

Plataforma de Auditoría de Trazabilidad Aplicada a Bebidas y Alimentos

Carlos Martínez¹, Alberto Cortez^{1,2},
Javier Caballero¹, Claudia Naveda^{1,2}, Alejandro Vazquez^{1,2}.

UTN Facultad Regional Mendoza, Ingeniería en Sistemas de Información, ¹Laboratorio de Auditoría y Seguridad de TIC, ²Universidad del Aconcagua, Licenciatura en Informática y Desarrollo de Software.

carlos.martinez@frm.utn.edu.ar, {cortezalberto, caballerojavier13, claudialaboral}@gmail.com, avazquez@frm.utn.edu.ar.

***Abstract** En el presente trabajo se propone una plataforma de auditoría trazabilidad Open Source con una Arquitectura en capas, aplicada en bebidas y alimentos. La misma brinda un sistema de gestión para los auditores y permite que las empresas auditadas puedan interoperar para obtener informes con distintos niveles de agregación sobre los atributos relacionados a la trazabilidad. La propuesta ofrece herramientas para permitir la mejora continua de los procesos de trazabilidad de los productos. Se contribuye con un método de valoración y el uso de un motor de reglas de negocio que posibilita la generación de recomendaciones, recordatorios y alertas.*

1. Introducción

En la actualidad resulta imperativo que las empresas cuenten con un enfoque de calidad. Las normas ISO (2018) expresan lo necesaria que es la gestión de calidad y destacan que una de las posibles acciones para lograrla es el seguimiento de la planificación, el diseño, el desarrollo, la producción y entrega de productos o servicios.

Se entiende por trazabilidad al conjunto de aquellos procedimientos preestablecidos y autosuficientes que permiten conocer el histórico, la ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena de suministros en un momento dado, a través de determinadas herramientas, según el Comité de Seguridad Alimentaria de AECOC (2018).

Se considera como un mecanismo de gestión del riesgo, porque toda la información que ésta vincula permite reducir los alcances de un incidente alimentario, según lo indicado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI (2018).

La norma ISO 9001, enumera distintos requisitos para poder considerar que un bien o servicio es provisto en un entorno controlable. Entre las cuales podemos rescatar la relevancia de la disponibilidad de la información del producto, la implementación del seguimiento y la medición de los productos o servicios.

Según la norma ISO 9001, la auditoría de calidad es un proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría como: registros, declaraciones de hechos o cualquier otra información y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar si se cumplen los criterios de auditoría como: políticas, procedimientos o requisitos utilizados como referencia.

La trazabilidad debe garantizar la trazabilidad interna, hacia atrás y hacia adelante. La trazabilidad interna o del proceso: permite hacer un seguimiento de los productos procesados en el establecimiento y conocer sus características; tratamientos recibidos y circunstancias a las que han estado expuestos. Trazabilidad hacia atrás: permite conocer las materias primas (ingredientes) que forman parte de un producto, envases y otros materiales utilizados, así como identificar a sus proveedores. Trazabilidad hacia adelante: permite conocer dónde se ha vendido/distribuido un lote determinado de un producto alimenticio (identificación del producto, lotes, cantidades, fecha de entrega y destinatario).

La auditoría de trazabilidad de bebidas y alimentos debe permitir registrar y rastrear todos estos datos, de forma tal que facilite la toma de decisiones en situaciones de riesgo. Esto permite la mejora continua de los procesos de trazabilidad y la posibilidad de certificar los ítems relacionados con las normas ISO 9001. La auditoría de trazabilidad sirve para reducir inconvenientes, errores, mejorar la eficacia de la empresa y acercarla a los niveles de calidad. Para poder llevar a cabo acciones correctivas, preventivas, de mejora y obtener certificaciones del sistema de gestión de calidad. Se centra en la observación y análisis de los procesos actuales y evidencias de auditoría con miras a mejorar la calidad en dichos sistemas, procesos y la organización. La auditoría de trazabilidad se puede pensar como un conjunto de procesos o etapas compuesto cada una por una serie de tareas vinculadas.

Para el presente trabajo se realizó un relevamiento en la industria vitivinícola, estableciendo un análisis sobre una muestra de bodegas de la región de Cuyo, Argentina y se destaca que los enfoques para aplicar la trazabilidad son diferentes. Existen sistemas de información heterogéneos y con alcances distintos. Se observó cuatro categorías de trazabilidad en los procesos:

- . Integradas.
- . Semi automatizadas.
- . Registradas en planillas de electrónicas.
- . Registradas manuales.

En función de esta categorización se justifica la necesidad del desarrollo de una plataforma informática que permita auditar los procedimientos y registros de los datos que las empresas deben poseer con respecto a:

Proveedores: Trazabilidad previa.

Procesos productivos: Trazabilidad en procesos productivos.

Producto terminado a los clientes Trazabilidad hacia adelante.

Si bien hay normas y marcos de referencia que permiten disponer de guías y procedimientos de control relacionados con la trazabilidad, no se han encontrado

evidencias de la existencia de plataformas de auditoría y reingeniería para la trazabilidad de bebidas y alimentos, con las características propuestas en este artículo.

El objetivo de este trabajo es plantear una plataforma de auditoría de trazabilidad que pueda aplicarse a los procesos de auditoría de trazabilidad de las industrias de bebidas y alimentos. La plataforma permite recomendar acciones de mejora continua o acciones que impliquen cambios, considerando el modelo de trazabilidad de cada empresa, sus procesos y tecnología.

Las características fundamentales de la propuesta son las siguientes:

- Interoperar con los sistemas informáticos de trazabilidad de las empresas. Ofrecer un API con servicios REST para cumplir con esto.
- Gestionar los registros de la auditoría de trazabilidad.
- Generar informes de recomendación utilizando un método de valoración y el uso de un motor de reglas del negocio
- Brindar herramientas para contribuir a la aplicación de la mejora continua.

El presente trabajo está organizado de la siguiente forma: En la sección 2, se presenta la metodología y los trabajos relacionados. En la sección 3, se explica la propuesta de la plataforma y su arquitectura. En la sección 4, se presenta el trabajo futuro y finalmente en la sección 5, se expone las conclusiones.

2. Metodología y Trabajos Relacionados

2.1 Metodología

Para alcanzar la arquitectura propuesta, el proyecto se dividió en varias fases:

- 1- Revisión de Literatura, donde se analizaron las leyes y normas vigentes tanto de Argentina como internacionales, que son pertinentes al proceso productivo del vino y a su trazabilidad
- 2- Investigación de los tipos de sistemas de trazabilidad y sus particularidades de implementación en las bodegas de Mendoza.
- 3- Selección del tipo de investigación, se optó por “Investigación aplicada” con enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), respecto de su nivel de medición y análisis de la información. Mediante el enfoque mixto se pretende recolectar, analizar y vincular datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio para responder a un planteamiento del problema expuesto en Mertens (2010), Johnson et al. (2006). La utilización de un enfoque mixto en este proyecto se debe, a que la metodología de Sistemas (desarrollo de plataforma y de Software y métodos de testing de Software), es una realidad objetiva. Pero el proceso de decisión de las personas respecto de calidad, mejoras, procesos productivos, datos, requisitos y reingeniería es una realidad subjetiva.
- 4- Diseño previsto para esta investigación es el “Sistemático”, basado en el procedimiento citado por Strauss (2002), con las fases de Recolección de datos, Codificación abierta, Codificación selectiva y Visualización de la teoría.

5- Estudio de trabajos relacionados.

