

# SISTEMA DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS PARA SOPORTE DE DECISIONES EN LA COMERCIALIZACIÓN DE PLANTAS ORNAMENTALES

## BUSINESS INTELLIGENCE SYSTEM FOR DECISION MAKING IN THE COMMERCIALIZATION OF ORNAMENTAL PLANTS

---

### **Héctor Adán Morales Lugo**

Estudiante de Maestría del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Nacional de México/I.T. Colima, (México).

E-mail: [rotceh1296@hotmail.com](mailto:rotceh1296@hotmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1407-3361>

### **Patricia Elizabeth Figueroa Millán**

Profesor adjunto de la División de Estudios de Posgrado del Tecnológico Nacional de México/I.T. Colima, (México).

E-mail: [patricia.figueroa@colima.tecnm.mx](mailto:patricia.figueroa@colima.tecnm.mx) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7562-7578>

### **Nicandro Fariás Mendoza**

Profesor adjunto de la División de Estudios de Posgrado del Tecnológico Nacional de México/I.T. Colima, (México).

E-mail: [nfarias@colima.tecnm.mx](mailto:nfarias@colima.tecnm.mx) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5543-0719>

### **Ramona Evelia Chávez Valdez**

Profesor adjunto de la División de Estudios de Posgrado del Tecnológico Nacional de México/I.T. Colima, (México).

E-mail: [echavez@colima.tecnm.mx](mailto:echavez@colima.tecnm.mx) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5697-6825>

**Recepción:** 03/06/2020 **Aceptación:** 01/09/2020 **Publicación:** 14/09/2020

#### **Citación sugerida:**

Morales, H.A., Figueroa, P.E., Fariás, N., y Chávez, R.E. (2020). Sistema de inteligencia de negocios para soporte de decisiones en la comercialización de plantas ornamentales. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 9(3), 17-45. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2020.v9n3e35.17-45>

## RESUMEN

La horticultura ornamental en México es una industria en crecimiento que requiere la inclusión de diversas tecnologías para automatizar la producción y comercialización a fin de incrementar su rentabilidad. Para esto, el análisis de los datos es clave, permitiendo la obtención de conocimiento para el soporte a la toma de decisiones; no obstante, implica un tiempo exhaustivo de procesamiento de información, afectando la productividad de las empresas debido a la falta de un sistema de apoyo a la toma de decisiones que implemente herramientas dinámicas de inteligencia de negocios. Este trabajo de investigación propone un sistema web de inteligencia de negocios para la creación de herramientas dinámicas y ejecución de consultas asíncronas a la base de datos; lo cual, proporciona un análisis de la información histórica de la comercialización de plantas ornamentales mediante tablas, gráficas y reportes. Está desarrollado utilizando la metodología PUA, el lenguaje de programación Python y el framework Django, empleando un enfoque innovador al aplicar el algoritmo DFS como mecanismo de búsqueda para determinar la relación existente entre las tablas de la base de datos, reduciendo tiempo de extracción, procesamiento, análisis y presentación de información. Como resultado se logró mejorar el aprovechamiento de la información histórica, eficientar el procesamiento y análisis de la información de comercialización y, por consiguiente, mejorar los procesos de toma de decisiones.

## PALABRAS CLAVE

Algoritmo DFS, Horticultura ornamental, Sistema de inteligencia de negocios, DSS, Consultas SQL dinámicas.

## ABSTRACT

*Ornamental horticulture in Mexico is a growing industry that requires the inclusion of various technologies to automate production and marketing in order to increase its profitability. For this, data analysis is key, allowing obtaining knowledge to support decision-making; However, it involves exhaustive information processing time, affecting the productivity of companies due to the lack of a decision support system that implements dynamic business intelligence tools. This research work proposes a business intelligence web system for the creation of dynamic tools and execution of asynchronous queries to the database; which provides an analysis of the historical information on the commercialization of ornamental plants through tables, graphs and reports. It is developed using the PUA methodology, the Python programming language and the Django framework, employing an innovative approach by applying the DFS algorithm as a search mechanism to determine the relationship between the database tables, reducing extraction time, processing, analysis and presentation of information. As a result, it was possible to improve the use of historical information, streamline the processing and analysis of marketing information and, consequently, improve decision-making processes.*

## KEYWORDS

*Ornamental horticulture, Business intelligence system, DFS algorithm, DSS, Dynamic SQL queries.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La horticultura es un segmento de la agricultura relacionado no solo con la cultura vegetal, conocida como horticultura alimentaria; sino también, con un gran número de especies como plantas para el embellecimiento de espacios físicos, a lo cual se le conoce como horticultura ornamental. La horticultura involucra diferentes áreas altamente relacionadas que ofrecen grandes oportunidades para educación, recursos, industrias profesionales, tecnología y empleo (Paiva, 2018). En cuanto a lo anterior, la tecnología ha demostrado ser una herramienta clave para mejorar la capacidad productiva, la competitividad y la comercialización de productos, incluyendo los productos de la horticultura ornamental.

Sin embargo, para que la horticultura ornamental en México pueda ser considerada como una industria ornamental con alcances internacionales de competitividad, se requiere de grandes pasos para solventar los problemas de hardware, conocimiento, infraestructura y cooperación, ya que se observa la inclusión de la tecnología en tres niveles de estratificación: bajo, medio y alto; lo cual, afecta negativamente cuestiones como el análisis, priorización, toma de decisiones y diseño de futuros sistemas (García, van der Valk, y Elings, 2011). Además, la focalización es un factor clave para asegurar el valor implícito de la información, como elemento principal para la toma de decisiones; es decir, es fundamental que se determine el conjunto de variedades estratégicas de las flores y plantas de ornato con la finalidad de orientar la generación de bases mínimas de información y así comprender el funcionamiento de la oferta y las necesidades específicas de la demanda (Coeplants Colima A. C., 2012).

