

# METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS DE DATA WAREHOUSE PARA EL SECTOR MINERO. CASO DE USO: CAMILO PONCE ENRÍQUEZ, GRUPO EMPRESARIAL CAMPOVERDE

## METHODOLOGY FOR THE DESIGN OF DATA WAREHOUSE PROJECTS FOR THE MINING SECTOR. USE CASE: CAMILO PONCE ENRÍQUEZ, CAMPOVERDE BUSINESS GROUP

HECKLER OCHOA CAICEDO<sup>1</sup>, ANDRÉS TELLO<sup>2</sup>

1 Universidad de Cuenca, Ecuador. [heckler.rothwell@gmail.com](mailto:heckler.rothwell@gmail.com)

2 Universidad de Cuenca, Ecuador. [andres.tello@ucuenca.edu.ec](mailto:andres.tello@ucuenca.edu.ec)

### RESUMEN

Según datos del Banco Central del Ecuador en Enero del 2017 se indica que del 100% de la actividad de explotación minera de la provincia del Azuay, el 85% se desarrolla en el Cantón Camilo Ponce Enríquez. El mercado en que se desarrolla el sector minero posee dos características peculiares (mercado de alto riesgo y alta inversión de capital), por tanto esta industria requiere las condiciones que les permitan potenciar sus actividades y convertirse en una fuente principal para la generación de encadenamientos productivos, lo puede lograr a través de las empresas proveedoras para adquirir nuevos conocimientos, nutrirse de las nuevas tecnologías e innovaciones para mejorar su competitividad. Por tanto, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar una metodología para elaborar un data warehouse (DW) orientado al sector minero. La metodología es validada con datos proporcionados por el grupo empresarial Campoverde del cantón Camilo Ponce Enríquez de la provincia del Azuay quienes proveen al sector minero. La metodología acoge como parte del análisis lo planteado por la ISO 21500 (Barato & Sm, 2013) y la norma Project Management Body Of Knowledge (PMBOK) para la gestión de proyectos, la arquitectura del DW y el flujo del trabajo así como también las tareas implícitas en este proceso es un compendio de dos metodologías específicas Data Warehouse Engineering Process (DWEP) y HEFESTO, además se incorporan varios entregables personales como un aporte para la investigación. El DW resultante se lo emplea para el desarrollo de un sistema que facilite la toma de decisiones a los directivos del grupo empresarial Campoverde, enmarcados en sus objetivos estratégicos.

**PALABRAS CLAVE:** Data warehouse, metodología para desarrollar un data warehouse, toma de decisiones.

### ABSTRACT

According to data from the Central Bank of Ecuador in January 2017 Indicates that of the 100% of the mining activity of the province of Azuay, 85% is developed in Canton Camilo Ponce Enríquez. The market in which the mining sector develops has two peculiar characteristics, high risk market, huge initial investment. Therefore this industry requires the conditions that allow potentiate its activities and become a main source for the generation of productive chains. It can be achieved by companies, acquiring new knowledge, nourishing themselves with new technologies and innovations to improve their competitiveness. Therefore, this work aims to develop a methodology to develop a data warehouse (DW) oriented to the mining sector. The methodology is validated with the data provided by the Campoverde Business Group from Camilo Ponce Enríquez, province of Azuay. The proposed methodology includes an analysis of the ISO 21500 and the PMBOK standards for project management, DW architecture and workflow as well as all the tasks implicit in this process is a compendium of two specific methodologies DWEP and HEFESTO. In addition, we propose a set of deliverables for each phase of the methodology. The resulting DW methodology will be used to develop of a system that facilitates the decision making process to the Campoverde Business Group.

**KEYWORDS:** Data warehouse, methodology to develop a data warehouse, decision making.

DOI: <http://dx.doi.org/10.23878/alternativas.v19i2.206>

RECIBIDO: 19/10/2017

ACEPTADO: 30/7/2018

## INTRODUCCIÓN

Un data warehouse (DW) es la base donde se almacenan los datos obtenidos de los sistemas transaccionales y convencionales, convirtiéndose en una nueva fuente para aplicar procesos de minería de datos y de inteligencia de negocios. Pero, desarrollar un DW, no es una tarea sencilla, se requiere de la ayuda de una metodología que guíe a cada una de las fases y las actividades inmersas en el proceso, cuyo único fin es el de obtener un almacén de datos consistente.

El sector minero, al ser una industria propensa a un alto riesgo y con una considerable inversión de capital, es indispensable que las empresas proveedoras aporten con nuevos conocimientos a través de la utilización de estándares que avalen la gestión de un proyecto para implementar un DW, para lo cual, la metodología propuesta acoge el ciclo de vida de un proyecto planteado por PMBOK (del inglés: Project Management Body Of Knowledge) y el estándar ISO 21500 ambos mantiene un enfoque común en lo referente a la administración de proyectos.

Bill Inmon propone, que la arquitectura de un almacén de datos se la debe diseñar analizando a la organización como un todo, obteniendo un único DW y desde el cual se liberan los data marts específicos para cada unidad de la empresa (Rivadera, n.d.). Es importante resaltar que la metodología HEFESTO se la puede aplicar tanto para construir de un DW o un data mart, por lo que la arquitectura de datos utilizada por HESFESTO al construir un DW se orienta en la de Bill Inmon (Bernabeu, 2010).

Las metodologías base para obtener las actividades a desarrollarse en la metodología propuesta son HEFESTO y DWEP. La metodología HEFESTO, sólo plantea actividades agrupada en cuatro pasos principales (análisis de requerimientos, análisis de los OLTP, modelo lógico del DW e integración de datos), en cambio, la metodología DWEP (del inglés: Data Warehouse Engineering Process) propone los flujos de trabajo para desarrollarlo. Se constituyen en las metodologías base, porque HEFESTO define la manera en que deben recolectarse los requerimientos de los usuarios para definir la arquitectura de datos y DWEP detalla de mejor manera su elaboración (Leonard & Castro, 2013).

En la sección 2 se presentan los trabajos relacionados con esta temática. En la sección 3 se detalla la metodología propuesta, justificando el porqué fueron adoptadas cada una de las actividades, proporcionando una idea clara de cuáles serán sus componentes. En la sección

4 se presenta el resultado de la metodología propuesta para elaborar un proyecto de DW, identificando a cada una de las fases y tareas a desarrollarse. Finalmente en la sección 5 se presenta la conclusión de la investigación y se propone los trabajos futuros en esta línea.

## TRABAJOS RELACIONADOS

Existen varias metodologías que plantean la construcción de un DW orientadas a diversos sectores económicos, pero en lo particular, en la industria minera, no existe una metodología que trate específicamente las características principales de éste segmento de la economía que se vislumbra como una actividad de alto riesgo y alta inversión por lo que al estar en juego una inversión fuerte, se lo debe tratar desde el punto de vista de la gestión de un proyecto y no sólo como el desarrollo de un almacén de datos, garantizando una correcta planeación, ejecución y control de todo el proceso.

En (Salcedo, Galeano, & Rodriguez, 2010), proponen aplicar la metodología CRISP-DM (del inglés: Cross Industry standard Process for Data Mining) adaptándola para implementar un almacén de datos, debido a que es una metodología especialmente construida para la tarea de minería de datos que se basa en un ciclo de vida de seis fases (comprensión del negocio, comprensión de los datos, preparación de los datos, modelado, evaluación y despliegue). Al culminar con la última fase, sugiere la utilización de lenguajes de consulta inductivos para crear y entrenar los modelos DMM (del inglés: Data Mining Model) que serán utilizados para realizar las predicciones. También recomiendan utilizar un modelo matemático a través de una lógica difusa (Fuzzy Logic) como una herramienta para el campo de la inteligencia de negocios.