6- Estudio de metodologías y técnicas auxiliares. Se utilizó parte de la metodología que se describe en Qasaimeh and Abran (2013), basada en la teoría de la evaluación. El modelo consta de dos categorías principales de criterios de auditoría: criterio de ingeniería y criterio de gestión. Se centran en la evidencia que se puede extraer para demostrar conformidad del proceso con la norma ISO 9001.

Para dar mayor rigurosidad a los conceptos de trazabilidad se utiliza también los conceptos de Moguel et al. (2008), donde se describe una guía metodológica general para desarrollar soluciones de trazabilidad. Y se complementó con ideas de ISO 9001- Identification and Traceability (2018), donde se define un modelo de auditoría genérico para el estándar ISO 9001.

Se estudiaron técnicas para construir una arquitectura: en Diseño de una solución de trazabilidad para la optimización del rendimiento de negocios (2018), se presenta un diseño de arquitectura para soluciones de trazabilidad. Y en Farmer (2014) se proponen plantillas y registros que se pueden utilizar en la auditoría de trazabilidad de procesos.

Se utiliza una metodología de desarrollo de software ágil siguiendo un proceso continuo, iterativo e incremental que atraviesa por varias etapas de refinamiento y validación. El proceso iterativo empleado para gestionar y concretar el proyecto se basa en Scrum (2018), y se recurre a la plataforma para la gestión de proyectos Open Source, Taiga (2018).

2.2 Trabajos Relacionados

En referencia a los trabajos relacionados hallados a continuación se describen los siguientes trabajos que contienen aspectos comunes a la propuesta de plataforma presentada en este artículo.

Pizzuti et al. (2012) proponen un sistema de trazabilidad basado en web capaz de soportar los procesos de negocio de una cadena alimentaria a través de: (1) el modelado de procesos de negocio, (2) la definición del modelo de datos para apoyar la cadena de suministros y (3) una aplicación que permite grabar, editar y recuperar datos a través de la web. La debilidad de este sistema está en la falta de rigurosidad en la normalización para la codificación de la información.

Cimino et al. (2012) muestran una solución para la trazabilidad de la cadena del vino con un modelo general y una arquitectura pervasiva y móvil, utilizando Tecnología RFID. En este caso se trabajó con un modelo simplificado. Por lo tanto, si se aplica a empresas grandes el costo puede ser excesivo.

Fuentes Román (2012), trabajó con el problema de la trazabilidad de los productos hortofrutícolas diseñando una serie de procesos en BPMN con la Suite Bonita Studio. El proyecto realiza la gestión de la trazabilidad total de los productos hortofrutícolas desde que son una semilla hasta que llega a las manos del consumidor final. Esto implica administrar distintos tipos de cadenas logísticas, así como todos sus participantes. El sistema almacena estos datos en distintas bases de datos y, de esta forma, poder conocer en cualquier momento el histórico de estos productos y la ubicación actual. El proyecto funciona con un servidor de aplicaciones y da servicio a

los usuarios que lo deseen, adaptándose a la cantidad de usuarios que lo demanden como a un entorno cambiante.

Oberhofer y Akeel (2010), presentan un diseño de arquitectura para soluciones de trazabilidad. Utiliza una propuesta por IBM que ofrece una solución de software de vanguardia para registro y seguimiento basado en la pila de arquitectura EPC global, incluyendo el Servidor de Trazabilidad IBM InfoSphere y el Servidor de Premisas WebSphere.

Qasaimeh et al. (2013), proponen un modelo de auditoría para la trazabilidad de requerimientos de procesos de software ágiles. Si bien no se aplica a la trazabilidad de bebidas y alimentos, los autores presentan un modelo de auditoría genérico en base a las normas ISO 9001. El modelo puede ayudar a los auditores de software a extraer evidencia de auditoría que demuestre la capacidad de una organización de software para implementar los requisitos de trazabilidad de la ISO 9001.

La plataforma que se presenta en este trabajo se diferencia de las propuestas de: Pizzuti, Cimino, Fuentes, Oberhofer y Qasaimeh, en la utilización de un motor de reglas del negocio que consume la valoración de atributos adaptada del método LSP (Logic Scoring of Preference), Dujmovic (1997). Esto se realiza mediante servicios web permitiendo que las organizaciones subscriptas realicen una mejora continua y su alineación con las normas ISO. Como así también, en los componentes de la arquitectura y en la forma en la que se modelan e integran los procesos del negocio, se implementan recomendaciones a través de inferencia, mediante un motor de reglas del negocio.

En general, tras la revisión del estado actual de la investigación relacionada con la auditoría de la trazabilidad de bebidas y alimentos, se puede obtener una conclusión principal, y es que en el momento de presentación de este artículo no encontramos trabajos sobre plataformas de software de auditoría de trazabilidad con la característica de la utilización de un motor de reglas del negocio que consume la valoración de atributos adaptada del método LSP (Logic Scoring of Preference), Dujmovic (1997).

3. Propuesta de la Plataforma y su Arquitectura

Se presenta una propuesta de arquitectura compuesta por software Open Source. La misma contemplará los siguientes requerimientos:

- Modelado de los puntos de control de la auditoría de trazabilidad utilizando el estándar BPMN 2 Object Management Group (2011).
- Gestión de los recursos involucrados en la auditoría de trazabilidad.
- Gestión de reglas de negocio por parte de los auditores. Un módulo de inferencia implementado con un motor de reglas del negocio.
- Generación de informes de recomendación en base al módulo de inferencia.
- Interoperabilidad con los sistemas de trazabilidad de las empresas.
- Permitir el análisis de datos por medio de una plataforma de inteligencia de negocios.

Los componentes de la plataforma están incluidos en una arquitectura formada por:

- Sistema de Gestión de Procesos de Negocio (BPMS por sus siglas en inglés, Business Proceses Management Suites) (2018).
- Sistema de Gestión de Reglas del Negocio (BRMS por sus siglas en ingles, Business Rules Management Systems) (2018).
- Componentes del negocio Java EE (2018).
- Plataforma de inteligencia de negocios Marketa et al. (2013).

En la Figura 1, se muestra el esquema con la arquitectura propuesta.

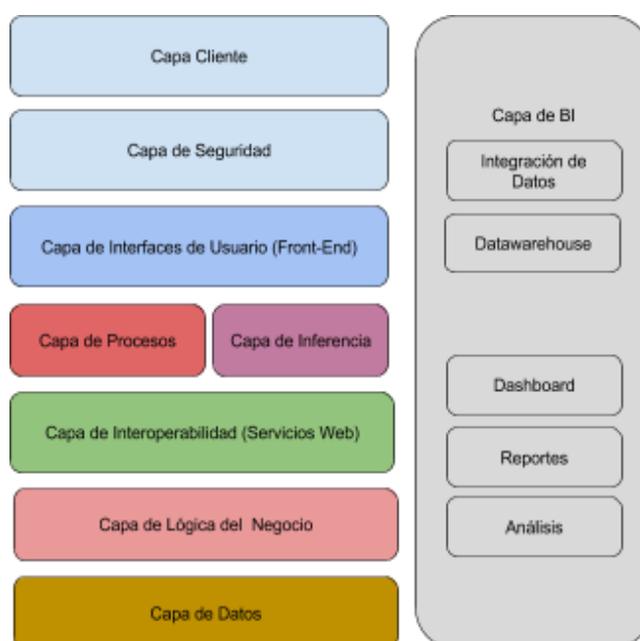


Figura 1 Arquitectura Propuesta

3.1 Componentes de la Plataforma

En esta sección se explican los componentes fundamentales que forman parte de la plataforma propuesta.

