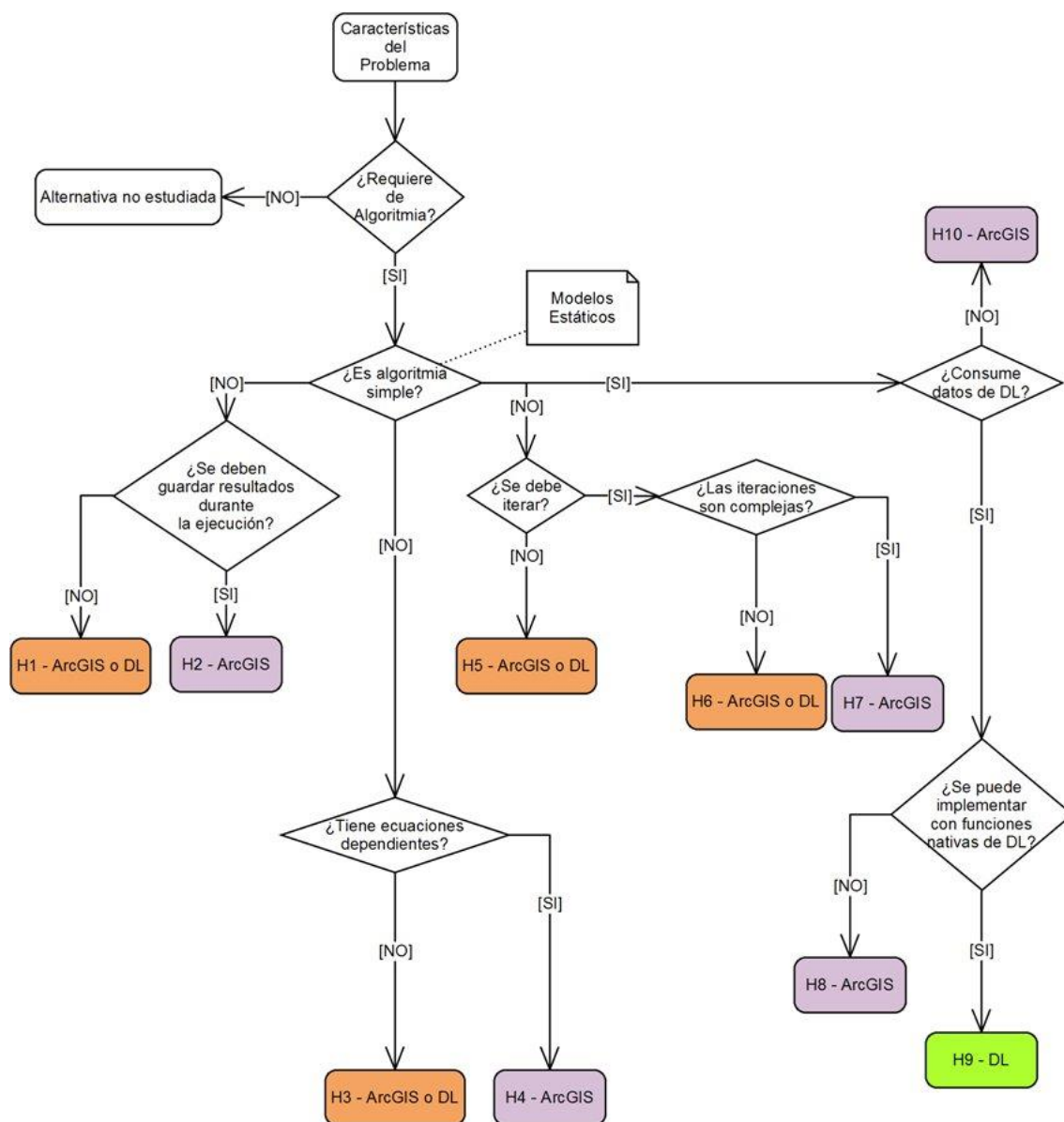


Figura 21 - Árbol de decisión: Manejo de algoritmia

Número de Hoja	Descripción
H1	Si se desea ejecutar algoritmia sin la necesidad de guardar resultados durante la ejecución, se pueden utilizar las dos plataformas, con mayor énfasis en ArcGIS ya que Data Library tiene funcionalidades limitadas para la creación de ecuaciones.
H2	Si se desea ejecutar algoritmia que guarde resultados durante la ejecución, es recomendable el uso de ArcGIS ya que Data Library no cuenta con un manejo de memoria simple para guardar valores de variables (sólo a través del <i>stack</i>).
H3	Si las ecuaciones a implementar son ecuaciones independientes una de las otras, entonces se pueden utilizar ambas herramientas para desarrollarlas.
H4	Si las ecuaciones a implementar son dependientes una de las otras, esto implica que será necesario mantener el resultado de ecuaciones intermedias y por lo tanto se aconseja utilizar ArcGIS ya que Data Library no provee una manera sencilla de

	almacenamiento de resultados intermedios.
H5	Si las ecuaciones son ejecutadas una única vez sin necesidad de iterar en ellas, se pueden utilizar ambas herramientas.
H6	Si se desean implementar ecuaciones en las que se tenga que iterar pero sin iteraciones complejas, se pueden utilizar ambas herramientas.
H7	Si se desean implementar ecuaciones en las que se debe iterar (iteraciones complejas), se aconseja el uso de ArcGIS ya que Data Library no provee de un manejo sencillo de resultados intermedios.
H8	Si se desean implementar ecuaciones que necesitan datos provenientes de Data Library pero no se pueden implementar con funciones nativas de Data Library, se aconseja realizar la consulta a Data Library mediante consulta externa y la resolución de la algoritmia llevarla a cabo con otra herramienta, por ejemplo ArcGIS.
H9	Si se desean implementar ecuaciones que necesitan datos provenientes de Data Library y además las ecuaciones se pueden implementar con funciones nativas de Data Library, se aconseja el uso de esta herramienta para la solución.
H10	Si se desean implementar ecuaciones que no consumen datos de Data Library, se aconseja el uso de ArcGIS, ya que utiliza lenguajes de programación conocidos, lo cual facilita la tarea a programadores.

Tabla 6 - Manejo de algoritmia

Las hojas correspondientes a “*Alternativa no estudiada*” corresponden a casos que no era de interés analizar dentro de este proyecto.

A partir de los árboles de decisión, se obtuvieron algunas conclusiones que se presentan en la siguiente sección.

7.2 Resumen

Data Library es una mejor opción para problemas que deben acceder a datos, en particular datos climáticos y cuando interesa mostrar información mediante tablas o gráficas. Por otro lado, si el problema requiere de algoritmia que utiliza datos que se encuentra en la Data Library, se debe evaluar si las funciones nativas permiten el desarrollo de la algoritmia y si se trata de algoritmia simple o compleja.

En lo que respecta a mapas, tanto el consumo como la visualización, se recomienda utilizar en la mayor parte de los casos ArcGIS. ArcGIS es un *software* pensado para aplicaciones SIG, y las funcionalidades y flexibilidad que provee a la hora de trabajar con mapas es muy extensa.

Otros de los puntos a tener en cuenta es el público objetivo del sistema que se quiere implementar, ya que Data Library cuenta con una interfaz que puede no ser fácil de utilizar si quien lo usa no cuenta con una capacitación previa en la herramienta. Del mismo modo, para quien implementa la aplicación con ArcGIS, la misma cuenta con tecnologías más familiares para un programador, mientras que para utilizar e implementar nuevas funcionalidades en Data Library se debe contar con una capacitación en la herramienta para este propósito.

Por otra parte, Data Library es poco flexible en la creación de nuevas funcionalidades. En ArcGIS cada programador implementa la componente que desea e inmediatamente se puede publicar la nueva funcionalidad para su posterior consumo (siempre y cuando sea utilizando la *suite* de herramientas y tecnologías que provee). En Data Library, la creación de nuevas

funcionalidades implica desarrollarla, enviarla a los programadores de la plataforma para luego esperar por su posterior aprobación y publicación.

De acuerdo a las características específicas del problema, se sugiere investigar ambas herramientas ya que se puede llegar a una implementación que utilice “lo mejor” de ambas, como fue el caso de este desarrollo.

Capítulo 8 Conclusiones finales y Trabajo a Futuro

Se presenta a continuación las conclusiones a las que se llegaron con la realización del Proyecto de Grado, los aportes que el mismo le dejó al SNIA y al Instituto Plan Agropecuario, y el trabajo a futuro detectado para continuar con la extensión de las capacidades de la plataforma tecnológica del SNIA.

8.1 Conclusiones

El Sistema Nacional de Información Agropecuaria (SNIA) apunta a la integración de los sistemas de información ya existentes y a generar nueva información, productos y herramientas orientadas a responder a las necesidades del sector agropecuario de nuestro país.

Dentro de los grupos pertenecientes al SNIA se encuentra el Instituto Plan Agropecuario (IPA), una organización destinada a contribuir a los desarrollos sostenibles e innovador de la producción ganadera y de pequeños y medianos productores. El Instituto Plan Agropecuario ha desarrollado modelos de simulación como forma de experimentar escenarios alternativos que ayuden en la toma de decisiones de productores ganaderos.

Uno de los desafíos del SNIA es facilitar la integración de los distintos grupos, como por ejemplo el Instituto Plan Agropecuario, permitiendo que vuelquen y compartan datos y migren sus modelos hacia la plataforma tecnológica, utilizando las herramientas hoy disponibles, las cuales son Data Library y ArcGIS. Dado este contexto, se propuso este Proyecto de Grado con el objetivo de analizar estas herramientas, las limitaciones que presentan frente a las necesidades de los modelos del instituto, tomado como Caso de Estudio para el desarrollo de una solución que resuelva la integración planteada dentro de los objetivos del SNIA.

Al comienzo del Proyecto de Grado se plantearon los siguientes objetivos:

1. Identificar las limitantes de la plataforma tecnológica del SNIA frente a los requerimientos del Instituto Plan Agropecuario.
2. Armar un Caso de Estudio que resuelva las limitantes identificadas.
3. Que la investigación realizada sirva de guía para que distintas instituciones pertenecientes al SNIA puedan integrar sus modelos a la plataforma, tal como lo hicimos con el Instituto Plan Agropecuario.

Para cumplir el primer objetivo se mantuvo una serie de reuniones con el SNIA y con el Instituto Plan Agropecuario para comprender mejor el contexto de ambas instituciones y entender cuáles eran las limitantes que el Instituto Plan Agropecuario encontraba a la hora de querer integrar sus modelos a la plataforma tecnológica del SNIA. En esta etapa, fue un gran desafío para las estudiantes entender las terminologías utilizadas en el área Agropecuaria, y la complejidad de los modelos desarrollados por el Instituto Plan Agropecuario.

Como resultado de este análisis se obtuvieron los requerimientos del Instituto Plan Agropecuario, que fueron tomados como base para el armado del Caso de Estudio. Estos requerimientos se dividieron en 4 pruebas de conceptos: Seguridad, Visualización de Datos,

Consumo de Datos y Ejecución de modelos dinámicos. Introduciéndonos así en la resolución del objetivo 2.

Las Pruebas de Concepto fueron realizadas para validar las limitaciones de cada una de las herramientas (Data Library y ArcGIS) frente a los requerimientos del Instituto Plan Agropecuario. Nos enfrentamos aquí a un nuevo desafío, pero esta vez técnico, al empezar a manipular estas tecnologías, lo cual implicó una curva de aprendizaje de aproximadamente 3 meses. En esta etapa se desarrollaron las Pruebas de Concepto en cada una de las herramientas para detectar las ventajas y desventajas de las mismas y analizar la mejor manera de combinarlas para el desarrollo del Caso de Estudio.

Al comienzo del Proyecto de Grado no estaba claro el rol de cada una de las herramientas dentro de la plataforma tecnológica del SNIA, ya que cada una fue incorporada por diferentes motivos y manipuladas por grupos de trabajo distintos. Luego de desarrolladas las Pruebas de Concepto, pudimos comprobar que cada herramienta tiene un propósito distinto y que pueden trabajar de manera integrada de forma de utilizar lo mejor de cada una.

Una vez desarrolladas las Pruebas de Concepto y habiendo decidido cuáles de las herramientas íbamos a utilizar para cumplir los requerimientos del Instituto Plan Agropecuario, se desarrolló una aplicación *web* que tiene como base el uso de estas herramientas, además de otras tecnologías. Dicha aplicación logra ejecutar los modelos del Instituto Plan Agropecuario, MEGanE y la presupuestación forrajera, utilizando la plataforma tecnológica del SNIA.

Finalmente, se pudo generalizar las experiencias ganadas en el desarrollo de las Pruebas de Concepto y de la aplicación final, y generar un árbol de decisión que nos ayudó a cumplir el último objetivo listado. Un desafío aquí fue al plasmar este aprendizaje y presentarlo de manera generalizada de modo que la investigación realizada en el Proyecto de Grado, no sólo aplique al Instituto Plan Agropecuario, sino que trascienda a otros grupos que quieran integrarse a la plataforma tecnológica del SNIA.

8.2 Aportes

A continuación se presenta una lista resumida de los aportes que este proyecto dejó tanto al SNIA como al Instituto Plan Agropecuario, tomado como Caso de Estudio para descubrir las limitaciones que la plataforma tecnológica del SNIA presenta hoy en día.

Aporte realizados al SNIA

- Más claridad sobre la utilidad y el propósito general de cada herramienta que pertenece a su plataforma tecnológica.
- Una investigación que ayude a decidir sobre qué herramienta implementar nuevos productos de software.
- Lecciones aprendidas sobre el uso de las herramientas y dificultades encontradas.
- Más comunicación y coordinación entre los distintos grupos de trabajo del SNIA.
- Integración de datos: datos migrados al SNIA a un único repositorio que pueden ser consumidos desde aplicaciones externas.

- Más acercamiento con los técnicos de la Data Library, y una gran muestra del interés real que existe en la actualidad de utilizar la herramienta en el MGAP (y extender sus capacidades para hacer mejor uso de ella).
- Un primer caso de éxito de un grupo perteneciente a la Institucionalidad Ampliada que logra integrarse a su plataforma tecnológica.

Aportes realizados al Instituto Plan Agropecuario

- La posibilidad de migrar datos de su interés hacia la plataforma tecnológica del SNIA.
- Consumir datos alojados en la plataforma tecnológica del SNIA (propio y de terceros) desde aplicaciones externas.
- Permitir el desarrollo de dos de sus modelos sobre la plataforma tecnológica del SNIA.
- Una solución de software integral y con foco en la usabilidad para que sea utilizada por sus productores agropecuarios y técnicos, y que ayude en la toma de decisiones.
- Un caso de éxito que sirva para difundir el uso de las TICs dentro de instituto y conlleve a nuevos desarrollos que abarquen otros modelos y necesidades.
- Más acercamiento y mejor comunicación con el SNIA, y la posibilidad de continuar con ellos el trabajo comenzado en este proyecto.

8.3 Trabajo a futuro

A continuación se presentan algunas líneas identificadas como trabajo a futuro.

Integrar las fuentes de datos

Tal como se manejan las herramientas actualmente, la actualización de ciertos datos conllevan la actualización tanto en Data Library como en ArcGIS de los mismos. Sería deseable que esto solo se tuviera que actualizar en un solo repositorio. Por ejemplo, migrar los datos del PPNA al ArcGIS y publicarlos como atributos de las regiones. En este escenario, al consumir un mapa que contenga una capa con las regiones del país, además de contar con el nombre de la región como atributo, se puede también consumir como dato el PPNA de la región y realizar consultas por mes utilizando la función *query.where* sobre el servicio. Esta migración requiere además la aprobación y el acuerdo entre las distintas partes que utilizan estos datos en la actualidad.

Añadir otros factores a los modelos

La implementación realizada del MEGanE fue de una versión simplificada del mismo. Se plantea como trabajo a futuro agregar a la implementación otros factores como categorías de los animales (vaca, vaquillona, novillo, vaca con ternero al pie), preñez y entore de la vaca, cantidad de ovinos y cálculo del porcentaje de preñez potencial.

Utilización de Maprooms como parte de la visualización

Se puede agregar como parte de la solución un análisis de los valores de Producción Secundaria Neta por Área, referente a la producción de carne, con el objetivo de mostrarlo en un Maproom. Este valor se obtiene como resultado de la ejecución del MEGanE y es de interés del Instituto Plan Agropecuario sumarlo a los resultados obtenidos del modelo.

Manejo de historial de ejecución

Se dejó como trabajo a futuro ya que no estaba dentro del alcance de este proyecto el desarrollar esta funcionalidad, para que las ejecuciones realizadas por un usuario que inicia sesión en la aplicación, queden guardadas en un registro para futuras consultas y para poder extraer distinto tipo de estadísticas sobre los modelos ejecutados por el usuario.

Utilización del módulo de seguridad de Data Library

Aún no se encuentra operativo este módulo en la Data Library implantada en el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, por lo que resulta interesante plantear como trabajo a futuro el análisis de este módulo y comprobar si cumple con los requerimientos de seguridad del Instituto Plan Agropecuario.

Glosario

Apache Shiro – Es un framework de seguridad open source en Java, que provee de métodos de autenticación de usuarios, autorización, criptografía, manejo de sesión y es utilizado para proteger una aplicación.

API - Application Programming Interface. Es un conjunto de reglas (código) y especificaciones que las aplicaciones pueden seguir para comunicarse entre ellas. Sirve de interfaz entre diferentes programas.

Árbol de decisión – Es una forma gráfica y analítica de representar todos los eventos (sucesos) que pueden surgir a partir de una decisión asumida en cierto momento.

ArcGIS - Es la herramienta SIG paga líder en el segmento que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Es producido y comercializado por la empresa ESRI.

Basalto - Roca volcánica. El suelo basáltico tiene pocos centímetros y por debajo rocas volcánicas.

Caso de Estudio – Refiere a una investigación empírica que investiga un fenómeno dentro de su contexto real.

Coefficiente climático – Se calcula para cada estación como el desvío de la Tasa de crecimiento de materia seca (TCMS) de una estación determinada con respecto a su promedio histórico (PTCMS).

Condición corporal - Índice utilizado para medir el estado nutricional de los vacunos.

Data Library - Es una base de datos abierta y una herramienta de análisis que permite visualizar, analizar, y bajar cientos de datos relacionados al clima, a través de un navegador *web*. Fue desarrollada por el Instituto Internacional de Investigación en Clima y Sociedad (IRI) de la Columbia University.

DataSet – Es una colección de datos organizados como variables multidimensionales dependientes, variables independientes y subconjuntos de datos, junto con los metadatos que hace posible la interpretación de los mismos de manera significativa.

Dotación - Se refiere a la cantidad de cabezas de ganado de un predio o de una parte del mismo (por ejemplo, un potrero).

ESRI - Environmental Systems Research Institute. Empresa fundada en 1969 que desarrolla y comercializa software para SIG. Es una compañía líder en el sector a nivel mundial y tiene su sede en California, EE.UU.

Framework – Dentro del desarrollo de software es una estructura de soporte definida, en la cual otro proyecto de software puede ser organizado y desarrollado.

Geodatabase – Es la estructura de datos nativa de ArcGIS para administrar y editar datasets geográficos.

HTML - HyperText Markup Language. Es un lenguaje de marcado (forma de codificar un documento) que se usa para crear y representar visualmente una página *web*. Determina el contenido de la página *web*, pero no su funcionalidad.

Ingrid – Es el lenguaje de análisis de datos nativo de la Data Library. Se utiliza en modo experto para hacer consultas a la base de datos.

INIA - Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Su misión es generar y adaptar conocimientos y tecnologías para contribuir al desarrollo sostenible del sector agropecuario y del país, teniendo en cuenta las políticas de Estado, la inclusión social y las demandas de los mercados y de los consumidores.

IPA - Instituto Plan Agropecuario. Su misión es contribuir al desarrollo sostenible e innovador de la producción ganadera y sus productores, principalmente de los pequeños y medianos, para mejorar su situación económica, familiar y humana, mediante capacitación, extensión, generación de información y articulación con otras instituciones.