En (Días & Días, 2016), presentan una metodología híbrida para diseñar y construir un DW aplicada al programa de rehabilitación ambiental y social en el Ecuador, utilizan los enfoques propuestos por Inmon (Top-Down) y Kimball (Bottom-Up), estableciendo un punto de equilibrio entre estas dos metodologías en lo que respecta específicamente en el nivel de granularidad y el grado de cohesión, dando origen a un modelo analítico en donde se pueden reutilizar las dimensiones comunes entre los diferentes data marts, el modelo punto de equilibrio ubica las dimensiones compartidas entre los modelos conceptuales en el centro de la gráfica y en la parte superior e inferior irán las dimensiones únicas para cada modelo.

En (Leonard & Castro, 2013), realizan un análisis de diversas metodologías empleadas para el desarrollo de un almacén de datos entre ellas (el ciclo de vida de Kimball, DWEP, la propuesta de Trujillo, Rapid Warehouse Methodology, HEFESTO, CRISP-DM, KM-IRIS). Cada una de estas metodologías se aplica a proyectos que poseen características particulares y de las cuales se analizaron las principales cualidades empleadas para desarrollar el DW. Se concluye que la metodología de HEFESTO y DWEP son las más apropiadas para desarrollar el DW debido a que la metodología de HEFESTO define la manera en que deben recolectarse los requerimientos y las necesidades de los usuarios para definir la arquitectura de datos y DWEP detalla de mejor manera la elaboración del modelo conceptual, lógico y físico.

En (Mendoza, Durán, & Rivera, 2010), formulan una metodología para desarrollar bodegas de datos pero específicamente para la micro, pequeña y mediana empresa, enfocada en las cualidades que este tipo de empresas poseen (e.g. escaso capital de trabajo, bajo acceso al financiamiento, bajo nivel tecnológico), resaltando el aspecto en que la participación del cliente debe estar presente en casi todas las fases porque él forma parte del equipo de desarrollo, realiza un análisis de dos metodologías (Kimball y el Método de Desarrollo de Sistemas Dinámicos para Data Warehouse DSDM DW), acogiéndolas como las metodologías base para formular la nueva metodología que basa en un ciclo de vida de seis fases, cincuenta y siete actividades, diez roles y veinte y cinco entregables, todos aplicados a estas empresas en particular.

Los trabajos referenciados, muestran la diversidad de metodologías que existen para elaborar almacenes de datos, pero cada uno de estos estudios, proponen ámbitos de aplicación distintos de acuerdo a la problemática abordada por cada uno de los autores, demostrando que las metodologías para el diseño de un DW varía dependiendo de las particularidades de cada empresa o sector donde se lo desea implementar, sin embargo, no se encontró una metodología que se aplique específicamente para las empresas proveedoras en el sector minero cuyas características del negocio convergen en una alta inversión de capital y un riesgo muy alto.

### **METODOLOGÍA DWMI (DATA WAREHOUSE FOR THE MINING INDUSTRY)**

El análisis para plantear una metodología para desarrollar un proyecto de DW aplicado al sector minero, inicia con el estudio de las característi-

cas particulares que poseen las empresas involucradas en éste sector. Para ello, es necesario mencionar que en el Ecuador la actividad de explotación minera es realizada a través de la pequeña minería y la minería artesanal (Banco Central del Ecuador, 2017), como se puede apreciar en la Tabla 1. Esta actividad minera a su vez, involucra a otros tipos de negocios que proveen una diversidad de bienes y servicios que intervienen en forma directa o indirecta en todas las fases del ciclo de la producción minera.

**TABLA 1. PRODUCCIÓN TOTAL DE ORO AÑO 2014**

| TIPO DE MINERÍA   | ECUADOR | EXTERIOR |
|-------------------|---------|----------|
| Gran minería      | 0%      | 82%      |
| Mediana minería   | 0%      | 10%      |
| Pequeña minería   | 78%     | 8%       |
| Minería artesanal | 22%     |          |

En los datos obtenidos por el Banco Central del Ecuador, la actividad minera la realizan en su mayoría las pequeñas asociaciones y éstas para poder operar, obligadamente deben buscar financiamiento. Las empresas que se dedican a proveer estos insumos, se encuentran muy próximos al lugar donde se desarrolla la actividad minera y se enfrentan a un riesgo muy alto al ofrecerles líneas de crédito directo a los productores mineros; este riesgo depende de los resultados de la explotación de los metales, si es negativo no es beneficiosa para los mineros y por consiguiente estos resultados se ven reflejados en el incumplimiento de sus obligaciones crediticias adquiridas.

En otro ámbito, las empresas deben ofrecer insumos de buena calidad, mantener talleres propios para la reparación y mantenimientos de las maquinarias, brindar asesoramiento técnico a los mineros sobre temas relacionados a la actividad minera y el uso correcto de los explosivos, manejar el tema de la custodia militar de los explosivos hacia las minas entre los servicios más relevantes.

Luego del análisis de las características de las empresas proveedoras de insumos al sector minero (alto riesgo y alta inversión de capital), se estudian las características principales que debe cumplir un proyecto y para ello es necesario revisar las fases del ciclo de vida de un proyecto y su modelo de gestión, basándose en el estándar internacional ISO-21500 y en la guía de PMBOK, aportando a la metodología, con la parte formal e introductoria para el inicio del proyecto, delimitando las características particulares para la construcción de un DW.

### FASES DE LA METODOLOGÍA DWMI

Al comparar el flujo de trabajo de la metodología DWEP y las fases de la metodología de HEFESTO Tabla 2, se observa que ambas metodologías sólo se centran en la construcción del DW, ambas inician con la obtención de los requisitos o requerimientos según la denominación dada por cada autor, luego pasan al análisis, posteriormente al diseño, para luego implementarlo, y adicionalmente la metodología DWEP incorpora por separado la prueba, mantenimiento y una revisión post desarrollo. Pero en ninguna de las dos metodologías, incorporan un flujo de trabajo que sea la partida de nacimiento de un proyecto de DW, por lo que, en la metodología propuesta se incorpora la integración del proyecto como la primera fase de trabajo indispensable para dar vida al proyecto. Adicionalmente, se unifican la prueba y el mantenimiento propuesto por DWEP en uno sólo, debido a que, al momento de realizar la prueba paralelamente se procede a realizar los mantenimientos necesarios para cada una de las pruebas sin tener que esperar que concluyan todas las pruebas para iniciar con los mantenimientos respectivos. La revisión post desarrollo, tampoco se lo tomo como parte de las fases de trabajo de la metodología DWMI debido a que, sus actividades están consideradas dentro del monitoreo y control que se ejecuta durante el proyecto, al final se añade la fase de cierre del proyecto con el fin de dar por terminado la construcción del DW y recopilar las lecciones aprendidas.

