



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA COMERCIAL

EVOLUCIÓN DEL INGRESO DE LAS MUJERES A CARRERAS

UNIVERSITARIAS: CASO INGENIERÍA CIVIL EN MINAS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL

AUTOR

LUCIANO SANTIBÁÑEZ SANDOVAL

PROFESOR GUÍA

DARCY FUENZALIDA O'SHEE

PROFESOR COREFERENTE

FRANCESCO PONTARELLI CONTRERAS

VALPARAÍSO, MARZO 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título; Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Evolución del ingreso de las mujeres a carreras universitarias: Caso Ingeniería Civil en Minas.

Nombre del candidato(a): Luciano Hernán Santibañez Sandoval

Carrera / Grado: Ingeniería Comercial

Campus: Casa Central Valparaíso ; **Departamento:** Ingeniería Comercial

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Darcy Fuenzalida O'Shee, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

6 meses; 12 meses; 2 años; 3 años; 5 años; 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 18-03-2026

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 18-03-2026

; Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Título de la Tesis:

EVOLUCIÓN DEL INGRESO DE LAS MUJERES A CARRERAS
UNIVERSITARIAS: CASO INGENIERÍA CIVIL EN MINAS.

Autor:

Luciano Hernán Santibáñez Sandoval

Trabajo de tesis, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos para el
Título de Ingeniero Comercial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Observaciones:

Darcy Elizardo Fuenzalida O'Shee
Director de Tesis.

Valparaíso, marzo 2026

Todo contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Luciano Hernán Santibáñez Sandoval.

Valparaíso, marzo 2026

Agradecimientos

Este trabajo representa la finalización de un proceso de crecimiento personal y profesional, el cual no habría sido posible sin el apoyo de quienes me han acompañado en esta etapa.

En primer lugar, agradezco a mi madre, Marcela, por su apoyo incondicional, apoyarme en cada consejo y por comprenderme en cada decisión tomada. Su motivación ha sido fundamental para alcanzar mis metas. A mi padre, Luis Hernán, por impulsarme día a día a cumplir mis objetivos con perseverancia y su apoyo en momentos de mucho estrés. Su apoyo fue fundamental en esta etapa.

A mis abuelos, Elena y Orlando, por su inmenso cariño y contención emocional, brindándome el espacio y la escucha necesaria en los momentos de mayor exigencia.

A mi hermano Lukas, por instarme a lograr los propósitos de esta etapa y por ofrecer la distracción necesaria para despejar la mente cuando la situación lo requería.

A mi pareja, Antonia Veas, por su compañía, amor y apoyo constante durante este proceso, convirtiéndose en un pilar fundamental durante los días difíciles, quien me motivaba a seguir día a día sin rendirme con amor y respeto.

Un reconocimiento especial al profesor Darcy Fuenzalida, por su guía académica, sus observaciones y por la exigencia profesional impuesta en cada entrega, lo cual elevó el estándar de este trabajo.

Finalmente, a mis amigos Isaías, Christian y Víctor, por su amistad y apoyo constante, haciendo de este periodo académico una gran experiencia con recuerdos que estarán siempre.

Tabla de Contenidos

Agradecimientos	4
Índice de Tablas	8
Índice de Gráficos	8
Índice de Figuras.....	8
Resumen Ejecutivo	9
<i>Palabras clave:</i>	10
Abstract	11
<i>Keywords:</i>	12
Capítulo 1: Antecedentes Generales	13
1.1 Introducción	13
1.2 Justificación de Investigación	16
1.3 Hipótesis y Pregunta de Investigación	17
1.4 Objetivos de Investigación.....	17
1.4.1 Objetivo General	17
1.4.2 Objetivos Específicos.....	17
Capítulo 2: Estado del Arte	19
2.1 Factores que Inciden en la Elección de Carrera	19
2.2 Contexto de la carrera de Ingeniería Civil en Minas.....	20
2.3 Estereotipos y Barreras de Género en la Formación Académica Minera.....	22
2.4 Avances en la Participación Femenina en Minería.....	23
2.5 Programas para el Ingreso de Mujeres en Carreras STEM	24
2.6 Vacíos de Información	26
Capítulo 3: Metodología	28
3.1 Enfoque de la Investigación	28
3.2 Diseño de la Investigación.....	28
3.3 Población y Muestra	29

3.4 Fuentes de Información y Recolección de Datos	30
3.5 Definición de las Variables	31
3.5.1 Variable Dependiente y Derivadas.....	31
3.5.2 Variables Independientes.....	32
3.5.3 Variables Dummy	34
3.6 Análisis de Datos	35
3.6.1 Extrapolación de Datos	35
3.6.2 Análisis de Correlación	36
3.6.3 Modelo de Regresión Lineal Múltiple	36
3.6.4 Validación de los Modelos	38
Capítulo 4: Análisis de los Datos.....	41
4.1 Análisis en Carreras Universitarias de STEM.....	42
4.2 Matrícula de Primer Año en la Carrera de Ingeniería Civil en Minas.....	44
4.3 Estudiantes Egresados de Enseñanza Media	47
4.4 PIB per Cápita (precios constantes al 2015)	51
4.5 Tasa de Desempleo	52
4.6 Precio del Cobre.....	53
4.7 Gasto Público en Educación (% del PIB)	54
4.8 Tasa de Natalidad y Fecundidad	55
4.9 Índice de Desarrollo Humano (IDH)	58
4.10 Variables Dummy	59
4.11 Análisis de Correlaciones	59
Capítulo 5: Modelos y Regresiones	63
5.1 Estimación del Modelo y Resultados.....	63
5.2 Validación de los Supuestos del Modelo	66
5.3 Discusión de los Resultados	68
5.4 Consideraciones sobre la Especificación y Alternativas Metodológicas	70
Capítulo 6: Limitaciones Generales	72

Capítulo 7: Conclusiones	75
7.1 Recomendaciones de Política Pública	79
7.2 Recomendaciones para Investigaciones Futuras.....	81
Referencias	84
Anexo	90

Índice de Tablas

Tabla 1	32
Tabla 2	34
Tabla 3	64
Tabla 4	66
Tabla 5	67

Índice de Gráficos

Gráfico 1	43
Gráfico 2	44
Gráfico 3	46
Gráfico 4	47
Gráfico 5	48
Gráfico 6	49
Gráfico 7	50
Gráfico 8	52
Gráfico 9	53
Gráfico 10	54
Gráfico 11	55
Gráfico 12	56
Gráfico 13	57
Gráfico 14	58

Índice de Figuras

Figura 1	37
Figura 2	61
Figura 3	63

Resumen Ejecutivo

El presente trabajo analiza la evolución de la participación femenina en la matrícula de primer año de la carrera de Ingeniería Civil en Minas en Chile durante el período 2005–2024, con el objetivo de identificar los factores económicos y sociodemográficos asociados a la participación femenina en el primer año de esta carrera.

El estudio adopta un enfoque cuantitativo mediante un diseño no experimental, longitudinal y explicativo. Se construyó una base de datos integrando información de fuentes oficiales como el Consejo Nacional de Educación (CNEC), el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), el Servicio de Información de Educación Superior (SIES), el Banco Mundial y la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO). Es fundamental precisar que la base de datos se conformó con información agregada a nivel nacional.

La metodología empleada consistió en la estimación de un modelo de regresión lineal múltiple por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), incorporando pruebas de validación estadística para garantizar la robustez y eficiencia de los resultados.

El análisis descriptivo reveló que, entre los años 2005 y 2024, ingresaron 17.742 estudiantes a la carrera de Ingeniería Civil en Minas, de los cuales solo 4.676 fueron mujeres. Esta cifra representa una participación femenina del 26,35%, evidenciando una brecha de género negativa de 47,3 puntos porcentuales (p.p.).

Los resultados del modelo econométrico explican el 86,2% de la varianza en la participación femenina mediante tres variables principales. El gasto público en educación presenta una asociación positiva y altamente significativa ($\beta = 3,45$; $p < 0,01$), donde un incremento de un punto porcentual en esta inversión se relaciona con un aumento de 3,45 puntos porcentuales en la participación femenina. En contraste, la tasa de fecundidad exhibe una relación inversa significativa ($\beta = -9,14$; $p < 0,01$), lo que se asocia con el

descenso de la maternidad en Chile y una mayor presencia femenina en la carrera. Por último, el precio del cobre —utilizado como proxy del atractivo laboral del sector— muestra una asociación positiva ($\beta = 2,07$; $p < 0,05$), consistente con la hipótesis de que mejores expectativas de mercado se asocian a mayores incentivos de ingreso.

Estos hallazgos guardan consistencia con la literatura sobre políticas de equidad de género, tales como el Programa de Ingreso Prioritario de Equidad de Género (PEG) y Más Mujeres Científicas (+MC). Asimismo, los resultados se alinean con la evidencia respecto a la relación entre la tasa de fecundidad y la participación femenina en Ingeniería Civil en Minas, y se relacionan con la trayectoria de la matrícula junto a los incentivos del mercado laboral presentes al momento de la elección de carreras profesionales.

El trabajo concluye que existe una asociación estadísticamente significativa entre factores estructurales y la participación femenina en Ingeniería Civil en Minas, rechazando la hipótesis nula de independencia. Estos resultados sugieren lineamientos para el diseño de políticas públicas, tales como el fortalecimiento de programas educativos con enfoque de género, la implementación de medidas de conciliación entre maternidad y vida laboral, y la vinculación de la formación académica con la inclusión en el sector minero, con el fin de fomentar una presencia femenina creciente y sostenida.

Palabras clave: Ingeniería Civil en Minas, Regresión, Brecha de género, Matrícula, Mujeres.

Abstract

This study analyzes the evolution of female participation in first-year enrollment in the Civil Engineering in Mining program in Chile during the period 2005–2024, with the aim of identifying the economic and sociodemographic factors associated with female participation in the first year of this program

The study adopts a quantitative approach using a non-experimental, longitudinal, and explanatory design. A database was constructed integrating information from official sources such as the National Education Council (CNED), the National Institute of Statistics (INE), the Higher Education Information Service (SIES), the World Bank, and the Chilean Copper Commission (COCHILCO). It is essential to note that the database was compiled with aggregated information at the national level.

The methodology used consisted of estimating a multiple linear regression model using Ordinary Least Squares (OLS), incorporating statistical validation tests to ensure the robustness and efficiency of the results.

The descriptive analysis revealed that between 2005 and 2024, 17,742 students enrolled in the Civil Engineering in Mining program, of which only 4,676 were women. This figure represents a female participation rate of 26.35%, evidencing a negative gender gap of 47.3 percentage points (p.p.).

The results of the econometric model explain 86.2% of the variance in female participation through three main variables. Public spending on education has a positive and highly significant association ($\beta = 3.45$; $p < 0.01$); in particular, a one percentage point increase in this investment is related to a 3.45 percentage point increase in female participation. In contrast, the fertility rate exhibits a significant inverse relationship ($\beta = -9.14$; $p < 0.01$), which is associated with the decline in Chile's birth rate and a greater female presence in the field. Finally, the price of copper—used as a proxy for the sector's labor

attractiveness—shows a positive association ($\beta = 2.07$; $p < 0.05$), consistent with the hypothesis that better market expectations are associated with greater income incentives.

These findings are consistent with the literature on gender equality policies, such as the Priority Admission Program for Gender Equality (PEG) and More Women Scientists (+MC). Likewise, the results are in line with evidence regarding the relationship between the fertility rate and female participation in civil engineering in mining, and the trajectory of enrollment with labor market incentives present at the time of choosing a professional career.

The study concludes that there is a statistically significant association between structural factors and female participation in civil engineering in mining, rejecting the null hypothesis of independence. These results suggest guidelines for the design of public policies, such as strengthening gender-focused educational programs, implementing measures to reconcile motherhood and work life, and linking academic training with inclusion in the mining sector, to promote a growing and sustained female presence.

Keywords: Civil Engineering in Mining, Regression, Gender Gap, Enrollment, Women.

Capítulo 1: Antecedentes Generales

1.1 Introducción

En el contexto nacional, el sector minero constituye el pilar fundamental de la economía chilena, representando aproximadamente el 12% del Producto Interno Bruto (PIB) y cerca del 60% de las exportaciones del país (Banco Central de Chile, 2024). Esta relevancia económica del sector minero posiciona a la Ingeniería Civil en Minas como una de las carreras profesionales más estratégicas para el desarrollo de Chile, cuya formación universitaria sistemática se consolidó en 1888 con su creación en la Universidad de Chile.

La formación en Ingeniería Civil en Minas prepara especialistas en la planificación, diseño, gestión y dirección de operaciones mineras, abarcando desde la exploración geológica hasta el cierre de faenas. Esta carrera se vincula directamente con la industria que históricamente ha sido el motor del desarrollo económico nacional. Más allá de su contribución macroeconómica, el sector minero genera empleos altamente calificados, con remuneraciones que superan significativamente el promedio del mercado laboral chileno.

Sin embargo, a pesar de su relevancia estratégica y del atractivo económico que representa, la carrera enfrenta una de las brechas de género más pronunciadas del sistema de educación superior chileno. La Servicio de información de Educación Superior (SIES, 2024) define la brecha de género como: “La diferencia de tasas que se manifiesta en la relación de mujeres y hombres, como distancia entre indicadores.” (p. 4). Una brecha negativa indica que las mujeres se encuentran en desventaja respecto de los hombres, mientras que una brecha positiva señala una posición favorable para ellas en el parámetro analizado.

Durante el período 2005–2024, la participación femenina en la matrícula de primer año alcanzó, en promedio, un 26,35%, evidenciando una brecha negativa de 47,3 puntos porcentuales respecto de la participación masculina.

Este desequilibrio contrasta de manera significativa con la situación general de la educación superior en Chile, donde las mujeres representan el 53,1% del total de estudiantes. Mientras carreras vinculadas a educación y salud presentan las mayores brechas favorables a las mujeres, con 51,4 y 51,1 puntos porcentuales respectivamente, las carreras de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM por sus siglas en inglés) muestran un fenómeno opuesto: el área de ciencias básicas registra una brecha de -7,8 puntos porcentuales, mientras que el área de tecnología presenta la situación más crítica con -61,3 puntos porcentuales (SIES, 2024). En este contexto, Ingeniería Civil en Minas se inscribe en un patrón de masculinización, fenómeno que limita significativamente el acceso de las mujeres a oportunidades de desarrollo profesional en uno de los sectores económicos más dinámicos, mejor remunerados y estratégicos del país.

A lo largo de este período, Chile experimentó transformaciones significativas en múltiples dimensiones. En el ámbito de políticas públicas, se implementaron iniciativas orientadas específicamente a promover la equidad de género en educación superior, destacando el Programa de Ingreso Prioritario de Equidad de Género (PEG) de la Universidad de Chile desde 2014 y el programa Más Mujeres Científicas (+MC) lanzado por el gobierno en 2022.

En el plano demográfico, la tasa de fecundidad experimentó una disminución sostenida, pasando de 1,9 hijos por mujer en 2005 a 1,16 en 2024, convirtiéndose en una de las más bajas de América Latina. En términos económicos, la industria minera atravesó ciclos marcados de expansión y contracción vinculados a las fluctuaciones del precio del

cobre, principal producto minero chileno, modificando las expectativas de empleabilidad y las condiciones salariales del sector.

Paralelamente, la participación laboral femenina en la industria minera ha experimentado cambios significativos. Según el Informe de Monitoreo de Indicadores de Género de la Alianza CCM-Eleva (2025), Chile alcanzó en 2024 un 21,8% de participación femenina en la gran minería, equivalente a 11.239 trabajadoras, posicionándose como el segundo país a nivel mundial en este indicador, solo por debajo de Australia (22%) y por encima de Canadá (18,4%) y Estados Unidos (13,6%). El crecimiento ha sido sostenido: en 2011 la participación era apenas 7,1%, y en 2014 de 7,7%, evidenciando que la industria está experimentando transformaciones graduales en su composición de género.

La situación actual de la carrera revela un contraste. Por un lado, existen condiciones potencialmente favorables para el ingreso de mujeres: políticas públicas de equidad de género en educación superior, transformaciones demográficas que modifican los proyectos de vida femeninos, mejoras sostenidas en la participación laboral de mujeres en la industria minera, y el reconocimiento social de la necesidad de avanzar hacia mayor equidad. Por otro lado, persiste una brecha de género significativa en la matrícula universitaria.

A pesar de los avances documentados, persiste un desconocimiento respecto de qué factores económicos y sociodemográficos se asocian con la participación de las mujeres en Ingeniería Civil en Minas. Este desconocimiento constituye el problema central que aborda el presente trabajo, cuyo objetivo es identificar mediante una regresión lineal múltiple las variables que se asocian estadísticamente con la evolución de la participación femenina en la matrícula de primer año durante el período 2005-2024.

1.2 Justificación de Investigación

La presente investigación se justifica por la necesidad de generar evidencia cuantitativa que permita comprender los factores económicos y sociodemográficos asociados a la participación femenina en la carrera de Ingeniería Civil en Minas en Chile. Si bien la literatura ha abordado principalmente las barreras culturales y organizacionales que enfrentan las mujeres en sectores masculinizados aún existen pocos estudios cuantitativos que analicen cómo variables estructurales del contexto económico, demográfico y educativo se relacionan con su ingreso a esta carrera.

Asimismo, el estudio busca aportar información útil para el diseño de políticas públicas y estrategias institucionales orientadas a promover una mayor participación femenina en carreras vinculadas a la minería. Comprender los factores asociados al ingreso de mujeres a esta carrera puede contribuir a la formulación de iniciativas que favorezcan la diversidad en el capital humano del sector minero, fortaleciendo así su sostenibilidad y capacidad de innovación en el largo plazo.

Desde una perspectiva académica, este estudio aporta evidencia cuantitativa al analizar la asociación entre variables económicas (como el PIB per cápita, la tasa de desempleo y el precio del cobre), sociodemográficas (como la tasa de fecundidad), de política pública (como el gasto público en educación) y eventos (como la pandemia) con respecto a la participación femenina en una carrera altamente masculinizada, contribuyendo a complementar la literatura sobre brechas de género en educación superior con un enfoque cuantitativo longitudinal.

Finalmente, en su dimensión práctica, los resultados del estudio ofrecen información relevante para el diseño, evaluación y ajuste de políticas públicas orientadas a promover

una participación femenina más equitativa y sostenida en la carrera, basadas en evidencia empírica y no exclusivamente en diagnósticos descriptivos o normativos.

1.3 Hipótesis y Pregunta de Investigación

En este trabajo se abordará la siguiente pregunta: ¿Qué factores económicos y sociodemográficos se asocian con la participación femenina en la matrícula de primer año de Ingeniería Civil en Minas en Chile durante el período 2005-2024?

Ante esta pregunta, se plantea la siguiente hipótesis nula:

La hipótesis nula (H_0) de investigación es que no existen factores económicos y sociodemográficos que se asocien con la participación femenina en la matrícula de primer año de Ingeniería Civil en Minas.

