

Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas
Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial
Departamento Ingeniería Industrial



Trabajo de Diploma

Arquitectura y modelo conceptual de datos para el desarrollo de un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones en cadenas de suministro de biomasa cañera para cogeneración.

Autor: Yordankis Navarro Coca

Tutor: Ing. Frank Cecilio Piedra Jiménez

Santa Clara, 2017

Pensamiento

Vuestro tiempo es limitado, así que, no lo gastéis viviendo la vida de otro. No os dejéis atrapar por el dogma que es vivir según los resultados del pensamiento de otros. No dejéis que el ruido de las opiniones de los demás ahogue vuestra propia voz interior. Tened el coraje de no daros por vencido y seguir siempre a vuestro corazón y vuestra intuición. Todo lo demás es secundario.

-Steve Jobs-

Dedicatoria

A esas dos personas que me dieron la vida, Xiomara y Teo, que las amo con el corazón, y
nunca me abandonan ni me fallarán.
A mi hermana Heidi que la quiero mucho y siempre estaremos ahí para apoyarnos.

Agradecimientos

A mi enorme familia que me ha sostenido y estado siempre pendiente de mí, gracias por su consejo y cariño.

A los amigos que me tomaron la mano y ayudaron en estos años.

A mi tutor Frank gracias por su dedicación y colaboración.

A la profesora Patricia por su ayuda y apoyo.

A mis profesores, a mi facultad, a la Universidad, a la Revolución y a Fidel.

A todos los que de una forma u otra fueron partícipes positivos o negativos de esta historia, gracias, porque al final todo lo ocurrido me ha ayudado a ser quien soy hoy y no veo una forma mejor de haber llegado hasta aquí.

Resumen

Con base en una revisión de literatura, ha sido concebida la arquitectura de un Sistema de Soporte a la toma de Decisiones (DSS) para optimizar decisiones estratégicas y tácticas en cadenas de suministro de biomasa cañera para cogeneración. Este DSS cuenta con tres módulos integrados: (i) el módulo de base de datos, (ii) un módulo de consulta y (iii) otro de optimización. Esta investigación enfoca la atención en la descripción del modelo de datos conceptual del módulo de la base de datos, consistente en un componente espacial y uno no espacial. Con base en un análisis a fondo del proceso de suministro de biomasa para la cogeneración de energía y en los parámetros y variables requeridos por el módulo de optimización, el componente no espacial de datos es desarrollado cubriendo los tipos de biomasa y las técnicas para cosecha, la recolección, el almacenamiento, el pretratamiento y la conversión con sus atributos, por un lado, y sus relaciones mutuas y sus secuencias posibles por otra parte. Este modelo no espacial de datos permite la determinación de todas las secuencias posibles de operación de biomasa cañera para un cierto tipo de conversión dentro de la cadena de suministro de biomasa. También los lugares de producción, almacenamiento, pretratamiento y de conversión son mantenidos en el componente espacial expandiendo el componente no espacial con cuatro objetos que contienen las características espaciales de las instalaciones de operación. Por último se presentan detalles pertinentes al trabajo con la base de datos desarrollada para una mejor comprensión en la introducción de la información.

Summary

Based on a literature review, a Decision Support System (DSS) architecture was conceived to optimize strategic and tactical decisions in sugarcane biomass supply chains for cogeneration. This DSS has three integrated modules: (i) the database module, (ii) a query module and (iii) another optimization module. This research focuses attention on the description of the conceptual data model of the database module, consisting of a spatial component and a non-spatial component. Based on an in-depth analysis of the biomass supply process for energy cogeneration and the parameters and variables required by the optimization module, the non-spatial data component is developed covering biomass types and harvesting techniques, The collection, storage, pretreatment and conversion with their attributes, on the one hand, and their mutual relations and their possible sequences on the other hand. This non-spatial data model allows the determination of all possible sequences of cane biomass operation for a certain type of conversion within the biomass supply chain. Also production, storage, pretreatment and conversion sites are maintained in the spatial component by expanding the non-spatial component with four types of object containing the spatial characteristics of the operating facilities. Finally, pertinent details are presented to the work with the database developed for a better understanding in the introduction of the information.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1: Marco teórico referencial	5
1.1. Datos e información	5
1.2. Sistemas de Información	8
1.3. Toma de decisiones	11
1.4. Inteligencia de Negocios	14
1.4.1. Herramientas de Inteligencia de Negocios	16
1.5. Sistemas de Soporte a la toma de Decisiones	17
1.5.1. Arquitecturas DSS.....	19
1.6. Decisiones dentro de la cadena de suministro	22
1.7. Conclusiones parciales	23
Capítulo 2: Desarrollo de la arquitectura y del modelo conceptual de datos	24
2.1. Arquitectura del sistema de apoyo a la toma de decisiones para cadenas de suministro de biomasa para la generación de energía	24
2.2. Descripción general del proceso de la cadena de suministro de biomasa para la generación de energía	26
2.2.1. Producción, cosecha y recolección de biomasa	27
2.2.2. Almacenamiento entre los eslabones de la cadena.....	27
2.3.3. Pre-tratamiento de la biomasa.....	28
2.3.4. Conversión de biomasa a energía.....	28
2.3. Modelo conceptual del módulo de base de datos.....	30
2.3.1. Tipos de objetos para describir la CSB.....	31
2.3.2. Relaciones entre los objetos que describen la CSB	32
2.3.3. Secuencias en los lazos de pretratamiento y conversión y tratamiento a la no ocurrencia de una operación.	34
2.3.4. Objetos, y relaciones derivados del modelo matemático.	37

2.4. Implementación física del modelo de datos.....	41
2.5. Conclusiones parciales	43
Conclusiones Generales.....	44
Recomendaciones	45
Bibliografía.....	46
Anexos	

Introducción

Para 2035, se prevé un crecimiento de un 53% en el consumo global de energía en comparación con 2008 (EIA, 2011). Este incremento en el uso de energía puede fomentar un estímulo a la emisión de gas de efecto invernadero, la reducción de la cantidad de recursos fósiles y la dependencia geográfica de energía (Cherubini and Strømman, 2011). Para contrarrestar estas tendencias, las iniciativas en investigación aumentan para definir el potencial de alternativas y fuentes de energía renovables (Cherubini and Strømman, 2011). La bioenergía es llamada a jugar un papel dominante a causa de la versatilidad de la misma y de la posibilidad de almacenarla y convertirla a energía.

La biomasa, desde el punto de vista energético, se considera como el conjunto de materia orgánica, de origen vegetal o animal, que es susceptible para ser utilizada con fines energéticos, se utiliza para la producción de biocombustibles que sustituyan a los fósiles y para la producción de energía eléctrica y eventualmente calor (con equipos de cogeneración) o bioenergía que se refiere a la energía producida por los biocombustibles (Wolfsmayr and Rauch, 2014). Por tanto, la biomasa presenta actualmente un potencial amplio de investigación, pues es una alternativa para mitigar el cambio climático y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles pues sus productos tienen impactos ambientales potencialmente más bajos que los del petróleo.

Sin embargo, el uso de biomasa como una fuente de energía está desalentada debido a una colección variada de barreras e incertidumbres asociadas con el comercio internacional y la producción sostenible y eficiente de recursos de biomasa y bioenergía (Bravo et al., 2012). Los altos precios están relacionados con las operaciones de manipulación y transporte de biomasa desde el punto de cosecha a la instalación de conversión (Rentizelas et al., 2009). Para vencer estas barreras y soportar el desarrollo de un sector resistente de bioenergía, las cadenas de suministro de bioenergía necesitan ser evaluadas. Por esto resulta de gran importancia saber que decisiones tomar y en qué momento.

En Cuba el desarrollo de la bioenergía ha sido lento si lo comparamos con otros países. Actualmente, según la matriz de generación de electricidad en Cuba (Figura 1a), más de un 94% de la generación de electricidad es a partir de crudo, lo que la hace sumamente dependiente de los combustibles fósiles, como se puede observar en el contexto actual (Figura 1a) solo un 4.3 % de la energía se genera a partir de fuentes renovables (hidráulica, eólica y biomasa). Todo lo anterior pone de manifiesto una alta vulnerabilidad ante el pronóstico de agotamiento del petróleo.

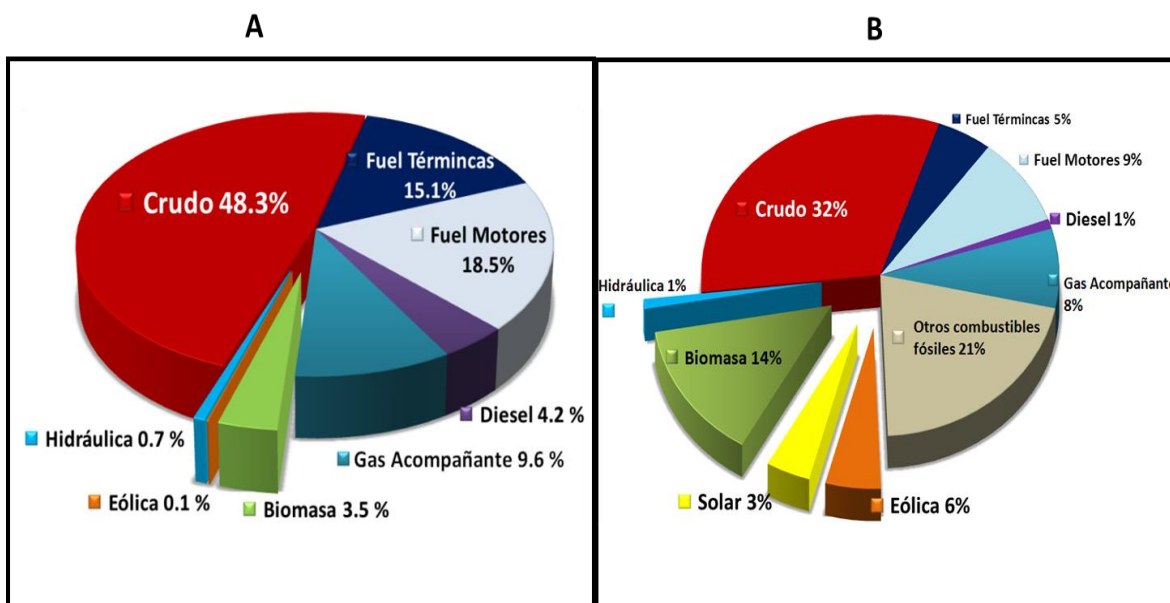


Figura 1. Matriz de generación de electricidad en Cuba a) matriz actual b) matriz futura en el 2030. Fuente: (ONEI, 2015)

Analizando la matriz de generación de electricidad, dentro de las fuentes renovables de energía, la que mayores perspectivas tiene es la biomasa, debido a las toneladas de residuos y subproductos de altas potencialidades energéticas generados desde el sector agrícola principalmente de la agroindustria azucarera. En este sentido la biomasa cañera juega un papel preponderante pues representa la mayor cantidad de biomasa en relación a otros cultivos.

En Cuba recientemente se ha aprobado por parte del grupo de biomasa cañera de la Comisión Gubernamental encargada del Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energía que es presidido por la dirección de Energética de AZCUBA, un programa para el incremento de la generación con biomasa cañera, que tuvo como horizonte temporal el año 2030 (GEBC, 2016) y actualmente se valora para 2024. La figura 1b muestra la proyección de aumentar a un 14 % la utilización de la biomasa para la generación de electricidad en Cuba.

Para que un proyecto de generación de energía a partir de cualquier tipo de biomasa, en este caso biomasa cañera, sea sostenible es imprescindible el diseño y optimización sistemática de toda la cadena de suministro, desde la producción de materias primas de biomasa hasta el uso final y a lo largo de toda la cadena de valor, así como a través de

múltiples escalas temporales, desde los niveles estratégicos hasta los operativos, de una manera rentable, robusta y sostenible.

El diseño de las cadenas de suministro ha sido enfocado desde muy diferentes puntos, predominando el uso de la Investigación de Operaciones a través de la aplicación de modelos de optimización de diversa naturaleza. Con respecto a esto la investigación de Piedra Jiménez (2017) logra desarrollar un modelo de optimización para el diseño de cadenas de suministro para la cogeneración de energía a partir de biomasa cañera en Cuba. Pero, para hacerlo aplicable a su uso por parte de cualquier usuario, el modelo de optimización debe contar con un sistema informático que les provea la información necesaria a sus parámetros de entrada y que permita visualizar los resultados. Con este objetivo pueden ser utilizados diferentes sistemas de información dentro de los cuales los Sistemas de Soporte a la toma de Decisiones (DSS) son los que mayor importancia tienen cuando se trata de tomar decisiones según las peculiaridades de cada cadena de suministro que se desea diseñar y de los objetivos que se persiguen con el diseño. Con respecto a esto destacan las investigaciones de De Meyer et al. (2016) que analiza de forma global el diseño de la cadena de suministro para cualquier tipo de biomasa y plantea un DSS que puede ser adaptado a cualquier cadena de suministro de biomasa pero debido a no ser una investigación desarrollada en Cuba, su propuesta necesita de modificaciones que tengan en cuenta las peculiaridades de la cadena de suministro de biomasa que se genera en la agroindustria azucarera cubana.

Los aspectos anteriormente abordados constituyen la **situación problemática** a la que se enfrenta la presente investigación y se resumen en: i) el diseño y optimización sistemática de toda la cadena de suministro para la cogeneración de energía a partir de biomasa cañera requiere el empleo de herramientas informáticas que permitan almacenar y organizar la información inicial y visualizar los resultados de optimización ii) para enfocar la solución a esta problemática es perceptible la preferencia por el empleo de un sistema que de soporte a la toma de decisiones que tenga presente las peculiaridades de la agroindustria azucarera dentro del panorama cubano.

De la situación problemática se deriva el **problema de investigación** de la presente investigación ¿Qué elementos se deben tener en cuenta para diseñar la arquitectura de un DSS para optimizar decisiones en cadenas de suministro de biomasa cañera para la cogeneración de energía que facilite manejar los datos que se generan en dicha cadena y además soportar toda la información necesaria?

Definido el problema de investigación el **objetivo general** de esta investigación es “Diseñar la arquitectura y el modelo conceptual de datos de un DSS para optimizar decisiones en cadenas de suministro de biomasa cañera para la cogeneración de energía”.

Este objetivo general fue desglosado en los siguientes **objetivos específicos**:

1. Identificar los aspectos relevantes que deben ser incorporados en el diseño de un DSS
2. Proponer la arquitectura de un sistema que de soporte a las decisiones para optimizar decisiones en cadenas de suministro de biomasa cañera para cogeneración de energía.
3. Desarrollar un modelo de datos conceptual que permita contener los parámetros requeridos para un modelo de optimización para el diseño de la cadena de suministro para la cogeneración de energía a partir de biomasa cañera.

La presente investigación se realiza con una lógica investigativa guiada por la siguiente estructura. El capítulo uno será una revisión bibliográfica acerca de los diferentes temas a abordar en la presente investigación y el capítulo dos que contendrá la explicación de la arquitectura DSS propuesta y el desarrollo de un modelo de datos conceptual para contener los parámetros requeridos por el modelo de optimización para el diseño de la cadena de suministro para la cogeneración de energía a partir de biomasa cañera.

Capítulo 1: Marco teórico referencial

La revisión y consulta de la bibliografía especializada ayuda a comprender la importancia que tienen los Sistemas de Soporte a la Toma de Decisiones para las distintas empresas, en la figura 1.1 se muestra el hilo conductor usado como estrategia para la formación del marco teórico referencial de esta investigación.

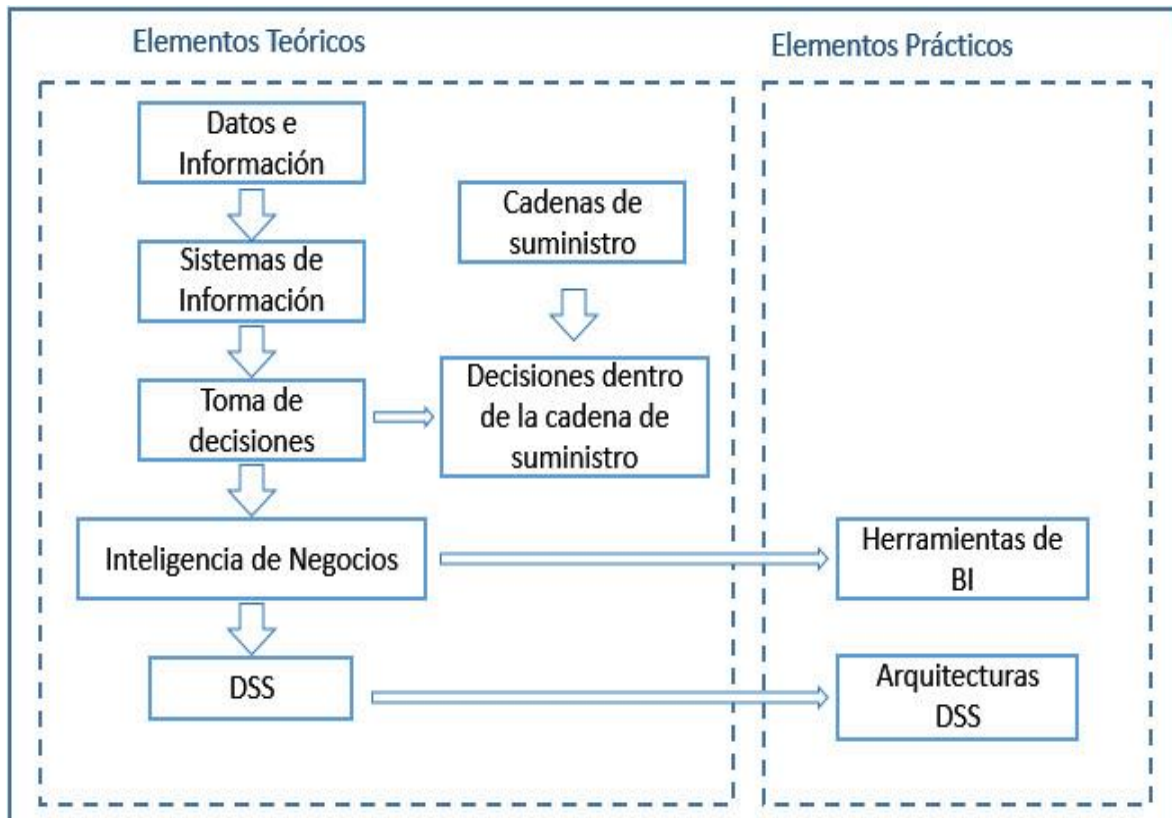


Figura 1.1 Hilo Conductor Fuente: Elaboración Propia.

1.1. Datos e información

Existen varias definiciones para los conceptos de datos e información en diferentes aspectos de la Ciencia de la Computación, la ingeniería y otras disciplinas. El uso de estos términos no es coherente y a menudo contradictorio. Por ejemplo, en las Ciencias Informáticas, datos e información se utilizan a menudo de manera intercambiable (procesamiento de datos y procesamiento de información; gestión de datos y gestión de información) (Chen, 2008). La llave de estos conceptos están interrelacionadas, pero la naturaleza de las relaciones entre ellos, así como su significado es discutible (Zins, 2007).

En esencia: los datos son la materia prima para la información (Zins, 2007). Por esta razón es que no siempre la generación de datos de una forma no organizada conlleva a la generación de información. La academia de la Ciencia de la Información ha realizado amplios análisis en el tema de datos e información. A continuación se expondrán varios conceptos de los mismos para conocer sus principales diferencias.

Según Zins (2007) los datos son los elementos básicos individuales de información numérica o de otro tipo, obtenidos a través de la observación, pero en sí mismos sin contexto, están desprovistos de información.

Los datos son una representación simbólica (numérica, alfabética, algorítmica, entre otros.), un atributo o característica de una entidad. Los datos describen hechos empíricos, sucesos y entidades. Son la base de la información humanamente relevante que se pueden utilizar en la toma de decisiones, la reducción de la incertidumbre o la realización de cálculos (Bligoo, 2014).

Zins (2007) opina que los datos son las observaciones crudas sobre el mundo, recopiladas por científicos y otros, con un mínimo de interpretación contextual.

Luego de analizados los conceptos expuestos anteriormente, cabe destacar que estos autores incluyendo el autor de la presente investigación concuerdan en que existe una estrecha relación entre datos e información. Partiendo de que los datos resultan ser la materia prima para la obtención de información siempre y cuando se realice un análisis adecuado de los mismos, ya que de forma aislada resultan elementos básicos de cualquier observación desprovistos de información.

Una vez analizado el concepto de dato se puede enfocar el concepto de información y partir diciendo que en la sociedad contemporánea la información es considerada un bien económico y un recurso productivo necesario a todas las empresas y entidades; no es sólo un recurso necesario para los procesos de la organización, es un factor estratégico en la base de la toma de decisiones de los directivos de una organización.

Para la informática, por caso, la información es el conjunto de datos organizados y procesados que constituyen mensajes, instrucciones, operaciones, funciones y cualquier tipo de actividad que tenga lugar en relación con un ordenador.

Chiavenato (2014) afirma que la información consiste en un conjunto de datos que poseen un significado, de modo tal que reducen la incertidumbre y aumentan el conocimiento de quien se acerca a contemplarlos. Estos datos se encuentran disponibles para su uso inmediato y sirven para clarificar incertidumbres sobre determinados temas.

Otros autores que han definido la información son Czinkota and Kotabe (2014) que dicen que consiste en un conjunto de datos que han sido clasificados y ordenados con un propósito determinado.