**TABLA 2. INTEGRACIÓN DEL FLUJO DE TRABAJO DE DWEP Y LAS FASES DE HEFESTO**

| DWEP                     | HEFESTO                    | METODOLOGÍA DWMI         | JUSTIFICACIÓN  |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--|
|                          |                            | Integración del proyecto | Flujo de trabajo indispensable para iniciar un proyecto de DW  |
| Requisitos               | Análisis de Requerimientos | Requisitos               | Se mantiene  |
| Análisis                 | Análisis de los OLTP       | Análisis                 | Se mantiene  |
| Diseño                   | Modelo Lógico del DW       | Diseño                   | Se mantiene  |
| Implementación           | Integración de Datos       | Implementación           | Se mantiene  |
| Prueba<br>Mantenimiento  |                            | Prueba y mantenimiento   | Se unifica en uno sólo   |
| Revisión post desarrollo |                            |                          | No considerado como flujo de trabajo sino más bien se encuentra inmerso dentro de las fase de prueba y mantenimiento |

| DWEP | HEFESTO | METODOLOGÍA DWMI    | JUSTIFICACIÓN  |
|------|---------|---------------------|--|
|      |         | Cierre del proyecto | Fase necesaria para determinar las lecciones aprendidas del proyecto |

### FASE DE INTEGRACIÓN

Las actividades presentadas en esta fase fueron tomadas en su mayoría del estándar ISO-21500 y de la guía de PMBOK, debido que los dos, abordan a la gestión de un proyecto desde un punto de vista muy similar con ciertas particularidades que lo distingue a cada uno de ellos Tabla 3. Para la metodología DWMI, es muy importante abordar la construcción del DW a través de una visión bien clara y definida de lo que se desea alcanzar y como se lo va a realizar.

**TABLA 3. FASE DE INTEGRACIÓN DE LA METODOLOGÍA DWMI**

| ACTIVIDADES PROPUESTA POR ISO-21500              | ACTIVIDADES PROPUESTA POR PMBOK                    | ACTIVIDADES DE LA METODOLOGÍA DWMI                             |
|--|--|--|
|  |  | Justificación del Proyecto                                     |
|  |  | Selección de Objetivos Estratégicos                            |
| Desarrollar el Acta de constitución del Proyecto | Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto   | Acta de Constitución del Proyecto                              |
| Desarrollar los Planes de Proyecto               | Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto | Desarrollar el Plan de Gestión del Proyecto del Data Warehouse |

### FASE DE REQUISITOS

En esta fase se podrá identificar requerimientos de información tanto cualitativa como cuantitativa dependiendo de las cualidades de los datos a ser analizados. Las actividades incluidas en este flujo de trabajo Tabla 4, depende de la metodología a aplicar, la metodología DWEP plantea que, para obtener los requisitos para desarrollar un DW se debe apoyar en la técnica del Caso de Uso utilizado en el UML (del inglés: Unified Modeling Language). En cambio, la metodología HEFESTO, obtiene los requerimientos para el desarrollo del DW a través de la identificación de preguntas basadas en cubrir los objetivos del negocio para que de una manera didáctica y práctica derivar de estas preguntas los indicadores y las perspectivas que forman parte del modelo conceptual. La metodología propuesta DWMI, toma las actividades de la metodología HEFESTO, pero en su aplicabilidad se incorporan matrices y entregables que fortalecen la comprensión de las actividades.



**TABLA 4. FASE DE REQUISITOS DE LA METODOLOGÍA DWMI**

| ACTIVIDADES PROPUESTA POR DWEP | ACTIVIDADES PROPUESTA POR HEFESTO          | ACTIVIDADES DE LA METODOLOGÍA DWMI         |
|--------------------------------|--|--|
| Identificar los Actores        | Identificar las Preguntas                  | Identificar las Preguntas                  |
| Identificar los Casos de Uso   | Definir los Indicadores y las Perspectivas | Definir los Indicadores y las Perspectivas |
| Diagrama de Casos de Uso       | Realizar el Modelo Conceptual              | Realizar el Modelo Conceptual              |

**FASE DE ANÁLISIS**

En fase se incorporan actividades que apoyan al entendimiento de los orígenes de los datos, es decir, las fuentes de los datos que serán parte del DW Tabla 5, la metodología DWEP inicia identificando y revisando las fuentes de datos provenientes del diagrama del Caso de Uso, define el modelo de Entidad-Relación de las fuentes de datos detectadas, elabora un Esquema Conceptual de los Orígenes de Datos CSC (del inglés: Source Conceptual Schema) y finalmente realiza un Esquema Físico de las Fuentes de Datos SPS (del inglés: Source Physical Schema). En cambio la metodología HEFESTO, inicia conformando los indicadores a partir del modelo conceptual de la fase anterior, establece las correspondencias del modelo conceptual con las fuentes de datos provenientes de los OLTP (del inglés: On Line Transaction Processing), establece el nivel de granularidad y concluye con un modelo conceptual ampliado. Las actividades para la metodología DWMI, mantienen la misma conceptualización de la metodología HEFESTO, sin embargo, su ejecución y presentación fue adaptada a las necesidades del sector minero a través de la implementación de matrices y entregables personalizados.

**TABLA 5. FASE DE ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA DWMI**

| ACTIVIDADES PROPUESTA POR DWEP                                       | ACTIVIDADES PROPUESTA POR HEFESTO | ACTIVIDADES DE LA METODOLOGÍA DWMI |
|--|-----------------------------------|------------------------------------|
| Identificar las Fuentes de Datos                                     | Conformar Indicadores             | Conformar Indicadores              |
| Revisión de las Fuentes de Datos                                     | Establecer Correspondencia        | Establecer Correspondencia         |
| Modelo Entidad-Relación  | Nivel de Granularidad             | Nivel de Granularidad              |
| Descripción de los Datos   | Modelo Conceptual Ampliado        | Modelo Conceptual Ampliado         |
| Esquema Conceptual de Origen de Datos CSC (Source Conceptual Schema) |                                   |                                    |
| Esquema Físico de las Fuentes de Datos SPS (Source Physical Schema)  |                                   |                                    |

**FASE DE DISEÑO**

La fase diseño lo conforman actividades relacionadas con el diseño lógico que tendrá el DW Tabla 6, por lo que, la metodología DWEP propone diseñar un Esquema de Estado de Máquina para el Data Warehouse DWSMS (del inglés: Data Warehouse State Machine Schema), representando el comportamiento de una entidad frente a los acontecimientos y su relación a los diversos eventos (Rojas, Milena, & Ballesteros, 2016), para luego, diseñar el Esquema de las Actividades del Data Warehouse DWAS (del inglés: Data Warehouse Activity Schema), que equivale a realizar un diagrama de flujo de datos del DW. Con la metodología HEFESTO, se define cual es el tipo de modelo lógico que tendrá el DW, se diseñan las tablas de hechos y las tablas de dimensiones, se establecen las características de las uniones entre las diferentes tablas y modelos conceptuales, para culminar con el diseño del modelo lógico del DW. Las actividades para la fase de diseño de la metodología DWMI está conformada por las actividades de la metodología HEFESTO, debido a la forma práctica en que se desarrollan estas, no obstante, fueron ajustadas para un mejor entendimiento.