Se plantea como hipótesis alternativa (H_1) que existen factores económicos y sociodemográficos que se asocien con la participación femenina en la matrícula de primer año de Ingeniería Civil en Minas.

1.4 Objetivos de Investigación

1.4.1 Objetivo General

Analizar la evolución de la participación femenina en la matrícula de primer año de Ingeniería Civil en Minas en Chile durante el periodo de 2005-2024, identificando variables sociodemográficas y económicas asociadas a dicha participación femenina en la carrera.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Describir la evolución de la participación femenina en la matrícula de primer año de Ingeniería Civil en Minas durante el periodo de 2005-2024.

- Analizar el comportamiento de las variables económicas y sociodemográficas seleccionadas y su relación con la participación femenina en la matrícula de primer año de Ingeniería Civil en Minas.
- Estimar la asociación de las variables independientes (económicas, sociodemográficas y de inversión) sobre la participación de mujeres en Ingeniería Civil en Minas durante el periodo de 2005-2024.
- Interpretar los resultados del modelo en relación con la literatura existente, para fundamentar el diseño de políticas públicas.

Capítulo 2: Estado del Arte

En este capítulo se revisa la literatura disponible sobre los factores de elección de carrera en mujeres, la presencia femenina en la industria minera y los programas creados para aumentar la participación de mujeres en esta área.

2.1 Factores que Inciden en la Elección de Carrera

La decisión sobre la elección de una carrera profesional involucra factores personales, familiares, institucionales y socioculturales. Quattrocchi et al. (2017), quienes en un estudio cuantitativo y cualitativo analizaron a 907 estudiantes de último año de secundaria en Argentina, encontraron que existen diferencias significativas en la elección del área de estudio. Mientras los hombres tienden a priorizar factores extrínsecos como el salario o la demanda laboral, las mujeres otorgan mayor peso a motivaciones intrínsecas. Este hallazgo resulta especialmente relevante en carreras masculinizadas como ingeniería, pues indica que las estudiantes podrían sentirse desalineadas con las motivaciones dominantes en estos campos.

Otros autores como Bello (2020) plantean que la brecha de género tiene su origen en los primeros niveles educacionales y se amplifica a medida que los estudiantes avanzan hacia la educación superior. Las evaluaciones PISA (2015) evidencian que las mujeres pierden el interés en áreas STEM durante su vida escolar. Ortega et al. (2024), tras analizar las elecciones de más de 890.000 estudiantes chilenos entre 2012 y 2021, demuestran que las mujeres optan en mayor proporción por asignaturas como artes (15% más) y filosofía (22% más), mientras que los hombres eligen matemáticas (23% más) y ciencias (4% más).

Este fenómeno puede explicarse mediante el concepto de sesgo de autoselección o autoconfianza. Muchas mujeres experimentan inseguridad respecto a la compatibilidad de sus capacidades con carreras STEM (UNESCO, 2019; Bordón et al., 2020). Dicho sesgo

constituye una barrera psicológica que afecta las decisiones vocacionales antes del ingreso a la educación superior.

Los estereotipos de género constituyen otro factor explicativo de la brecha. Espinoza y Albornoz (2023) señalan que existen creencias que asocian a las mujeres con características como sensibilidad, expresividad y capacidad para el cuidado, vinculándolas a carreras de artes, salud o educación. Por el contrario, los hombres son asociados con rasgos como la propensión al riesgo, la ambición y la competitividad, lo que los relaciona con carreras STEM (Vargas, 2023; Díaz Yáñez et al., 2019).

Esta distribución desigual de hombres y mujeres entre áreas del conocimiento se denomina segregación horizontal (Mizala, 2018). El concepto describe la concentración de mujeres en determinados campos de estudio, independientemente de sus capacidades académicas reales. De hecho, Rodríguez et al. (2024), al analizar la matrícula, titulación y rendimiento académico en 40 carreras STEM de una universidad pública chilena, encontraron que las mujeres que persisten en estas carreras tienen mejor desempeño académico que sus pares hombres. A partir de lo expuesto por los autores, se observa que variables como el precio del cobre, el PIB per cápita y la tasa de desempleo, al reflejar el dinamismo y la estabilidad de las personas, pueden asociarse con la decisión de las mujeres de ingresar a la carrera.

2.2 Contexto de la carrera de Ingeniería Civil en Minas

La carrera de Ingeniería Civil en Minas, perteneciente al área STEM, está estrechamente vinculada con la industria minera, un sector caracterizado por su rigidez, masculinización y escasa participación femenina. En las décadas de 1980 y 1990, las mujeres que decidían estudiar carreras mineras debían enfrentar una marcada segregación de género. Según Caro et al. (2021, p. 14), estas mujeres "experimentaron con miedos,

dolor, nervios y angustia, porque percibían que se estaban integrando 'de manera forzada' a un ambiente que explícitamente las rechazaba". Recién en 1996 se derogó la Ley 18.620, que prohibía el trabajo minero subterráneo de las mujeres, desafiando creencias en torno a que su presencia podría traer mala suerte a la actividad (MTalent & OTIC CChC, 2024).

Las investigaciones de Salinas y Romaní constituyen antecedentes relevantes para comprender las barreras de género en la industria minera chilena. En su estudio sobre barreras de género, Salinas y Romaní (2014) identificaron tres obstáculos principales que enfrentan las mujeres: la auto-discriminación, las responsabilidades familiares y la hegemonía masculina. Según estas autoras: "La auto discriminación se percibe de distinta forma entre hombres y mujeres. Ellos la explican como una falta de confianza de las mujeres respecto a la creencia de ser capaces de trabajar en minería; en cambio ellas, plantean que la auto discriminación es provocada por las diferencias de género que coexisten en el rubro." (Salinas y Romaní, 2014, p. 98).

En una investigación posterior, Salinas y Romaní (2016) profundizaron en el concepto de hegemonía masculina como freno estructural para la conformación de equipos mixtos en la minería. Mediante 80 entrevistas a trabajadores hombres, mujeres y jefes de sección en diversas faenas mineras del norte de Chile, concluyeron que "El desarrollo de equipos mixtos en las áreas de operaciones es una estrategia imprescindible para cubrir los requerimientos de la industria actual. No obstante, su principal obstáculo es la fuerza de la hegemonía masculina, que actúa como un proceso estructurante de los discursos, creencias y valores que circulan en el sector." (Salinas y Romaní, 2016, p. 472).

Los resultados de esta investigación evidenciaron que las debilidades y obstáculos que se adscriben a las mujeres se agrupan en cuatro categorías: culturales, físicas, psicosociales y laborales. En todas ellas se expresa la fricción entre el ámbito reproductivo/familiar y productivo/laboral que experimentan las trabajadoras. Los autores

señalan: "En la minería, como en otras industrias de predominio masculino, no existe una identidad de género única entre sus trabajadores; se trata de un proceso multifacético y en transición sus normas, sus prácticas y los discursos que circulan son hegemónicos." (Salinas y Romaní, 2016, p. 475).

En otra investigación realizada por Salinas y Romaní (2017) mediante una recopilación de 59 entrevistas a mujeres que estudian carreras mineras se destaca que uno de los principales motivos para estudiar esta carrera son las expectativas de empleabilidad y las remuneraciones del sector. Las autoras muestran que, pese a las barreras culturales del sector, las mujeres consideran las perspectivas del mercado laboral minero al evaluar su ingreso a estas carreras. Esto aporta evidencia de que la empleabilidad futura actúa como un factor de decisión, especialmente en industrias altamente remuneradas y marcadas por ciclos económicos como la minería del cobre.

Según lo expuesto por los autores, una variable que permitirá evaluar esta asociación es el precio del cobre, que influye en la empleabilidad y los ingresos del sector minero. Asimismo, la inclusión del gasto público en educación y la variable pandemia permite evaluar cómo el nivel de inversión estatal en el sector educativo y las crisis externas alteran estas trayectorias de ingreso en una industria históricamente masculinizada.

2.3 Estereotipos y Barreras de Género en la Formación Académica Minera

Los estereotipos de género permean la formación desde la educación superior. Salinas, Lay-Lisboa y Romaní (2023) realizaron un estudio etnográfico con docentes de carreras mineras en instituciones universitarias y técnicas de Antofagasta y Calama, donde analizaron los sesgos de género en las interacciones docentes. Los resultados mostraron que: "En las interacciones entre docentes y estudiantes mujeres, operan estereotipos de

género en forma interaccional, multinivel y con distintas intensidades, son contradictorios y se expresan en forma abierta o soterrada." (Salinas et al., 2023, p. 231)

La investigación identificó dos perfiles docentes: quienes no establecen diferencias entre géneros y quienes sobrevaloran habilidades estereotípicamente femeninas, subvalorando otras competencias técnicas. Este hallazgo resulta relevante porque evidencia cómo la cultura académica reproduce las barreras de género presentes en la industria.

Un estudio presentado por Rojas (2022) identificó como obstáculos la ausencia de planes de desarrollo profesional con enfoque de género y la incompatibilidad con otros roles, particularmente la maternidad. Adicionalmente, las mujeres enfrentan mayor probabilidad de interrupciones laborales en su trayectoria profesional (Canales et al., 2021).

Este escenario indica que variables como la tasa de fecundidad, que reflejan las presiones reproductivas, pueden asociarse con la participación femenina, reforzando la pertinencia de incluirlas en el análisis para capturar cómo barreras estructurales afectan el ingreso a la carrera.

2.4 Avances en la Participación Femenina en Minería

A pesar de las barreras, la inclusión de mujeres en minería ha generado impactos positivos. Las mujeres han aportado mejoras en el trabajo en equipo, la resolución de conflictos y la toma de decisiones (Sorairé et al., 2013; Universidad del Desarrollo, 2018).

Según el Monitoreo de Indicadores de Género de la Alianza CCM-Eleva (2025), Chile alcanzó un 21,8% de participación femenina en empresas de la gran minería en 2024, equivalente a 11.239 trabajadoras. Esta cifra posiciona al país como el segundo a nivel mundial, solo por debajo de Australia (22%) y por encima de Canadá (18,4%) y Estados

Unidos (13,6%). El crecimiento ha sido sostenido: en 2011 la participación era de apenas 7,1%, y en 2014 de 7,7%.

A nivel regional, Antofagasta lidera con un 25,6% de participación femenina en el segundo semestre de 2024. Además, durante el segundo semestre de 2023 se alcanzó un récord histórico: el 47,4% de las nuevas contrataciones en la gran minería fueron mujeres.

No obstante, la participación femenina en especialidades técnicas vinculadas a la minería permanece estancada, con solo un 13% en educación superior y un 14% en educación media técnico-profesional (Alianza CCM-Eleva, 2025). Esta situación limita la oferta de talento femenino para el sector.

2.5 Programas para el Ingreso de Mujeres en Carreras STEM

Para reducir la brecha de matrícula en carreras STEM, incluyendo Ingeniería Civil en Minas, se han implementado diversas iniciativas institucionales en Chile durante la última década.

El programa de ingreso prioritario de equidad de género (PEG), implementado por la Universidad de Chile desde 2014, otorga cupos adicionales (aproximadamente 10% de las vacantes regulares) a mujeres que postulan al plan común de ingeniería civil. Las beneficiarias pueden ingresar con puntajes levemente inferiores al corte regular, siempre que demuestren mérito académico suficiente. El programa incluye además mentorías académicas durante los primeros años y talleres de habilidades STEM para estudiantes de educación secundaria (Vargas, 2023).

La Pontificia Universidad Católica de Chile opera mediante un modelo integral que combina talleres de difusión en establecimientos educacionales para modificar percepciones sobre ingeniería, acompañamiento académico personalizado, construcción

de redes de apoyo entre estudiantes mujeres y vinculación con profesionales del área para generar referentes femeninos visibles (Vargas, 2023).

Otro programa que permite reducir la brecha de género es Más Mujeres Científicas (+MC), implementado por el Gobierno de Chile desde 2022. Este programa busca reducir la brecha de género, asignando cupos adicionales (hasta 20 por carrera) para mujeres en carreras científicas y tecnológicas con subrepresentación femenina inferior al 30%. Las estudiantes deben cumplir un puntaje mínimo de postulación y reciben prioridad en la asignación de becas de mantención (DEMRE, 2025).

Estos programas han generado avances significativos, aunque todavía insuficientes para revertir la segregación estructural. Carrasco (2023) reporta: "En diez años ha permitido subir la matrícula femenina de primer año de Ingeniería y Ciencias - Plan Común —que da acceso a nueve ingenierías, Geología, y licenciaturas en Física, Astronomía y Geofísica—, de 19,8% en 2013, a 32,5% en 2023." (p. 1).

Este incremento de 12,7 puntos porcentuales en una década evidencia que las políticas de cuotas pueden generar cambios significativos, aunque el ritmo de avance resulta todavía insuficiente para alcanzar paridad en plazos razonables.

No obstante, estos programas enfrentan resistencias. Radovic Sendra et al. (2024), mediante entrevistas a 45 estudiantes y 12 docentes de ingeniería, documentaron que el ingreso de mujeres mediante cuotas de género puede afectar negativamente su trayectoria académica inicial y legitimidad percibida. Algunos estudiantes y docentes cuestionan el mérito académico de las beneficiarias, atribuyendo su ingreso exclusivamente a la política de cuotas y no a sus capacidades reales. Este estigma afecta la integración social y el desempeño académico durante los primeros semestres.

Este escenario indica que variables como el gasto público en educación, que financia y sustenta la operatividad de estos programas de equidad, pueden asociarse con la efectividad de las políticas de ingreso. Asimismo, la inclusión de la variable pandemia permite evaluar si factores externos de crisis interrumpieron el alcance de estas iniciativas o profundizaron las barreras de integración descritas, reforzando la pertinencia de considerar ambos factores en el modelo econométrico para entender la evolución de la matrícula femenina.

2.6 Vacíos de Información

La revisión de literatura proporciona una mirada cualitativa sobre la elección de carrera, relacionada con factores personales y socioculturales, como los estereotipos de género y el sesgo de autoselección. Asimismo, documenta la existencia de programas destinados a reducir esta brecha y expone las principales barreras de entrada en la industria minera. Sin embargo, se identifican los siguientes vacíos de información:

- Escasez de análisis cuantitativos: No existen estudios que evalúen la asociación de variables macroeconómicas y el ciclo del sector minero —representado por el precio del cobre— sobre la participación femenina específicamente en Ingeniería Civil en Minas.
- Falta de evidencia sobre política pública: No existe evidencia empírica que analice la asociación entre el gasto público en educación y la eficacia de los programas de equidad en la matrícula de la carrera.
- Omisión de factores demográficos y crisis externas: Existe una ausencia de análisis sobre cómo factores demográficos como la fecundidad, o choques externos como la pandemia, se asocian con la participación femenina en áreas STEM.

Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo analizar de manera cuantitativa el comportamiento de las variables económicas, sociodemográficas y políticas que se asocian a la participación femenina en la matrícula de Ingeniería Civil en Minas durante el período 2005-2024.

Capítulo 3: Metodología

3.1 Enfoque de la Investigación

El presente trabajo adopta un enfoque cuantitativo orientado a medir y analizar asociaciones estadísticas entre variables económicas y sociodemográficas, con respecto a la participación femenina de primer año en la carrera de Ingeniería Civil en Minas durante el período 2005–2024.

Este enfoque permite aplicar técnicas estadísticas y modelos econométricos que cuantifican la asociación de factores económicos y sociodemográficos sobre la participación de mujeres en dicha carrera universitaria.

Según Hernández-Sampieri (2014), este enfoque resulta pertinente para analizar asociaciones entre variables a través de técnicas estadísticas y así identificar patrones en fenómenos observables. En este contexto, la aplicación de un modelo econométrico constituye una herramienta ideal para analizar los factores asociados a la evolución de la participación femenina.

3.2 Diseño de la Investigación

El diseño adoptado es no experimental, de tipo longitudinal y con un alcance explicativo. Se define como no experimental porque las variables no fueron manipuladas para identificar asociaciones en el análisis.

El presente trabajo adopta un diseño longitudinal de series de tiempo, el cual permite analizar la evolución y la dinámica de las variables a lo largo de un período continuo de 20 años, abarcando desde el 2005 hasta el 2024. Este enfoque temporal es esencial

para inferir la asociación estadística entre las variables independientes y la participación femenina en la matrícula de primer año.

Respecto a la consistencia de la información, se identificó una limitación en la variable gasto público en educación, cuyos registros oficiales se encuentran disponibles solo hasta el año 2022. Para asegurar la integridad de la serie y mantener la ventana de análisis hasta 2024, se procedió a realizar una extrapolación de los valores para los años 2023 y 2024, basándose en la tendencia histórica de la serie.

El diseño es de alcance explicativo, ya que se busca analizar y cuantificar la relación estadística entre variables económicas y sociodemográficas con respecto a la participación femenina de primer año en Ingeniería Civil en Minas. Este objetivo se aborda mediante la estimación de un modelo de regresión lineal múltiple, complementado con técnicas de validación estadística que permiten evaluar la consistencia y robustez de las asociaciones identificadas.

3.3 Población y Muestra

La población de estudio comprende a todas las instituciones de educación superior que imparten la carrera de Ingeniería Civil en Minas en Chile, identificándose un total de 21 universidades. La muestra está constituida por los registros anuales de matrícula de primer año de mujeres, obtenidos del Consejo Nacional de Educación (CNED, 2025). Si bien la información primaria se presenta de forma desagregada por institución, el análisis se realiza bajo un enfoque agregado a nivel nacional para el periodo comprendido entre 2005 y 2024.

La delimitación del horizonte temporal responde a la disponibilidad de datos oficiales en las fuentes consultadas. Se excluye el año 2025 del análisis para evitar sesgos de información, dado que las variables independientes para dicho periodo aún no se encuentran publicadas.

Finalmente, los criterios de inclusión de la muestra consideran exclusivamente a universidades vigentes que otorgan el título de Ingeniero Civil en Minas. Se excluyen aquellas instituciones que no mantuvieron su vigencia o autonomía durante el periodo de estudio, asegurando así la continuidad y comparabilidad de la serie de tiempo.

3.4 Fuentes de Información y Recolección de Datos

El presente trabajo utiliza fuentes de información secundarias provenientes de bases de datos de reconocimiento nacional e internacional, lo que garantiza la validez, confiabilidad y replicabilidad del estudio. A continuación, se detallan las instituciones y las variables obtenidas:

- Consejo Nacional de Educación (CNED, 2025): Fuente oficial de la cual se obtuvo la variable de matrícula de primer año en Educación Superior, proporcionando datos desagregados por sexo y programa académico.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2025): Se consultó para obtener las series temporales de natalidad, fecundidad y tasa de desempleo a nivel nacional.
- Servicio de Información de Educación Superior (SIES, 2024): Proporcionó la información estadística referente al volumen de egresados de enseñanza media, variable clave para contextualizar el universo de potenciales postulantes.
- Banco Mundial (2025): De esta plataforma se extrajeron los indicadores económicos globales: gasto público en educación (como porcentaje del PIB) y el PIB per cápita (ajustado a precios constantes de 2015 para asegurar la comparabilidad real).

