

error promedio – average error

Authored by
memjavad

November 3, 2025

RECOMMENDED CITATION

memjavad (2025). *error promedio – average error*. Spanish Psychological Databases.
Retrieved from <https://spanish.arabpsychology.com/?p=2654>

Error Promedio

Primary Disciplinary Field(s): Estadística, Metrología, Aprendizaje Automático, Ingeniería

1. Definición Central

El **error promedio**, en su sentido más amplio y fundamental dentro de la estadística y la metrología, representa una medida de la tendencia central de las desviaciones observadas entre un conjunto de valores medidos o predichos y un valor verdadero, aceptado o esperado. Esta métrica es crucial para evaluar la precisión y la exactitud de cualquier proceso de medición o modelado predictivo. Es esencialmente un cuantificador que resume el desempeño general de un sistema, indicando qué tan lejos, en promedio, se encuentran las estimaciones del objetivo real. No obstante, la simple suma y división de los errores (conocida como el error promedio firmado o sesgo) a menudo resulta en una cancelación de los errores positivos y negativos, lo que puede llevar a una subestimación engañosa de la magnitud total de la imprecisión inherente al sistema.

Dada la limitación de la cancelación de signos, la práctica académica y aplicada ha evolucionado para utilizar variantes del error promedio que se centran en la magnitud de la desviación, independientemente de su dirección. Las realizaciones más comunes de este concepto son el **Error Absoluto Medio** (MAE, por sus siglas en inglés) y, en menor medida, la raíz cuadrada del Error Cuadrático Medio (RMSE). El MAE, que promedia los valores absolutos de las diferencias, proporciona una interpretación directa y en las mismas unidades que la variable medida, lo que lo convierte en una herramienta intuitiva para comunicar la calidad de las predicciones en campos como el pronóstico económico y la calibración de instrumentos. La elección de la métrica de error promedio adecuada depende intrínsecamente del propósito del análisis: si se busca evaluar el sesgo sistemático, se utiliza el error promedio firmado; si se busca la magnitud típica de la desviación, se emplean el MAE o el RMSE.

En el contexto del aprendizaje automático y la ciencia de datos, el error promedio sirve como una función de costo fundamental que guía el entrenamiento de los modelos. Minimizar el error promedio es el objetivo primordial de muchos algoritmos de regresión. Un valor bajo de error promedio (en cualquiera de sus formas absolutas) sugiere que el modelo está bien ajustado a los datos de entrenamiento y es capaz de generalizar con alta fidelidad. Por otro lado, un error promedio persistentemente alto puede señalar problemas de subajuste (*underfitting*) o la presencia de errores sistemáticos significativos en los datos de entrada o en la formulación del modelo. La interpretación precisa de este valor requiere un conocimiento profundo del contexto disciplinario y de las unidades de medida involucradas.

2. Contexto Matemático y Tipos de Error

El estudio del error promedio se cimienta sobre la distinción crucial entre errores aleatorios y

errores sistemáticos. Los **errores aleatorios** son intrínsecos a cualquier proceso de medición, varían de forma impredecible y tienden a cancelarse mutuamente a lo largo de un gran número de observaciones; el promedio de estos errores se aproxima a cero. Por el contrario, los **errores sistemáticos** (o sesgos) son consistentes, generalmente unidireccionales, y resultan de fallas en el instrumento o el método. El error promedio firmado, que es el promedio aritmético simple de las desviaciones, es la métrica directa para cuantificar la existencia y magnitud de este sesgo sistemático.

Matemáticamente, si Y_i es el valor verdadero y \hat{Y}_i es el valor predicho para la i -ésima observación, el error individual es $e_i = \hat{Y}_i - Y_i$. El error promedio firmado (Bias) se calcula como: $\text{Bias} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i$. Si este valor es significativamente diferente de cero, indica que el modelo o la medición está consistentemente sobreestimando (si es positivo) o subestimando (si es negativo) el valor real. Sin embargo, la limitación práctica de esta métrica es que un modelo con grandes errores opuestos puede arrojar un sesgo de cero, dando la falsa impresión de alta precisión.