Por consiguiente, el análisis de datos históricos es un factor clave para generar estrategias de comercialización y producción, permitiendo la obtención de conocimiento para el soporte a la toma de decisiones. No obstante, para las habilidades de un humano es un proceso complejo, tedioso, ineficaz e ineficiente; lo cual, afecta la productividad de las empresas. Ante esto, surgen distintas estrategias para utilizar los datos de las empresas y convertirlos en información útil para la toma de decisiones, tal es el caso de las herramientas de inteligencia de negocios (BI, por sus siglas en inglés) y los sistemas de apoyo a la toma de decisiones (DSS, por sus siglas en inglés). Las herramientas BI combinan la

obtención y almacenamiento de datos con herramientas analíticas que presentan información compleja y competitiva a los tomadores de decisiones (Roldán, Cepeda-Carrión, y Galán, 2012). Se utilizan en la generación, tratamiento y comunicación de la información, proporcionando una visión estratégica del negocio para transformar grandes cantidades de datos en información de calidad; asimismo, proveen recursos como análisis, pronóstico, monitoreo, control y optimización para gestionar la calidad de los procesos y tomar decisiones oportunas (Silva, Silva y Gomes, 2016). Por otro lado, los sistemas DSS, son considerados como sistemas de información basados en ordenadores que combinan modelos y datos, tienen la finalidad de resolver problemas semiestructurados con una amplia implicación del usuario, permitiendo otorgar herramientas que posibilitan la toma de decisiones analítica y cuantitativa con base en la información resultante (Power, 2011).

Ambos términos son muy similares, ya que permiten “tomar decisiones comerciales”; además, se enfocan en apuntalar el proceso de toma de decisiones en las empresas de manera eficiente y eficaz con base en los datos de éstas. A pesar de esto, los sistemas BI no siguen una estructura fija como los DSS, es decir, su estructura no es estable, permitiendo a los desarrolladores de soluciones de inteligencia de negocios cubrir solo algunos de los componentes de un DSS o ampliar su funcionalidad según el contexto al que será aplicado (Kopackova y Škrobáčková, 2006).

Existen distintos casos de estudios, hasta donde se tiene conocimiento, que describen el desarrollo e implementación de diversos sistemas BI para apoyar a la toma de decisiones, no necesariamente aplicados al sector hortícola ornamental, pero que consideran puntos claves en la importancia de la implementación de este tipo de sistemas en las empresas. En particular, Medeiros (2017), describe el desarrollo e implementación de un sistema BI para apoyar a la toma de decisiones en los procesos de gestión académica, el cual está desarrollado en Excel, implementando un cubo de datos y un gran número de herramientas para procesar y visualizar la información de forma dinámica; sin embargo, no es accesible desde cualquier dispositivo, ya que las tecnologías empleadas se utilizan en un ámbito local, imposibilitando el acceso, procesamiento y análisis remoto de la información.

Damasceno, Azevedo, y Pinto (2018) describen la implementación de un sistema BI mediante un Data Mart, un Data Warehouse y un Cubo de Datos, utilizando la herramienta Pentaho. Éste permite visualizar la información de una base de datos dinámicamente mediante tablas y gráficas; sin embargo, se desarrolló como una aplicación para escritorio que no puede ser utilizada por dispositivos remotos y que además, requiere de conocimiento de las herramientas, el lenguaje SQL y bases de datos para su configuración y que además, no muestra un resultado preciso sobre el potencial de la herramienta, los beneficios o su eficiencia.

Castro et al. (2019) plantean la implementación de un tablero o dashboard BI aplicado a la gestión administrativa; en el cual, visualizan por medio de un tablero o dashboard la información mediante gráficas a partir de la información solicitada por formularios de Google y de la extracción de información de una BD; sin embargo, se describe como una solución para un procesamiento básico de la información.

En el caso de estudio de Santillán y Mendoza (2015), se desarrolló un sistema web de apoyo a ejecutivos que, mediante la generación de gráficas y reportes, apoya a la toma eficiente de decisiones en los procesos de compras. La información es extraída de una base de datos histórica; sin embargo, no otorga al usuario herramientas de inteligencia de negocios que le permitan realizar un análisis y una toma de decisiones eficiente; además, no permite manipular la información dinámicamente.

Por otro lado, Zimmermann (2006) describe un sistema BI para escritorio que ayuda a tomar decisiones a partir de reportes utilizando un componente de Delphi y un cubo de datos para generar la información extraída de la base de datos. Permite la visualización de los datos mediante tablas, gráficas y reportes; sin embargo, las tecnologías utilizadas son para la actualidad obsoletas y requiere de conocimiento básico de SQL para realizar un cambio de base de datos, consultas, etc. No utiliza ningún tipo de algoritmo para automatizar el proceso de consultas dinámicas.

Como se puede observar, en la literatura existen pocos ejemplos de sistemas BI para la horticultura ornamental, aun cuando la mayoría de los casos de estudio descritos anteriormente presentan una buena

alternativa para apoyar a la toma de decisiones; sin embargo, estos cuentan con ciertas limitaciones y áreas de oportunidad que pueden aprovecharse ya que son:

- Desarrollados o implementados como aplicaciones de escritorio; por lo cual, para las demandas de la actualidad, se puede considerar como una ventaja y área de oportunidad, el desarrollo de una alternativa web para el acceso remoto al sistema y a la información analizada por éste.
- Implementados con tecnologías obsoletas, interfaces o dashboards no muy amigables para el usuario; por lo tanto, la utilización de tecnologías de vanguardia y de acceso a abierto posibilita el acceso ubicuo al sistema BI.
- Diseñados para ser manejados por un experto, sin contar con una alternativa para los usuarios no expertos en el tema.

Así mismo, la empresa ORNACOL, dedicada a la comercialización de plantas ornamentales en la ciudad de Colima, cuenta con un sistema web que permite administrar los procesos de comercialización de plantas ornamentales y seguir la trazabilidad hacia adelante, en donde los datos históricos son almacenados en una base de datos y son utilizados para el funcionamiento del sistema (García-Mejía, García-Virgen, y Chávez-Valdez, 2018) modificando los bienes y servicios que se intercambian, así como los modos en que se producen, almacenan, distribuyen, transportan y comercializan. Este nuevo escenario abre una variedad de interrogantes para las políticas comerciales. La trazabilidad surge como consecuencia de cambios en los hábitos de los consumidores, quienes exigen cada vez más seguridad alimentaria (recolección, elaboración, almacenaje, distribución, etc.. Este sistema genera grandes cantidades de información sobre la comercialización de plantas ornamentales, que está siendo desaprovechadas, ya que el sistema no cuenta con un sistema de apoyo a la toma de decisiones que le permita automatizar los procesos manuales de procesamiento y análisis de la información que la empresa lleva a cabo. Utilizando correctamente la información histórica se puede disminuir los tiempos de procesamiento, análisis y apoyar al proceso de toma de decisiones de la empresa sobre la comercialización de las plantas

ornamentales, con la finalidad de comprender el funcionamiento de la oferta y las necesidades específicas de la demanda como se mencionó anteriormente.