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2024): Fuente de la serie histórica del Índice de Desarrollo Humano (IDH), utilizada como indicador de bienestar y desarrollo social.
- Comisión Chilena del Cobre (Cochilco, 2025): Proveyó los datos históricos del precio del cobre, variable utilizada como proxy de la demanda laboral, empleabilidad y niveles de ingresos en el sector minero.

La consolidación de la base de datos se realizó mediante un proceso de curaduría y depuración, que incluyó la eliminación de registros irrelevantes y el tratamiento técnico de datos faltantes mencionado anteriormente. Este procedimiento se ejecutó utilizando las herramientas Microsoft Excel y Power Query, asegurando la estructuración de un conjunto de datos robusto y apto para el procesamiento econométrico.

3.5 Definición de las Variables

3.5.1 Variable Dependiente y Derivadas

La variable dependiente principal es la participación de mujeres en primer año en la carrera de Ingeniería Civil en Minas en Chile (2005–2024). Para obtener esta variable, se analiza la matrícula de Ingeniería Civil en Minas, desglosada por sexo, que permite entender el contexto general de la variable dependiente.

Para profundizar en el análisis, se calcularon variables derivadas que permiten observar el fenómeno desde distintas dimensiones: la brecha de género y la variación porcentual anual y. Estas métricas robustecen la comprensión de la dinámica de ingreso antes de la estimación del modelo. La Tabla 1 detalla la descripción de la variable, su unidad de medida y fuente.

Tabla 1*Descripción de variable dependiente y derivadas*

Variable	Descripción	Unidad de medida	Fuente
Matrícula de primer año en Ingeniería Civil en Minas.	Matrícula de primer año en Ingeniería Civil en Minas.	Número de estudiantes.	CNED (2025).
Porcentaje de participación de la matrícula de primer año por sexo.	Porcentaje de participación de la matrícula total de primer año por sexo.	Porcentaje (%).	CNED (2025).
Brecha de género	Diferencia porcentual de matrícula entre hombres y mujeres en carreras determinadas.	Porcentaje (%).	CNED (2025).
Variación porcentual de la matrícula	Diferencia entre las vacantes y los matriculados en primer año.	Porcentaje (%).	CNED (2025).

Nota. Elaboración propia según las variables seleccionadas.

3.5.2 Variables Independientes

Las variables independientes cuya asociación se analizará respecto a la participación femenina en la matrícula de primer año de Ingeniería Civil en Minas son:

- **PIB per cápita (precios constantes de 2015):** Mide el nivel de ingreso promedio de la población, aproximando la capacidad económica de los hogares para financiar la educación superior.
- **Tasa de desempleo:** Representa la situación del mercado laboral general. En términos econométricos, una mayor tasa de desempleo podría incentivar la inversión en educación como estrategia para mejorar la empleabilidad futura o, por el contrario, desincentivarla debido a restricciones presupuestarias familiares y al riesgo percibido.
- **Precio del cobre (US\$/lb):** Actúa como un indicador representativo del contexto económico sectorial. Al ser el principal recurso minero de Chile, sus fluctuaciones proyectan las expectativas de empleabilidad y niveles de

remuneración en el sector, señales que las estudiantes evalúan en su decisión vocacional.

- **Gasto público en educación (% del PIB):** Representa el esfuerzo fiscal destinado al financiamiento educativo. Esta variable incorpora el impacto de las políticas orientadas a mejorar el acceso, incluyendo programas de equidad como el PEG (2014) y +MC (2022), permitiendo evaluar si la inversión estatal se asocia con una mayor participación femenina en carreras tradicionalmente masculinizadas.

- **Tasa de natalidad bruta:** Mide el número de nacimientos anuales por cada mil habitantes, reflejando dinámicas demográficas de base que afectan la composición poblacional a largo plazo.

- **Tasa de fecundidad global:** Representa el promedio de hijos por mujer en edad fértil. Esta variable captura transformaciones en los proyectos de vida y la tensión potencial entre la maternidad y el desarrollo profesional en industrias de alta exigencia como la minería.

- **Número de mujeres egresadas de enseñanza media:** Aproxima el universo de potenciales postulantes, permitiendo discernir si las variaciones en la matrícula universitaria responden a cambios en la población elegible o a una mayor atracción hacia la carrera.

- **Índice de Desarrollo Humano (IDH):** Medida multidimensional que sintetiza el nivel de desarrollo del país a través de tres dimensiones: salud (esperanza de vida), nivel de vida (PIB per cápita) y educación (PNUD, 2024).

La Tabla 2 presenta la descripción operacional completa de cada variable independiente, detallando su unidad de medida y fuente de información.

Tabla 2*Descripción de variables independientes.*

Variable	Descripción	Unidad de medida	Fuente
Índice de Desarrollo Humano (IDH)	Mide el nivel de desarrollo de un país.	Índice (0–1)	PNUD (2024)
Precio de Cobre (Contexto laboral de la Industria)	Valor anual promedio de la libra de cobre en dólares.	Dólares (USD)	Cochilco (2025)
Tasa de desempleo	Representa al porcentaje de persona desempleadas que pertenecen a la fuerza laboral en Chile	Porcentaje (%)	INE (2025)
Gasto en educación pública (% del PIB)	Muestra el porcentaje de gasto público en educación del PIB.	Porcentaje (%)	Banco Mundial (2024)
PIB per Capita (USD a Precios Constantes en 2015)	Muestra la cantidad de PIB por persona, considerando los precios del 2025.	Valor Monetario (USD)	Banco Mundial (2024)
Tasa de Natalidad Bruta (por 1000 personas)	Representa la tasa de nacimiento por cada 1000 personas.	Cantidad por 1000 habitantes	INE (2025)
Mujeres Egresadas de Enseñanza Media	Nº de Mujeres Egresadas de Enseñanza Media.	Número de Estudiantes	SIES (2024)
Tasa de Fecundidad	Representa el número de hijos que puede tener una mujer durante su vida fértil.	Número estimado de hijos	INE (2025)

Nota. Elaboración propia según las variables seleccionadas.

3.5.3 Variables Dummy

En este trabajo se incorporan variables dicotómicas (o *dummy*) para representar fenómenos o eventos específicos ocurridos durante el periodo de estudio, los cuales podrían haber generado cambios estructurales en la participación femenina en Ingeniería Civil en Minas:

- **Gratuidad en la Educación Superior:** Esta variable representa la implementación de la política de gratuidad a partir del año 2016. Se incluye para

evaluar cómo la eliminación de barreras arancelarias y el mayor acceso al sistema universitario impactaron la matrícula de mujeres en la carrera.

- **Pandemia COVID-19:** Permite capturar el efecto del choque sanitario global ocurrido entre los años 2020 y 2022. Su inclusión es relevante para analizar si la crisis sanitaria y el paso a la modalidad virtual afectaron las decisiones de ingreso o permanencia de las mujeres en una carrera con fuerte componente práctico y de terreno.
- **Movimiento Feminista de 2018:** Representa el hito de movilización social que impulsó cambios culturales de género en Chile. Para este estudio, se asignó el valor de 1 durante los años 2018 y 2019, siguiendo la metodología de Ponce (2020), quien identifica este periodo como el de mayor impacto inmediato en la agenda pública y educativa respecto al rol de la mujer.

3.6 Análisis de Datos

Para el tratamiento de la información, se llevó a cabo inicialmente un análisis exploratorio de datos. Una vez recolectados y depurados los registros, se procedió a calcular medidas de tendencia central, incluyendo sumatorias de valores absolutos, promedios aritméticos y variaciones porcentuales.

Posteriormente, se realizó una representación gráfica de las series temporales para identificar tendencias, ciclos y posibles anomalías en el comportamiento de las variables de estudio. Este análisis descriptivo preliminar es fundamental para visualizar la dinámica de la participación femenina y validar la consistencia de las variables independientes antes de su incorporación en el modelo econométrico.

3.6.1 Extrapolación de Datos

El proceso de extrapolación se realizó mediante la variación porcentual promedio con el fin de completar los datos faltantes para los años 2023 y 2024. Este procedimiento se aplicó específicamente a la variable independiente del gasto público en educación, bajo el supuesto de que la tendencia histórica de la serie temporal se mantiene constante durante el período no observado.

Si bien esta técnica permite preservar la estructura general de la serie y facilita la continuidad del análisis, implica una pérdida de precisión ante la posible ocurrencia de shocks o eventos atípicos no capturados por la tendencia histórica. En este sentido, los resultados obtenidos deben interpretarse con cautela, y se reconoce que investigaciones futuras podrían incorporar técnicas de extrapolación más avanzadas que permitan modelar cambios estructurales en la serie.

3.6.2 Análisis de Correlación

Previo a la estimación, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre las variables independientes para identificar y mitigar posibles problemas de multicolinealidad. Este procedimiento asegura la robustez del modelo final, permitiendo seleccionar las variables con mejor capacidad asociativa respecto a la participación femenina en matrícula de primer año y evitando redundancias que sesguen los estimadores.

3.6.3 Modelo de Regresión Lineal Múltiple

Se estimó un modelo econométrico de regresión múltiple de tipo lineal-lineal mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), con el objetivo de encontrar asociaciones con respecto a la participación de mujeres en la matrícula de primer año de la carrera de Ingeniería Civil en Minas. La estimación del modelo se realizó mediante el lenguaje de programación de Python utilizando bibliotecas estadísticas para análisis econométrico.

Figura 1

Modelo econométrico genérico de regresión múltiple

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

Para la interpretación del modelo, la variable dependiente Y corresponde a la participación de mujeres en primer año de la carrera de Ingeniería Civil en Minas. El coeficiente β_0 representa la constante o término independiente, mientras que β_1 , β_2 y β_3 corresponden a los coeficientes asociados a cada variable asociativa X_i .

Se seleccionó una especificación funcional lineal-lineal debido a que los coeficientes permiten una interpretación directa en términos de cambios absolutos en puntos porcentuales de participación femenina, facilitando la traducción de los hallazgos a recomendaciones de política pública cuantificables.

Desde una perspectiva técnica, el análisis exploratorio reveló relaciones aproximadamente lineales, sin evidencia de no linealidades pronunciadas que justificaran especificaciones logarítmicas o polinomiales. Adicionalmente, dado el tamaño muestral ($n=20$), una especificación lineal minimiza el riesgo de sobreajuste y maximiza los grados de libertad disponibles para estimaciones robustas.

Bajo esta configuración, el coeficiente β_i representa el cambio en puntos porcentuales de la variable dependiente ante un incremento unitario en la variable independiente X_i manteniendo el resto constante (*ceteris paribus*). Para variables expresadas en porcentaje, el impacto se mide directamente en puntos porcentuales; para

variables en unidades absolutas, como el precio del cobre o la fecundidad, el coeficiente indica el desplazamiento en la tasa de participación por cada unidad adicional del predictor.

La inferencia estadística se basó en el estadístico t y sus valores p asociados, considerando un nivel de confianza del 95% para determinar significancia plena. Siguiendo las convenciones de la econometría, se reportan también coeficientes con significancia marginal ($0.05 < p < 0.10$).

La validez del modelo se determinó mediante el estadístico F , contrastando la hipótesis nula de nulidad conjunta de los coeficientes, mientras que la bondad de ajuste se evaluó a través del R^2 ajustado. Este último indicador se priorizó por sobre el R^2 convencional, ya que penaliza la inclusión de variables irrelevantes, garantizando una estimación más conservadora y realista de la variabilidad explicada.

3.6.4 Validación de los Modelos

La validación y robustez del modelo se analizaron rigurosamente mediante la aplicación de diversas pruebas estadísticas. Su objetivo es verificar el cumplimiento de los supuestos econométricos claves: homocedasticidad, no autocorrelación, normalidad de los residuos y la ausencia de multicolinealidad entre las variables.

Para verificar el supuesto de normalidad en los residuos, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, reconocida por su mayor potencia estadística en muestras pequeñas y medianas. El criterio de decisión se fundamenta en el valor de p , si se obtiene un $p > 0,05$, se acepta la hipótesis nula, concluyendo que los residuos siguen una distribución normal. Por otro lado, un $p < 0,05$ indicará que los datos no se ajustan a dicha distribución.

Para evaluar la existencia de heterocedasticidad (es decir, la no constancia de la varianza de los residuos), se implementó la prueba de Breusch–Pagan. Esta prueba plantea como Hipótesis Nula (H_0) la homocedasticidad, asumiendo que la varianza de los errores

es constante. En contraste, la Hipótesis Alternativa (H_1) señala la existencia de heterocedasticidad. La prueba calcula un estadístico de prueba que sigue una distribución de Chi-Cuadrado. Se concluirá con el rechazo de la hipótesis nula (H_0) si el p-valor resultante es inferior al nivel de significancia de 0,05.

Para verificar la ausencia de autocorrelación en las variables del modelo, se realizaron dos pruebas, Durbin-Watson y Breusch–Godfrey.

La prueba de Durbin-Watson (DW) es la prueba más recurrente para determinar la autocorrelación de primer orden en los residuos. La hipótesis nula es que no existe autocorrelación ya que los residuos tienen una correlación igual a cero.

Este estadístico se encuentra entre los valores de 0 y 4 donde un DW cerca de 2 indica la ausencia de autocorrelación. Un DW que tienda a 0 muestra la existencia de autocorrelación positiva en residuos, mientras que un DW que se acerca a 4 muestra una autocorrelación negativa de residuos. La limitación de esta prueba es que solo determina si existe autocorrelación de primer orden.

La segunda prueba aplicada es la de Breusch-Godfrey, la cual es más robusta que la de Durbin-Watson al detectar autocorrelación de orden superior. La decisión estadística se basa en comparar el valor p obtenido con un nivel de significancia de 0,05. Se plantea como hipótesis nula la inexistencia de autocorrelación; por tanto, si el valor p es inferior a 0,05, se rechaza la hipótesis nula (existe autocorrelación). Si es superior, no se rechaza, confirmando la ausencia de autocorrelación.

Para determinar la existencia de multicolinealidad entre las variables independientes se analizará el índice de inflación de la varianza (VIF), que determina la existencia de correlación entre las variables independientes. Si las variables tienen un VIF menor que 5,

quiere decir que existe correlación moderada, pero es aceptable; un VIF entre 5 y 10 se detecta un alta multicolinealidad, y un VIF mayor a 10 muestra un nivel severo de multicolinealidad.

Con el fin de evitar la existencia de multicolinealidad se analizó la correlación de las variables independientes, así descartar aquellas variables que están correlacionadas y evitar la multicolinealidad en los modelos.

Estos procedimientos permiten garantizar la validez estadística del modelo y la fiabilidad de las inferencias.

Capítulo 4: Análisis de los Datos

Para el análisis de la matrícula femenina en Ingeniería Civil en Minas, se utilizó la base de datos oficial del Consejo Nacional de Educación (CNED, 2025). Este registro permitió obtener la evolución de la matrícula por programa académico durante el periodo 2005-2024. Dado el volumen de la fuente primaria, que integra la totalidad de las carreras de educación superior, se realizó una curaduría de datos mediante el editor Power Query, eliminando variables irrelevantes y registros inconsistentes para garantizar la integridad de la serie. Este proceso incluyó la depuración de columnas con baja representatividad o un elevado porcentaje de valores nulos.

La segmentación de los datos se realizó bajo criterios específicos de área y nivel institucional. En primer lugar, se aplicó un filtro por área de conocimiento, seleccionando únicamente los programas pertenecientes a Tecnología y Ciencias. En segundo lugar, se limitó el nivel institucional a las universidades, excluyendo institutos profesionales y centros de formación técnica para mantener la homogeneidad de la muestra.

Tras la depuración, la información se integró en una base de datos para generar tablas dinámicas que permitieron cuantificar la matrícula total en áreas STEM y su distribución por género. Posteriormente, se realizó un filtrado específico para obtener los datos específicos de la carrera de Ingeniería Civil en Minas, extrayendo las series de tiempo de matrícula total y femenina necesarias para el estudio.

A partir de estas series, se calcularon las variables derivadas: la tasa de participación por género y la variación porcentual anual, herramientas que facilitaron la construcción de gráficos de tendencia. A esta matriz se incorporaron las variables explicativas externas:

- INE (2025): Tasas de desempleo, fecundidad y natalidad para el periodo de estudio.

- Banco Mundial (2025): PIB per Cápita (precios constantes 2015) y gasto público en educación (% del PIB), realizando la extrapolación técnica de esta última para los años 2023 y 2024.
- SIES (2024): Cantidad de egresados de enseñanza media, utilizado para el análisis descriptivo contextual y descartado posteriormente del modelo econométrico para optimizar la parsimonia de las estimaciones.
- COCHILCO (2025) y PNUD (2024): Precio del cobre e Índice de Desarrollo Humano (IDH), respectivamente.

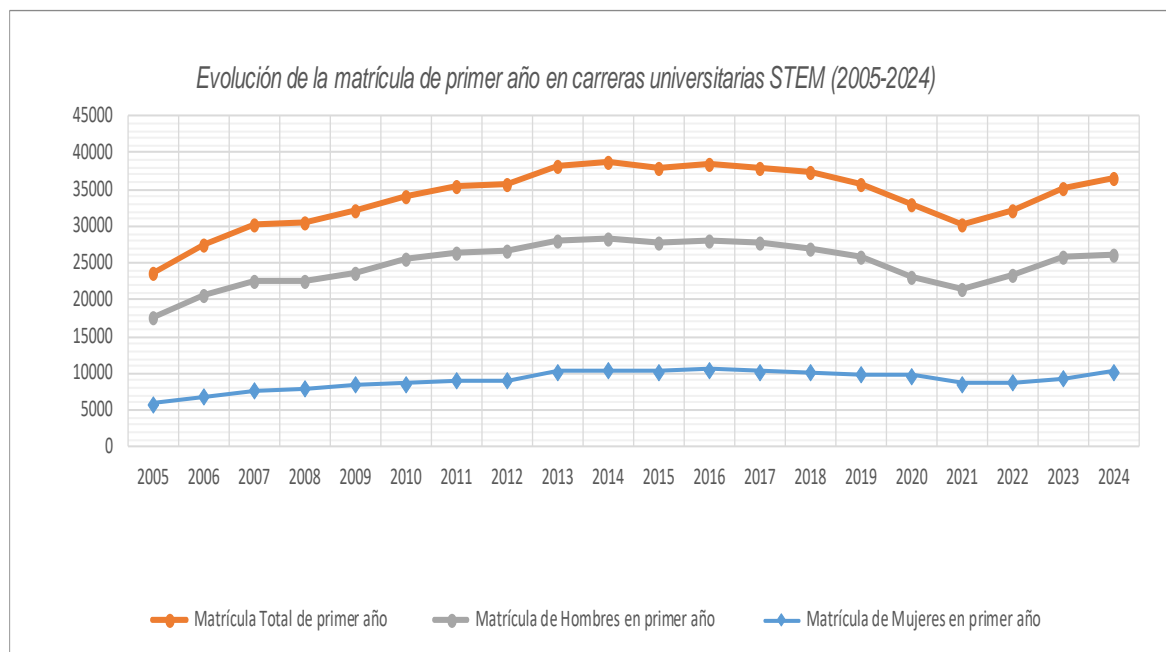
Este proceso de consolidación resultó en un conjunto de datos robusto y normalizado, apto para la ejecución del análisis estadístico y la estimación del modelo de regresión.