Para superar esta limitación, el foco se desplaza hacia la cuantificación de la dispersión o la magnitud de los errores, lo que da lugar al **Error Absoluto Medio** (MAE). El MAE se define como $\text{MAE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |e_i|$. Esta formulación asegura que todos los errores contribuyan positivamente a la métrica final, proporcionando una estimación robusta de la desviación promedio. La importancia de esta distinción radica en que, mientras el sesgo informa sobre la exactitud (cuán cerca está el promedio de las estimaciones del valor verdadero), el MAE informa sobre la precisión (cuán dispersas están las estimaciones individuales), siendo la combinación de ambas la que define la calidad predictiva global.

3. Desarrollo Histórico y Metodológico

El concepto de promediar errores tiene sus raíces profundas en los inicios de la estadística moderna y la astronomía del siglo XVIII. Científicos como [Carl Friedrich Gauss](#) y [Adrien-Marie Legendre](#) se enfrentaron al problema de reconciliar múltiples observaciones de fenómenos naturales (como las órbitas planetarias) que inevitablemente contenían errores. La necesidad de encontrar el "mejor" ajuste a un conjunto de datos condujo al desarrollo del método de los Mínimos Cuadrados, formalizado a principios del siglo XIX. Aunque el método de Mínimos Cuadrados se centra en minimizar la suma de los errores al cuadrado (llevando al MSE), la comprensión de la desviación promedio, o el error probable, fue crucial para caracterizar la incertidumbre de las estimaciones resultantes.

Durante el siglo XX, con el auge de la econometría, la ingeniería de control y la meteorología, la necesidad de métricas de pronóstico sencillas y robustas impulsó la formalización del Error Absoluto Medio (MAE). El MAE se valoró por su simplicidad algorítmica y su interpretación directa,

ya que no requiere la elevación al cuadrado de las unidades. Mientras que el MSE (y su raíz, RMSE) dominaron el ámbito teórico debido a sus propiedades matemáticas deseables (diferenciabilidad), el MAE se consolidó en la aplicación práctica donde la interpretabilidad para usuarios no estadísticos era primordial. El MAE proporciona una medida lineal de la pérdida, lo que significa que un error de magnitud 10 penaliza exactamente el doble que un error de magnitud 5, una propiedad que no comparte el MSE, donde la penalización aumenta cuadráticamente.

Metodológicamente, la evolución del error promedio refleja un cambio en la filosofía de la pérdida. Originalmente, el enfoque estaba en determinar la probabilidad de error (como el error probable de Gauss). Hoy en día, el enfoque está en la optimización de algoritmos. En el campo del aprendizaje automático, la elección entre MAE y MSE como función de pérdida determina cómo el modelo aprende a ponderar los errores. El MAE es más robusto a los valores atípicos (outliers) porque no los penaliza excesivamente, mientras que el MSE es preferido cuando los errores grandes son catastróficos y deben ser mitigados a toda costa. Esta dualidad subraya que el término "error promedio" no se refiere a una única fórmula, sino a una familia de métricas diseñadas para cuantificar la pérdida media.

4. Fórmulas Comunes y Componentes Clave

La familia del error promedio abarca varias métricas, cada una con propiedades estadísticas únicas. La elección de la fórmula correcta es fundamental, ya que define el criterio por el cual se juzga la calidad de un modelo o una medición. A continuación, se detallan las realizaciones más utilizadas del concepto de error promedio en la práctica contemporánea, destacando sus componentes clave y sus implicaciones.

Error Absoluto Medio (MAE):

Esta es la realización más fiel del concepto de "error promedio" cuando se busca la magnitud típica de la desviación. Se calcula tomando el promedio de los valores absolutos de los residuos. Su principal ventaja es que la métrica resultante está en las mismas unidades que la variable de respuesta original, lo que facilita la interpretación. Es robusto frente a valores atípicos extremos, ya que su función de pérdida es lineal.