3.2 Capa de Cliente, Capa de Seguridad y Capa de Interfaces de Usuario (Front-End)

Los usuarios de la aplicación pueden interactuar por medio de la API REST (2018), o a través de la interfaz web. Para el acceso, es necesaria la autenticación de los usuarios. Una vez autenticados los sistemas por medio de su módulo de seguridad, se evaluará la incumbencia del usuario al recurso solicitado.

La autenticación se realiza por medio de un token JWT (por sus siglas en inglés Json Web Token) (2018). El cual consiste en un archivo con formato json convertido a una cadena de caracteres por medio de un algoritmo. JWT se ha transformado en uno de los mecanismos más usado como medida de seguridad en API REST, ya que soporta estándares tales como Oauth2 (2018).

La interfaz web está construida con el framework javascript AngularJS (2018), el cual incluye componentes que renderizan las interfaces visuales del BPMS en AngularJs, utilizando los elementos de “páginas” que provee Bonitasoft. Lo que significa un intercambio transparente que pasa desapercibido de la utilización de las pantallas web del sistema a las interfaces del Bonitasoft, y de regreso.

Bonitasoft por su parte no admite accesos a procesos de usuarios no autenticados. Por lo que el sistema realiza una autenticación de forma transparente al usuario sin hacerlo pasar por ninguna pantalla de inicio de sesión adicional evitando así perder la atención del usuario en sus tareas.

Los clientes pueden interactuar vía REST, con la plataforma de trazabilidad. Para ello es necesario definir los puntos de acceso. Para acceder a estos servicios web, previamente se deben autenticar, solicitando autorización y el acceso a los recursos por medio del componente de seguridad.

Para la autenticación y/o autorización de usuarios, el estándar recomendado es OpenID Connect (2018) y Oauth 2.

La interfaz de usuario vinculada a los procesos definidos con BPMN 2 se genera con la herramienta a partir del diseño de una plantilla. Las pantallas se generan con el framework AngularJs (2018). En la sección 3.3 se explica la relación entre las tareas del proceso de negocio y las pantallas de usuario.

3.3 Capa de Procesos

Cada tarea puede tener relacionada un registro de por ejemplo: las fechas y horas de realización de las actividades, identificación de las personas que realizan las actividades y de los supervisores si corresponde, problemas detectados, comparación con estándares de producción y alertas, cantidades ingresadas, cantidades egresadas, identificación de lotes, rendimientos, componentes adicionados, análisis, controles, actividades para corregir defectos y otras variables a considerar para la calidad.



Figura 2. Modelo Genérico de un Proceso de Trazabilidad

En la Figura 2, se observa un proceso con los artefactos básicos necesarios para modelar una tarea de auditoría de trazabilidad. La tarea de usuario: “Tarea de Auditoría de Trazabilidad 1”, cuando se accede por la persona con el rol auditor; despliega una pantalla que le permite cargar los ítems necesarios para el registro de auditoría de la tarea y la entidad o entidades relacionadas con esta. En la figura 3, se puede ver un ejemplo genérico de una pantalla de carga.

Tarea de Auditoría de Trazabilidad 1

Proceso:

Actor (Lane):

Tarea:

Categoría 1:

Atributo	Requerido	Ponderación
<input style="width: 100%;" type="text" value="Atributo 1"/>	<input type="checkbox"/>	1-5 <input style="width: 30px;" type="button" value="▼"/>
...		
<input style="width: 100%;" type="text" value="Atributo n"/>	<input type="checkbox"/>	1-5 <input style="width: 30px;" type="button" value="▼"/>

Figura 3. Pantalla de carga Genérica

Teniendo en cuenta lo anterior, es factible modelar la auditoría de la trazabilidad de alimentos y/o bebidas, como un proceso del negocio. El estándar de la OMG para el modelado de procesos del negocio es BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation (BPMN)). BPMN versión 2.0, es un estándar de la OMG cuyo objetivo es proveer una

notación fácil de entender y comunicar entre usuarios que van desde analistas de negocios hasta ingenieros de software. Es ampliamente adoptada por las empresas para los propósitos de modelado de los procesos, análisis detallado de performance, especificación de requerimientos y diseño ejecutable.

El uso primordial que se le ha dado al BPMN es el modelado de la trazabilidad como una secuencia de tareas a ser auditadas, del proceso de producción. Estas tareas modeladas como actividades dentro del BPMN, reciben sus datos por medio de una interfaz REST API, que es renderizado como un formulario, utilizando AngularJS. Este formulario una vez completado es enviado nuevamente a la capa de negocio, también por REST API.

Este enfoque permite que el diseño de los procesos a auditar sean modelados con el BPMS, ya que en todas las implementaciones en las que se lo pueden encontrar, las interrelaciones entre las actividades pueden ser editada de forma gráfica. Esta edición gráfica tiene varios puntos fuertes. Entre los principales, es que un especialista en el negocio puede diseñar y cambiar la secuencia de actividades sin necesitar conocimientos técnicos de algún lenguaje de programación, como se demuestra en la figura 2. Otra de las ventajas, es que se reduce la complejidad del código a desarrollar depositando la responsabilidad de gestionar los procesos al BPMS.

Dentro de Bonitasoft (BPMS elegido), se desarrollaron tres tipos de actividades, el modelado BPMN de proceso productivo del vino, la implementación de la interconectividad con la capa de negocio, y por último, el diseño de interfaces visuales que renderizan los datos obtenidos utilizando formularios en AngularJS.

Con esta reducción significativa de la complejidad del sistema, el BPMS, brinda una visión modular permitiendo actualizar tanto el orden de las actividades de la trazabilidad, como del formulario, de forma independiente del resto del sistema. Estas actualizaciones pueden realizarse de manera aislada, sin necesidad de impactar en el sistema real, hasta que se considere necesario. Evitando así, la necesidad de implementar sistemas de manejo de estados, o versiones de los procesos de auditoría.

En el gráfico que se visualiza ver figura 4, se detalla las interacciones entre la capa de servicios y la capa de proceso. Como se puede observar, el inicio del proceso de auditoría no es disparado por el mismo BPMS, sino que se espera la orden de la capa de servicios. Una vez traspasado el control de la auditoría a la capa de proceso, es esta quien, a demanda, solicita los datos, dependiendo del identificador de la actividad que lo requiera. De este modo las actividades no almacenan ningún tipo de conexión entre ellas en la base de datos. Esto permite mayor flexibilidad en los procesos, a la hora de agregar o quitar actividades. Así, como también, la reutilización de actividades compartidas en diferentes procesos.