4.1 Análisis en Carreras Universitarias de STEM

Según los datos extraídos desde la base de datos Consejo Nacional de Educación (CNED, 2025), las personas que ingresan a carreras de educación STEM durante el periodo de 2005 a 2024 ascienden a 680.673 estudiantes, donde 498.304 son hombres y 182.369 mujeres. La variación porcentual de la matrícula total muestra un crecimiento promedio de 2,12%, donde la matrícula masculina creció en promedio un 1,86%, mientras que la femenina lo hizo en un 2,74%. El comportamiento detallado de esta evolución se presenta en el Gráfico 1.

Gráfico 1

Evolución de la matrícula de primer año en carreras universitarias STEM (2005-2024)

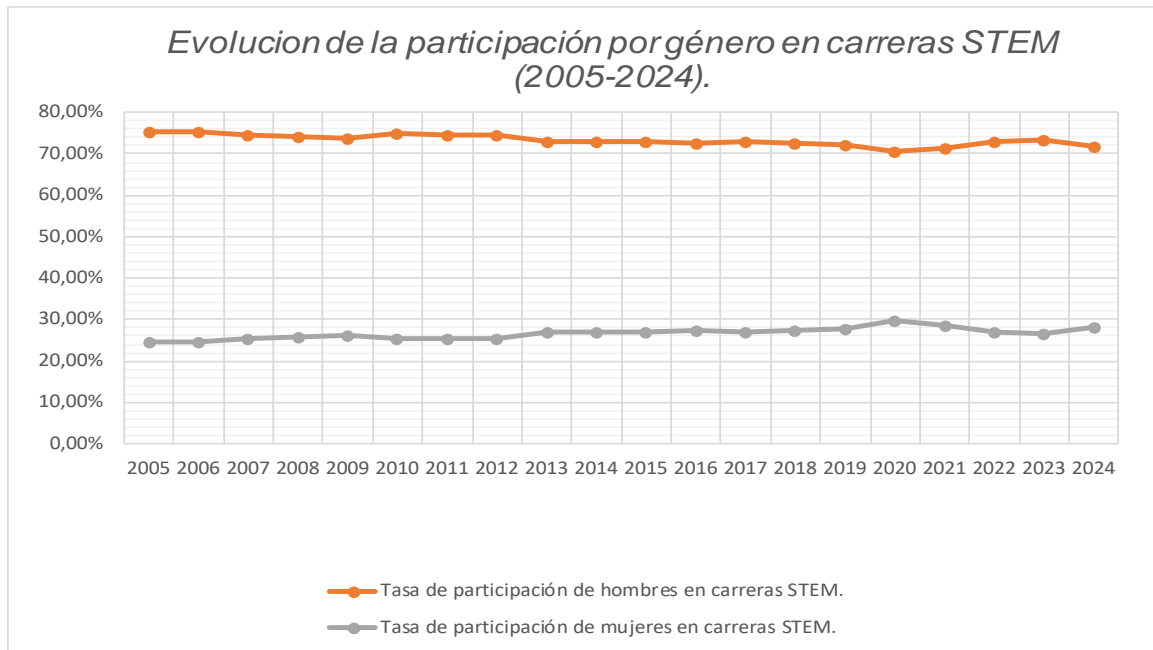


Nota. Elaboración propia con datos de base INDICES, CNED (2025).

Estas cifras indican que la participación promedio de los hombres en carreras STEM representa el 73% de la matrícula total de primer año, mientras que el 27% restante corresponde a la matrícula femenina. Estos antecedentes permiten señalar que las mujeres se encuentran subrepresentadas en esta área, con una brecha de género negativa del -47%. El Gráfico 2 proporciona evidencia visual de esta disparidad a lo largo del periodo analizado.

Gráfico 2

Evolución de la participación por género en carreras STEM (2005-2024)



Nota. Elaboración propia con datos de base INDICES, CNED (2025).

4.2 Matrícula de Primer Año en la Carrera de Ingeniería Civil en Minas

Para analizar la matrícula de primer año en Ingeniería Civil en Minas durante el periodo de 2005 a 2024 se extrajo una muestra de 21 universidades que imparten esta carrera, compuesta por un total de 17.742 estudiantes que ingresaron durante el respectivo periodo, donde 13.066 son hombres y 4.676 son mujeres. La variación anual promedio de la matrícula es de 15% para hombres y 26,49% para mujeres.

La tasa de participación femenina en la matrícula es de 26,35%, mientras que la participación de hombres alcanza el 73,51%. Esta diferencia subraya la mayoritaria presencia de hombres en la carrera durante el periodo analizado.

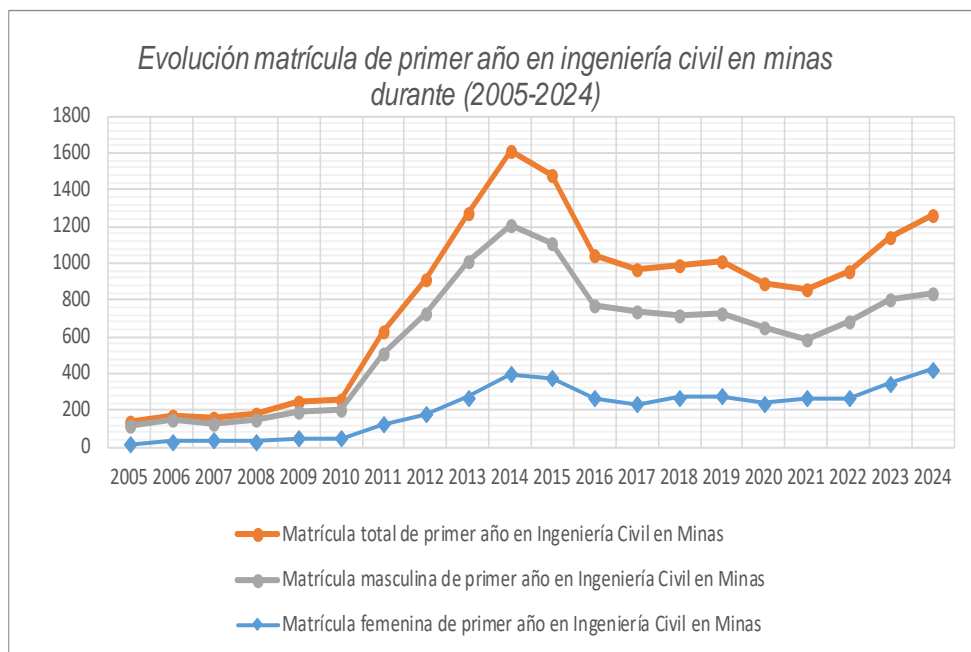
En términos de brecha de género, se obtiene un promedio de -47,3 p.p. durante el periodo. Este valor negativo evidencia que las mujeres tienen una menor representación en la matrícula de primer año.

Como se observa en el Gráfico 3, la matrícula total no presenta una tendencia lineal, sino un comportamiento cíclico con marcados aumentos y disminuciones. Entre 2005 y 2014, la matrícula total experimentó un crecimiento promedio del 37%, pasando de 133 estudiantes en 2005 a 1.606 en 2014. En este ciclo, destaca el aumento del 53% en la matrícula femenina, cifra superior al 34% registrado por los hombres.

Posteriormente, en el periodo 2014-2021, la matrícula cayó un 47%, descendiendo hasta los 850 matriculados. Es importante notar que en este lapso ocurrieron hitos significativos, como la implementación de la política de gratuidad en 2016. Finalmente, entre 2022 y 2024, se registró una recuperación en ambos géneros, alcanzando un total de 1.258 estudiantes al cierre del periodo.

Gráfico 3

Evolución de la matrícula de primer año en Ingeniería Civil en Minas (2005-2024)

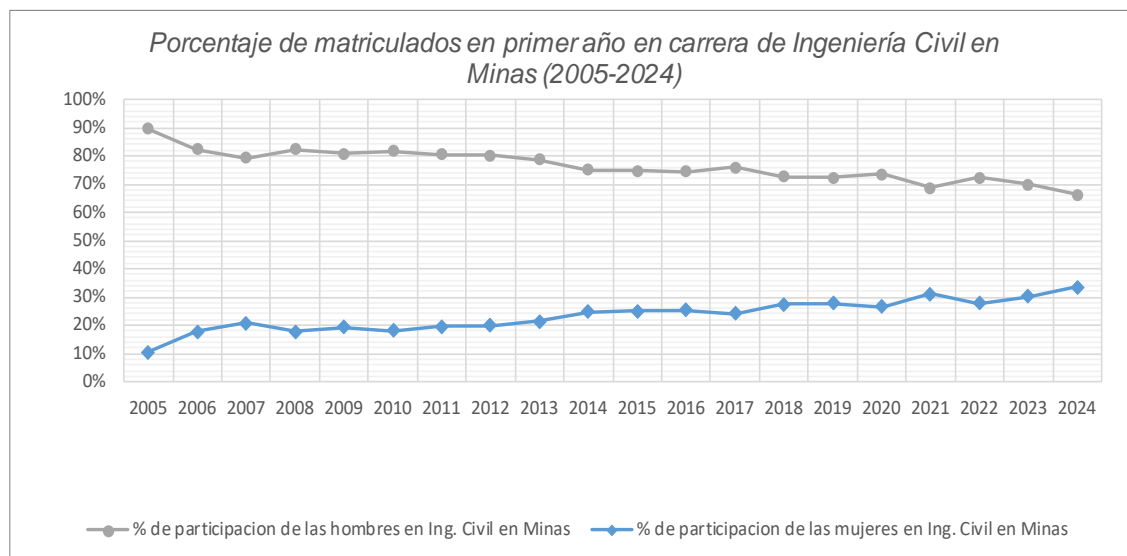


Nota. Elaboración propia con datos de base INDICES, CNED (2025).

En contraste, la participación de las mujeres en la carrera de Ingeniería Civil en Minas aumentó desde el 11% en 2005 hasta el 34% en 2024. Esto evidencia que la brecha de género ha disminuido considerablemente durante el periodo de análisis, llegando en 2024 a -32 p.p. Si bien la brecha ha disminuido con el pasar de los años, esto no ha sido suficiente para alcanzar una educación más equitativa en términos de género. El Gráfico 4 evidencia visualmente los hallazgos que respaldan el análisis.

Gráfico 4

Porcentaje de matriculados por género en primer año de Ingeniería Civil en Minas (2005-2024)



Nota. Elaboración propia con datos de base INDICES, CNED (2025).

El comportamiento no lineal de la matrícula y la subrepresentación femenina durante el periodo refuerzan la necesidad de un análisis econométrico que permita distinguir qué variables estructurales están asociadas a la evolución de la participación femenina en la carrera.

4.3 Estudiantes Egresados de Enseñanza Media

Se examina el comportamiento de los egresados de enseñanza media al ingresar a la educación superior, dado que representan el principal flujo de admisión universitaria. Este estudio permitirá contrastar los hallazgos empíricos con los resultados identificados en la revisión de la literatura.

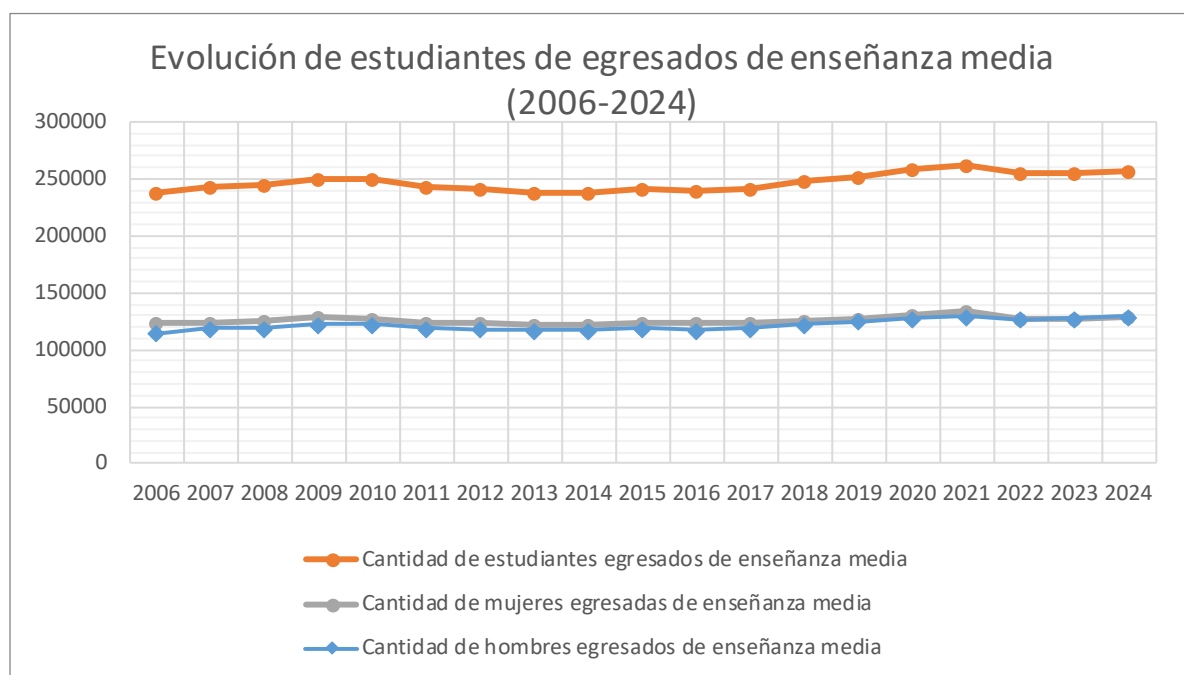
Para esta variable, el análisis se realiza específicamente para el periodo 2006-2024, debido a la indisponibilidad de registros para el año 2005 en la fuente oficial (SIES, 2024). Por consiguiente, con el fin de mantener la consistencia técnica y la comparabilidad de la

serie, se optó por centrar la observación en el intervalo donde existe trazabilidad completa de los datos, evitando así inferencias basadas en información parcial.

Bajo esta delimitación, el total de egresados entre 2006 y 2024 ascendió a 4.698.802 estudiantes, con una variación porcentual promedio de 0,451%. De este total, se registran 2.387.899 mujeres, con una variación porcentual promedio de 0,258%, mientras que los hombres alcanzan un total de 2.310.903 egresados. El Gráfico 5 ilustra visualmente estos datos, evidenciando que, durante la mayor parte del periodo analizado, el número de mujeres egresadas fue superior al de los hombres.

Gráfico 5

Evolución de estudiantes egresados de enseñanza media durante (2006-2024)



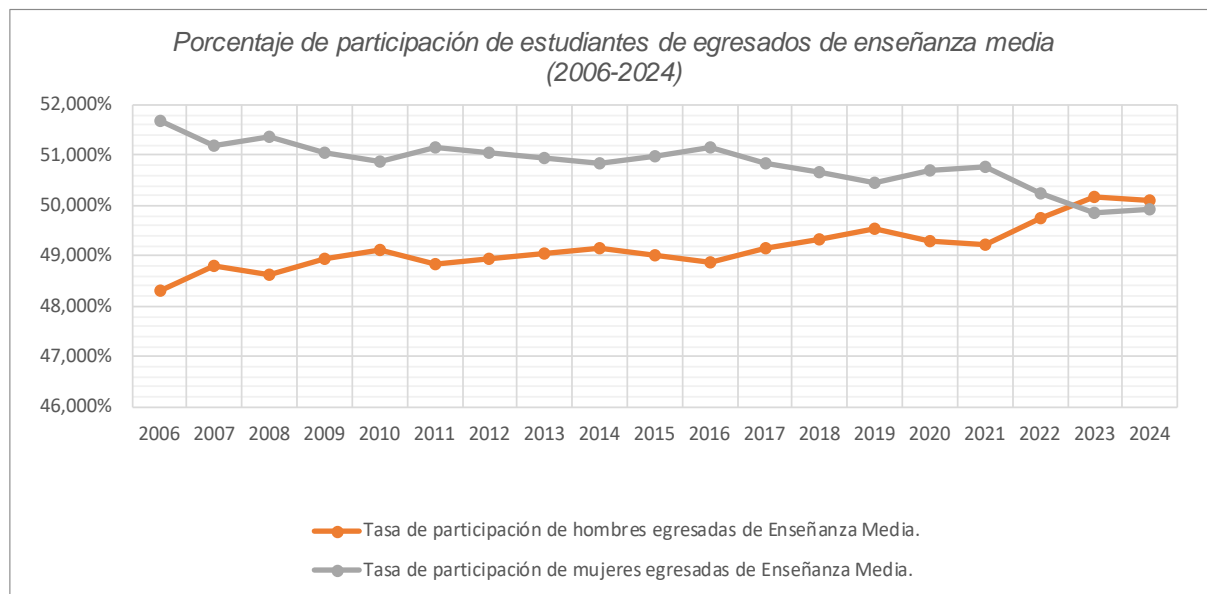
Nota. Elaboración propia en base de los datos de SIES (2024).

La participación de las mujeres al egresar de enseñanza media corresponde en promedio a un 50,83% del total. Mientras que la participación masculina corresponde al 49,17% de los egresados. El Gráfico 6 muestra esta distribución, resaltando que la

tendencia de predominio femenino cambió en 2023, año en el que los hombres alcanzaron el 50,08% del total de egresados.

