

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
UNIDAD DE POSTGRADO**

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGÍSTER EN ESTADÍSTICA APLICADA”

TEMA:

**ANÁLISIS DE FACTORES ASOCIADOS A LA EFICIENCIA LABORAL EN EL
CRECIMIENTO ECONÓMICO DEL SECTOR CONSTRUCTOR EN EL ECUADOR
POSTPANDEMIA 2021-2023**

AUTOR:

SONIA JACQUELINE TIGUA MOREIRA

Guayaquil - Ecuador

2024

Resumen

Este proyecto evalúa la relación entre la eficiencia laboral y el crecimiento económico del sector de la construcción en Ecuador durante el período post-pandemia 2021-2023. Utilizando las técnicas estadísticas de Análisis de Componentes Principales (PCA) y HJ Biplot, se evaluaron variables como ventas, empleo, horas de trabajo promedio, salario, capacitación y educación por provincias. Los resultados indican que las diferencias regionales tienen un impacto significativo en la productividad, con provincias como Pichincha y Guayas mostrando mayores fluctuaciones y altos niveles en indicadores claves. Se encontró que la capacitación del personal y las condiciones laborales influyen positivamente en la eficiencia laboral, lo que respalda la teoría de la firma sobre la importancia de la gestión del conocimiento interno. Además, la estacionalidad mensual y anual también afecta significativamente las ventas y las horas de trabajo promedio, sugiriendo que las empresas deben adaptar sus estrategias para mejorar la eficiencia laboral y, en consecuencia, el crecimiento económico. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para diseñar políticas públicas y estrategias empresariales que promuevan el desarrollo sostenible del sector de la construcción en Ecuador.

Palabras clave: Productividad, sector de la construcción, análisis de componentes principales, HJ-Biplot, crecimiento económico.

Abstract

This project evaluates the relationship between labor efficiency and economic growth in the construction sector in Ecuador during the post-pandemic period of 2021-2023. Using statistical techniques such as Principal Component Analysis (PCA) and HJ Biplot, variables like sales, employment, average working hours, salary, training, and education by province were assessed. The results indicate that regional differences have a significant impact on productivity, with provinces like Pichincha and Guayas showing greater fluctuations and high levels in key indicators. It was found that staff training and working conditions positively influence labor efficiency, supporting firm theory on the importance of internal knowledge management. Additionally, monthly and annual seasonality also significantly affects sales and average working hours, suggesting that companies should adapt their strategies to improve labor efficiency and, consequently, economic growth. These findings provide valuable insights for designing public policies and business strategies that promote the sustainable development of the construction sector in Ecuador.

Keywords: Productivity, construction sector, principal component analysis, HJ Biplot, economic growth.

Dedicatoria

Dedico el producto final de este trabajo a mi amada familia, especialmente a mi hija Belinda Cruz, quien ha sido mi mayor motivación e inspiración. Su alegría y energía me han impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más desafiantes.

A mi esposo Edison Cruz, cuya inagotable paciencia y constante aliento ha sido fundamental en este camino. Gracias a su apoyo incondicional, he podido superar cada obstáculo y mantenerme enfocada en mis objetivos. Su amor y dedicación han sido una fuente constante de fortaleza y ánimo.

Ambos han sacrificado su tiempo y han hecho innumerables esfuerzos para que pudiera alcanzar este logro. Han estado a mi lado en cada paso, brindándome su apoyo y comprensión, y por ello, este trabajo es tanto de ustedes como mío.

Con todo mi amor y gratitud, les dedico este triunfo, que no habría sido posible sin ustedes. Este éxito es un reflejo de nuestro esfuerzo compartido y del vínculo inquebrantable que nos une como familia.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza a lo largo de este camino, proporcionándome la sabiduría y determinación necesaria para superar los desafíos y alcanzar este importante logro.

A la Universidad Estatal de Milagro, mi alma mater, por su valiosa colaboración, apoyo y asistencia. Agradezco intensamente la oportunidad de ser parte de esta prestigiosa institución, que me proporcionó los conocimientos necesarios, y un ambiente propicio para mi crecimiento personal y profesional.

De manera especial, expreso mi gratitud al rector, Dr. Fabricio Guevara, por ser un ejemplo de superación y liderazgo. Su respaldo y confianza en mis capacidades han sido fundamentales para el desarrollo y realización de este trabajo.

Finalmente, a mi familia, quienes han sido mi fuente de motivación y apoyo incondicional, su amor y comprensión han sido el pilar sobre el cual he construido este logro, y su fe en mí ha sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante.

Declaración expresa

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Titulación, me corresponde exclusivamente y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. El patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

SONIA JACQUELINE TIGUA MOREIRA

Tribunal de Graduación

Dr. Fuad Huamán Garaicoa

PRESIDENTE

M.Sc. Heydi Roa López

TUTOR

Omar Ruiz Barzola, Ph. D

DOCENTE EVALUADOR

Abreviaturas o Siglas

PCA - Análisis de Componentes Principales (Principal Component Analysis)

PIB - Producto Interno Bruto (Gross Domestic Product)

HJ Biplot - A statistical graphical method used for the simultaneous representation of rows and columns of a matrix.

COVID-19 - Coronavirus Disease 2019

MSM - Media de la Suma de Cuadrados del Modelo (Mean Square Model)

MSE - Media de la Suma de Cuadrados del Error (Mean Square Error)

df - Grados de Libertad (Degrees of Freedom)

SSM - Suma de Cuadrados del Modelo (Sum of Squares Model)

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1	1
1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Descripción del problema	2
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Alcance	4
Capítulo 2.....	6
2. Marco Teórico.....	6
2.1. El sector de la construcción	6
2.2. Eficiencia Laboral en el Sector de la construcción.....	10
2.3. Impacto de la pandemia en el sector de la construcción.....	12
2.4. Factores determinantes de la eficiencia laboral en el crecimiento económico	15
Capital.....	19
Trabajo	19
Valor Agregado Bruto (VAB)	20
2.5. Relación entre la Teoría de la Firma y la Eficiencia Laboral	20
Teoría de los Costos de Transacción:	22
Derechos de Propiedad y Coordinación de Equipos:.....	22
Problemas de Agencia:	22
Enfoque Basado en el Conocimiento:.....	22
Diseño de Tareas e Incentivos:	23
2.6. Metodología multivariante en el análisis de datos.....	25
Verificación de los supuestos del análisis multivariante	25
Clasificación de los Análisis Multivariados	26
2.7. Tipos de datos	28
Variables cualitativas y cuantitativas.....	28
Casos atípicos.....	29
2.8. Técnicas de inspección de datos mediante gráficas Biplots	29
Tipos y variaciones de Biplot	30
2.9. Análisis de Componentes Principales - PCA BILOT.....	32