La información además ha sido clasificada para una mejor organización y gestión en una organización o entidad. La literatura reconoce varios enfoques para clasificar el consumo de información dentro de una organización según su demanda y uso. Según Ospina (2016) y Rausch et al. (2013) existen cuatro clasificaciones (Figura1.2):

1. Datos Operacionales: Consiste en toda la información que interviene en actividades transaccionales que pueden realizarse a través de distintos sistemas informáticos.
2. Administración: Los datos almacenados en la base son utilizados en procesos de depuración y perfilamiento para la creación de análisis.
3. Conocimiento del Negocio: A partir de los análisis de datos elaborados, se realiza un seguimiento de la información obtenida para ejecutar controles o toma de decisiones.
4. Estrategia y Planificación: Una vez que se han establecido puntos de control en el negocio y se han tomado decisiones a partir de la información, se deben realizar actividades de planificación a corto y largo plazo considerando los objetivos que la organización desea alcanzar.

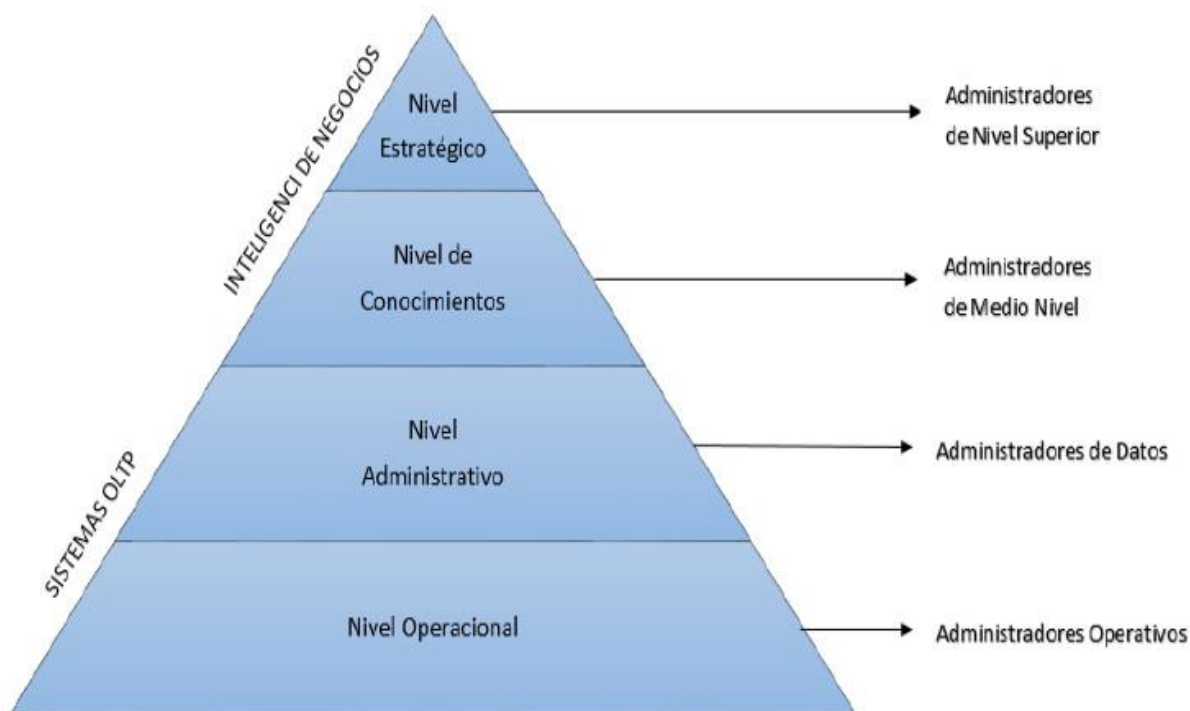


Figura1.2: Clasificación de la información por Niveles Fuente:(Ospina, 2016)

Las bases de datos transaccionales sirven como herramienta para los dos niveles inferiores de la pirámide, el Nivel Operativo y el Nivel de Conocimientos. En los sistemas OLTP (On Line Transactional Processing) se ingresan, controlan y almacenan los datos que posteriormente serán utilizados en procesos de análisis. Con respecto a los niveles superiores de la pirámide, el Nivel de Administración y el Nivel Estratégico, el objetivo principal es realizar actividades de análisis que influirán directamente a la toma de decisiones y otras tareas que están estrechamente vinculadas con los objetivos del negocio (Rausch et al., 2013).

Luego de poder analizar algunos conceptos de diferentes autores acerca de datos e información el autor de la presente investigación concuerda con algunos en que los datos son la materia prima para la obtención de información, sin dejar de tener en cuenta que para lograr esto se necesita de una correcta manipulación de los mismos, en búsqueda de facilitar el proceso de toma de decisiones.

1.2. Sistemas de Información

A nivel mundial los directivos de las empresas modernas están convencidos de que la información es el activo estratégico que los diferencia de sus competidores e impulsa su éxito. Una encuesta realizada en el año 2010 por la revista Forbes demostró que el 85% de los encuestados coinciden en que actualmente la información es considerada como un activo estratégico, y la gran mayoría (95%) considera que la gestión de información es esencial para el éxito del negocio. (Forbes, 2010).

El proceso mediante el cual se obtienen, despliegan o utilizan recursos básicos (económicos, físicos, humanos, materiales) para manejar información dentro y para la sociedad a la que sirve, tiene como elemento básico la gestión del ciclo de vida de este recurso y ocurre en cualquier organización. Es propia también de unidades especializadas que manejan este recurso en forma intensiva, llamadas unidades de información (Ponjuán, 2014). La capacidad de gestionar información en la empresa juega un papel fundamental en el desarrollo de otras capacidades, como es el caso de la gestión de clientes, de procesos y del rendimiento. Entre las principales implicaciones de la gestión, los líderes deben centrarse en crear las condiciones necesarias para el desarrollo de la infraestructura y la capacidad de gestión de la información para potenciar las demás áreas de la empresa (Mithas et al., 2011).

Partiendo del análisis de los conceptos anteriores es de vital importancia destacar que un óptimo desempeño de la gestión de la información le permite a la empresa monitorear sus

variables más importantes para poder adaptarse a las nuevas condiciones. De aquí que para una eficiente gestión de la información es necesario transformar datos en información para la toma de decisiones y la gestión en entidades que realizan determinadas personas dentro de estas entidades, para el logro de lo anterior es necesario contar con Sistemas de Información que satisfagan las necesidades informativas que posibilitan alcanzar los objetivos de una entidad.

Un sistema de información es un complejo sistema socio-tecnológico, compuesto fundamentalmente por la interrelación entre personas, tecnologías de la información y las comunicaciones y procedimientos, que mediante determinadas operaciones permite transformar datos en información sobre un dominio específico para la toma de decisiones y la gestión en entidades que realizan determinadas personas dentro de estas entidades (Laudon and Laudon, 2011). En otras palabras, un sistema de información es un conjunto organizado de personas, procesos y recursos, incluyendo la información y sus tecnologías asociadas, que interactúan de forma dinámica, para satisfacer las necesidades informativas que posibilitan alcanzar los objetivos de una entidad.

La gestión de la información no tiene las mismas características o requerimientos en todos los niveles, en el nivel operacional, en el nivel estratégico o en el nivel administrativo, lo que ha llevado a desarrollar diferentes tipos de sistemas de información orientados a la satisfacción de estas necesidades, como se muestra en la figura 1.3.

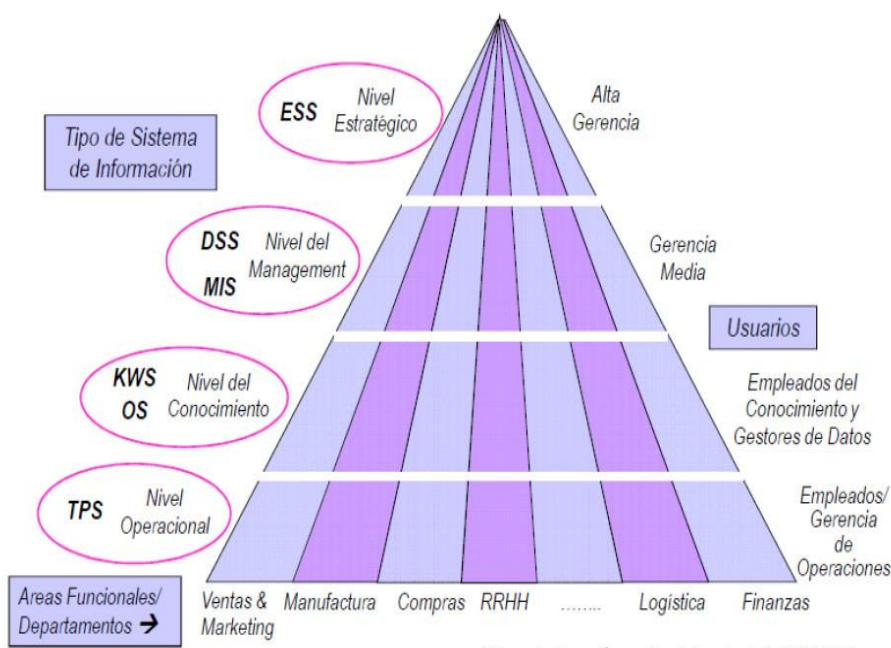


Figura 1.3. Tipos de Sistemas de información según los Niveles Organizacionales Fuente: (Laudon and Laudon, 2011)

Estos tipos de sistemas de la información son:

- **Sistemas de Procesamiento de Transacciones (TPS):** Sistemas básicos, bien estructurados que realizan y registran las transacciones que se realizan de manera rutinaria.
- **Sistemas (de Automación) de Oficinas (OS):** Sistemas que apuntan a reducir la cantidad de papeles en una organización, a mejorar la gestión de documentos y el empleo del tiempo por parte de los RRHH.
- **Sistemas de Administración de Conocimiento (KWS):** Sistemas que tienen como propósito dar soporte a profesionales que se desempeñan en un área del conocimiento específica (Ingenieros, médicos, etc.). En empresas de manufactura se emplean estos sistemas en actividades de diseño de productos industriales, de procesos de manufactura, de sistemas informáticos, etc.
- **Sistemas de Información Gerencial (MIS):** Sistemas que tienen como propósito dar soporte a tareas habituales de la gerencia media de una organización, generando información que le permite analizar, supervisar y controlar el desempeño de la empresa a partir de datos internos que extraen y agregan de los sistemas TPS. Abordan actividades de naturaleza bastante estructurada (son bastante inflexibles) que demandan información actual y pasada.
- **Sistemas de Soporte de Decisión:** Sistemas que tienen como propósito dar soporte a niveles gerenciales medios en procesos de toma de decisión menos habituales, únicos o cuyas condiciones cambian. Se enfocan en problemas de naturaleza poco estructurada y mal definidos ("ill-defined problems"), para cuya solución quizás no haya procedimientos pre-establecidos y sea deseable evaluar diferentes escenarios y alternativas ("what if").
- **Sistemas de Soporte para Ejecutivos (ESS):** Sistemas que tienen como propósito dar soporte a la alta gerencia en procesos de toma de decisión a largo plazo y en el monitoreo de la evolución de la empresa. Poseen facilidades para especificar el problema a abordar y se diseñan a medida del usuario. Emplean información pasada y presente para efectuar proyecciones futuras.

Una descripción más completa de las características de dichos sistemas puede observarse en la Tabla 1.1. Todos estos sistemas apoyan o dan soporte de una forma u otra al proceso de toma de decisiones el cual es imprescindible en la empresa, este proceso es conceptualizado en el siguiente epígrafe.

Tabla 1.1. Características de los distintos tipos de Sistemas de Información

Nombre	Nivel	Inputs	Procesamiento	Outputs	Usuarios
TPS	Nivel Operacional	Datos e información sencilla en grandes volúmenes	Validación, procesamiento, actualización, almacenamiento de datos e información	Datos a almacenar. Información. Entrada a otros sistemas	Operarios, empleados y Gerentes Operacionales
OS	Nivel del conocimiento	Documentación en papel, datos simples	Digitalizar documentos, agendas, diseminar la información y permitir su acceso compartido	Documentación en formato electrónico, agendas	Empleados, Secretarias y Gerentes de los Diferentes Niveles
KWS	Nivel del Conocimiento	Requerimientos, Especificaciones de diseño	Modelar, simular	Diseños, planos, esquemas	Profesionales
MIS	Nivel del Management	Elevado volumen de datos proveniente de los sistemas TPS	Agregar Información. Procesar a partir de modelos simples	Reportes. Informes. Respuesta a consultas	Gerencia media
DSS	Nivel del Management	Bajo volumen de datos provenientes de los sistemas MIS y TPS e inputs de los usuarios	Interacción usuario – sistema para especificar el problema. Decisiones a partir de inferencias lógicas, procesamiento de reglas, y/o modelos de toma de decisión	Posibles decisiones y análisis de las mismas	Profesionales, Staff
ESS	Nivel Estratégico	Bajo volumen de datos agregados provenientes de los MIS y DSS, a los que se suman datos externos	Interacción usuario – sistema para especificar el problema o análisis a efectuar	Proyecciones futuras y análisis de las mismas. Gráficos	Alta gerencia

Fuente: Elaborado a partir de (Laudon and Laudon, 2011)

1.3. Toma de decisiones

La vida cotidiana no es más que el proceso de ir tomando decisiones, algunas de mayor importancia u otras de menor, algunas buenas o malas dependiendo del contexto y el resultado que traigan consigo, pero en realidad solo son decisiones.

Una decisión es una resolución o determinación que se toma respecto a algo. De acuerdo a Vercellis (2009), una decisión es una elección entre múltiples alternativas, hecha generalmente con un cierto grado de racionalidad. Cada individuo se enfrenta a una base continua de decisiones que pueden ser más o menos importantes, tanto en su vida personal como profesional.

Se conoce como toma de decisiones al proceso que consiste en realizar una elección entre diversas alternativas. En este proceso interviene un conjunto de subdecisiones como: (1), la decisión de buscar medidas optativas; (2), la decisión de determinar las posibilidades de éxito; (3), la elección real de las medidas optativas para satisfacer más plenamente las posibilidades (Bayos and Benítez, 1994).

La toma de decisiones en las organizaciones, de acuerdo con lo planteado por autores como Gomes and Duarte (1991), Romero (1993), Render and Heizer (1996), Barba-Romero and Pomerol (1997), es un proceso a lo largo del tiempo en el que se pueden identificar al menos cuatro fases: recogida de información (obtención de datos de criterios y alternativas), diseño (determinación precisa de criterios y sus escalas de medida, así como la construcción completa del conjunto de elección), selección (elección de una de las alternativas) y revisión (revisión de las decisiones).

La complejidad del proceso de toma de decisiones y la manera en que se realiza la elección de la mejor alternativa, constituyen una de las premisas para la obtención de una solución de compromiso. Así, en primer lugar, en una situación de toma de decisiones, la definición y la generación de alternativas, de estados y de consecuencias, es el aspecto crucial de dicho problema de decisión, dada la complejidad con que se realiza este proceso e influenciado por el ambiente dinámico e incierto en el cual opera la organización. Aquí también se deben considerar factores, tales como la presencia de metas incompatibles y la responsabilidad y la autoridad para la toma de decisiones. En segundo lugar, es importante analizar la forma en que se realiza la elección de la mejor alternativa, en la medida que tradicionalmente los procesos de toma de decisiones se han venido realizando sobre la base de un paradigma que se esquematiza, generalmente, de la forma siguiente: se establece el conjunto de soluciones posibles o factibles del problema de decisión analizado

y a continuación, se asocia a cada solución o alternativa, un número que representa el grado de aceptación que tiene cada alternativa para el centro decisor; es decir, se establece un ordenamiento de las soluciones factibles (Marrero Delgado, 2002).

En la actualidad muchos directivos toman sus decisiones utilizando metodologías sencillas e intuitivas, las cuales se basan generalmente en la experiencia, el conocimiento, el dominio de aplicación y la información disponible. Este estilo conlleva a una toma de decisiones estancada, que no es apropiada para las condiciones inestables, determinadas por los cambios frecuentes en los entornos empresariales (Vercellis, 2009).

Las decisiones se pueden clasificar según su estructura y jerarquía como se observa en la figura1.4.

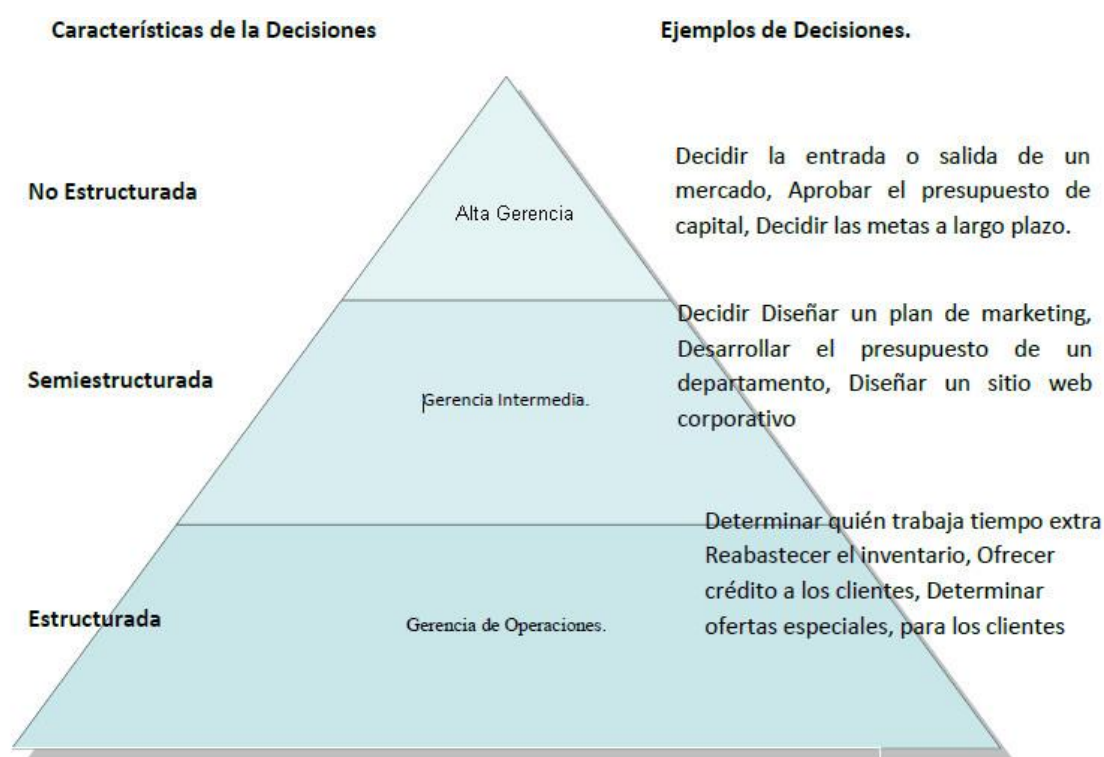


Figura1.4: Jerarquía de tipos de Decisiones Fuente:(Urbina, 2015)

Las decisiones no estructuradas son las encargadas de la toma de decisiones, debe aportar buen juicio, evaluación y entendimiento para solucionar el problema. Por otra parte, las estructuradas son repetitivas y rutinarias, implica un procedimiento bien definido que ahorra tener que tratarlas como si fueran nuevas cada vez y en las semi-estructuradas solo una parte del problema tiene una respuesta clara proporcionada por un procedimiento aceptado.

Varios autores han abordado sistemas de procedimientos a seguir para la toma de decisiones, pero según lo analizado por Marrero Delgado (2002) todos, de una forma u otra, coinciden en que es necesario acometer el procedimiento reflejado en la figura 1.5.

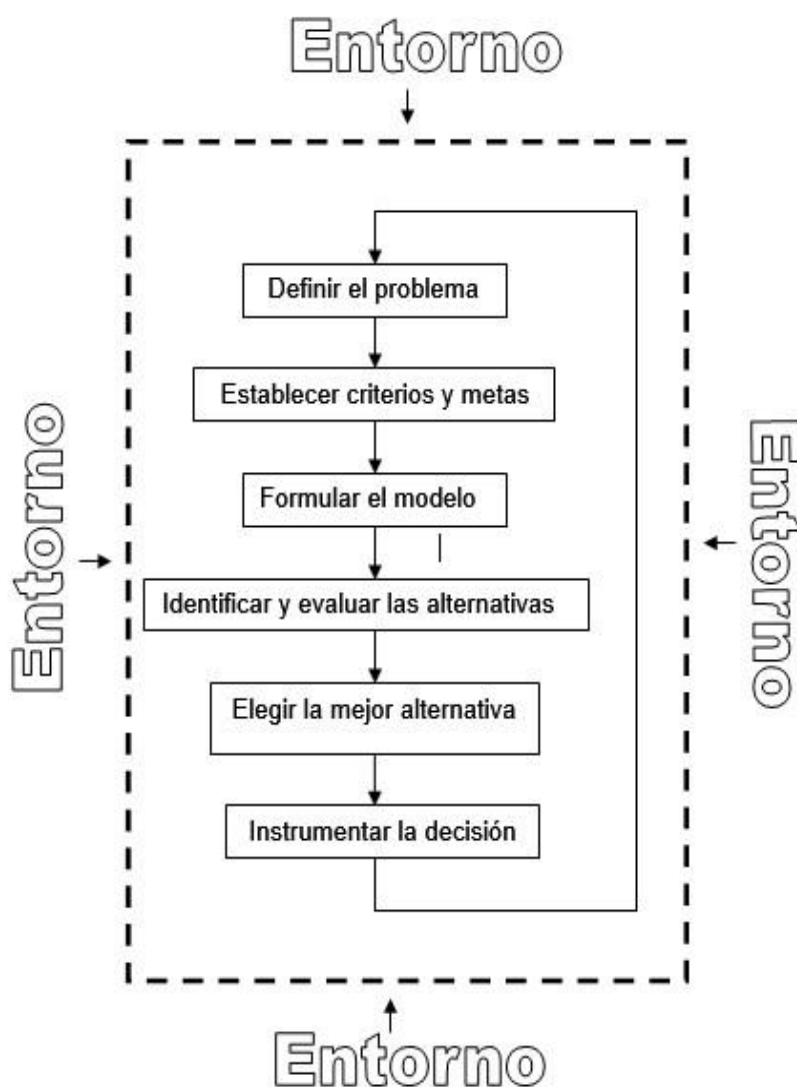


Figura 1.5: Proceso de toma de decisiones. Fuente: (Marrero Delgado, 2002)

En conclusiones el autor concuerda con los conceptos expuestos anteriormente, ya que considera que el tomar decisiones es un proceso común determinado por las diferentes situaciones de la vida y para un mejor desempeño del mismo en las condiciones actuales del entorno es de vital importancia realizar un análisis minucioso de la información.