Por lo tanto, tomando como caso de estudio la empresa ORNACOL, en este artículo se el desarrollo y aplicación de un sistema BI para el soporte en la toma de decisiones sobre la comercialización de plantas ornamentales. Éste permite resolver problemas semiestructurados, tomando los datos históricos de comercialización generados por el sistema descrito anteriormente, con la finalidad de proporcionar sugerencias o soluciones complejas dirigidas a estos datos. Este sistema BI es desarrollado por fases e implementado como un sistema web basado en lenguajes de programación de uso libre como Python y Django para el procesamiento y análisis eficiente de datos. Utiliza el estilo arquitectural REST para la construcción de WEB APIs y la ejecución de peticiones asíncronas al sistema de comercialización previamente mencionado. Este sistema permite aprovechar la información generada por el sistema de comercialización y apoyar en la toma de decisiones para la generación de mejores estrategias de comercialización.

Así pues, las principales características del sistema BI propuesto permiten cumplir los siguientes objetivos:

- Consultar información a la base de datos histórica.
- Creación de herramientas de inteligencia de negocios con interfaces ergonómicas, que permiten la visualización y manipulación de información en tiempo cuasi-real.
- Reducción de tiempo de procesamiento y análisis de cantidades masivas de información.
- Mejorar la toma de decisiones.
- Comprender el funcionamiento de la oferta y las necesidades específicas de la demanda.

Por lo tanto, en este trabajo se describe un nuevo enfoque para la aplicación de sistemas BI en el sector de la horticultura ornamental, contribuyendo a solucionar unas de las problemáticas encontradas de manera específica en el estado de Colima, como se establece en el Plan Estratégico para la Operación



Anual del Componente de Desarrollo de Capacidades y Extensionismo Rural del Estado de Colima, siendo éstas: el cultivo de plantas sin una planeación en el mercado y el uso de canales de comercialización inadecuados.

Este sistema, como un mecanismo de soporte en el proceso de toma de decisiones, permitirá en un futuro la planificación de las especies a cultivar orientadas al mercado mediante la identificación de las variedades requeridas o demandadas por éste y, por consiguiente, generar mejores estrategias de comercialización. Cabe señalar, que este sistema puede ser extrapolado o contextualizado a cualquier otro sistema producto.

## 2. METODOLOGÍA

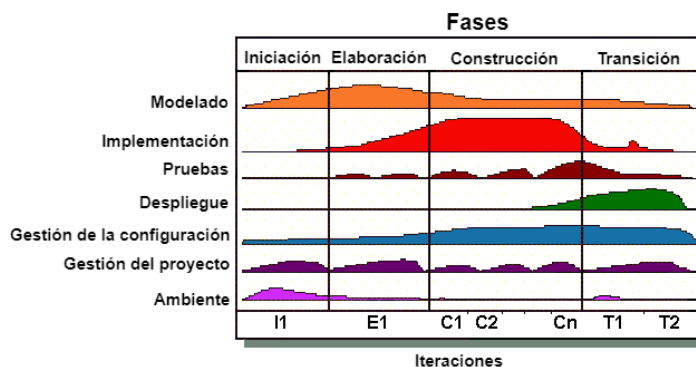
El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa ORNACOL en el municipio de Coquimatlán, Colima, fundamentándose en una investigación mixta, utilizando el enfoque cualitativo para hacer un estudio sobre el impacto de la implementación del sistema en la empresa, y cuantitativo para precisar la misma y dar solución a las problemáticas del sector en cuanto a la comercialización de plantas ornamentales.

La arquitectura del sistema propuesto sigue la arquitectura de un DSS con las características de contextualización de un sistema BI y, debido a la utilización de una metodología por fases para el desarrollo del software, se diseñó de la siguiente manera:

- **Descripción de los tipos de problemas semiestructurados:** punto principal de un sistema de inteligencia de negocios con soporte para la toma de decisiones, ya que éstos requieren del conocimiento humano para lograr las decisiones finales.
- **Especificación de la taxonomía de interacción activa:** proporciona sugerencias o soluciones estables a problemas complejos.

- **Especificación de la taxonomía de uso dirigida a datos:** enfatiza la recuperación de datos de una base de datos histórica.
- **Metodología:** en este caso se decidió utilizar una metodología por fases llamada Proceso Unificado Ágil (AUP, por sus siglas en inglés) para el desarrollo del software, la cual se describe a continuación.

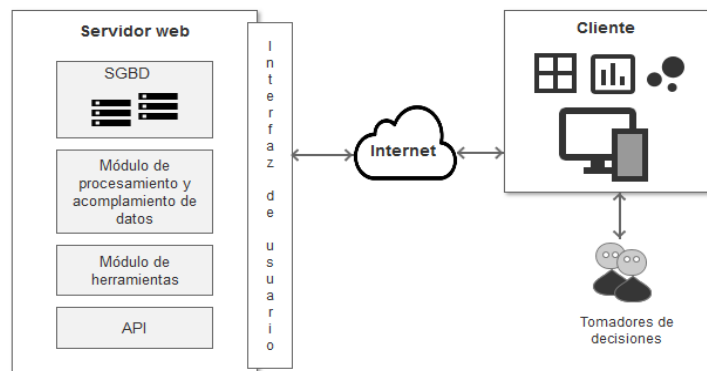
Jacobson, Brooch, y Rumbaugh (1999), establecen cuatro fases y siete disciplinas en las cuales se lleva a cabo el desarrollo del sistema iterativo incremental (véase Figura 1). Debido a que la propuesta de diseño del sistema requiere una metodología por fases, se optó por desarrollar el sistema web BI siguiendo esta metodología ágil.



**Figura 1.** Metodología Proceso unificado Ágil (AUP). **Fuente:** adaptado de (Ambler, 2014).

Como se puede observar en la Figura 1, en cada disciplina se desarrolla una actividad diferente que permite mitigar los riesgos de implementación del software y asegurar un desarrollo óptimo.