IRI - International Research Institute for Climate and Society, Earth Institute, Columbia University, Nueva York. Su misión es mejorar la capacidad de la sociedad de entender, anticipar y gestionar los impactos del clima para mejorar el bienestar de la población y del ambiente, especialmente en los países en desarrollo.

Java – Es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Sun Microsystems en 1991. El código Java es compilado en bytecode, el cuál es ejecutado por la máquina virtual Java.

JavaScript - Es un lenguaje interpretado (no requiere compilación) utilizado especialmente en páginas *web* embebido en código HTML o similar. La mayoría de los navegadores pueden interpretar los códigos JavaScript incluidos en las páginas *web*.

JSP – JavaServers Pages. Es una tecnología que permite crear de manera sencilla contenido *web* que tiene componentes estáticos y dinámicos. Permite utilizar todas las capacidades dinámicas de la tecnología Java Servlet, brindando un enfoque más natural a la creación de contenido estático.

Maproom - Es una colección de mapas y otras figuras que vigilan el clima y las condiciones sociales en la actualidad y en el pasado reciente.

Materia seca – forraje seco, hierba seca que se da al ganado para alimentarlo.

MEGanE - Modelo de una Explotación Ganadera Extensiva. Es un modelo físico-biológico estricto, que simula en forma adecuada el funcionamiento físico-biológico de una explotación criadora extensiva sobre el basalto, dentro de un espectro muy amplio de situaciones.

MGAP - Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Entre sus objetivos está el mejorar el acceso a las tecnología y elementos necesarios para incrementar la productividad, calidad y competitividad de la producción.

Modelo - Es una simplificación de la realidad.

Open source – Modelo de desarrollo que promueve el acceso universal a través de una licencia gratuita para el diseño de un producto o proyecto, y la redistribución universal del diseño o el modelo del mismo, incluyendo posteriores mejoras realizadas por cualquier persona.

Pastura – Es el pasto para consumo del ganado.

Porcentaje de preñez - Representa la probabilidad de que una vaca quede efectivamente preñada luego del entore.

Potrero - Es un área delimitada, colonizada por plantas o pastos naturales, naturalizados y mejorados, donde el ganado se alimenta.

PPNA - Producción Primaria Neta por Área, refiere al crecimiento del pasto (se mide en centímetros).

Predio – Refiere a una propiedad que se haya conformada por una cantidad de terreno delimitada. En Uruguay, cada predio está identificado por un número de padrón y el departamento al que pertenece. Un predio puede estar conformado por varios potreros.

Presupuestación forrajera - Consiste en realizar un balance entre oferta y demanda de forraje, es decir, confrontar la producción “aprovechable” de los distintos recursos forrajeros con los requerimientos nutritivos del ganado.

Proxy – Es un servidor, programa o dispositivo que actúa como intermediario en la comunicación entre otros dos dispositivos. Un proxy *web* es utilizado para interceptar la navegación de páginas *web* por motivos de seguridad, anonimato, rendimiento, etc.

Prueba de Concepto – Dentro del desarrollo de software, es una implementación, a menudo resumida o parcial, de una idea, realizada con el objetivo de verificar que el concepto o teoría en cuestión es realizable antes de comenzar su desarrollo a nivel técnico / físico.

Python – Es un lenguaje de programación de propósito general, orientado a objetos e interpretado (no requiere de un compilador). Es gratuito, multiplataforma y de código abierto.

Región – Refiere a una región morfoestructural (forma de relieve vinculada a estructuras geológicas) con tipos dominantes de rocas que le dan a cada unidad paisajística un perfil característico. Algunas regiones del país son: Cuesta Basáltica, Sierras del Este, Centro Sur, Cuenca Sedimentaria Litoral Oeste, entre otras.

RUP - Rational Unified Process. Es un framework de proceso de ingeniería de software iterativo creado por Rational Software, una subdivisión de la empresa IBM.

SIG - Sistema de Información Geográfica. Es un sistema para la gestión, análisis y visualización de conocimiento geográfico que se estructura en diferentes conjuntos de información.

Simulación - Es la experimentación, mediante un modelo, de cierta idea o posibilidad.

SNIA - Sistema Nacional de Información Agropecuaria. Es un sistema de información concebido como un bien público para apoyar a la toma de decisiones, la aplicación de políticas públicas y la gestión del riesgo de la actividad agropecuaria y pesquera del Uruguay.

SNIG - Sistema Nacional de Información Ganadera.

TICs - Tecnologías de la Información y Comunicación.

Token – En el contexto de la seguridad de software, es una versión virtual de una llave que se utiliza para dar acceso autorizado a un usuario a un sistema seguro. Son generados por un servidor central que ejecuta el software protegido y son enviados al usuario que se desea conectar. Muchas veces, como medida de seguridad extra, se requiere de una autenticación por parte del usuario con nombre de usuario y contraseña para obtener el token.

UML - Unified Modeling Language. UML es un lenguaje de modelado de sistemas de software. Se trata de un lenguaje gráfico para construir, documentar, visualizar y especificar un sistema de software.

UdelaR - Universidad de la República. Fundada en 1849 en Montevideo, Uruguay, es la universidad pública y la más grande del país.

URL – Uniform Resource Locator. Es una forma de organizar la información en la *web*. Una URL es una dirección que permite acceder a un archivo o recurso como ser páginas HTML o archivos jpg. Se trata de una cadena de caracteres que identifica cada recurso disponible en la WWW.

Web Service – Es un servicio que describe una forma estandarizada de integrar aplicaciones *web* utilizando estándares abiertos a través de la Internet.

Referencias

- [AAT] About ArcGIS Tokens. Sitio web: http://resources.arcgis.com/EN/HELP/MAIN/10.1/index.html#/About_ArcGIS_tokens/0154000005r6000000/. Última vez revisado: Enero 2016.
- [AFD] ArcGIS for Desktop. Sitio web: <https://desktop.arcgis.com/en/desktop/>. Última vez visitado: Enero 2016.
- [ARCGIS] ¿Qué es ArcGIS?. Sitio web: <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>. Última vez visitado: Enero 2016
- [AS] Apache SHIRO. Sitio web: <http://shiro.apache.org/>. Última vez revisado: Enero 2016.
- [ASR] ¿Qué es ArcGIS Server?. Sitio web: http://help.arcgis.com/es/arcgisserver/10.0/help/arcgis_server_java_help/index.html#/009200000004000000. Última vez visitado: Enero 2016.
- [BBC⁺11] Ing. Agr. D. Bartaburu, Dr. P. Bommell, Ing. Ms.C. J. Corral, Ing. Agr. Ph.D. P. de Hegedus, Ing. Agr. MsC. PHD F. Dieguez, Ing. Agr. E. Duarte, Ing. Agr. E. Montes, Ing. Agr. Ms.C. H. Morales, Ing. Agr. M. Pereira, P. Altieri, Evaluación de una metodología de modelación y simulación participativa para contribuir a la comprensión y comunicación del fenómeno de la sequía y mejorar la capacidad de adaptación de productores ganaderos del Basalto, Instituto Plan Agropecuario – INIA, 2011.
- [Ber13] M. Sc. M. Berterretche, Sistema Nacional de Información Agropecuaria (SNIA): enfoque, potencialidades y situación actual, Anuario OPYP, 2013.
- [CEAZA] Especialistas del IRI de Estados Unidos capacitan a integrantes CEAZA en aplicaciones para meteorología. Sitio web: <http://www.ceaza.cl/es/especialistas-del-iri/>. Última vez visitado: Enero 2016.
- [CFL] Class: FeatureLayer. Sitio web: <https://developers.arcgis.com/java/script/jsapi/featurelayer-amd.html>. Última vez revisado: Enero 2016.
- [CGP] Class: Geoprocessor. Sitio web: <https://developers.arcgis.com/javascript/jsapi/geoprocessor.html>. Última vez revisado: Enero 2016.
- [DBC⁺12] F. Dieguez, P. Bommel, J. Corral, D. Bartaburu, M. Pereira, E. Montes, E. Duarte, G. Morales, Modelización de una explotación ganadera extensiva criadora en basalto, Agrociencia Uruguay, 2012.
- [DELL90] M. Dell'Aqua, Presupuestación Forrajera en el Área Ganadera, Revista IPA, 1990.
- [DLP] Presentación a Data Library. Sitio web: <http://iri.columbia.edu/resources/data-library/>. Última vez visitado: Enero 2016.
- [HER] Herramientas de ArcGIS. Sitio web: <http://geoinnova.org/>. Última vez visitado: Enero 2016.
- [HTML5] HTML5 Local Storage. Sitio web: http://www.w3schools.com/html/html5_webstorage.asp. Última vez revisado: Enero 2016.
- [IEC25010] ISO/IEC 25010:2011. Sitio web: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:25010:ed-1:v1:en>. Última vez visitado: Enero 2016.
- [IAS] Inside an ArcGIS Server site. Sitio web: <http://server.arcgis.com/en/server/latest/administer/linux/inside-an-arcgis-server-site.htm>. Última vez visitado: Enero 2016.
- [IPA] Instituto Plan Agropecuario. Sitio web: <http://www.planagro.com.uy/>. Última vez visitado: Enero 2016.
- [IRIDL] IRI/LDEO Biblioteca de datos climático. Sitio web:

- <http://iridl.ldeo.columbia.edu/>. Última vez visitado: Enero 2016.
- [IRIDL14] Información extraída del material utilizado en el curso dictado por IRI en el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), 2014.
- [IRIM14] Información extraída del Manual de Data Library para generar Maprooms utilizado en el curso dictado por IRI en el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), 2014.
- [JPF] Java Proxy File, Sitio web: <https://github.com/Esri/resource-proxy/tree/master/Java>. Última vez revisado: Febrero 2015
- [KRU01] P. Kruchten, What Is the Rational Unified Process?, Rational, 2001.
- [MRI] Información recabada de entrevistas por mails con Remi Cousin e Igor Khomyakov - IRI, 2015.
- [MRW] Información recabada de entrevistas por mails con Remi Cousin y Walter E. Baethgen, 2015.
- [OIM] Object: IdentityManager. Sitio web: <https://developers.arcgis.com/javascript/jsapi/identitymanager-amd.html>. Última vez revisado: Enero 2016.
- [PRE] Productos ESRI. Sitio web: <http://www.geotecnologias.com/productos>. Última vez visitado: Enero 2016.
- [QMB] ¿Qué es ModelBuilder?. Sitio web: <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//002w00000001000000>. Última vez visitado: Enero 2016.
- [REU15] Información recabada de reuniones realizadas por el equipo de Proyecto de Grado con los diferentes equipos de desarrollo (DL-ArcGIS), 2015.
- [REUD] Información recabada de reuniones con Francisco Dieguez – IPA, 2015.
- [RPD13] P. Rebufello, P. Piperno, G. Drets, Uruguay Agiliza la Trazabilidad Ganadera, Sitio web: http://www.esri.co/sitio/noticias/ganado_uruguay.html, 2013. Última vez visitado: Enero 2016.
- [SCA] Security Concepts. Sitio web: http://webhelp.esri.com/arcgisserver/9.3/java/index.htm#security_concepts.htm. Última vez visitado: Enero 2016.
- [SIG] ¿Qué es un SIG?. Sitio web: <http://www.esri.es/es/formacion/formacion-esri-espana/que-es-un-sig/>. Última vez visitado: Enero 2016.
- [UML] Unified Modeling Language (UML), Sitio web: <http://www.uml.org/>. Última vez revisado: Enero 2016.
- [VAZ14] P. Vazquez, Universidad de Columbia capacita a 40 técnicos Uruguayos, El País, 2014.
- [WWPS] Working with Proxy Services. Sitio web: <https://developers.arcgis.com/authentication/working-with-proxies/>. Última vez revisado: Enero 2016.

Índice de Figuras

Figura 1 - Diagrama del MEGanE, indicando los modelos que describen los distintos procesos, las relaciones entre ellos y algunas salidas típicas. [DBC+12]	10
Figura 2 - Componentes del Maproom	17
Figura 3 – Componentes de ArcGIS for Server [IAS]	20
Figura 4 - Perfiles de usuarios Instituto Plan Agropecuario	25
Figura 5 – Autenticación con Identity Manager en ArcGIS	33
Figura 6 – Autenticación personalizada en ArcGIS	34
Figura 7 – Visualización de mapas en Data Library	36
Figura 8 - Dibujar en un mapa en ArcGIS	38
Figura 9 - Ecuación en lenguaje Ingrid (modo experto)	41
Figura 10 – Consultar el PPNA desde Data Library	42
Figura 11 – Cálculo desde la Data Library simulando una presupuestación forrajera	42
Figura 12 - Mapa del Uruguay con regiones	45
Figura 13 - Manejo <i>stack</i> en Data Library	47
Figura 14 - Diagrama de Actividades de un usuario logueado	55
Figura 15 - Vista de la página home.jsp (usuario logueado)	63
Figura 16 – Vista de la página de login	63
Figura 17 – Vista del paso 5 formulario simulación MEGanE	64
Figura 18 - Vista de página de resultados de la presupuestación forrajera	64
Figura 19 - Árbol de decisión: Manejo de Mapas	70
Figura 20 - Árbol de decisión: Acceso a datos	71
Figura 21 - Árbol de decisión: Manejo de algoritmia	73
Figura 22 - Ecuación de coeficiente climático	95
Figura 23 - Ecuación de altura de pasto	95
Figura 24 - Valores de K	96
Figura 25 - Ecuación de ganancia diaria de peso	96
Figura 26 - Valores utilizados para el cálculo de GMD	97
Figura 27 - Ecuación de consumo de materia seca	97
Figura 28 - Ecuación de condición corporal	98
Figura 29 - Ecuación de preñez	98
Figura 30 – Ecuación balance de presupuestación forrajera	99
Figura 31 - Componentes del modelo de seguridad de ArcGIS	102
Figura 32 – Ciclo de vida de la Metodología RUP	106
Figura 33 – Modelo de Dominio	113
Figura 34 - Caso de uso para actor usuario general	126
Figura 35 - Caso de uso para actor productor y técnico	126
Figura 36 - Diagrama de Secuencia Simulación MEGanE para usuarios logueado	127
Figura 37 - Diagrama de Secuencia Presupuestación para usuario general	128
Figura 38 - Diagrama de Comunicación para opcionesPPNA	134
Figura 39 - Diagrama de Comunicación para consultarPPNA	134
Figura 40 - Diagrama de Comunicación para validarDatos	135
Figura 41 - Diagrama de Comunicación simular	135
Figura 42 - Diagrama de Comunicación presupuestar	136

Figura 43 - Diagrama de Clases de Diseño.....	137
Figura 44 - Diagrama de Componentes del sistema	138
Figura 45 - Diagrama de Distribución de la Arquitectura	139
Figura 46 - Diagrama de Entidad-Relación para base de datos Usuarios.....	140
Figura 47 - Presupuestación forrajera - Paso 1.....	141
Figura 48 - Presupuestación forrajera - Paso 2.....	141
Figura 49 - Presupuestación forrajera - Paso 3.....	142
Figura 50 - Presupuestación forrajera - Paso 4.....	142
Figura 51 - Simulación MEGanE - Paso 1	143
Figura 52 - Simulación MEGanE - Paso 2	143
Figura 53 - Simulación MEGanE - Paso 3	144
Figura 54 - Simulación MEGanE - Paso 4	144
Figura 55 - Simulación MEGanE - Paso 5	145
Figura 56 - Consultar PPNA Anual	145

Índice de Tablas

Tabla 1 - Características de cada herramienta de la plataforma tecnológica del SNIA.....	23
Tabla 2 - Resultados de las Pruebas de Concepto	52
Tabla 3 - Tecnologías utilizadas en la solución	66
Tabla 4 - Manejo de mapas	71
Tabla 5 - Acceso a datos	72
Tabla 6 - Manejo de algoritmia	74
Tabla 7 - Pasturas	99
Tabla 8 - Producción de forraje	100

Índice de Implementaciones

Implementación 1 – Agregar el Identity Manager de la API de ArcGIS.....	32
Implementación 2 – Especificación de la ubicación del proxy para filtrar pedidos	33
Implementación 3 – Especificación del servicio de <i>tokens</i> en el proxy	34
Implementación 4 – Crear un nuevo servicio de geometrías con la API de ArcGIS	39
Implementación 5 – Función <i>query()</i> para realizar la consulta espacial intersección.....	39
Implementación 6 – Consulta por atributo para obtener un determinado predio.....	39
Implementación 7 – Consulta geométrica para obtener el departamento del predio	40
Implementación 8 – Creación de ventanas con información del predio y departamento.....	40
Implementación 9 – Especificación del espacio de referencia	40
Implementación 10 – Crear un mapa base con las coordenadas de Uruguay	44
Implementación 11 – Crear un <i>feature layer</i>	44
Implementación 12 – Código en lenguaje Ingrid del MEGanE.....	48
Implementación 13 – Potencia en lenguaje Ingrid	49
Implementación 14 – Código en lenguaje Python del MEGanE.....	51
Implementación 15 – Código Ingrid para consultar PPNA promedio para una región	57
Implementación 16 – Código Ingrid para consultar PPNA máximo para una región	57
Implementación 17 – Código Ingrid para consultar PPNA mínimo para una región	58
Implementación 18 – Código Ingrid para consultar PPNA histórico de una región	58
Implementación 19 – Código Ingrid para consultar promedio PPNA de un potrero	58
Implementación 20 – Código Ingrid para consultar PPNA máximo para un potrero	59
Implementación 21 – Código Ingrid para consultar PPNA mínimo para un potrero	59
Implementación 22 – Código Ingrid para consultar PPNA histórico para un potrero.....	60

Anexos

Anexo I Riesgos del proyecto

Se listan a continuación los riesgos identificados para el proyecto:

- Enfermedad de alguna de las integrantes del equipo.
- Viajes al exterior por trabajo de una de las integrantes del equipo.
- Horas extras en la rutina laborales.
- Parciales y exámenes.
- Poca disponibilidad por parte del tutor del proyecto.
- Falta de disponibilidad de las partes involucradas en el proyecto.
- Dificultad sobre el manejo de las tecnologías.
- Desconocimiento del área agropecuaria.
- Identificación incorrecta de necesidades y limitaciones o que no existan dichas limitaciones.
- Conflictos internos entre los integrantes del equipo.
- Mudanza de una de las integrantes del equipo.

Enfermedad de alguna de las integrantes del equipo.

- Descripción: Un integrante del equipo se enferma.
- Probabilidad de ocurrencia: Bajo.
- Impacto: Bajo.
- Estrategia de mitigación: N/A.
- Monitoreo: El integrante del equipo informará de la situación.
- Plan de contingencia: N/A.

Viajes al exterior por trabajo de una de las integrantes del equipo.

- Descripción: Dadas las exigencias laborales una de las integrantes del equipo tiene la necesidad de viajar de manera esporádica al exterior (2 semanas, 2 o 3 veces al año).
- Probabilidad de ocurrencia: Alta.
- Impacto: Medio.
- Estrategia de mitigación: Se planifican las tareas para esas semanas, se trabaja a distancia con la integrante que viaja, en la medida de lo posible.
- Monitoreo: El integrante del equipo informará de la situación.
- Plan de contingencia: N/A.

Horas extras en las rutinas laborales.

- Descripción: Dadas las exigencias laborales puede ocurrir la necesidad de realizar más horas de trabajo que las planificadas.
- Probabilidad de ocurrencia: Alta.
- Impacto: Medio.
- Estrategia de mitigación: N/A.
- Monitoreo: El integrante del equipo informará de la situación.
- Plan de contingencia: Recuperar las horas no dedicadas al proyecto de grado.

Parciales y exámenes.

- Descripción: Una de las integrantes del equipo debe dar un examen en Julio y cursar 2 materias el primer semestre del 2015.
- Probabilidad de ocurrencia: Alta.
- Impacto: Alta.
- Estrategia de mitigación: Planificar las semanas de estudio para repartir tareas.
- Monitoreo: N/A.
- Plan de contingencia: Redistribuir momentáneamente el esfuerzo no realizado por esa integrante.