Gráfico 6

Porcentaje de participación de estudiantes egresados de enseñanza media (2006-2024)

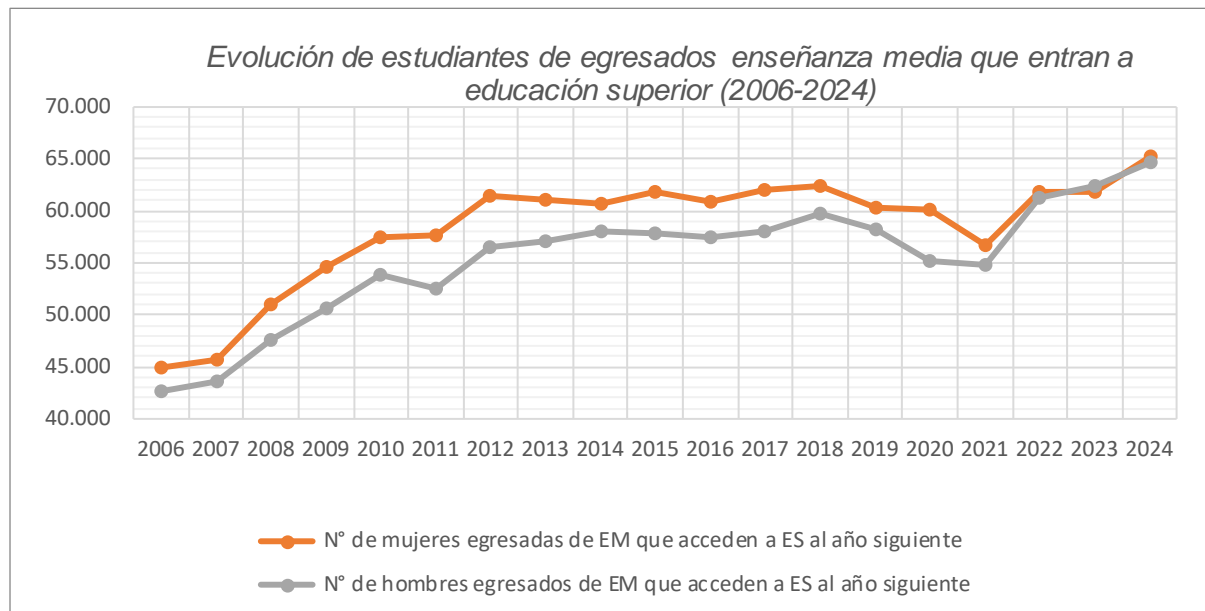


Nota. Elaboración propia en base de los datos de SIES (2024).

Respecto a la transición a la educación superior, un total de 1.107.579 mujeres (el 46,38% del total de egresadas de enseñanza media) ingresan al año siguiente de egresar. Por su parte, el número de hombres que opta por esta vía es de 1.052.343 estudiantes, equivalentes al 45,54% de sus egresados. El Gráfico 7 visualiza este comportamiento de ingreso inmediato.

Gráfico 7

Evolución de estudiantes egresados de enseñanza media que entran a educación superior (2006-2024)



Nota. Elaboración propia mediante en base de los datos de SIES (2024).

El análisis revela que, aunque las mujeres representan más de la mitad de los egresados de enseñanza media, solo una fracción mínima opta por Ingeniería Civil en Minas. Esta brecha demuestra la persistencia de barreras socioculturales que influyen en la elección vocacional. Los datos son coherentes con lo señalado por Mizala (2018) y Vargas (2023), quienes asocian estas diferencias a estereotipos de género y un acceso desigual a experiencias tempranas en ciencias y matemáticas.

Estudios de Salinas y Romaní (2017) y la UNESCO (2019) enfatizan que la autoconfianza académica y la falta de referentes femeninos condicionan estas elecciones. Esto explica por qué el alto volumen de mujeres disponibles tras la educación media no se traduce automáticamente en postulantes a ingeniería: la percepción de "no pertenencia" opera antes de la postulación. Asimismo, autores como Espinoza y Albornoz (2023) y Bello

(2020) destacan el impacto de los sesgos pedagógicos y los estereotipos industriales que alejan a las niñas de las áreas STEM.

Finalmente, este fenómeno se agrava por las barreras específicas del sector minero. Investigaciones de Caro et al. (2021) y Rojas (2022) señalan que la cultura masculinizada de la minería en Chile genera la percepción de que este campo es poco compatible con los proyectos de vida de las jóvenes. En conjunto, la subrepresentación femenina en esta carrera no está asociada a la falta de alumnas egresadas de enseñanza media, sino por barreras estructurales y culturales que actúan a lo largo de la trayectoria escolar.

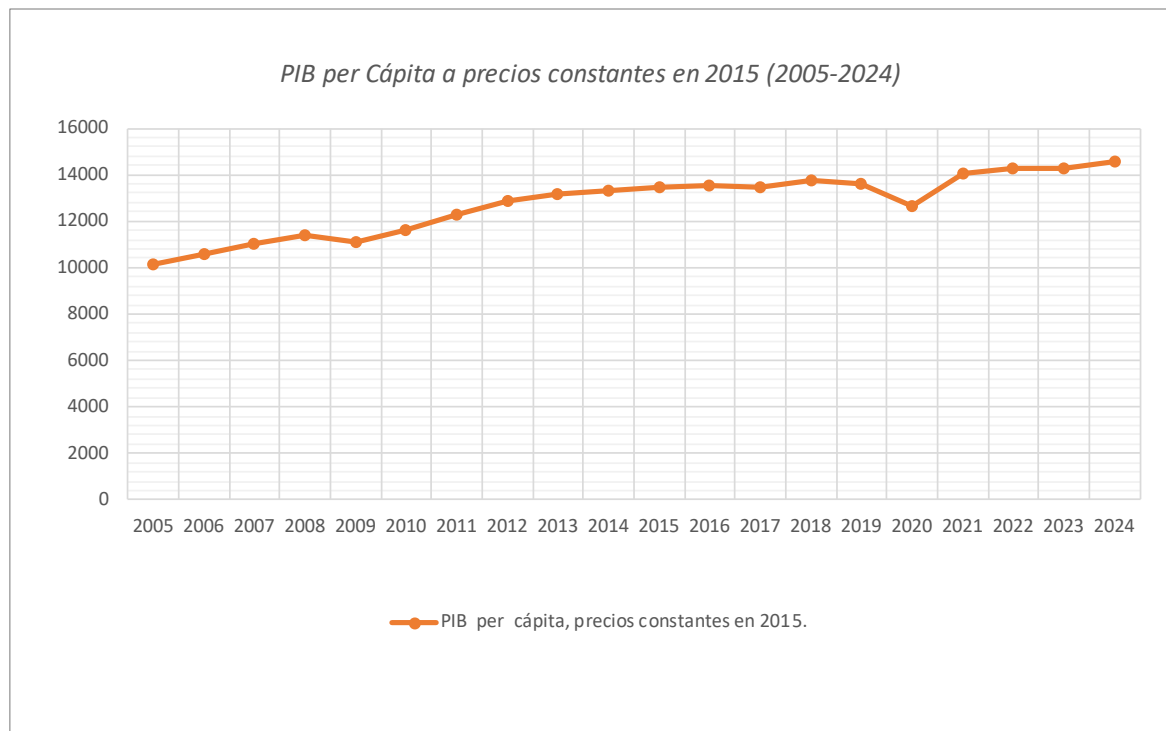
4.4 PIB per Cápita (precios constantes al 2015)

La variable macroeconómica seleccionada para representar la disponibilidad de ingresos promedio de la población es el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita, medido a precios constantes de 2015. Según el análisis, esta variable muestra una tendencia al alza sostenida durante el periodo de estudio, con la única excepción del año 2020. Esta observación atípica responde a los efectos de la crisis sanitaria, registrando una contracción del 6,89% respecto al año anterior, como se visualiza en el Gráfico 8.

El crecimiento del PIB per cápita refleja un aumento en la capacidad adquisitiva y el nivel de vida promedio. Este fenómeno importa porque mayores niveles de ingreso per cápita podrían estar asociados a una mayor inversión en capital humano, permitiendo que las mujeres accedan a carreras de larga duración y alta especialización como Ingeniería Civil en Minas.

Gráfico 8

PIB per Cápita a precios constantes en 2015 (2005-2024)



Nota. Elaboración propia con datos del Banco Mundial de Datos (2025).

4.5 Tasa de Desempleo

La tasa de desempleo es un indicador que cuantifica la proporción de personas dentro de la fuerza laboral que se encuentran desocupadas. Esta variable representa el contexto macroeconómico y la estabilidad financiera de los hogares, factores que influyen en la decisión de las familias al considerar el ingreso de sus hijas a la educación superior. Según los datos del INE (2025), el promedio registrado entre 2005 y 2024 es de 7,8%, con una variación anual media del 0,51%. El comportamiento de este indicador se presenta en el Gráfico 9.

La tasa de desempleo refleja el nivel de incertidumbre económica de las familias chilenas. Esta variable es relevante, ya que períodos de bajo desempleo podrían estar asociados a una mayor disposición de los hogares para asumir la inversión que requiere

una carrera como Ingeniería Civil en Minas, favoreciendo así una mayor participación femenina en el sector.

Gráfico 9

Tasa de desempleo en Chile (2005-2024)



Nota. Elaboración propia mediante la base de datos INE (2025).

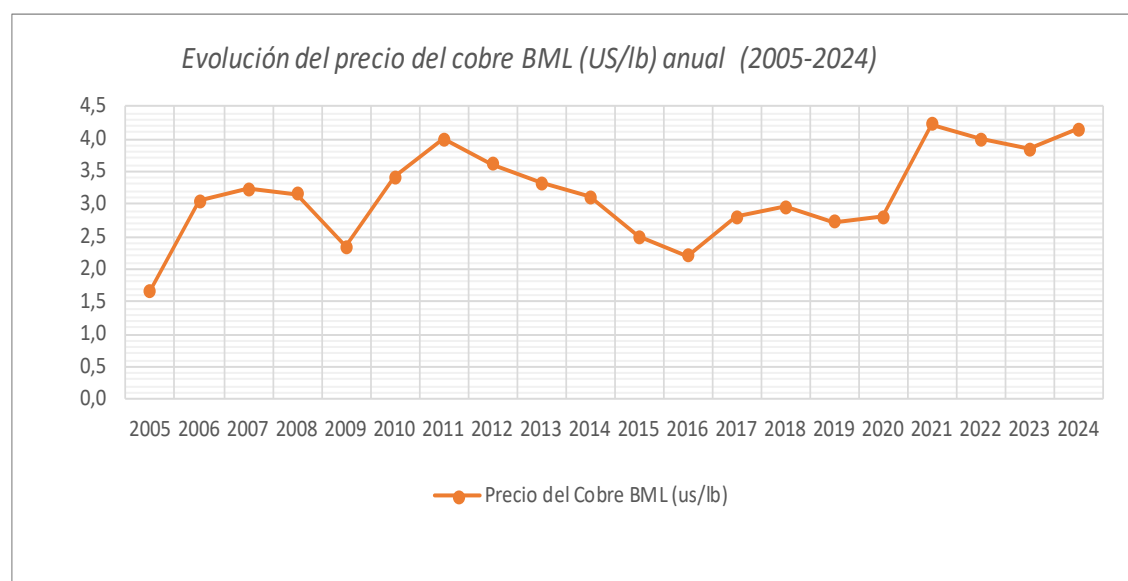
4.6 Precio del Cobre

El precio del cobre constituye una variable fundamental para el sector minero, actuando en este trabajo como un indicador (*proxy*) de las expectativas laborales. Sus fluctuaciones se interpretan como una señal del atractivo de la industria para los estudiantes que ingresan a Ingeniería Civil en Minas. Según la base histórica de COCHILCO (2025), el precio del mineral presentó un promedio de 3,2 USD por libra entre 2005 y 2024, con una variación promedio del 0,1% anual. El Gráfico 10 visualiza el comportamiento de esta variable.

El valor del cobre actúa como un indicador de la salud económica del sector minero. Esta variable es relevante porque un ciclo de precios altos podría estar asociado a una mayor percepción de estabilidad y empleabilidad, incentivando a las mujeres a optar por Ingeniería Civil en Minas al visualizar un mercado laboral más dinámico y con mejores perspectivas de ingreso.

Gráfico 10

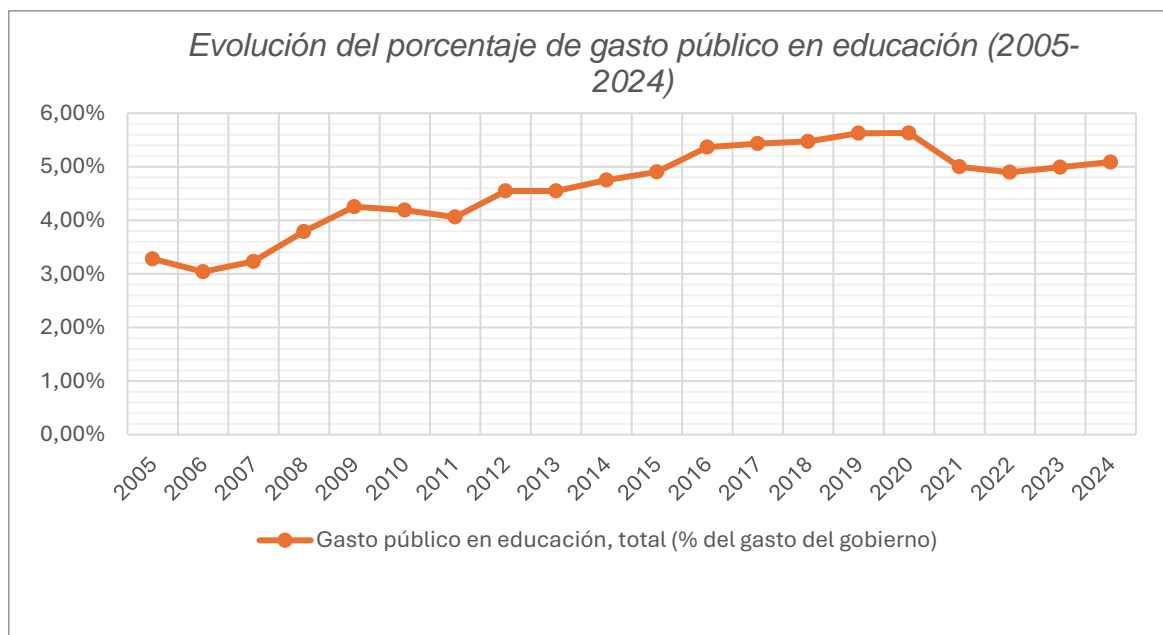
Evolución del precio del cobre BML (US/lb) anual (2005-2024)



Nota. Elaboración propia con datos del COCHILCO (2025)

4.7 Gasto Público en Educación (% del PIB)

El gasto público en educación, expresado como porcentaje del PIB, refleja la proporción de recursos estatales destinados a la enseñanza en Chile. Según datos del Banco Mundial (2025), para el periodo 2005-2024 esta variable presentó un promedio anual de 4,61%, registrando una variación media del 0,1% a lo largo del periodo estudiado. El Gráfico 11 permite observar la evolución de este financiamiento y su estabilidad relativa en las últimas dos décadas.

Gráfico 11*Evolución del porcentaje de gasto público en educación (2005-2024)*

Nota. Elaboración propia en base a datos del Banco Mundial (2025). Los valores 2023-2024 corresponden a estimaciones técnicas detalladas en el Capítulo 3.

El porcentaje de gasto público en educación es un factor determinante para garantizar el acceso y permanencia en la educación superior. Este fenómeno es relevante ya que una mayor inversión pública podría estar asociada al incentivo de ingreso en carreras con alto nivel de masculinización, como lo es Ingeniería Civil en Minas, al reducir barreras económicas de acceso.

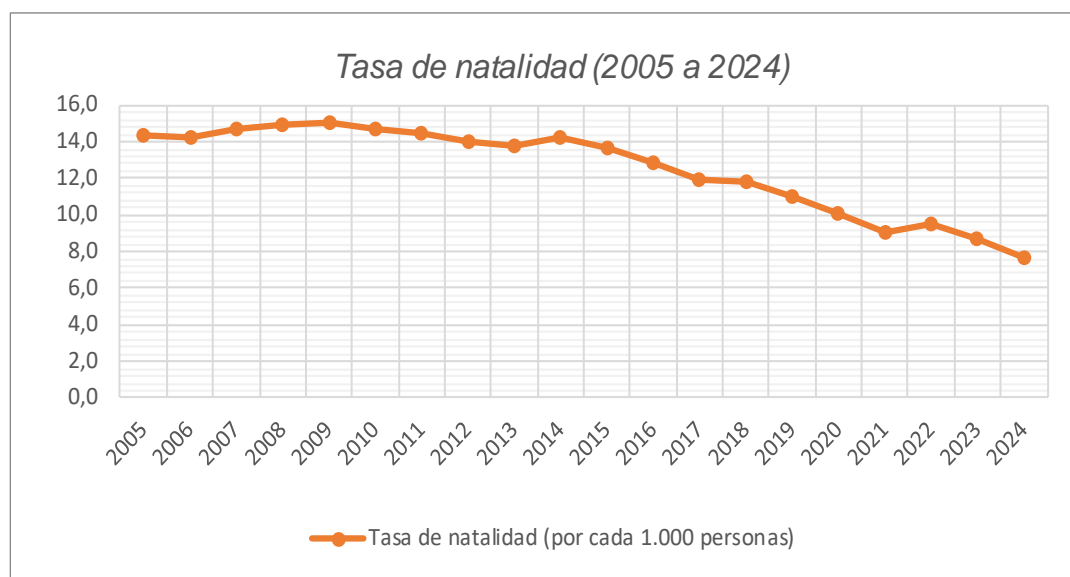
4.8 Tasa de Natalidad y Fecundidad

La tasa de natalidad se define operacionalmente como la razón entre el número total de nacidos vivos (hombres y mujeres) y la población total estimada para cada año, expresada por cada 1.000 habitantes. Según la base de datos construida con información del INE (2025) para el periodo 2005-2024, el promedio anual de esta tasa se sitúa en 12,5

nacimientos por cada 1.000 habitantes. Con una variación porcentual promedio de -3%, se evidencia una contracción sostenida de la natalidad en el país. El Gráfico 12 representa visualmente este comportamiento, donde se aprecia una clara tendencia decreciente que confirma la reducción progresiva de nacimientos en Chile.

Gráfico 12

Tasa de natalidad (2005-2024)

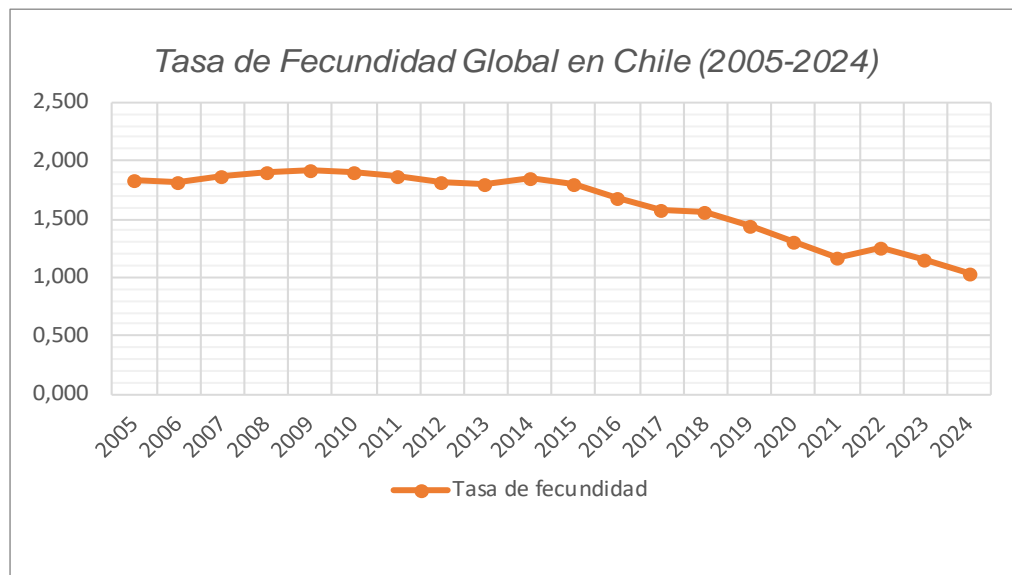


Nota. Elaboración propia desde la Base Estadística Vitales (INE, 2025).