La arquitectura lógica del sistema, considera la arquitectura lógica de un DSS, la cual consta de cuatro componentes fundamentales: una base de conocimientos o base de datos, un modelo matemático, una interfaz de usuario y los propios usuarios (Marakas, 1999). Por otro lado, la arquitectura física del sistema se fundamenta en una arquitectura cliente-servidor, como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Arquitectura cliente-servidor de ORNALISIS. **Fuente:** elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 2, la arquitectura especifica dos módulos: una interfaz de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés) y un sistema gestor de base de datos (SGDB), un módulo de procesamiento y acoplamiento de datos, y el módulo de herramientas dinámicas. La funcionalidad de estos módulos se describe a continuación:

- **SGBD:** contiene la información histórica de la comercialización de plantas ornamentales; además, se especificó un base de datos propia para el sistema BI.
- **API:** permite consultar información de manera asíncrona a la base de datos desde cualquier dispositivo utilizando el formato JSON para solicitar y desplegar información.
- **Módulo de procesamiento y acoplamiento de datos:** se encarga de acoplar y procesar los datos recibidos y enviados a través de la interfaz de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés), la información es convertida a formato JSON y regresada al cliente para su posterior despliegue en forma de tabla, gráficas y reportes.
- **Módulo de herramientas:** el módulo de herramientas incluye las herramientas dinámicas, y herramientas integradas:

- **Las herramientas dinámicas** extraen información de la base de datos histórica mediante parámetros, permitiendo la creación de consultas dinámicas a la base de datos con la implementación del algoritmo DFS para la obtención de relaciones entre tablas. Este algoritmo DFS se implementó debido que el sistema permite vincular cualquier BD relacional, ya que el sistema está dirigido a usuarios no expertos en la materia; por lo tanto, se necesitaba un método para la construcción de consultas dinámicas que permita convertir cualquier BD relacional a grafo y después determinar mediante DFS si se puede ejecutar la consulta o no, sin requerir un conocimiento sobre la estructura de la base de datos por el usuario del sistema.

El sistema construye dinámicamente una consulta SQL ejecutable por MySQL, llevando a cabo los siguientes pasos:

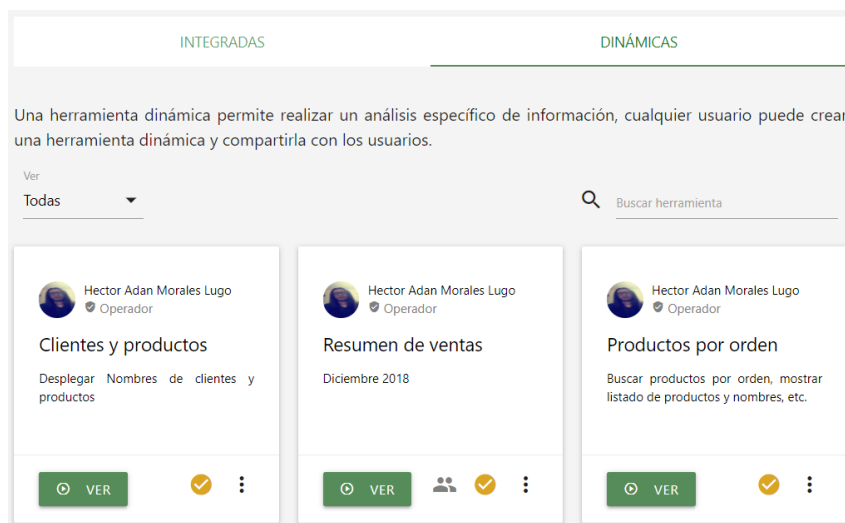
1. Obtener la información que el usuario solicita en el cliente o navegador web.
  2. Procesar la información y solicitar la información interna de la BD seleccionada.
  3. Construir las cláusulas SELECT y WHERE a partir de la información solicitada por el usuario.
  4. Construir la cláusula FROM, que contiene las tablas utilizadas en la consulta y aplicar el algoritmo DFS diseñado para determinar la existencia de relaciones entre las tablas.
  5. Juntar todas las cláusulas y ejecutar la consulta SQL.
- **Las herramientas integradas**, consultan información a la base de datos de comercialización y permiten visualizar información específica mediante tablas, gráficas y reportes personalizados tal cual y como la empresa los requiera. Estas herramientas no cuentan con la función de una dinámica ya que están dirigidas a consultas muy específicas,

es decir, son herramientas que en este caso en particular la empresa ORNACOL requiere mensualmente para la extracción de información. Por ejemplo, ventas por especie, ventas totales por año, entre otras.

### 3. RESULTADOS

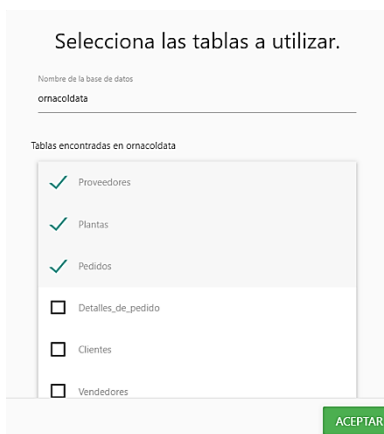
Se implementó un sistema web BI de apoyo a la toma de decisiones para la comercialización de plantas ornamentales mediante el framework web Django, el cual posibilita un procesamiento rápido de la información y el escalamiento futuro del sistema. Además, se utilizó el framework Django REST para la construcción de la Web API que establece un acceso seguro a los datos a través de políticas de autenticación, así como la ejecución de consultas asíncronas para incrementar el rendimiento de éste, ya que permite atender nuevas solicitudes mientras se encuentra procesando una solicitud previa.

Por lo tanto, el sistema web propuesto y descrito en este artículo, denominado ORNALISIS, permite la creación de herramientas dinámicas para realizar un análisis específico de la información de la comercialización de plantas ornamentales (véase Figura 3), dando la posibilidad al operador de manipular parámetros, tablas y gráficas para realizar consultas asíncronas a la base de datos y extraer la información requerida para la toma de decisiones, sin necesidad de ser un experto en el área. Cada una de las herramientas proporcionadas despliega: el tipo de usuario, el usuario que creó la herramienta, un icono que indica si el usuario es propietario de la herramienta, un icono que indica si es una herramienta compartida con otro usuario y un icono de opciones para editar o borrar la herramienta.