Poca disponibilidad por parte del tutor del proyecto.

- Descripción: El tutor puede no contar con el tiempo necesario para la supervisión del proyecto.
- Probabilidad de ocurrencia: Alta.
- Impacto: Alto.
- Estrategia de mitigación: Continua comunicación con el tutor por medio de minutas, informes parciales y conferencias sin la necesidad de reuniones presenciales.
- Monitoreo: Falta de *feedback* de parte del tutor. Ausencias durante el proyecto.
- Plan de contingencia: Acudir a las otras partes involucradas en el proyecto.

Falta de disponibilidad de las partes involucradas en el proyecto.

- Descripción: El cliente (Instituto Plan Agropecuario) o integrantes del MGAP/SNIA pueden no contar con el tiempo necesario para las reuniones planificadas y el desarrollo del proyecto.
- Probabilidad de ocurrencia: Media.
- Impacto: Alto.
- Estrategia de mitigación: Coordinar las reuniones con tiempo.
- Monitoreo: Ausencia en las reuniones o falta de respuesta.
- Plan de contingencia: Acudir a las otras partes involucradas en el proyecto.

Dificultad sobre el manejo de las tecnologías.

- Descripción: Todo el proyecto se enmarca en el estudio de una plataforma tecnológica completamente desconocida para ambas integrantes del equipo. La curva de aprendizaje puede no ser la esperada.
- Probabilidad de ocurrencia: Alta.
- Impacto: Alto.
- Estrategia de mitigación: Continua investigación de las herramientas desde el inicio del proyecto.
- Monitoreo: Se detectan dificultades para el desarrollo de la solución.
- Plan de contingencia: Dedicar más horas al proyecto para acelerar la curva de aprendizaje.

Desconocimiento del área agropecuaria.

- Descripción: Ninguna de las integrantes del equipo está familiarizada con el área agropecuaria por lo que muchas de las terminologías a utilizar en el desarrollo del proyecto puede no ser de nuestro conocimiento.
- Probabilidad de ocurrencia: Alta.
- Impacto: Alto.
- Estrategia de mitigación: Investigar cada nuevo término que no sea de nuestro conocimiento.
- Monitoreo: Dificultad en la comprensión de los términos tratados por las partes involucradas.
- Plan de contingencia: N/A.

Identificación incorrecta de necesidades y limitaciones o que no existan dichas limitaciones.

- Descripción: La solución propuesta no resuelve las limitaciones identificadas o no hay problema a resolver.
- Probabilidad de ocurrencia: Bajo.
- Impacto: Alto.
- Estrategia de mitigación: Consultar con las partes involucradas previamente.
- Monitoreo: Reuniones periódicas con los técnicos involucrados para validar las necesidades y limitaciones encontradas.
- Plan de contingencia: Redefinir objetivos o identificar otras limitaciones.

Conflictos internos entre los integrantes del equipo.

- Descripción: Conflictos personales entre integrantes del equipo.
- Probabilidad de ocurrencia: Bajo.
- Impacto: Alto.
- Estrategia de mitigación: Fomentar el trabajo en equipo (colaboración, compromiso con el proyecto, etc.).
- Monitoreo: Discusiones impropias entre integrantes. Comentarios negativos. Rechazo a reunirse.
- Plan de contingencia: Organizar una instancia de reconciliación. Determinar causas del conflicto y proponer soluciones.

Mudanza de una de las integrantes del equipo.

- Descripción: Una de las integrantes del equipo tiene planes de mudanza este año.
- Probabilidad de ocurrencia: Alta.
- Impacto: Medio.
- Estrategia de mitigación: Planificar las semanas de estudio para repartir tareas.
- Monitoreo: El integrante del equipo informará de la situación.
- Plan de contingencia: N/A

Anexo II MEGanE

Supuestos sobre el modelo

El MEGanE está definido para simular los resultados productivos de una explotación extensiva, en campo natural sobre suelos representativos del basalto (1/3 de basalto superficial, 1/3 de basalto profundo y 1/3 de basalto medio). Se asume un rodeo de razas británicas, sano, sin presencia de predadores, con una mortalidad anual de 2%, y con la posibilidad de mortalidad excepcional por crisis forrajera, cuando un animal llega a su peso límite de supervivencia. Por otra parte, se definió –por parte de los involucrados en talleres participativos– que la ganancia de peso individual no debería superar 60 kg/cabeza en primavera o 40 kg/cabeza en el resto de las estaciones, ni 140 kg/cabeza/año, con una pérdida de peso diaria de 0,5% del peso vivo en situación de ayuno. La altura de pasto en que los animales mantienen peso es 5 cm.

El modelo tiene dos pasos de tiempo. Uno diario que afecta el crecimiento de la pastura, el consumo y evolución de peso de los animales, y otro estacional que afecta los coeficientes utilizados en los cálculos de los anteriores y permite al usuario interactuar con la simulación realizando acciones.

Componentes del Modelo

Clima: La influencia del tiempo meteorológico está determinada por un coeficiente climático (coefClima), que es el desvío de la Tasa de crecimiento de materia seca (TCMS) de una estación determinada con respecto a su promedio histórico (PTCMS). El coefClima se calcula como:

$$\text{coefClima}_i = \frac{\text{TCMS}_i}{\text{PTCMS}_i}$$

Figura 22 - Ecuación de coeficiente climático

Dónde:

- i es cualquier estación del año.

Cabe destacar que el coefClima puede calcularse utilizando otras formas de evaluación de la TCMS que no sean la teledetección, tales como la evaluación de recursos forrajeros a través de cortes de biomasa.

Pastura: La pastura se define por su altura (en cm), que está determinada por la resolución en tiempo continuo de una ecuación logística, restándosele el consumo animal:

$$\text{Altura pasto} = \frac{K}{1 + \left(\frac{K - \text{Altura pasto}(t_0)}{\text{Altura pasto}(t_0)} \times e^{-r \times T} \right)} - \text{ConsumoCM}$$

Figura 23 - Ecuación de altura de pasto

Dónde:

- Altura pasto es la altura de la pastura ofrecida para consumo, en cm (altura inicial del día).

- K es una constante estacional que determina la altura máxima de la pastura, multiplicada por el coeficiente climático (coefClima) explicado anteriormente. Los valores de K promedio se presentan en la Figura 14.
- r es una constante que toma el valor 0,002.

	K
Otoño	11,1
Invierno	7,4
Primavera	22,2
Verano	15,6

Figura 24 - Valores de K

En el modelo matemático se incluye el consumo de pastura expresado en centímetros (ConsumoMS, que se explicará posteriormente). En cada paso de tiempo diario, la altura de pastura ofrecida a los animales (altura pre consumo) será el resultado de la altura inicial diaria a la que se le suma el crecimiento diario. La altura post consumo (diferencia entre altura pre consumo y el consumo en cm de pastura) de un día será la altura inicial del día siguiente. Cabe destacar que el MEGanE fue diseñado para favorecer la comunicación con los posibles usuarios por lo que se formuló para que la disponibilidad de pastura sea representada en función de su altura. Este concepto tiene –a nuestro entender– una mayor facilidad relativa de comprensión y comunicación con respecto a otras formas corrientes de expresarla (como por ejemplo la oferta en términos de kg MS/ha o la asignación de forraje, en términos de kg MS/kg peso vivo).

Ganancia diaria de peso: corresponde con la ganancia de peso diaria (GMD; en kg/cabeza/día). Está definida por la siguiente ecuación:

$$GMD = \frac{\mu - (\xi \times e^{-\nu \times \text{Altura pasto}})}{92 \times \frac{\text{coefEstación}}{\text{coefCategoría}}}$$

Figura 25 - Ecuación de ganancia diaria de peso

Dónde:

- Altura pasto es la altura del pasto disponible para el consumo de los animales (altura pre consumo), en centímetros.
- μ es una constante que toma el valor máximo de ganancia individual de peso en la estación.
- ν y ξ son constantes que toman los valores 0,24 y 132 respectivamente.
- coefEstación es un coeficiente estacional que afecta la ganancia de peso del animal en función de la calidad de la pastura, indicada por la digestibilidad de la Materia Seca (MS) de la misma. Toma los valores: 1,15 en primavera, 1,05 en verano y 1,0 en otoño e invierno.
- coefCategoría es el coeficiente de la categoría animal, que toma diferentes valores según la categoría de animales que se trate (Cuadro 2). El valor del coefCategoría para

vacas con ternero al pie indica que esta categoría tendrá una ganancia de peso inferior respecto a las otras. Asimismo, este valor forzará a que el consumo de esta categoría sea superior, como se explicará en el siguiente punto (apartado «Consumo»). Cabe recordar que las constantes y valores se ajustaron para modelizar una explotación extensiva del basalto, de acuerdo con los criterios establecidos por los expertos locales.

Cuadro 2. Valores del coeficiente coefCategoría y las constantes A y B utilizados en el MEGanE.

	coefCategoría	A	B
Vaca de cría	1	20000	0,0285
Vaca con ternero al pie	1,1	12000	0,0265
Vaquillona	1	4000	0,029
Novillos	1	-	-

Figura 26 - Valores utilizados para el cálculo de GMD

Consumo: este componente refiere al consumo de MS individual por día (en kg MS/cabeza/día). Dicho consumo queda definido por la Ecuación 4:

$$\text{ConsumoMS} = \frac{[0,107 \times \text{PM} \times (-0,0132 \times \text{Altura pasto} + 11513) + (0,141 \times \text{PM} \times \text{GMD})]}{\text{energíaPasto}} \times \text{coefCategoría}$$

Figura 27 - Ecuación de consumo de materia seca

Dónde:

- PM es el peso metabólico (peso vivo^{3/4}), en kilogramos.
- Altura pasto: corresponde con la altura del pasto disponible para el consumo de los animales (altura preconsumo), en centímetros.
- GMD es la ganancia media diaria.
- energíaPasto es el aporte de energía metabolizable por cada kg de MS de la pastura, definida en 1,8 Mcal EM/kg MS.

La Ecuación toma en cuenta los requerimientos de mantenimiento y de ganancia de peso (NRC, 2000).

Debido a que una de las mayores limitaciones de la modelización de sistemas en pastoreo es la ausencia de mediciones directas del consumo de MS por el animal, en el presente modelo se estima el consumo de MS en función de la ganancia diaria de peso lograda, del peso metabólico del animal y del costo de cosecha en pastoreo.

A partir del consumo de MS se calcula el consumo de pastura en centímetros (consumo CM), teniendo en cuenta el coeficiente kgMS/cm, el que representa el peso por hectárea de 1 cm de pasto (180 kgMS/ha/cm).

- **Condición corporal:** la condición corporal (CC; en puntos) –calculada para de vacas de cría– queda definida por la siguiente ecuación (Ecuación 5):

$$CC = \frac{\text{Peso} - 220}{40}$$

Figura 28 - Ecuación de condición corporal

De este modo, la CC resulta de la diferencia entre el peso del animal en cualquier momento y el peso mínimo de supervivencia, donde cada punto de CC representa una variación de peso de 40 kg.

- Cálculo de preñez: el porcentaje de preñez queda determinado por una función logística del peso de los animales de modo de representar la relación entre el estado de los animales y su desempeño reproductivo, según la siguiente ecuación:

$$\text{Preñez} = \frac{1}{1 + A \times e^{-B \times \text{Peso}}}$$

Figura 29 - Ecuación de preñez

En la función, los coeficientes A y B varían según la categoría (Cuadro 2).

- Dotación: la dotación corresponde a la relación entre las Unidades Ganaderas (UG) totales y la superficie. Para su cálculo se considera que el peso de una UG es de 380 kg/cabeza.

Anexo III Presupuestación forrajera

La metodología consiste en realizar un balance entre oferta y demanda de forraje, es decir, confrontar la producción “aprovechable” de los distintos recursos forrajeros con los requerimientos nutritivos del ganado.

La relación entre lo que necesita el animal y el valor nutritivo del alimento que consume, se establece en términos de cantidad y calidad de materia seca (forraje seco).

La cantidad se expresa en términos de materia seca y la calidad se puede determinar a través del porcentaje de digestibilidad del alimento.

Para hacer un balance forrajero se necesita conocer:

- Cuál es la oferta de forraje utilizable, medida en kilos de materia seca.
- Cuál es el requerimiento de los animales.

La diferencia entre ambos indica si el forraje alcanza o existe un déficit que hay que cubrir.

$$\text{Balance} = \text{Oferta} - \text{Demanda}$$

Figura 30 – Ecuación balance de presupuestación forrajera

Oferta de Forraje

La producción de forraje de los distintos recursos empleados en la producción ganadera, se calcula a través de mediciones de campo o mediante información de registros de pastoreo. En el primer caso se realizan cortes de pasto utilizando un cuadro de hierro con un área conocida (Por ej. 0,20 X 0,50). Para seleccionar los lugares donde realizar los cortes se debe considerar que sean representativos del promedio de la situación que presenta la pastura. Las muestras recogidas se secan en estufa u horno microondas y de esta forma se calcula la cantidad de materia seca. Luego, por un simple cálculo de regla de tres se extiende el resultado obtenido en la superficie del cuadro a la hectárea, y así se obtiene una estimación de los kilogramos de materia seca por hectárea que están disponibles en la pastura.

También existen trabajos que relacionan la altura del pasto con la producción de materia seca. Hay información bastante precisa que facilita una estimación rápida de la oferta de pasto para algunos usos de suelo como por ejemplo:

Tipo de pastura	Altura en cm	Producción (kg MS/há)
Avena	20	2.000
Pradera	20	2.500
Campo natural basalto profundo	Invierno – 5	800 – 1000
Campo natural basalto profundo	Otoño – 7	1800 - 2000

Tabla 7 - Pasturas

Por otro lado existe una amplia información de múltiples ensayos de producción y registros de pastoreo por parte de la investigación, con repetición durante muchos años, que determinan valores de tablas confiables como para utilizar como potencial de producción.

El siguiente cuadro muestra la producción de forraje en Kilogramos de materia seca para diferentes usos.

	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	TOTAL
Campo natural cristalino	1.040	680	1.520	760	4.000
Cobertura Lotus Rincón	1.105	650	2.860	1.885	6.500
Pradera 1° - TB + LOT + FEST	--	450	3.150	900	4.500
Pradera 2° - TB + LOT + FEST	2.200	2.000	4.300	1.500	10.000
Pradera 3° - TB + LOT + FEST	1.400	1.120	3.500	980	7.000
Trébol rojo + Raigrás 1°	1.190	2.380	3.485	1.445	8.500
Trébol rojo + Raigrás 2°	2.520	1.350	3.600	1.620	9.000
Avena	1.920	2.640	1.440	--	6.000
Raigrás	1.620	3.600	3.780	--	9.000
Sorgo forrajero	2.376	--	--	6.424	8.800

Tabla 8 - Producción de forraje

Para realizar una presupuestación forrajera se considera la oferta de pasto como la producción fácilmente cosechable por el ganado, es decir “forraje utilizable”.

Como se había expresado anteriormente, este porcentaje de utilización varía de acuerdo al tipo de forraje, sistema de pastoreo, carga animal, estación del año. Para esta primera aproximación al ejercicio del tema, se considerará el “forraje utilizable”, es decir la cantidad y no se tomará en cuenta la digestibilidad o calidad. En una futura entrega se irá complejizando en el análisis y se harán las correspondientes correcciones por porcentaje de digestibilidad.

Requerimientos del Ganado

En este primer abordaje se trabajará con la estimación de consumo potencial (3% peso vivo) y en uno próximo se avanzará en el conocimiento de las tablas de requerimientos que consideren niveles de digestibilidad del alimento, así como otras variables del animal: sexo, peso promedio, variación de peso diario previsto, etc.

También se pueden utilizar tablas más complejas, que aportan información sobre los requerimientos diarios de energía, proteína u otros elementos para mantenimiento y producción.

El objetivo de este trabajo es presentar una información sencilla que nos permita realizar una presupuestación forrajera que se aproxime lo suficiente a la realidad, como para contribuir a tomar decisiones de manera anticipada.

Balance Forrajero

Metodología

Con la información que se ha presentado resulta sencillo realizar un balance forrajero estacional. Este cálculo se podrá hacer para diferentes períodos de tiempo: mensual, por estación o anual.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Oferta de pasto (kgs de materia seca utilizable).

- Calcular la producción en Kgs. de materia seca para el período de tiempo seleccionado (mes o estación) utilizando cualquiera de los métodos descritos. Luego, será necesario corregir por % de utilización.

2. Demanda animal (en kgs de materia seca utilizable).

- Calcular el *stock* actual discriminado por categoría y realizar una estimación del peso de los animales.
- Estimar los requerimientos del stock para el período de tiempo seleccionado, considerando el consumo potencial del 3% del peso vivo.

3. Balance.

- Confrontar oferta y demanda estacional.

Toma de Decisiones

De acuerdo al resultado del balance se podrán tomar decisiones como por ejemplo: sacar ganado a pastoreo, vender ganado, comprar fardos, suplementar lotes, reservar una proporción de la pradera para enfardar y utilizarla en el próximo invierno, etc.

Anexo IV Modelo de seguridad de ArcGIS

ArcGIS implementa un control de acceso basado en roles (RBAC), cuyos componentes principales se muestran a continuación. [SCA]

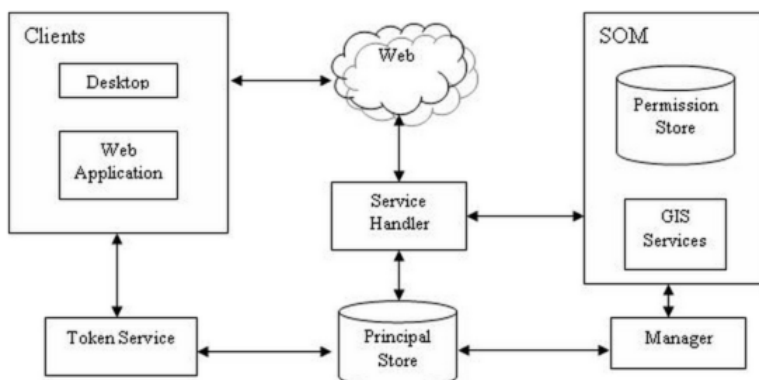


Figura 31 - Componentes del modelo de seguridad de ArcGIS

Principal Store

Es un repositorio de usuarios *web* y roles. Almacena la información de usuarios que quieren consumir los servicios publicados por el servidor ArcGIS en la *web*. Como el modelo de seguridad está basado en un control de acceso basado en roles, el administrador SIG asigna ciertos privilegios a cada uno de los roles y asigna estos roles a los usuarios. Cada usuario hereda todos los permisos de los roles que le han sido asignados.

El servidor ArcGIS puede trabajar con una variedad de bases de datos para mantener y acceder a la información de usuario y roles. Se puede usar un servidor de base de datos relacional (por ejemplo: Microsoft SQL Server o MySQL, etc.) o un servidor de directorio (por ejemplo: LDAP o Microsoft's Active Directory). También se puede configurar el servidor para que acceda a información de un base de datos propietaria mediante extensiones (usando la API del Principal Store) y después haciendo la configuración para que el *Manager* se conecte a la base de datos propietaria a través de la extensión creada.

El *Token Service* se conecta al *Principal Store* configurado para la autenticación de usuario. Los manejadores de servicios (por ejemplo: manejadores REST y SOAP) también buscarán en el *Principal Store* por la información de rol asociada a un usuario que desea acceder al servicio. A través del *Manager*, se maneja la información de usuarios y roles en los almacenes.

Permission Store

Es un repositorio de privilegios que han sido asignados a los roles. Almacena información referida a la lista de servicios SIG que son accesibles por un rol particular. El Permission Store es mantenido por el Server Object Manager (SOM). No es necesario configurarlo y mantenerlo explícitamente. Expone una API para acceder al mismo.