Interpolación de muestras	34
Predicción de ejes	35
Medida de ajuste para PCA Biplot.....	35
2.10. HJ BILOT	37
2.11. ANOVA	38
Capítulo 3.....	40
3. Metodología	40
3.1. Definición de variables	40
3.2. Descripción de los datos:	40
3.3. Estadísticas Descriptivas:.....	40
3.4. Grupo objeto de la investigación	42
Capítulo 4.....	44
4. Resultados	44
4.1. Análisis correlacional.....	44
4.2. Análisis de la varianza	45
Análisis de los componentes.....	47
Análisis de los gráficos cosenos cuadrados (Cos^2).....	48
4.3. PCA HJ Biplot	51
4.4. Resultados	57
Capítulo 5.....	59
5. Conclusiones y Recomendaciones.....	59
5.1. Conclusiones.....	59
5.2. Recomendaciones	60
6. Referencias.....	61

Listado de Figuras

Figura 2.1 Tasas de crecimiento América Latina y el Caribe.....	7
Figura 2.2 La construcción mundial alcanzó un PIB de US\$5,5 billones en 2022.....	8
Figura 2.3 Análisis de Componentes Principales - PCA BILOT	33
Figura 4.1 Dimensiones	47
Figura 4.2 Gráfico de cosenos cuadráticos durante los años 2021	48
Figura 4.3 Gráfico de cosenos cuadráticos durante los años 2022	49
Figura 4.4 Gráfico de cosenos cuadráticos durante los años 2023.	49
Figura 4.5 PCA sobre la economía provincial en los planos factoriales 1 y 2 durante el año 2021	51
Figura 4.6 HJ Biplot sobre la economía provincial en los planos factoriales 1 y 2 durante el año 2021.....	52
Figura 4.7 PCA Biplot sobre la economía provincial en los planos factoriales 1 y 2 durante el año 2022.....	53
Figura 4.8 HJ Biplot sobre la economía provincial en los planos factoriales 1 y 2 durante el año 2022.....	54
Figura 4.9 PCA Biplot sobre la economía provincial en los planos factoriales 1 y 2 durante el año 2023.....	55
Figura 4.10 HJ Biplot sobre la economía provincial en los planos factoriales 1 y 2 durante el año 2023.....	56

Listado de Tablas

Tabla 3-1 Estructura de las variables de estudio.....	41
Tabla 4-1 Coeficientes de correlación de Pearson y significancia	44
Tabla 4-2 Análisis de la varianza para las variables de estudio.....	45

Capítulo 1

1. Introducción

1.1. Antecedentes

El sector de la construcción es fundamental para el crecimiento económico de Ecuador, contribuyendo significativamente al Producto Interno Bruto (PIB) y generando una gran cantidad de empleo. Sin embargo, en los últimos años, este sector ha enfrentado varios desafíos que han afectado su eficiencia y, por ende, su productividad y crecimiento económico. La pandemia de COVID-19 ha exacerbado estos problemas, creando interrupciones que han planteado nuevas interrogantes sobre la capacidad del sector para mantener su rol como motor de desarrollo económico.

La eficiencia laboral en el sector de la construcción es crucial para su crecimiento y competitividad. Factores como la capacitación del personal, las condiciones laborales, la tecnología utilizada y la motivación de los empleados juegan un papel importante en la productividad. Una comprensión clara de estos factores puede ayudar a diseñar estrategias que mejoren la eficiencia laboral y, por ende, la productividad del sector.

Este proyecto tiene como objetivo principal evaluar la relación entre la productividad del trabajo y el crecimiento del sector de la construcción en Ecuador durante el período post-pandemia 2021-2023. Para lograr esto, se utilizará la técnica estadística de Análisis de Componentes Principales (PCA) en conjunto con el HJ Biplot, lo que permitirá identificar los principales impulsores de la productividad en el sector constructor.

Mediante el análisis de variables como el valor agregado bruto de producción, ventas, empleo, horas de trabajo promedio, porcentaje de trabajadores que reciben capacitación, salario promedio y años de estudio promedio por provincias, se espera proporcionar información valiosa

para los responsables de la formulación de políticas y empresarios. Los hallazgos de este estudio podrán ayudar a identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias efectivas para promover el crecimiento sostenible del sector de la construcción en Ecuador.

1.2.Descripción del problema

El sector de la construcción ha sido históricamente uno de los pilares fundamentales de la economía ecuatoriana, desempeñando un papel crucial en el crecimiento económico y el desarrollo del país. Sin embargo, en los últimos años, este sector ha enfrentado diversos desafíos que han impactado en su eficiencia laboral y, por ende, en su contribución al crecimiento económico nacional. La reciente pandemia de COVID-19 ha exacerbado aún más estos desafíos, generando una serie de perturbaciones en la industria de la construcción y planteando nuevas interrogantes sobre su capacidad para mantenerse como motor de desarrollo económico en el Ecuador.

Diversos estudios han analizado el impacto de diferentes factores en el crecimiento económico del sector de la construcción en Ecuador. (Chancusig, 2022) identificó que la inversión pública, especialmente en sectores estratégicos y políticas económicas, ejerce un impacto positivo en el crecimiento económico a nivel espacial. Por su parte, (García Osorio & Tobar Cazares, 2019) resaltaron la sensibilidad de la industria de la construcción ante la dinámica económica nacional y los cambios exógenos en el mencionado sector. (Cueva-Rodríguez & Jácome-Estrella, 2023) destacaron el impacto positivo a largo plazo del sector de servicios en el crecimiento económico a pesar de los desafíos de productividad a corto plazo. (Alvarado López & Iglesias, 2022) hicieron hincapié en el papel del sector externo en la limitación del crecimiento de Ecuador, sugiriendo la necesidad de fomentar la demanda interna y diversificar los destinos de exportación. Estos estudios sugieren que la eficiencia laboral en la construcción podría afectar mucho el crecimiento

económico de Ecuador, especialmente cuando se apoya en una inversión pública estratégica y un mercado interno sólido.