**TABLA 6. FASE DE DISEÑO DE LA METODOLOGÍA DWMI**

| ACTIVIDADES PROPUESTA POR DWEP  | ACTIVIDADES PROPUESTA POR HEFESTO        | ACTIVIDADES DE LA METODOLOGÍA DWMI       |
|---|--|--|
| Diseñar el Esquema de Estados de Máquina en el Data Warehouse DWSMS (Data Warehouse State Machine Schema) | Definir el Tipo de Modelo Lógico del DW. | Definir el Tipo de Modelo Lógico del DW. |
| Diseñar el Esquema de Actividades del Data Warehouse DWAS (Data Warehouse Activity Schema)                | Diseñar las Tablas de Dimensiones.       | Diseñar las Tablas de Dimensiones.       |
|   | Diseñar las Tablas de Hechos.            | Diseñar las Tablas de Hechos.            |
|   | Establecer las Uniones.                  | Establecer las Uniones.                  |
|   | Diseño del Modelo Lógico del DW          | Diseño del Modelo Lógico del DW          |

**FASE DE IMPLEMENTACIÓN**

Agrupar las actividades que permiten diseñar de manera física el DW Tabla 7, en lo que respecta a la metodología DWEP, realiza la actividad que denomina despliegue, que consiste en ejecutar el proceso de extracción de los datos, transformarlos y almacenarlos en el nuevo almacén de datos lo que se conoce como el proceso ETL (del

inglés: Extract, Transform and Load). En la metodología HEFESTO, el proceso de ETL se lo realiza en dos etapas, las primera definiendo el proceso de la carga inicial de los datos hacia el DW, y la segunda etapa definiendo el proceso para mantener actualizado el DW. Para la metodología DWMI, se consideran las actividades de HEFESTO, incorporando tres actividades que proporciona un mejor despliegue de ésta fase, permitiendo definir en primera instancia las herramientas existentes en el mercado para diseñar, ejecutar y controlar el proceso de ETL.

**TABLA 7. FASE DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DWMI**

| ACTIVIDADES PROPUESTA POR DWEP | ACTIVIDADES PROPUESTA POR HEFESTO    | ACTIVIDADES DE LA METODOLOGÍA DWMI                     |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|
|                                |                                      | Definir las Herramientas y Soluciones en el Mercado    |
| Flujo de Despliegue            | Definir el Proceso de Carga Inicial. | Definir el Proceso de Carga Inicial.                   |
|                                | Definir el Proceso de Actualización  | Definir el Proceso de Actualización                    |
|                                |                                      | Ejecutar el Proceso de ETL                             |
|                                |                                      | Controlar el Proceso de ETL Inicial y de Actualización |

**FASE DE PRUEBA Y MANTENIMIENTO**

Es fase de la metodología DWMI para el desarrollo de un DW Tabla 8, en la metodología de DWEP presenta actividades para verificar que los procesos implementados funcionen adecuadamente, para lo cual, se deben crear los casos de prueba que consiste en: análisis de datos, realizar consultas y verificar los ítems a evaluar. En el mantenimiento definen las revisiones pos desarrollo para una adecuada gestión de la información. En la metodología HEFESTO, no plantea actividades que hagan referencia a esta fase. La metodología DWMI, reúne las actividades de la metodología DWEP e incorpora una actividad en la que se controla la ejecución del plan de prueba, proponiendo varios entregables para validar su ejecución.

**TABLA 8. FASE DE PRUEBA Y MANTENIMIENTO DE LA METODOLOGÍA DWMI**

| ACTIVIDADES PROPUESTA POR DWEP | ACTIVIDADES PROPUESTA POR HEFESTO                  | ACTIVIDADES DE LA METODOLOGÍA DWMI |
|--------------------------------|--|------------------------------------|
| Definir los Casos de Prueba    | No presenta actividades para este flujo de trabajo | Diseñar el Plan de Pruebas         |
|                                |  | Ejecutar el Plan de Pruebas        |
| Flujo de Mantenimiento         |  | Controlar el Mantenimiento         |

**FASE DE CIERRE**

Se encuentra conformada por actividades que validan la culminación del proyecto y a la vez recopilan las lecciones aprendidas durante su ejecución. Estas actividades son obtenidas del estándar ISO-21500 y de la guía de PMBOK Tabla 9, como un aporte para la gestión de proyecto incluido en la metodología propuesta.

**TABLA 9. FASE DE CIERRE DE LA METODOLOGÍA DWMI**

| ACTIVIDADES PROPUESTA POR DWEP | ACTIVIDADES PROPUESTA POR HEFESTO    | ACTIVIDADES DE LA METODOLOGÍA DWMI                  |
|--------------------------------|--------------------------------------|---|
|                                |                                      | Definir las Herramientas y Soluciones en el Mercado |
| Flujo de Despliegue            | Definir el Proceso de Carga Inicial. | Definir el Proceso de Carga Inicial.                |

**RESULTADOS**

Se debe identificar las actividades y los entregables por cada una de las fases de la metodología DWMI propuesta para desarrollar el DW. En la Tabla 10, se ilustra un mapeo de las actividades seleccionas de los distintos modelos analizados en la presente investigación que deben ser considerados para llevar a cabo y culminar con éxito un proyecto de implementación de un DW para las empresas proveedoras en el sector minero. También se establece la fuente desde la cual provienen estas actividades y una breve justificación del porque fueron seleccionadas, adaptando los entregables a los requerimientos específicos del proyecto.

**ESTRUCTURA DE LA METODOLOGÍA DWMI**

En la Tabla 11, se ilustra de manera tabulada la estructura de la metodología DWMI, distribuyendo las actividades en cada una de las fases del ciclo de vida.

**VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DWMI: CASO DE USO FASE DE INTEGRACIÓN**

Antes de elaborar el plan de gestión del proyecto se debe conocer los motivos que permitan justificar porque se requiere implementar un DW, se deben conocer a que objetivos estratégicos de la empresa se le dará apoyo a través de la implementación del almacén de datos. En todo proyecto es necesario definir el equipo de trabajo multidisciplinario que colaborará con el proyecto, los entregables claves, el presupuesto y los objetivos estratégicos que fueron seleccionados a través de un plan de gestión del proyecto (Figura 1).