**Figura 3.** Panel de herramientas dinámicas. **Fuente:** elaboración propia.

Por otro lado, en la Figura 4 se muestra un modal para la selección de las tablas necesarias para el análisis de la información, esta opción permite al usuario seleccionar la base de datos y tablas con los cuales trabajar. El sistema determina si es posible utilizar dichos parámetros para el análisis de la información de manera interna y transparente para el usuario. Este sistema está diseñado para trabajar con bases de datos relacionales, ya que éstas se han considerado las más consistentes y seguras, así como las más utilizadas principalmente por las empresas, posibilitando con esto la contextualización y extrapolación del sistema propuesto a otros sistemas productos.



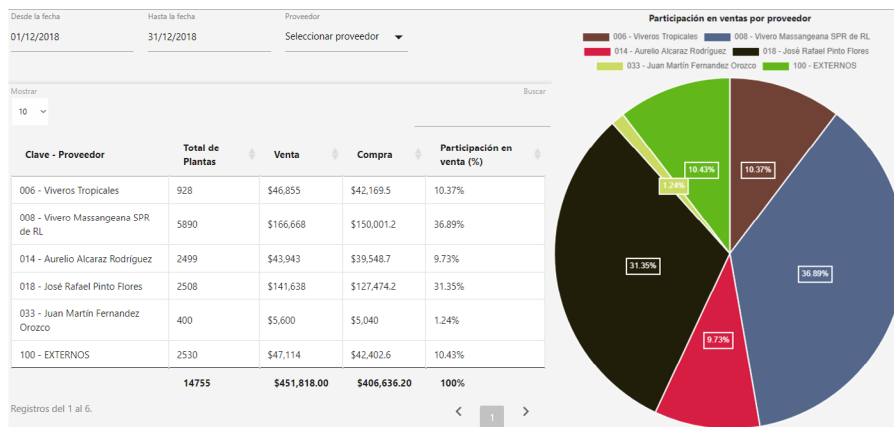
**Figura 4.** Configuración inicial de una herramienta dinámica. **Fuente:** elaboración propia.

Posteriormente, el usuario debe configurar su herramienta a través del panel de elementos (véase Figura 5) que permite agregar parámetros, tablas y gráficas a la herramienta.



**Figura 5.** Panel de elementos de una herramienta dinámica. **Fuente:** elaboración propia.

El panel de herramientas permite configurar la tabla y gráfica a visualizar (véase Figura 6), con la finalidad de facilitar la consulta de información y otorgar al usuario un control total de la información y representación visual de ésta.

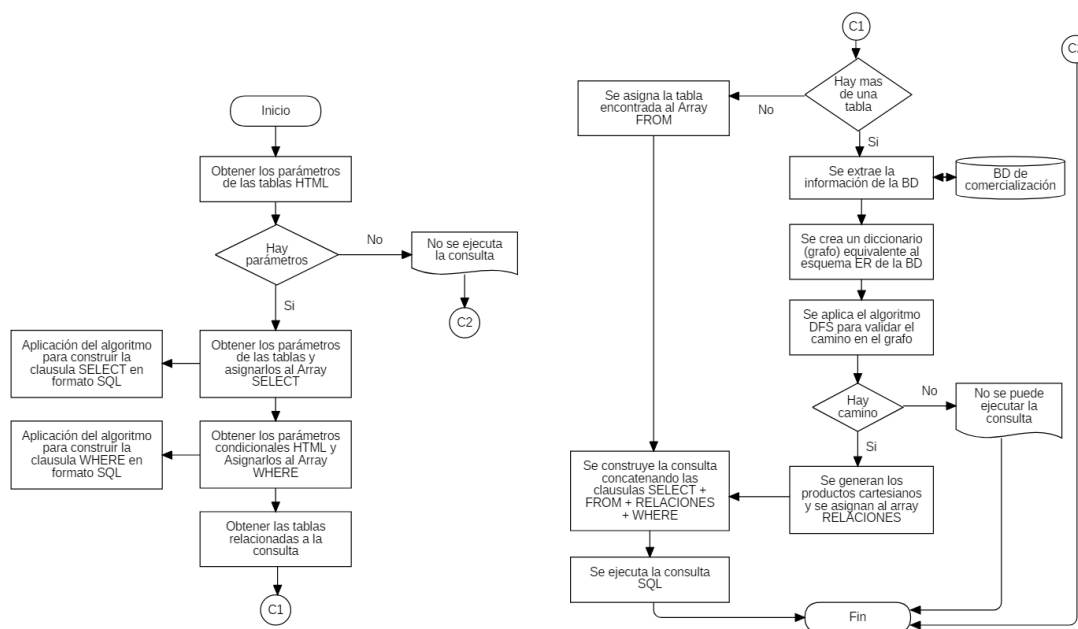


**Figura 6.** Herramienta dinámica con parámetros, tabla y gráfica. **Fuente:** elaboración propia.

### 3.1. CONSTRUCCIÓN DE CONSULTAS DINÁMICAS

El sistema se encarga de procesar las peticiones que le son enviadas a través de la Web API, un conjunto de direcciones URL que se encargan de recibir y enviar datos en formato JSON. Dependiendo de los elementos añadidos en la herramienta, se sigue un proceso que involucra algoritmos que construyen dinámicamente una consulta SQL entendible por el gestor de base de datos MySQL. Este proceso se describe en el diagrama de flujo de la Figura 7.