En Ecuador, el sector de la construcción desempeña un papel fundamental como motor de la economía y del empleo, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), lo que resalta su importancia como sector intensivo en mano de obra. Según las estadísticas del INEC, en marzo de 2015, la construcción representaba el 7.10% del total de empleo a nivel nacional; sin embargo, para diciembre de 2019, esta cifra disminuyó al 6.10%. En 2019, la construcción se posicionó como el sexto sector que más empleo generó para los ecuatorianos (Díaz-Kovalenko, Larrea-Rosas, & Barros-Naranjo, 2022). En cuanto al Valor Agregado Bruto (VAB), según el INEC, en 2021, entre 2015 y 2020 se observó un comportamiento interanual negativo con un promedio del -5%, lo que refleja una disminución en la productividad. Es importante destacar que, durante ese mismo periodo, el crecimiento promedio interanual del empleo en el sector fue del -1%.

El objetivo de este trabajo es analizar la relación que existe entre el capital humano y la evolución económica del sector de la construcción en el Ecuador. Se buscará determinar en qué medida este indicador incide en una mejora de la productividad y en el éxito de las empresas de este importante sector de la economía ecuatoriana. Para lograr esto, se analizarán las variables: valor agregado bruto de producción, ventas, empleo, horas de trabajo promedio, porcentaje de trabajadores que reciben capacitación, salario promedio y años de estudio promedio por provincias en el sector de la construcción durante el periodo postpandemia 2021-2023 utilizando técnicas estadísticas e investigaciones adecuadas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la relación entre la productividad del trabajo y el crecimiento del sector de la construcción en Ecuador mediante el uso de la técnica estadística de Análisis de Componentes Principales (PCA) en conjunto con el HJ Biplot, para identificar los principales impulsores de productividad en el sector constructor.

1.3.2. Objetivos específicos

- Examinar la relación entre las condiciones laborales y la productividad en el sector constructor en Ecuador.
- Identificar los planos factoriales que expliquen la mayor variabilidad de los datos, integrando los aspectos más relevantes de producción, empleo y población económicamente activa en el sector constructor.
- Clasificar las organizaciones según su productividad dentro del sector constructor, utilizando la distribución de sus contribuciones en los planos factoriales preestablecidos como criterio para su identificación

1.4. Alcance

El presente proyecto tiene como objetivo analizar la relación entre la productividad laboral y el crecimiento económico del sector de la construcción en Ecuador durante el período postpandemia 2021-2023. A través del uso de la técnica estadística de Análisis de Componentes Principales (PCA) en conjunto con el HJ Biplot, se pretende identificar los principales impulsores de productividad en el sector constructor.

Para lograr este objetivo, se llevará a cabo un análisis detallado de diversas variables económicas y laborales. Estas variables incluyen ventas, empleo, horas de trabajo promedio, porcentaje de trabajadores que reciben capacitación, salario promedio y años de estudio promedio, desglosados por provincias. Se analizarán datos económicos y empresariales del sector de la construcción obtenidos del Servicio de Rentas Internas (SRI) y del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

El análisis se centrará en determinar cómo estos factores influyen en la eficiencia laboral y cómo esta, a su vez, impacta en el crecimiento económico del sector de la construcción. Los resultados proporcionarán información clave para los responsables de la formulación de políticas y empresarios, ayudándoles a identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias efectivas para promover el crecimiento sostenible del sector.

Capítulo 2

2. Marco Teórico

2.1. *El sector de la construcción*

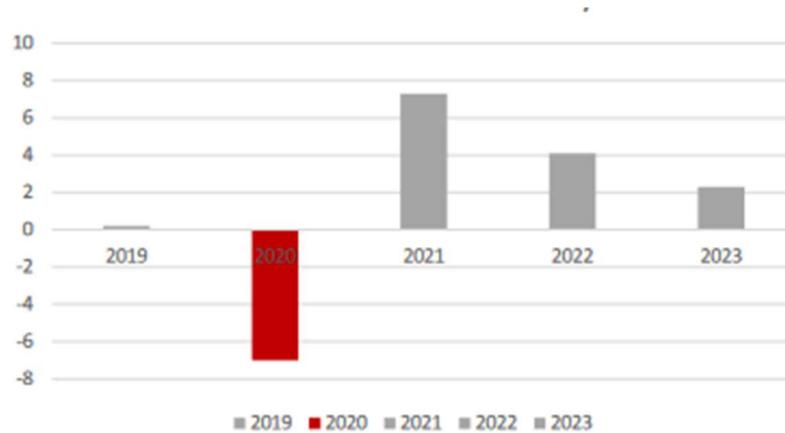
El sector de la construcción a menudo se percibe como un sector de baja innovación tecnológica, asociado con la corrupción, la mala calidad y desconfianza pública. Este estigma afecta la atracción de nuevos talentos y la percepción general de la industria. Pese a esto, el sector de la construcción emplea a una gran proporción de la fuerza laboral mundial, especialmente en países en desarrollo, donde la intensidad de mano de obra es mayor debido a la menor mecanización. Sin embargo, la tendencia en países desarrollados es hacia una mayor mecanización y eficiencia, un cambio que, si bien fomenta la innovación, también conlleva una reducción en la cantidad de empleo generado, al disminuir la dependencia de la mano de obra intensiva.

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2001) esta situación evidencia una dualidad dentro del sector de la construcción: el desafío de equilibrar la innovación tecnológica con la sostenibilidad del empleo. Este equilibrio se vuelve aún más crítico en un contexto de creciente globalización e interconexión económica, donde la adaptación a nuevas tecnologías y procesos se convierte en una necesidad imperante para mantener la competitividad. Sin embargo, es esencial considerar las implicaciones sociales de dichas adaptaciones, especialmente en términos de empleo y desarrollo de habilidades. La tarea del sector de la construcción implica superar su estigma actual mediante la adopción de tecnologías avanzadas y prácticas éticas, y garantizar que esta transformación no se realice a expensas de la fuerza laboral que sustenta a la industria.

Así mismo (Ruddock, 2009), en su libro *Economics for the Modern Built Environment*, resalta que, el Sector de la construcción desempeña un rol fundamental en el avance económico

de cualquier nación. A nivel mundial, esta industria provee empleo a más de cien millones de personas, y es la responsable de crear el entorno en el que todos vivimos y trabajamos.