Error Cuadrático Medio (MSE) y Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE):

El MSE promedia los cuadrados de los errores. Al elevar al cuadrado, se da un peso desproporcionadamente mayor a los errores grandes. Si bien el MSE no está en las unidades originales, el RMSE (la raíz cuadrada del MSE) sí lo está, lo que permite su comparación directa con el MAE. El RMSE es la métrica de error promedio más utilizada en muchas disciplinas de ingeniería y ciencia de datos, especialmente porque minimiza la varianza y es matemáticamente conveniente para la optimización mediante cálculo diferencial.

Error Promedio Firmado (Sesgo):

Como se mencionó, esta métrica es el promedio aritmético simple de los errores, manteniendo sus signos. No es una medida de precisión, sino exclusivamente una medida de **sesgo**. Un valor cercano a cero no implica que el modelo sea bueno, sino que los errores de sobreestimación y subestimación se han equilibrado. Es esencial para diagnosticar problemas sistemáticos en la calibración o en la formulación de modelos que consistentemente fallan en una dirección específica.

La selección de estas métricas es un componente clave de la metodología de evaluación. Por ejemplo, en el ámbito de la meteorología, el MAE podría ser adecuado para informar al público sobre la desviación típica de la temperatura pronosticada, mientras que el RMSE podría ser utilizado internamente para optimizar el modelo, asegurando que los errores de pronóstico extremos (que podrían llevar a decisiones críticas) se penalicen con mayor severidad.

5. Aplicaciones Disciplinarias

El error promedio es una métrica omnipresente, esencialmente requerida en cualquier campo que implique predicción, estimación o medición. Su aplicación varía según la disciplina, adaptándose a las necesidades específicas de la cuantificación de la incertidumbre.

En la **Econometría y Finanzas**, el error promedio (a menudo el MAE o el RMSE) se utiliza para evaluar la calidad de los modelos de series temporales y los pronósticos económicos. Los analistas financieros dependen de estas métricas para determinar la fiabilidad de las predicciones de precios de activos o de la inflación. Un error promedio bajo en un modelo de pronóstico de Producto Interno Bruto (PIB) confiere credibilidad a las políticas económicas derivadas de dicho modelo. Además, en la gestión de riesgos, el error promedio ayuda a cuantificar el riesgo de desviación entre los rendimientos esperados y los rendimientos reales.

En la **Ingeniería y Metrología**, el error promedio es vital para el control de calidad y la calibración de instrumentos. Cada dispositivo de medición (desde balanzas de precisión hasta sensores industriales) debe ser validado contra un estándar conocido. El error promedio, en este contexto, cuantifica la inexactitud del instrumento. Si el error promedio firmado es alto, indica que el instrumento está mal calibrado (sesgo sistemático). En la ingeniería civil, por ejemplo, el RMSE se utiliza en topografía para evaluar la precisión de las mediciones de elevación, donde los grandes errores son inaceptables debido a los riesgos estructurales asociados.

Finalmente, en el **Aprendizaje Automático (Machine Learning)**, el error promedio es la piedra angular de la evaluación del rendimiento. En tareas de regresión, el MSE o el MAE no solo se usan para reportar la calidad final del modelo, sino que son la base de la función de pérdida utilizada durante el entrenamiento. La minimización iterativa de esta métrica (a través de técnicas

como el descenso de gradiente) es lo que permite al modelo "aprender" la relación subyacente en los datos. La elección de la métrica de error promedio influye directamente en la forma del hiperplano de decisión y, por lo tanto, en el comportamiento predictivo del modelo en escenarios reales.

6. Ventajas y Limitaciones del Uso del Error Promedio

El uso del error promedio, especialmente en su forma absoluta (MAE), ofrece ventajas significativas en términos de interpretabilidad. Al estar en las mismas unidades que la variable de interés, el MAE es fácilmente comprensible por audiencias no técnicas. Por ejemplo, decir que el MAE de un pronóstico de ventas es de \$500 significa que, en promedio, la predicción se desvía de las ventas reales en esa cantidad. Esta claridad facilita la comunicación de la incertidumbre y la toma de decisiones informadas sobre la precisión requerida.