Para mejorar el proceso de tomas de decisiones existe un conjunto de conceptos y metodologías conocido como Inteligencia de Negocios, este término está ampliamente vinculado a los conceptos vistos anteriormente de datos, información, gestión de la

información y por supuesto toma de decisiones, por lo cual se hace imprescindible un análisis del mismo.

1.4. Inteligencia de Negocios

Las empresas de producción de bienes o servicios en la actualidad generan grandes volúmenes de datos que pueden fácilmente ser obviados para su análisis. Teniendo en cuenta que cada día la competencia entre organizaciones es mayor y cada detalle a analizar pudiese resultar importante, ha surgido una nueva terminología nombrada “Inteligencia de negocio”. La cuál fue creada cerca de los años 90 por Gartner Group, esta terminología es la encargada de todo el proceso de gestión de los datos y la información en las empresas. Es importante destacar que no existe una sola definición de la misma, sino que muchos autores han expresado distintos conceptos teniendo en cuenta diferentes perspectivas.

La inteligencia de negocio fue definida por Dresner (1992) de la Gartner Group como “un conjunto de conceptos y metodologías para mejorar el proceso de tomas de decisiones en el negocio a través del uso de hechos y sistemas basados en hechos”. Como la BI se ha convertido en una corriente principal ha ido adquiriendo nuevas y más extensivas definiciones, pero el principal objetivo es aun apoyar el proceso de toma de decisiones. BI no es solo tecnología, este es cultura, organización y conceptos requeridos para crear y mantener la información necesaria para una buena gestión de la organización y del proceso de toma de decisiones.

De acuerdo con Corporation (2004) la BI es la capacidad de tomar el flujo de datos que cada organización recoge todos los días y transformarlo en información activa que permita conseguir el éxito.

Ibermática (2008) define a la BI a la transformación de los datos de la compañía en conocimiento para obtener una ventaja competitiva. Desde un punto de vista más pragmático, y asociándolo directamente a las tecnologías de la información, se puede definir la BI como el conjunto de metodologías, aplicaciones y tecnologías que permiten reunir, depurar y transformar datos de los sistemas transaccionales e información desestructurada (interna y externa a la compañía) en información estructurada, para su explotación directa o para su análisis y conversión en conocimiento soporte a la toma de decisiones sobre el negocio.

En otro orden Sáez Mosquera (2009) la define como la capacidad de la organización de tomar el flujo de datos que se recoge día tras días y transformarlo en información activa que permita conseguir o explicar el éxito. La clave es la infraestructura y las aplicaciones

que permiten a la organización ofrecer información correcta a las personas adecuadas en el momento oportuno y ofrecerle las herramientas para analizar esta información.

Según Engineering (S/F) la BI es el proceso mediante el cual las empresas reúnen datos, los analizan y vuelven a aplicar el resultado con el fin de aprovechar mejor su propio modelo y mejorar su rendimiento desde un punto de vista estratégico y operativo.

Muchos de los autores de las distintas fuentes bibliográficas revisadas concuerdan con que las soluciones de BI deben de tener los siguientes componentes:

- Minería de datos (Data Mining): Es una técnica orientada a extraer información desde grandes volúmenes de datos y corresponde a una de las claves de la inteligencia de negocios. Consta de tres fases: preparación de los datos, extracción de información e interpretación de los resultados (CIENTEC, S/F).
- Alertas: Ante un cambio o situación de negocios inesperada o que se salga de los parámetros establecidos, una alerta indica dicha anomalía y permite tomar decisiones rápidas garantizando el normal funcionamiento del negocio y evitando pérdidas de tiempo y dinero (IGerencia, 2010)
- Data warehouse: Una data warehouse es una base de datos que almacena gran cantidad de información histórica del negocio que los usuarios pueden acceder con diversas herramientas. Usualmente reside en un servidor propio separado del ambiente operativo transaccional. Un Data Warehouse se crea al extraer datos desde una o más bases de datos de aplicaciones operacionales. Los datos extraídos son transformados para eliminar inconsistencias y resumir si es necesario y luego, cargados en el Data Warehouse. El proceso de transformar, crear el detalle de tiempo variante, resumir y combinar los extractos de datos, ayudan a crear el ambiente para el acceso a la información institucional. Este nuevo enfoque ayuda a las personas individuales, en todos los niveles de la empresa, a efectuar la toma de decisiones con más responsabilidad (Urbina, 2015).
- Extraer, Transformar y Cargar (ETL por sus siglas en ingles) - Es un componente que permite extraer, transformar y cargar mediante la integración de datos cuando se tienen distintas fuentes (es decir, diferentes manejadores de bases de datos) y llevar información de las bases de datos operacionales a las bases de datos multidimensionales (IGerencia, 2010)
- OLAP (On-Line Analytical Processing por sus siglas en inglés): conjunto de tecnologías y aplicaciones de software que permite recoger los datos de la compañía, almacenarlos e indagar sobre ellos de forma rápida e intuitiva. Se trata de crear una capa de negocio con

lenguaje funcional por encima de estructuras complejas de la base de datos (Ibermática, 2008)

Existen diversos conceptos en la literatura acerca de BI, pero la mayoría tiene en común que es la capacidad de extraer información relevante para la toma de decisiones de los grandes volúmenes de datos existentes en la empresa. El autor de la presente investigación concuerda con estos autores en que la BI facilita el proceso de toma de decisiones a todos los niveles jerárquicos en las organizaciones.

1.4.1. Herramientas de Inteligencia de Negocios

Una solución de inteligencia de negocios puede implementarse a partir de algunas herramientas principales según los requerimientos de cada organización con respecto al conocimiento que desean alcanzar de su negocio. A continuación se explican las más conocidas.

- **Cuadro de Mando Integral:** El Cuadro de Mando Integral (CMI), es una herramienta de control empresarial que permite establecer y monitorear los objetivos de una empresa a partir de sus divisiones y reglas de negocio. Adicionalmente, se puede considerar como una aplicación que ayuda a una compañía a presentar sus objetivos en un plazo definido para cumplir con su estrategia, mostrando constantemente los valores de aquellos indicadores que miden a nivel de empresa y empleados los resultados que se van alcanzando en la ejecución de su plan estratégico (Rausch et al., 2013).
- **Sistema de Información Ejecutiva:** Un Sistema de Información Ejecutiva (EIS) es una herramienta software basada en un sistema de soporte a la toma de decisiones, que provee a los líderes de una organización con un acceso sencillo a información interna y externa de su compañía, y que es relevante para sus factores clave de éxito. La finalidad principal es que el ejecutivo tenga a su disposición un panorama completo del estado de los indicadores de negocio que le afectan al instante, manteniendo también la posibilidad de analizar con detalle aquellos que no estén cumpliendo con las expectativas establecidas, para determinar el plan de acción más adecuado (Rausch et al., 2013).
- **Sistema de Soporte a la Decisión:** Un DSS es una herramienta de Inteligencia de Negocios enfocada al análisis de los datos de una organización. En principio, puede parecer que el análisis de datos es un proceso sencillo, y fácil de conseguir mediante una aplicación hecha a medida o un ERP sofisticado. Sin embargo, estas aplicaciones suelen disponer de una serie de informes predefinidos en los que presentan la información de manera estática,

pero no permiten profundizar en los datos, navegar entre ellos o manejarlos desde distintas perspectivas (Rausch et al., 2013).

Un análisis más amplio de este último concepto será desarrollado en el siguiente epígrafe.

1.5. Sistemas de Soporte a la toma de Decisiones

Para definir el concepto de DSS es necesario partir del concepto de Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD). Desde la década del 80 hasta la actualidad se ha producido un desarrollo en esta área y se ha vinculado considerablemente con la Inteligencia Artificial; pero no es hasta el año 1998 que French da a conocer una definición que se aproxima a lo que pretende lograr un SAD, lo define como “un sistema informático que apoya el proceso de toma de decisiones, ayudando a los decisores a formar y a explorar las implicaciones de sus juicios y, por lo tanto, a tomar decisiones basadas en el entendimiento” (Martín, 2002). A su vez éstos incluyen a los Sistemas de Soporte a la toma de Decisiones (Decision Support Systems), Sistemas de Información para Ejecutivos (EIS; Executive Information Systems), Sistemas para la toma de Decisiones en Grupo (GDSS: Group Decision Support Systems) y Sistemas Expertos de Soporte para la toma de Decisiones (EDSS: Expert Decision Support Systems).

Por lo tanto, partiendo de lo anterior, los DSS son los SAD concebidos como sistemas que permitan la interacción de forma amigable con el usuario y, sean capaces de dar respuestas en tiempo real. Además, deben brindar apoyo al proceso de toma de decisiones estructuradas o no, permitir ser utilizados por usuarios de diferentes áreas y de modo frecuente, posibilitar la adaptación a diferentes estilos administrativos y deben ser diseñados para la utilización de todo tipo de expertos sin la necesidad de un especialista en Informática (Pérez and Delgado, 2008).

Los sistemas de Apoyo a la Toma de Decisiones han sido conceptualizados por numerosos autores debido a que existen cuantiosos enfoques y una extensa gama de ámbitos en los cuales se toman las decisiones. Una muestra de dichas definiciones se observa en la tabla 1.2.

En conclusión, los DSS son sistemas que utilizando la información disponible y realizándole algún proceso de optimización, modelamiento y/o cálculo matemático, ayudan a los gerentes de los procesos a tomar decisiones más estructuradas (Castro Zuluaga et al., 2014). Es por esto que los Sistemas para el Soporte a la toma de Decisiones han sido estudiados por varios autores, la mayoría desde un punto de vista teórico, con evidencias de implementaciones puntuales o en evaluaciones piloto.

Tabla 1.2: Definiciones del concepto DSS

Referencia	Definición DSS
(Shang et al., 2008)	Un DSS es un tipo de sistema de información diseñado para apoyar la actividad gerencial semiestructurada o sin estructura, ideado para servir de puente entre los sistemas empresariales y los tomadores de decisiones
(Beheshti, 2010) ámput (Laudon and Laudon, 2011)	Un DSS modela información para apoyar a los gerentes durante los procesos de toma de decisiones. Pueden utilizar información interna disponible en las bases de datos corporativas o información externa de fuentes como la competencia o el gobierno
(Cobos L et al., 2008)	Un DSS es un sistema interactivo provisto de programas y herramientas, para ayudar a los responsables de la toma de decisiones a utilizar tecnologías de comunicaciones, datos, documentos, conocimiento y/o modelos para identificar y resolver problemas, para completar tareas del proceso de decisión, y para tomar decisiones
(Urbina, 2015)	Un DSS es un sistema informático utilizado para apoyar la toma de decisiones. La decisión es una elección entre alternativas basadas en estimaciones de los valores de esas alternativas. El apoyo a una decisión significa ayudar a las personas que trabajan solas o en grupo a reunir inteligencia, generar alternativas y tomar decisiones. Apoyar el proceso de toma de decisión implica el apoyo a la estimación, la evaluación y/o la comparación de alternativas. Las referencias a DSS suelen ser referencias a aplicaciones informáticas que realizan una función de apoyo
(Danier J, 2012)	Es un sistema interactivo basado en computadora del sistema o subsistema objeto que ayuda a los tomadores de decisiones que usan las tecnologías de comunicaciones, datos, documentos, conocimiento y / o modelos para identificar y resolver problemas, completar tareas de proceso de decisión, y tomar decisiones. DSS es un término general para cualquier aplicación informática que mejora la capacidad de una persona o grupo para tomar decisiones. Además, los sistemas de apoyo a las decisiones se refieren a un ámbito académico de investigación que consiste en el diseño y el estudio de los sistemas de apoyo a las decisiones en su contexto de uso. En general, los sistemas de apoyo a las decisiones son una clase de sistema de información computarizado que apoya la toma de decisiones

Fuente: Elaboración propia

Arnott and Pervan (2005), por ejemplo, analiza la naturaleza y estado de la investigación de los DSS. Encuentra que las publicaciones sobre DSS han venido disminuyendo continuamente desde su pico más alto en 1994 y que la tasa de publicación de 2005 estaba cercana a los niveles obtenidos en 1990. Otros hallazgos incluyen que lo menos publicado son las investigaciones sobre DSS para almacenamiento de datos y que alrededor de dos tercios de la investigación sobre DSS es empírica, siendo la categoría de investigación más importante la del diseño desde el punto de vista de la ingeniería de sistemas.

Beheshti (2010) demuestra la utilidad de un modelo de soporte de decisiones para analizar el desarrollo de un ambiente colaborativo entre los miembros de una cadena de suministro con el fin de reducir los costos del inventario, así como los costos de la mercancía vendida. Por otra parte, se ha encontrado evidencia de que las empresas con frecuencia adquieren software para gestionar sus cadenas de suministro con el fin de alinear y estandarizar sus operaciones; teniendo como principal reto determinar cuáles son los mejores datos entregados por el software para utilizar en el proceso de toma de decisiones. Una alternativa consiste en importar los datos a un DSS diseñado especialmente para ayudar a tomar ciertas decisiones. Esta propuesta se puede encontrar en Shang et al. (2008).

Desde el punto de vista de herramientas que soporten el proceso de toma de decisiones se encuentran el WinQSB, el QM for Windows y aplicaciones desarrolladas en EXCEL que permiten realizar cálculos básicos. En estas herramientas la totalidad de los datos de entrada es información conocida, limitándose a realizar los cálculos de una fórmula matemática, siendo nada o muy poco flexibles, lo cual es un requerimiento indispensable a nivel industrial (Wortmann, 1992).

En la reflexión de los conceptos y estudios realizados se aprecian los aspectos relevantes siguientes:

- Utilizan datos en las entradas de las operaciones de gestión de la empresa y se obtienen informaciones de salida para la toma de decisiones.
- Combinan la inteligencia humana (gerentes, directivos y especialistas) con las capacidades de un ordenador de forma interactivo.
- Redactan informes tanto periódicos como especiales, se basan en modelos, permite el trabajo en grupo.
- Apoyan la toma de decisiones gerenciales a problemas principalmente semi estructurados y no estructurados, y a la planificación futura.

Urbina (2015), determina al sistema de ayuda a la Toma de Decisiones como un proceso de datos interactivos y un sistema de representación visual (entorno gráfico) que es usado

para ayudar en el proceso de toma de decisiones y debe reunir las siguientes características:

- Ser suficientemente sencillo para que lo pueda utilizar el que debe decidir en persona.
- Debe mostrar la información en formato y terminología familiar para el usuario.
- Ser selectivo en su provisión de información, evitando sobrecargar al usuario
- Informes dinámicos, flexibles e interactivos,
- No requiere conocimientos técnicos.
- Rapidez en el tiempo de respuesta,
- Integración entre todos los sistemas/departamentos de la compañía.
- Cada usuario dispone de información adecuada a su perfil.
- Disponibilidad de información histórica.

Partiendo de dichas lo anterior se puede establecer una estructura para los DSS que de un mejor entendimiento de su concepto y características.

1.5.1. Arquitecturas DSS

La estructura de los DSS es vaga y distinta entre un autor y otro, fundamentalmente, debido a que las aplicaciones se han orientado a la gestión de temas tan disímiles como las finanzas, la planificación y la ingeniería (Alter, 1980).

Según Cobos L et al. (2008) la arquitectura típica de un DSS es según se muestra en la figura 1.6

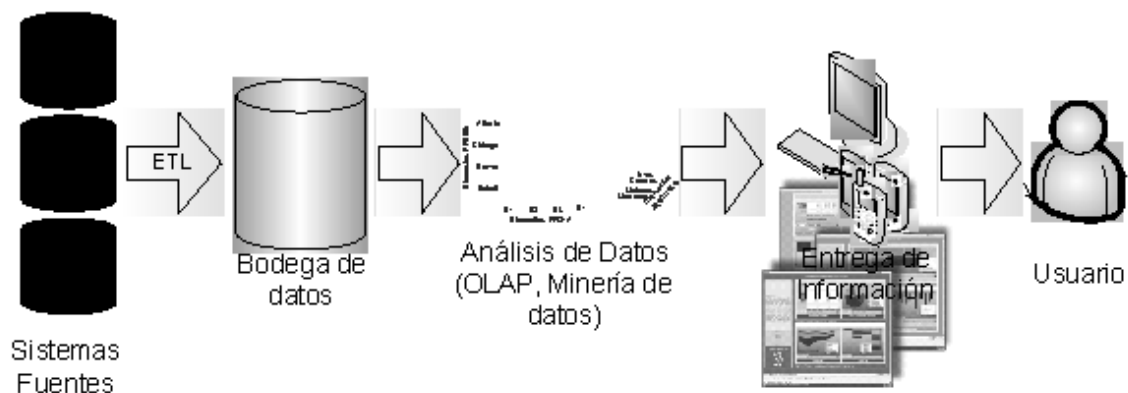


Figura 1.6: Arquitectura DSS Fuente:(Cobos L et al., 2008)

El o los Sistema(s) Fuente(s) son todas aquellas fuentes u orígenes de datos de donde serán tomados los datos para su posterior procesamiento y análisis. En muchas ocasiones estas fuentes son archivos planos, aunque es recomendable que sean bases de datos gestionados por un sistema OLTP, con el objetivo de garantizar su integridad y disponibilidad.

Los datos de los Sistema(s) Fuente(s), por lo general manejan diferentes esquemas de representación, por lo tanto, hay que limpiarlos y transformarlos para su posterior carga en la bodega de datos, este proceso recibe el nombre de ETL (Extract, Transform, Load). Después que los datos han sido limpiados y transformados, estos son almacenados en una Bodega de Datos donde la información se clasifica y agrupa según las áreas del negocio. El análisis de datos, es la etapa en la cual se obtiene conocimiento a partir de los datos almacenados en la Bodega de Datos, a través de herramientas OLAP y de Minería de Datos. La información es mostrada gráficamente y a partir de ese momento, la información generada ya puede ayudar a tomar decisiones estratégicas sobre una situación en particular.

Otros autores que describen la arquitectura de un DSS son Ralph H. and Hugh J. (1993), los cuales identifican seis componentes principales: la base de conocimientos y datos, la cual contiene información básica del sistema y permite la incorporación de nuevos datos, la base de modelos, que contiene el conjunto de modelos de previsión, simulación, optimización, etc., para el manejo de la información; los sistemas de administración de las bases de datos y de modelos, los cuales juegan el papel de unidad controladora, que se encarga de coordinar los componentes y el uso de los modelos y datos; la interfaz, que permite al usuario acceder a las bases y al control del sistema, y un componente externo que es el decisor (ver figura 1.7).

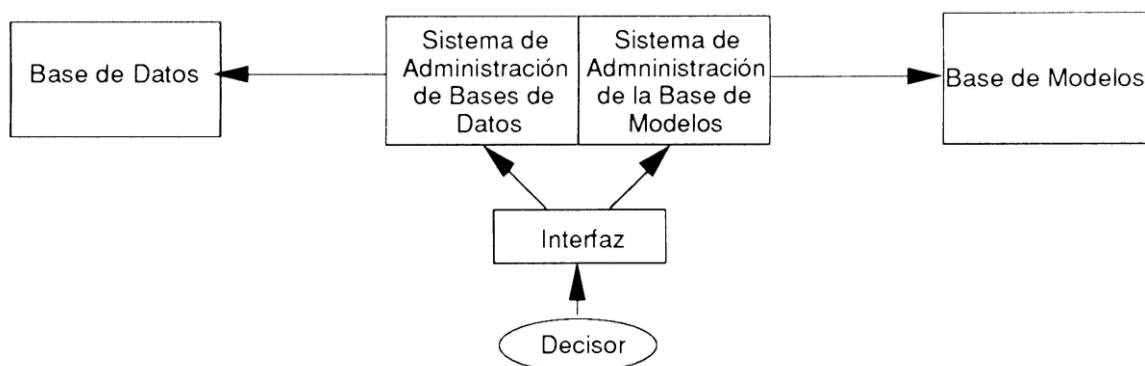


Figura 1.7: Arquitectura DSS. Fuente:(Ralph H. and Hugh J., 1993)

Urbina (2015) describe la arquitectura DSS como un sistema inteligente que cuenta con dos partes esenciales la Fuente de Datos, donde se encuentran todos aquellos datos de los sistemas de información industrial económico y financiero, contabilidad, sistemas de pago y algunos datos externos relacionados con el objetivo con que se desarrolla el DSS, y por otra parte el DSS como tal donde se encuentra el datawarehouse de donde se extraen las informaciones necesarias para el proceso de apoyo a la toma de decisiones (figura 1.8).