Figura 2.1 Tasas de crecimiento América Latina y el Caribe



Fuente: Perspectivas de la economía mundial, FMI, octubre 2023

El análisis efectuado por el Fondo Monetario Internacional en octubre de 2023 revela una compleja dualidad de tendencias que definen el panorama económico y de la construcción actual en América Latina. En un contexto global de desaceleración, las proyecciones del FMI indican que se espera una reducción del crecimiento mundial, pasando del 3,5% en 2022 al 3,0% en 2023 y al 2,9% en 2024. En contraste, la economía latinoamericana experimenta una desaceleración más marcada, descendiendo del 4,1% en 2022 al 2,3% en 2023 y al 1,9% en 2024". (Construcción Latinoamericana, 2024)

Figura 2.2 La construcción mundial alcanzó un PIB de US\$5,5 billones en 2022



Fuente: The United Nations Statistics Division - UNSTATS

A pesar de los desafíos, el sector de la construcción en la región muestra señales positivas. Según cifras de la División de Estadística de las Naciones Unidas (UNSTATS), el Producto Interno Bruto de la construcción en América Latina y el Caribe aumentó un US\$ de 51647 millones de dólares entre 2021 al 2022, lo que representa un crecimiento del 19,8% (The United Nations Statistics Division, 2022).

Según (Yagual, Lopez, Sánchez, & Narváez, 2018), Ecuador, un país andino, ha experimentado un crecimiento económico sostenible, siendo el sector de la construcción uno de los principales motores de esta expansión. Dentro de los factores determinantes de este dinamismo se destaca la intervención gubernamental en proyectos significativos como la reconstrucción de la red vial, hospitales, centros educativos y edificios de servicios públicos, los cuales han impulsado notablemente la economía del país; así, el sector privado de la construcción intervenido desarrollando proyectos urbanísticos de vanguardia. En los últimos años, el sector de la construcción en Ecuador ha registrado avances significativos, desempeñando un papel importante

en la economía nacional. Su crecimiento ha resultado en una expansión notable, especialmente tras la dolarización y el auge petrolero de la última década, aumentando su contribución al Producto Interno Bruto (PIB) del país. La colaboración entre el gobierno y el sector privado ha sido fundamental para impulsar la construcción como un sector económico esencial, aunque su impulso ha disminuido en los últimos dos años.

Ecuador enfrenta una notable vulnerabilidad a las crisis económicas, influida por diversos factores que afectan su estabilidad. Entre estos, destacan la excesiva dependencia de los ingresos derivados del petróleo y la adopción de la dolarización como régimen monetario. Este escenario ha provocado periodos de inestabilidad financiera. No obstante, el sector de la construcción ha demostrado ser un componente vital de la economía ecuatoriana, creciendo en paralelo con el Producto Interno Bruto (PIB). Los periodos de altos precios del petróleo han facilitado al Gobierno en turno incrementar significativamente la inversión pública, incluyendo la construcción de hidroeléctricas, carreteras, centros médicos y educativos, entre otros, así como el gasto público, especialmente en gastos corrientes. Sin embargo, este periodo de auge petrolero ha concluido, con los precios del principal producto de exportación apenas alcanzando a cubrir los costos de producción.

De acuerdo con (Díaz, Larrea, & Barros, 2022), el sector de la construcción desempeña un papel fundamental en la economía por su gran demanda de mano de obra y su habilidad para captar inversión extranjera directa. Además, es esencial mencionar su profundo impacto en los sectores de proveedores de insumos y en las entidades financieras.

El Banco Central del Ecuador, espera una leve recuperación económica en los próximos años. En el estudio realizado por (Mejía, Casquete, Avilés, & Parrales, 2019) se indica que esta recuperación ha sido impulsada por medidas legislativas clave, tales como la derogación de la Ley

de Plusvalía y la promulgación de la Ley de Fomento Productivo. Estas iniciativas legislativas han sido fundamentales para crear un entorno más propicio para la inversión y el financiamiento en el sector de la construcción, un sector vital para el dinamismo económico del país.

2.2.Eficiencia Laboral en el Sector de la construcción

La actividad de la construcción es el pilar para el crecimiento económico de países y regiones, destacándose por la numerosa cantidad de empresas y trabajadores que involucra directamente. Este sector tiene un rol dinamizador crucial debido a su demanda de una amplia gama de insumos. Además, su característica de ser intensiva en mano de obra es vital para la formulación de políticas enfocadas en mantener altos niveles de empleo (Ruggirello, 2011).

(Myers, 2009) destaca que, en el contexto de industrialización y urbanización, el sector de la construcción ha servido tradicionalmente como un punto de entrada al mercado laboral para los trabajadores migrantes procedentes del ámbito rural. Este fenómeno es parte integral del proceso de transformación económica y social a nivel global.

En los países en desarrollo, el sector de la construcción a menudo representa el primer empleo para los migrantes que llegan a las ciudades desde zonas rurales. Una vez que la oferta de estos trabajadores migrantes internos se agota, la industria tiende a atraer y emplear a migrantes de otros países que tienen excedentes de mano de obra y salarios más bajos.

Conforme a lo que indica la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2001), la intensidad del empleo de la actividad de la construcción es mucho mayor en los países de ingresos bajos que en los países de ingresos altos. Esta disparidad se debe en parte al menor valor de la producción en países de ingresos bajos, donde los salarios y los costos de materiales son más reducidos. Sin embargo, también refleja la tendencia en países más acaudalados a utilizar la mano de obra de manera más restringida debido a los elevados salarios y costos laborales, que

constituyen una gran parte del costo total. Comúnmente, esta eficiencia se ha alcanzado mediante la sustitución de trabajadores por máquinas, el uso de componentes prefabricados y una mayor integración de fábricas y maquinaria en los procesos de producción.

En los últimos treinta años en los países recientemente industrializados (PRI) de Asia y América Latina se ha registrado un aumento espectacular y prolongado tanto de la producción como del empleo de la industria de la construcción. La actividad en el sector de la construcción es un componente vital de la inversión y su desarrollo se asocia directamente con el avance económico. La producción en el sector de la construcción se expande rápidamente y supera el crecimiento económico general, especialmente cuando los países desarrollan su infraestructura básica durante las primeras fases de su desarrollo (Ruggirello, 2011).