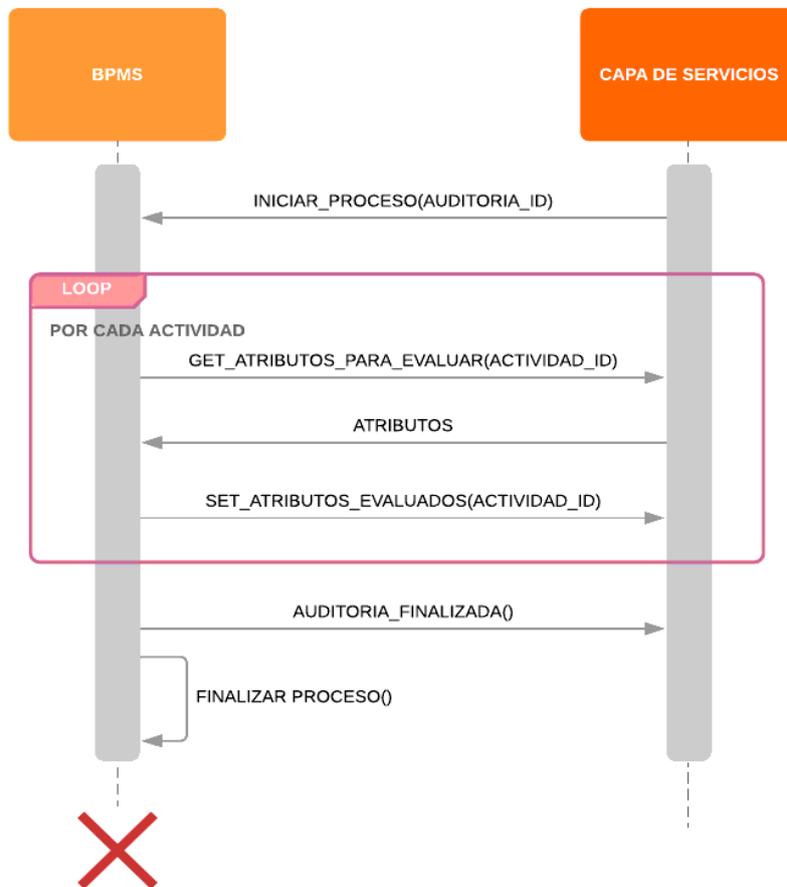


Figura 4. Interacción entre la capa de servicios y la capa de negocio

Las ventajas de representar un modelo de auditoría de trazabilidad con BPMN 2.0 es que se puede modelar a distintos niveles y se puede ejecutar en un BPMS (2018). En el trabajo propuesto por Hitpass et al. (2011) aparece una definición que dice que BPM “es una disciplina de gestión por procesos de negocios y de mejora continua apoyada fuertemente por tecnologías de la información”, implementado por BPMS. Estos sistemas se especializan en la gestión de procesos de negocio. Las principales funcionalidades que incorpora un BPMS para la implementación de BPM son:

- ✓ Modelador gráfico de procesos de negocio.
- ✓ Motor de procesos que permite ejecutar de forma automática los procesos modelados gráficamente.
- ✓ Entorno de administración para el control y gestión del estado de procesos y usuarios.
- ✓ Sistema de monitorización que permite visualizar de forma gráfica los indicadores clave de rendimiento de los procesos.
- ✓ Modelado de formularios para crear y dar forma a las pantallas que acceden los usuarios.

3.4 Capa de Interoperabilidad

En este trabajo se presenta una arquitectura orientada a servicios implementada mediante REST. Un Servicio Web REST está basado en el concepto de recurso. Un recurso es cualquier cosa que tiene una URI (por sus siglas en inglés, Uniform Resource Identifier), pudiendo tener cero o más representaciones. En la sección 3.5, se define el recurso Auditoría de Trazabilidad que a su vez está relacionado y compuesto por otros recursos.

En la Figura 2, luego de la Tarea de Auditoría de Trazabilidad 1, se puede ver una tarea de servicio de BPMN 2.0. Esta tarea de servicio, toma los datos cargados en la pantalla relacionada con la tarea anterior y se conecta vía REST al servicio correspondiente para persistir los datos registrados.

Los servicios web REST más destacados, definidos para la gestión de la auditoría de trazabilidad son las operaciones CRUD (Create, Read, Update and Delete) sobre los recursos de la figura 4, como por ejemplo:

- Crear Recurso Auditoría de Trazabilidad.
- Modificar Recurso Auditoría de Trazabilidad.
- Anular Recurso Auditoría de Trazabilidad.
- Consultar Recurso Auditoría de Trazabilidad.

Si bien el servicio de auditoría resuelve un nivel de calidad. La interoperabilidad de comunicación entre los sistemas de las organizaciones auditadas y el presente sistema está soportada por una interfaz REST API. Dicha interfaz permite compartir información detallada sobre una auditoría, el histórico de todas las auditorías, y los planes de mejoras recomendados. Estas recomendaciones son esenciales para las futuras iteraciones del proceso de mejora continua.

Esta interoperabilidad es aplicable tanto en organizaciones auditadas, como en entidades anónimas para conocer el nivel de calidad actual de las organizaciones y como método de certificación de calidad.

En la Figura 5 pueden verse los períodos del proceso de mejora continua. La plataforma da soporte para la realización de las mismas. Desde este punto de vista queda reflejado el apalancamiento que se hace a la información ofrecida para ayuda en la realización de las tareas. Por otra parte en la Figura 6, se detalla un ejemplo de cómo las recomendaciones son visualizadas.



Figura 5. Interactividad desde el punto de vista de la mejora continua.

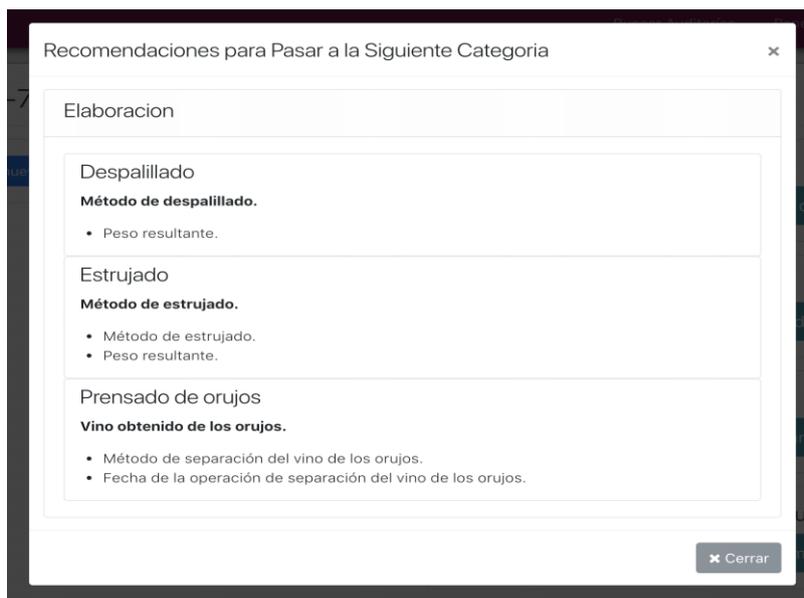


Figura 6. Ejemplo de pantalla de visualización de recomendaciones

3.5 Modelo de Auditoría de Trazabilidad

En esta sección, se explica el modelo de clases para poder almacenar el registro de auditoría de cada punto de control definido por cada tarea de auditoría.

Este modelo está alineado con los artefactos (Figura 2), que se definen en cada proceso BPMN 2.0. Es decir, cada concepto y relación del proceso se representa con una clase y sus relaciones en un diagrama de clases, ver Figura 7.