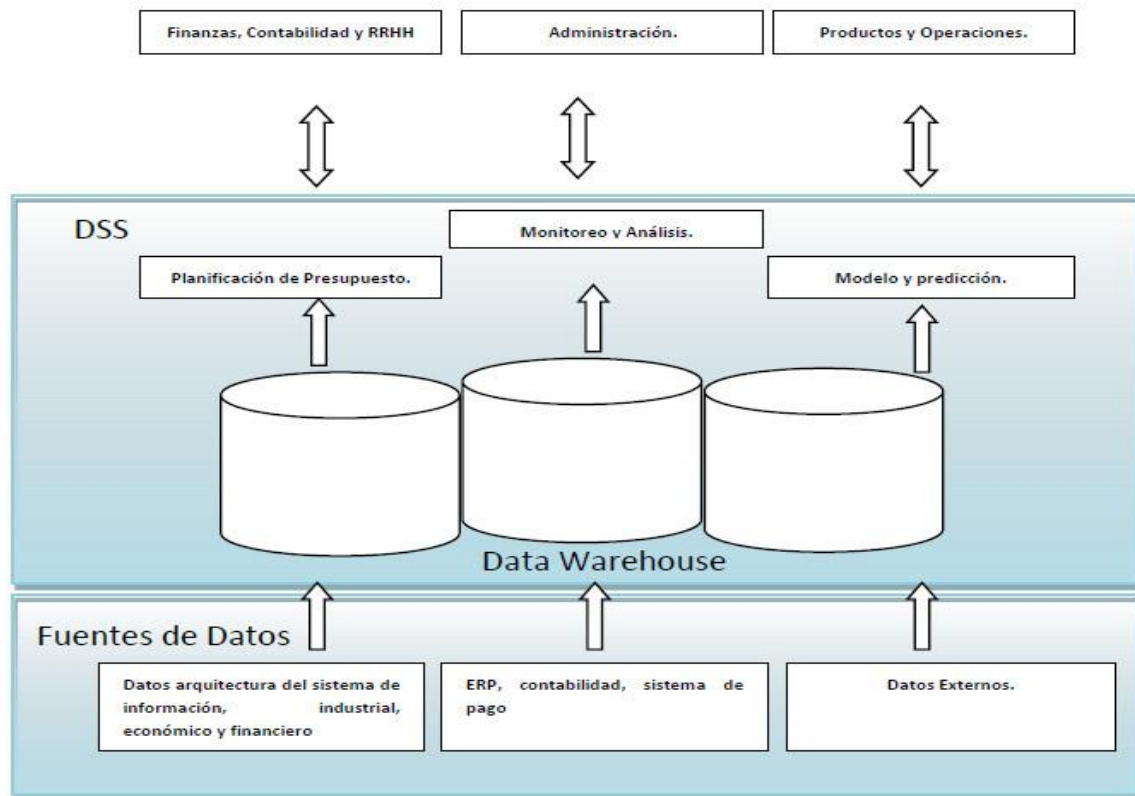


Figura 1.8: Arquitectura DSS. Fuente: (Urbina, 2015)

Los sistemas inteligentes son sistemas diseñados para soportar los complejos análisis requeridos para descubrir las tendencias del negocio. La información obtenida de estos sistemas permite a los gerentes tomar decisiones basadas en análisis exactos de las tendencias del negocio. Son sistemas de información interactivos que proveen de información, herramientas o modelos para ayudar a los gerentes o profesionales a tomar decisiones (Urbina, 2015).

La inteligencia de Negocios se logra a través de la Administración del Conocimiento, soportada por Tecnologías de Información que incluyen herramientas de Sistemas de

Soporte a la Decisión y la contribución de expertos. Los Sistemas de Soporte a la Decisión pueden considerarse como una tercera generación de Sistemas de Información, cuyo objetivo es intentar descubrir qué pasaría si se toman una serie de decisiones, o ir más allá proporcionando automáticamente las decisiones o sugerencias que asistan al administrador (Urbina, 2015).

Aunque el DSS se utiliza a niveles gerenciales estratégicos y tácticos en las organizaciones su eficiencia depende de la calidad de datos reunidos a nivel operativo, no obstante, los datos operativos rara vez son adecuados para tareas de soporte de decisiones, de ahí la importancia de describir la arquitectura del DSS para poder analizar cómo se relacionan los componentes del mismo y como y donde se almacena la información que posibilitara la toma de decisiones.

1.6. Decisiones dentro de la cadena de suministro

Definiciones, cada vez más precisas y modernas de la logística como ciencia, enfoques e incluso filosofías, han sido aportadas o divulgadas por diferentes instituciones y autores, como Magee (1960), Lalonde and Grabner (1971), Bowersox (1979), Blanchard (1998), Logística (2003), Ballou (2005), entre otros. En prácticamente todas estas definiciones en mayor o menor grado, se coincide en fundamentar el enfoque en sistema de la logística y su marcada función de satisfacción al cliente y existencia de operaciones tales como “...planificar, administrar y controlar el flujo de materias primas, productos semielaborados o terminados a lo largo de los procesos de abastecimiento, almacenamiento y distribución, desde el proveedor hasta el cliente final, incluyendo la información desde el lugar de origen hasta el lugar de consumo” (Marrero Delgado, 2002).

Un concepto de logística mucho más elaborado lo constituye el de Consejo de Profesionales de Gestión de Cadena de Suministro, de las siglas en inglés, CSCMP (CSCMP, 2014), el cual plantea que, “La logística es aquella parte de la gestión de la Cadena de Suministro que planifica, implementa y controla el flujo hacia adelante e inverso eficiente y efectivo y el almacenaje de productos, servicios e información relacionada entre el punto de origen y el punto de consumo para satisfacer los requisitos de los clientes”.

En la cadena de suministro se toman diferentes decisiones logísticas donde varios autores coinciden en que pueden clasificarse por su jerarquía en estratégicas, tácticas y operativas en función de la magnitud de la inversión a realizar, del horizonte temporal y la frecuencia de decisión (Ballou, 1991), (Arntzen et al., 1995), (Vidal and Goetschalckx, 1997), (Sabri and Beamon, 2000), (Schmidt, 2000), (Meyr et al., 2002), (Ballou, 2004), (Knudsen

González, 2005), (Standler H, 2008) y (Reza Zanjirani Farahani et al., 2014). También coinciden en que el número, la ubicación, la capacidad de las instalaciones y la selección de proveedores son decisiones estratégicas. Las principales diferencias entre sus opiniones radican en lo relacionado con el inventario y el flujo y canales de transportación, que se pueden considerar en un nivel u otro en dependencia del propósito de la cadena de suministro.

Ballou (1991) y Knudsen González (2005) concuerdan con que las decisiones según el periodo de tiempo se consideran en: estratégicas que son a largo plazo y requieren de grandes inversiones; tácticas que son a mediano plazo y requieren de menor inversión; y operativas que son las del día a día que son de muy baja inversión. En esta investigación se considera la clasificación de las decisiones como se muestra en el Anexo 1, donde se asocian el flujo material con la jerarquía de las decisiones. Toda decisión que se tome en cualquier parte de una cadena de suministro en relación con el flujo material lleva consigo una decisión financiera y genera a su vez una informativa.

1.7. Conclusiones parciales

- Debido a que la información es considerada un activo estratégico de gran importancia para cualquier empresa o entidad, la gestión de esta es esencial para el éxito del negocio, por lo tanto, para una eficiente gestión de la información es necesario transformar datos en información, para el logro de lo anterior se debe contar con Sistemas de Información que satisfagan las necesidades informativas que posibilitan alcanzar los objetivos de una entidad.
- Los DSS son un tipo de sistemas de información utilizados como herramienta en la BI enfocada al análisis de los datos de una organización para mejorar y dar soporte al proceso de tomas de decisiones, los cuales son descritos mediante su arquitectura de diversas formas.
- La toma de decisiones es un proceso en el cual se realiza una elección entre diversas alternativas y obtener como resultado la mejor elección. La gestión de la cadena de suministro no está ajena a este proceso por lo tanto las decisiones que se toman dentro de ella son de suma importancia y deben estar destinadas a satisfacer los requisitos de los clientes, para poder identificar y lograr una mejor toma decisiones diversos autores han coincidido en clasificarlas por su jerarquía en estratégicas, tácticas y operativas en función de la magnitud de la inversión a realizar, del horizonte temporal y la frecuencia de decisión

Capítulo 2: Desarrollo de la arquitectura y del modelo conceptual de datos

Partiendo del análisis relacionado con las características y estructura de los DSS y las decisiones a tomar dentro de una cadena de suministro, expuestas en el capítulo 1, en el presente capítulo se propone un DSS y se desarrolla el módulo de base de datos del mismo que describe la cadena de suministro de biomasa cañera para la cogeneración de energía. El sistema propuesto nace como respuesta al problema de investigación teniendo en cuenta los elementos para desarrollar una solución informática que facilite manejar los datos que se generan en la cadena de suministro de biomasa cañera para cogeneración de energía y además soportar toda la información necesaria para apoyar el proceso de toma de decisiones.

El objetivo de este capítulo es proponer una arquitectura de un DSS para cadenas de suministro de biomasa cañera para cogeneración y crear la base de datos transaccional que permita almacenar los datos de entrada necesarios en el modelo de optimización para el diseño de la cadena de suministro para la cogeneración de energía a partir de biomasa cañera, presentado por Piedra Jiménez (2017).

2.1. Arquitectura del sistema de apoyo a la toma de decisiones para cadenas de suministro de biomasa para la generación de energía

Luego de analizar las arquitecturas DSS planteadas en el capítulo I, el autor de la presente investigación propone una arquitectura DSS para cadenas de suministro de biomasa con fines energéticos basándose en la propuesta de De Meyer et al. (2013). La arquitectura propuesta consiste en tres módulos integrados: un módulo de base de datos, un módulo de optimización y un módulo de consulta (figura 2.1).

El módulo de optimización debe combinar las funciones típicas de análisis de redes de un software de información Geográfica (GIS) y un modelo matemático para determinar el diseño estratégico óptimo de la cadena de suministro. Las funciones de análisis de redes de un GIS serán principalmente aplicadas para calcular el camino más corto entre instalaciones de operación y sitios de producción de biomasa y entre instalaciones de operación mutuamente. El modelo matemático ha de seleccionar el lugar óptimo, tecnología y la capacidad de instalaciones de almacenamiento, de pretratamiento y de conversión en combinación con la tecnología óptima para cosechar y recoger el producto.

Simultáneamente, el modelo matemático debe determinar la asignación óptima de materiales crudos de biomasa, productos intermedios y subproductos desde los sitios de producción de biomasa hasta las instalaciones de operación y entre instalaciones de operación mutuamente. La meta del modelo es informar acerca de restricciones de la cadena del suministro, la red multimodal disponible de transporte y las interrelaciones correspondientes entre productos y operaciones y entre operaciones.

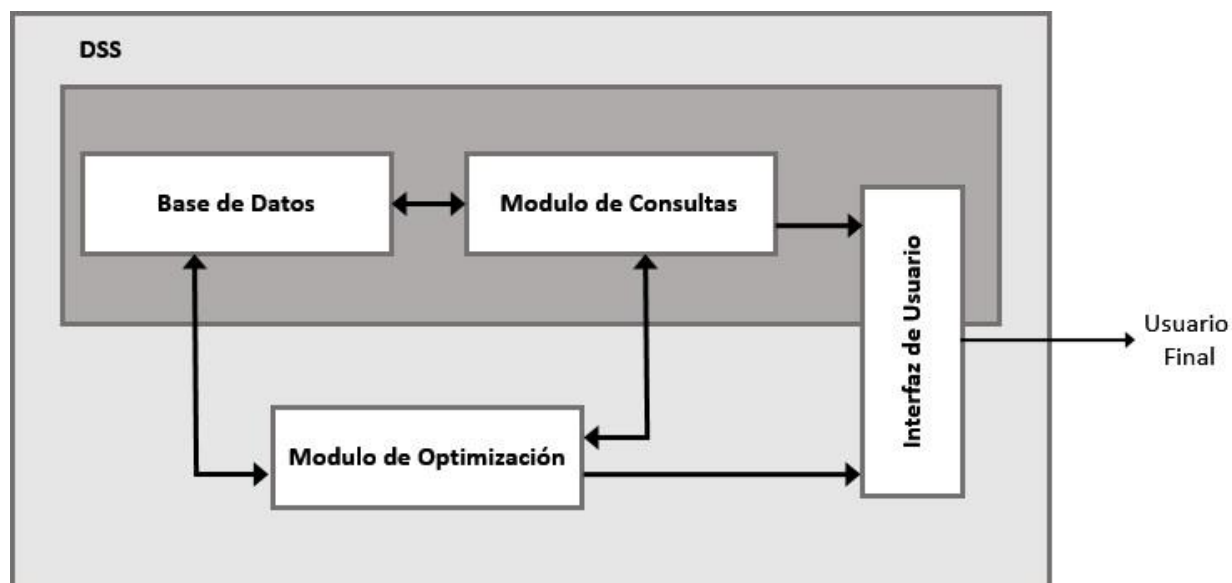


Figura 2.1: Arquitectura DSS. Fuente: (De Meyer et al., 2013)

El módulo de consulta deberá ser desarrollado en un GIS permitiéndole a los usuarios organizar y pre-procesar la información espacial inicial (por ejemplo, la red de transporte y el lugar de sitios de producción de biomasa, bodegas y las instalaciones de conversión) y visualizar y post-procesar los resultados de optimización (por ejemplo, el lugar óptimo de instalaciones de operación y la orientación de recursos y de productos). En resumen, el módulo de consultas deja a los usuarios organizar y pre-procesar sus datos originarios y visualizar y pos-procesar sus resultados.

El módulo de la base de datos abarca las bases de datos cubriendo los parámetros requeridos del módulo de optimización. El DSS propuesto pretende optimizar la cadena de suministro de biomasa cañera para la generación de energía, el modelo de datos es desarrollado como una plantilla para una base de datos funcional cubriendo los parámetros requeridos en el módulo de optimización. Por consiguiente, el modelo de datos necesita ser genérico para poder describir todas las combinaciones dentro de cadenas de suministro de

biomasa cañera para cogeneración. Adicionalmente, el modelo de datos debe ser flexible para permitir la fácil adición, supresión o cambio de objetos, atributos y valores de atributos con la mínima redundancia y sin comprometer la validez de las relaciones entre los tipos diversos de objetos. El modelo de datos, presentado por el autor de la presente investigación, es sugerido como el proyecto del módulo de la base de datos en esta arquitectura general aplicado a la cadena de suministro de biomasa cañera para la generación de energía eléctrica y que cumpla con los parámetros de entrada del modelo matemático de Piedra Jiménez (2017).

2.2. Descripción general del proceso de la cadena de suministro de biomasa para la generación de energía

Para asegurar un modelaje de la cadena de suministro de biomasa (CSB), un primer paso consiste en definir un modelo del proceso con base en el ciclo de vida genérico para cadenas de suministro de biomasa. La meta de este análisis es identificar y agrupar los tipos posibles de producto y operaciones y definir sus relaciones, combinaciones y posibles secuencias.

La estructura general de una CSB, véase figura 2.2, se caracteriza por los eslabones de abastecimiento (Upstream), producción (Midstream) y distribución (Downstream) (Haleem, 2015, Rentizelas et al., 2009, Wee, 2012). En este sentido, el eslabón de abastecimiento está compuesto por cinco componentes: producción de biomasa, cosecha, recolección, pre-tratamiento y almacenamiento. En el segundo eslabón se incluye el proceso de conversión y finalmente un tercer eslabón de distribución. Todas estas operaciones se realizan en los sitios de producción de biomasa o en instalaciones conectadas a través de la infraestructura de transporte y transbordo.

La fase de transporte en la CSB está asociada con diversos modelos desarrollados con el fin de analizar la viabilidad de las rutas alternativas, decidir sobre los medios de transporte (tipos, capacidad y horarios), minimizar los costos de la cadena de suministro y el tiempo de viaje, y minimizar los impactos ambientales de las actividades de la cadena de suministro.

En este contexto, generalmente el proceso de conversión es considerado como una caja negra teniendo como entrada la biomasa pre-tratada y como salida la bioenergía. A continuación se describen los aspectos más importantes de cada una de las actividades relacionada con las CSB.

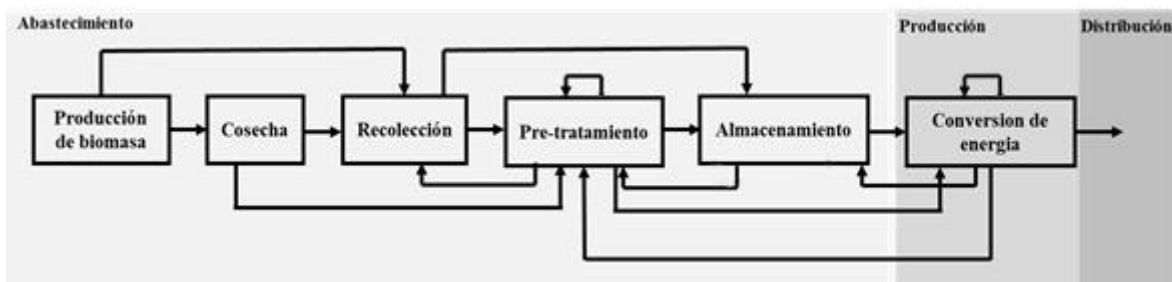


Figura 2.2: Estructura general de la cadena de suministro de biomasa. Fuente: (De Meyer et al., 2013)

2.2.1. Producción, cosecha y recolección de biomasa

En estos componentes de las CSB, las principales decisiones a tratar son la identificación del producto de biomasa, productividad requerida, asignación de tierras, la programación de la cosecha y la planificación de recogida de biomasa a partir del análisis de los contenidos del suelo, humedad de la biomasa, condiciones climáticas, la disponibilidad de tierras y la demanda de bioenergía (Mafakheri and Nasiri, 2014)

Varios documentos apuntan a la distribución geográfica dispersa de los recursos de biomasa, en particular los bosques, a lo largo del territorio como un factor limitante que influye en el costo de las operaciones de cosecha (Caputo, 2005, Gronalt and Rauch, 2007, Möller, 2004). Fragmentar las áreas de suministro en pequeñas zonas ha sido una solución en países con topografía desafiantes como Dinamarca y Austria (Madlener and Bachhiesl, 2007). Una característica adicional de la biomasa es su plazo de cosecha limitada inducida por la estacionalidad de la mayoría de los tipos de biomasa (Caputo, 2005, Madlener and Bachhiesl, 2007). La cosecha anual única, causa una subutilización significativa de maquinaria y equipo de capital intensivo a lo largo del ciclo anual, lo que aumenta los costos de operación (Dunnett et al., 2007, Uslu et al., 2008). Además, la cosecha anual requiere más mano de obra en comparación con la cosecha perenne y un período de cosecha más corto implica grandes inventarios, haciendo que aparezcan los costos de almacenamiento y pérdidas de materia seca (Dunnett et al., 2007, Uslu et al., 2008).

2.2.2. Almacenamiento entre los eslabones de la cadena

La principal razón para el almacenamiento en toda la CSB es que coincida de manera adecuada la oferta y la demanda de biomasa de las plantas de bioenergía. Un corto periodo de recolección de la mayoría de los tipos de biomasa y la frecuente dispersa distribución geográfica de la biomasa sobre el territorio inducen naturalmente la necesidad de

almacenamiento con el fin de asegurar el suministro continuo de materia prima para las plantas de bioenergía o biorefinerías (Caputo, 2005, Sims and Venturi, 2004, Uslu et al., 2008). Generalmente debido a la corta duración de las temporadas de cosecha, un alto número de almacenes son empleados como buffer de capacidad (Uslu et al., 2008). Los almacenes pueden ser utilizados para suministrar varias plantas si estas no tienen suficiente capacidad de almacenaje (Gronalt and Rauch, 2007) o puede localizarse adyacente a las plantas de conversión con función simultánea de almacenaje y pre-tratamiento. Otros estudios proponen localizar los almacenes en la vecindad de las zonas de cosecha (Ayoub, 2007, Haq and Easterly, 2006). El tipo de almacén varía desde almacenes al aire libre a almacenes a cielo cubierto. El tipo de almacén depende fundamentalmente del clima y del estado de procesamiento de la biomasa.

2.3.3. Pre-tratamiento de la biomasa

El pre-tratamiento es un proceso mecánico o químico (o una combinación de ellos) que convierte la biomasa en portadores de energía más densas no sólo para aumentar su tasa de conversión de energía, sino también para facilitar la manipulación, almacenamiento y transporte, y para reducir los costes asociados. Los cinco tipos de pre-tratamiento básicos utilizados son: ensilado, secado, politización, torrefacción y pirolisis. Se debe mencionar que no todos los materiales de biomasa necesitan someterse a un pre-tratamiento. Por ejemplo, el mantenimiento de una cierta cantidad de contenido de humedad en los registros se considera un parámetro de calidad (desde un punto de vista de fuerza), por lo que es un buen candidato para la peletización (Lehtikangas, 2001). La inclusión y la elección de los procesos de pre-tratamiento no sólo influyen en el perfil de cálculo del costo de las actividades de almacenamiento y transporte, sino también afecta a la estructura de las CSB.

2.3.4. Conversión de biomasa a energía

Las tecnologías de conversión para aprovechar la energía de la biomasa incluyen desde los procesos más simples, como la quema del bagazo, hasta los más complejos, como convertir los azúcares de la caña en combustibles líquidos. Los métodos de transformación de la biomasa pueden clasificarse en dos categorías, a saber, bioquímicos y termoquímicos (Anex, 2010).

Los principales procesos de conversión bioquímicos incluyen pretratamiento, hidrólisis, tratamiento biológico o químico, y la mejora del producto y la recuperación. Por su parte, las tecnologías termoquímicas utilizan alta temperatura en unión de catalizadores para

cambiar las propiedades físicas y las estructuras químicas de los recursos de biomasa. La generación de energía a partir de biomasa es una de las aplicaciones más extendidas. El proceso de producción de energía depende de la tecnología de conversión utilizado en la planta de energía. La combustión de la biomasa para generar energía es muy usada para alimentar instalaciones de calefacción urbana, plantas de energía y plantas de cogeneración.

Por otro lado, la biomasa se puede utilizar en plantas de energía para la generación de electricidad. Puede ser quemado a una velocidad constante en una caldera para calentar el agua y producir vapor. A continuación, el vapor se lleva a través del horno usando tubos para elevar su temperatura y la presión aún más. Finalmente, el vapor pasa a través de las múltiples hojas de una turbina, haciendo girar el eje y el eje se activa un generador de electricidad que produce una corriente alterna a utilizar de forma local o para el suministro de la red nacional.