Cambios en la relación de trabajo: La industria ha visto un aumento en la subcontratación y el empleo temporal, lo que ha llevado a condiciones de trabajo más inseguras y precarias para muchos trabajadores. Esto ha erosionado el diálogo social y debilitado los convenios colectivos, afectando negativamente a la seguridad económica y social de los trabajadores.

Capacitación y calificaciones: La transformación de las relaciones laborales y la estructura de la industria han tenido un impacto significativo en la capacitación y formación profesional. La subcontratación masiva y la informalidad laboral han dificultado el desarrollo de habilidades y la formación continua, exacerbando la escasez de mano de obra calificada en la industria.

La OIT en su libro *La industria de la construcción en el siglo XXI*, también resalta que es poco probable que la tendencia hacia la subcontratación de mano de obra cambie radicalmente. Se enfatiza la necesidad de abordar la imagen negativa de la industria, mejorar las condiciones de empleo y fomentar la capacitación y formación profesional para asegurar el desarrollo sostenible

del sector y su capacidad para contribuir al crecimiento económico. Resaltando la importancia de la construcción en el desarrollo económico, pero también subraya los desafíos significativos que enfrenta, especialmente en términos de relaciones laborales, capacitación y percepción pública. Abordar estos desafíos es crucial para mejorar la eficiencia laboral y contribuir positivamente al crecimiento económico del sector constructor.

2.3. Impacto de la pandemia en el sector de la construcción

De acuerdo con (Aravena & Fuentes, 2013), incluso antes de la crisis del COVID-19, las economías de América Latina ya mostraban claros signos de desaceleración. Estas economías no solo fueron severamente impactadas por la crisis sanitaria, sino que también han enfrentado las mayores dificultades en los últimos años. Comparativamente, hacia 2023, mientras que las economías avanzadas habrían experimentado un crecimiento del 9,9% respecto a 2019, las de América Latina y el Caribe habrían registrado un aumento del 6,2%

La industria de la construcción, tradicionalmente un pilar de la economía mundial no ha sido inmune a las secuelas de la pandemia de coronavirus, especialmente en América Latina. La región ha experimentado una de las contracciones económicas más severas en su historia reciente, directamente atribuible a los descensos en la producción de este sector. No obstante, hay señales de esperanza, ya que se anticipa un resurgimiento de la industria con la recuperación económica, el aumento de la demanda externa y la reactivación de la mano de obra. (Universidad Europea, 2022)

La (CEPAL, 2021), en su análisis económico para América Latina y el Caribe, pronostica un repunte promedio del 5,5 % en América Central y un 5,9 % en la región en su conjunto. Sin embargo, el camino hacia la recuperación no será uniforme a través de la región, debido a las diferencias inherentes entre los países. Por ejemplo, México experimentó una dramática caída de

15 % en su industria de la construcción debido a la pandemia, aunque ya muestra signos de recuperación gradual. Proyectos significativos, como el Tren Maya y el Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec, representan oportunidades clave para el sector.

A pesar de la incertidumbre que aún afecta a muchos proyectos de infraestructura en la región, hay ejemplos notables de iniciativas que prometen impulsar la recuperación. Panamá, con proyectos como la Línea 3 del metro de Ciudad de Panamá, y Costa Rica, donde la construcción privada ha comenzado a recuperarse notablemente, son testigos de este fenómeno. En Honduras, la reconstrucción post-huracanes presenta una oportunidad para la industria, aunque la recuperación se prevé moderada debido a la persistente incertidumbre.

En Guatemala, la pausa en la construcción durante la pandemia dio paso a un rebote impresionante en 2021, gracias en parte a iniciativas gubernamentales como el programa “Guatemala no se detiene”. Sin embargo, América Latina como un todo enfrenta desafíos significativos. La escasez y el aumento de los costos de los materiales de construcción, exacerbados por interrupciones en la cadena de suministro global, junto con una burocracia pesada y tensiones políticas y sociales crecientes, amenazan con frenar la inversión extranjera y privada en el sector.

A pesar de estos obstáculos, la industria de la construcción en América Latina está mostrando signos de una recuperación más rápida de lo previsto inicialmente. Este panorama refleja la resiliencia y el potencial de crecimiento de la industria de la construcción en la región, aunque subraya la necesidad de abordar los desafíos actuales para asegurar un futuro próspero. (Universidad Europea, 2022)

En Ecuador, la industria de la construcción se establece como un pilar fundamental en su economía del Ecuador, siendo crucial para impulsar el crecimiento y el desarrollo económico.

Conforme a lo expuesto por (Cuenca, Rojas, Cueva, & Armas, 2018), esta industria, juega un papel determinante en el avance y progreso de la sociedad, posicionándose como un sector clave para el bienestar económico del país.

En Ecuador, la pandemia del Covid-19 ha provocado una disrupción histórica en la economía y el comercio. Esta situación llevó a una reducción del PIB del 12,4% en el segundo trimestre de 2020 en comparación con el mismo periodo del año anterior, lo que representa la caída más significativa desde el año 2000.

El pronóstico de las perspectivas para la construcción es incierto, la erradicación del COVID-19, así como atenuar los efectos de las problemáticas mundiales podrían generar un crecimiento de la economía más vigoroso. Estos impactos adversos se han sentido con más fuerza en ciertos sectores como es el de la construcción.

El sector de la construcción representa cerca del 10 % del PIB de Ecuador, convirtiéndose en una de las más importantes y de mayor aporte a nivel nacional. La cadena de la construcción es importante por su peso relativo en la economía, por difundirse vínculos con otras ramas productivas y por su capacidad para generar empleo; el auge del sector se traduce en el aumento del consumo per cápita de los insumos proveídos por dichas industrias. Al respecto, si bien el sector de la construcción tiene etapas recesivas, se ha evidenciado la necesidad habitacional de la población, y el aumento de las edificaciones.

Para (Díaz, Larrea, & Barros, 2022), la industria de la construcción es un sector que ejerce un efecto multiplicador en la economía, ya que por cada trabajo en la construcción se generan dos trabajos más en el mismo sector o en otras partes relacionadas de la economía. El sector inmobiliario opera en el marco de ciertas condiciones sociales, políticas y económicas. Se trata de factores externos que conforman el entorno nacional que afecta directamente el que hacer del

sector. Pese a la coyuntura económica nacional, lo importante a considerar, en esta materia, desde el sector promotor de vivienda y de construcción, que el crecimiento poblacional y la demanda correspondiente no se frena mientras se frena la economía, como tampoco crece al lento ritmo que se recupera la construcción, sino de manera más acelerada, lo que se traduce en que el déficit de vivienda aumenta día a día.

