



## 1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

**Título:** Estudio de técnicas para la correcta aplicación del método delta a partir de la función de influencia para la inferencia causal en escenarios de estimación no regular o inestabilidad asintótica

**Descripción general (resumen y metodología):**

La inferencia causal busca establecer relaciones de causa y efecto entre variables, incluso cuando no es posible realizar experimentos controlados. Frente a los métodos estadísticos tradicionales, que se limitan a identificar asociaciones en los datos, el enfoque causal persigue responder a preguntas contrafactuales: ¿qué habría sucedido si hubiéramos intervenido en el sistema de una manera distinta? Esta perspectiva es esencial en contextos donde las decisiones se basan en el análisis de datos observacionales, y donde las correlaciones, por sí solas, no garantizan interpretaciones válidas debido a la posible presencia de variables de confusión no observadas.

Para abordar esta complejidad, se han desarrollado herramientas teóricas que permiten una estimación rigurosa de efectos causales y otros parámetros relevantes. Una de estas herramientas es la función de influencia, que permite evaluar cómo pequeñas perturbaciones en la distribución de los datos afectan a un estimador determinado. Este enfoque, en combinación con el Método Delta Funcional (Functional Delta Method) [4], proporciona una base sólida para derivar propiedades asintóticas de estimadores definidos como funcionales de la distribución, permitiendo el cálculo de intervalos de confianza y la evaluación de la varianza.

Sin embargo, en algunos casos —como cuando se consideran funcionales no diferenciables o inestables, por ejemplo, el inverso de la media muestral— el método delta funcional clásico deja de ser válido o se vuelve numéricamente inestable. Esta situación plantea importantes desafíos, tanto teóricos como computacionales, que requieren técnicas alternativas o complementarias.

El desarrollo del presente Trabajo Fin de Grado se articulará en varias etapas. En primer lugar, se realizará una revisión teórica de los fundamentos de la Inferencia Causal, prestando especial atención a la teoría detrás del método delta.

Se abarcará tanto el método delta clásico como el funcional, siendo este último el que se centra este trabajo, realizando estimaciones de parámetros expresados como funciones de los parámetros de la distribución.

Por último, se describirá cómo se pueden solventar distintos problemas que pueden surgir en la aplicación de este método mediante otras técnicas de muestreo como la validación cruzada, llevando a cabo las correctas prácticas de la investigación científica para tal experimentación [5].

**Tipología:** Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

**Objetivos planteados:**

1. Estudio del método delta clásico y funcional.
2. Estudio de los fundamentos matemáticos en el campo de la Inferencia Causal.
3. Simulación Monte Carlo de escenario donde el método delta funcional no puede ser aplicado directamente.
4. Estudio empírico de estos métodos en la estimación del intervalo de confianza para el coeficiente de correlación.

**Bibliografía básica:**

- [1] Pearl, J., Glymour, M., & Jewell, N. P. (2016). Causal inference in statistics: A primer. John Wiley & Sons.
- [2] Rosenbaum, P. R. (2023). Causal inference. MIT Press.

[3] Schuler, A., & van der Laan, M. (2024). Introduction to modern causal inference.

[4] Zepeda-Tello, R., Schomaker, M., Maringe, C., Smith, M. J., Belot, A., Rachet, B., Schnitzer M. E. & Luque-Fernandez, M. A. (2022). The delta-method and influence function in medical statistics: a reproducible tutorial.

[5] Luque-Fernandez, M. A., Redondo-Sánchez, D., & Maringe, C. (2019). cvauroc: Command to compute cross-validated area under the curve for ROC analysis after predictive modeling for binary outcomes. The Stata Journal, 19(3), 615-625.

[6] Smith MJ, Mansournia MA, Maringe C, Zivich PN, Cole SR, Leyrat C, Belot A, Rachet B, Luque-Fernandez MA. Introduction to computational causal inference using reproducible Stata, R, and Python code: A tutorial. Stat Med. 2022 Jan 30;41(2):407-432. doi: 10.1002/sim.9234. Epub 2021 Oct 28. PMID: 34713468; PMCID: PMC11795351.

### **Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:**

- Haber cursado las siguientes asignaturas obligatorias del Grado en Matemáticas:
  - Estadística Descriptiva e Introducción a la Probabilidad
  - Probabilidad
  - Inferencia Estadística

**Plazas:** 1

### **2. DATOS DEL TUTOR/A:**

**Nombre y apellidos:** GUSTAVO RIVAS GERVILLA

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA

**Correo electrónico:** griger@ugr.es

### **3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):**

**Nombre y apellidos:** MIGUEL ÁNGEL LUQUE FERNÁNDEZ

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA

**Correo electrónico:** mluquefe@ugr.es

### **4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Correo electrónico:**

**Nombre de la empresa o institución:**

**Dirección postal:**

**Puesto del tutor en la empresa o institución:**

**Centro de convenio Externo:**

### **5. DATOS DEL ESTUDIANTE:**

**Nombre y apellidos:** AMALIA LOPEZ GARRIDO

**Correo electrónico:** amalialopezg@correo.ugr.es