La tasa de fecundidad global se define como el número promedio de hijos que tendría una mujer durante su vida fértil. Según los datos del INE (2025), el promedio de esta tasa para el periodo de estudio es de 1,63 hijos por mujer, con una variación porcentual media del -3%. Estos valores evidencian una tendencia sostenida hacia la reducción del número de hijos, situándose por debajo del nivel de reemplazo poblacional. El Gráfico 13 permite apreciar el comportamiento decreciente de este indicador durante el periodo analizado.

Gráfico 13

Tasa de Fecundidad Global en Chile (2005-2024)



Nota. Elaboración propia desde la base Estadística Vitales (INE, 2025)

Ambas variables analizadas buscan representar el fenómeno de la maternidad dentro del contexto de estudio; no obstante, se optó por utilizar la tasa de fecundidad global para el modelo econométrico. A pesar de que ambos indicadores presentan tendencias similares, la tasa de fecundidad es un descriptor más preciso del comportamiento reproductivo, ya que refleja el promedio de hijos que una mujer tendría durante su vida fértil. Por el contrario, la tasa de natalidad es una medida más general, limitada a indicar el volumen de nacimientos respecto a la población total por cada 1.000 habitantes, sin considerar la estructura de género o edad de la muestra.

La tendencia decreciente de la fecundidad sugiere una reducción de las barreras asociadas a la maternidad, facilitando la permanencia de las mujeres en la educación superior. Este fenómeno importa porque la disminución en la tasa de hijos por mujer podría

estar directamente asociada a la mayor participación femenina en carreras altamente masculinizadas.

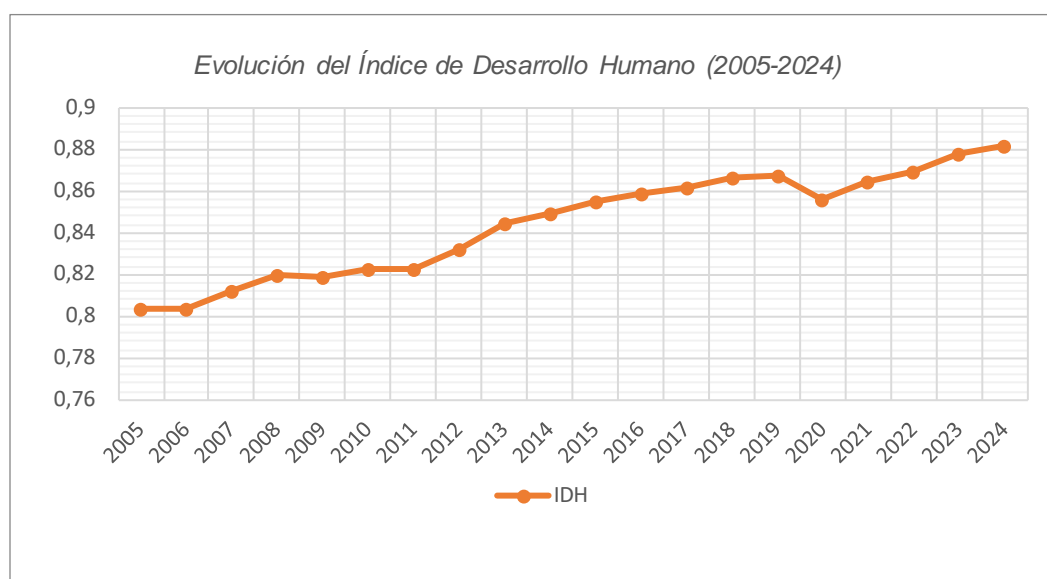
4.9 Índice de Desarrollo Humano (IDH)

El Índice de Desarrollo Humano es un indicador que mide el nivel de bienestar de un país basándose en las dimensiones de ingreso, educación y salud. Según los datos proporcionados por el PNUD (2024), durante el periodo 2005-2024 este indicador presentó un promedio de 0,844, junto a una variación porcentual promedio de 0,46%. El Gráfico 14 muestra la tendencia al alza del IDH en Chile durante el periodo, reflejando una mejora sostenida en las condiciones estructurales del país.

El alza del IDH refleja un mayor bienestar socioeconómico, facilitando el acceso a educación superior. La relevancia de esta variable radica en que un mayor desarrollo humano podría estar asociado a la reducción de brechas de género, permitiendo que las mujeres opten por carreras tradicionalmente masculinizadas como Ingeniería Civil en Minas.

Gráfico 14

Evolución del Índice de Desarrollo Humano (2005-2024)



Nota. Elaboración propia en base a los datos proporcionados por PNUD (2024).

4.10 Variables Dummy

Para estudiar ciertos fenómenos ocurridos durante los años de análisis se crean distintas variables dicotómicas que permitirán aislar ciertos eventos ocurridos durante esos años.

Se ha creado esta variable dicotómica para cuantificar los efectos de la pandemia durante el periodo comprendido entre 2020 y 2022. Dicha variable adopta un valor de 1 a lo largo de estos años.

Durante el 2016 se crea una de las políticas públicas que ha mejorado el acceso a la educación superior, como lo es la gratuidad. Esta política pública sigue vigente hoy en día, por lo que esta variable se asigna un valor de 1 en 2016 hasta la actualidad.

Otros eventos importantes para analizar en este periodo es el movimiento feminista, que sucede entre los años 2018 y 2019. Se plantean valores de 1 durante estos años.

4.11 Análisis de Correlaciones

Se analiza la correlación entre las variables independientes y la participación de mujeres matriculadas en primer año de Ingeniería Civil en Minas. Este análisis permite identificar qué variables presentan una asociación significativa con la matrícula y descartar aquellas que no aportarían asociación.

Según los resultados de la Figura 2, las variables con mayor correlación respecto al porcentaje de matrícula femenina son las siguientes. El gasto público en educación presenta una correlación positiva fuerte, con un coeficiente igual a 0,77, lo que demuestra que un mayor gasto en educación está asociado a una mayor participación femenina. La tasa de fecundidad muestra una correlación negativa fuerte, con un coeficiente igual a -0,84, indicando que menores tasas de fecundidad se asocian con mayor matrícula

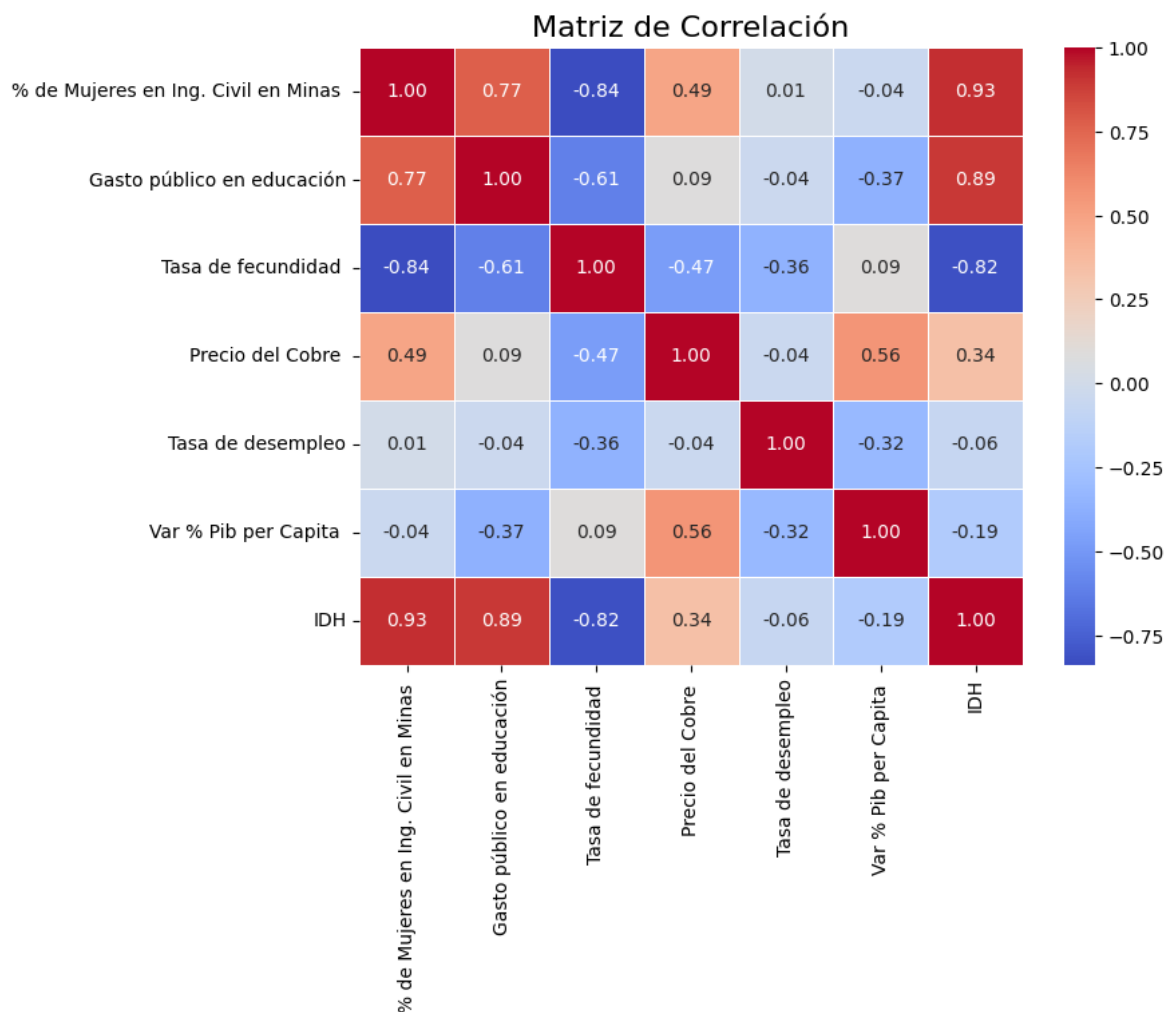
femenina. El precio del cobre, como una medida representativa a la empleabilidad presenta una correlación positiva moderada, con un coeficiente de 0,49, lo que refleja el efecto de los ciclos económicos del sector minero sobre las expectativas de ingreso a la carrera.

La variación porcentual del PIB per cápita presenta una correlación prácticamente nula, con un coeficiente de -0,04, por lo que no aporta capacidad asociativa sobre la participación femenina. La tasa de desempleo tampoco muestra correlación relevante, ya que su coeficiente es de 0,01. Tras ello se decide descartar estas variables en el modelo.

Es importante también ver la relación entre las variables independientes. Tras dicho análisis, se determinó que el Índice de Desarrollo Humano (IDH), aunque presenta una alta correlación de 0,93 con la participación de las Mujeres, fue descartado debido a que generaría problemas de multicolinealidad con otras variables que se desean analizar de forma independiente, como el gasto público en educación, que presenta una correlación de 0,89 entre ambas variables y la tasa de fecundidad, que presenta un coeficiente de correlación de -0,82 con el IDH.

Figura 2

Matriz de correlación de variables



Adicionalmente, se incluyó una variable dicotómica para controlar el efecto de la pandemia de COVID-19 (2020-2022), evento que alteró los patrones de admisión. En contraste, se desestimaron las variables de gratuidad y movimiento feminista por razones de robustez. El movimiento feminista (2018-2019) se identificó como un choque exógeno puntual; el limitado número de observaciones posteriores impide aislar su efecto de manera robusta o validar un cambio estructural permanente.

Finalmente, la gratuidad fue excluida para evitar redundancia técnica. Dado que esta política está intrínsecamente contenida en la variable "Gasto público en educación", su inclusión independiente generaría multicolinealidad, afectando la precisión de los coeficientes estimados en el modelo final.

Capítulo 5: Modelos y Regresiones

En este capítulo se presenta la estimación del modelo de regresión con los resultados que permiten identificar la asociación entre las variables seleccionadas y la participación femenina en la matrícula de mujeres en Ingeniería Civil en Minas.

5.1 Estimación del Modelo y Resultados

Se estimó un modelo de regresión lineal múltiple por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) considerando las variables anteriormente seleccionadas, con la siguiente especificación. En la Figura 3 se especifica el modelo con sus respectivas variables.

Figura 3

Ecuación Final del Modelo MCO

$$Participación\ Femenina = \beta_0 + \beta_1 Tasa\ de\ Fecundidad_t + \beta_2 Gasto\ en\ educación_t + \beta_3 precio\ de\ cobre_t + \beta_4 Pandemia + \varepsilon$$

El modelo presenta un total de 20 observaciones, con 4 variables independientes y un total de 15 grados de libertad.

La estimación presenta un coeficiente de determinación (R^2) de 0,862, lo que indica que el modelo en su conjunto explica aproximadamente el 86,2% de la variabilidad total de la participación de mujeres en Ingeniería Civil en Minas.

El R^2 ajustado alcanza un valor de 0,825, lo que corrige el coeficiente de determinación por el número de variables incluidas y los grados de libertad disponibles. La diferencia entre el R^2 y el R^2 ajustado (0,037) es pequeña, lo que confirma que las variables incluidas presentan una asociación genuina con el fenómeno observado y no se trata de un sobreajuste del modelo.

La prueba F de significancia global arroja un valor estadístico de 23,38, lo que lleva a tener un valor p igual a 0,00000267, lo que permite rechazar la hipótesis nula de que

todos los coeficientes son simultáneamente iguales a cero. Este resultado confirma que el modelo en su conjunto es altamente significativo.

Tabla 3

Resultados del modelo de regresión

Indicador	Valor
R ²	0,862
R ² ajustado	0,825
Estadístico F	23,38
Prob (F-statistic)	2,67E-06
AIC	95,09
BIC	100,1
Log-Likelihood	-42,547
Nº de observaciones	20
Cantidad de Variables	4
Grados de libertad	15

Nota. Resultados obtenidos desde la regresión ejecutada por Python.

El término constante presenta un valor de 16,1594, el cual no es estadísticamente significativo al nivel convencional del 5%, ya que presenta un estadístico T igual a 1,655 y un valor p igual a 0,119. Este resultado indica que el porcentaje base de mujeres en la carrera, cuando todas las variables toman el valor cero, no es estadísticamente distinguible de cero. La no significancia del intercepto no invalida el modelo ni afecta la interpretación de los coeficientes de las variables sustantivas.

El gasto público en educación presenta un coeficiente de 3,45 estadísticamente significativo al 1%, con un estadístico T igual a 3,880 y un valor de p igual a 0,001. Este resultado indica que, manteniendo todas las demás variables constantes, un aumento de un punto porcentual en el gasto público en educación se asocia con un incremento de

aproximadamente 3,45 puntos porcentuales en la participación femenina en Ingeniería Civil en Minas. El intervalo de confianza al 95% (1,555 a 5,346) no incluye el cero, lo que refuerza la robustez de la relación positiva. Desde una perspectiva económica, este hallazgo refleja la coexistencia entre niveles de inversión estatal y la presencia femenina en la carrera de Ingeniería Civil en Minas.

El precio del cobre, que representa el atractivo de la industria minera, presenta un coeficiente de 2,07, con un estadístico T de 2,226 y un valor p de 0,042, lo que indica que es estadísticamente significativo al 5%. Este resultado indica que, manteniendo constantes las demás variables, existe una asociación positiva entre las expectativas de empleabilidad del sector minero y la participación femenina en Ingeniería Civil en Minas. El intervalo de confianza al 95% (0,088 a 4,050) no incluye el cero, confirmando la significancia estadística de la asociación. Este hallazgo evidencia la correlación entre el contexto económico del sector minero y el comportamiento de la matrícula femenina durante el periodo analizado.

La tasa de fecundidad presenta un coeficiente de -9,1376, lo que resulta un estadístico T de -3,03 y un valor p igual a 0,008, estadísticamente significativo al 1%. Este resultado indica que, manteniendo constantes las demás variables, un aumento de un hijo por mujer en la tasa de fecundidad se asocia con una disminución significativa de aproximadamente 9,14 puntos porcentuales en la participación femenina en Ingeniería Civil en Minas. El intervalo de confianza al 95% (-15,559 a -2,716) no incluye el cero, lo que confirma la robustez de la asociación negativa. Este hallazgo cuantifica una asociación negativa consistente con la descripción teórica que la maternidad representa para el ingreso de mujeres en Ingeniería Civil en Minas.

La variable pandemia presenta un coeficiente de -1,7256, que no es estadísticamente significativo, ya que presenta un valor estadístico T igual a -0,970 y un valor p igual a 0,348. El intervalo de confianza al 95% (-5,519 a 2,068) incluye el cero, lo

que confirma que no se puede rechazar la hipótesis nula de ausencia de asociación estadística.

Aunque el signo negativo indica una posible relación negativa de la pandemia de COVID-19 sobre la participación femenina, la evidencia estadística es insuficiente para afirmar que la relación es distinta de cero. Se optó por mantener esta variable en el modelo, dada la disrupción significativa que representó en el sistema educativo.

Tabla 4

Resultados de la estimación de la regresión

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico T	P-valor	IC 95% Inferior	IC 95% Superior
Constante	16,1594	9,761	1,655	0,119	-4,646	36,965
Gasto público en educación	3,4503	0,889	3,88	0,001***	1,555	5,346
Precio del Cobre	2,0687	0,929	2,226	0,042**	0,088	4,05
Tasa de fecundidad	-9,1376	3,013	-3,033	0,008***	-15,559	-2,716
Pandemia	-1,7256	1,78	-0,97	0,348	-5,519	2,068

Nota. Resultados obtenidos desde la regresión ejecutada por Python.

5.2 Validación de los Supuestos del Modelo

Para garantizar la validez de las inferencias estadísticas derivadas del modelo de regresión, se realizaron diversas pruebas diagnósticas que evalúan el cumplimiento de los supuestos clásicos del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios.

Para verificar la existencia de normalidad en los residuos se calcula la prueba Shapiro-Wilk, obteniendo un valor p de 0,942. Al ser mayor al nivel de significancia de 0.05, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad de los residuos.

El estadístico de Durbin-Watson obtuvo un valor de 1,545. Para un modelo con 20 observaciones y 4 variables explicativas, este valor se encuentra en un rango aceptable que demuestra ausencia de autocorrelación positiva de primer orden.

La segunda prueba de autocorrelación es Breusch–Godfrey (BG) donde se obtiene un valor p de 0,9659. Al ser mayor que el nivel de significancia de valor de 0.05, se acepta la hipótesis nula de que no existe autocorrelación serial de orden superior.