La emergencia provocada por la pandemia del Covid-19 en 2020, conforme lo señalado por (Urdaneta, Borgucci, & Jaramillo, 2021) tiene un impacto en todos los sectores económicos, incluido el de la construcción, el sector se ha venido ralentizando; y, con el confinamiento y restricciones, se espera una caída profunda, con ello se verá socavado aún más el empleo formal generado por el sector. En Ecuador, el sector de la construcción es clave para impulsar la economía nacional. Se anticipa que mediante la implementación de políticas públicas que promuevan este sector y generen nuevas oportunidades de empleo, el gobierno pueda lograr un equilibrio fiscal y reducir el endeudamiento. Además, se espera fomentar la inversión privada, lo cual es esencial para el mantenimiento de activos y el desarrollo de nueva infraestructura mediante alianzas público-privadas. Por lo que, es importante contar con la estabilidad generada en las políticas públicas; la demanda represada de vivienda; confianza en el sistema financiera y preferencia por las inversiones inmobiliarias.

2.4. Factores determinantes de la eficiencia laboral en el crecimiento económico

Las economías de América Latina y el Caribe están afectadas por un crecimiento crónicamente lento. La región, acostumbrada a esta dificultad económica, ya no la identifica como su principal preocupación. Sin embargo, la falta de priorización de este problema tiene un costo elevado para los países de la zona.

El (Banco Interamericano de Desarrollo, 2010) en su análisis sobre la productividad, señala que, aunque América Latina y el Caribe lograron sortear con relativa facilidad la peor crisis financiera internacional desde la Gran Depresión, la región no debe conformarse ni reducir sus aspiraciones. Por el contrario, debería ver esto como una oportunidad para implementar un plan de productividad decidido y ambicioso. La expansión de las brechas de ingresos con el resto del mundo no se atribuye a una insuficiente inversión en capital físico y humano, o a un crecimiento lento de la fuerza laboral, sino más bien a un persistente déficit en el crecimiento de la productividad. Incluso si la productividad en América Latina y el Caribe hubiera aumentado al mismo ritmo que en Estados Unidos, el ingreso per cápita de la región todavía sería apenas un cuarto del de Estados Unidos, a pesar de las inversiones en capital humano y físico. Además, si la productividad hubiera alcanzado niveles comparables a los de Estados Unidos, utilizando de manera eficiente los recursos humanos y físicos disponibles, el ingreso per cápita de la región podría haberse duplicado, alcanzando un tercio del ingreso per cápita de Estados Unidos. No obstante, un aumento en la productividad también habría impulsado la inversión y la educación, reduciendo aún más la brecha y, eventualmente, permitiendo una convergencia hacia los niveles de ingresos de los países desarrollados.

Millones de personas enfrentan limitaciones que podrían mitigarse con un uso más eficiente de los recursos regionales. Por lo tanto, el desafío de mejorar la productividad es urgente. (“Módulo 2- La era de la productividad”) Para (Brito, Sotomayor, & Apolo, 2019), millones de trabajadores están atrapados en empleos de baja productividad que no ofrecen salarios suficientes para liberarlos a ellos y a sus familias de la pobreza.

Paul Krugman dijo: *“La productividad no es todo, pero en el largo plazo es casi todo”*

Según (Aravena & Hofman, 2014) la productividad se define como la relación entre los recursos que utiliza una empresa y lo que esta produce. Sin embargo, la productividad también surge de la suma de decisiones empresariales respecto a la selección y calidad de los insumos productivos, la naturaleza y calidad de los productos, la tecnología implementada, y cómo se modifican estos factores, incluyendo cambios en la estructura organizativa, modelos de negocio y actividades de innovación.

Las variaciones en la productividad pueden atribuirse a una serie de factores como el volumen y las características específicas de la producción, la selección y combinación de los factores productivos. Así, los diferenciales de productividad pueden originarse en diversas áreas, incluyendo el tipo de producción, los avances en innovación de productos, la calidad de los factores productivos como el capital y el trabajo, las innovaciones en procesos, la estructura organizacional y la capacidad de la empresa para adaptarse al entorno.

Varios estudios han analizados si las diferencias en la producción por trabajador se deben a la diferencia en capital físico y humano y la productividad total de los factores en América Latina. De Gregorio (2006) analiza las diferencias en la producción per cápita, no en la producción por trabajador, utilizando como referencia los Estados Unidos para realizar comparaciones. Para el año 2000, descubre que la productividad total de los factores (PTF) es el principal factor para explicar las diferencias en producción per cápita entre América Latina y los EE. UU., seguido por el capital humano. Las diferencias en capital físico solo representan una fracción menor de estas discrepancias. Un hallazgo parecido se observa en el estudio de Cole et al. (2005), quienes notan que tanto la relación capital-producto como el nivel educativo en América Latina se aproximan a los de los EE. UU., y concluyen que las diferencias en la PTF son principalmente las que explican las disparidades en el PIB por trabajador.

Blyde y Fernández (2005) eligieron no emplear la relación capital-producto en su análisis, sino que se centraron en el stock de capital por trabajador. Entre 1960 y 1999, se observó que la brecha de la productividad total de factores (PTF) se amplió en América Latina. La estimación indica que esta brecha aumentó del 84% al 58% del nivel de los países desarrollados, desde 1960 hasta la década de 1990. En contraste, la brecha de capital humano experimentó una ligera disminución, pasando del 76% al 80%, mientras que la brecha de capital físico creció marginalmente del 58% al 53%. Por lo tanto, el crecimiento limitado de la productividad y la caída relativa de la PTF fueron factores determinantes en la reducción del PIB por trabajador en comparación entre América Latina y los EE. UU.

Según Mas y Robledo (2010), para comprender las fuentes tradicionales del crecimiento económico, el capital y el trabajo, es esencial analizar tanto la cantidad del factor utilizado como su calidad, donde la calidad se refiere a la productividad de los diversos activos. En el caso del capital, es importante considerar varios tipos de activos. Respecto al trabajo, es crucial examinar dieciocho características distintas que resultan de la combinación de tres niveles de educación, sexo y tres estratos de edad. Para medir su contribución al crecimiento económico, la metodología utilizada es la conocida como contabilidad del crecimiento. Su origen se encuentra en la obra de Solow (1956 y 1957), Denison (1967), Jorgenson y Griliches (1967) y luego en Jorgenson, Gollop y Fraumeini (1987) y Jorgenson, Ho y Stiroh (2005).