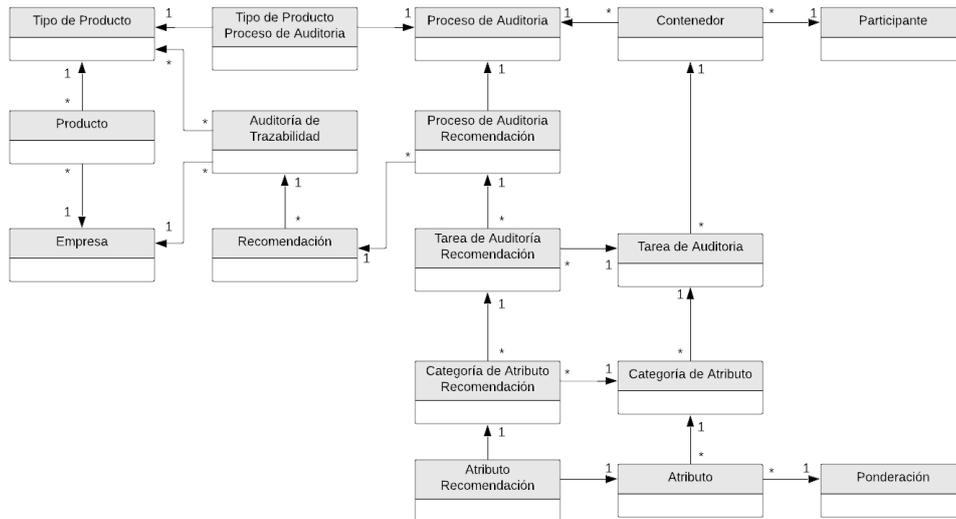


Figura 7. Diagrama de Entidades de Trazabilidad

3.6. Capa de Inferencia

Esta capa es importante para implementar la mejora continua de las organizaciones que utilizan la plataforma que describimos en este artículo. Se compone de un motor de reglas del negocio, el cual alberga las reglas de auditoría de trazabilidad, se alimenta de bases de conocimiento con información de auditoría (datos provenientes de las instancias del modelo de la figura 5) y utiliza un módulo que implementa un método de valoración de atributos. Primero se describe el método de valoración de atributos y luego el resto de los componentes de la capa de inferencia.

3.6.1 Método de Valoración de Atributos

Es un método de evaluación con indicadores según distintos niveles de agregación. En este trabajo, se aplica una adaptación del método de evaluación Logic Scoring of Preference (LSP), propuesto por Dujmovic (1997).

Se sigue un proceso de descomposición jerárquica, donde intervienen expertos en el dominio de la trazabilidad, para determinar: los procesos, las tareas de auditoría, las categorías de atributos, los atributos y los rangos de valores que estos pueden tomar. Se obtiene un árbol jerárquico del sistema de auditoría, donde en los niveles del árbol están los procesos, subprocesos, categoría de atributos y en las hojas los atributos. En el método LSP, los atributos se denominan variables de performance y cada una de ellas es transformada en una Preferencia Elemental al aplicarle el correspondiente Criterio Elemental.

Los Criterios elementales son funciones que transforman valores reales, obtenidos de una variable de performance, en valores que pertenecen al intervalo [0, 1] (Preferencia Elemental). Estos valores representan el grado de satisfacción o cumplimiento de los requerimientos relacionados con los atributos, 0 cuando no satisface el requerimiento, 1 cuando se satisface plenamente, y los valores intermedios expresan satisfacciones parciales. En este caso, dado que cada preferencia elemental es

asignada en forma directa por el evaluador no hay necesidad de definir ningún criterio elemental.

Las Preferencias elementales constituyen los parámetros de la Función de Criterio del LSP. Esta función retorna un único indicador global, que representa el porcentaje de cumplimiento con respecto a los atributos de trazabilidad representados en el árbol y es un indicador, en nuestro, caso del nivel alcanzado con respecto a la auditoría de trazabilidad de la organización bajo evaluación. Por cada categoría de atributos compuesta por un conjunto de atributos, se puede obtener un indicador. En la figura 8, se puede ver una representación del proceso.

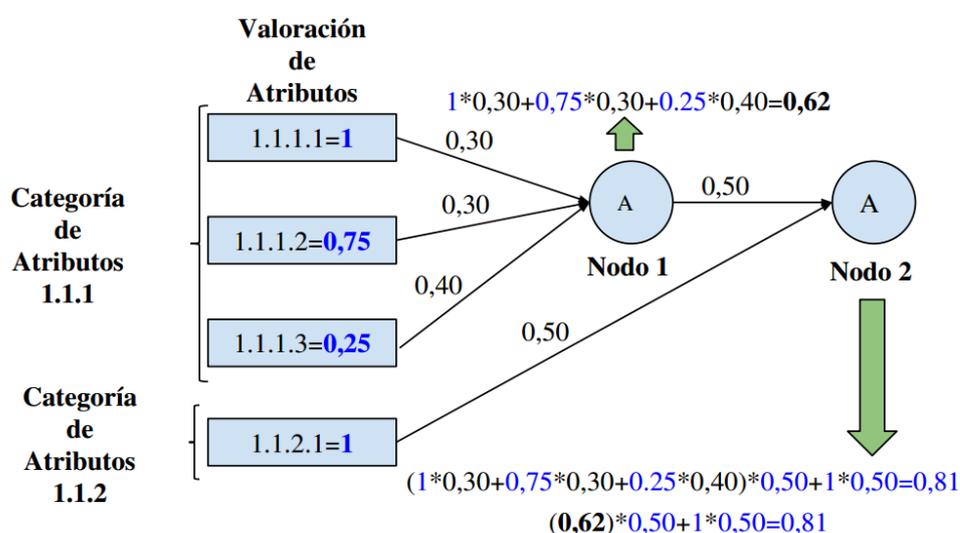


Figura 8. Árbol de pesos y valoración de atributos

Antes de comenzar el proceso de valoración se definen los atributos agrupándolos en categorías. A cada atributo de cada categoría se le asigna un peso y la suma de los pesos de cada categoría suma 100. El peso es el grado de importancia del atributo con respecto al resto de los atributos incluidos en la categoría.

Como se puede ver en la figura 8, este modelo se puede representar con un árbol jerárquico, los atributos se van agregando y se obtiene una valoración por cada categoría de atributos. La valoración final incluye, en el caso de la figura, a dos categorías. Cada atributo tiene asignado un valor entre 0 y 100, que es asignado por los auditores. Como se explicó antes, por cada atributo, se le asigna un peso (rama del árbol), resultando la fórmula en la sumatoria de la valoración de los atributos multiplicada por el peso: valoración atributo1*peso atributo 1+valoración atributo2*peso atributo 2+...+valoración atributoN*peso atributo N. Esta fórmula se aplica por cada categoría de atributos. Pero también, se van agregando las distintas categorías hasta poder obtener una valoración final. Esta valoración final, representa en qué medida el sistema de trazabilidad cumple o satisface los requerimientos expresados en los atributos del sistema de trazabilidad.

3.6.2 Componente de capa de Inferencia

Con la valoración asignada a cada atributo, categoría de atributos y combinación de categorías de atributos, se generan resultados con distinto nivel de detalle o agregación. Los resultados pueden ser: recordatorios, alarmas y principalmente recomendaciones para la mejora continua. Vazquez et al. (2017) proponen un sistema de gestión de reglas de negocio para brindar a la plataforma flexibilidad y adaptabilidad a los distintos contextos de auditoría de trazabilidad de alimentos y bebidas.

Un sistema de gestión de reglas de negocio BRMS (s.f.), extraído de <https://www.drools.org/>; permite gestionar reglas del negocio en forma sencilla y eficiente; permitiendo que los expertos del negocio agreguen o modifiquen las mismas sin la necesidad de intervención del área IT o de desarrollo de sistemas.

Contiene un motor de reglas de negocio (BRM); que es el componente donde se ejecutan las mismas. La ejecución de esas reglas, en base a los objetos de entrada y a la valoración del mismo generado por el método de la sección anterior, desencadena una acción, que puede ser, por ejemplo, una recomendación. Las reglas son gestionadas por los expertos del negocio, en este caso los auditores, en forma centralizada. En la Figura 9, se pueden apreciar los componentes de la capa de inferencia.