En la prueba de heteroscedasticidad se realiza la Prueba Breusch–Pagan obteniendo un valor p de 0,143. Al ser mayor que 0,05, se acepta la hipótesis nula de que existe homocedasticidad. Esto indica que la varianza de los residuos se mantiene constante a lo largo de las observaciones de las variables explicativas.

Para verificar la existencia de multicolinealidad entre las variables independientes se calcula el índice VIF, donde todas las variables, como se muestra en la Tabla 5, ninguno de los valores VIF supera el umbral crítico de 10, ni siquiera el umbral más conservador de 5, lo que indica que la multicolinealidad no representa un problema en el modelo. Los valores VIF entre 1,4 y 2,7 son considerados bajos y aceptables para la estimación por MCO.

Tabla 5

Valores VIF del Modelo econométrico

Variable	VIF
Gasto público en educación	1,754
Empleabilidad (Precio del Cobre)	1,417
Tasa de fecundidad	2,691
Pandemia	1,469

En conjunto, el modelo cumple satisfactoriamente con todos los supuestos del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios, lo que garantiza que los estimadores están insesgados y que las inferencias estadísticas derivadas son válidas y confiables.

5.3 Discusión de los Resultados

Los hallazgos del modelo econométrico permiten reflexionar sobre los factores asociados a la participación femenina en Ingeniería Civil en Minas, contrastando de manera directa la evidencia estadística con la revisión literaria inicial y los marcos teóricos de género.

La asociación positiva y altamente significativa del gasto público en educación revela que la inversión estatal se vincula con incrementos sostenidos en la participación de mujeres dentro de la carrera. Este resultado guarda coherencia con la evidencia documentada por Carrasco (2023), quien vincula los programas de acción afirmativa y el financiamiento público a un alza de 12,7 puntos porcentuales en la matrícula de ingeniería. El gasto público actúa como una variable agregada que engloba dimensiones críticas como la gratuidad, las becas de mantención y programas de fomento específicos.

En términos económicos, el financiamiento estatal opera como un habilitador de acceso relacionado con la disminución de la incertidumbre financiera y de los costos de oportunidad de la educación superior. Esta inversión se asocia a una mayor posibilidad de que las mujeres, quienes históricamente han enfrentado mayores restricciones de crédito y brechas de financiamiento, opten por disciplinas de alta especialización. De este modo, la disponibilidad de recursos públicos se establece como una condición necesaria vinculada al fomento de la diversidad de género en aulas tradicionalmente masculinizadas.

Un hallazgo fundamental es la asociación negativa entre la tasa de fecundidad y la matrícula femenina. La magnitud del coeficiente obtenido indica que el descenso de la fecundidad en Chile se relaciona de forma estrecha con la apertura de espacios para las mujeres en esta disciplina. Este resultado adquiere un significado relevante al contrastarse con las investigaciones de Salinas y Romaní (2014) y Rojas (2022), quienes identifican los roles de cuidado y la maternidad como barreras estructurales presentes en el sector minero.

La evidencia estadística demuestra que la transición demográfica ha funcionado como un catalizador vinculado a la autonomía. La reducción del número de hijos por mujer se asocia con una mayor disponibilidad de tiempo y recursos para enfrentar las exigencias de una carrera con alta carga presencial y requisitos de terreno. Este fenómeno refleja transformaciones culturales en la valoración de la proyección profesional femenina, donde la postergación de la maternidad o la reconfiguración de los proyectos de vida se acompañan de una presencia más robusta de mujeres en la formación minera.

En cuanto al contexto de mercado, la relación positiva y significativa del precio del cobre indica que el incentivo económico del sector se encuentra vinculado a la configuración de la matrícula. Este hallazgo es consistente con lo expuesto por Salinas y Romaní (2017) respecto a cómo las señales de empleabilidad y remuneración se relacionan con la elección de carreras mineras. Asimismo, los datos refuerzan la perspectiva de Quattrocchi et al. (2017), al evidenciar que el valor del metal constituye una señal con magnitud suficiente para asociarse a las decisiones vocacionales de las estudiantes.

Al contrastar las magnitudes, se observa que el gasto público y la fecundidad poseen un peso relativo superior al precio del cobre; mientras que el metal requiere fluctuaciones de gran escala para acompañar movimientos en la matrícula, variaciones menores en la inversión educativa o en la estructura demográfica se vinculan con transformaciones más estables en la composición de género.

Finalmente, estos resultados complementan la literatura sobre segregación horizontal (Mizala, 2018) y sesgos de autoconfianza (Bordón et al., 2020) al aportar una dimensión cuantitativa a factores previamente descritos desde una perspectiva cualitativa. El modelo robustece la premisa de que los estereotipos de género y las barreras psicológicas son permeables ante la mitigación de obstáculos estructurales.

La ausencia de significancia estadística en la variable pandemia refuerza esta tesis, indicando que las tendencias de largo plazo en inversión y demografía presentan una mayor persistencia que los choques exógenos transitorios. Los hallazgos confirman que la participación femenina en Ingeniería Civil en Minas se vincula con un entorno institucional relacionado con la disminución de los costos de entrada, validando la importancia de los programas de acceso y la necesidad de políticas que faciliten la compatibilidad entre la formación académica avanzada y la autonomía personal de las estudiantes.

5.4 Consideraciones sobre la Especificación y Alternativas Metodológicas

A pesar de la robustez de los resultados obtenidos mediante el modelo, es pertinente reconocer que la especificación lineal presenta restricciones que podrían ser abordadas en investigaciones futuras mediante enfoques alternativos.

En primer lugar, dado que el modelo actual asume efectos marginales constantes, se propone la exploración de modelos log-log (doble logarítmicos); esta especificación permitiría transformar las relaciones en elasticidades, facilitando una interpretación porcentual que suele capturar de mejor manera la sensibilidad de la matrícula ante cambios en variables de distinta naturaleza.

Asimismo, para superar las limitaciones propias de las series de tiempo cortas y capturar la heterogeneidad entre las distintas instituciones de educación superior, se sugiere la implementación de modelos de datos de panel. Este enfoque permitiría controlar

factores no observados específicos de cada universidad que podrían influir en la atracción de talento femenino. Finalmente, considerando que las decisiones vocacionales y las políticas públicas no siempre operan de manera inmediata, el empleo de modelos dinámicos o de vectores autorregresivos (VAR) resultaría valioso para identificar la estructura de rezagos temporales, permitiendo observar cómo los choques en el precio del cobre o en el gasto educativo impactan la participación en periodos subsecuentes.

Capítulo 6: Limitaciones Generales

La primera limitación del estudio radica en el tamaño de la muestra. El análisis cuenta con apenas 20 observaciones correspondientes al periodo 2005-2024, lo que restringe la potencia estadística para detectar efectos de menor magnitud.

Otra consideración de este trabajo se refiere al tratamiento de la multicolinealidad y la tendencia temporal en las series de datos. El modelo estimado no incorporó una variable de control explícita para capturar esta tendencia; si bien las pruebas de autocorrelación arrojaron resultados satisfactorios, no es posible descartar completamente que parte de las asociaciones observadas refleje movimientos temporales más que relaciones estructurales.

Asimismo, se identifica como limitación la extrapolación de datos faltantes, específicamente en la variable de gasto público en educación. A pesar de que la extrapolación se realizó mediante la variación porcentual promedio, esta técnica puede generar un posible sesgo. Si bien dicho procedimiento preserva la tendencia general de las series, implica asumir que no ocurrieron eventos atípicos, un supuesto que podría no sostenerse en todos los casos.

El nivel de agregación de los datos constituye otra limitación relevante. Al trabajar con información consolidada a nivel nacional, el estudio no logra capturar heterogeneidades regionales que podrían ser sustantivas. Considerando que la industria minera se concentra principalmente en el norte de Chile, es razonable suponer que existen diferencias significativas en los patrones de matrícula entre universidades ubicadas en zonas mineras y aquellas situadas en otras regiones. Del mismo modo, la agregación impide analizar diferencias entre instituciones según su carácter público o privado, su nivel de selectividad o la existencia de programas específicos de equidad de género.

Por otra parte, diversas variables identificadas por la literatura como determinantes de la elección de carrera no pudieron ser incorporadas. Los factores psicosociales y socioculturales requieren datos de encuestas individuales que no estuvieron disponibles (como motivación, creencias o estereotipos). Algo similar ocurre con las características institucionales específicas, como la existencia de programas de mentoría o la presencia de académicas en posiciones de liderazgo, variables que permitirían explicar diferencias que el modelo agregado no logra capturar.

La posibilidad de endogeneidad en algunas variables merece también consideración. El gasto público en educación, por ejemplo, podría presentar problemas si los gobiernos ajustan su inversión en respuesta a cambios en la matrícula, generando una relación de causalidad inversa que el modelo no está diseñado para identificar. Aunque las pruebas diagnósticas no detectaron problemas graves en este sentido, el uso de variables instrumentales o técnicas de datos de panel en futuras investigaciones fortalecería las inferencias derivadas del análisis.

Adicionalmente, el uso del modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) permite identificar la asociación estadística y la dirección de la relación entre las variables, pero no constituye una prueba de causalidad directa. Debido a la naturaleza observacional de los datos, los resultados deben interpretarse como correlaciones significativas dentro de un contexto histórico, reconociendo que el modelo no puede aislar completamente todos los mecanismos causales subyacentes.

El supuesto de linealidad que subyace al modelo econométrico podría no capturar adecuadamente la complejidad de las relaciones. Es plausible que el efecto del gasto público presente rendimientos decrecientes o que la tasa de fecundidad tenga impactos diferenciados según rangos específicos. La exploración de especificaciones más flexibles constituye una avenida prometedora para investigaciones futuras.

El uso del precio del cobre como representante del contexto laboral representa una aproximación imperfecta. Esta variable refleja el contexto económico del sector, pero no captura directamente las oportunidades laborales específicas ni las condiciones de empleabilidad femenina. Una medida más directa, como la tasa de empleo femenino en el sector o la evolución de las remuneraciones por género, habría proporcionado una aproximación más precisa, aunque la disponibilidad de datos históricos resultó insuficiente.

Finalmente, es importante señalar que el análisis se concentra exclusivamente en Ingeniería Civil en Minas, sin establecer comparaciones con otras carreras STEM o carreras feminizadas que pudieran servir como grupo de control. Un diseño de diferencias en diferencias, que contrastara la evolución de la matrícula femenina en esta carrera con la observada en otras ingenierías, habría proporcionado evidencia más robusta sobre los efectos de políticas específicas, permitiendo distinguir tendencias generales de impactos particulares.

Capítulo 7: Conclusiones

Este trabajo cumple satisfactoriamente con su objetivo general de analizar la evolución de la participación femenina en Ingeniería Civil en Minas durante 2005-2024 e identificar las variables asociadas a su comportamiento. La evidencia empírica permite rechazar la hipótesis nula, indicando que factores estructurales como el gasto público en educación, la tasa de fecundidad y el precio del cobre presentan asociaciones estadísticamente significativas. En conjunto, el modelo explica aproximadamente el 86,2% de la variabilidad observada.

Los hallazgos proporcionan evidencia cuantitativa que complementa los estudios cualitativos previos sobre barreras de género en carreras STEM y en la industria minera. Los resultados muestran una asociación positiva con la inversión pública en educación y el precio del cobre (expectativas de empleabilidad), mientras que la fecundidad presenta una relación inversa. Estas estimaciones cuantificables permiten informar con mayor precisión el diseño de políticas públicas.

La participación femenina pasó del 11% en 2005 al 34% en 2024, lo que representa un incremento superior al triple de su magnitud inicial en el transcurso de dos décadas. Si bien la brecha se ha reducido, se mantiene una diferencia relevante que responde a las dinámicas económicas, demográficas y de política pública analizadas en el modelo.

La pregunta central que orientó esta investigación fue: ¿Qué factores económicos y sociodemográficos se asocian con la participación femenina en la matrícula de primer año de Ingeniería Civil en Minas en Chile durante el período 2005-2024? El análisis econométrico identifica tres factores clave:

El gasto público en educación muestra la asociación más fuerte ($\beta = 3,45$; $p < 0,01$). Un aumento de un punto porcentual en esta inversión se asocia con un incremento de 3,45 puntos porcentuales en la participación femenina, lo que resulta consistente con el impacto de políticas como el PEG y +MC.

La tasa de fecundidad presenta una relación inversa significativa ($\beta = -9,14$; $p < 0,01$). Un aumento de un hijo por mujer se asocia con una disminución de 9,14 puntos porcentuales en la matrícula, cuantificando la tensión entre maternidad y desarrollo profesional expuesta históricamente como una barrera de género en el sector.

El precio del cobre muestra un coeficiente positivo ($\beta = 2,07$; $p < 0,05$), confirmando que la participación femenina está vinculada a las señales del mercado laboral y al contexto económico sectorial.

A lo anterior, para otorgar mayor claridad en el trabajo, es importante señalar el cumplimiento de los objetivos específicos.

El primer objetivo específico, orientado a describir la evolución de la participación femenina en la matrícula de primer año de Ingeniería Civil en Minas durante el período 2005–2024, fue cumplido mediante un análisis descriptivo de la serie temporal.

Los resultados permitieron caracterizar una evolución no lineal de la matrícula femenina, tanto en niveles como en tasas de variación. Durante el período analizado ingresaron 17.742 estudiantes a la carrera, de los cuales 4.676 correspondieron a mujeres (26,35%), evidenciando una brecha de género negativa de 47,3 p.p.

El segundo objetivo específico, orientado a analizar el comportamiento de las variables económicas y sociodemográficas seleccionadas y su relación con la participación femenina en la matrícula de primer año de Ingeniería Civil en Minas, fue cumplido mediante el análisis descriptivo y correlacional desarrollado en el Capítulo 4.

Los resultados evidenciaron que el gasto público en educación presenta una correlación positiva fuerte con la participación femenina ($r = 0,77$), mientras que la tasa de fecundidad muestra una correlación negativa igualmente fuerte ($r = -0,84$). El precio del cobre, por su parte, exhibe una correlación positiva moderada ($r = 0,49$). En contraste, el PIB per cápita y la tasa de desempleo no mostraron asociación relevante, lo que justificó su exclusión del modelo econométrico.

El tercer objetivo específico, orientado a estimar la asociación de variables económicas y sociodemográficas con la participación femenina en la matrícula de primer año de Ingeniería Civil en Minas durante el período 2005–2024, fue cumplido mediante la estimación de un modelo de regresión lineal múltiple por Mínimos Cuadrados Ordinarios.

Los resultados de la estimación muestran que tres variables presentan asociaciones estadísticamente significativas con la participación femenina. El porcentaje del gasto público en educación exhibe una asociación positiva ($\beta = 3,45$; $p < 0,01$), la tasa de fecundidad una asociación negativa ($\beta = -9,14$; $p < 0,01$), y el precio del cobre una asociación positiva ($\beta = 2,07$; $p < 0,05$). En conjunto, el modelo presenta un R^2 de 0,862, lo que indica una alta capacidad de ajuste para la serie analizada.

El modelo fue sometido a pruebas de validación econométrica estándar, las cuales indicaron normalidad de los residuos (Shapiro–Wilk, $p = 0,942$), ausencia de autocorrelación (Durbin–Watson = 1,545; Breusch–Godfrey, $p = 0,966$), homocedasticidad (Breusch–Pagan, $p = 0,143$) y ausencia de multicolinealidad ($VIF < 3$), respaldando la consistencia estadística de las estimaciones obtenidas.

El cuarto objetivo específico, orientado a interpretar los resultados del modelo en relación con la estructura existente y la literatura especializada, fue desarrollado mediante el contraste de los hallazgos empíricos con estudios previos sobre brecha de género en educación superior y en la industria minera.

La asociación positiva observada entre el gasto público en educación y la participación femenina es consistente con la evidencia documentada sobre programas de equidad de género, mientras que la asociación negativa con la tasa de fecundidad se alinea con la literatura que identifica restricciones estructurales vinculadas a la maternidad en el sector minero. Asimismo, la asociación positiva entre el precio del cobre y la participación femenina resulta coherente con estudios que destacan la relevancia de las expectativas del mercado laboral en las decisiones vocacionales.

En conjunto, esta interpretación permite informar, desde una perspectiva empírica y no causal, la discusión de lineamientos de política pública orientados a reducir la subrepresentación femenina en la carrera, dentro de las limitaciones metodológicas del estudio.

Los hallazgos deben interpretarse considerando las limitaciones inherentes al diseño metodológico. El tamaño muestral de 20 observaciones, aunque suficiente para obtener resultados significativos, restringe la potencia estadística para detectar efectos menores y limita la capacidad para incorporar más variables.

El nivel de agregación nacional impide capturar heterogeneidades regionales e institucionales. La industria minera se concentra en el norte de Chile, sugiriendo posibles diferencias entre universidades en zonas mineras y otras regiones que el análisis agregado no logra identificar.

La extrapolación de datos de gasto público en educación para 2023-2024 introduce incertidumbre. Aunque la técnica preserva la tendencia general, asume que no ocurrieron eventos atípicos durante el período extrapolado.

El uso del precio del cobre como aproximación del atractivo sectorial representa una simplificación. Esta variable captura el contexto económico general pero no refleja directamente las oportunidades laborales específicas para mujeres en Ingeniería Civil en Minas.

El modelo establece asociaciones estadísticas, pero no permite establecer relaciones causales definitivas debido a posibles problemas de endogeneidad. Metodologías como variables instrumentales podrían fortalecer las inferencias causales en investigaciones futuras.

7.1 Recomendaciones de Política Pública

Ante los resultados obtenidos del trabajo, se presentan líneas de acción para políticas públicas, con el fin de aumentar la participación femenina en la carrera Ingeniería Civil en Minas y disminuir la brecha de género.

Recomendación 1: Continuidad y fortalecimiento de la inversión pública en educación con enfoque de género

La evidencia empírica sugiere la continuidad y el fortalecimiento de los programas que han demostrado efectividad, como el PEG y Más Mujeres Científicas, en el marco de evaluaciones que consideren su continuidad presupuestaria. Estos resultados son consistentes con la pertinencia de evaluar incrementos progresivos en los cupos adicionales para mujeres en carreras con subrepresentación inferior al 30%, expandir estos programas a universidades en regiones mineras donde el impacto potencial es mayor, y complementar los cupos con becas integrales que cubran matrícula, mantención, materiales y apoyo psicoeducativo durante toda la carrera, orientadas a reducir barreras económicas que podrían forzar la deserción.

Recomendación 2: Políticas integrales de conciliación maternidad-carrera minera

La relación negativa entre maternidad y desarrollo profesional en minería cuantificada empíricamente en este estudio respalda la pertinencia de evaluar el diseño de programas integrales orientados a la conciliación maternidad–carrera minera con apoyo económico diferenciado, flexibilidad curricular durante embarazo y lactancia, y acompañamiento psicosocial especializado. Entre las alternativas evaluables se incluyen becas para apoyo a mujeres que estudien o ejercen carreras mineras, desarrollar esquemas de trabajo flexible con turnos ajustados y trabajo remoto parcial, e implementar licencias parentales extendidas con políticas de corresponsabilidad que involucren activamente a los padres, redistribuyendo las responsabilidades de cuidado y transformando la cultura organizacional hacia modelos que faciliten la compatibilidad entre vida familiar y desarrollo profesional.

