

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA**

**Escuela Académico Profesional de Ingeniería Metalúrgica**



**TESIS**

**“DISEÑO DE UN SIMULADOR ESTÁTICO  
DE MOLIENDA Y CLASIFICACION DE MINERALES”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO METALÚRGICO**

**AUTORES:**

**Darwin Alexander Zavaleta Delgado  
Jeffersson Jesús Villanueva Salcedo**

**ASESOR:**

**Ing. José Alonso Toledo Sosa  
DNU 460, CIP 108544**

**HUACHO – PERÚ**

**Noviembre, 2014**

## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo final diseñar y desarrollar un Simulador Estático de Molienda y Clasificación. Se incluye un sistema de control y una interfaz gráfica similar a la de las pantallas de operación de plantas reales. De esta forma el simulador podrá ser utilizado tanto para la enseñanza e investigación como para capacitación y entrenamiento, para lograr un rápido apoyo en la toma de decisión y obtener mejoras operacionales en el área de Procesamiento Minerales.

El Simulador Estático de Molienda y Clasificación está compuesto de 24 módulos, los cuales se agrupan en 10 temas: molinos de bolas, molinos de barras, Ley de Bond, Chancadores, Bolas de Conminucion, Hidrociclones, Diagrama de flujos Multietapa, Molinos SAG, Tarnices y Utilidades. Cada equipo fue modelado y simulado en forma independiente, via lenguaje computacional Visual Studio.

El simulador no pretende representar una planta específica, sino que una planta genérica cualitativamente adecuada a la realidad. El simulador permitirá modificar los parámetros de los distintos equipos para analizar distintos casos. De esta forma se espera que los sistemas de control funcionen adecuadamente en una planta real, cuando cualitativamente se comporten bien en una simulada según estos criterios.

Los modelos matemáticos estáticos contenidos en el Simulador Estático de Molienda y Clasificación ZAVSIM están basados en el software Moly-Cop Tools, los cuales han sido validados con datos industriales y han servido de apoyo a los ingenieros para caracterizar la eficiencia operacional de un determinado circuito de molienda, en base a metodologías y criterios de amplia aceptación práctica.

El simulador fue implementado en Microsoft Excel, dado la capacidad y versatilidad matemática así como sus posibilidades gráficas. Además de ello, se utilizó Visual Studio Ultimate 2013 y Adobe Flash Profesional 2014.

La metodología de la tesis será de investigación aplicada, donde en principio, se revisara minuciosamente la parte bibliográfica, luego se pondrá el fundamento de control y con pruebas preliminares se construirán los modelos matemáticos y finalmente en base a ella se desarrollará e implementara el software de Simulación.

El producto final se puede resumir así:

- Software Estático de Molienda y Clasificación, que permite simular el estado estacionario de la Operación/Proceso y diseñar configuración de circuitos, flowsheets, equipos y procesos unitarios en el área Procesamiento de Minerales.
- Software Modelo, cuya concepción/estructura/aplicación es proyectable como base futura generación de otros en su tipo proyectados a Plantas Metalúrgicas, Químicas, otras.
- Software Académico, cuyo Menú Presentación es: Sencillo, Didáctico y Ameno considerando Variables Entrada y Salida del Proceso, Perturbaciones Operacionales, Flowsheets, Hojas de Cálculo, Determinación de Parámetros y

Cálculos complementarios, todos ellos útiles para analizar, evaluar y diagnosticar diferentes operaciones industriales en el área Procesamiento de Minerales.

## **ABSTRACT**

This thesis aims eventually to design and develop a simulator Static Grinding and Classification. And a control system similar to that of the actual operation screens included GUI plants. This simulator can be used for both teaching and research and for education and training, support for rapid decision-making and obtain operational improvements in the area of Mineral Processing. All this applied

Simulator Static Grinding and Classification consists of 24 modules, which are grouped into 10 topics: ball mills, rod mills, Act Bond, Crushers, Ball comminution, Hydrocyclone, Flowchart Multistage Mills SAG , Screens and Utilities. Each team was modeled and simulated independently, via computer language Visual Studio.

The simulator is not intended to represent a specific plant, but a qualitatively adequate to reality generic plant. The simulator will modify the parameters of the various teams to analyze different cases. Thus it is expected that the control systems work properly in a real plant, when to behave qualitatively in a simulated according to these criteria.

Static mathematical models contained in the Simulator Static Grinding and ZAVSIM classification are based on the Moly-Cop Tools software, which have been validated with industrial data and have supported engineers to characterize the operational efficiency of a given circuit milling, based on methodologies and criteria for wide practical acceptance.

The simulator was implemented in Microsoft Excel, as mathematical ability and versatility as well as their graphic possibilities. Additionally, was used Visual Studio Ultimate 2013 and Professional Adobe Flash 2014.

The methodology of the thesis will be fact-finding application, where in principle, check his thoroughly he splits it bibliographic, next the foundation of control will go down and with preliminary tests they will forge for themselves mathematical models and finally on the basis of her he will develop and implement Simulación's software.

The final product can be summarized as:

- Software Static Grinding and Classification, which simulates the steady state operation / process design and circuit configuration, flowsheets, equipment and unit processes in Mineral Processing area.
- Software Model, whose design / structure / application is projectable basis for future generation of other of its kind designed to Metallurgical, Chemical Plants, other.
- Academic Software, whose Presentation Menu is Simple, Educational and Ameno considering Variables Input and Output Process, Operational disturbances, flowsheets, Spreadsheets, Determination of parameters and additional calculations, all useful to analyze, evaluate and diagnose various industrial operations in Mineral Processing area.