La cogeneración es otra forma de utilizar la biomasa con fines energéticos. La cogeneración es la generación simultánea de energía eléctrica y calor útil a partir de un único proceso de consumo de energético primario. Esta tecnología engloba todos los conceptos y tecnologías en las cuales el calor y la potencia eléctrica son conjuntamente generados por una sola unidad y utilizados por el mismo consumidor.

En resumen, las CSB para bioenergía difieren de las cadenas de suministro tradicionales en varios aspectos, entre ellos se encuentran, el alto componente de estacionalidad que tiene la disponibilidad de biomasa; baja densidad de la energía; las variaciones en la demanda debido a la alta incertidumbre en la producción de energía y la variabilidad de los materiales de biomasa, lo que tiene implicaciones para el transporte y almacenamiento (De Meyer, 2014). Además las CSB envuelven actividades específicas que requieren varios recursos: i) las actividades de cosecha están limitadas a un periodo específico donde el rendimiento no es perfecto; ii) se requiere el almacenamiento en la práctica para sincronizar el calendario de producción de biomasa con el plan de producción de las plantas de conversión; iii) el pre procesamiento es útil para mejorar la conservación (secado) y gastos de envío (empacado, peletización) y para reducir los costos de transporte mediante el aumento de la densidad; iv) igual que en la logística industrial, varios modos de transporte se pueden utilizar, la flota de vehículos es a menudo limitado y el número de viajes por período está limitado por la gama de vehículos y las regulaciones del tiempo de conducción.

2.3. Modelo conceptual del módulo de base de datos

Se considera que las operaciones anteriormente mencionadas son las operaciones claves necesarias para tratar las propiedades típicas de la biomasa. Las interrelaciones y las dependencias entre productos y operaciones y entre operaciones mutuamente, como indican las flechas en la figura 2.2, incrementan el grado de complejidad de la cadena de suministro. Esto implica que las decisiones, tomadas en el comienzo de la cadena, afectan las posteriores posibles operaciones, y que las opciones para el fin de la cadena de suministro restringen las operaciones precedentes en la cadena.

Todos los aspectos anteriores obligan a los diseñadores de tales cadenas a utilizar herramientas de modelado para hacer frente a esta complejidad, pues las CSB tienen que ser robusta y flexible para poder adaptarse a los cambios relacionados con el clima, el uso y el carácter perecedero de las condiciones de biomasa y las condiciones de mercado (Iakovou et al., 2010b). Para lograr la flexibilidad deseada, el módulo de base de datos está dividido en un componente no espacial y uno espacial (figura 2.3). El componente no espacial es el corazón del modelo de datos y cubre los datos no georreferenciales sobre los productos de biomasa y las operaciones de cosecha, recolección, almacenamiento, pretratamiento y conversión, con sus atributos por un lado y sus relaciones mutuas y sus secuencias posibles por otro lado. Este componente se basa en los resultados del análisis del ciclo de vida de la CSB para la generación de energía (Epígrafe 2.2) y pueden ser aplicados para definir las secuencias permitidas de flujos de biomasa y operaciones. La parte espacial debe abarcar los datos georreferenciales en dos sub-módulos: (i) localización geográfica de las instalaciones que abarca los lugares de los sitios de producción de biomasa, almacenamiento, pretratamiento e instalaciones de conversión y sus atributos relacionados como área de producción de biomasa, opciones de operación disponibles en el lugar, la capacidad y (ii) la red (multimodal) de transporte. La red multimodal de transporte debe estar definida en una base de datos geográfica separada, la cual puede incluir los segmentos de carreteras y su relación con diferentes nodos de transporte, restricciones de vehículos, etcétera. Esta geodatabase deberá estar asociada al modelo de datos descrito en la presente investigación a través de los lugares de los sitios de producción de biomasa e instalaciones de operación descritas en el primer sub-módulo del componente espacial.

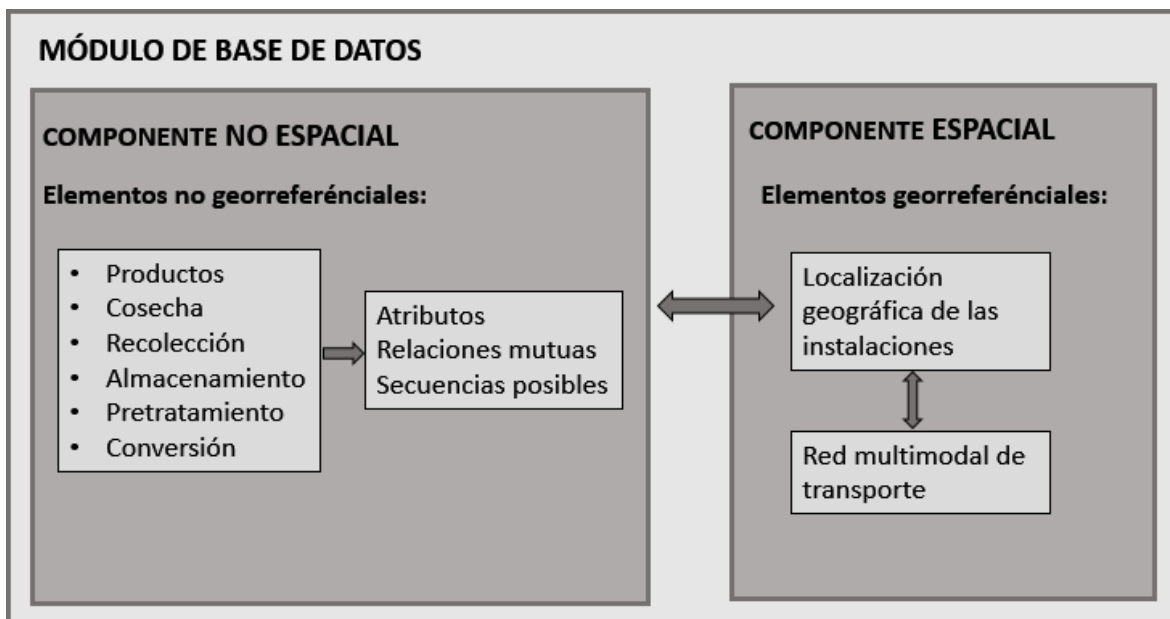


Figura 2.3. Estructura del Módulo de Base de Datos

Los siguientes epígrafes enfocan la atención en la presentación del componente no espacial y en el módulo de localización geográfica del componente espacial los cuales serán almacenados en una misma base de datos. La estructura de dicha base de datos parte del modelo de datos de referencia para soportar el modelaje de la cadena del suministro de biomasa planteado por De Meyer et al. (2016). Los atributos presentados en el modelo de datos se basan en los parámetros de entrada (Anexo 2) y en las variables (Anexo 3) necesarios en el modelo de optimización realizado por Piedra Jiménez (2017).

2.3.1. Tipos de objetos para describir la CSB

El corazón del modelo datos no espaciales consiste en seis objetos para representar las operaciones dentro de la CSB (elementos marcados con color azul en la figura 2.4), representando el producto que cubre los diferentes tipos de biomasa (materia prima, intermediario o subproducto), seguido por cinco operaciones claves presentadas en el epígrafe 2.2 (cosecha, recolección, pre-tratamiento, almacenamiento y conversión). Cada uno de los tipos de objeto abarcan los tipos de producto o de operación consideradas en la CSB especificada. Cada una de estas opciones de operación son excepcionalmente identificadas por un código y descritas por un nombre. Los datos de entrada necesarios en el modelo de optimización concuerdan con los atributos relacionados a los tipos de objetos. El modelo de datos permite ser usado para la caracterización de cadenas de

suministro no solamente de biomasa cañera sino también en diferentes tipos, tales como, cultivos agrícolas y silvicultores, desechos sólidos, residuos industriales y deshechos animales.

El componente no espacial está extendido con el módulo de localización geográfica del componente espacial. Esta extensión requiere la adición de cuatro objetos espaciales (“Lugar_produccion”, “Lugar_de_pretratam”, “Lugar_almacenamiento” y “Lugar_conversion”) (tablas verdes en la figura 2.4). Estos objetos contienen las coordenadas geoespaciales, atributos y características de las instalaciones donde se realizan dichas operaciones.

2.3.2. Relaciones entre los objetos que describen la CSB

La mayor parte de las relaciones que existen entre los seis tipos de objeto que describen el proceso en sí mismo de suministro de la biomasa son del tipo muchos a muchos. Sin embargo, los Sistemas de Manejo de Bases de Datos Relacionales (RDBMS) no soportan relaciones muchos a muchos. También desde una perspectiva conceptual de modelaje, se recomienda identificar la naturaleza de las relaciones muchos a muchas en una forma más detallada (Snoeck, 2014). Por consiguiente, cada relación muchos a muchos es convertida en una relación binaria (objetos de color amarillo en la figura 2.4) eso relaciona dos tipos de objetos con dos relaciones uno a muchos. Cada relación binaria define las posibles combinaciones entre las opciones de dos tipos de objetos usando los identificadores de los objetos como llaves relacionales. Los atributos que caracterizan específicamente esa combinación de objetos se suman a la relación binaria. Por ejemplo, la relación binaria “Producto_Cosecha” captura las posibles combinaciones entre las opciones del producto de biomasa y las opciones de cosecha y el correspondiente coeficiente de transformación de la biomasa sin cosechar a la biomasa cosechada usando ese tipo de cosecha. En la relación binaria “Producto_Conversion”, dos atributos adicionales son definidos para capturar la fracción mínima requerida (porcentaje_min) y máxima permitida (porcentaje_max) de un cierto producto cuándo es usado en una cierta opción de conversión, así como también se definen los atributos coeficiente de transformación (coef_transform), descrito anteriormente.

Aunque por ahora el modelo de datos pueda incluir la mayoría de las relaciones sosteniendo el proceso de generación de energía mediante biomasa cañera, no es aún capaz de captar toda la información pertinente a cadenas de suministro en el mundo real. La figura 2.5 representa, usando un ejemplo concreto, una extracción del modelo con objetos de muestra

y se observa que el producto P1 puede ser cosechado por el tipo de cosecha H1 y H2 y el producto P1 puede ser recolectado por el tipo de recolección C1 y C2 mientras la opción de recolección C1 puede ser usado para recolectar el producto P1 después cualquiera de sus dos opciones de cosecha. Como se puede ver las tres relaciones binarias no pueden aclarar cuál de las dos opciones de cosecha ha sido aplicada al producto P1 antes de la opción de recolección C1.

Este hallazgo está de acuerdo con De Rore et al. (2005) quien mostró que, en una relación entre tres tipos de objeto, tres clases binarias de relación no pueden captar adecuadamente toda la realidad. El patrón de modelado de dominio “Three Party Pattern”, planteado por De Rore et al. (2005), será introducido lo cual añade una relación ternaria describiendo las tres relaciones binarias (figura 2.5). Esta relación ternaria maneja las posibles combinaciones de las relaciones binaria describiendo las relaciones entre los tres tipos claves del objeto. Además, asociando estas relaciones ternarias a las relaciones binarias que dan forma a las combinaciones y secuencias posibles, se tiene en cuenta un control adicional de seguridad en los datos. En nuestro modelo de datos, el “Three Party Pattern” es aplicado a todas las situaciones en las cuales tres tipos de objeto se relacionan el uno con el otro: (1) producto-cosecha-recolección, (2) producto-recolección-pretratamiento, (3) producto-pretratamiento-conversión. (objetos de rojo en la figura 2.4).

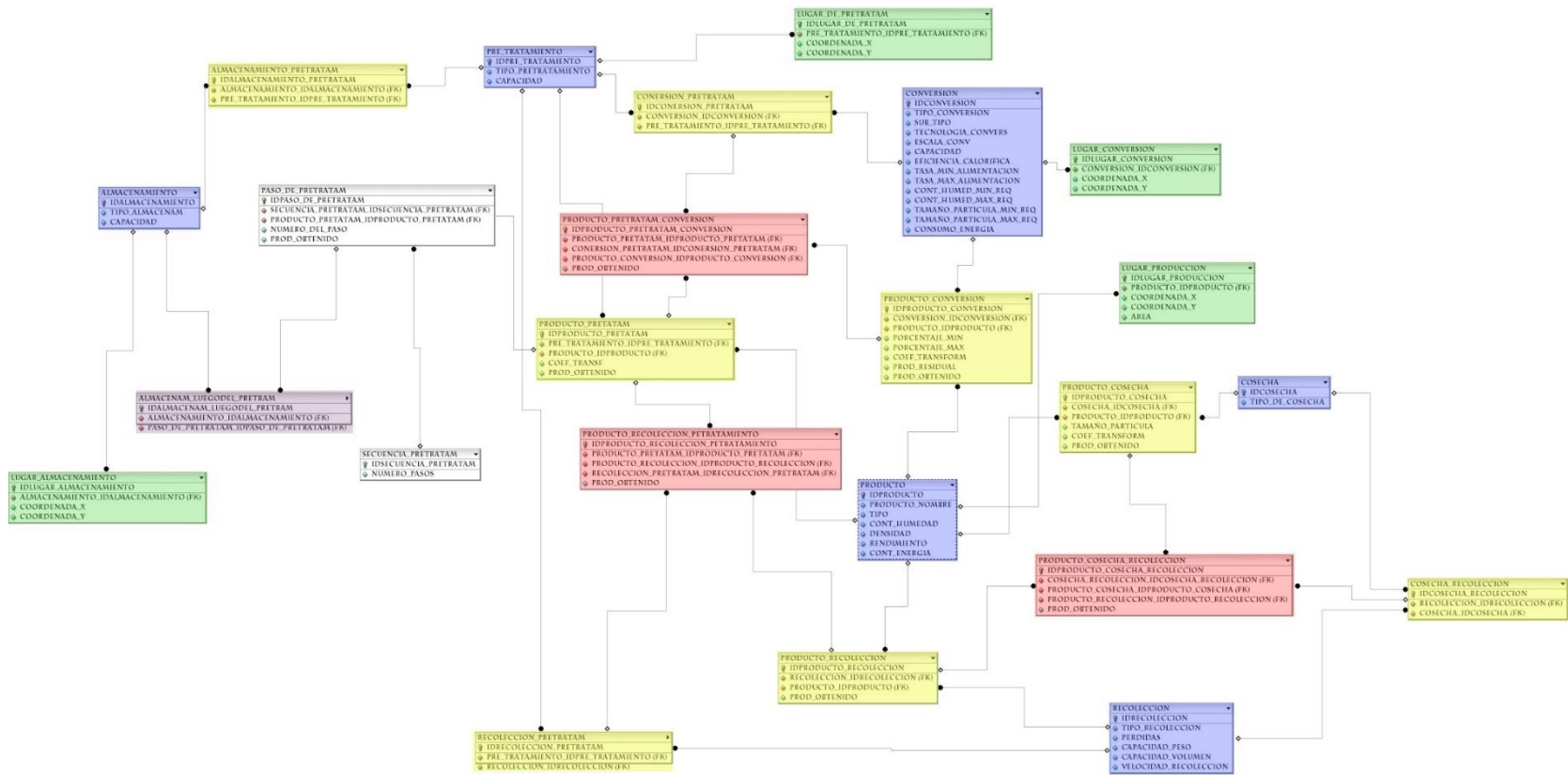


Figura 2.4. Extracción del modelo de datos para describir la cadena de suministro de biomasa cañera. Fuente: Elaboración Propia

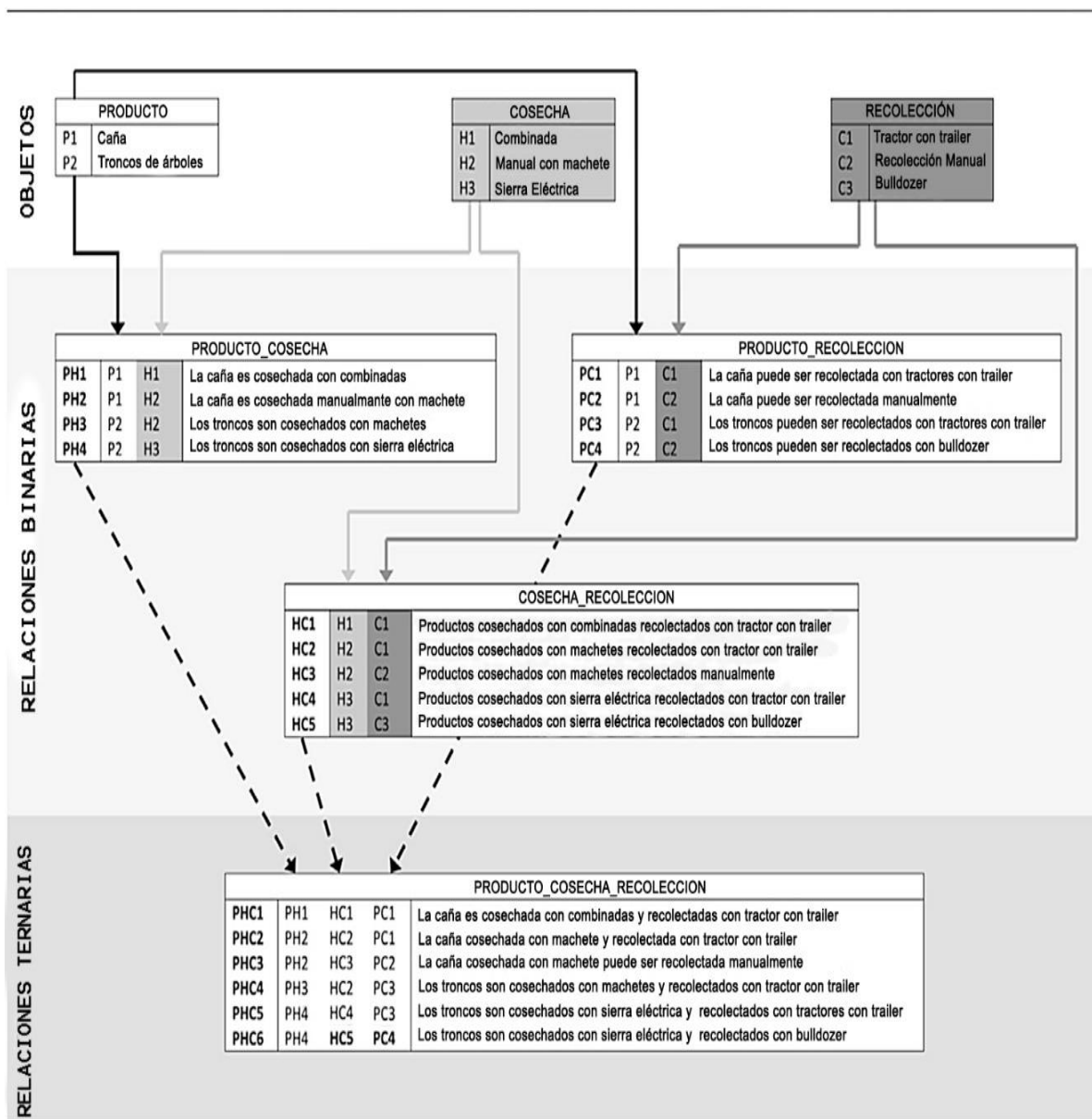


Figura 2.5. Extracto del modelo de datos considerando las relaciones entre “Producto”, “Cosecha” y “Recolección”. Fuente: elaboración propia

2.3.3. Secuencias en los lazos de pretratamiento y conversión y tratamiento a la no ocurrencia de una operación.

Hasta ahora, el modelo de datos con clases binarias y ternarias de relación puede representar la mayor parte de las secuencias posibles de operación. Sin embargo, la estructura del modelo de datos aún no permite representar el lazo de pretratamiento de la figura 2.2, ni la explicación para la restricción de que algunas opciones de pretratamiento deben estar precedidas de otras opciones de pretratamiento específicas. Además, el uso

de subproductos resultado de un proceso de conversión como entrada para una conversión secundaria no ha sido aún considerada. Así como tampoco lo ha sido la posibilidad de que sobre un determinado producto no se realice una determinada operación, es decir la no ocurrencia de uno de los cinco tipos claves de operación.

Para incluir el lazo de pretratamiento y las secuencias posibles de pretratamiento, dos tipos adicionales de objetos son introducidos: “Secuencia_Pretratam” (o secuencia de pretratamiento) y “Paso_de_Pretratam” (o sea paso de pretratamiento) (elementos blancos en la figura 2.4). “Secuencia_Pretratam” representa las secuencias posibles de pretratamiento y almacena para cada secuencia el número de pretratamientos. “Paso_de_Pretratam” identifica para cada operación en una secuencia de pretratamiento el tipo de producto para el cual la secuencia es posible, la opción de pretratamiento ejecutada en ese paso y las características correspondientes del producto pretratado resultante en ése paso. En cada paso, la información acerca del producto y el tipo de pretratamiento es conectada por el atributo clave “producto_pretratam_idproducto_pretratam” que relaciona al objeto “Paso_de_Pretratam ” con la tabla de la relación binaria “Producto_Pretratam”. Esta construcción posibilita seguirles la pista a los cambios en las propiedades de los productos intermedios después de cada paso. Debido a que el tipo de almacenamiento depende de las propiedades de la biomasa antes del almacenamiento, el tipo de objeto “Almacenam_luegodel_pretratam” (elemento violeta en la figura 2.4) se agrega para determinar las opciones de almacenamiento posibles para los tipos de producto en cada paso de la secuencia de pretratamiento.