**TABLA 10. MAPEO DE LA METODOLOGÍA DWMI**

| FLUJO DE TRABAJO         | ACTIVIDADES   | FUENTE          | JUSTIFICACIÓN  |
|--------------------------|---|-----------------|--|
| Integración del proyecto | 1.1 Justificación del Proyecto.                                     | Aporte personal | Es una fase importante porque da una visión panorámica de lo que se desea realizar y como se va a desarrollar. Tanto la ISO 21500 como PMBOK lo enfocan de una manera muy similar a diferencia de las otras metodologías para la gestión de proyectos e implementadas en el desarrollo de un data warehouse, que no plantean una integración del proyecto, sino más bien, inician con la identificación de los requerimientos de datos. También, se incorporan dos actividades como un aporte personal a la metodología que son necesarias para entender la lógica del almacén de datos que se va a desarrollar. |
|                          | 1.2 Selección de Objetivos Estratégicos.                            | Aporte personal |  |
|                          | 1.3 Acta de Constitución del Proyecto.                              | PMBOK ISO 21500 |  |
|                          | 1.4 Desarrollar el Plan de Gestión del Proyecto del Data Warehouse. | PMBOK ISO 21500 |  |
| Requisitos               | 2.1 Identificar las Preguntas.                                      | HEFESTO         | Todas las actividades de estas fases fueron tomadas de la metodología HEFESTO, debido a que, la metodología HEFESTO trata a estas actividades de una manera sencilla y práctica desde el momento en que se identifican los indicadores y sus perspectivas originadas de un análisis en base a preguntas claves que obedecen a los objetivos del negocio hasta la forma en que se diseña el modelo lógico del data warehouse. También, se incorporan plantillas y entregables que facilita aún más el entendimiento de estas actividades.   |
|                          | 2.2 Definir los Indicadores y las Perspectivas.                     | HEFESTO         |  |
|                          | 2.3 Realizar el Modelo Conceptual.                                  | HEFESTO         |  |
| Análisis                 | 3.1 Conformar Indicadores.  | HEFESTO         | Todas las actividades de estas fases fueron tomadas de la metodología HEFESTO, debido a que, la metodología HEFESTO trata a estas actividades de una manera sencilla y práctica desde el momento en que se identifican los indicadores y sus perspectivas originadas de un análisis en base a preguntas claves que obedecen a los objetivos del negocio hasta la forma en que se diseña el modelo lógico del data warehouse. También, se incorporan plantillas y entregables que facilita aún más el entendimiento de estas actividades.   |
|                          | 3.2 Establecer Correspondencia                                      | HEFESTO         |  |
|                          | 3.3 Nivel de Granularidad.  | HEFESTO         |  |
|                          | 3.4 Modelo Conceptual Ampliado.                                     | HEFESTO         |  |
| Diseño                   | 4.1 Definir el Tipo de Modelo Lógico del DW.                        | HEFESTO         | Todas las actividades de estas fases fueron tomadas de la metodología HEFESTO, debido a que, la metodología HEFESTO trata a estas actividades de una manera sencilla y práctica desde el momento en que se identifican los indicadores y sus perspectivas originadas de un análisis en base a preguntas claves que obedecen a los objetivos del negocio hasta la forma en que se diseña el modelo lógico del data warehouse. También, se incorporan plantillas y entregables que facilita aún más el entendimiento de estas actividades.   |
|                          | 4.2 Diseñar las Tablas de Dimensiones.                              | HEFESTO         |  |
|                          | 4.3 Diseñar las Tablas de Hechos.                                   | HEFESTO         |  |
|                          | 4.4 Establecer las Uniones.   | HEFESTO         |  |
|                          | 4.5 Diseño del Modelo Lógico del DW                                 | HEFESTO         |  |
| Implementación           | 5.1 Definir las Herramientas y Soluciones en el Mercado.            | Aporte Personal | La metodología HEFESTO a diferencia de la metodología DWEP, divide el proceso de ETL en dos actividades uno para la carga inicial de los datos y otro para la constante actualización de los mismo, a los que se las ha incorporado tres actividades como un aporte personal.  |
|                          | 5.2 Definir el Proceso de Carga Inicial.                            | HEFESTO         |  |
|                          | 5.3 Definir el Proceso de Actualización                             | HEFESTO         |  |
|                          | 5.4 Ejecutar el Proceso de ETL                                      | Aporte Personal |  |
|                          | 5.5 Controlar el Proceso de ETL Inicial y de Actualización.         | Aporte Personal |  |
| Prueba y Mantenimiento   | 6.1 Diseñar el Plan de Pruebas.                                     | DWEP            | La metodología DWEP si considera dentro de sus flujos de trabajo a la prueba y mantenimiento, indispensable para controlar el desempeño del data warehouse.  |
|                          | 6.2 Ejecutar el Plan de Prueba.                                     | Aporte Personal |  |
|                          | 6.3 Ejecutar el Mantenimiento.                                      | DWEP            |  |
| Cierre                   | 7.1 Cerrar el Proyecto.   | PMBOK ISO 21500 | Con esta fase se finaliza el proyecto de DW y a la vez aporta con elementos claves para futuros proyectos similares  |
|                          | 7.2 Recoger Lecciones Aprendidas.                                   | ISO 21500       |  |

**TABLA 11. ESTRUCTURA DE LA METODOLOGÍA DWMI**

| FASES                       | INICIO                                   | PLANIFICACIÓN                                    | EJECUCIÓN  | CIERRE                           |
|-----------------------------|--|--|--|----------------------------------|
| 1. Integración del proyecto | 1.1 Justificación del Proyecto.          | 1.4 Desarrollar el Plan de Gestión del Proyecto. |  |                                  |
|                             | 1.2 Selección de Objetivos Estratégicos. |  |  |                                  |
|                             | 1.3 Acta de Constitución del Proyecto.   |  |  |                                  |
| 2. Requisitos               |  |  | 2.1 Identificar las preguntas                              |                                  |
|                             |  |  | 2.2 Definir los indicadores y las perspectivas.            |                                  |
|                             |  |  | 2.3 Realizar el modelo conceptual.                         |                                  |
| 3. Análisis                 |  |  | 3.1 Conformar indicadores                                  |                                  |
|                             |  |  | 3.2 Establecer correspondencia                             |                                  |
|                             |  |  | 3.3 Nivel de granularidad                                  |                                  |
|                             |  |  | 3.4 Modelo conceptual ampliado                             |                                  |
| 4. Diseño                   |  |  | 4.1 Definir el tipo de modelo lógico del DW                |                                  |
|                             |  |  | 4.2 Diseñar las tablas de dimensiones                      |                                  |
|                             |  |  | 4.3 Diseñar las tablas de hechos                           |                                  |
|                             |  |  | 4.4 Establecer las uniones                                 |                                  |
|                             |  |  | 4.5 Diseño del modelo lógico del DW                        |                                  |
| 5. Implementación           |  |  | 5.1 Definir las herramientas y soluciones en el mercado.   |                                  |
|                             |  |  | 5.2 Definir el proceso de carga inicial.                   |                                  |
|                             |  |  | 5.3 Definir el proceso de actualización.                   |                                  |
|                             |  |  | 5.4 Ejecutar el proceso de ETL                             |                                  |
|                             |  |  | 5.5 Controlar el proceso de ETL inicial y de actualización |                                  |
| 6. Prueba y Mantenimiento   |  |  | 6.1 Diseñar el plan de pruebas                             |                                  |
|                             |  |  | 6.2 Ejecutar el plan de prueba                             |                                  |
|                             |  |  | 6.3 Ejecutar los mantenimientos                            |                                  |
| 7. Cierre                   |  |  |  | 7.1 Cerrar el Proyecto.          |
|                             |  |  |  | 7.2 Recoger Lecciones Aprendidas |

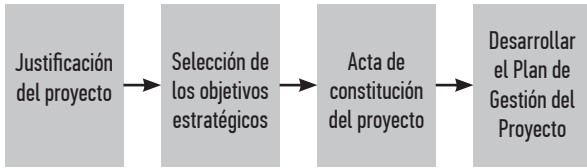


Figura 1. Actividades de la Fase de Integración de la Metodología DWMI.

Los motivos que impulsaron el proyecto son:

- Mejorar el proceso para la toma de decisiones.
- Establecer indicadores para otorgar créditos a clientes.
- Establecer indicadores que permitan controlar los costos y gastos de comercialización.
- Establecer indicadores de rendimientos en forma global de todas las empresas del grupo Campoverde.
- Establecer indicadores para optimizar la comercialización de los insumos para el sector minero.

Los objetivos estratégicos seleccionados son:

- Implementar un sistema que aporte al análisis para la reposición efectiva del inventario en cada una de las sucursales.
- Mejorar los criterios para gestionar los créditos hacia los clientes a través de un eficiente seguimiento de la cartera.
- Establecer indicadores que faciliten la interpretación de los estados financieros de las empresas que conforman el grupo Campoverde.

Elementos que debe contener el plan de gestión del proyecto de DW:

- Nombre del proyecto.
- Antecedente del proyecto.
- Objetivo estratégico.
- Objetivos específicos.
- Procesos afectados.
- Actividades del proyecto (cronograma).
- Elaboración del presupuesto.