Siguiendo el enfoque propuesto por Elias (1992) y el procedimiento recomendado por Jorgenson y Griliches (1967), se lleva a cabo la contabilización de las fuentes del crecimiento. En este modelo, Y representa los bienes producidos; l denota los tipos de insumos intermedios (X_1, X_2, \dots, X_n); m se refiere a las diversas características de los trabajadores (L_1, L_2, \dots, L_m); y n a los tipos de inputs de capital (K_1, K_2, \dots, K_n). El valor del producto total de un período dado es la suma

de los pagos a todos los insumos utilizados durante ese período. Esta relación es expresada en la fórmula que define explícitamente las dos formas de calcular el valor bruto de producción (VBP) de una economía (Aravena & Hofman, 2014).

Capital

De acuerdo con él (Banco Interamericano de Desarrollo, 2010), al igual que los trabajadores almacenan capital humano y ofrecen servicios medibles en horas trabajadas, los bienes de capital constituyen un acervo que proporciona un flujo continuo de servicios esenciales en el proceso productivo. Mientras que los trabajadores son compensados por sus servicios, los bienes de capital pertenecen a la empresa que los utiliza y, por lo tanto, no se registra una remuneración por los servicios que estos proporcionan.

Por lo tanto, medir la contribución del factor capital al proceso productivo implica realizar una estimación adecuada de los flujos de servicios derivados de los diversos tipos de activos de capital, así como de los ponderadores que se utilizan para su agregación. El proceso de estimación de los flujos de servicios de capital comienza con la medición de los acervos de capital disponibles a lo largo del tiempo. Una vez que se ha estimado el acervo de capital, se procede a calcular su correspondiente costo de uso, que se emplea para integrar los diferentes tipos de activos en un índice de servicios de capital.

Trabajo

De acuerdo con lo expresado por (Stallings & Peres, 2000) , el trabajo es un determinante central en la función de producción. Jorgenson, Gollop y Fraumeni (1987), analizan el factor laboral, distinguiendo entre la cantidad y la calidad de las horas trabajadas. A diferencia de los modelos iniciales de crecimiento económico, que solo consideraban el factor trabajo en términos de horas efectivamente trabajadas, estos autores introducen una diferenciación en la calidad de las

horas laborales. Los modelos anteriores asumían que todas las horas trabajadas eran de calidad constante y se centran únicamente en medir el crecimiento del empleo según el tiempo dedicado a la producción de bienes y servicios. La calidad de la hora trabajada se ve afectada por diversos factores, como la edad y la calificación del individuo, así como el sector económico en el que se desempeña. Incorporar estos aspectos al evaluar la contribución del empleo al crecimiento económico resulta en mejoras significativas, permitiendo un análisis más heterogéneo desde el punto de vista económico. Esta inclusión de factores diversos no solo permite distinguir entre distintos tipos de contribuciones laborales, sino que también mejora la precisión al captar la sustitución y otras dinámicas que modelos menos detallados no logran identificar.

Valor Agregado Bruto (VAB)

El Valor Agregado Bruto (VAB) es considerado uno de los indicadores clave para evaluar la actividad económica de un sector específico o de la economía en su totalidad. El incremento en el valor agregado se puede descomponer en dos componentes principales: el cambio en las horas trabajadas y la productividad de la mano de obra (Aravena & Fuentes, 2013).

El Banco Mundial define el Valor Agregado Bruto (VAB) como el valor creado por cada industria o sector en la producción de bienes y servicios finales durante un período específico y en una zona determinada. Representa el valor de la producción menos el valor del consumo intermedio, y se considera una medida esencial de la contribución al Producto Interno Bruto (PIB) generada por una unidad de producción, industria o sector. Según (Brito, Sotomayor, & Apolo, 2019), el VAB es visto como la principal fuente de ingresos primarios del sistema económico.

2.5. Relación entre la Teoría de la Firma y la Eficiencia Laboral

La teoría de la firma surge a partir de la evaluación de los costos asociados con las transacciones de mercado y los costos de coordinación necesarios para producir o desarrollar un

insumo o proceso dentro de una organización. En este contexto, las decisiones sobre las actividades que debe realizar una firma se basan en la comparación entre dos tipos de costos: los costos de coordinar recursos a través de transacciones de mercado y los costos de coordinar los mismos recursos internamente. Según (Quintero, Peñaranda, & Rodriguez, 2020) el costo de la producción interna abarca no solo los costos directos de producción, sino también los asociados con la organización de la producción y la gestión de relaciones con proveedores. Por otro lado, los costos de transacción al operar en el mercado incluyen aquellos derivados de la negociación y firma de contratos, así como de informarse, buscar y seleccionar productos en términos de precio y calidad. En general, se observa que los costos de transacción disminuyen conforme aumenta la integración de procesos dentro de una empresa, pudiendo llegar a ser nulos si se integra completamente la cadena de insumo-producto. Sin embargo, los costos de coordinación interna tienden a aumentar con mayor integración del proceso dentro de la empresa.

Según los autores mencionados, la supervivencia de las organizaciones depende de su capacidad para minimizar los costos externos, conocidos como costos de mercado, y los costos internos asociados con la coordinación de la producción. Es crucial que los costos de coordinar la producción internamente sean inferiores a los costos de adquirir insumos en el mercado. En este contexto, han emergido diversas teorías basadas en las aportaciones de Coase, particularmente en torno a sus dos postulados fundamentales: los costos de transacción y los costos de coordinación (Tarzijan, 2003).

La teoría de la firma explora la existencia, estructura y límites de las empresas, fundamentalmente desde una perspectiva económica y de gestión. Esta teoría proporciona un marco conceptual para comprender cómo las empresas organizan sus recursos y cómo toman decisiones estratégicas para maximizar la eficiencia y el rendimiento.

Teoría de los Costos de Transacción:

Propuesta por (Coase, 1937), esta teoría argumenta que las firmas existen para minimizar los costos de transacción que surgen al usar el mercado. Estos costos incluyen la búsqueda de información, negociación y ejecución de contratos. La eficiencia laboral se ve influenciada ya que la internalización de ciertas actividades puede reducir los costos de coordinar y monitorear el desempeño de los trabajadores.