Esquemas de Autenticación

ArcGIS Server provee de dos sistemas de autenticación para validar las credenciales de un usuario (cliente *web*) que desea consumir recursos *Web* publicados en el servidor. Un esquema es para autenticar *web services* y otro para autenticar aplicaciones *web* creadas en el Manager.

ArcGIS Server permite proteger el acceso a los servicios que publica con diferentes mecanismos. Uno de ellos es la autenticación basada en *tokens*, en la cual los clientes *web* deben proveer de un *token* cuando quiere acceder a un *web service* de ArcGIS que ha sido protegido utilizando *ArcGIS Managed Authentication*. Los manejadores de servicios se actualizan para procesar este *token* y autenticar al usuario cliente. Clientes JavaScript utilizando la REST API pueden consumir los servicios sin necesidad de obtener los *tokens* de un Token Service. [AAT]

Los Tokens encapsulan la identidad un usuario particular y son dados por un Token Services que es instalado como parte del servidor ArcGIS. El Token Services se comunica con el Principal Store configurado para autenticar los pedidos que llegan de *tokens*. El servidor SIG es capaz de decifrar estos *tokens* y dar acceso basado en roles a los recursos solicitados.

Los *tokens* se pueden solicitar utilizando una URL o a través de una página *web*. Los desarrollos en JavaScript necesitan ir a buscar un *token* y utilizarlo en la aplicación que consuman servicios SIG protegidos. Un *token* representa la identidad de un usuario con el servidor ArcGIS.

- La comunicación entre el cliente y el servidor SIG funciona de la siguiente manera:
- El cliente realiza el pedido del servicio SIG
- El servidor SIG responde que un *token* es necesario, y provee la URL del Token Service
- El cliente pide el *token* al Token Service enviando un nombre de usuario y contraseña válidos.
- El Token Service valida los datos con a base de datos y si son válidos, devuelve un *token* al cliente
- El cliente realiza el pedido al servicio SIG e incluye el *token* en el pedido
- El servidor SIG valida el *token*, y luego envía una respuesta del pedido del servicio al cliente

Anexo V Visualización de mapas en Data Library

- Mapa sin colores:

http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/SOURCES/.MGAP/.IPA/.PPNA_UFFIP/the_geom/1/ds/figviewer.html?my.help=&map.Y.units=degree_north&map.Y.plotlast=-29.556339499999886&map.url=a+.SOURCES+.WORLDBATH+.bath+-1+min+-a+.the_geom+-a+X+Y+fig%3A+white+mask+blue+fill+black+countries+%3Afig&map.domain=+%7B+X+301.06607+307.64941+plotrange+Y+-35.806335+-29.389669+plotrange+%7D&map.domainparam=+%2Fplotaxislength+432+psdef+%2Fplotborder+72+psdef+%2FXOVY+null+psdef&map.zoom=Zoom&map.Y.plotfirst=-35.473006639999999&map.X.plotfirst=301.23276666000004&map.X.units=degree_east&map.X.modulus=360&map.X.plotlast=307.1494330900012&map.plotaxislength=432&map.plotborder=72&map.fnt=Helvetica&map.fntsize=12&map.color_smoothing=1&map.XOVY=auto

- Mapa con colores por área:

http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/SOURCES/.MGAP/.IPA/.PPNA_UFFIP/figviewer.html?my.help=&map.Y.units=degree_north&map.Y.plotlast=-26.68649243999984&map.url=a+.SOURCES+.WORLDBATH+.bath+-1+min+-a+.the_geom+-a+.area+-a+X+Y+fig%3A+white+mask+blue+fillby+black+countries+%3Afig&map.domain=+%7B+%2Farea+12.+174.+plotrange+X+299.04471+309.16519+plotrange+Y+-37.853165+-23.436777+plotrange+%7D&map.domainparam=+%2Fplotaxislength+432+psdef+%2Fplotborder+72+psdef+%2FXOVY+null+psdef&map.zoom=Zoom&map.Y.plotfirst=-35.269826459999991&map.X.plotfirst=301.29469991000004&map.X.units=degree_east&map.X.modulus=360&map.X.plotlast=307.04469968000154&map.area.plotfirst=1.&map.area.units=hectare&map.area.plotlast=174.&map.plotaxislength=432&map.plotborder=72&map.fnt=Helvetica&map.fntsize=12&map.color_smoothing=1&map.XOVY=auto

- Mapa con colores por región:

http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/SOURCES/.MGAP/.IPA/.PPNA_UFFIP/figviewer.html?my.help=&map.Y.units=degree_north&map.Y.plotlast=-26.68649243999984&map.url=a+.SOURCES+.WORLDBATH+.bath+-1+min+-a+.the_geom+-a+.region+-a+X+Y+fig%3A+white+mask+blue+fillby+black+countries+%3Afig&map.domain=+%7B+%2Farea+12.+174.+plotrange+X+299.04471+309.16519+plotrange+Y+-37.853165+-23.436777+plotrange+%7D&map.domainparam=+%2Fplotaxislength+432+psdef+%2Fplotborder+72+psdef+%2FXOVY+null+psdef&map.zoom=Zoom&map.Y.plotfirst=-35.269826459999991&map.X.plotfirst=301.29469991000004&map.X.units=degree_east&map.X.modulus=360&map.X.plotlast=307.04469968000154&map.area.plotfirst=1.&map.area.units=hectare&map.area.plotlast=174.&map.plotaxislength=432&map.plotborder=72&map.fnt=Helvetica&map.fntsize=12&map.color_smoothing=1&map.XOVY=auto

- Mapa con colores por Potrero:

http://dlcapacitacion.snig.gub.uy:8887/SOURCES/.MGAP/.IPA/.PPNA_UFFIP/figviewer.html?my.help=&map.Y.units=degree_north&map.Y.plotlast=-26.68649243999984&map.url=a+.SOURCES+.WORLDBATH+.bath+-1+min+-a+.the_geom+-a+.region+-a+X+Y+fig%3A+white+mask+blue+fillby+black+countries+%3Afig&map.domain=+%7B+%2Farea+12.+174.+plotrange+X+299.04471+309.16519+plotrange+Y+-37.853165+-23.436777+plotrange+%7D&map.domainparam=+%2Fplotaxislength+432+psdef+%2Fplotborder+72+psdef+%2FXOVY+null+psdef&map.zoom=Zoom&map.Y.plotfirst=-35.269826459999991&map.X.plotfirst=301.29469991000004&map.X.units=degree_east&map.X.modulus=360&map.X.plotlast=307.04469968000154&map.area.plotfirst=1.&map.area.units=hectare&map.area.plotlast=174.&map.plotaxislength=432&map.plotborder=72&map.fnt=Helvetica&map.fntsize=12&map.color_smoothing=1&map.XOVY=auto

[35.26982645999991&map.X.plotfirst=301.2946999100004&map.X.units=degree_east&map.X.modulus=360&map.X.plotlast=307.04469968000154&map.area.plotfirst=1.&map.area.units=hectare&map.area.plotlast=174.&map.plotaxislength=432&map.plotborder=72&map.fnt=Helvetica&map.fntsize=12&map.color_smoothing=1&map.XOVY=auto](#)

Anexo VI Metodología de desarrollo utilizada

Para el desarrollo de la solución, se utilizó la metodología RUP (*Rational Unified Process*), un *framework* de proceso de ingeniería de software iterativo creado por Rational Software, una subdivisión de la empresa IBM. RUP es un *framework* adaptable, con el objetivo de que sea utilizado y modificado por cada equipo de desarrollo, seleccionando los elementos del proceso que sean más adecuados para sus necesidades. [KRU01]

Este proceso de desarrollo de software utiliza el lenguaje unificado de modelado UML, que constituye la metodología estándar más utilizada para el análisis, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos. [UML]

RUP se caracteriza por ser iterativo e incremental, estar centrado en la arquitectura y guiado por los casos de uso. Incluye artefactos (que son los productos tangibles del proceso como, por ejemplo, el modelo de casos de uso, el código fuente, etc.) y roles (papel que desempeña una persona en un determinado momento).

El ciclo de vida organiza las tareas en fases e iteraciones. Se divide el proceso en cuatro fases, dentro de las cuales se realizan varias iteraciones en número variable según el proyecto y en las que se hace un mayor o menor hincapié en las distintas actividades.

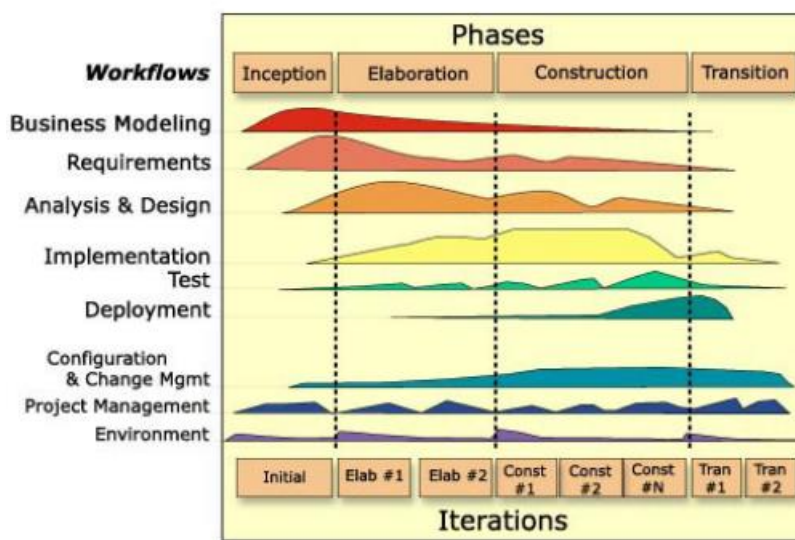


Figura 32 – Ciclo de vida de la Metodología RUP

Las fases del ciclo de vida del RUP adaptadas al desarrollo del Caso de Estudio se describen a continuación, con el detalle de los artefactos generados en cada una:

- Fase de Inicio:** Esta fase tuvo como propósito definir y acordar el alcance del proyecto con el Instituto Plan Agropecuario, identificar los riesgos asociados al proyecto y proponer una visión muy general de la arquitectura de software. En esta fase, mediante reuniones iterativas con el equipo del Instituto Plan Agropecuario, se identificaron diez casos de uso a desarrollar y se obtuvo una primera versión del [Documento de Especificación de Requerimientos](#). Además, se

completó el [Documento de Riesgos](#), que incluyó una lista de riesgos conocidos y vigentes en el proyecto, con acciones específicas de contingencia o mitigación.

También se realizó el [Modelo de Dominio](#), con principales conceptos del dominio del problema que se está modelando, así como la relación que existe entre ellos.

- **Fase de Elaboración:** En la fase de elaboración se seleccionaron los casos de uso más significativos del sistema (Simulación Online sobre predio/potrero y presupuestación forrajera sobre región) y se realizó la [Especificación de Casos de Uso](#). Se realizó un primer análisis del dominio del problema, obteniendo los [Diagramas de Casos de Uso](#) y se diseñó la solución preliminar. Para los casos de usos seleccionados, se desarrollaron los [Diagramas de Secuencia](#), [Contratos](#), [Diagramas de Comunicación](#) y [Diagrama de Clases](#).

En esta fase también se llevaron a cabo cuatro Pruebas de Concepto detalladas en el Capítulo 5, con el objetivo de mitigar los riesgos técnicos de la plataforma utilizada y superar las limitaciones identificadas.

- **Fase de Construcción:** El propósito de esta fase fue completar la funcionalidad del sistema, y a partir de los resultados de las Pruebas de Concepto, se clarificaron los requerimientos pendientes, y se desarrollaron las distintas componentes del Caso de Estudio. Se completó el documento de Arquitectura con el [Diagrama de Componentes](#) y [Diagrama de Despliegue](#), como parte de la Vista Física y el [Diagrama Entidad-Relación](#) con las tablas de la base de datos.

Se desarrollaron los [Prototipos de interfaces gráficas de usuario](#) diseñadas para la aplicación final por un diseñador gráfico profesional que colaboró con el objetivo de obtener una solución amigable y atractiva para el usuario final.

- **Fase de Cierre:** El propósito de esta fase fue corregir errores funcionales de la aplicación, integrar el trabajo del diseñador *web* al desarrollo realizado por las integrantes y realizar las pruebas de aceptación por parte del Instituto Plan Agropecuario.

VI.I Especificación de Requerimientos

A continuación, se detallarán los requerimientos para el software a implementar, así como también características de calidad.

Descripción general

Perspectiva de la solución

Se desarrollará una herramienta que permite a productores, técnicos del Instituto Plan Agropecuario y público en general, la manipulación de mapas, imágenes y bases de datos geo-referenciada, la ejecución de modelos matemáticos que describen y predicen procesos productivos y sistemas-experto que codifican conocimiento clave para la toma de decisiones. Consistirá en una aplicación *web* con un servidor central donde se almacenará la información de productores, usuarios y modelos matemáticos, entre otras cosas.

Interfaces con software

Los servicios de mapas que se utilizarán serán aquellos creados con el software ArcGIS y que se encuentran en el servidor instalado en el MGAP, y las consultas serán realizadas a través de la API de JavaScript para ArcGIS.

Se consumirán datos alojados en la base de datos Data Library a través de pedidos HTTP.

Funciones de la aplicación

Las funciones más importantes a realizar son:

- Simulación *on-line*
- Cálculo del PPNA
- Seleccionar predio en un mapa

Características de los usuarios

La aplicación se orientará a usuarios con diversos grados de afinidad con el uso de *software*. Se debe tener en cuenta que muchos usuarios (en particular, los productores) no utilizan normalmente computadoras o tienen poca experiencia.

Restricciones de diseño

Lenguaje de programación

Se utilizará Java 7 para desarrollar la aplicación del lado del servidor, ya que es fácilmente extensible a otros modelos que se planifiquen acoplar a la plataforma tecnológica del SNIA.

En el cliente se utilizará JavaScript, dado que se utilizará la API de ArcGIS para consumo de servicios y para visualizar mapas.

La conexión con Data Library se realizará desde el servidor de aplicación y mediante implementación Java.

Proceso de desarrollo de software

Se seguirá la Metodología RUP.

Seguridad

No todos los usuarios del sistema podrán realizar cualquier operación. Debe realizarse un control de acceso.

Requerimientos específicos

A continuación, se detalla el conjunto de requerimientos separados por funcionalidad:

Seleccionar predio en mapa

Un usuario de tipo Técnico podrá seleccionar un predio en un mapa del Uruguay, mediante el ingreso del número de padrón y el departamento. Un usuario de Tipo Productor, tendrá la opción de seleccionar un potrero determinado dentro de su predio en el mapa. A partir del mismo, se calculará automáticamente:

- la región del país en la que se encuentra el predio/potrero (Centro Sur, Colinas del Este, Cuesta Basáltica, etc.)
- la superficie del predio/potrero (en Ha)

Cálculo del PPNA

Se debe permitir al usuario elegir cómo calcular el PPNA:

- Tomar el PPNA del potrero (está opción estará habilitada si la información sobre el potrero está ingresada en el sistema)
- Tomar el PPNA promedio del predio (está opción estará habilitada si la información sobre el potrero está ingresada en el sistema)
- Tomar el PPNA promedio de la región donde se encuentra el predio.
- Ingresar el dato del PPNA. El usuario podrá ingresar el valor del PPNA para un mes determinado.

Simulación on-line

- Se debe permitir al usuario ingresar los siguientes datos para la simulación:
 - Altura inicial del pasto (en cm). Además de poder ingresar el dato específico, se puede elegir una de las siguientes opciones: alto (10 cm), medio (5 cm) o bajo (3 cm).
- Mes de comienzo del trimestre
- Coeficiente climático para cada mes del trimestre (se muestra el coeficiente por defecto para cada mes, el usuario puede modificarlo). Las opciones son: 0,5 (mes malo) ó 1 (mes normal/promedio) ó 1,5 (mes bueno).
- Dotación (cantidad de cabezas vacunas)
- Peso promedio del ganado (en kg)
- Se debe poder simular el modelo sobre la plataforma.
- Se debe visualizar los siguientes resultados en una nueva ventana:
 - Tabla con Resultados Generales con los siguientes datos por mes y al final del trimestre: altura del pasto, peso vacuno, condición corporal, dotación y oferta de forraje.
 - Gráfica de altura del pasto y peso vacuno en función del tiempo.

- Tabla con otros resultados: dotación total promedio, carga promedio, relación lanar vacuno y ganancia individual diaria.
- Detalle de la información ingresada en la simulación: Trimestre, número de animales, superficie, área del país, coeficientes climáticos.

Seleccionar región en mapa

Todos los usuarios podrán seleccionar una región del país en un mapa.

El sistema elegirá un valor de PPNA representativo de la región seleccionada con criterios predefinidos como promedio de la región o bien ingresando el dato de PPNA por mes (PPNA personalizado), sobre el cual se ejecutará la simulación del modelo.

Se debe poder simular el modelo sobre el predio “enmascarado” sobre la plataforma.

Presupuestación forrajera

Los usuarios podrán realizar dos tipos de presupuestación: Presupuestación forrajera básica y Presupuestación forrajera personalizada.

A continuación, se listan los requerimientos de la solución a implementar:

- El usuario podrá elegir si el cálculo de la oferta de forraje se hará en base al datos del PPNA del predio, potrero o región seleccionada, o lo ingresa manualmente para cada mes.
- El usuario deberá ingresar información de:
 - Cantidad de cabezas vacunas
 - Peso promedio del ganado (en kg)
 - Trimestre para el cual se quiere realizar la presupuestación forrajera
- El sistema calculará la oferta de acuerdo a la opción que eligió el usuario y se calculará la demanda de forraje para cantidad y peso ingresados por el usuario.
- Se debe realizar el cálculo del balance correspondiente en la plataforma.
- Como salida, se mostrará el resultado del balance entre la oferta y la demanda y de acuerdo a si es negativo, cero o positivo se mostrarán las sugerencias sobre qué acciones se recomienda tomar. Por ejemplo, en el caso de que diera negativo (falta pasto), el productor puede:
 - Bajar la carga de animales
 - Poner animales más livianos
 - Comprar fardos

Roles de usuarios

El sistema contará con un conjunto predefinido de roles de usuarios: un usuario de tipo Productor (propietario de un predio perteneciente al Instituto Plan Agropecuario, que podrá hacer consultas a nivel de predio/potrero), un usuario de tipo Técnico, y un usuario Visitante/Usuario General (perteneciente al SNIA/MGAP o a otra Institución o cualquier persona que quiera usar el sistema, que hará consultas a nivel de región).

- Cada rol podrá ejecutar ciertas acciones preestablecidas, a definir a posteriori. Este conjunto de acciones será prefijada en una base de datos o archivo de configuración

protegido, y no podrá ser modificable por los usuarios del sistema, pero si por los desarrolladores.

- Se deberá manejar distintos roles para asegurar la confidencialidad de los datos que se muestra a cada uno:
 - Todos los usuarios del sistema tendrán acceso a datos a nivel de región (por ejemplo, tabla de PPNA) y podrán hacer consultas sobre los mismos.
 - Un usuario de tipo Productor podrá acceder a información referente a su predio/potrero exclusivamente y podrá realizar simulaciones sobre el mismo.
 - Un usuario de tipo Técnico tendrá acceso a todos los datos de predios/potreros y podrá realizar simulaciones del modelo sobre cualquier predio/potrero. Es decir, este tipo de usuario estará habilitado para acceder a todas las funcionalidades y datos del sistema.
 - Tanto el usuario de tipo Técnico como el usuario de tipo Productor deberán contar con usuario y contraseña para acceder al sistema.
 - El usuario de tipo Usuario General/Visitante no tendrá que contar con usuario y contraseña para acceder al sistema y estará habilitado para realizar consultas sobre cualquier región. Este tipo de usuarios no tendrá acceso a información a nivel de predio/potrero.

Requerimientos suplementarios

Diseño modular

La aplicación debe ser diseñada de manera modular, de forma sea fácilmente extensible. En particular se desea que agregar nuevas funcionalidades a la misma sea lo más simple posible.