**FASE DE REQUISITOS**

Basados en los objetivos estratégicos que fueron planteados en la fase anterior, se debe elaborar una serie de preguntas claves que permitan establecer las necesidades de información que requiere la empresa para ayudar al proceso de toma de decisiones, descomponiéndolas en indicadores y perspectivas, para luego representarlo en un modelo conceptual, (Figura 2).



Figura 2. Actividades de la Fase de Requisitos de la Metodología DWMI.

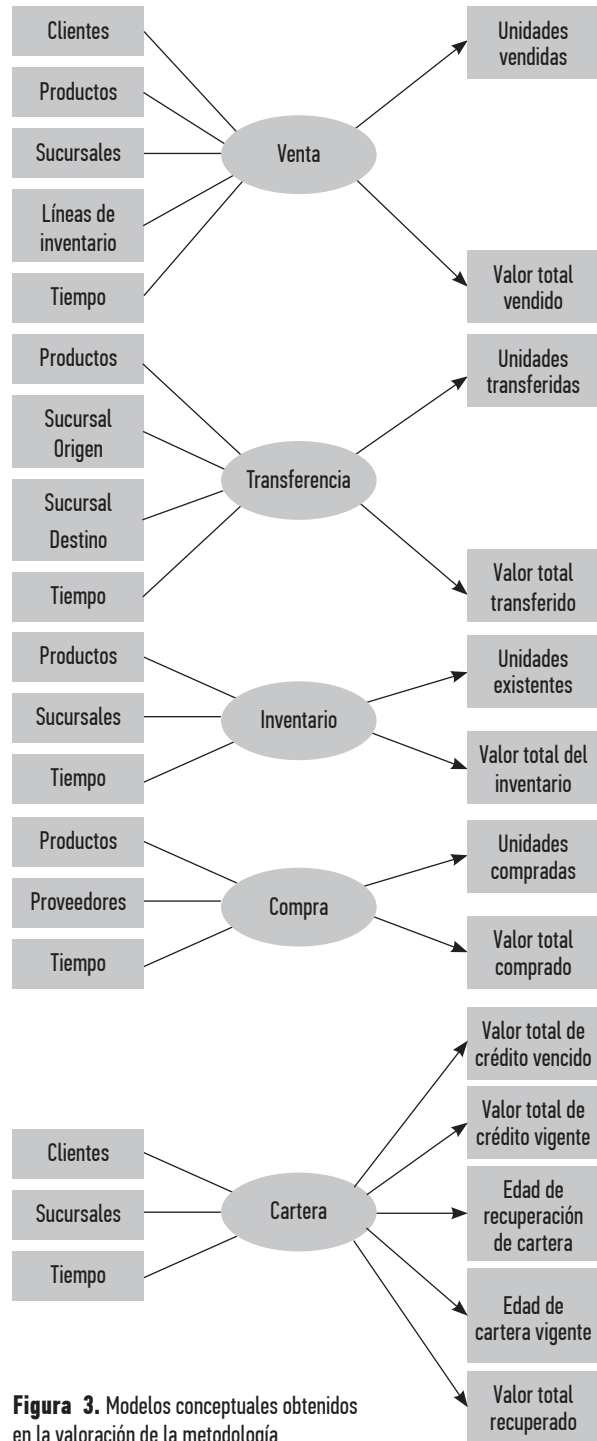


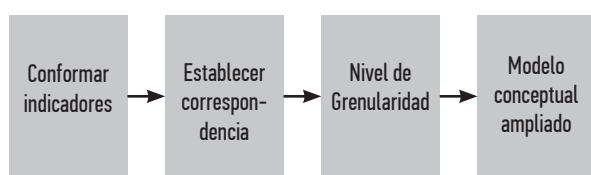
Figura 3. Modelos conceptuales obtenidos en la valoración de la metodología.

En la Figura 3 se ilustran varios modelos conceptuales obtenidos como resultado de la aplicabilidad de las actividades propuesta en ésta fase.



**FASE DE ANÁLISIS**

Culminado el modelo conceptual, se debe realizar el análisis de las fuentes de datos de los OLTP con el propósito de determinar cómo se tendrá que calcular los indicadores y relacionarlo con el modelo conceptual propuesto, para ello, es necesario disponer de los diagramas de entidad relación de las fuentes de datos, es importante conocer el significado de cada uno de los campos y el valor de los datos de cada una de las tablas que lo conforman, para lo cual, es necesario revisar el diccionario de datos y mantener reuniones con el personal encargo (Figura 4).



**Figura 4.** Actividades de la Fase de Análisis de la Metodología DWMI.

**TABLA 12. CORRESPONDENCIA DEL MODELO CONCEPTUAL DE VENTA**

| INDICADOR            | TABLA DE CORRESPONDENCIA | CAMPOS DE CORRESPONDENCIA | CONDICIÓN A CUMPLIR                      |
|----------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| Unidades Vendidas    | DET_INVENTARIO           | CANTIDAD                  | CAB_INVENTARIO.<br>TIPO_MOV IN ("6","7") |
| Valor Total Vendido  | DET_INVENTARIO           | VEN_TOTAL - DESCUENTO     | CAB_INVENTARIO.<br>TIPO_MOV IN ("6","7") |
| PERSPECTIVA          | TABLA DE CORRESPONDENCIA | CAMPOS DE CORRESPONDENCIA | CONDICIÓN A CUMPLIR                      |
| Clientes             | TMA_CLIENTE              |                           |  |
| Productos            | TMA_ITEM                 |                           |  |
| Sucursales           | TMA_CATALOGO             | NOMBRE_CAT                | ID_CAT="0"                               |
| Líneas De Inventario | TMA_CATALOGO             | NOMBRE_CAT                | ID_CAT="L"                               |
| Tiempo               | CAB_INVENTARIO           | FECHA_COMPTE              |  |

**TABLA 13. PERSPECTIVAS DEL MODELO CONCEPTUAL DE VENTA**

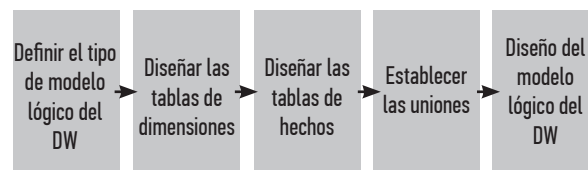
| MODELO CONCEPTUAL: VENTA |                                |              |                                       |   |
|--------------------------|--------------------------------|--------------|---------------------------------------|---|
| PERSPECTIVAS             | CAMPOS                         | TABLA        | CONDICIÓN                             | REFERENCIA  |
| Clientes                 | NOMBRE<br>APELLIDO<br>RAZONS   | TMA_CLIENTE  | Concatenar (RAZONS, APELLIDO, NOMBRE) | Hacen Referencia al Nombre del Cliente                              |
|                          | DESCRIPCION                    | TMA_ITEM     |                                       | Hace referencia al Nombre del Producto                              |
| Productos                | NOMBRE_CAT                     | TMA_CATALOGO | ID_CAT="G"                            | Hace referencia al nombre del Grupo de inventario                   |
|                          | NOMBRE_CAT                     | TMA_CATALOGO | ID_CAT="S"                            | Hace referencia al nombre de la Sección de inventario               |
| Sucursales               | NOMBRE_CAT                     | TMA_CATALOGO | ID_CAT="0"                            | Hace referencia al nombre de las Bodegas o Sucursales de inventario |
| Líneas                   | NOMBRE_CAT                     | TMA_CATALOGO | ID_CAT="L"                            | Hace referencia al nombre de las Línea de inventario                |
| Tiempo                   | DIA<br>MES<br>TRIMESTRE<br>AÑO |              |                                       |   |

En la Tabla 12, presenta la correspondencia de los OLTP con los indicadores y las perspectivas del modelo conceptual de venta propuesto por la metodología. En la Tabla 13, ilustra los campos que contendrá cada perspectiva del modelo conceptual de venta.