En la figura 2.6, se muestra un ejemplo que incluyen cuatro alternativas permitidas de secuencia de pretratamiento en el tipo del objeto “Secuencia_Pretratam”. El tipo de secuencia de pretratamiento “SecPr 2” abarca dos pasos de pretratamiento. De “PASO_DE_PRETRATAMIENTO” es claro que la secuencia de pretratamiento 2 (SecPr 2) es aplicable para la opción del producto “caña”, la cual primero es picada en trozos y luego es molida. “ALMACANAM_LUEGODEL_PRETRATAM” entonces identifica que la caña picada en trozos, resultado del paso 1 (PasoPr2), puede guardarse en estiba directa (AlmPr 5) o en una media paleta caja (AlmPr 6) mientras que la caña picada y molida, resultado del paso 2 (PasoPr3), puede guardarse en un silo vertical (AlmPr 7) o en paletas cajas (AlmPr 8).

El hecho de que algunos subproductos, originados de una conversión, puedan ser reutilizado como aporte para un subsiguiente proceso de conversión es tratado por el lazo de conversión. En este proceso secundario de conversión, los mismos tipos claves de

operación entran en juego, así como en el proceso primario de suministro de biomasa: pretratamiento, almacenamiento y conversión. Para hacer el modelo de datos adaptado para este lazo, es suficiente definir opciones adicionales de productos, de pretratamiento, de almacenamiento y de conversión para el objeto correspondiente de la cadena secundaria de conversión. Por supuesto, las combinaciones permitidas entre los tipos de objeto también necesitan ser agregadas a las relaciones binarias y ternarias.

Para incluir la posibilidad de que uno de los cinco tipos claves de operación no ocurra, puede ser introducida una instancia en el objeto que identifique la no ocurrencia de este ("ID 99" en la figura 2.6). En principio, la ausencia de un registro en la tabla "Producto_Pretratamiento" para un producto particular podría ser interpretada como el hecho que dicho producto no es pretratado de ninguna forma. Sin embargo, tal suposición tiene el inconveniente que la información perdida es considerada de igual forma, y por lo tanto la pérdida de información es más difícil de detectar. La adición de un "salto" explícito de operación ("ID 99" en la figura 2.6) permite razonar a lo largo de los valores lógicos de "verdadero o falso".

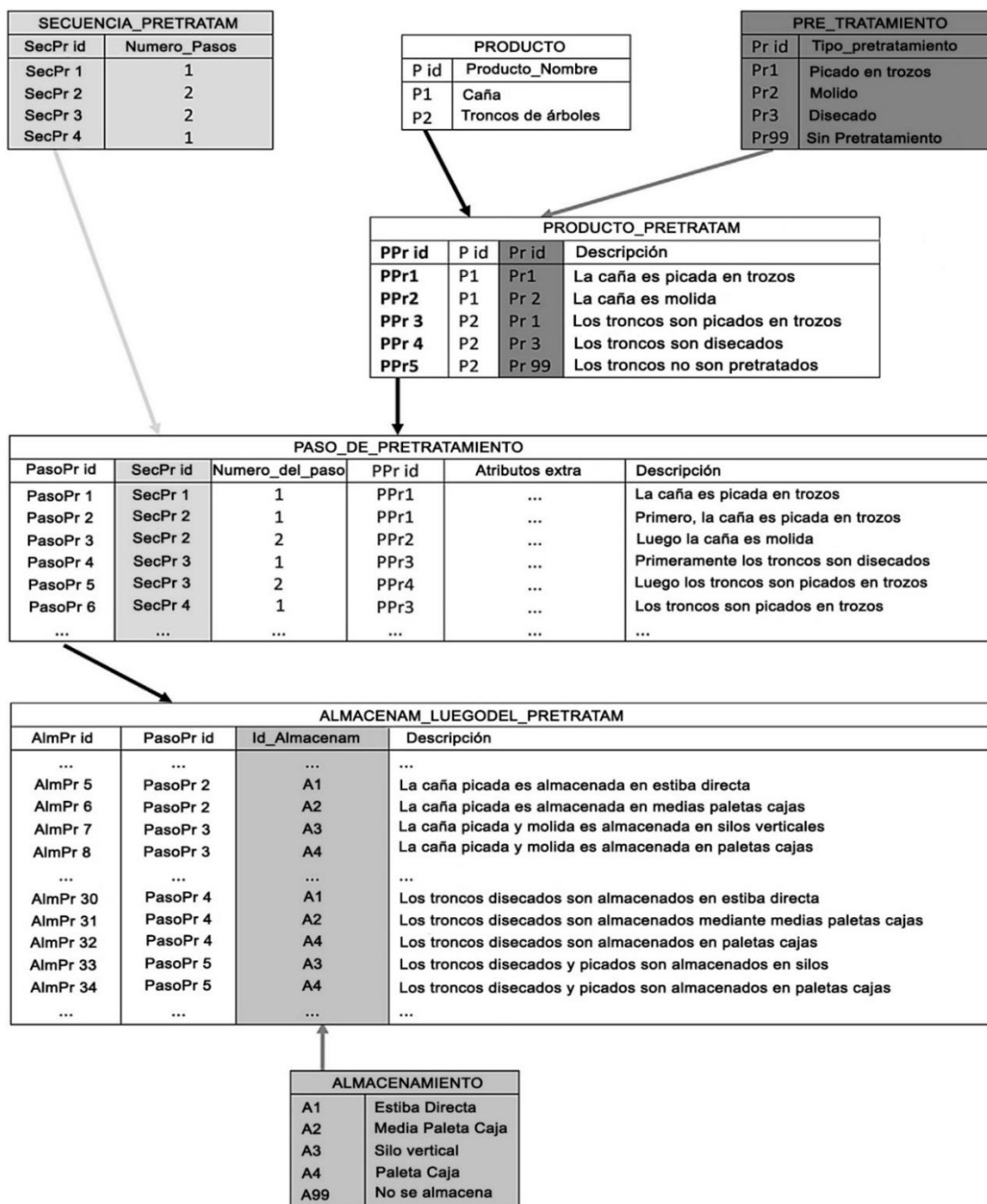


Figura 2.6. Lazo de pretratamiento Fuente: Elaboración propia

2.3.4. Objetos, y relaciones derivados del modelo matemático.

Con todo lo planteado en los epígrafes anteriores el modelo de datos definido hasta este momento (figura 2.4) logra describir toda la cadena de suministro de biomasa cañera, pero deben incluirse algunos elementos considerados en el modelo matemático que son de

importancia para la optimización de esta, siguiendo los parámetros de entrada y las variables (Anexo 2 y 3).

Debido a que el modelo matemático exige datos relacionados con la disponibilidad y rendimiento de los recursos con que se trabaja en las operaciones de recolección, cosecha y pretratamiento aplicadas a los diversos productos, el tipo de objeto “Recurso” (marcada con color rojo en la figura 2.7) pasa a ser una entidad que se relaciona con los objetos que describen las operaciones mencionadas anteriormente que se ejecutan sobre un tipo de producto determinado, descritas en el segundo punto de este epígrafe.

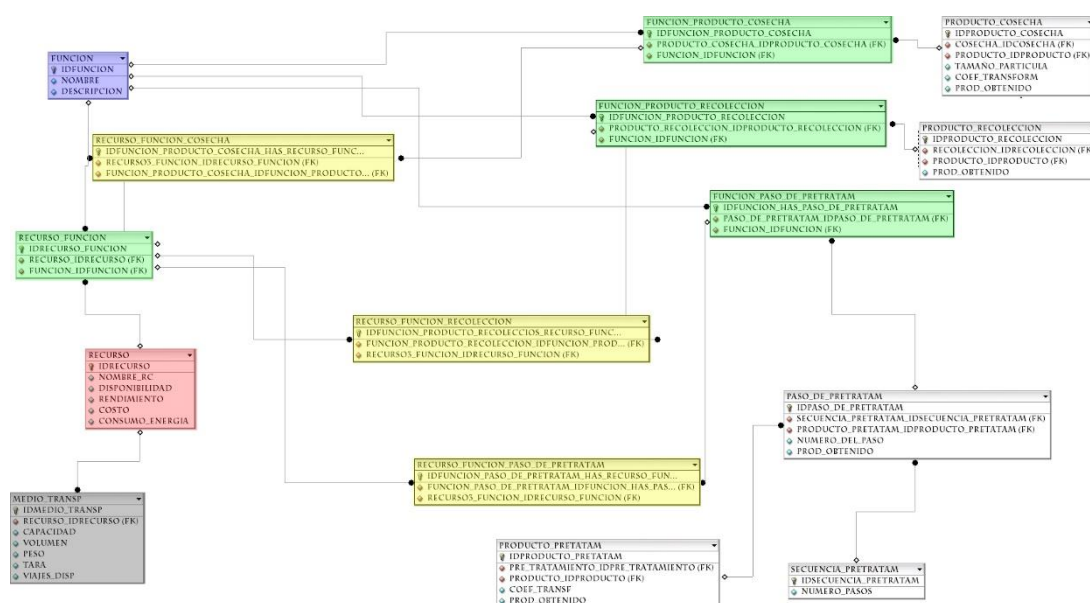


Figura 2.7. Extracción del modelo de datos para describir las relaciones entre funciones, recursos y operaciones. Fuente: Elaboración Propia

Los recursos pueden ser utilizados para realizar diversas funciones dentro de dichas operaciones y dichas funciones pueden ser ejecutadas por diferentes recursos, como ejemplo podremos tomar el caso de cosechar la caña con una combinada que además necesite los servicios de un camión o tractor con remolque a su lado para recoger la caña cortada según vaya desarrollándose dicha operación, como se puede apreciar para realizar este tipo de cosecha se utilizan dos recursos, una combinada para realizar la función de cortar la caña y un camión o tractor con remolque para recoger la caña que va siendo cortada, pero además para ejecutar la función de recoger la caña puede utilizarse dos tipos de recursos, un camión o un tractor con remolque. Para poder incluir la ocurrencia del caso

anterior en el modelo de datos es necesario crear una nueva tabla que se llamará “Función” (marcada con color azul en la figura 2.7) que describirá todas las funciones con que cuenta cada operación y que son desarrolladas por recursos diferentes, este nuevo objeto tendrá una relación muchos a muchos con la tabla recursos y con cada una de las entidades que describen las características de las operaciones citadas anteriormente, dígame: “Producto_Cosecha”, “Producto_Recoleccion” y “Paso_de_Pretratam”. En el caso de la descripción de los recursos a emplear para realizar el pretratamiento a un cierto producto, esta se hace de forma tal que se pueda conocer para cada paso de pretratamiento específico los posibles recursos a emplear, a ello se debe que para la relación muchos a muchos con la tabla función se utilice el objeto “Paso_de_Pretratam”.

Como ya es sabido una relación muchos a muchos trae como consecuencia una relación binaria y la introducción de un nuevo objeto que describa las posibles combinaciones entre las dos tablas relacionadas de esto se desprende la creación de las tablas: “Recurso_Funcion”, “Funcion_Producto_Cosecha”, “Funcion_Producto_Recoleccion” y “Funcion_Paso_de_Pretratam” (marcada con color verde en la figura 2.7). Pero además en cada caso es necesario describir específicamente cual o cuales recursos serán necesarios para realizar determinada función en determinada operación por lo cual se crean tres nuevas relaciones muchos a muchos entre cada una de las funciones de cada operación aplicada a un producto (“Funcion_Producto_Cosecha”, “Funcion_Producto_Recoleccion” y “Funcion_Paso_de_Pretratam”) y los recursos que pueden ser utilizados en cada función (“Recurso_Funcion”), estas relaciones muchos a muchos serán tratadas de igual forma que las anteriormente mencionadas, introduciendo al modelo tres nuevos objetos: “Recurso_Funcion_Cosecha”, “Recurso_Funcion_Recoleccion” y “Recurso_Funcion_Paso_de_Pretratam” (marcada con color amarillo en la figura 2.7).

Otro elemento que tiene en cuenta el modelo matemático es la optimización de la red de transporte para lo cual se debe contar con las especificaciones de los segmentos de carretera, su relación con diferentes nodos de transporte y restricciones de vehículos, todos estos datos se almacenan en el módulo de la red de transporte del componente espacial, el cual no es objetivo de este trabajo, pero para todo ello es necesario conocer las características de los medios de transporte, para saber cuáles de ellos pueden ser utilizados bajo determinadas restricciones de vehículos, por lo cual se añade un nuevo objeto denominado “Medio_transp” (elemento de color gris en la figura 2.7). Este nuevo objeto es considerado un tipo de recurso, pero con características propias, por lo cual se hace necesario una relación que identifique mediante una llave foránea en la tabla

“Medio_transp” el equipo del cual describe dichas características específicas (capacidad, volumen, peso, tara, viajes disponibles). Como conclusión de esto último la tabla “Recurso” no solo describirá los recursos utilizados en las diferentes operaciones sino también contendrá los medios necesitados para el transporte por la red de carreteras que almacenará el módulo de la red de transporte del componente espacial.

El modelo además necesita de ciertos parámetros y características específicas relacionados con los centrales donde se realizan las operaciones de conversión (norma potencial, capacidad de molienda, días de zafra e índice de generación) en general el central en si es una localización pero la cual cuenta con características propias por lo cual se crea una nueva tabla denominada “Central” (ver en figura 2.8) que tendrá una relación uno a muchos con el objeto “Lugar_conversion” y el cual brindará su identificador como llave foránea en la tabla “Central”.

Con todos los elementos descritos anteriormente se completa el diseño del modelo de datos en cuestión, cuyo diagrama completo se puede observar en la figura 2.8, el cual formará parte del DSS que se describe en los primeros epígrafes de la presente investigación.

2.4. Implementación física del modelo de datos.

Para lograr implementar correctamente el modelo de datos propuesto, el mismo debe ser nutrido con datos de entrada que caractericen la cadena de suministro de biomasa cañera para la cogeneración de energía. Pero debido a que un correcto diseño del modelo de datos no garantiza que los datos introducidos en este sean correctos, es necesario el conocimiento de la CSB en cuestión y las características de cada objeto descrita por sus atributos en el modelo de datos propuesto. Para lograr la correcta introducción de los datos es necesario comprender en que consiste cada uno de los atributos de los objetos en la base de dato, por lo cual en el Anexo 4 se describe cada uno de los atributos y se presenta su unidad de medida, en caso de que sea medible, así como el tipo de dato correspondiente. La energía de la caña se debe principalmente a la energía química de su parte fibrosa (bagazo, hojas, etc.) y de su jugo, compuesto básicamente por sacarosa como compuesto químico portador de energía. Se acostumbra a referir las energías obtenidas a una tonelada de caña molida, entendiendo como tal únicamente los tallos limpios cuando una buena parte de las posibilidades energéticas de la caña integral, están en los residuos agrícolas cañeros (RAC), que normalmente no se muelen. La energía de la caña podría estimarse aproximadamente (despreciando la porción sensible o térmica y otros efectos) como la suma de las energías químicas del bagazo seco, de la sacarosa y de los componentes combustibles de los RAC. Para una composición típica, con fines ilustrativos en la tabla 2.1 se muestra la composición energética de los componentes de la caña, así como de sus residuos agrícolas.

Tabla 2.1. Contenido energético de la caña de azúcar (composición típica)

Componente	Contenido % caña molida	Energía MJ/kg	Energía kWh/t caña
Bagazo seco	14	17	660
Sacarosa	15	15	625
Ceniza	1	0	0
Agua	70	0	0
Subtotal (caña limpia)	100	-	1285
RAC secos disponibles	9	17	425
Total	109	-	1710

Fuente: (Basterra, 2006)

De la tabla 2.1 resulta evidente que todos estos componentes son instancias en la tabla “Productos” por lo cual se han tomado en cuenta en el llenado de la base de datos. Si se supone como producción básica el azúcar, la energía disponible para su conversión ulterior será, sobre todo, el bagazo, los RAC, y la de los residuos industriales con algún contenido energético sobrante: miel, residuales azucarados, etc. En el modelado y optimización de la cadena de suministro de biomasa cañera se debe considerar que en condiciones determinadas puede resultar ventajoso desviar total o parcialmente los esquemas de producción hacia la obtención de energía en detrimento de las producciones tradicionales. Para lograr generar energía mediante el uso de biomasa cañera es necesario la utilización de diversos métodos de conversión.

En la actualidad existe un elevado número de tecnologías en procesos de conversión, que podrían valorarse como alternativas en los procesos inversionistas de cogeneración en la industria energética en el futuro, entre ellas se tiene: ciclos combinados con el empleo de la gasificación de la biomasa (diferentes variantes), turbina de contrapresión y turbina de extracción-condensación que con una alta eficiencia permite alcanzar más de 350 kWh. En lo tocante a la combustión del bagazo y demás biomásas, se acude a los sistemas de parrilla (lecho fijo). En todos los casos se utiliza el bagazo como combustible fundamental, pero la mayoría opera con un combustible complementario en los períodos fuera de zafra, para aumentar las horas de operación anual y buscar disminuir el tiempo de recuperación de la inversión. Además, existen otras tecnologías en estudio que en un futuro serán perfectamente aplicables tales como: los ciclos combinados que tienen la ventaja de ser más eficientes que los de vapor exclusivamente, por lo que se ha pensado en la posibilidad de aplicarlos al caso de cogeneración en centrales azucareros. Esta variante implica la gasificación del bagazo para ser quemado en una turbina de gas en la que se obtendría energía eléctrica. Los gases de escape de esta turbina serían utilizados para generar vapor en una caldera recuperativa, y para secar el bagazo que será gasificado. También se ha comenzado a estudiar la posibilidad de utilizar en celdas combustibles el gas obtenido a partir de la biomasa. Esta variante es todavía más cara que las analizadas hasta aquí, pero promete eficiencias totales de hasta un 80% y eficiencias eléctricas de 30% o más. Es posible incluso, combinando con gasificadores, los cuales son capaces de utilizar una fuente de calor externa para el proceso de gasificación, con celdas combustibles de alta temperatura, obtener eficiencias eléctricas de hasta un 51%. Esta diferencia tan drástica con respecto a la variante anterior se debe a que el calor residual de la celda combustible

se reintroduce en el gasificador y de esta forma este consume menos energía química del combustible para el proceso de gasificación. La desalinización de agua de mar como típico proceso de cogeneración de vapor y electricidad, pudiera dar pie a diseñar fábricas que trabajen todo el año, evaporando guarapo de caña y agua de mar y utilizando bagazo, RAC y otros combustibles, en las épocas alternas conocidas.

Hasta ahora hemos descritos posibles productos y métodos de conversión que estarán descritos dentro de la base de datos implementada, pero todo en la cadena de suministro de biomasa cañera no es productos y métodos de conversión solamente, también se necesita para el llenado de esta tener conocimiento de los métodos de almacenamiento, cosecha, recolección y pretratamiento, además de conocer los equipos y recursos a emplear en cada una de estas operaciones. Otro elemento de importancia es el conocimiento de la ubicación espacial de las instalaciones de operación y de los campos de producción de caña. Para recolectar toda esta información se realizó una búsqueda bibliográfica de autores como (Basterra, 2006, Beheshti, 2010, Caputo, 2005, Cherubini and Strømman, 2011, De Meyer et al., 2016, De Meyer et al., 2013, Dunnett et al., 2007, Iakovou et al., 2010a, Uslu et al., 2008) y consulta a empresas como GeoCuba y Azcuba.

Pero toda la información recolectada solo sirve de base para una futura implementación del DSS una vez que hayan sido conectados todos sus módulos, ya que la información contenida en la base de datos ira surgiendo según las necesidades y según se vayan obteniendo resultados de optimización de localizaciones, recursos y secuencias dentro de la cadena de suministro de biomasa cañera.

2.5. Conclusiones parciales

- En el presente capítulo se propuso la arquitectura del DSS que se utilizará para optimizar decisiones en cadenas de suministro de biomasa cañera para cogeneración de energía.
- Dentro de la propuesta realizada se desarrolló el módulo de base de datos que permite contener los parámetros requeridos por el módulo de optimización para el diseño de la cadena de suministro.

Conclusiones Generales

- El estudio bibliográfico realizado para la construcción del marco teórico – referencial de la investigación permitió identificar los aspectos relevantes que deben ser considerados en el diseño de un DSS. Es importante considerar que pueden emplear la información proveniente de otros sistemas de la organización, se basan en modelos preestablecidos y apoyan la toma de decisiones a problemas principalmente semiestructurados y no estructurados.
- La arquitectura de un DSS para optimizar decisiones estratégicas y tácticas en cadenas de suministro de biomasa cañera para la cogeneración de energía debe incluir tres módulos integrados: un módulo de base de datos, un módulo de optimización y un módulo de consulta. El módulo de optimización debe incluir un modelo matemático que tiene como meta analizar restricciones de la cadena de suministro, la red multimodal disponible de transporte y las interrelaciones correspondientes entre productos y operaciones y entre operaciones.
- El modelo de datos debe estar dividido en un componente espacial y uno no espacial, para que logre contener los parámetros de entrada y las variables del modelo de optimización propuesto por Piedra Jiménez (2017). El componente no espacial se basa en el ciclo de vida de la CSB para la generación de energía y el componente espacial abarca los datos georreferenciales necesarios.

Recomendaciones

- Realizar el módulo de consultas y la interfaz de usuario del DSS propuesto.
- Desarrollar el DSS íntegramente dándole funcionalidad e interconexión entre sus partes integrantes para así poder ponerlo en práctica.
- Probar la efectividad del DSS aplicándolo a la situación real de la cadena de suministro de biomasa cañera para la cogeneración.