Interfaz de Usuario intuitiva

Se espera que los usuarios no experimentados con computadoras puedan utilizar la aplicación sin inconvenientes. Como medida del grado de cumplimiento se propone que al menos el 70% de los usuarios finales que probarán la aplicación en primera instancia sean capaces de utilizar el conjunto de sus funcionalidades básicas sin la necesidad de recurrir a un manual de usuario.

Resolución de pantalla

Se debe tener en cuenta resolución de monitores antiguos. La interfaz gráfica debe adaptarse a este tipo de monitores y no ser estática. Se espera también que se pueda utilizar en *tablets* y dispositivos móviles modernos.

Licencia

El código fuente será entregado al MGAP/SNIA, luego de firmado un acuerdo entre UdelaR y el MGAP/SNIA.

Seguridad

Se deberá tener un control de acceso basado en roles, para evitar que usuarios no autorizados realicen cambios no permitidos u operaciones sensibles sobre los datos del sistema. Se definen roles y a cada rol se le asignan determinados permisos sobre operaciones que puede realizar.

Al ingresar al sistema con un usuario determinado, solo se muestran las pantallas que corresponden a aquellas operaciones habilitadas para ese usuario.

Calidad del código

Se desea contar al final con un código bien documentado que facilite la compresión. Para ello tener en cuenta las buenas prácticas de implementación y documentación de código.

V.II Modelo de Dominio

A continuación, se presentan los principales conceptos del dominio del problema que se está modelando así como la relación que existe entre ellos. Se incluye un diagrama expresando gráficamente estos conceptos y relaciones.

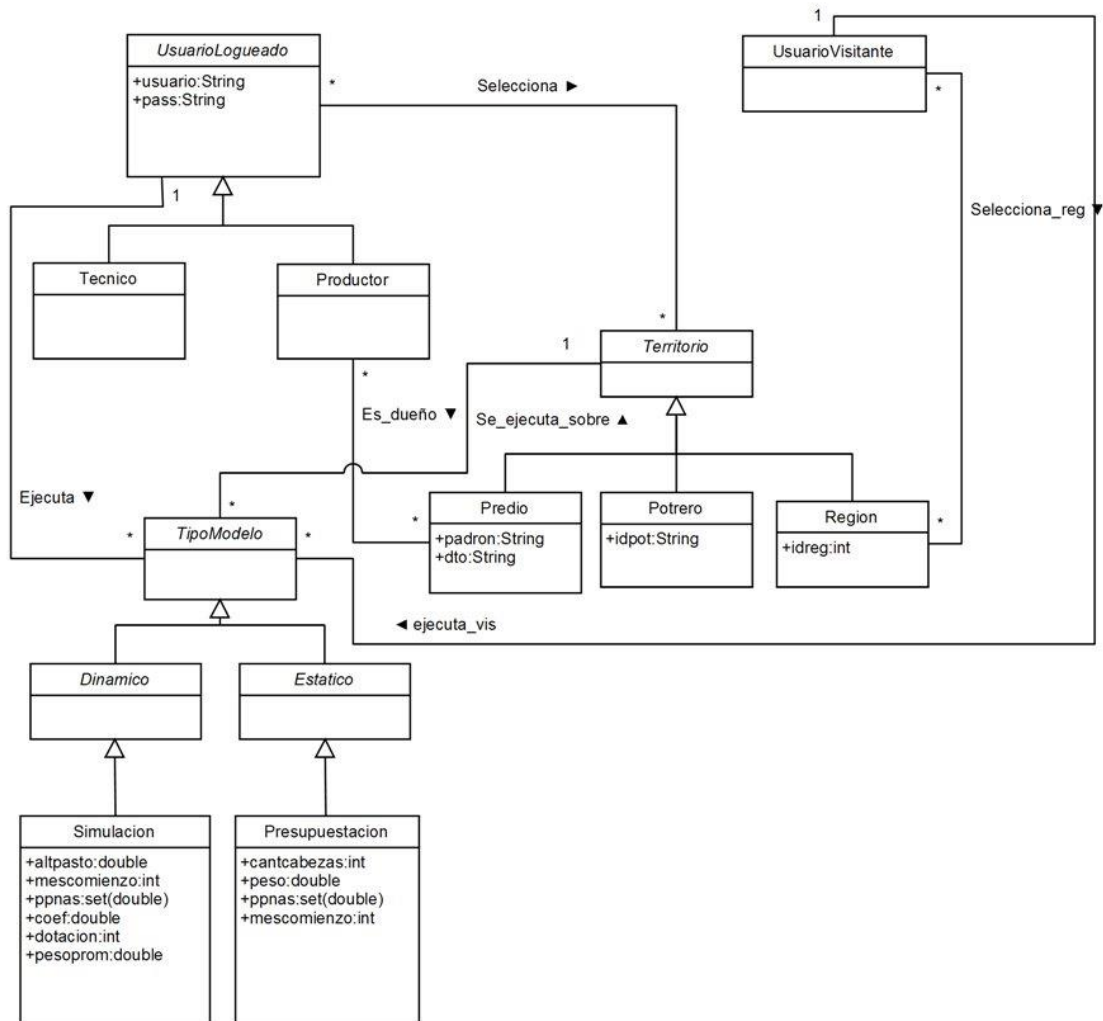


Figura 33 – Modelo de Dominio

Restricciones

En esta sección se presentan las restricciones que aplican al modelo. Estas restricciones refieren a los elementos ilustrados en el diagrama de la sección anterior y están expresados en lenguaje natural.

Unicidad de atributos.

R1: usuario identifica *UsuarioLogueado*.

R2: padrón y departamento identifican Predio.

R4: idReg identifica Región.

R5: fecha identifica *TipoModelo*.

Dominio de atributos.

R6: idreg puede ser un entero entre 0...6.

Integridad Circular.

R7: Un Usuario Logueado ejecuta un Modelo sobre un Territorio seleccionado previamente.

R8: Un Usuario Visitante ejecuta un Modelo sobre una Región seleccionada previamente.

R9: Un Productor puede seleccionar únicamente un Predio del cual es dueño.

Reglas de Negocio.

R10: Existe una sola instancia de cada tipo de modelo.

Información Adicional

Conceptos

Nombre	<i>UsuarioLogueado</i>
Descripción	El concepto Usuario Logueado modela a un usuario que inicia sesión en el sistema. En este concepto podemos distinguir los siguientes atributos: nombre (que lo identifica), contraseña.

Nombre	<i>UsuarioVisitante</i>
Descripción	El concepto Usuario Visitante modela a un usuario que no inicia sesión en el sistema.

Nombre	<i>Territorio</i>
Descripción	El concepto Territorio modela a un área de un mapa seleccionada por un usuario del sistema. Éste puede ser de Tipo Predio, Region o Potreeo. Dónde Predio tiene los atributos: padron (que identifica al predio), dto, Potrero que cuenta con el atributo idpot que identifica al potrero, mientras que Region tiene como identificador el atributo idregion.

Nombre	<i>TipoModelo</i>
Descripción	El concepto TipoModelo representa a un modelo del Instituto Plan Agropecuario. En este concepto podemos distinguir los atributos: fecha (que lo

	identifica). Éste puede ser del tipo de Dinámico o Estático. Dentro del tipo Dinámico, tenemos el tipo Simulación, dentro del cual podemos distinguir los atributos: altura_pasto, mes_comienzo, ppnas, coef_climatico, dotación, peso_prom. Dentro del tipo Estático, tenemos el tipo Presupuestación, dentro del cual podemos distinguir los atributos: cant_cabezas, peso, ppna, presupuestación.
--	--

Relaciones

Nombre	Selecciona
Tipo	Tipo Asociativo
Descripción	Asocia el concepto Usuario_Logueado con Territorio.

Nombre	Es_dueño
Tipo	Tipo Asociativo
Descripción	Asocia el concepto Productor con Predio.

Nombre	Selecciona_reg
Tipo	Tipo Asociativo
Descripción	Asocia el concepto Usuario_Visitante con Predio.

Nombre	Se_ejecuta_sobre
Tipo	Tipo Asociativo
Descripción	Asocia el concepto Tipo_Modelo con Territorio. Establece sobre que Territorio se va a ejecutar el modelo.

Nombre	Ejecuta
Tipo	Tipo Asociativo
Descripción	Asocia el concepto Usuario_Logueado con Tipo_Modelo. Establece el tipo de

	modelo que va a ejecutar el usuario logueado.
--	---

Nombre	Ejecuta_vis
Tipo	Tipo Asociativo
Descripción	Asocia el concepto Usuario_Visitante con Tipo_Modelo. Establece el tipo de modelo que va a ejecutar el usuario visitante.

V.III Especificación de Casos de Uso

Actores

- **Productor:** usuario del sistema que realiza consultas sobre su predio. Debe estar registrado en el sistema.
- **Técnico:** usuario del sistema que realiza consultas sobre un predio particular o una región del país. Debe estar registrado en el sistema.
- **Usuario General:** usuario del sistema que realiza consultas únicamente sobre una región del país. No debe estar registrado en el sistema.

Casos de Uso

Se identificaron ocho casos de usos relevantes que formarán parte de la solución. Los mismos son:

- Seleccionar predio/potrero
- Seleccionar región
- Simulación *on-line* sobre predio/potrero
- Simulación *on-line* sobre región
- Presupuestación forrajera sobre predio/potrero
- Presupuestación forrajera sobre región
- Iniciar sesión
- Cerrar sesión

1. Seleccionar predio/potrero

1.1. Descripción

El usuario logueado selecciona un predio del mapa ingresando los siguientes datos:

- número de padrón
- departamento (elige una opción)

Se cargan los potreros correspondientes al predio. El usuario podrá seleccionar uno.

1.2. Pre-condiciones

El usuario debe haber iniciado sesión en el sistema.

1.3. Flujo de eventos principal

1. El usuario selecciona del menú un departamento.
2. El usuario ingresa un número de padrón.
3. El sistema valida que exista un predio con el número de padrón en la base de datos.
4. Si el usuario es de tipo Productor, el sistema valida que el número de padrón ingresado corresponda al predio que es dueño.

5. El sistema muestra el predio dibujado en el mapa. También se muestra información sobre la región en la que se encuentra el predio y la superficie del mismo (en há).
6. Fin del caso de uso.

1.4. Flujo de eventos alternativo

- 4.a. No existe un predio con el número de padrón ingresado.
 - 4.a.1. El sistema indica un mensaje de error "No existe predio" o un asterisco (*), ambos en rojo, donde corresponda.
 - 4.a.2. Vuelve al paso 3 del flujo principal.
- 5.a. El número del predio ingresado no corresponde al predio que el Productor es dueño.
 - 5.a.1. El sistema muestra un mensaje de error: "No se puede mostrar información del predio buscado.", o un asterisco (*), ambos en rojo, donde corresponda.
 - 5.a.2. Vuelve al paso 1 del flujo principal.
- 5.b. El usuario dibuja un croquis de un potrero dentro del predio seleccionado.
 - 5.b.1. El sistema muestra el croquis dibujado en el mapa. También se muestra información sobre la región en la que se encuentra el predio y la superficie del mismo (en há).
 - 5.b.2. Fin del caso de uso.

1.5. Post-condiciones

No hay.

2. Seleccionar región

2.1. Descripción

El usuario elige una región del mapa cargando la capa de regiones.

2.2. Pre-condiciones

No hay.

2.3. Flujo de eventos principal

1. El usuario habilita la capa de mapas de regiones y selecciona uno.
2. El sistema muestra la región seleccionada en el mapa.
3. Fin del caso de uso.

2.4. Flujo de eventos alternativo

No hay.

2.5. Post-condiciones

No hay.

3. Simulación on-line sobre un predio/potrero

3.1. Descripción

El usuario logueado desea ejecutar el MEGanE sobre un predio/potrero seleccionado anteriormente.

3.2. Pre-condiciones

El usuario debe haber iniciado sesión en el sistema.

El usuario debe haber seleccionado un predio/potrero válido previamente.

3.3. Flujo de eventos principal

1. El usuario logueado elige la opción del menú “Simulación MEGanE”.
2. El sistema despliega en pantalla las siguientes opciones para el cálculo del PPNA y el usuario selecciona una:
 - Tomar el PPNA promedio del predio/potrero seleccionado previamente.
 - Ingresar el dato del PPNA. El usuario podrá ingresar el valor del PPNA para cada mes.

Luego se ingresan los siguientes datos:

- Superficie (en há). Este dato está precargado en caso que el usuario haya seleccionado un predio o portero.
 - Primer mes del trimestre.
 - Coeficiente climático para cada mes del trimestre (se muestra el coeficiente por defecto para cada mes, el usuario puede modificarlo). Las opciones son: Malo, Normal, Bueno (El sistema hace la conversión a Malo=0,5 Normal=1 Bueno=1,5).
 - Dotación (cantidad de cabezas vacunas).
 - Altura del pasto (en cm). Si el usuario no cuenta con el valor exacto de la altura del pasto, podrá elegir una de las siguientes opciones: alto (10 cm), medio (5 cm) o bajo (3 cm).
 - Peso promedio del ganado (en kg).
3. El usuario selecciona la opción: “Simular”.
 4. El sistema valida que todos los campos hayan sido completados correctamente.

5. El sistema ejecuta el modelo para 90 días y muestra los siguientes resultados:
 - Tabla con datos generales de Altura del pasto, Peso vacuno, Condición corporal, Dotación y Oferta del forraje.
 - Gráfica de altura del pasto y peso vacuno en función del tiempo.
 - Otros gráficos con datos de dotación, oferta de forraje y Condición corporal.
6. Fin del caso de uso.

3.4. Flujo de eventos alternativo

5.a. En el caso de que alguno de los datos no sea ingresado o el dato ingresado no sea el correcto, el sistema mostrará un mensaje de error con el detalle del campo que no se completó o que está incorrecto y se solicita al usuario corregirlo.

5.a.1. Se retorna al paso 2 del flujo principal.

G. El usuario presiona el botón "Cancelar" en algún paso del flujo. Se cancela el caso de uso dejando el sistema en el mismo estado que estaba antes de iniciarlo.

3.5. Post-condiciones

No hay.

4. Simulación on-line sobre una región

4.1. Descripción

El usuario (logueado o no) desea ejecutar el MEGanE sobre una región seleccionada anteriormente.

4.2. Pre-condiciones

El usuario debe haber seleccionado una región donde ejecutar el modelo.

4.3. Flujo de eventos principal

1. El usuario logueado elige la opción del menú "Simulación MEGanE".
2. El sistema despliega en pantalla las siguientes opciones para el cálculo del PPNA y el usuario selecciona una:
 - Tomar el PPNA promedio de la región seleccionada.
 - Ingresar el dato del PPNA. El usuario podrá ingresar el valor del PPNA para cada mes.

Luego se completan los siguientes datos:

- Superficie (en há).

- Primer mes del trimestre.
 - Coeficiente climático para cada mes del trimestre (se muestra el coeficiente por defecto para cada mes, el usuario puede modificarlo). Las opciones son: Malo, Normal, Bueno (El sistema hace la conversión a Malo=0,5 Normal=1 Bueno=1,5).
 - Dotación (cantidad de cabezas vacunas).
 - Altura del pasto (en cm). Si el usuario no cuenta con el valor exacto de la altura del pasto, podrá elegir una de las siguientes opciones: alto (10 cm), medio (5 cm) o bajo (3 cm).
 - Peso promedio del ganado (en kg).
3. El usuario selecciona la opción: "Simular".
 4. El sistema valida que todos los campos hayan sido completados correctamente.
 5. El sistema ejecuta el modelo para 90 días y muestra los siguientes resultados:
 - Tabla con datos generales de Altura del pasto, Peso vacuno, Condición corporal, Dotación y Oferta del forraje.
 - Gráfica de altura del pasto y peso vacuno en función del tiempo.
 - Otros gráficos con datos de dotación, oferta de forraje y Condición corporal.
 6. Fin del caso de uso.

4.4. Flujo de eventos alternativo

5.a. En el caso de que alguno de los datos no sea ingresado o el dato ingresado no sea el correcto, el sistema mostrará un mensaje de error con el detalle del campo que no se completó o que está incorrecto y se solicita al usuario corregirlo.

5.a.1. Se retorna al paso 2 del flujo principal.

G. El usuario presiona el botón "Cancelar" en algún paso del flujo. Se cancela el caso de uso dejando el sistema en el mismo estado que estaba antes de iniciarlo.

4.5. Post-condiciones

No hay.

5. Presupuestación forrajera sobre un predio/potrero

5.1. Descripción

El usuario logueado desea ejecutar una presupuestación forrajera sobre un predio/potrero seleccionado anteriormente.

El resultado de la presupuestación es el balance entre la oferta y la demanda, y de acuerdo a si es positivo, negativo o cero, se presentan recomendaciones de acciones a tomar por el productor.

5.2. Pre-condiciones

El usuario debe haber iniciado sesión en el sistema.

El usuario debe haber seleccionado un predio/potrero.

5.3. Flujo de eventos principal

1. El usuario logueado elige la opción del menú: "Presupuestación forrajera".
2. El sistema despliega en pantalla las siguientes opciones para el cálculo del PPNA y el usuario selecciona una:
 - Tomar el PPNA promedio del predio/potrero seleccionado.
 - Ingresar el dato del PPNA. El usuario podrá ingresar el valor del PPNA para cada mes.

Luego se completan los siguientes datos:

- Primer mes del trimestre.
 - Coeficiente climático para cada mes del trimestre (se muestra el coeficiente por defecto para cada mes, el usuario puede modificarlo). Las opciones son: Malo, Normal, Bueno (El sistema hace la conversión a Malo=0,5 Normal=1 Bueno=1,5).
 - Dotación (cantidad de cabezas vacunas).
 - Peso promedio del ganado (en kg).
3. El usuario selecciona la opción: "Presupuestar".
 4. El sistema valida que todos los campos hayan sido completados correctamente.
 5. El sistema realiza el cálculo del balance correspondiente en la plataforma.
 6. El sistema muestra una pantalla con el resultado del balance entre la oferta y la demanda. Si es negativo, cero o positivo se mostrarán las sugerencias sobre qué acciones se recomienda tomar. Por ejemplo, en el caso de que diera negativo (falta pasto), el productor puede (ver con Francisco que datos hay que mostrar):
 - Bajar la carga de animales
 - Poner animales más livianos
 - Comprar fardos
 7. Fin del caso de uso.

5.4. Flujo de eventos alternativo

5.a. En el caso de que alguno de los datos no sea ingresado o el dato ingresado no sea el correcto, el sistema mostrará un mensaje de error con el detalle del campo que no se completó o que está incorrecto y se solicita al usuario corregirlo.

5.a.1. Se retorna al paso 3 del flujo principal.

G. El usuario presiona el botón "Cancelar" en algún paso del flujo. Se cancela el caso de uso dejando el sistema en el mismo estado que estaba antes de iniciarlo.

5.5. Post-condiciones

No hay.

6 Presupuestación forrajera sobre una región

6.1. Descripción

El usuario (logueado o no) desea ejecutar una presupuestación forrajera sobre una región seleccionada anteriormente.

El resultado de la presupuestación es el balance entre la oferta y la demanda, y de acuerdo a si es positivo, negativo o cero, se presentan recomendaciones de acciones a tomar por el productor.

6.2. Pre-condiciones

El usuario debe haber seleccionado una región.

6.3. Flujo de eventos principal

1. El usuario (logueado o no) elige la opción del menú: "Presupuestación forrajera".
2. El sistema despliega en pantalla las siguientes opciones para el cálculo del PPNA y el usuario selecciona una:
 - Tomar el PPNA promedio de la región seleccionada.
 - Ingresar el dato del PPNA. El usuario podrá ingresar el valor del PPNA para cada mes.

Luego se completan los siguientes datos:

- Primer mes del trimestre.
- Coeficiente climático para cada mes del trimestre (se muestra el coeficiente por defecto para cada mes, el usuario puede modificarlo). Las opciones son: Malo, Normal, Bueno (El sistema hace la conversión a Malo=0,5 Normal=1 Bueno=1,5).
- Dotación (cantidad de cabezas vacunas).