Recomendación 3: Fortalecimiento de la inclusión laboral femenina en minería

El fortalecimiento de la inclusión laboral femenina se vincula con la evaluación de esquemas que incorporen metas de contratación femenina con plazos definidos y mecanismos de seguimiento. Esto incluye desarrollar programas de prácticas y pasantías con mentorías de profesionales mujeres, avanzar en mecanismos de transparencia salarial acompañados de auditorías periódicas que eliminen brechas injustificadas, y fortalecer protocolos contra acoso y discriminación con procedimientos claros de denuncia y sanción, acompañados de capacitación obligatoria, contribuyendo a la configuración de ambientes laborales más seguros donde las mujeres puedan desarrollar sus carreras en condiciones de igualdad y respeto.

7.2 Recomendaciones para Investigaciones Futuras

Para futuras investigaciones, se deben considerar las siguientes observaciones:

La ampliación del horizonte temporal y la desagregación del análisis. Una vez que se acumulen más años de datos post-2024, esto permitirá la realización de estudios longitudinales con mayor potencia estadística que permitan incorporar más variables y explorar efectos no lineales.

El desarrollo de análisis con datos desagregados por región, institución y características individuales mediante microdatos, permitiendo identificar heterogeneidades entre zonas mineras y otras regiones, entre instituciones públicas y privadas, y diseñar intervenciones focalizadas según contextos específicos.

La complementación con metodologías cualitativas y comparativas constituye otra línea relevante. La implementación de estudios cualitativos mediante entrevistas en profundidad y grupos focales con estudiantes actuales, egresadas y desiertas permitiría comprender factores psicosociales que el análisis cuantitativo no captura. Los estudios comparativos entre Ingeniería Civil en Minas y otras ingenierías civiles, mediante diseños de diferencias en diferencias, permitirían aislar efectos específicos del sector minero versus patrones generales de carreras STEM.

El fortalecimiento de las inferencias causales utilizando metodologías con variables instrumentales o modelos de ecuaciones simultáneas para abordar problemas de endogeneidad y establecer relaciones causales más robustas. La implementación de modelos de corrección de errores permitiría capturar dinámicas de corto y largo plazo, mientras que la exploración de especificaciones no lineales posibilitaría capturar rendimientos decrecientes de la inversión pública o efectos umbral en otras variables.

La evaluación rigurosa de los programas específicos. Aunque el gasto público mostró efectividad, pero al ser una variable agregada, no permite identificar qué componentes generan mayor impacto. La implementación de evaluaciones de impacto mediante metodologías cuasiexperimentales permitiría aislar el efecto específico de cada programa (PEG, +MC, gratuidad, becas) y generar evidencia sobre qué instituciones y diseños presentan mejores resultados para replicar las mejores prácticas.

La implementación coordinada de estas recomendaciones, priorizando aquellas con mayor impacto potencial estimado según la evidencia empírica, puede generar avances sostenidos hacia la equidad de género en Ingeniería Civil en Minas. El camino requiere voluntad política, inversión sostenida y coordinación entre actores educativos, gubernamentales y del sector productivo, pero los resultados son consistentes con escenarios de reducción progresiva de la brecha, dentro de las limitaciones del análisis.

En síntesis, este estudio contribuye al análisis de la brecha de género en Ingeniería Civil en Minas mediante evidencia cuantitativa de carácter longitudinal, complementando la literatura existente predominantemente cualitativa. Desde el punto de vista metodológico, la aplicación de un modelo econométrico de series temporales permitió estimar asociaciones estadísticamente significativas entre variables económicas, sociodemográficas y de política pública y la participación femenina en la matrícula de primer año.

No obstante, los resultados se encuentran condicionados por el nivel de agregación de los datos y por el carácter no causal del enfoque utilizado. En este marco, los resultados delimitan ámbitos específicos susceptibles de evaluación empírica futura, tales como variaciones en el gasto público en educación con enfoque de género, mecanismos de ingreso prioritario femenino y medidas de conciliación entre formación académica y maternidad, cuyos efectos podrían analizarse mediante indicadores cuantificables de acceso, permanencia y titulación.

Referencias

- Alianza CCM–Eleva. (2025). *Monitoreo de Indicadores de Género de la Alianza CCM–Eleva*.
- Banco Central de Chile. (2024). *Cuentas Nacionales de Chile: Evolución de la actividad económica 2024*. <https://www.bcentral.cl>
- Bello, A. (2020). *Las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas en América Latina y el Caribe*. ONU Mujeres.
- Bordón, P., Canals, C., & Mizala, A. (2020). *The gender gap in college major choice in Chile*. *Economics of Education Review*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2020.102011>
- Canales, A., Cortez, M. I., Sáez, M., & Vera, A. (2021). *Brechas de género en carreras STEM*. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Matemáticas & Universidad de Valparaíso.
- Caro, P., Román, H., & Armijo, L. (2021). *Mujeres en altos cargos en minería en Chile*. Agencia y tensiones de género. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, 28, 1-29. <https://doi.org/10.29101/crcs.v28i0.14438>
- Carrasco Molina, G. (2023, diciembre 21). *Universidad de Chile: una década impulsando el ingreso de mujeres a carreras científicas*. Universidad de Chile. <https://uchile.cl/noticias/212511/u-de-chile-impulsando-el-ingreso-de-mujeres-a-carreras-cientificas>
- Comisión La Mujer en el Estudio y Ejercicio de la Ingeniería. (2023). *La Mujer en el estudio y ejercicio de la ingeniería: Desafíos y oportunidades hacia la equidad*. Instituto de Ingenieros de Chile.

Consejo Nacional de Educación. (2025). *INDICES Educación Superior*. Consejo Nacional de Educación.

Díaz Yáñez, K. G., Ravest Tropa, J. A., & Queupil Quilamán, J. P. (2019). *Brechas de género en los resultados de pruebas de selección universitaria en Chile: ¿Qué sucede en los extremos superior e inferior de la distribución de puntajes? Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 56(1), 1–19.

DEMRE. (2025). *Cupos Más Mujeres Científicas (+MC)*. Departamento de Evaluación, Medición y Registro Educativo, Universidad de Chile. <https://demre.cl/paes/postulacion/como-postulo-a-una-universidad/cupos-carreras-stem-mujeres>

Espinoza, A. M., & Albornoz, N. (2023). *Sexismo en Educación Superior: ¿Cómo se Reproduce la Inequidad de Género en el contexto Universitario? Psykhe*, 32(1), 1–37. <https://doi.org/10.7764/psykhe.2021.35613>

Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill/Interamericana Editores.

Instituto Nacional de Estadísticas [INE]. (2025). *Estadísticas Vitales: Nacimientos, matrimonios y defunciones*. Recuperado de <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/demografia-y-vitales/nacimientos-matrimonios-y-defunciones>

Instituto Nacional de Estadísticas [INE]. (2025). *Ocupación y desocupación – Mercado laboral*. Recuperado de <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/mercado-laboral/ocupacion-y-desocupacion>

Ministerio de Educación de Chile. (2025). *Informe brechas de género en educación superior 2024*.

Mizala Salces, A. (2018). *Género, cultura y desempeño en matemáticas*. *Anales de la Universidad de Chile*, Núm. 14 (Serie 7: Mujeres insurrectas), 125-150. Universidad de Chile. <https://doi.org/10.5354/0717-8883.2018.51143>

MTalent & OTIC CChC. (2024). *Estudio de sesgos inconscientes en la trayectoria laboral de la mujer en la industria minera en Chile*. Women in Mining Chile.

Ortega, L., Mizala, A., Canals, C., Morawietz, L., Meneses, F., & Montero, M. (2024). *La brecha de género en matemáticas que dejó la pandemia: ¿Qué hay detrás y cómo avanzar?* Centro de Investigación Avanzada en Educación (CIAE), Universidad de Chile. <https://www.ciae.uchile.cl/biblioteca/documentos/la-brecha-de-genero-en-matematicas-que-dejo-la-pandemia-que-hay-detras-y-como-avanzar>

Ponce Lara, C. (2020). *El movimiento feminista estudiantil chileno de 2018: Continuidades y rupturas entre feminismos y olas globales*. *Izquierdas*, 49. <https://doi.org/10.4067/s0718-50492020000100280>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2024). *Informe sobre Desarrollo Humano 2023/2024*. PNUD. <https://hdr.undp.org>

Quattrocchi, P., Flores, C., Cassullo, G., Moulia, L., De Marco, M., Shaferstein, C., & Siniuk, D. (2017). *Motivación y género en la elección de carrera*. *Revista de Educación y Desarrollo*, 41, 31-49. https://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/anteriores/41/41_Casullo.pdf

Radovic Sendra, D., Zúñiga Irigoín, G., Torrent Maluje, C., Martínez Salazar, S., Celis Guzmán, S., & Gerdtzen Hakim, Z. (2024). *A siete años de una política de acción*

afirmativa para el ingreso de mujeres a Ingeniería: Impacto en trayectorias académicas e inclusión en la cultura. Pensamiento Educativo, 61(1).

<https://doi.org/10.7764/pel.61.1.2024.1>

Rodríguez Garcés, C., Romero Garrido, D., & Espinosa Valenzuela, D. (2024). *La eligen menos, pero les va mejor: el paradójal comportamiento de las mujeres en el área de la ingeniería. Praxis Educativa, 28(2), 1–17.*

<https://doi.org/10.19137/praxiseducativa-2024-280212>

Rojas Neculhual, C., Sáez, M. F., & Valenzuela, S. (2022). *Mujer y Minería 2022: Barreras y desafíos para la incorporación y desarrollo de la mujer en la industria minera.* Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile; Women in Mining Chile.

Salinas, P., & Romani, G. (2014). *Gender barriers in Chilean mining: A strategic management.* Academia Revista Latinoamericana de Administración, 27(1), 92–107.

<https://doi.org/10.1108/ARLA-11-2013-0184>

Salinas, P., & Romani, G. (2016). *Hegemonía masculina, freno en equipos mixtos en la minería chilena.* Revista Mexicana de Sociología, 78(3), 469-496.

Salinas, P., & Romani, G. (2017). *Proyección laboral de las estudiantes mujeres en carreras mineras en la educación superior chilena.* Formación Universitaria, 10(3), 31–48.

<https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000300005>

Salinas, P., Romani, G., & Lay-Lisboa, S. (2023). *Discursos ambivalentes hacia los estudiantes de educación superior: Estereotipos de género en docentes ingenieros y técnicos en STEM-minería.* Revista Calidad en la Educación, (58), 102–137.

<https://doi.org/10.31619/caledu.n58.1313>

Soraire, F., Barrionuevo, L., & Bard Wigdor, G. (2013). *Mineras. Trabajar y habitar en las minas. Un análisis desde la antropología del trabajar, la producción social del hábitat y la perspectiva crítica de género*. *Revista de Antropología Experimental*, 13 (Texto 10), 129–149. Universidad de Jaén (España).
<https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/rae/article/view/1821/1577>

Subsecretaría de Educación Superior, SIES. (2024). *Informe Acceso a Educación Superior*. Ministerio de Educación. Recuperado de <https://www.mifuturo.cl/informe-acceso-a-educacion-superior/>

Subsecretaría de Educación Superior, SIES. (2024). *Informe de matrícula en la educación superior 2024*. Ministerio de Educación.

The World Bank. (2025). *World Bank Open Data*. <https://data.worldbank.org/>

UNESCO. (2019). *Descifrar el código: La educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
<https://www.observatoriodelainfancia.es/oia/esp/descargar.aspx?id=7305&tipo=documento>

United Nations Development Programme. (2025). *Human Development Report 2025: Statistical Annex – HDI Table*.

Universidad del Desarrollo. (2018, 31 de mayo). *Mujeres cada vez más presentes en el mundo de la Minería y Geología*. Facultad de Ingeniería.
<https://ingenieria.udd.cl/noticias/2018/05/mujeres-cada-vez-mas-presentes-en-el-mundo-de-la-mineria-y-geologia/>

Vargas Poblete, R. B. (2023). *Rezagadas: Brecha de género en carreras STEM* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile.

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/195681>

Anexo

El presente anexo contiene el material complementario utilizado para el desarrollo del modelo econométrico. Se incluyen los códigos de programación en Python empleados para la construcción de la matriz de correlación y la estimación del modelo de regresión lineal múltiple por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), junto con la salida computacional de los resultados y la base de datos utilizada en el análisis.

Figura 1.A

Código Python para la matriz de correlación.

```
import pandas as pd
import numpy as np
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt
from google.colab import files
uploaded = files.upload()
nombre_archivo = list(uploaded.keys())[0]
print(f" Archivo cargado: {nombre_archivo}")
df = pd.read_excel(nombre_archivo)
V = df[["% de Mujeres en Ing. Civil en Minas ", "Gasto público en educación", "Tasa de fecundidad ",
        "Precio del Cobre ", "Tasa de desempleo", "Var % Pib per Capita ", "IDH" ]]
correlacion = V.corr()
plt.figure(figsize=(8, 6))
sns.heatmap(
    correlacion,
    annot=True,
    fmt=".2f",
    cmap="coolwarm",
    linewidths=.5,
    cbar=True
)
plt.title('Matriz de Correlación', fontsize=16)
plt.show() |
```

Nota. Código realizado en el entorno de Python mediante la página web Colab de Google.

Figura 2.A

Código Python para estimar modelo MCO.

```

import numpy as np
from statsmodels.stats.outliers_influence import variance_inflation_factor
from statsmodels.stats.diagnostic import het_breuschpagan, acorr_breusch_godfrey
from scipy import stats
import pandas as pd
import statsmodels.api as sm
import matplotlib.pyplot as plt
from google.colab import files
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt

uploaded = files.upload()
nombre_archivo = list(uploaded.keys())[0]
print(f" Archivo cargado: {nombre_archivo}")
df = pd.read_excel(nombre_archivo)

X = df[["Gasto público en educación", "Precio del Cobre", "Tasa de fecundidad", "Pandemia"]]
y = df[["% de Mujeres en Ing. Civil en Minas"]]
X = sm.add_constant(X)
modelo = sm.OLS(y, X).fit()
print("\n=== RESULTADOS DE LA REGRESIÓN ===")
print(modelo.summary())
#Test de robuistes
vif_data = pd.DataFrame()
vif_data["Variable"] = X.columns
vif_data["VIF"] = [variance_inflation_factor(X.values, i) for i in range(X.shape[1])]
print("Índice de inflación de la varianza (VIF):")
print(vif_data, "\n")

bp_test = het_breuschpagan(modelo.resid, modelo.model.exog)
bp_labels = ['Lagrange multiplier', 'p-value', 'f-value', 'f p-value']
print("Prueba Breusch-Pagan para heterocedasticidad:")
print(dict(zip(bp_labels, bp_test)), "\n")
bg_test = acorr_breusch_godfrey(modelo, nlags=2)
bg_pvalue = bg_test[1]
print(f"p-value Breusch-Godfrey = {bg_pvalue:.4f}")
shapiro_p = stats.shapiro(modelo.resid)[1]
print(f"p-value Shapiro-Wilk = {shapiro_p:.4f}")

```

Nota. Código realizado en el entorno de Python mediante la página web Colab de Google.

Figura 3.A

Salida computacional de los resultados.

```

=== RESULTADOS DE LA REGRESIÓN ===
                                OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:  X de Mujeres en Ing. Civil en Minas  R-squared: 0.862
Model:  OLS  Adj. R-squared: 0.825
Method:  Least Squares  F-statistic: 23.38
Date:  Mon, 24 Nov 2025  Prob (F-statistic): 2.67e-06
Time:  22:10:52  Log-Likelihood: -42.547
No. Observations: 20  AIC: 95.09
Df Residuals: 15  BIC: 100.1
Df Model: 4
Covariance Type: nonrobust
=====
                coef    std err          t      P>|t|    [0.025    0.975]
-----
const          16.1594      9.761      1.655     0.119    -4.646    36.965
Gasto público en educación  3.4503      0.889      3.880     0.001     1.555     5.346
Precio del Cobre  2.0687      0.929      2.226     0.042     0.088     4.050
Tasa de fecundidad -9.1376      3.013     -3.033     0.008    -15.559    -2.716
Pandemia       -1.7256      1.780     -0.970     0.348    -5.519     2.068
=====
Omnibus: 0.466  Durbin-Watson: 1.545
Prob(Omnibus): 0.792  Jarque-Bera (JB): 0.566
Skew: 0.136  Prob(JB): 0.754
Kurtosis: 2.222  Cond. No. 115.
=====

Notes:
[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly specified.
Ejecutando diagnósticos del modelo...

Indice de inflación de la varianza (VIF):
Variable  VIF
0  const  346.570425
1  Gasto público en educación  1.753701
2  Precio del Cobre  1.417051
3  Tasa de fecundidad  2.691048
4  Pandemia  1.468957

Prueba Breusch-Pagan para heterocedasticidad:
{'Lagrange multiplier': np.float64(6.8692123432728004), 'p-value': np.float64(0.14296329501314303), 'f-value': np.float64(1.9617670288096734), 'f p-value': np.float64(0.1523518980547458)}
p-value Breusch-Godfrey = 0.4590
p-value Shapiro-Wilk = 0.9422

```

Nota. Salida computacional de la regresión múltiple MCO realizada mediante Google Colab en entorno de Python.

Tabla 1.A

Tabla de datos del modelo ejecutado.

Año	% de Mujeres en Ing. Civil en Minas	Gasto público en educación	Tasa de fecundidad	Precio del Cobre	Pandemia
2005	11	3,28016996	1,83	1,671	0
2006	18	3,04014993	1,82	3,053	0
2007	21	3,23316002	1,87	3,232	0
2008	18	3,79189992	1,90	3,153	0
2008	19	4,25475979	1,92	2,342	0
2010	18	4,18953991	1,89	3,420	0
2011	19	4,06172991	1,86	3,997	0
2012	20	4,54814005	1,81	3,606	0
2013	21	4,54814005	1,79	3,321	0
2014	25	4,7516799	1,85	3,113	0
2015	25	4,90390015	1,79	2,492	0
2016	26	5,36646986	1,69	2,206	0
2017	24	5,4327898	1,57	2,797	0
2018	27	5,47306013	1,56	2,959	0
2019	28	5,62630987	1,44	2,721	0
2020	27	5,62993002	1,30	2,803	1
2021	31	4,99923992	1,17	4,226	1
2022	28	4,89753008	1,25	3,990	1
2023	30	4,99266891	1,16	3,845	0
2024	34	5,08780774	1,03	4,149	0

Nota. Es importante considerar que los datos en porcentaje se ocupan con base 100 para mejorar la condición numérica del modelo.