**Figura 7.** Diagrama de flujo para la construcción de consultas dinámicas. **Fuente:** elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 7, la creación del grafo y utilización del algoritmo DFS se usarán siempre y cuando se hayan encontrado más de una tabla, esto debido a que se puede utilizar cualquier BD y de la cual se desconocen las relaciones entre las tablas. A continuación, se muestra la explicación a detalle de dicho proceso, el cual se realiza empatando los elementos HTML de la interfaz de usuario, como tablas y gráficas que se desean visualizar, con sus respectivos parámetros a instrucciones SQL:

- Las **tablas** por visualizar en el navegador web se traducen a una instrucción SELECT de SQL, determinando con esto las columnas que se seleccionarán de cierta tabla de la base de datos mediante los parámetros seleccionados. Cada parámetro contiene información de la tabla a la que pertenece, el nombre de la columna y sus valores. Si se añaden tres parámetros (columnas) a la tabla, la variable SELECT almacenará el nombre de las tres columnas, asignándose a una variable de tipo array de la siguiente manera:

**SELECT** = “nombre\_proveedor, planta, precio\_venta”

- Las **gráficas** toman los parámetros de la tabla construida en el navegador web y despliegan el resultado. Las gráficas aceptan parámetros y funcionan igual que las tablas; por lo tanto, al modificar un valor, se realiza una consulta que filtra la información solicitada y despliega los resultados en la gráfica.
- Los **parámetros** se traducen a la instrucción WHERE de SQL, la cual determina los filtros para la información, si el usuario modifica la información, ésta se actualizará y generará una nueva consulta. Si se añade por ejemplo el parámetro fecha y se selecciona un valor para éste, la variable WHERE almacenará la columna y el valor seleccionado, especificándose como se establece a continuación:

**WHERE** = “fecha BETWEEN ‘2018-01-01’ AND ‘2018-12-01’”

Los parámetros, como ya se mencionó anteriormente, pueden ser de varios tipos y estos equivalen a elementos y controles HTML (select, select multiple, input para texto, input para fecha, input para checkbox, etc.).

A partir de los parámetros y tablas, el sistema crea la instrucción FROM a través de la utilización del array FROM, definiéndose como se muestra a continuación:

**FROM** = “proveedores, productos, ordenes”

Éste permite determinar cuáles tablas se utilizarán para realizar la consulta a partir de una búsqueda de la información de la base de datos que deduce cuáles tablas están relacionadas entre sí para determinar si es posible realizar la consulta, mediante la implementación del algoritmo DFS. Además, si el usuario realiza la petición de una consulta compleja (más de dos tablas), el sistema se encargará de realizar un JOIN o producto cartesiano añadiéndolo al WHERE para relacionar todas las tablas seleccionadas, y realizar la consulta de forma correcta.

### 3.2. ALGORITMO PARA LA CREACIÓN DE GRAFOS

Para determinar las relaciones que corresponden a la consulta y construir los productos cartesianos, se aplican una serie de algoritmos que ayudan a resolver el problema. Primeramente, el algoritmo de creación de grafos genera un diccionario en Python que equivale al esquema ER de la base de datos, el cual determina las relaciones de cada tabla en la misma para formar el grafo, donde se crea una consulta a la base de datos donde se obtiene el nombre de la tabla, la llave primaria o columna que relaciona a esa tabla con otra, el tipo de relación, y la tabla relacionada a la misma.

```
SELECT table_name, column_name, constraint_name, referenced_table_name, referenced_column_name FROM information_schema.key_column_usage WHERE table_schema = db
```

Con esta información se genera un grafo con los nombres en *string* de cada tabla y las tablas relacionadas a la misma (véase Figura 8).

```
grafo_str = {  
    "proveedores": {"productos"},  
    "productos": {"ordenes", "proveedores"},  
    "ordenes": {"productos"}  
}
```

**Figura 8.** Representación de un grafo en diccionario de Python. **Fuente:** elaboración propia.

Después, a cada tabla se le asigna un número y se crea el grafo con equivalentes numéricos (véase Figura 9).

```
grafo_num = {  
    "0": {"1"},  
    "1": {"2", "0"},  
    "2": {"1"}  
}
```

**Figura 9.** Representación de un grafo en diccionario de Python con etiquetas numéricas. **Fuente:** elaboración propia.

El grafo numérico representado con un diccionario, *grafo\_num* en la Figura 9, se toma como parámetro por el algoritmo DFS. Este grafo contiene la información de las relaciones y las tablas, determinando si esas tablas están relacionadas entre sí, generando como resultado una serie de caminos que se analizaron para definir las relaciones que se utilizarán en la consulta.

```

proveedores= 0, productos=1, ordenes=2
encontrar_camino (grafo_num, '0', '1')
encontrar_camino (grafo_num, '0', '2')

def encontrar_camino(graph, start, end, path=[]):
    path = path + [start]
    if start == end:
        return path
    if start not in graph:
        return None
    for node in str(graph[start]):
        if node not in path:
            newpath = find_path(graph, node, end, path)
            if newpath: return newpath
    return None

```

**Figura 10.** Algoritmo DFS que busca un camino entre dos puntos. **Fuente:** elaboración propia.

A partir de los caminos encontrados por el algoritmo de búsqueda en profundidad DFS, se generan los productos cartesianos con las relaciones encontradas y se asignan a la variable RELACIONES.

**Relaciones** = “proveedores.producto\_id == productos.producto\_id **AND** productos.orden\_id == ordenes.orden\_id”

Al final, las cuatro variables (SELECT, FROM, WHERE, RELACIONES) se concatenan y forman la consulta final a ejecutarse (véase Figura 11).

```

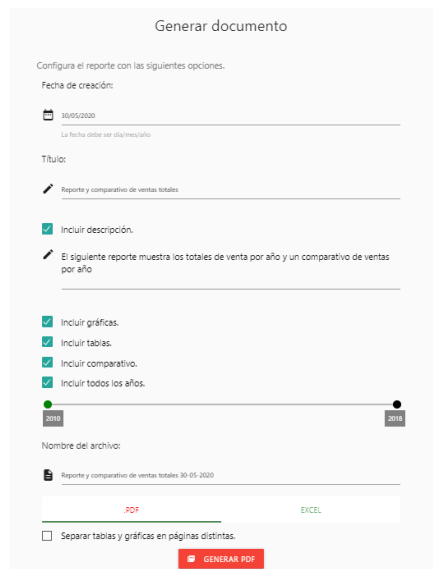
SELECT nombre_proveedor, planta, precio_venta
FROM proveedores, productos, ordenes
WHERE fecha BETWEEN "2018-01-01" AND "2018-12-01"
AND proveedores.producto_id == productos.producto_id
AND productos.orden_id == ordenes.orden_id

```

**Figura 11.** Consulta SQL construida dinámicamente. **Fuente:** elaboración propia.

Para este caso, el sistema solicita información de la base de datos histórica externa al sistema BI y perteneciente al sistema de comercialización de ORNACOL para después regresar el resultado de todo el proceso descrito anteriormente, de manera totalmente transparente para el usuario utilizando el plugin jQuery DataTables, como se observa en la Figura 6.