Bibliografía

- ALTER, S. 1980. Decision Support Systems: Current and Continuing Challenges. *Addison-Wesley Publishing Co., USA*.
- ANEX, R. P. 2010. Techno-economic comparison of biomass-to-transportation fuels via pyrolysis, gasification, and biochemical pathways. *Fuel*, 89, S29–S35.
- ARNOTT, D. & PERVAN, G. 2005. A critical analysis of decision support systems research. *J. Inf. Technol*, 20, 67-87.
- ARNTZEN, B. C., BROWN, G. G., HARRISON, T. P. & TRAFTON, L. L. 1995. Global supply chain management at Digital Equipment Corporation. *Interfaces*, 25, 69-93.
- AYOUB, N. 2007. Two levels decision system for efficient planning and implementation of bioenergy production. *Energy Conversion and Management*, 48(3), 709–723.
- BALLOU, R. H. 1991. *La logística empresarial, Control y Planificación*, España, Ediciones Díaz Santos.
- BALLOU, R. H. 2004. *Logística: Administración de la Cadena de Suministros*, 5ª Edición, Mexico, Edit. Mc Graw Hill.
- BALLOU, R. H. 2005. *Logística: Administración de la cadena de suministro*, Mexico, Pearson Educación.
- BARBA-ROMERO, S. & POMEROL, J. C. 1997. Decisiones multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica. *Colección de economía, Universidad de Alcalá. Madrid*.
- BASTERRA, E. G. 2006. *Análisis de alternativas de centrales energéticas cañeras en Cuba*. Universidad Central “Marta Abreu de Las Villas”.
- BAYOS, M. A. & BENÍTEZ, M. A. 1994. *Diccionario de Técnicas Económicas.*, Editorial Félix Varela.
- BEHESHTI, H. M. 2010. A decision support system for improving performance of inventory management in a supply chain network. *Int. J. Product. Perform. Manag*, 59, 452-467.
- BLANCHARD, B. 1998. *Logistics Engineering and Management*, USA, Prentice Hall.
- BLIGOO. 2014. Concepto de datos, información, informática, telemática, ofimática, burocrática, domótica y orgware. Available from:

<http://www.bligoo.com/concepto-de-datos-informacion-informatica-telematica-ofimactica-burocratica-domotica-orgware.htm>.

- BOWERSOX, D. J. 1979. Towards Total Logistical Management, Wentworth, Gower Press.
- BRAVO, M. D. L., NAIM, M. M. & POTTER, A. 2012. Key issues of the upstream segment of biofuels supply chain: a qualitative analysis. *Logistics Research*, 5(1-2).
- CAPUTO, A. C. 2005. Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistic variables. . *Biomass and Bioenergy*, 28(1).
- CASTRO ZULUAGA, C. A., URIBE CADAVID, D. C. & CASTRO URREGO, J. A. 2014. Marco de Referencia para el Desarrollo de un Sistema de Apoyo para la Toma de Decisiones para la Gestión de Inventarios. *INGE CUC*, 10, 32-44.
- CIENTEC. S/F. Claves y Componentes de la Inteligencia de Negocio. Available: <http://www.cientec.com/analisis/ana-claves.html>.
- COBOS L, C. A., TIMANÁ P, J. A. & VALENCIA VALLEJO, R. 2008. Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones para procesos de germinación y cultivo en invernaderos. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 6.
- CORPORATION, M. 2004. Guía de Estrategia de Business Intelligence. Available: http://download.microsoft.com/download/4/5/4/45454789-4362-4f66-9e42-0cbf897dfe0c/guia_estrategia_BI.pdf.
- CSCMP. 2014. Supply Chain Management and Logistics Management Definitions. *Council of Supply Chain Management Professional* [Online]. Available: <http://www.cscmp.org/Website/AboutCSCMP/Definitions/Definitions.asp>.
- CZINKOTA & KOTABE 2014. Concepto de información - Definición, Significado y Qué es.
- CHEN, M. 2008. Data, Information and Knowledge in Visualization. *IEEE Computer Society*, 5.
- CHERUBINI, F. & STRØMMAN, A. H. 2011. Life cycle assessment of bioenergy systems: state of the art and future challenges. *Bioresource technology*, 102.
- CHIAVENATO, I. 2014. Concepto de información - Definición, Significado y Qué es. Available from: <http://definicion.de/informacion/#ixzz2rpLHXuj4>.
- DANIER J, P. 2012. Decision Support Systems Resources. *DSS resources* [Online]. Available: www.dssresources.com.

- DE MEYER, A. 2014. Methods to optimise the design and management of biomass-for-bioenergy supply chains: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [Online], 31. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84892908095&partnerID=40&md5=0505c7b64f36ac92eb91bc4a251b063b>.
- DE MEYER, A., SNOECK, M., CATTRYSSE, D. & VAN ORSHOVEN, J. 2016. A reference data model to support biomass supply chain modelling and optimisation. *Environmental Modelling & Software*, 83.
- DE MEYER, A., VAN ORSHOVEN, J. & CATTRYSSE, D. 2013. Conceptual decision support system to optimise strategic decisions in biomass-for-bioenergy supply chains. *Vervoerslogistieke Werkdagen*
- DE RORE, L., SNOECK, M. & DEDENE, G. Domain modelling pattern: three-party pattern. In: LONGSHAW, A., ZDUN, U. (EDS.), EUROPLP, ed. 10th European Conference on Pattern Languages of Programs, 2005 Irsee, Germany. 689-702.
- DRESNER, H. 1992. El centro de la competencia de la Inteligencia de Negocio. *Gartner Group* [Online]. Available: <http://www.gartner.com/technology/home.jsp>.
- DUNNETT, A., ADJIMAN, C. & SHAH, N. 2007. Biomass to Heat Supply Chains: Applications of Process Optimization. *Process Safety and Environmental Protection*. 85(5), 419–429.
- EIA 2011. International Energy Outlook 2011. *U.S. Energy Information Administration*.
- ENGINEERING, N. S/F. La inteligencia de negocio. Available: <http://www.nexteleng.es>.
- FORBES. 2010. Managing Information in the Enterprise: Perspectives for Business Leaders. Available: <http://www.forbes.com/forbesinsights>.
- GEBC 2016. Programa para el incremento de la generación con biomasa cañera
- GOMES, L. F. A. M. & DUARTE, A. 1991. Una evaluación de proyectos con múltiples criterios. *Produção*, 2, 5-19.
- GRONALT, M. & RAUCH, P. 2007. Designing a regional forest fuel supply network. *Biomass and Bioenergy*, 31(6), 393–402.
- HALEEM, A. A. 2015. Case study: Optimisation of Federal Land Development Authority Jengka supply chain management using P-graph approach.

- Chemical Engineering Transactions* [Online], 45. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946142221&partnerID=40&md5=f74884f282f6a817d213ca401c557da7>.
- HAQ, Z. & EASTERLY, J. L. 2006. Agricultural Residue Availability in the United States. In J. D. McMillan et al., eds. . *Twenty-Seventh Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals*. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-59745-268-7_2.
- IAKOVOU, E., KARAGIANNIDIS, A., VLACHOS, D., TOKA, A. & MALAMAKIS, A. 2010a. Waste biomass-to-energy supply chain management: a critical synthesis. *Waste Manag.* .
- IAKOVOU, E., KARAGIANNIDIS, A., VLACHOS, D., TOKA, A. & MALAMAKIS, A. 2010b. Waste biomass-to-energy supply chain management: a critical synthesis. *Waste Management*, 30, 1860 –1870.
- IBERMÁTICA. 2008. Inteligencia de negocio. Available: <http://www.ibermatica/publicaciones/Bussines>.
- IGERENCIA. 2010. El manejo inteligente de la información. Available: http://www.igerencia.com/inteligencia_de_negocios.
- KNUDSEN GONZÁLEZ, J. 2005. *Diseño y gestión de la cadena de suministro de los residuos agroindustriales de la caña de azúcar. Aplicados a los residuos agroindustriales cañeros, el bagazo y las mieles*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Santa Clara., Universidad Central Martha Abreu de las Villas.
- LALONDE, B. J. & GRABNER, J. R. 1971. New dimensions in integrated distribution management. *Freight Management*.
- LAUDON, K. C. & LAUDON, J. P. 2011. Essentials of management information systems. *Boston: Prentice Hall*.
- LEHTIKANGAS, P. 2001. Quality properties of pelletised sawdust, logging residues and bark. . *Biomass and Bioenergy*, 20(5), 351–360.
- LOGÍSTICA, C. E. D. 2003. Diccionario de términos y definiciones logísticas. España.
- MADLENER, R. & BACHHIESL, M. 2007. Socio-economic drivers of large urban biomass cogeneration: Sustainable energy supply for Austria's capital Vienna. *Energy Policy*, 35(2), 1075–1087.
- MAFAKHERI, F. & NASIRI, F. 2014. Modeling of biomass-to-energy supply chain operations : Applications , challenges and research directions. *Energy Policy* [Online], 67. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.11.071>.

- MAGEE, J. 1960. *Industrial Logistics, Management*, Michigan State University.
- MARRERO DELGADO, F. 2002. *Procedimientos para la toma de decisiones logísticas con enfoque multicriterio en la cadena de corte, alza y transporte de la caña de azúcar. Aplicaciones en CAI de la provincia Villa Clara*
UCLV.
- MARTÍN, A. J. 2002. *Un sistema de ayuda a la decisión multiatributo con asignaciones imprecisas*. Universidad Politécnica de Madrid.
- MEYR, H., WAGNER, M. & ROHDE, J. 2002. Structure of advanced planning systems. *Supply Chain Management and Advanced Planning*. Springer.
- MITHAS, S., RAMASUBBU, N. & SAMBAMURTHY, V. 2011. How information management capability influences firm performance. *MIS Quarterly*.
- MÖLLER, B. 2004. Least-cost allocation strategies for wood fuel supply for distributed generation in Denmark. *International Journal of Sustainable Energy (print Edition)*, 23(4).
- ONEI. 2015. Anuario Estadístico De Cuba 2014. Available: <http://www.one.cu/aec2014/10> Minería y energía.pdf.
- OSPINA, G. A. T. 2016. *Desarrollo de un sistema DSS de Inteligencia de Negocios utilizando Oracle Apex 4.2.5 y Oracle Warehouse Builder para la empresa Redpartner*. UDLA.
- PÉREZ, L. G. & DELGADO, E. M. 2008. Base conceptual de un Sistema Inteligente de Apoyo a las Decisiones Multicriterio 14 *Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura*.
- PIEDRA JIMÉNEZ, F. C. 2017. *Modelo matemático para optimizar decisiones estratégicas y tácticas en cadenas de suministro de biomasa cañera para cogeneración de energía*. Tesis presentada en opción al grado científico de Master en Ingeniería Industrial. Mención producción y logística, Universidad Central Martha Abreu de las Villas.
- PONJUÁN. 2014. Gestión de la Información. Available: <http://www.ecured.cu/index.php/Categor%C3%ADa:Ciencias de la Informaci%C3%B3n>.
- RALPH H., S. & HUGH J., W. 1993. Decision Support Systems. Putting theory into practice. *Prentice-Hall International*,.
- RAUSCH, P., SHETA, A. & AYESH, A. 2013. Business Intelligence and Performance Management - Theory, Systems and Industrial Applications. London, UK: Springer-Verlag.

- RENDER, B. & HEIZER, J. 1996. Principios de administración de operaciones. *Prentice Hall Hispanoamericana S.A., Mexico.*
- RENTIZELAS, A. A., TOLIS, A. J. & TATSIPOULOS, I. P. 2009. Logistics issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13.
- REZA ZANJIRANI FARAHANI, S. R., DREZNER, T. & FALLAH, S. 2014. Competitive supply chain network design :An over view of classifications, models, solution techniques and applications. *Omega*, 45, 92-118.
- ROMERO, C. 1993. *Teoría de la decisión multicriterio: conceptos, técnicas y aplicaciones.* , Madrid, Alianza Editorial.
- SABRI, E. H. & BEAMON, B. M. 2000. A multi-objective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design. *Omega*, 28, 581-598.
- SÁEZ MOSQUERA, I. 2009. Inteligencia Empresarial. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Facultad de Ingeniería Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial. Colectivo de Informática Empresarial.
- SCHMIDT, G. 2000. Strategic, tactical and operational decisions in multi-national logistics networks: a review and decision of modelling issues. *International Journal of Production Research*, 38, 1501-1523.
- SHANG, J., TADIKAMALLA, P., KIRSCH, L. & BROWN, L. 2008. A decision support system for managing inventory at GlaxoSmithKline. 46, 1-13.
- SIMS, R. E. & VENTURI, P. 2004. All-year-round harvesting of short rotation coppice eucalyptus compared with the delivered costs of biomass from more conventional short season, harvesting systems. . *Biomass and Bioenergy*, 26(1), 27–37.
- SNOECK, M. 2014. The MERODE approach. In: Enterprise Information Systems Engineering. *Springer.*
- STANDLER H, K. C. 2008. Supply chain management and advance planning. *Springer, Berlin.*
- URBINA, H. N. C. 2015. *Sistema de Soporte de Decisiones (DSS), en el Área de comercialización de productos, en el Supermercado La Matagalpa.*, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- USLU, A., FAAIJ, A. P. C. & BERGMAN, P. C. A. 2008. Pre-treatment technologies, and their effect on international bioenergy supply chain logistics. Techno-economic evaluation of torrefaction, fast pyrolysis and pelletisation. *Energy Policy*, 33(8), 1206–1223.

- VERCELLIS, C. 2009. *Business Intelligence: Data Mining and Optimization for Decision Making*.
- VIDAL, C. J. & GOETSCHALCKX, M. 1997. Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models. *European Journal of Operational Research*, 98, 1-18.
- WEE, H.-M. 2012. Renewable energy supply chains, performance, application barriers, and strategies for further development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 5415-5465.
- WOLFSMAYR, U. J. & RAUCH, P. 2014. The primary forest fuel supply chain: A literature review. *Biomass and Bioenergy*, 60, 203-221.
- WORTMANN, J. C. 1992. Flexibility of standard software packages for production-inventory control. *Prod. Plan. Control*, 3, 290-299.
- ZINS, C. 2007. Conceptual Approaches for Defining Data, Information, and Knowledge. *American Society for Information Science and Technology*.

Anexos

Anexo 1: Clasificación de las decisiones en relación a su jerarquía

Tipo de decisiones	Flujo material
Estratégicas	• Número de instalaciones • Ubicación de las instalaciones • Capacidad de las instalaciones • Tipos de instalaciones (manufactura, almacenes, etc.) • Selección de los proveedores
Tácticas	• Previsión de la demanda • Cantidad de materias primas y productos para producir y enviar a las instalaciones • Cantidad de materias primas, producción intermedia y terminada para sostener el inventario • Seleccionar medios y rutas para el transporte • Volumen y tipo de inventario • Stock de seguridad
Operativas	• Control de inventarios • Reposición del stock • Evaluación de las prestaciones del suministrador • Precio • Cumplimiento de la demanda • Control de calidad

Anexo 2: Parámetros de entrada del modelo matemático de Piedra Jiménez (2017)

Parámetros		
Símbolo	Descripción	Unidad
Parámetros técnicos		
RED_b^t	Rendimiento de biomasa tipo $b \in B^{MP}$ en período de tiempo $t \in T$	t/ha
$AREA_i$	Área del sitio de cosecha $n \in I$	ha
Rh_{eh}^t	Rendimiento promedio de recurso $E = E^H \cup E^P \cup E^R$ en el período de tiempo $t \in T$	
D_{estv}^h	Disponibilidad de recursos $e \in E$ para utilizar en la cosecha en la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	UF
D_{estv}^g	Disponibilidad de recursos $e \in E$ para utilizar en pretratamiento en la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	UF
D_{estv}^l	Disponibilidad de recursos $e \in E$ para recolectar en la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	UF
$CAPCB_{bj}^{tv}$	Capacidad del centro de beneficio $n \in J$ para procesar biomasa $b \in B^{MP}$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t * dzf
$CAPC_{gbk}^{tv}$	Capacidad del central con tecnología $g \in G$ localizado en $n \in K$ para procesar biomasa $b \in B^{MP}$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t * dzf
$CAPGZ_{kg}^{tv}$	Capacidad de generación en periodo de zafra del central localizado en $n \in J$ con tecnología $g \in G$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	MWh/año
$CAPGZ_{kg}^{tv}$	Capacidad de generación en periodo fuera de zafra de bioeléctrica localizado en $n \in J$ con tecnología $g \in G$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	MWh/año
IG_{kg}^{tv}	Índice de generación del central localizado en $n \in J$ con tecnología $g \in G$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	MWh/tcaña
CI_{kg}^{tv}	Consumo interno de electricidad en zafra del central localizado en $n \in J$ con tecnología $g \in G$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	MWh/año
QB_{bkg}^{tv}	Cantidad de biomasa $b \in B^{PI}$ generada por el central localizado en $n \in J$ con tecnología $g \in G$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t/año
$ICAP_{lbtv}^{out}$	Capacidad de almacenamiento de producto de salida $b \in B^{PF}$ en almacén $n \in K$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t/año
γ_{bb}^h	Coeficiente de transformación de biomasa $b \in B^{MP} \cup B^{PI}$ a biomasa $b \in B^{PI} \cup B^{PF}$ usando la tecnología $h \in H$	%
CMT_m	Capacidad del medio de transporte $m \in M$	Kg
DT_m^t	Disponibilidad del medio de transporte $m \in M$ en el periodo $t \in T$	unidad
$DIST_{nn'm}$	Distancia entre el nodo $n \in N$ a nodo $n' \in N$ usando el modo de transporte $m \in M$	km
Nv_m^{tv}	Cantidad de viajes disponibles del medio de transporte $m \in M$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	entero
$d_{nn'}$	Distancia entre el nodo $n \in N$ y el nodo $n' \in N$	km
D_k^{tv}	Demanda de electricidad a bioeléctrica $n \in K$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	MWh/año
ρ^{tjv}	Parámetro binaria, 1 si la instalación localizada $n \in K$ puede como tributario bajo la variante $v \in V$, 0 lo contrario	[0,1]
ρ^{bjv}	Parámetro binaria, 1 si la instalación localizada $n \in K$ puede como bioeléctrica bajo la variante $v \in V$, 0 lo contrario	[0,1]
$NBio$	Máximo número de bioeléctrica que se pueden abrir bajo la variante $v \in V$	entero
$NTrib$	Máximo número de bioeléctrica que se pueden abrir bajo la variante $v \in V$	entero
Parámetros monetarios		

CIB_{kg}^v	Costo de inversión unitario una bioeléctrica en $n \in K$ con tecnología $g \in G$ bajo la variante $v \in V$	MMUSD/MW
CIT_k^v	Costo de inversión unitario en un tributario $n \in K$ con tecnología bajo la variante $v \in V$	MMUSD/MW
CIA_l^v	Costo de inversión para construir almacén en $n \in L$ bajo la variante $v \in V$	MMUSD
CIE_l^v	Costo de inversión para comprar recurso $E = E^H \cup E^P \cup E^R$ bajo la variante $v \in V$	MMUSD
CIM_l^v	Costo de inversión para comprar medio de transporte $m \in M$ bajo la variante $v \in V$	MMUSD
CFK_{kg}^{tv}	Costo fijo de operación durante zafra del central $n \in K$ con tecnología en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	MMUSD/año
$CFKZ_{kg}^{tv}$	Costo fijo de operación fuera de zafra de bioeléctrica $n \in K$ con tecnología $g \in G$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	MMUSD/año
CFL_{kg}^{tv}	Costo fijo de operación de almacén $n \in L$ con tecnología $g \in G$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	MMUSD/año
CFJ_j^{tv}	Costo fijo de operación de Centro de beneficio $n \in J$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	MMUSD/año
CUK_{bkg}^{tv}	Costo unitario de procesar biomasa $b \in B^{MP}$ en el central $n \in K$ con tecnología $g \in G$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	\$/t
$CUKGZ_{bkg}^{tv}$	Costo unitario de generar electricidad durante zafra en el central $n \in K$ con tecnología $g \in G$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	\$/ MW
$CUKG_{bkg}^{tv}$	Costo unitario de generar electricidad fuera de zafra en el central $n \in K$ con tecnología $g \in G$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	\$/ MW
CUL_{bkg}^{tv}	Costo unitario de procesar y manipular producto en el almacén $n \in L$ con tecnología $g \in G$ en el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	\$/t
CUT_m^{tv}	costo variable por t-km del medio de transporte $m \in M$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	\$/t-km
CFT_m^{tv}	Costo fijo por viaje del medio de transporte $m \in M$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	\$/t-km

Anexo 3: Variables de decisión del modelo matemático de Piedra Jiménez (2017)