- Peso promedio del ganado (en kg).
3. El usuario selecciona la opción: "Presupuestar".
 4. El sistema valida que todos los campos hayan sido completados correctamente.
 5. El sistema realiza el cálculo del balance correspondiente en la plataforma.
 6. El sistema muestra una pantalla con el resultado del balance entre la oferta y la demanda. Si es negativo, cero o positivo se mostrarán las sugerencias sobre qué acciones se recomienda tomar. Por ejemplo, en el caso de que diera negativo (falta pasto), el productor puede (ver con Francisco que datos hay que mostrar):
 - Bajar la carga de animales
 - Poner animales más livianos
 - Comprar fardos
 7. Fin del caso de uso.

6.4. Flujo de eventos alternativo

5.a. En el caso de que alguno de los datos no sea ingresado o el dato ingresado no sea el correcto, el sistema mostrará un mensaje de error con el detalle del campo que no se completó o que está incorrecto y se solicita al usuario corregirlo.

5.a.1. Se retorna al paso 3 del flujo principal.

G. El usuario presiona el botón "Cancelar" en algún paso del flujo. Se cancela el caso de uso dejando el sistema en el mismo estado que estaba antes de iniciarlo.

6.5. Post-condiciones

No hay.

7 Iniciar sesión

7.1. Descripción

El caso de uso permite a un usuario autenticarse en el sistema.

7.2. Pre-condiciones

No debe haber una sesión iniciada en el sistema.

7.3. Flujo de eventos principal

1. El usuario selecciona la opción de "Login".
2. El usuario ingresa su usuario y contraseña.

3. El usuario selecciona "Confirmar".
4. El sistema notifica el *login* exitoso.
5. Fin del caso de uso.

7.4. Flujo de eventos alternativo

5. a. Alguno de los datos ingresados no es correcto.

5.a.1. El sistema indica mediante un mensaje de error "Valor inválido" o un asterisco (*), ambos en rojo, donde corresponda.

5.a.2. Se vuelve al punto 2 del flujo principal.

G. El usuario presiona el botón "Cancelar" en algún paso del flujo. Se cancela el caso de uso dejando el sistema en el mismo estado que estaba antes de iniciarlo.

7.5. Post-condiciones

El usuario inicia sesión en el sistema.

8 Cerrar sesión

8.1. Descripción

El sistema permite al usuario cerrar su sesión en el mismo.

8.2. Pre-condiciones

El usuario debe estar con una sesión iniciada en el sistema.

8.3. Flujo de eventos principal

1. El usuario selecciona la opción de "Cerrar sesión".
2. El sistema limpia toda la información de sesión del usuario.
3. El sistema notifica la acción exitosa.
4. Fin del caso de uso.

8.5. Post-condiciones

El usuario deja de estar con una sesión iniciada en el sistema.

V.IV Diagrama de Casos de Uso

A continuación, se detallan los Casos de Uso y Actores que forman parte de la solución.

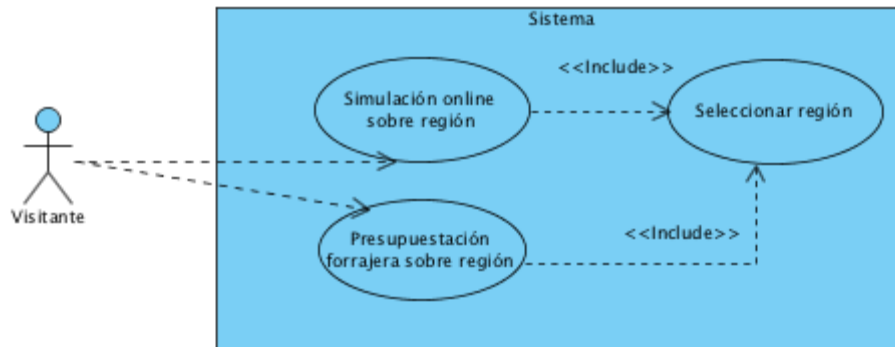


Figura 34 - Caso de uso para actor usuario general

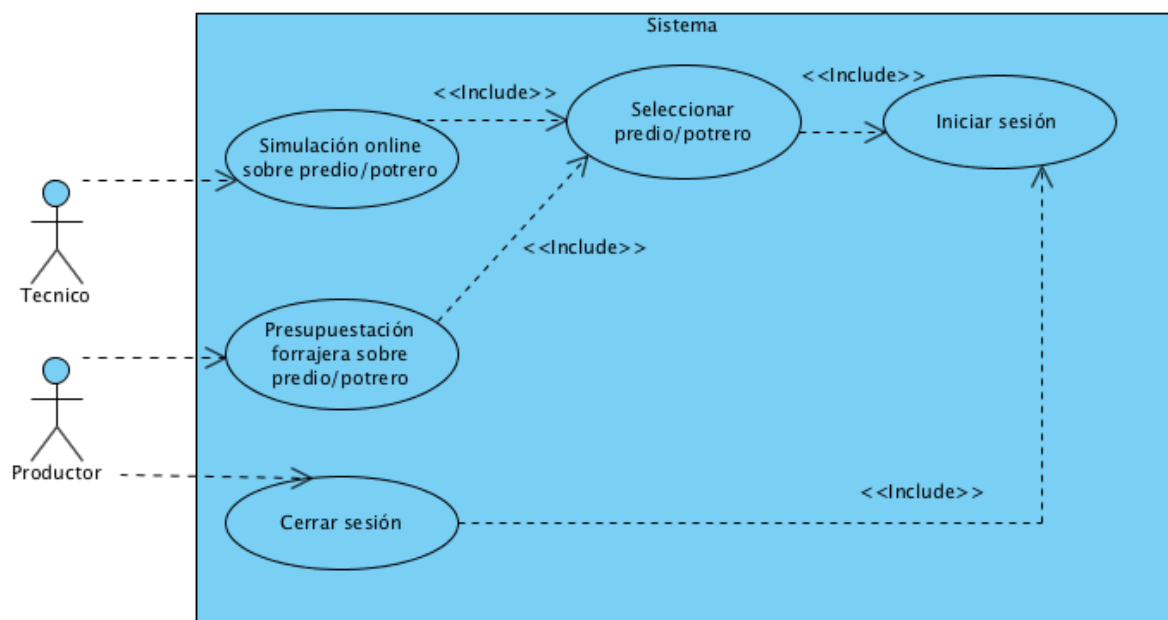


Figura 35 - Caso de uso para actor productor y técnico

Los casos de uso más significativos del sistema son:

- Simulación *On-line* sobre predio/potrero
- Presupuestación forrajera sobre región

V.V Diagramas de Secuencia

Simulación on-line sobre predio/potrero

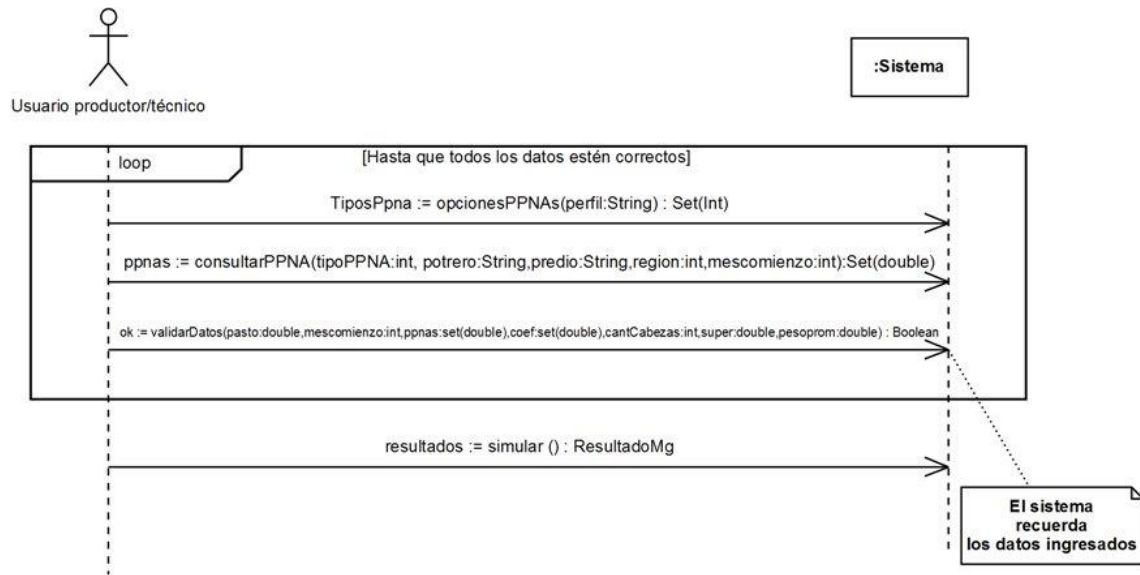


Figura 36 - Diagrama de Secuencia Simulación MEGanE para usuarios logueado

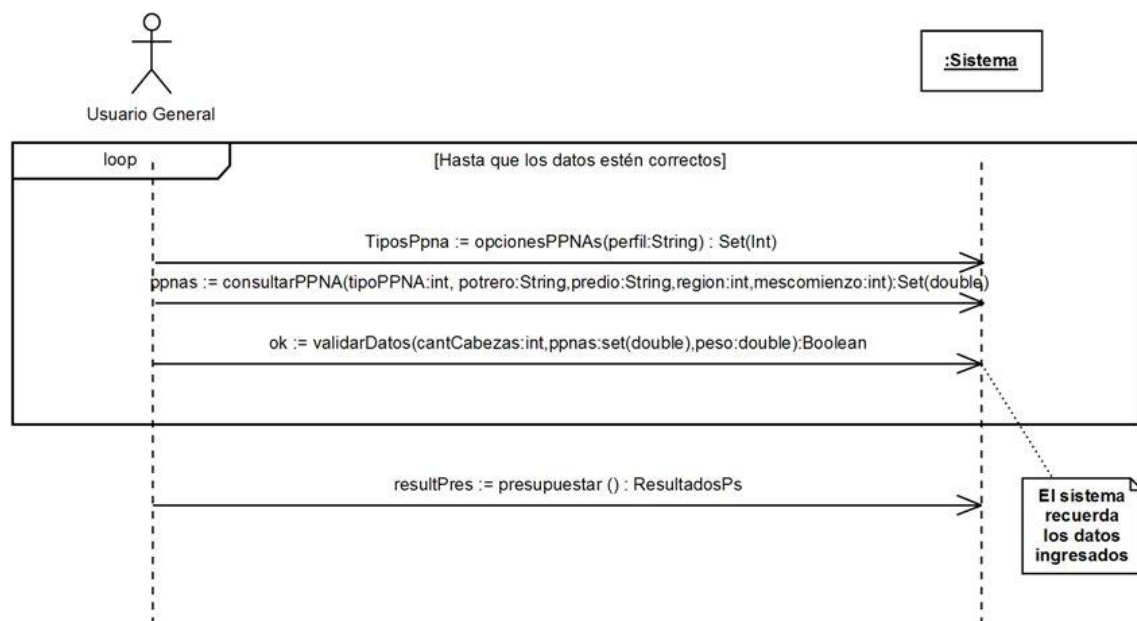
Presupuestación forrajera sobre región

Figura 37 - Diagrama de Secuencia Presupuestación para usuario general

V.VI Contratos*Simulación on-line sobre predio/potrero*

Nombre	OpcionesPPNAs
Operación	TiposPpna := opcionesPPNAs(perfil:String) : Set(Int)
Entrada	Como parámetro de entrada recibe el perfil del usuario logueado.
Salida	Se retorna un conjunto de opciones de PPNA que el usuario podrá seleccionar.
Descripción	Se le listarán al usuario las diferentes opciones con las que cuenta para seleccionar el PPNA para realizar la simulación.
Excepciones	No aplica.

Precondiciones y Postcondiciones

Pre: Existe un usuario logueado en el sistema.

Post: El sistema lista las opciones de PPNA que tiene habilitado el usuario.

Nombre	consultarPPNA
Operación	ppnas := consultarPPNA(tipoPPNA:int, potrero:String,predio:String,region:int,mescomienzo:int):Set(double)
Entrada	Se recibe como entrada de la función el número de la opción del PPNA seleccionado, predio, región y potrero del usuario logueado. Finalmente se pasa el mes de comienzo del trimestre de la presupuestación.
Salida	Se recibe un ser con 3 valores del PPNA correspondientes al trimestre en el cuál se simulará el modelo.
Descripción	El usuario selecciona uno de los tipos de PPNA listados por el sistema.
Excepciones	- tipoPpna debe ser un in entre 1 y 4.

Precondiciones y Postcondiciones

Pre: Los datos de predio región y potrero corresponden al usuario logueado.

Pre: El usuario se encuentra logueado en el sistema.

Post: El sistema carga los PPNA's correspondientes al trimestre.

Nombre	ValidarDatos
---------------	--------------

Operación	ok := validarDatos(pasto:double,mescomienzo:int,ppnas:set(double),coef:set(double),cantCabezas:int,super:double,pesoprom:double) : Boolean
Entrada	Las entradas de la función son las variables necesarias para poder ejecutar el modelo. Las mismas son Altura del pasto en cm, mes de comienzo de la simulación, tipo de PPNA (dependerá de la elección del usuario), coeficiente climático para cada mes del trimestre, cantidad de cabezas animal, superficie del potrero/predio, peso promedio de animales.
Salida	Se retorna la correctitud de los datos.
Descripción	El usuario ingresa todos los datos necesario para poder realizar la simulación del modelo.
Excepciones	-La altura del pasto debe ser mayor o igual a 0. -Mes de comienzo de la simulación debe ser entre 1 y 12. -Cantidad de cabezas debe ser mayor o igual a 0. -La superficie debe ser mayor a cero. -Peso promedio debe ser mayor a 0.

Precondiciones y Postcondiciones

Pre: El usuario debe estar logueado en el sistema.

Post: El sistema recuerda los datos para la simulación.

Nombre	simular
Operación	resultados := simular () : ResultadoMg
Entrada	No aplica.

Salida	Se retorna el resultado de la simulación.
Descripción	Se simula el modelo para los datos ingresados.
Excepciones	No aplica.

Precondiciones y Postcondiciones
Pre: El usuario se encuentra logueado en el sistema. Pre: Se ingresaron los datos de la simulación previamente. Post: El sistema Muestra los resultados de la simulación.

Presupuestación forrajera sobre región

Nombre	OpcionesPPNAs
Operación	TiposPpna := opcionesPPNAs(perfil:String) : Set(Int)
Entrada	Como parámetro de entrada recibe el perfil del usuario logueado.
Salida	Se retorna un conjunto de opciones de PPNAs que el usuario podrá seleccionar.
Descripción	Se le listarán al usuario las diferentes opciones con las que cuenta para seleccionar el PPNA para realizar la simulación.
Excepciones	No aplica.

Precondiciones y Postcondiciones
Post: El sistema lista las opciones de PPNA que tiene habilitado el usuario.

Nombre	consultarPPNA
Operación	ppnas := consultarPPNA(tipoPPNA:int, potrero:String,predio:String,region:int,mescomienzo:int):Set(double)
Entrada	Se recibe como entrada de la función el número de la opción del PPNA seleccionado, predio, región y potrero del usuario logueado. Finalmente se pasa el mes de comienzo del trimestre de la presupuestación.
Salida	Se recibe un ser con 3 valores del PPNA correspondientes al trimestre en el cuál se simulará el modelo.
Descripción	El usuario selecciona uno de los tipos de PPNA listados por el sistema.
Excepciones	- tipoPpna debe ser un in entre 1 y 4.

Precondiciones y Postcondiciones

Pre: Los datos de predio región y potrero corresponden al usuario logueado.

Pre: El usuario se encuentra logueado en el sistema.

Post: El sistema carga los PPNA's correspondientes al trimestre.

Nombre	VerificarDatos
Operación	ok := validarDatos(cantCabezas:int,ppnas:set(double),peso:double):Boolean
Entrada	Las entradas de la función son las variables necesarias para poder ejecutar el modelo. Las mismas son tipo de PPNA (dependerá de la elección del usuario), cantidad de cabezas animal, superficie del potrero/predio, peso promedio de animales.

Salida	Se retorna la correctitud de los datos.
Descripción	El usuario ingresa todos los datos necesario para poder realizar la simulación del modelo.
Excepciones	-Cantidad de cabezas debe ser mayor o igual a 0. -La superficie debe ser mayor a cero. -Peso promedio debe ser mayor a 0.

Precondiciones y Postcondiciones

Post: El sistema recuerda los datos para la simulación.

Nombre	Presupuestar
Operación	resultPres := presupuestar () : ResultadosPs
Entrada	No aplica.
Salida	Se retorna el resultado de ejecutar la Presupuestación.
Descripción	La función retorna el resultado de ejecutar la Presupuestación Forragera para determinados datos ingresados previamente.
Excepciones	No aplica.

Precondiciones y Postcondiciones

Pre: Los datos necesarios para realizar la Prespuestación fueron ingresados en el sistema previamente.

Post: El sistema lista las opciones de PPNA que tiene habilitado el usuario.

V.VII Diagramas de Comunicación

Se muestran a continuación los diagramas de comunicación correspondientes a los Diagramas de Secuencia del Sistema (DSS) presentados anteriormente.

