



# ING. MECATRÓNICA

**Tesis previa a la obtención del título de  
Ingeniero en Mecatrónica.**

**Autor:** Montenegro Dalgo, Mateo Sebastián

**Tutor:** Bonilla Venegas, Félix Vladimir

Automatización de comercio electrónico basado en  
cointegración

Cointegration-based e-commerce automation

Quito-2026

## Resumen

El trading minorista suele operar bajo un enfoque discrecional apoyado en análisis visual e indicadores, lo que limita la validación estadística, la reproducibilidad y, en consecuencia, puede derivar en rentabilidad baja o inconsistente. Para responder a este problema, se desarrolló una herramienta en Python orientada al análisis automatizado de series temporales y a la detección formal de cointegración en estrategias de trading de pares. El sistema estructura el flujo en tres módulos: (1) diagnóstico estadístico y filtrado por covolatilidad mediante desviaciones estándar y correlación, seguido de la verificación de cointegración con el test de Johansen; (2) un motor de backtesting iterativo que explora combinaciones paramétricas de la estrategia (ventana de *lookback* y múltiplos de desviación estándar) y calcula métricas de portafolio como *profit factor*, *Sharpe ratio*, *max drawdown*, beneficio neto y frecuencia operativa; y (3) un módulo de visualización que representa los resultados mediante superficies 3D para identificar regiones de estabilidad o mayor desempeño. La metodología de desarrollo se organizó bajo el modelo en V para asegurar trazabilidad entre requisitos, diseño, implementación y validación. La herramienta se evaluó en dos dominios: materias primas físicas (metales y energías) expresadas en equivalencia de oro con fuentes oficiales (LBMA y EIA), donde no se encontró cointegración significativa, y futuros perpetuos de criptomonedas con datos OHLC de un minuto, donde se detectó cointegración en un subconjunto de pares y se evidenció la sensibilidad del rendimiento a la calibración paramétrica. En conjunto, el sistema demuestra la capacidad de automatizar y acelerar el análisis cuantitativo de cointegración, reduciendo tiempos de evaluación y mejorando la objetividad y reproducibilidad del proceso de generación de señales.

**Palabras clave:** Cointegración, series, automatización.

## Abstract

Retail trading typically operates under a discretionary approach supported by visual analysis and indicators, which limits statistical validation and reproducibility, and consequently can lead to low or inconsistent returns. To address this problem, a Python tool was developed for the automated analysis of time series and the formal detection of cointegration in pair trading strategies. The system structures the workflow into three modules: (1) statistical diagnosis and cointegration filtering using standard deviations and range, followed by cointegration verification with the Johansen test; (2) an iterative backtesting engine that explores parametric combinations of the strategy (lookback window and standard separation multiples) and calculates portfolio metrics such as profit factor, Sharpe ratio, maximum drawdown, net profit, and trading frequency; and (3) a visualization module that represents the results using 3D surfaces to identify regions of stability or higher performance. The development methodology was organized using the V-model to ensure traceability between requirements, design, implementation, and validation. The tool was evaluated in two domains: physical commodities (metals and energy) expressed in gold equivalent using official sources (LBMA and EIA), where no significant cointegration was found; and perpetual cryptocurrency futures with one-minute OHLC data, where cointegration was detected in a subset of pairs, demonstrating the sensitivity of performance to parametric calibration. Overall, the system demonstrates the ability to automate and accelerate quantitative cointegration analysis, reducing evaluation times and improving the objectivity and reproducibility of the signal generation process.

**Keywords:** Cointegration, series, automation.