Por otra parte, el sistema permite generar reportes y exportarlos en formato XLSX o PDF para ser presentados formalmente (véase la Figura 12), dando la posibilidad al usuario de seleccionar la información necesaria a guardar y la configuración del documento.



**Figura 12.** Generación de reportes en formato PDF y xlsx. **Fuente:** elaboración propia.

El algoritmo para procesar y agrupar la información se codificó específicamente para realizar consultas a bases de datos relacionales, este mismo es capaz de recibir datos por el método POST utilizando AJAX, procesarlas para formar la consulta final a ejecutarse en la base de datos y regresar un resultado al usuario para realizar un análisis de la información y tomar decisiones finales.

Por otro lado, el diseño de la Web API utilizando Django REST, permite al sistema tener un mejor rendimiento y no interrumpir las interacciones del usuario con el sistema; no obstante, es importante analizar el tiempo que tarda en realizar una consulta compleja (más de dos tablas) donde resulte una gran cantidad de datos, ya que el sistema responderá dependiendo el tipo de conexión y equipo que se tenga (véase Tabla 1).

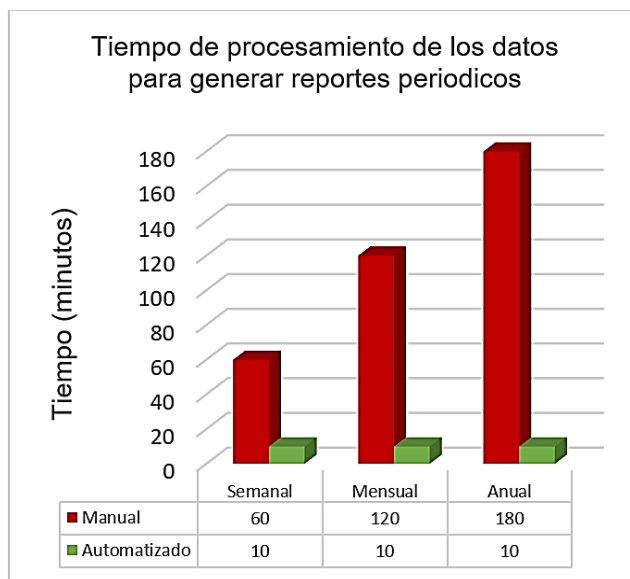
**Tabla 1.** Tiempos de respuesta de consultas realizadas por el usuario al servidor con equipos con distintas características.

Equipo	Conexión	Tipo de consulta	Tiempo promedio
Computadora de escritorio, procesador Intel Core i7 7700K, 8GB RAM	Por cable, 10 MB de velocidad	Simple (2 tabla) 2K datos	30 ms
		Compleja (más de dos tablas) 100K datos	100 ms
Laptop, procesador Intel Celeron, 4GB RAM	Wifi, 10 MB	Simple (2 tabla) 2K datos	250 ms – 450 ms
		Compleja (más de dos tablas) 100K datos	250 ms - 1.2 s
Computadora de escritorio, Intel Core i7 860, 4GB de RAM	Por cable, 10 MB de velocidad	Simple (1 tabla) 2K datos	250 ms – 450 ms
		Compleja (más de dos tablas) 100K datos	250 ms – 800ms

**Fuente:** elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 1, los tiempos de respuesta con diferentes equipos se miden desde que el usuario genera una consulta al servidor, se procesa, se ejecutan los algoritmos de generación de grafos búsqueda en profundidad, construcción de consultas, extracción de información de la consulta generada y hasta el regreso y presentación de un resultado al cliente.

Por otro lado, en cuanto a la evaluación del impacto del sistema se realizó una comparativa entre el tiempo de procesamiento de los datos con la implementación del sistema y el tiempo sin la implementación de éste. Por lo cual, es importante señalar que las actividades de análisis de información en la empresa para la generación de reportes semanales, mensuales y anuales se realizaban de manera manual, estimándose un promedio de 1 a 3 horas para realizar este procesamiento de información. En contraste, con la implementación del sistema este tiempo de procesamiento se redujo significativamente, como se puede observar en la Figura 13.



**Figura 13.** Tiempo de procesamiento de los datos para generar reportes periódicos (manual= persona, automatizado= sistema).  
**Fuente:** elaboración propia.

Antes de la implementación del sistema, el proceso de análisis de información se realizaba de forma manual en hojas de cálculo, lo cual implicaba la inversión de varias horas de trabajo por parte del operador para extraer de un software de contabilidad toda la información necesaria de las ventas y guardarla en una hoja de cálculo en blanco para después limpiarla, agruparla y asociarla para generar el reporte de ventas y con base en ello tomar decisiones, como se puede observar en la Figura 13. Proceso

que se realizaba de manera semanal, mensual y anual, siendo un proceso ineficiente e ineficaz, sesgando la posibilidad de tomar decisiones oportunas en la comercialización de plantas ornamentales.

Considerando lo anterior, queda demostrado que la implementación del sistema BI propuesto para el apoyo en la toma de decisiones en la empresa ORNACOL, permite en primer lugar automatizar el proceso de extracción, procesamiento y presentación de la información sobre la comercialización de plantas de ornato. Contribuyendo con lo anterior, a adquirir información de utilidad para la extracción de conocimiento que permita generar mejores y más eficientes estrategias de comercialización.

## 4. CONCLUSIONES

En este artículo se presenta un sistema web que da soporte a la toma de decisiones, automatizando y haciendo eficiente el proceso manual de recolección y agrupación de la información. El sistema permite crear herramientas dinámicas que, con base en los parámetros solicitados, construye consultas dinámicamente entendibles por gestores de bases de datos relacionales utilizando SQL; posteriormente, los datos obtenidos se procesan, serializan y se representan en el cliente por medio de tablas, gráficas y reportes. Debido a que el sistema puede establecer conexión a cualquier BD relacional, un algoritmo crea un grafo equivalente al entidad-relación de la BDR y el algoritmo DFS, a partir del grafo generado, permitiendo optimizar la búsqueda de las relaciones entre dos o más tablas para crear las consultas dinámicas.

Este tipo de herramientas podrían ayudar a desarrollar sistemas BI para aquellas empresas que busquen gestionar su información y requieran un sistema capaz de conectar cualquier base de datos relacional realizar consultas dinámicas y que pueda operarse sin necesidad de conocimientos avanzados. Considerando, además, que las bases de datos relacionales son las bases de datos mayormente utilizadas para el desarrollo de sistemas de información, proporcionando interoperabilidad con los sistemas ya existentes.