Simulación on-line sobre predio/potrero

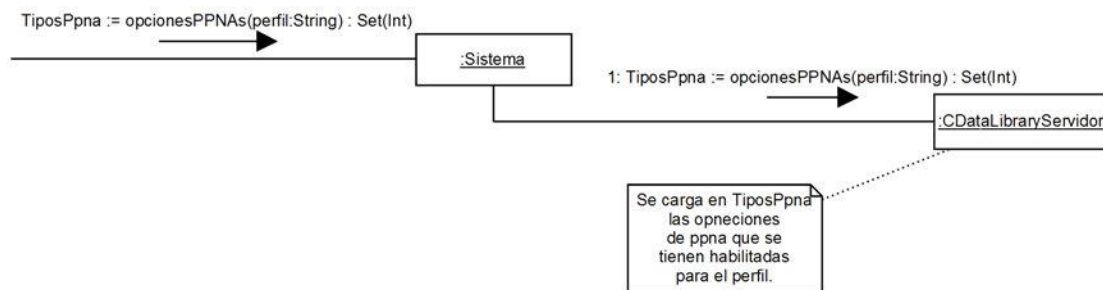


Figura 38 - Diagrama de Comunicación para opcionesPPNA

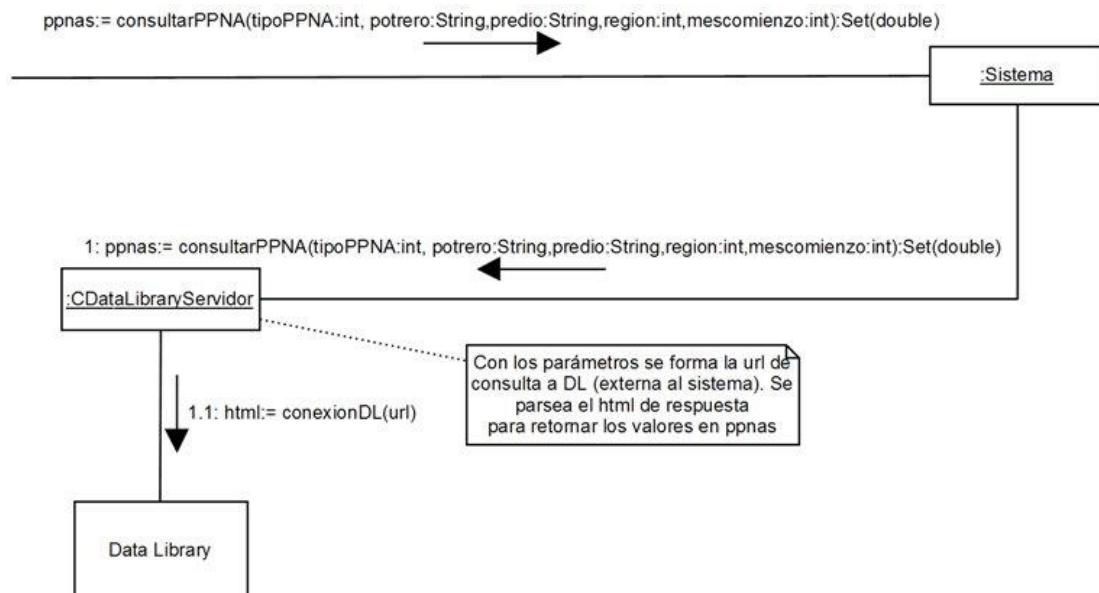


Figura 39 - Diagrama de Comunicación para consultarPPNA

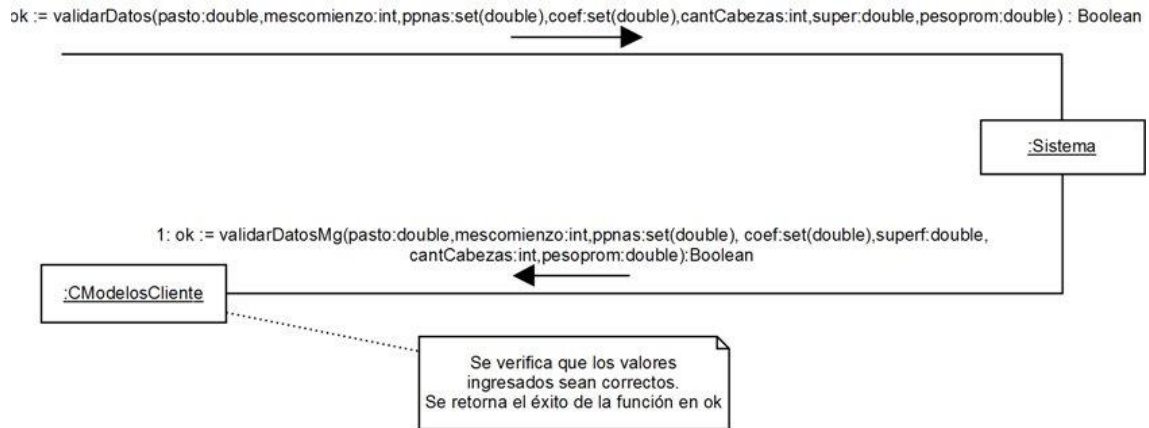


Figura 40 - Diagrama de Comunicación para validarDatos

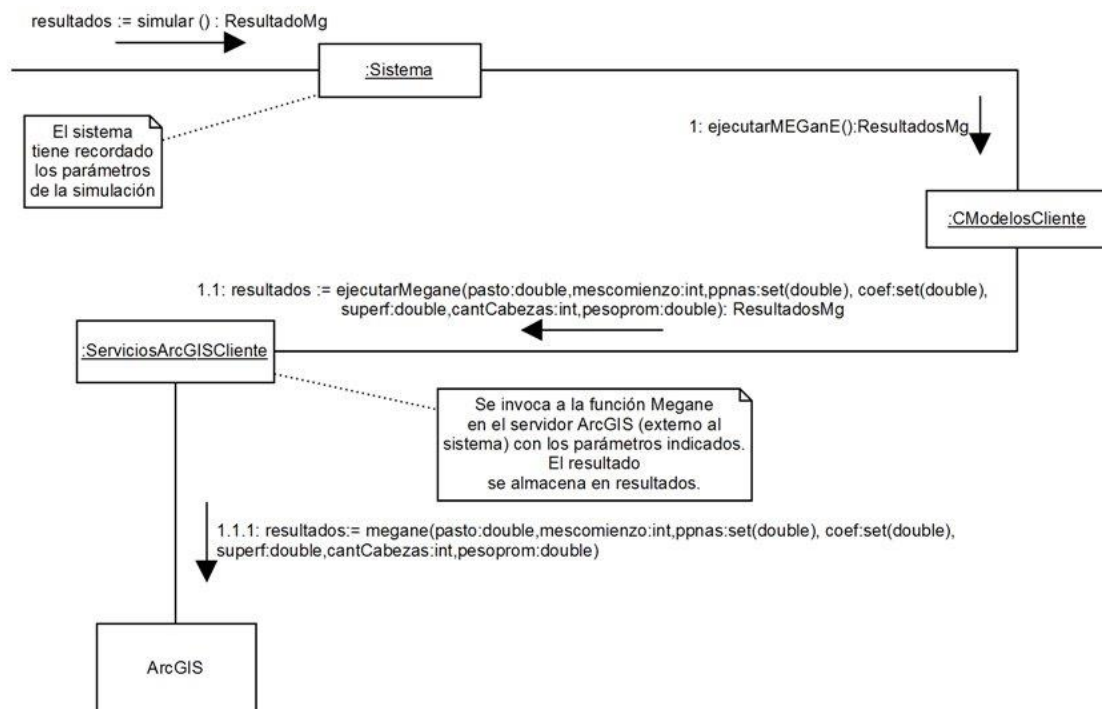


Figura 41 - Diagrama de Comunicación simular

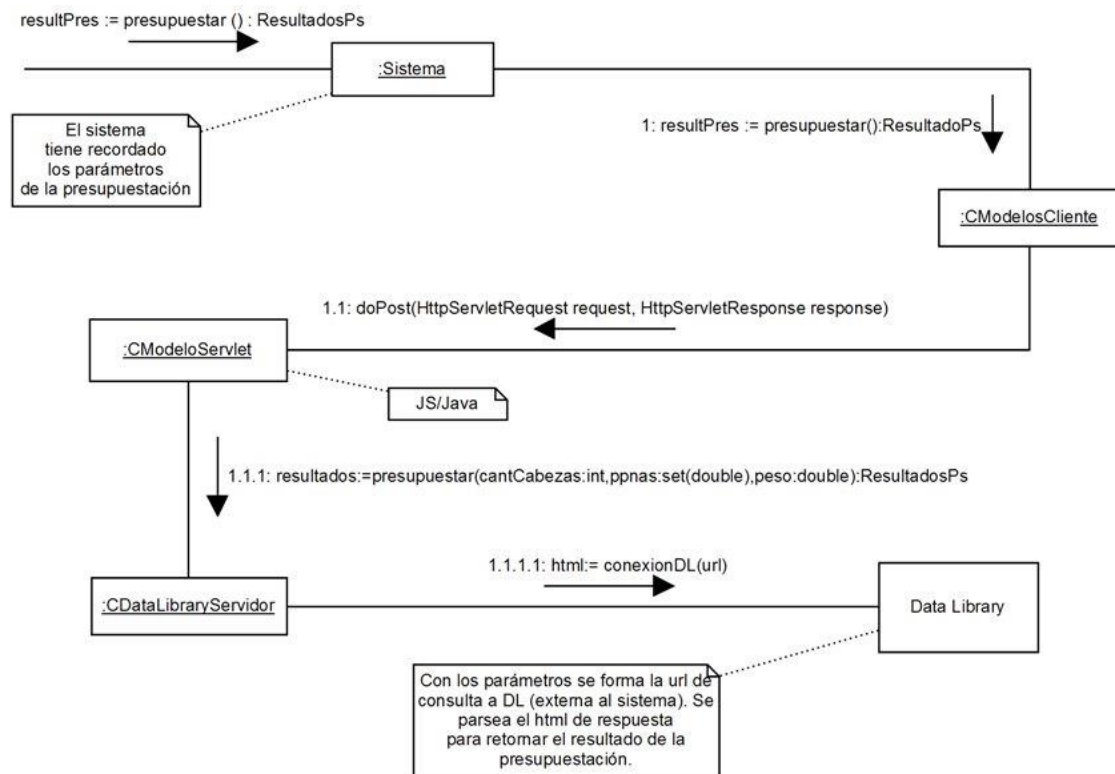
Presupuestación forrajera sobre región

Figura 42 - Diagrama de Comunicación presupuestar

V.VIII Diagrama de Clases

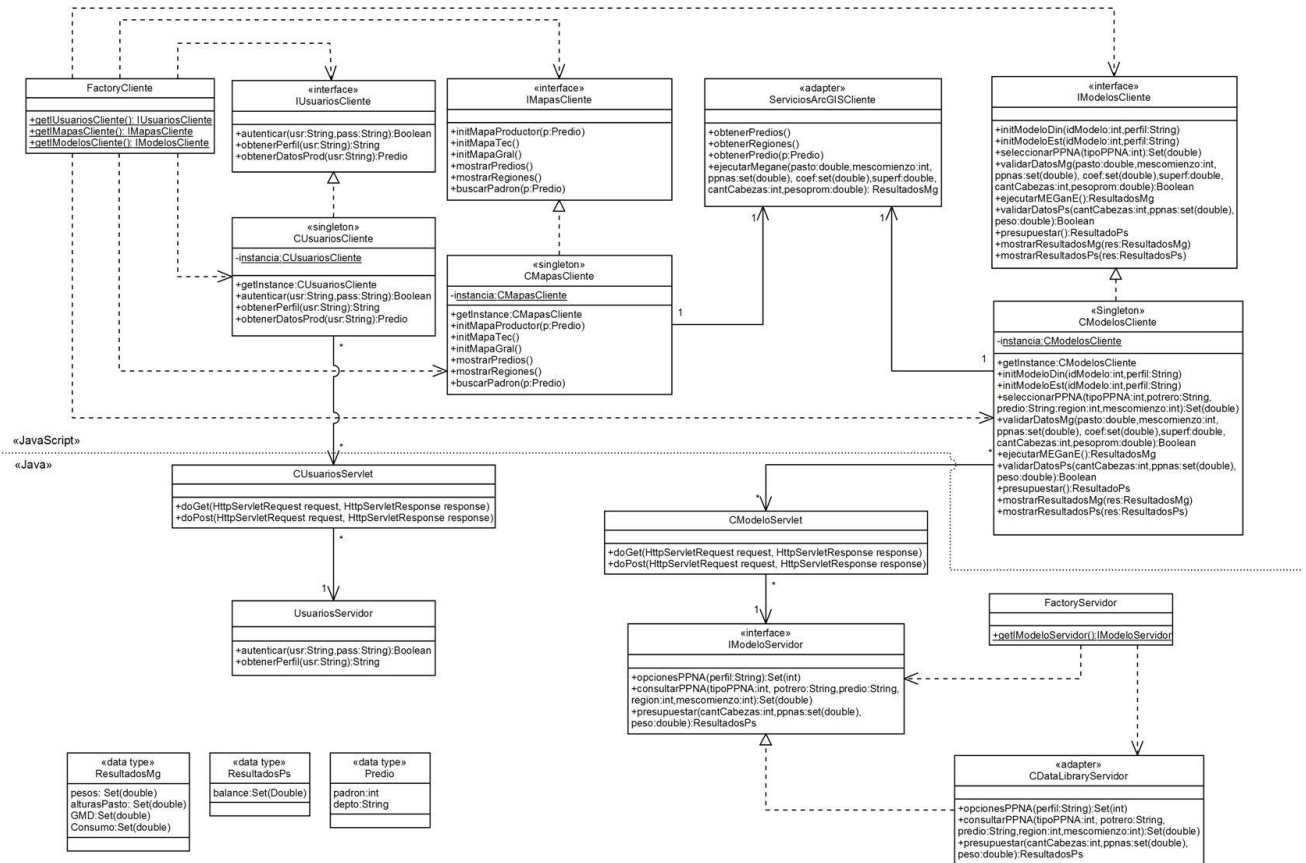


Figura 43 - Diagrama de Clases de Diseño

V.IX Diagrama de Componentes

Se presenta el diagrama de componentes a utilizar en la implementación del proyecto.

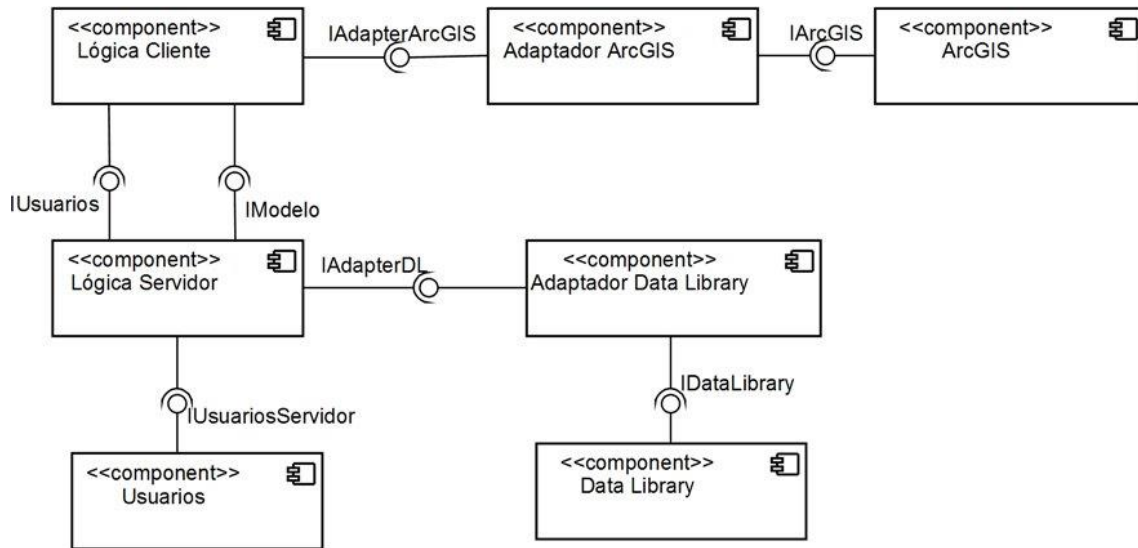


Figura 44 - Diagrama de Componentes del sistema

Las componentes correspondientes a Data Library y Usuarios corresponden a la capa de implementación en Java mientras que el resto de las componentes se implementan con JavaScript (tal como se marca en el Diagrama de Clases).

V.X Diagrama de Despliegue

Se muestra a continuación el diagrama de la arquitectura a utilizar en el desarrollo del Caso de Estudio.

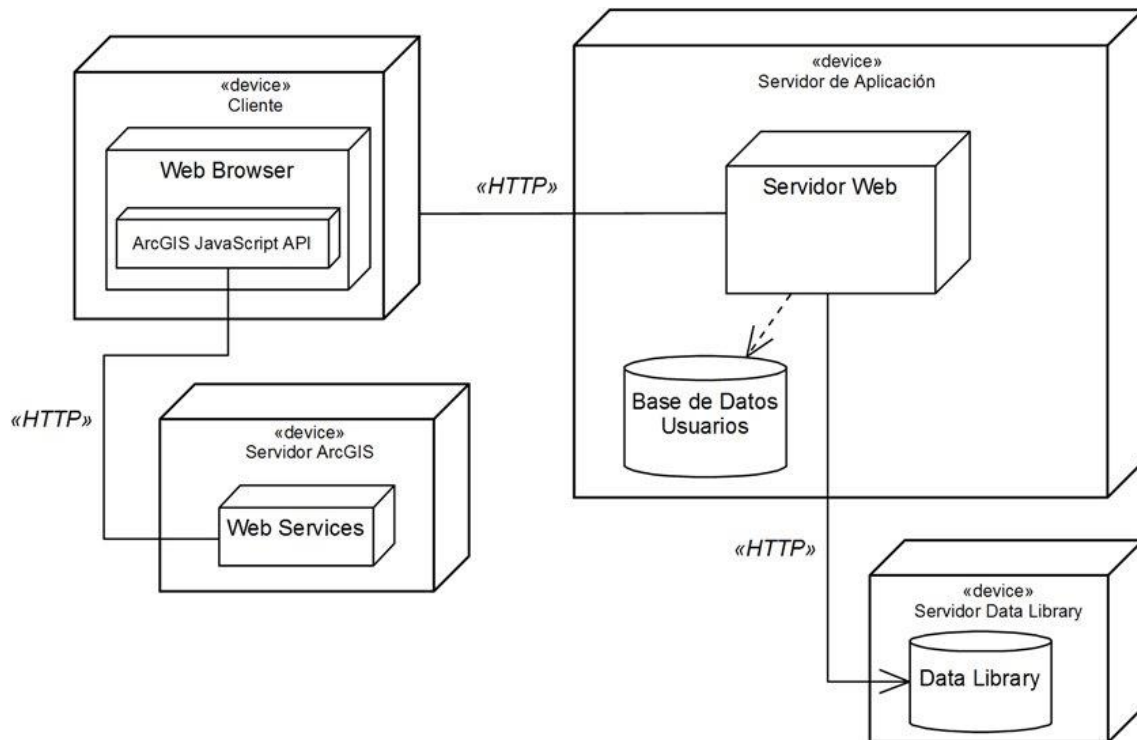


Figura 45 - Diagrama de Distribución de la Arquitectura

Si bien en la solución final que se realizará para la resolución del Caso de Estudio tanto la aplicación como la Base de Datos Data Library estarán alojadas en el mismo servidor, es necesario aclarar que el diseño tal como se muestra, considera las dos opciones como correctas, por lo que es una solución flexible a la decisión que se quiera tomar.

El motivo por el cual se toma la decisión de alojar ambas componentes en el mismo servidor es para considerar los requerimientos del SNIA para la implementación del Caso de Estudio.

V.XI Diagrama de Entidad-Relación

Se muestra a continuación el diagrama Entidad-Relación que muestra las entidades que forman parte de la base de datos de usuarios y sus relaciones.

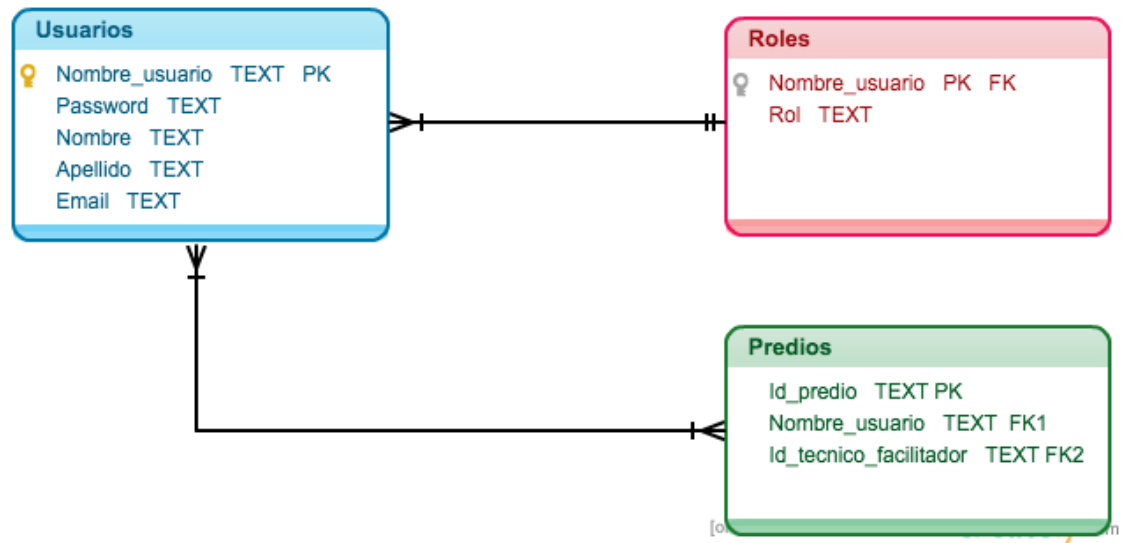


Figura 46 - Diagrama de Entidad-Relación para base de datos Usuarios

V.XI Prototipos de interfaces gráficas de usuario

A continuación se muestran los prototipos de las páginas que forman parte de los distintos flujos definidos dentro del Caso de Estudio desarrollado.

Presupuestación forrajera

Paso 1 : Seleccionar los meses del trimestre y consultar el PPNA para cada uno.

Figura 47 - Presupuestación forrajera - Paso 1

Paso 2 : Ingresar la cantidad de cabezas de ganado.