Además, el MAE, debido a su naturaleza lineal, es menos sensible a los valores atípicos extremos en comparación con el RMSE. Esto puede ser una ventaja crucial en conjuntos de datos ruidosos o cuando los valores atípicos se consideran errores de medición accidentales que no deberían dominar la evaluación del desempeño general del modelo. Si el objetivo es obtener una estimación robusta del error típico en el centro de la distribución de errores, el MAE es a menudo la elección superior.

Sin embargo, el error promedio presenta limitaciones significativas. La principal crítica al MAE es que su función de pérdida no es diferenciable en cero (donde el error es exactamente cero), lo que complica su uso directo en métodos de optimización basados en el gradiente (como los utilizados en redes neuronales profundas). Esta dificultad matemática a menudo hace que el MSE y el RMSE sean preferidos en la práctica algorítmica. La otra limitación fundamental es que el MAE trata todos los errores por igual; no distingue entre un error de 10 unidades que es crítico y un error de 10 unidades que es trivial, a diferencia del RMSE, que penaliza desproporcionadamente el error más grande.

7. Alternativas y Métricas Relacionadas

Debido a las limitaciones del error promedio simple, han surgido varias métricas alternativas que abordan necesidades específicas de evaluación. El **Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE)** es una alternativa popular en el pronóstico de series temporales, ya que expresa el error como un porcentaje del valor real. Esto permite comparar el rendimiento entre conjuntos de datos o modelos que operan en diferentes escalas. Sin embargo, el MAPE tiene problemas cuando el valor real es cero o cercano a cero, lo que lo hace inestable.

Otra alternativa importante es el **Error Absoluto Mediano** (Median Absolute Error), que toma la mediana de los errores absolutos en lugar del promedio. Al utilizar la mediana, esta métrica es

inherentemente más robusta a los valores atípicos que el MAE, ya que la mediana es menos sensible a los valores extremos que la media. Esto la hace particularmente útil en el análisis exploratorio y en la validación de modelos en presencia de ruido significativo.

Finalmente, las métricas basadas en la varianza, como el **Coficiente de Determinación (R^2)**, a menudo se utilizan junto con las métricas de error promedio. Mientras que el MAE o el RMSE miden la pérdida en unidades absolutas, el R^2 mide la proporción de la varianza en la variable dependiente que es predecible a partir de la variable independiente. Estas métricas ofrecen una visión complementaria de la calidad del modelo: las métricas de error promedio indican la magnitud del fallo, mientras que R^2 indica la capacidad explicativa del modelo.

8. Implicaciones en la Toma de Decisiones

La selección y el monitoreo del error promedio tienen profundas implicaciones en la toma de decisiones operativas y estratégicas. La métrica de error elegida esencialmente codifica la función de costo subyacente para la organización o el investigador. Si una empresa que pronostica la demanda de inventario utiliza el MAE, está implícitamente asumiendo que el costo de subestimar la demanda es linealmente proporcional al costo de sobreestimarla.

Por otro lado, si la empresa utiliza el RMSE, está indicando que los errores grandes (por ejemplo, quedarse sin inventario, lo que resulta en pérdida de reputación y ventas futuras) son desproporcionadamente más costosos que los errores pequeños. En este escenario, la optimización del modelo se orientará a evitar los peores escenarios, incluso si esto significa aceptar un mayor número de errores pequeños. Por lo tanto, el error promedio no es solo una descripción estadística, sino una herramienta normativa que dirige el proceso de optimización.

En el ámbito de la investigación científica, un error promedio bajo permite a los investigadores tener mayor confianza en la validez y generalización de sus hallazgos. Un error promedio consistentemente alto, sin embargo, obliga a la revisión de la hipótesis, la metodología experimental o la instrumentación utilizada. La transparencia en la presentación de la métrica de error promedio es un requisito fundamental de la reproducibilidad científica y de la ingeniería de precisión.

9. Lecturas Adicionales

[Error Absoluto Medio \(MAE\)](#)

[Error Cuadrático Medio \(MSE\)](#)

[Método de los Mínimos Cuadrados](#)

[Análisis de Regresión](#)