**FASE DE DISEÑO**

En la presente fase, se elabora lógicamente el diseño que tendrá el DW, para ello, es necesario definir el esquema a implementar, se diseñan las tablas de dimensiones y las tablas de hechos y finalmente, se establecen las uniones entre las tablas (Figura 5). El esquema a utilizar en la metodología DWMI será el de constelación, por las siguientes características:

- Esta construido por varios esquemas en estrella.
- Las tablas de hechos comparten algunas tablas de dimensiones.
- El esquema al mantener varias tablas de hechos, permite descubrir más aspectos relacionados al negocio.



**Figura 5.** Actividades de la Fase de Diseño de la Metodología DWMI.

En la Figura 6 se presenta el modelo lógico del DW que se obtuvo como resultado de la ejecución de las actividades propuesta en ésta fase.

**FASE DE IMPLEMENTACIÓN**

En esta fase primero hay que definir las herramientas y soluciones de software disponibles en el mercado que se utilizará en la elaboración

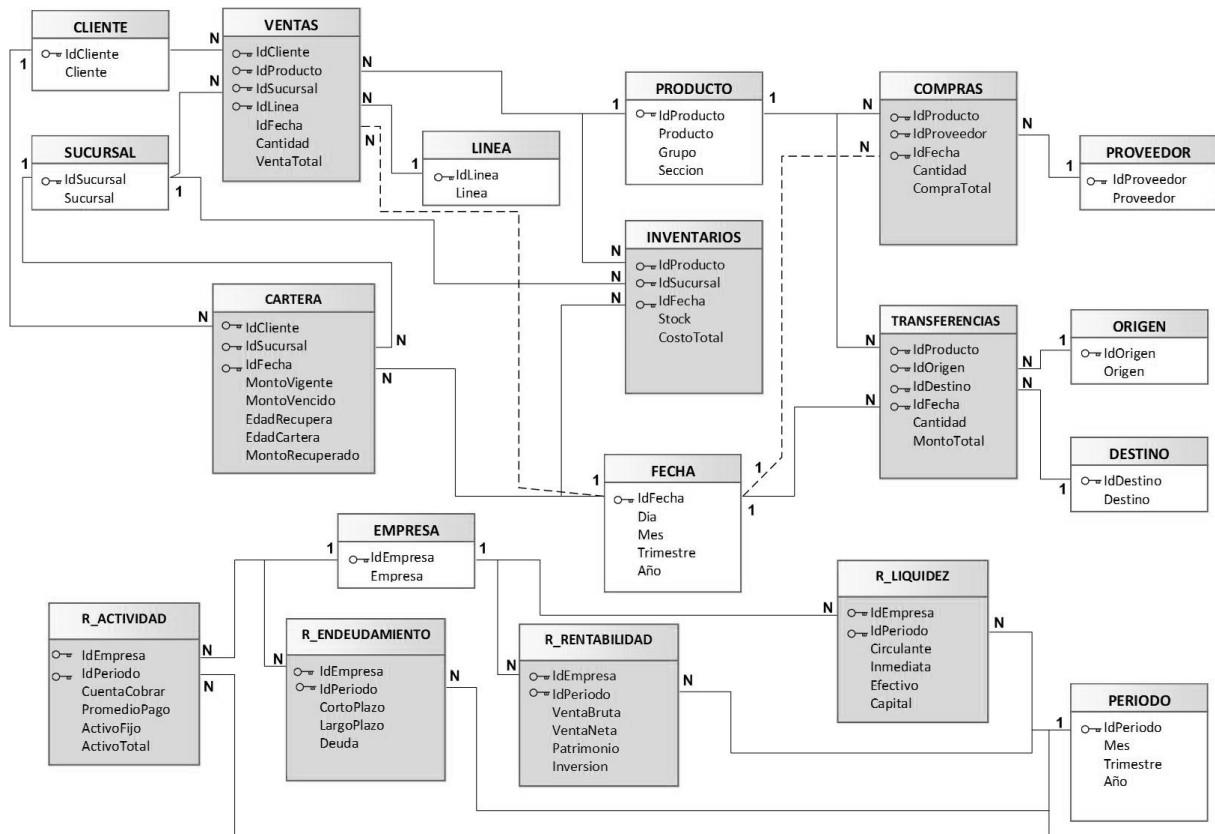


Figura 6. Modelo Lógico del DW Obtenido de la aplicabilidad de la Metodología DWMI.

e implementación del DW. Posteriormente, se deben realizar todas las tareas básicas que garanticen la calidad de los datos, evitando que el DW contenga valores extraños o anómalos. Culminado con el proceso de carga inicial de los datos hacia el DW, es indispensable definir cómo se realizará el proceso de actualización de los datos, asimismo, durante el proceso se tiene que controlar y supervisar la ejecución del proceso de ETL (Figura 7).

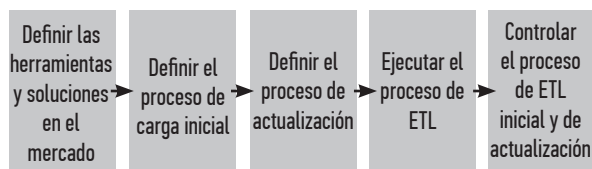


Figura 7. Actividades de la Fase de Implementación de la Metodología DWMI.

En la Figura 8, se muestra el diseño del proceso ETL de carga inicial del DW obtenido de la aplicabilidad de la metodología DWMI.

**FASE DE PRUEBA Y MANTENIMIENTO**

Para la elaboración del plan de prueba, se debe comprometer la participación de los usuarios con el fin de establecer los parámetros correctos

para analizar los datos obtenidos durante el proceso de ETL. En el plan de pruebas se debe incluir los hitos a ser verificados, qué se va a verificar y el resultado de la prueba (Figura 9).

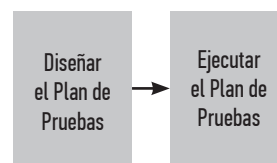


Figura 9. Actividades de la Fase de Prueba y Mantenimiento de la Metodología DWMI.

En la Tabla 14, se muestra el resultado de la prueba del proceso ETL de carga inicial del DW obtenido de la aplicabilidad de la metodología DWMI.

**FASE DE CIERRE**

Las actividades que componen esta fase (Figura 10), dan por finalizado el plan de gestión del proyecto de DW, al mismo tiempo que permite recopilar las experiencias obtenidas durante todo el proceso, es importante contar con el acompañamiento del cliente para que verifique todos los procesos asociados a la construcción del DW.