Figura 48 - Presupuestación forrajera - Paso 2

Paso 3 : Ingresar el peso promedio del ganado.

Selección PPNA
Presupuestación Forrajera

Peso promedio del ganado:

380 KG

CANCELAR PRESUPUESTAR
o presione enter

Figura 49 - Presupuestación forrajera - Paso 3

Paso 4: Obtener el resultado de la presupuestación y los datos utilizados.

Selección PPNA
Presupuestación Forrajera

El resultado de la presupuestación

Usted debería:

- Comprar más ganado
- Guardar alimento

3.5

Trimestre:
Enero, Febrero, Marzo

Cant. cabezas de ganado:
1000

Peso promedio del ganado:
380KG

REPETIR TERMINAR

Figura 50 - Presupuestación forrajera - Paso 4

Formulario para realizar una simulación del MEGanE.

Paso 1 : Se carga la ubicación a partir de la selección previa en el mapa.

Ubicación y Pastura
Simular MEGanE

Paso 1 de 5

Ubicación:

Zona Sur

CANCELAR CONTINUAR
o presione enter

Figura 51 - Simulación MEGanE - Paso 1

Paso 2 : Ingresar la superficie en há.

Ubicación y Pastura
Simular MEGanE

Paso 2 de 5

Superficie

100 ha

CANCELAR CONTINUAR
o presione enter

Figura 52 - Simulación MEGanE - Paso 2

Paso 3 : Ingresar la altura del pasto en cm. Se puede además seleccionar de valores predeterminados.

Figura 53 - Simulación MEGanE - Paso 3

Paso 4 : Seleccionar mes de comienzo de trimestre.

Figura 54 - Simulación MEGanE - Paso 4

Paso 5 : Ingresar peso promedio del ganado.



Animales
Simular MEGanE

Peso promedio del ganado:

380 KG

CANCELAR

SIMULAR TRIMESTRE
o presione enter

Figura 55 - Simulación MEGanE - Paso 5

Consultar PPNA Anual

La gráfica que se obtiene al consultar el PPNA para un año muestra los valores mínimo, máximo, promedio y desviación estándar para cada mes.

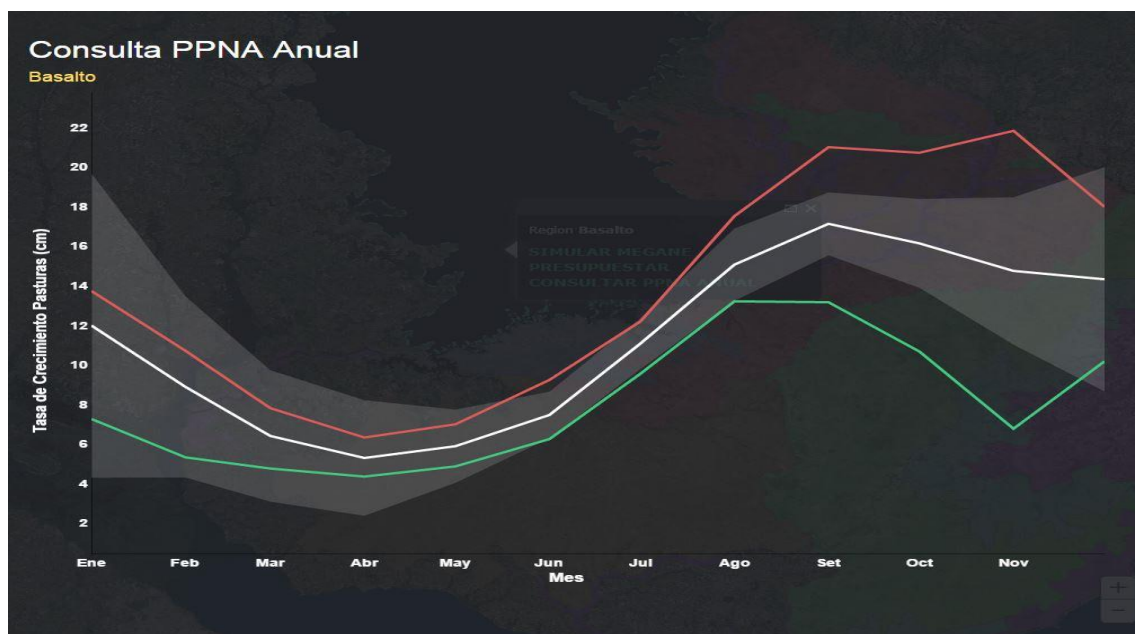


Figura 56 - Consultar PPNA Anual

Anexo VII Minutas de reuniones realizadas

A continuación se presentan las minutas de las reuniones que se llevaron a cabo durante las distintas fases del Proyecto de Grado, presentadas en orden cronológico.

Las primeras reuniones fueron en Febrero del 2015, con el equipo de MGAP y el Instituto Plan Agropecuario, en las cuales se plantearon los términos del proyecto. Luego de la entrada en contexto con la temática y las tecnologías que maneja el SNIA, se mantuvieron sucesivas reuniones con el Instituto Plan Agropecuario (comenzando en Mayo), para identificar las necesidades y requerimientos que presentaban al querer migrar sus modelos a la plataforma del SNIA.

Se documentaron también las reuniones que se mantuvieron con los técnicos que utilizan las herramientas de la plataforma tecnológica del SNIA y las limitaciones que identificaron en las mismas. Varias de las reuniones técnicas que fueron exclusivamente para revisar temas de las herramientas utilizadas (instalación, uso, dificultades, etc.), no fueron registradas por medio de minutas, al igual que los mails intercambiados con técnicos del IRI de la Columbia University. Toda la información recabada de éstos últimos se encuentra en el Capítulo 2 de este documento.

Minuta reunión con Instituto Plan Agropecuario (26 de Mayo 2015)

Integrantes: Francisco Dieguez, Sofía Palamarchuk y Leticia Almeida.

Lugar: Instituto Plan Agropecuario. Bulevar General Artigas 3856, Montevideo.

Temas tratados:

Actualmente el IPA trabaja con una planilla de LART hechas en Excel. De esa planilla, ellos consumen la tasa de crecimiento de pasturas (o también denominada PPNA). Lo que el IPA necesita:

- Mostrar gráficas y reportes del SNIA en la web del IPA.
- Mostrar gráficas con simulación de crecimiento de pasturas a nivel “predio” tanto del IPA, del SNIA y toda la información que haya.
- Información centralizada y con el mismo criterio (con fuentes de datos SNIA-IPA) que sirva tanto para ministros como para productores.
- Información para el MEGanE (consumida desde Data Library, SNIA).

Hoy en día se toma un promedio de información de predios pero también interesa saber sobre un predio concreto (si se cuenta con esa información). Se está en procesos de acuerdos LART-IPA para que LART permita compartir sus datos y poder volcarlos a base de datos del SNIA.

Queda a definir cómo se muestra la información, darle opciones al usuario de que hace con los “puntos”.

Bajando a tierra nuestro objetivo queremos tomar información del SNIA y mostrarlo en la web del MEGanE (coordinar con Federico quien implementó el portal del IPA)

Otros puntos nombrados en la reunión:

- Alerta temprana - SNIA - monitoreo ganadería PPNA
- (dltesting.snig.gub.uy:8887)
- CORMAS (<http://cormas.cirad.fr/indexeng.htm>)
- NetLogo (<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>)

Trabajo a futuro:

PSNA: en lugar de calcular el crecimiento de pasturas, calcularlo con carne (crecimiento de carne) utilizando ecuaciones del MEGanE.

Minuta reunión con técnico ArcGIS/SNIA (12 de Junio 2015)

Integrantes: Manuel Martínez y Leticia Almeida.

Lugar: MGAP. Av General Eugenio Garzón, Montevideo.

Temas tratados:

Algunas de los grupos que forman parte del SNIA que se nombró en la reunión:

- SNIG (<https://www.snig.gub.uy>) - Consulta información proporcionada por ArcGIS
- RENARE (<http://www.cebra.com.uy/renare/>) - Tiene su propio sistema implementado con ArcGIS.

Algunas URLs que estuvimos viendo, donde están publicados servicios de ArcGIS:

- <http://web.renare.gub.uy/arcgis/rest/services>
- <http://web.renare.gub.uy/sl/coneat/> - Utiliza Silverlight
- <http://web.renare.gub.uy/sl/cartasuelos/> - Utiliza Silverlight

ArcGIS no parece ser una herramienta con muchas limitantes en cuanto a los requerimientos que ha tenido el MGAP. Tiene tres grandes componentes, entre ellas las librerías y el servidor. Las librerías se pueden descargar de manera gratuita.

Actualmente Manuel está trabajando en RENARE. El sistema que él implementa está orientado a Agrónomos (no a productores) y ese es su público objetivo.

En cuanto al licenciamiento de la herramienta, el mismo es caro (habló de no menos de 50 mil dólares), pero que si en algún momento necesitábamos implementar o ver alguna cosa él nos invita a RENARE y nos ofrece lo que estemos necesitando.

También se habló de herramientas open source que van en paralelo a ArcGIS y que ofrecen prácticamente los mismos servicios. Si se nos complica el uso de ArcGIS podemos investigar por esa punta, cosa que hasta al momento no lo contemplábamos, porque no tenía idea que esas herramientas existían. Algunas de éstas que me nombró:

- <http://postgis.net/>

- <http://mapserver.org/>
- <http://openlayers.org/>
- <http://www.qgis.org/es/site/>
- <http://www.osgeo.org/>

Minuta reunión con Instituto Plan Agropecuario (10 de Julio 2015)

Integrantes: Francisco Dieguez, Federico Arias, Sofía Palamarchuk y Leticia Almeida.

Lugar: Instituto Plan Agropecuario. Bulevar General Artigas 3856, Montevideo.

Temas tratados:

El tema principal de la reunión fue entorno a los modelos del IPA, que trabaja con dos tipos de modelos:

- Modelos dinámicos (un ejemplo es el MEGanE)
- Modelos estáticos de presupuestación forrajera (en base a inputs se generan salidas con alguna conclusión).

Y les interesa la información en sí, como por ejemplo extrae de la Data Library el valor del PPNA (productividad primaria neta por área) siendo la secundaria la productividad por carne.

Una limitante que el IPA encuentra en la Data Library es que no se pueden seleccionar predios si éste no existe en su base. La Data Library trabaja a nivel de puntos y solo trae información sobre los puntos seleccionados.

Lo que el IPA quiere es que un productor pueda dibujar su potrero, y luego se muestre información de interés a nivel portero (como por ejemplo, la tasa de crecimiento de pasturas). Este valor no se obtiene directamente de la Data Library y tampoco lo tienen las tablas del LART. Se les ocurre poder darles la opción al usuario de: hacer un promedio de X puntos "más cercanos" a su potrero de los cuales se tiene información, tomar el promedio por área, u otras opciones..

Algunos inputs de los modelos estáticos son: cantidad de animales, tasa crecimiento pasturas (se puede sacar de Data Library), altura del pasto, etc.

En conclusión, existe la necesidad de hacer búsquedas georeferenciadas. No es interés del IPA trabajar por medio de un Maproom. Lo que quieren es obtener el dato mismo de la Data Library y utilizarlo como input para sus modelos. Existen también problemas con las escalas (dato a nivel de predio).

El IPA tiene una web para que un usuario pueda georeferenciar su potrero:

<http://www.planagropecuario.org.uy/lpaGis/>. Este sería el primer paso de lo que quieren lograr

Minuta reunión con Instituto Plan Agropecuario (7 de Agosto 2015)

Integrantes: Francisco Dieguez, Sofía Palamarchuk y Leticia Almeida.

Lugar: Instituto Plan Agropecuario. Bulevar General Artigas 3856, Montevideo.

Temas tratados:

La reunión estuvo enfocadas a resolver las dudas que fueron surgiendo al momento de pensar el Caso de Estudio. Francisco nos hizo un diagrama donde se explican las ecuaciones y sus componentes, detallando en cada caso cuales son datos constantes y cuales son inputs.

A nivel de SNIA interesa el dato región, por lo que para esto se saca un promedio de los datos de los potreros de la región.

En el caso que el productor no dibuje el predio, puede ingresar su número de padrón. En la solución planteada tiene que quedar modularizada la toma de decisión para el caso de que el padrón no pertenezca a la base de datos. Nosotras podremos tomar un promedio de las x regiones más cercanas pero si en un futuro la toma de decisión cambia, la solución se tiene que adaptar al cambio. Se asume que todos los productores conocen su número de padrón ya que es como su “número de puerta”.

El valor del PPNA es el que hoy se cuenta en el SNIA y es el que se toma como “k” de las ecuaciones del MEGanE.

Por otro lado vimos las ecuaciones para el cálculo de la presupuestación forrajera (básica y personalizada) donde con este dato se puede contribuir en el SNIA con el estado de “alerta” de ms por zona.

De las ecuaciones vimos los inputs (constantes y entradas de usuario). Quedó toda la información registrada en imágenes y con esta información se ajusta el Caso de Estudio.

Minuta reunión con ArcGIS/SNIA (20 de Agosto 2015)

Participantes: Manuel Martínez, Sofía Palamarchuk y Leticia Almeida.

Lugar: MGAP. Av General Eugenio Garzón, Montevideo.

Temas tratados:

Ambiente de Desarrollo

No necesitamos trabajar desde garzón ya que el 98% de nuestro proyecto es lógica fuera de lo que es ArcGIS. Solo habría que ir un día a publicar nuestros servicios, lo cual nos llevaría 30 min, 1 h.

Tenemos que pensar en lenguaje que vamos a desarrollar la aplicación web. Vamos a tener que usar JavaScript para utilizar la API de ArcGIS (del lado cliente). Tenemos que identificar qué servicios vamos a necesitar consumir de los publicados por el MGAP:

- sit.mvotma.gub.uy/arcgis
- web.renare.gub.uy/js/coneatm

En la reunión con Gastón, tenemos que sacar más datos sobre las capas con las regiones y padrones, que vamos a utilizar en la creación de mapas. Y ver si necesitamos hacer edición de mapas nosotras (esta tarea es la que le lleva más tiempo a Manuel).

Inputs del sistema

El MGAP ya cuenta con información de padrones y mapas del Uruguay.

Surgió un conflicto con el tema de perfiles de usuarios ya que no parece ser una tarea del todo sencilla. Hay que ver bien qué datos tiene el IPA de usuarios para ver cómo nos sirve usarlos.

El resto pasa a ser lógica de la aplicación. Tenemos que ver dónde y en qué implementar esta lógica.

Cosas más generales

Nos estuvo mostrando un poco cómo él utiliza ArcGIS en el CONEAT, cómo publica servicios, como extrae y dibuja en los mapas.

Nos contó que los costos de licenciamiento del ArcGIS superan los 50 mil USD.

Nos mostró por arriba la arquitectura de cada herramienta:

- ArcGIS: SQL Server, ArcSDE, ArcGIS Server (aca estan la información de catastro y capas de mapas), Aplicación.
- Data Library: PostGres, PostGIS, Aplicación Data Library (esto lo supone él).

Minuta reunión con MGAP/SNIA (28 de Agosto 2015)

Participantes:

- MGAP/SNIA: Mercedes Berterretche, Silvana Edmond y Gastón Nicassio.
- IPA: Francisco Dieguez.
- Sofía Palamarchuk y Leticia Almeida.

Lugar: MGAP. Constituyente 1476, Montevideo.

Temas tratados:

Trabajo del LART

Se presentó el Caso de Estudio al MGAP/SNIA para poder dar comienzo a la etapa de desarrollo. En principio se comentó sobre un proyecto que está llevando a cabo el LART que trata de presentar información del PPNA en 4 gráficas distintas, y es de interés que se muestre esa información a los productores. Francisco quedó en averiguar si el LART tiene planificado desarrollar esto, y en caso que no, pueda ser incluido en nuestro trabajo (dentro de este proyecto o a futuro).

Cargar datos a la Data Library

Francisco va a pasar información al MGAP para que suban datos de 2 predios por región del país a la Data Library y nosotros poder consumir esa información en nuestra aplicación.

Base de datos de usuarios del Plan

Se manejaron 3 posibilidades:

- Consultar la base del Plan
- Migrar esa base a servidores del SNIA
- Hacer una base de datos en el SNIA con usuarios *dummy* para usar en nuestra aplicación

Dado que está dentro del objetivo del proyecto centralizar toda la información en el SNIA, en el caso que no se llegue a migrar la base de datos del IPA al SNIA a tiempo, trabajaremos con una base local al SNIA con usuarios representativos pero no reales que permitan modelar los perfiles involucrados en nuestro caso de estudio.

Tecnologías

Las tecnologías que utiliza el MGAP hoy son:

- SNIG: GeneXus, SQL Server 2008, .NET
- Otras áreas: PHP, Python.. (quieren abrir y salir un poco de GeneXus)

Nosotras propusimos realizar nuestra solución utilizando:

- HTML5 para web.
- JS para comunicación con API de ArcGIS.
- Java o .NET para implementar la lógica.
- Adaptarnos a la base de datos del SNIA a la que tengamos que consultar.
-

En conclusión, Mercedes nos dio el OK con el Caso de Estudio, por lo que ya podemos empezar con el desarrollo.

Tareas que quedaron pendientes:

- Comentarle más en detalle sobre nuestro proyecto a la gente de LART para ver que no nos estemos “pisando” tareas (Francisco)
- Cargar algunos predios más a la Data Library para poder utilizarlos en el desarrollo de la solución (Francisco - Gastón)
- Acordar dónde queda la base de datos de usuarios del IPA (Mercedes - Francisco)
- Mandar mail a Silvana con las tecnologías que proponemos utilizar en el proyecto. La próxima semana se junta con el equipo del MGAP y nos tiene que dar el OK sobre las tecnologías a utilizar en nuestro desarrollo. (Sofía - Leticia)

- Silvana tiene que consultar esto para asegurarse que luego nuestra solución pueda tener soporte dentro del equipo del MGAP (tecnologías que ellos usan actualmente)

Minuta reunión con técnicos Data Library/SNIA (29 de Setiembre 2015)

Participantes: Gastón Nicassio, Ignacio Lettieri, Juan José Sierra, Leticia Almeida.

Lugar: MGAP. Constituyente 1476, Montevideo.

Temas Tratados:

La reunión fue enfocada a analizar la viabilidad de hacer las Pruebas de Concepto desde la Data Library. De lo cual se abrieron varias líneas de investigación:

- Hace un año ESRI está trabajando en un módulo de seguridad. Por lo que hay que averiguar si aún se sigue trabajando en eso. Preguntarle a Remi Cousin.
- En el modo experto hay maneras de hacer loop por lo que tal vez exista la posibilidad de ejecutar las ecuaciones del MEGanE.
- No se ha dado la necesidad de dibujar cosas en un mapa, pero habría que preguntar al IRI si hay posibilidad de hacerlo.
- Nos están preparando un ambiente para empezar a desarrollar. Cuando quede pronto nos avisan.
- Nos van a crear una clave pública (ppk) para poder conectarnos al servidor por ssh.
- Tanto dl como el esquema de la base de datos (postgres) como la aplicación se encuentran todas en el mismo servidor.

Tenemos que revisar los documentos que nos había compartido Gastón ya que ahí está el cómo comenzar a desarrollar y hacer maprooms.

En conclusión, capaz hay maneras de hacer o investigar sobre que PoCs se pueden llegar a hacer en Data Library y que no.

Cabe la posibilidad que hay que hacerse un usuario bitBucket para clonarnos el repositorio, pero eso me lo quedaron de confirmar.

Temas pendientes de la reunión:

- Mandar mail a Remi Cosuin preguntando sobre el módulo de seguridad y sobre la posibilidad de dibujar en un mapa.
- Tenemos que pasarle a Gastón la url con la que accedemos al PPNA (la que nos pasó Francisco)
- Tenemos que leer la documentación que nos compartió Gastón.

- Ir probando en el modo experto el tema de hacer las ecuaciones (MEGanE y Prespuestación Forrajera)