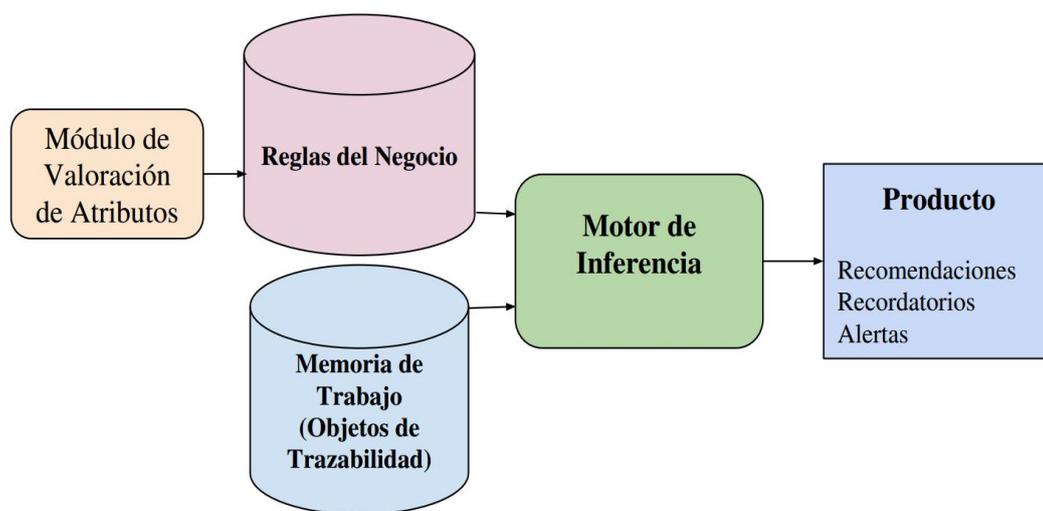


Figura 9. Componentes de la capa de inferencias

Se definen reglas del negocio que brindan una: recomendación, alerta o recordatorio, según la valoración provista por el módulo de valoración de atributos. Si la valoración se encuentra en determinado rango, el sistema de reglas de negocio devuelve determinado producto. Este se puede agrupar por niveles para brindar al usuario un informe con distintos niveles de detalle o de granularidad.

Lograr disponer de los componentes de esta capa y su implementación efectiva durante el proceso es el aspecto más importante de la plataforma propuesta con respecto a la mejora de la calidad en forma continua.

3.6.3 Aplicación de la capa de Inferencia con Drools

En la Figura 10, se modela un ejemplo de una regla de inferencia que trabaja para determinar sobre qué nivel de atributo hacer foco para tener mayor probabilidad de pasar al siguiente nivel de certificación. Para el caso puntual, la organización se encuentra actualmente auditada en una categoría “D” y pretende obtener recomendaciones sobre qué atributos tendría que centrar mayor atención en su deseo por alcanzar la subsiguiente categoría.

Para poder entender cómo se realizan las recomendaciones es preciso entender cómo se consigue un nivel de auditoría. Cuando el auditor finaliza con sus tareas, solicita la obtención de la categoría, el sistema toma todos los atributos evaluados y los agrupa por niveles. Por cada nivel se determina el porcentaje de cumplimiento tomando valores entre “0”y “1”. Estos valores discriminados de esta manera son enviados a Drools y este retorna la categoría correspondiente. Esta evaluación de los atributos por los distintos niveles es almacenada en la base de datos para evitar cálculos futuros, es decir a la hora de obtener recomendaciones.

Al momento en el que una empresa solicita conocer cuáles son las recomendaciones para pasar a la siguiente categoría, la capa de lógica de negocio recupera de la base de datos el análisis de parámetros de la última auditoría, y junto con la categoría actual, se realiza una petición a la capa de inferencia para obtener recomendaciones. Esta última retorna un número que representa el nivel al cual se debe hacer foco, ya que en él hay mayores probabilidades de cumplir con las exigencias de la siguiente categoría.

El análisis realizado parte con la categoría actual y evalúa los porcentajes de cumplimiento para la próxima categoría. El siguiente paso es comparar qué nivel tiene menor porcentaje de cumplimiento, para esto se realiza la comparación en forma secuencial organizada por nivel de relevancia en orden ascendente.

Para el caso de la Figura 10, en caso que se cumplieran las hipótesis, la capa recomendaría hacer foco en el nivel “0”, que se traduce en la capa de negocio como los atributos del nivel no requerido. Luego de esto, se realiza una búsqueda de todos los atributos de ese nivel que no pudieron ser completados y se los organiza de acuerdo al proceso, actividad, y categoría de atributo para que sea fácilmente identificada, dicho ejemplo se puede observar en la Figura 8.

```

rule "Category D - Recommendation LNR"
salience 10
when
  not AlreadyProcessed();
  d : RecommendationParameterNextLevelLDT0( category == CAT_D,
                                             dnr : (percentageNotRequired - CAT_D_PNR),
                                             dl5 : (percentageLevel5 - CAT_D_PL5),
                                             dl4 : (percentageLevel4 - CAT_D_PL4),
                                             dl3 : (percentageLevel3 - CAT_D_PL3),
                                             dnr < dl5,
                                             dnr < dl4,
                                             dnr < dl3
                                             );
  r : ResultRecommendationNextLevelLDT0();
then
  //actions
  r.setLevel(0L);
  insert( new AlreadyProcessed() );
end

```

Figura 10. Ejemplo de regla de inferencia de recomendación.

3.7 Capa de de Lógica de Negocios y Capa de Datos

La lógica de negocio ha sido implementada en lenguaje Java con la aplicación del framework Spring, utilizando un servlet stack. En la implementación del componente web MVC, se exponen endpoints para las operaciones básicas de ABM o CRUD (por sus siglas en inglés, Create, Read, Update and Delete) sobre las entidades de la Figura 11. Estos recursos hacen de interfaz con los servicios que administran las reglas de negocio. El almacenamiento realizado en una base de datos MySQL es accedido desde el módulo ORM, utilizando Hibernate, permitiendo un mapeo objeto/relacional.

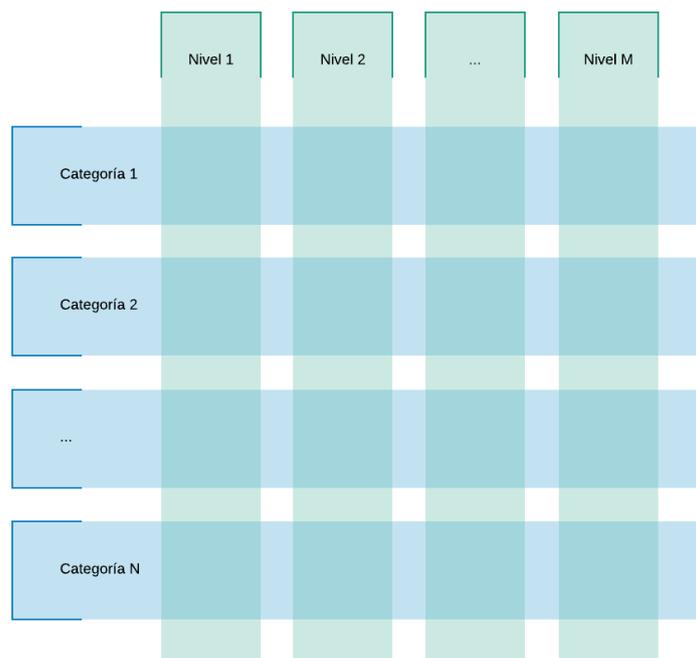


Figura 11. Organización de los atributos por categorías y niveles.