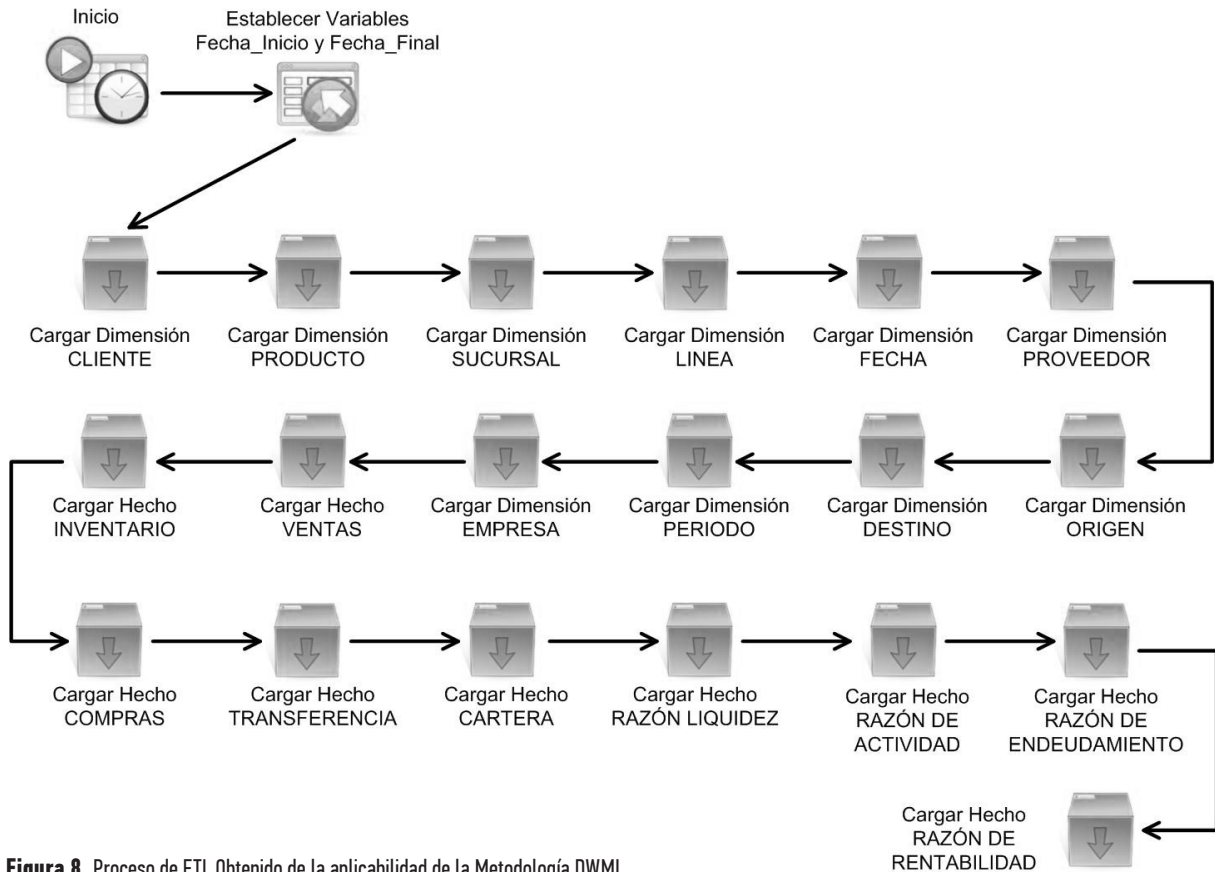


Figura 8. Proceso de ETL Obtenido de la aplicabilidad de la Metodología DWMI.

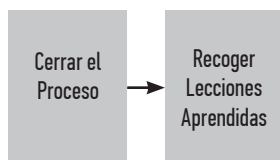


Figura 10. Actividades de la Fase de Cierre de la Metodología DWMI.

**CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

Las metodologías para desarrollar un DW son diversas y dependiendo a que sector se lo apli-

que, estas difieren en la forma de aplicarla. En este trabajo se presento una metodología para desarrollar un DW orientado a las empresas proveedoras de insumos al sector minero considerando que en este sector se pone en riesgo una alta inversión y por tal motivo la metodología debe incorporar actividades que garanticen que el proyecto culminará con éxito.

Para una correcta aplicación de la metodología propuesta, es necesario conocer el entorno

**TABLA 14. PROCESO DE PRUEBA DEL PROCESO ETL DE LAS DIMENSIONES**

| PRUEBA DEL PROCESO ETL DE LAS DIMENSIONES |                             |  |  |
|---|-----------------------------|--|--|
| DIMENSIÓN                                 | NÚMERO DE REGISTRO DEL OLPT | NÚMERO DE REGISTROS EN LA TABLA DE DIMENSIÓN | ¿LA ESTRUCTURA DE LA TABLA DE DIMENSIÓN ES CORRECTA? |
| CLIENTE                                   | 6707                        | 6707   | SI   |
| PRODUCTO                                  | 14007                       | 14007  | SI   |
| SUCURSAL                                  | 12                          | 12   | SI   |
| PROVEEDOR                                 | 2175                        | 2175   | SI   |
| LINEA                                     | 80                          | 80   | SI   |
| ORIGEN                                    | 12                          | 12   | SI   |
| DESTINO                                   | 12                          | 12   | SI   |
| FECHA                                     | 2037                        | 2037   | SI   |
| EMPRESA                                   | 3                           | 3  | SI   |
| PERIODO                                   | 68                          | 68   | SI   |

global del negocio e identificar los objetivos estratégicos (e.g. implementar un sistema que aporte al análisis para la reposición efectiva del inventario, mejorar los criterios para gestionar los créditos a través de un eficiente seguimiento de la cartera, establecer indicadores que faciliten la interpretación de los estados financieros), que estén alineados a los procesos de toma de decisiones, debido a que, la construcción de un DW no sólo debe centrarse en almacenar datos provenientes de las distintas fuentes de datos que posea la empresa, sino que, debe ser concebido como un producto que satisface la necesidad de información requerida para tomar decisiones apegadas a sus propias experiencias.

A futuro se pretende ampliar la metodología para proponer actividades orientadas al proceso de minería de datos y de inteligencia de negocio, donde se planteará una arquitectura de datos idónea para la construcción de interfaces dinámicas que permitan a los usuarios que interviene en los procesos de la toma de decisiones realizarlo de una manera muy sencilla e intuitiva.

#### AGRADECIMIENTO

Agradecemos al grupo empresarial Campoverde ubicado en el Cantón Camilo Ponce Enríquez de la Provincia del Azuay por haber facilitado y patrocinado el presente trabajo de investigación dentro del sector minero en el que se desenvuelven sus empresas.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banco Central del Ecuador. (2017). Reporte De Minería.
- Barato, J., & Sm, P. (2013). Jose Barato.
- Bernabeu, R. D. (2010). HEFESTO: Metodología para la Construcción de un Data Warehouse.
- Días, R., & Días, O. (2016). METODOLOGÍA HÍBRIDA PARA EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DEL DATA WAREHOUSE PARA “EL PROGRAMA DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL EN ECUADOR.” 5, 1-15.
- Leonard, E., & Castro, Y. (2013). Metodologías para desarrollar Almacén de Datos. Revista de Arquitectura e Ingeniería, 7(3), 12.
- Mendoza, M. E., Durán, L., & Rivera, N. (2010). METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE BODEROS DE DATOS PARA MICRO, PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS. (1), 85-101.
- Rivadera, G. R. (n.d.). La metodología de Kimball para el diseño de almacenes de datos ( Data warehouses ). 56-71.
- Rojas, T., Milena, D., & Ballesteros, J. (2016). Gestión de datos obtenidos desde redes sociales aplicando Business Intelligence Engineering Process\*. 72-91.
- Salcedo, O., Galeano, R., & Rodriguez, L. (2010). Metodología crisp para la implementación Data Warehouse. 35-48.