Así pues, el sistema BI web ORNALISIS contribuye a incrementar la cantidad, calidad, rentabilidad y sustentabilidad de la producción y comercialización de plantas ornamentales, apoyando a la toma de decisiones, reduciendo el tiempo de procesamiento y análisis de grandes cantidades de información e incrementando la productividad de la empresa. Fundamentado así, el desarrollo de este trabajo de investigación.

Como trabajo futuro se espera optimizar el funcionamiento de las herramientas dinámicas y mitigar los riesgos de requerir un cierto nivel de conocimiento en bases de datos relacionales para interpretar las tablas seleccionadas, utilizar un método de búsqueda distinto para determinar el óptimo y un método distinto a uniones cruzadas para combinar filas de tablas relacionadas por ejemplo la cláusula JOIN. Finalmente se espera que el DSS pueda dar soluciones autónomas aplicando una taxonomía de uso dirigido a modelos para apoyar a los tomadores de decisiones a tomar una decisión final.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Colima y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambler, S. W.** (2014). The Agile Unified Process. *The Agile Unified Process (AUP)*. <http://www.ambysoft.com/scottAmbler.html>
- Castro, A. C., Fonseca, R. M., Melo, A., y Prado, A.** (2019). Business Intelligence Aplicado a Gestão Acadêmica no Setor Administrativo. *Revista De Tecnologia Da Informação E Comunicação Da Faculdade Estácio Do Pará*, 2(3), 14. <http://revistasfap.com/ojs3/index.php/tic/article/view/275>

**Coeplants Colima A. C.** (2012). *Plan Rector: Comité Sistema Producto Ornamentales Colima*. [http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/estatales/EPT%20COMITE%20SISTEMA%20PRODUCTO%20ORNAMENTALES%20COLIMA/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR\\_ORNAMENTALES\\_COLIMA\\_2012.pdf](http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/estatales/EPT%20COMITE%20SISTEMA%20PRODUCTO%20ORNAMENTALES%20COLIMA/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR_ORNAMENTALES_COLIMA_2012.pdf)

**Comisión Estatal del Componente de Desarrollo de Capacidades y Extensionismo Rural.** (2013). *Plan Estratégico para la Operación Anual del Componente de Desarrollo de Capacidades y Extensionismo Rural del Estado de Colima*. Comisión Estatal del Componente de Desarrollo de Capacidades y Extensionismo Rural. [http://www.inca.gob.mx/webfiles/planes-estrat-e/plan\\_estrategico\\_col.pdf](http://www.inca.gob.mx/webfiles/planes-estrat-e/plan_estrategico_col.pdf)

**Damasceno, E., Azevedo, A., y Pinto, A.** (2018). Business Intelligence-Implantation on Federal Institute of Triângulo Mineiro (IFTM) System: *Proceedings of the 10th International Conference on Computer Supported Education*, 528–535. <https://doi.org/10.5220/0006818805280535>

**García, N., van der Valk, O. M. C., y Elings, A.** (2011). *Mexican protected horticulture: Production and market of Mexican protected horticulture described and analysed*. Wageningen UR Greenhouse Horticulture/LEI (Rapporten GTB 1126). <https://edepot.wur.nl/196070>

**García-Mejía, E. E., García-Virgen, J., y Chávez-Valdez, R. E.** (2018). Gestión de la Comercialización de Plantas Ornamentales Utilizando Normas de Trazabilidad hacia delante. *RIIT. Revista internacional de investigación e innovación tecnológica*, 6(35). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-97532018000500006&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-97532018000500006&script=sci_abstract)

**Jacobson, I., Brooch, G., y Rumbaugh, J.** (1999). *Unified Software Development Process* (2a ed). Addison-Wesley Professional.

- Kopackova, H., y Škrobáčková, M.** (2006). *Decision support systems or business intelligence: what can help in decision making?* [https://www.researchgate.net/publication/44982242\\_Decision\\_support\\_systems\\_or\\_business\\_intelligence\\_what\\_can\\_help\\_in\\_decision\\_making#:~:text=Using%20a%20programmed%20decisions%20require,effective%20business%20decisions%20%5B4%5D%20](https://www.researchgate.net/publication/44982242_Decision_support_systems_or_business_intelligence_what_can_help_in_decision_making#:~:text=Using%20a%20programmed%20decisions%20require,effective%20business%20decisions%20%5B4%5D%20).
- Marakas, G. M.** (1999). *G. M. Marakas. Decision support systems in the twenty-first century* (2a ed.). Prentice Hall.
- Medeiros, J. D. L.** (2017). *Desenvolvimento de um Sistema de Inteligência de Negócios para apoio da Gestão Acadêmica*. Universidade Federal De Itajubá. <http://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/1032>
- Paiva, P.** (2018). Horticulture and Ornamental Horticulture. *Ornamental Horticulture*, 24(1), 6-6. [https://www.researchgate.net/publication/327666995\\_Horticulture\\_and\\_Ornamental\\_Horticulture](https://www.researchgate.net/publication/327666995_Horticulture_and_Ornamental_Horticulture)
- Power, D. J.** (2011). *Decision support systems: Concepts and resources for managers*. Greenwood/Quorum Books.
- Roldán, J. L., Cepeda-Carrión, G., y Galán, J. L.** (2012). *Los sistemas de inteligencia de negocio como soporte a los procesos de toma de decisiones en las organizaciones*. *Papeles de Economía Española*, 132, 239-260. <https://hdl.handle.net/11441/76099>
- Santillán, Á. G., y Mendoza, M. L.** (2015). Diseño y desarrollo de un sistema Web de apoyo a ejecutivos para la toma eficiente de decisiones de compras. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*. <https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/284/330>
- Silva, R. A., Silva, F. C. A., y Gomes, C. F. S.** (2016). O Uso Do Business Intelligence (Bi) Em Sistema De Apoio À Tomada De Decisão Estratégica. *Revista Gestão Inovação e Tecnologias*, 6(1), 2780–2798. <http://www.revistageintec.net/index.php/revista/article/view/726>

**Zimmermann, T. R.** (2006). *Desenvolvimento De Um Sistema De Apoio À Decisão Baseado Em Business Intelligence*, 77.