3.8 Capa de Inteligencia de Negocios

Normalmente la implementación de una capa inteligencia de negocio implica configuración de herramientas de ETL (por sus siglas en inglés, Extract, Transform and Load), además de la configuración y administración de bases de datos intermedias así como las de almacenamiento de los cubos ya procesados.

Para reducir la complejidad se decidió utilizar Metabase (2018), una herramienta open source para el diseño de dashboards. La gran ventaja con la que cuenta esta herramienta es que puede configurarse para leer los datos directamente de la base datos. Esto último se realiza de esa manera a fin de evitar comprometer la performance del sistema.

Como puede observarse en la Figura 12, la herramienta permite realizar distintos tableros combinando una interfaz web muy amigable, y con una amplia variedad de gráficos. Además cuenta con una herramienta para ejecutar consultas sql de dos maneras, modo avanzado o con un modo interactivo para usuarios con menos experiencias en bases de datos.

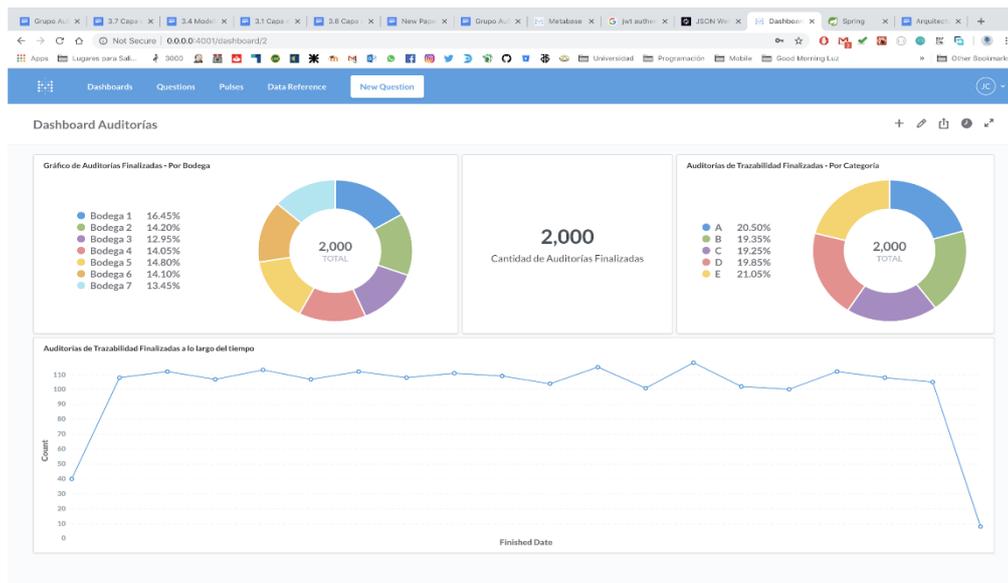


Figura 12. Ejemplo de uso de Herramienta Metabase.

3.9 Estado Actual de la Plataforma

Para obtener la versión final de la plataforma desarrollada se hicieron pruebas de laboratorio y se trabajó sobre varios casos de estudio con datos de dos de las bodegas relevadas. Se hicieron pruebas de validación con especialistas en el tema y la plataforma se aplicó con éxito en los procesos involucrados en la auditoría de trazabilidad del vino. Muchas de las características que se han ido agregando en cada versión de la plataforma propuesta han surgido de los caso de estudio con los que se ha trabajado y de la opinión de los expertos. En la última versión, explicada en este artículo, se refinan los componentes y se agrega un método de valoración de atributos (sección 3.5.1).

Se registra la plataforma como patente de investigación nacional de Argentina, código RE-2019-69429659-APN-DNDA#MJ. INPI 3804242 (C9), 3804243 (C35), Bol. INPI 4912. Con el nombre AUDITRAZ (Auditoría automatizada de sistemas de trazabilidad). Desarrollado por el equipo de investigación en el Grupo de Auditoría y Seguridad de Tecnologías de Información y Comunicaciones” - Grupo AuSegTIC”, Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza y Laboratorios Informáticos de la Universidad del Aconcagua.

Se logra una plataforma adecuada para registrar todos los datos obtenidos en la revisión de los sistemas de trazabilidad, con comparaciones automáticas usando parámetros, reglas de negocio, categorización, certificación, recomendaciones para lograr la categoría superior, seguimiento de mejoras, comparación automática de auditorías y reingeniería de procesos productivos.

4. Trabajo Futuro

Se ha evaluado que la arquitectura presentada en la sección anterior, podría interactuar con la “Tecnología Blockchain”, considerada una base de datos descentralizada que almacena un registro de activos y transacciones en una red entre pares (Peer-to-Peer o P2P). Las transacciones son aseguradas a través del uso de criptografía. Los bloques, que agrupan transacciones, son asegurados también con criptografía y enlazados en una secuencia temporal creando un registro inmutable. Este registro es replicado en cada computadora que usa la red y esto lo hace seguro. Una Blockchain consiste en nodos, pero algunos ecosistemas de Blockchain tienen un número limitado de nodos. Precisamente el ámbito de este artículo, el de la trazabilidad de bebidas y alimentos, podría ser un ecosistema con un número limitado de nodos.

La certificación de nivel de calidad del Sistema de Trazabilidad de bebidas y alimentos para una empresa tendría a Blockchain como la plataforma adecuada por sus propiedades de seguridad, descentralización e inmutabilidad. Una vez que un certificado es emitido por el Sistema y publicado en la blockchain, junto con todas las componentes del proceso productivo que componen su trazabilidad, no hay forma de modificarlo y no está sujeto a interpretaciones.

Todas las componentes operativas y de datos del proceso productivo de bebidas y alimentos como los certificados pueden agruparse en bloques. Una cadena de bloques no es más que una serie de ”bloques” que agrupan transacciones y que están enlazados siguiendo un orden temporal. En la figura 13, se muestra un ejemplo.



Figura 13. Cadena de bloques

Los bloques de la cadena se componen de una cabecera de bloque y un contenido. Cada bloque dentro de la cadena de bloques se identifica mediante el cálculo de una función hash de la cabecera del bloque. Cada bloque hace referencia a un bloque anterior, conocido como el bloque padre, a través del campo “hash de bloque anterior” en la cabecera del bloque. La secuencia de los hashes que unen cada bloque a su padre crea una cadena que se remonta hasta el primer bloque jamás creado, conocido como el bloque génesis.

Al tener el “hash de bloque anterior” dentro de la cabecera del bloque, el hash del bloque anterior afecta al hash del bloque actual. La identidad propia del hijo cambia si la identidad de los padres cambia. Cuando el padre se modifica de alguna manera, los cambios de hash de los padres también cambian. Cuando el hash del padre cambia requiere un cambio en el puntero “hash de bloque anterior” del hijo. Esto a su vez hace que el hash del hijo cambie, lo que requiere un cambio en el puntero del nieto, que a su vez cambia el nieto, y así sucesivamente. Una vez que un bloque tiene muchas generaciones siguientes, no puede ser cambiado sin forzar un nuevo cálculo de todos los bloques siguientes. Debido a que un nuevo cálculo requeriría una computación enorme, la existencia de una larga cadena de bloques hace que la historia profunda de la cadena de bloques sea inmutable, que es una característica clave de la seguridad de la tecnología blockchain. La función criptográfica hash, usualmente conocida como “hash”, es un algoritmo matemático que transforma cualquier bloque arbitrario de datos en una nueva serie de caracteres con una longitud fija. Independientemente de la longitud de los datos de entrada, el valor hash de salida tendrá siempre la misma longitud.