Variables		
Símbolo	Descripción	Unidad
Decisiones de localización		
$\gamma_{n/v}^{trib}$	Variable binaria 1 si la instalación localizada $n \in J$ abre como tributario bajo la variante $v \in V$, 0 lo contrario	[0,1]
$\gamma_{n/v}^{bio}$	Variable binaria 1 si la instalación localizada $n \in J$ abre como bioeléctrica bajo la variante $v \in V$, 0 lo contrario	[0,1]
Decisiones asociadas a sitios de cosecha		
Q_{bish}^{tv}	Cantidad de biomasa $b \in B^{MP}$ a cosechar en sitio $n \in I$ perteneciente a la entidad suministradora $s \in S$ utilizando el método de cosecha $h \in H$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t/zafra
QH_{bish}^{tv}	Cantidad de biomasa $b \in B^{PI} \cup B^F$ cosechada en sitio $n \in I$ perteneciente a la entidad suministradora $s \in S$ utilizando el método de cosecha $h \in H$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$, 0	t/zafra
Q_{bish}^{tv}	Cantidad de biomasa $b \in B^{PI} \cup B^F$ directamente a transportar, cosechada en sitio $n \in I$ perteneciente a la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t/zafra
Q_{bisg}^{tv}	Cantidad de biomasa $b \in B^{PI}$ a pretratar en sitio $n \in I$ perteneciente a la entidad suministradora $s \in S$ utilizando el método de pretratamiento $g \in P$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t/zafra
QP_{bisg}^{tv}	Cantidad de biomasa $b \in B^{PF}$ pretratada en sitio $n \in I$ perteneciente a la entidad suministradora $s \in S$ utilizando el método de pretratamiento $g \in P$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t/zafra
Q_{bisl}^{tv}	Cantidad de biomasa $b \in B^{PF}$ a recolectar en sitio $n \in I$ perteneciente a la entidad suministradora $s \in S$ utilizando el método de recolección $l \in L$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t/zafra
QL_{bisl}^{tv}	Cantidad de biomasa $b \in B^{PF}$ recolectada en sitio $n \in I$ perteneciente a la entidad suministradora $s \in S$ utilizando el método de recolección $l \in L$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t/zafra
X_{bis}^{tv}	Cantidad de biomasa $b \in B^{PI} \cup B^{PF}$ directamente a transportar obtenida en sitio $n \in I$ perteneciente a la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t/zafra
Y_{esh}^{tv}	Variable entera, que indica si el método de cosecha $h \in H$ utilizando el recurso $e \in E$ se aplica o no al tipo de biomasa $b \in B^{MP}$ a cosechar en sitio $n \in I$ perteneciente a la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	Entera $Q_{esh}^{tv} \geq 0$
Y_{es}^{+h}	Variable auxiliar entera, que indica la cantidad del recurso $e \in E$ para cosechar por encima de la disponibilidad a la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	Entera $Y_{es}^{+h} \geq 0$
Y_{es}^{-h}	Variable auxiliar entera, que indica la cantidad del recurso $e \in E$ para cosechar por debajo de la disponibilidad a la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	Entera $Y_{es}^{-h} \geq 0$
Y_{esg}^{tv}	Variable entera, que indica si el método de pretratamiento $g \in P$ utilizando el recurso $e \in E$ se aplica o no al tipo de biomasa $b \in B^{MF}$ a pretratar en sitio $n \in I$ perteneciente a la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	Entera $Q_{esh}^{tv} \geq 0$
Y_{es}^{+g}	Variable auxiliar entera, que indica la cantidad del recurso $e \in E$ para pretratar por encima de la disponibilidad a la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	Entera $Y_{es}^{+p} \geq 0$
Y_{es}^{-g}	Variable auxiliar entera, que indica la cantidad del recurso $e \in E$ para pretratar por debajo de la disponibilidad a la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	Entera $Y_{es}^{-p} \geq 0$

Y_{esl}^{tv}	Variable entera, que indica si el método de recolección $l \in L$ utilizando el recurso $e \in E$ se aplica o no al tipo de biomasa $b \in B^{PF}$ a pretratar en sitio $n \in I$ perteneciente a la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	Entera $Q_{esh}^{tv} \geq 0$
Y_{es}^{+l}	Variable auxiliar entera, que indica la cantidad del recurso $e \in E$ para recolectar por encima de la disponibilidad a la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	Entera $Y_{es}^{+l} \geq 0$
Y_{es}^{-l}	Variable auxiliar entera, que indica la cantidad del recurso $e \in E$ para recolectar por debajo de la disponibilidad a la entidad suministradora $s \in S$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	Entera $Y_{es}^{-l} \geq 0$
Decisiones asociadas a tributarios / Bioeléctricas		
Y_{njtv}^{trib}	Variable binaria 1 si tributario localizada $n \in J$ opera durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$, 0 lo contrario	[0,1]
Y_{njtv}^{bio}	Variable binaria 1 si bioeléctrica localizada $n \in J$ opera durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$, 0 lo contrario	[0,1]
Y_{grnjtv}^{trib}	Variable binaria 1 si la tecnología $G = K \cup P$ es seleccionada en la etapa de procesamientor $r \in R$ del tributario $n \in J$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$, 0 lo contrario	[0,1]
Y_{grnjtv}^{bio}	Variable binaria 1 si la tecnología $G = K \cup P$ es seleccionada en la etapa de procesamiento $r \in R$ de bioeléctrica $n \in J$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$, 0 lo contrario	[0,1]
$Y_{bkrrnjtv}^{trib}$	Variable binaria 1 si la biomasa $B = B^{PI} \cup B^F$ es procesada utilizando la tecnología $k \in K$ en la etapa de procesamiento $r \in R$ del tributario $n \in J$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$, 0 lo contrario	[0,1]
$Y_{bkrrnjtv}^{bio}$	Variable binaria 1 si la biomasa $B = B^{PI} \cup B^F$ es procesada utilizando la tecnología $k \in K$ en la etapa de procesamientor $r \in R$ de bioeléctrica $n \in J$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$, 0 lo contrario	[0,1]
$Q_{bgrnjtv}^{trib}$	Cantidad de biomasa $B = B^{PI}$ obtenida utilizando la tecnología $k \in K$ en la etapa de procesamiento $r \in R$ de tributario $n \in J$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$,	t/zafra
$Q_{bgrnjtv}^{bio}$	Cantidad de biomasa $B = B^{PI}$ obtenida utilizando la tecnología $k \in K$ en la etapa de procesamiento $r \in R$ de bioeléctrica $n \in J$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t/zafra
Inv_{bjtv}^{bio}	Nivel de inventario de biomasa $B = B^{PI}$ en bioeléctrica $n \in J$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t/zafra
Inv_{bjtv}^{trib}	Nivel de inventario de biomasa $B = B^{PI}$ en bioeléctrica $n \in J$ durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t/zafra
Decisiones asociadas al transporte		
F_{bnrm}^t	Cantidad de biomasa $b \in B^{MP} \cup B^{PI} \cup B^F$ transportada de nodo $n \in N$ a la etapa de procesamiento $r \in R$ del nodo $n' \in N$ usando el modo de transporte $m \in M$ durante el periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	t/zafra
$Y_{nn'm}^t$	Variable binaria 1 si modo de transporte $m \in M$ es seleccionado entre nodo $n \in N$ a nodo $n' \in N$ durante el periodo $t \in T$, 0 lo contrario	[0,1]
$Y_{nn'm}^{+}$	Variable auxiliar entera, que indica la cantidad del de medios de transporte $m \in M$ por encima de la disponibilidad durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	Entera $Y_{nn'm}^{+} \geq 0$
$Y_{nn'm}^{-}$	Variable auxiliar entera, que indica la cantidad del de medios de transporte $m \in M$ por debajo de la disponibilidad durante periodo $t \in T$ bajo la variante $v \in V$	Entera $Y_{nn'm}^{-} \geq 0$

Anexo 4: Atributos de los objetos de la Base de Datos

Atributo	Descripción	U/M	Tipo dato
Tabla Producto			
idProducto	Identificador con autoincremento	-	Entero
producto_nombre	Nombre del producto	-	Texto
tipo	Materia Prima (m), Intermedio (i), Final (f)	-	Char
cont_humedad	Contenido de Humedad	%	Float
densidad	Densidad del producto	Kg/m ³	Float
rendimiento	El rendimiento depende del producto ejemplo: se es una materia prima como la biomasa se puede medir en t/ha; se es un producto intermedio como el bagazo se mide en t _{bagazo} /t _{caña} y si es un producto final como el alcohol litros/t _{prod base}	U/M _{prod} / U/M _{prodbase}	Float
cont_energia	Contenido de energía del producto	J/U/M _{prod}	Float
Tabla Cosecha			
idCosecha	Identificador con autoincremento	-	Entero
tipo_de_cosecha	Tipo de cosecha	-	Texto
Tabla Recolección			
idRecoleccion	Identificador con autoincremento	-	Entero
tipo_recoleccion	Tipo de recolección	-	Texto
perdidas	Pérdidas de producto	Kg	Float
capacidad_peso	Capacidad de peso	Kg	Float
capacidad_volumen	Capacidad de volumen	m ³	Float
velocidad_recoleccion	Velocidad de recolección	Minutos	Float
Tabla Conversión			
idConversion	Identificador con autoincremento	-	Entero
tipo_conversion	Térmica (t) o bioquímica (b)	-	Char

sub_tipo	Del tipo térmica se reconoce los subtipos combustión (c), gasificación (g) y pirolisis (p) y del tipo bioquímica se reconocen digestión (d), fermentación (f) (bioquímica)	-	Char
tecnologia_convers	Nombre de la tecnología de conversión, es la que determina las diferentes instancias en esta tabla	-	Texto
capacidad	Capacidad de volumen de conversión de determinada tecnología	m ³	Float
eficiencia_calorifica	Coeficiente obtenido de la cantidad de energía obtenida por contenido de energía que entra.	J _{entra} / J _{salen}	Float
tasa_min_alimentacion	Tasa mínima de alimentación	m ³ /min	Float
tasa_max_alimentacion	Tasa máxima de alimentación	m ³ /min	Float
cont_humed_min	Contenido de humedad mínimo requerido	%	Float
cont_humed_max	Contenido de humedad máximo permitido	%	Float
tamaño_particula_min	Mínimo tamaño de partícula requerido	m ³	Float
tamaño_particula_max	Mínimo tamaño de partícula permitido	m ³	Float
consumo_energia	Consumo de energía de determinada tecnología	Kw/h _{trab}	Float
Tabla Pre_tratamiento			
idPre_tratamiento	Identificador con autoincremento	-	Entero
tipo_pretratamiento	Nombre del tipo de pretratamiento	-	Texto
Tabla Almacenamiento			
idAlmacenamiento	Identificador con autoincremento	-	Entero
tipo_almacenam	Nombre del tipo de almacenamiento	-	Texto

capacidad	Capacidad de almacenamiento, la unidad de medida va a depender del tipo de almacenamiento	m ³ ; m ²	Float
Tabla Producto_Cosecha			
idProducto_Cosecha	Identificador con autoincremento	-	Entero
Cosecha_idCosecha	Llave foránea de la tabla cosecha	-	Entero
Producto_idProducto	Llave foránea de la tabla cosecha	-	Entero
tamaño_particula	Tamaño de partícula obtenido	m ³	Float
coef_transform	Coeficiente que se obtiene de la división entre el producto obtenido y el producto inicial, es decir al multiplicarlo por la cantidad de producto inicial se va a obtener la cantidad de producto final.	-	Float
prod_obtenido	Identificador del producto que se va a obtener y que se llamará de los datos de la tabla Producto	-	Entero
Tabla Cosecha_Recoleccion			
idCosecha_Recoleccion	Identificador con autoincremento	-	Entero
Recoleccion_idRecoleccion	Llave foránea de la tabla Recolección	-	Entero
Cosecha_idCosecha	Llave foránea de la tabla cosecha	-	Entero
Tabla Producto_Recoleccion			
idProducto_Recoleccion	Identificador con autoincremento	-	Entero
Recoleccion_idRecoleccion	Llave foránea de la tabla Recolección	-	Entero
Producto_idProducto	Llave foránea de la tabla cosecha	-	Entero

prod_obtenido	Identificador del producto que se va a obtener y que se llamará de los datos de la tabla Producto	-	Entero
Tabla Producto_Conversion			
idProducto_Conversion	Identificador con autoincremento	-	Entero
Conversion_idConversion	Llave foránea de la tabla Conversión	-	Entero
Producto_idProducto	Llave foránea de la tabla Producto	-	Entero
porcentaje_min	Fracción mínima requerida de un cierto producto cuándo es usado en una cierta opción de conversión	%	Float
porcentaje_max	Fracción máxima permitida de un cierto producto cuándo es usado en una cierta opción de conversión	%	Float
coef_transform	Coeficiente que se obtiene de la división entre el producto obtenido y el producto inicial, es decir al multiplicarlo por la cantidad de producto inicial se va a obtener la cantidad de producto final.	-	Float
prod_residual	Identificador del producto que se va a obtener como residuo y que se llamará de los datos de la tabla Producto	-	Entero
prod_obtenido	Identificador del producto que se va a obtener y que se llamará de los datos de la tabla Producto	-	Entero
Tabla Conersion_Pretratam			
idConersion_Pretratam	Identificador con autoincremento	-	Entero
Conversion_idConversion	Llave foránea de la tabla Conversión	-	Entero

Pre_tratamiento_ idPre_tratamiento	Llave foránea de la tabla Pre_tratamiento	-	Entero
Tabla Producto_Pretatam			
idProducto_ Pretatam	Identificador con autoincremento	-	Entero
Pre_tratamiento_ idPre_tratamiento	Llave foránea de la tabla Pre_tratamiento	-	Entero
Producto_ idProducto	Llave foránea de la tabla Producto	-	Entero
coef_transform	Coeficiente que se obtiene de la división entre el producto obtenido y el producto inicial, es decir al multiplicarlo por la cantidad de producto inicial se va a obtener la cantidad de producto final.	-	Float
prod_obtenido	Identificador del producto que se va a obtener y que se llamará de los datos de la tabla Producto	-	Entero
Tabla Almacenamiento_Pretratam			
idAlmacenamiento_ _Pretratam	Identificador con autoincremento	-	Entero
Almacenamiento_ idAlmacenamiento	Llave foránea de la tabla Almacenamiento	-	Entero
Pre_tratamiento_ idPre_tratamiento	Llave foránea de la tabla Pre_tratamiento	-	Entero
Tabla Recoleccion_Pretratam			
idRecoleccion_ _Pretratam	Identificador con autoincremento	-	Entero
Pre_tratamiento_ idPre_tratamiento	Llave foránea de la tabla Pre_tratamiento	-	Entero
Recoleccion_ idRecoleccion	Llave foránea de la tabla Recolección	-	Entero
Tabla Producto_Cosecha_Recoleccion			

idProducto_ Cosecha_ Recoleccion	Identificador con autoincremento	-	Entero
Cosecha_ Recoleccion_ idCosecha_ Recoleccion	Llave foránea de la tabla Cosecha_ Recolección	-	Entero
Producto_Cosecha_ idProducto_ Cosecha_	Llave foránea de la tabla Producto_ Cosecha	-	Entero
Producto_ Recoleccion_ idProducto_ Recoleccion	Llave foránea de la tabla Producto_ Recolección	-	Entero
prod_obtenido	Identificador del producto que se va a obtener y que se llamará de los datos de la tabla Producto	-	Entero
Tabla Producto_Recoleccion_Petratamiento			
idProducto_ Recoleccion_ Petratamiento	Identificador con autoincremento	-	Entero
Producto_Pretatam_ idProducto_ Pretatam	Llave foránea de la tabla Producto_ Pretatam	-	Entero
Producto_ Recoleccion_ idProducto_ Recoleccion	Llave foránea de la tabla Producto_ Recolección	-	Entero
Recoleccion_ _Pretratam_ idRecoleccion_ _Pretratam	Llave foránea de la tabla Recoleccion_ _Pretratam	-	Entero

prod_obtenido	Identificador del producto que se va a obtener y que se llamará de los datos de la tabla Producto	-	Entero
Tabla Producto_Pretratam_Conversion			
idProducto_ Pretratam_ Conversion	Identificador con autoincremento	-	Entero
Producto_Pretatam_ idProducto_ Pretatam	Llave foránea de la tabla Producto_Pretatam	-	Entero
Conersion_ Pretratam_ idConersion_ Pretratam	Llave foránea de la tabla Conersion_Pretatam	-	Entero
Producto_ Conversion_ idProducto_ Conversion	Llave foránea de la tabla Producto_Conversion	-	Entero
prod_obtenido	Identificador del producto que se va a obtener y que se llamará de los datos de la tabla Producto	-	Entero
Tabla Paso_de_Pretratam			
idPaso_ de_Pretratam	Identificador con autoincremento	-	Entero
Secuencia_ pretratam_ idSecuencia_ pretratam	Llave foránea de la tabla Secuencia_pretratam	-	Entero
Producto_Pretatam_ idProducto_ Pretatam	Llave foránea de la tabla Producto_Pretatam	-	Entero

numero_del_paso	Número del paso de pretratamiento correspondiente a la secuencia de pretratamiento	-	Entero
prod_obtenido	Identificador del producto que se va a obtener y que se llamará de los datos de la tabla Producto	-	Entero
Tabla Secuencia_pretratam			
idSecuencia_pretratam	Identificador con autoincremento	-	Entero
numero_pasos	Cantidad de pasos	-	Entero
Tabla Almacenam_luegodel_pretram			
idAlmacenam_luegodel_pretram	Identificador con autoincremento	-	Entero
Paso_de_Pretratam_idPaso_de_Pretratam	Llave foránea de la tabla Paso_de_Pretratam	-	Entero
Almacenamiento_idAlmacenamiento	Llave foránea de la tabla Almacenamiento	-	Entero
Tabla Lugar_conversion			
idLugar_conversion	Identificador con autoincremento	-	Entero
Conversion_idConversion	Llave foránea de la tabla Conversion	-	Entero
coordenada_x	Coordenada geográfica del lugar en el eje x	-	Float
coordenada_y	Coordenada geográfica del lugar en el eje y	-	Float
Tabla Lugar_de_pretratam			
idLugar_de_pretratam	Identificador con autoincremento	-	Entero
Pre_tratamiento_idPre_tratamiento	Llave foránea de la tabla Pre_tratamiento	-	Entero

coordenada_x	Coordenada geográfica del lugar en el eje x	-	Float
coordenada_y	Coordenada geográfica del lugar en el eje y	-	Float
Tabla Lugar_produccion			
idLugar_produccion	Identificador con autoincremento	-	Entero
Producto_idProducto	Llave foránea de la tabla cosecha	-	Entero
coordenada_x	Coordenada geográfica del lugar en el eje x	-	Float
coordenada_y	Coordenada geográfica del lugar en el eje y	-	Float
area	Área que ocupa el lugar de producción de biomasa	-	Float
Tabla Lugar_almacenamiento			
idLugar_almacenamiento	Identificador con autoincremento	-	Entero
Almacenamiento_idAlmacenamiento	Llave foránea de la tabla Almacenamiento	-	Entero
coordenada_x	Coordenada geográfica del lugar en el eje x	-	Float
coordenada_y	Coordenada geográfica del lugar en el eje y	-	Float
Tabla Central			
idCentral	Identificador con autoincremento	-	Entero
Lugar_conversion_idLugar_conversion	Llave foránea de la tabla Lugar_conversion	-	Entero
nombre	Nombre del central	-	Texto
norma_potencial	Norma potencial del central	t/día	Float
capac_molida	Capacidad de molida del central	t/día	Float
diaz_zafra	Días de zafra	días	Entero
indice_generacion	Índice de generación del central	MWh/tcaña	Float

Tabla Recurso			
idRecurso	Identificador con autoincremento	-	Entero
nombre_rc	Nombre del recurso	-	Texto
disponibilidad	Cantidad de recursos disponibles	Unidades	Entero
rendimiento	Rendimiento en horas trabajadas	Horas	Float
costo	Costo de comprar el recurso	Pesos	Float
consumo_energia	Consumo de energía de determinado recurso	Kw/h _{trab}	Float
Tabla Medio_transp			
idMedio_transp	Identificador con autoincremento	-	Entero
Recurso_idRecurso	Llave foránea de la tabla Recurso	-	Entero
capacidad	Capacidad de peso del medio de transporte	Kg	Float
volumen	Capacidad de volumen del medio de transporte	m ³	Float
peso	Peso del medio de transporte	Kg	Float
tara	Tara del camión	m	Float
viajes_disp	Viajes disponibles del medio de transporte	Viajes/ semana	Entero
Tabla Funcion			
idFuncion	Identificador con autoincremento	-	Entero
nombre	Nombre de la función de una operación	-	Texto
descripcion	Descripción de la función	-	Texto
Tabla Funcion_Producto_Cosecha			
idFuncion_Producto_Cosecha	Identificador con autoincremento	-	Entero
Producto_Cosecha_idProducto_Cosecha	Llave foránea de la tabla Producto_Cosecha	-	Entero
Funcion_idFuncion	Llave foránea de la tabla Función	-	Entero
Tabla Funcion_Producto_Recoleccion			

idFuncion_ Producto_ Recoleccion	Identificador con autoincremento	-	Entero
Producto_ Recoleccion_ idProducto_ Recoleccion	Llave foránea de la tabla Producto_ Recolección	-	Entero
Funcion_ idFuncion	Llave foránea de la tabla Funcion	-	Entero
Tabla Funcion_Paso_de_Pretratam			
idFuncion_ Paso_de_ Pretratam	Identificador con autoincremento	-	Entero
Paso_ de_Pretratam_ idPaso_ de_Pretratam	Llave foránea de la tabla Paso_ de_Pretratam	-	Entero
Funcion_ idFuncion	Llave foránea de la tabla Funcion	-	Entero
Tabla Recurso_Funcion			
idRecurso_Funcion	Identificador con autoincremento	-	Entero
Recurso_ idRecurso	Llave foránea de la tabla Recurso	-	Entero
Funcion_ idFuncion	Llave foránea de la tabla Funcion	-	Entero
Tabla Recurso_Funcion_Recoleccion			
idRecurso_Funcion_ Recoleccion	Identificador con autoincremento	-	Entero
Funcion_ Producto_ Recoleccion_ idFuncion_ Producto_ Recoleccion	Llave foránea de la tabla Funcion_ Producto_ Recoleccion	-	Entero
Recurso_Funcion_ idRecurso_Funcion	Llave foránea de la tabla Recurso_Funcion	-	Entero
Tabla Recurso_Funcion_Cosecha			
idRecurso_ Funcion_Cosecha	Identificador con autoincremento	-	Entero

Funcion_ Producto_Cosecha _idFuncion_ Producto_Cosecha	Llave foránea de la tabla Funcion_ Producto_Cosecha	-	Entero
Recurso_Funcion_ idRecurso_Funcion	Llave foránea de la tabla Recurso_Funcion	-	Entero
Tabla Recurso_Funcion_Paso_de_Pretratam			
idRecurso_ Funcion_Paso_ de_Pretratam	Identificador con autoincremento	-	Entero
Funcion_ Paso_de_ Pretratam_ idFuncion_ Paso_de_Pretratam	Llave foránea de la tabla Funcion_ Paso_de_Pretratam	-	Entero
Recurso_Funcion_ idRecurso_Funcion	Llave foránea de la tabla Recurso_Funcion	-	Entero