El resultado del trabajo planteado en este artículo puede ser continuado refinando los componentes de la propuesta e implementando la plataforma en empresas como bodegas del medio. Es importante agregar la interacción con la tecnología Blockchain. Todo con el objetivo de lograr una plataforma funcional que permita certificar la calidad de la trazabilidad.

5. Conclusiones

En base al estándar BPMN 2 se define un proceso general para poder implementar una plataforma de auditoría de trazabilidad de productos como bebidas y alimentos. Se definieron los procesos, reglas del negocio y atributos, para cumplir con los requerimientos de este tipo de plataformas.

Se soluciona el problema de la falta de integración e interoperabilidad de los datos de los modelos de trazabilidad. Para esto se logra diseñar e implementar una arquitectura que contempla la interoperabilidad, la escalabilidad y la utilización de estándares. Los componentes utilizados son Open Source y se usa la tecnología de servicios web para permite que el sistema pueda crecer incorporando progresivamente nuevos componentes y exponiendo nuevos servicios.

Como conclusión final, se puede destacar que el aporte principal de la propuesta de este artículo relacionado con el modelado de la trazabilidad de alimentos y bebidas, y es que es la única propuesta que utiliza un sistema de valoración basado en el método LSP que es consumido por reglas del negocio para producir: recomendaciones recordatorios y alertas. Esto permite la mejora continua de los procesos de trazabilidad y la posibilidad de certificar los ítems relacionados con normas ISO.

6. Referencias

- ISO (2018). International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/home.html>. Ultimo acceso 01/03/2020.
- AECOC (2018). Comité de Seguridad Alimentaria. <https://www.aecoc.es/comite/seguridad-alimentaria/>. Ultimo acceso 01/03/2020.
- ISO 9001-Identification and Traceability (2018). http://www.isorequirements.com/iso_9001_7.5.3_identification_and_traceability.html. Ultimo acceso 01/03/2020.
- INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2018), <http://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc47/inti8.php>. Ultimo acceso 02/03/2020.
- Mertens, D. M. (2010). *Research-and-Evaluation -in-Education-and-Psychology-Integrating-Diversity-With-Quantitative-Qualitative-and-Mixed-Methods.pdf* (Tercera). SAGE Publications.
- Strauss, A. L. (2002). Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada/ Anselm Strauss, Juliet Corbin. Retrieved from http://encore.fama.us.es/iii/encore/record/C__Rb2657130__Sstrauss_y_corbin__Orightrresult__U__X2?lang=spi&suite=cobalt
- Johnson, R: B et al.(2006). “SPECIAL ISSUE: NEW DIRECTIONS IN MIXED METHODS RESEARCH” Res. Sch.
- Pizzuti, T., Mirabelli, G., Gómez-gonzález, F., & Sanz-bobi, M. A. (2012). Modeling of an Agro-Food Traceability System : The Case of the Frozen Vegetables. Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul, Turkey, July 3 – 6, 2012 Modeling, 1065–1074.
- Cimino, M. G. C. A., & Marcelloni, F. (2012). Enabling traceability in the wine supply chain. Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 7200 LNCS, 397–412. https://doi.org/10.1007/978-3-642-31739-2_20
- Fuentes Román, P. (2012). En su tesis “Aplicación de la Metodología BPM en la trazabilidad de los Productos Hortofrutícolas”. <http://www.iit.upcomillas.es>. Obtenido de <http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/4fc7f67f80659.pdf>. 14/05/2016, 10:00 a.m.
- Oberhofer y Akeel(2010), Diseño de una solución de trazabilidad para la optimización del rendimiento de negocios. <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/data/library/techarticle/dm-0902oberhofer/index.html>. Último acceso 01/03/2020.
- Qasaimeh M., Hussein K., Sumaya P., Amman A., Abran A. An Audit Model for ISO 9001 Traceability Requirements in Agile-XP Environments. Journal of Software, Vol. 8, N°. 7, July 2013
- Dujmovic, J. and Bayucan, A.(1997) “Evaluation and Comparison of Windowed environments”, Proceedings of the IASTED International Conference Software Engineering (SE'97), pp. 102-105, 1997.
- Qasaimeh M and Abran A (2013). “An audit model for ISO 9001 traceability requirements in agile-XP environments,” J. Softw., vol. 8, no. 7, pp. 1556–1567.

Moguel R. J, Vivas O.Y (2008).“Implementación de Trazabilidad EAN.UCC,” p. 16. ISO9001-Identification and Traceability. [Online]. Available: http://www.isorequirements.com/iso_9001_7.5.3_identification_and_traceability.htm

Farmer F.Z (2014).“Good Agricultural Practices Food Safety Plan,” pp. 1–21.

Scrum (2020). [Online]. Available: www.scrum.org. . Ultimo Acceso 01/03/2020.

Taiga (2020). [Online]. Available: <https://taiga.io>. Ultimo Acceso 01/03/2020.

Object Management Group (2020). “Business Process Model and Notation (BPMN)” <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF/>. Ultimo Acceso 01/03/2020.

BPMS (Business Processes Management Suites) (2020). <http://www.gartner.com/it-glossary/bpms-business-process-management-suite/>. Ultimo Acceso 01/03/2020.

BRMS (Business Rules Management Systems) (2020). <https://www.drools.org/>. Último acceso 15/07/2018.

Java EE (2020). www.oracle.com/technetwork/java/javaee/overview/. Ultimo acceso 01/03/2020.

Marketa H., Hana S.(2013)Business Intelligence and Implementation in a Small Enterprise. <http://www.si-journal.org/index.php/JSI/article/viewFile/159/114>. Journal of Systems Integration. 2013. Ultimo acceso 01/03/2020

REST (2020). https://es.wikipedia.org/wiki/Transferencia_de_Estado_Representacional. Último acceso 01/03/2020.

JWT (2020). Jason Webs Tokens. <https://jwt.io/>. Último acceso 01/03/2020.

OpenID Connect (2018). <http://openid.net/connect/>. Último acceso 01/03/2020.

Oauth 2 (2020). <https://oauth.net/2/>. Último acceso 01/03/2020.

AngularJS (2020). <https://angularjs.org/>. Último acceso 01/03/2020.

ETL (2018). Extract, Transform and Load https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/en/SS4QMC_9.5.0/com.ibm.help.sbi.in_stall.doc/installation/ETL_tool.html. Último acceso 01/03/2020.

Moe, T.(1998). Perspectives on traceability in food manufacture. Food Science and Technology 9, 211–214 (1998)

Hitpass, B., Freund, J., Rucker, B. (2011).“BPMN 2.0 Manual de Referencia y Guía Práctica”. BPMCenter. Primera edición.

BonitaSoft (2020). <http://es.bonitasoft.com/>. Último acceso 01/03/2020.

Java Persistence 2.0.Java Community Process (2020). <http://jcp.org/en/jsr/detail?id=317> <http://docs.oracle.com/javaee/6/tutorial/doc/>. Último acceso 01/03/2020.

Hibernate (2020). <http://hibernate.org/orm/>.Último acceso 01/03/2020.

Metabase(2020). <https://www.metabase.com/>.Último acceso 01/03/2020.