Derechos de Propiedad y Coordinación de Equipos:

(Alchain & Demsetz, 1972) destacan la importancia de los derechos de propiedad residuales y la vigilancia del comportamiento de los empleados para maximizar la eficiencia. La existencia de la firma permite una mejor coordinación y supervisión de los equipos de trabajo, lo cual mejora la eficiencia laboral al asegurar que los esfuerzos individuales se alineen con los objetivos de la empresa.

Problemas de Agencia:

(Jensen & Meckling, 1976) y otros autores se centran en los conflictos de interés entre los propietarios (principales) y los administradores (agentes). Un buen sistema de incentivos puede alinear los intereses de ambos, reduciendo los costos de agencia y mejorando la eficiencia laboral al motivar a los empleados a trabajar en el mejor interés de la firma.

Enfoque Basado en el Conocimiento:

(Conner, 1991) y (Kogut & Zander, 1992) sugieren que la firma es una entidad que acumula y coordina conocimientos específicos, lo que aumenta la eficiencia en la ejecución de actividades complejas. La acumulación de conocimiento dentro de la firma facilita la innovación y mejora continua, lo cual es crucial para mantener altos niveles de eficiencia laboral.

Diseño de Tareas e Incentivos:

(Baker, Jensen, & Murphy, 1988) destacan la importancia del diseño de tareas y sistemas de incentivos. Un diseño adecuado puede mejorar la eficiencia laboral al motivar a los empleados a desempeñarse mejor en sus múltiples tareas. La eficiencia laboral, definida como la capacidad de los empleados para producir de manera efectiva, está estrechamente relacionada con los principios de la teoría de la firma:

- La teoría de la firma sugiere que una mejor coordinación y supervisión dentro de una empresa puede reducir los problemas de holgazanería y conflictos de intereses, lo que a su vez mejora la productividad de los trabajadores.
- Implementar sistemas de incentivos bien diseñados puede motivar a los empleados a alinear sus objetivos con los de la empresa.
- La capacidad de una empresa para acumular y gestionar conocimiento específico y habilidades dentro de la organización puede conducir a innovaciones y mejoras en los procesos laborales, incrementando la eficiencia.
- La internalización de actividades reduce los costos asociados con las transacciones del mercado, permitiendo a la empresa enfocarse en mejorar la eficiencia de sus procesos internos.

La teoría de la firma ofrece un marco integral para entender cómo las empresas pueden organizarse y operar para maximizar la eficiencia laboral. Al abordar los problemas de agencia, establecer sistemas efectivos de incentivos, y gestionar el conocimiento y la coordinación interna, las empresas pueden mejorar significativamente la productividad de sus empleados, contribuyendo al crecimiento económico del sector en el que operan.

Los principios fundamentales de la teoría de la firma son esenciales para la administración estratégica, ya que permiten comprender la existencia y los límites de una organización. Estos conocimientos son cruciales al tomar decisiones estratégicas como la creación de una empresa o los ajustes en su estructura y alcance. Por ejemplo, un empresario decide fundar una empresa cuando considera que producir un bien o servicio internamente resulta más eficiente, especialmente en términos de costos, que adquirirlo a través del mercado. Un razonamiento similar se aplica cuando decide aumentar o reducir la integración vertical de su empresa o incursionar en nuevas líneas de negocio.

De La revisión de la literatura sobre los determinantes de la existencia y los límites de la firma sugiere que las diversas teorías o enfoques que abordan estos factores pueden clasificarse de acuerdo con los principios fundamentales establecidos por Coase en 1937. Coase argumentó que la existencia de una firma y su nivel de integración se justifican en función de los costos de transacción asociados con operar en el mercado y los costos de coordinación involucrados en producir o desarrollar internamente un insumo o proceso específico.

La literatura sobre la estructura de las empresas generalmente coincide en que es más beneficioso ampliar los límites de una empresa cuando los activos o actividades que se integrarían son complementarios con las actividades existentes de la empresa. Este entendimiento proviene del análisis de dos factores fundamentales que determinan los límites de una firma: los costos de coordinar la producción internamente y los costos de transacción involucrados en operar a través del mercado. Cuanto más complementaria sea una actividad o un activo con las operaciones actuales de la empresa, menor será el costo de coordinación interna de esa actividad con las demás, y mayores serán los costos de transacción de externalizar esa actividad, debido a que una mayor

complementariedad aumenta las cuasirrentas y, por ende, el riesgo de oportunismo y problemas de hold up.

De acuerdo a lo anterior, un importante desafío de la administración estratégica consiste en determinar cuál es la combinación de actividades (complementarias) que maximizan el valor de la empresa.

2.6. Metodología multivariante en el análisis de datos

(Cuadras, 2014) señala que el análisis multivariante (AM) es una rama de la estadística y el análisis de datos dedicada al estudio, análisis, representación e interpretación de datos obtenidos de observar más de una variable estadística en una muestra de sujetos. En el AM, las variables observadas son homogéneas y están correlacionadas, sin que ninguna de ellas predomine sobre las otras. Debido a su naturaleza multidimensional, aspectos como la geometría, el cálculo matricial y las distribuciones multivariantes son esenciales en este campo.

El análisis multivariante comprende un grupo de técnicas estadísticas diseñadas para analizar e interpretar simultáneamente las interacciones entre múltiples variables. Estas técnicas emplean modelos estadísticos complejos para identificar la contribución única de cada variable dentro de un sistema de relaciones. Esto permite describir, explicar o predecir los fenómenos que son objeto de estudio en la investigación (Meneses, 2019).

Aunque las técnicas de análisis multivariante se aplican tanto en contextos experimentales como observacionales, es importante reconocer que la selección de la técnica adecuada está influenciada por dos factores relacionados con el diseño de la investigación: la pregunta de investigación o el objetivo principal que guía el estudio, y las características específicas de los datos disponibles para responder a esa pregunta.

Verificación de los supuestos del análisis multivariante

En el análisis multivariante, la complejidad de las relaciones entre variables incrementa la importancia de verificar los supuestos estadísticos. Dado que la presencia de múltiples variables puede amplificar las distorsiones y sesgos cuando estos supuestos no se cumplen, es crucial confirmar los siguientes aspectos fundamentales: normalidad, homocedasticidad, linealidad y la ausencia de errores correlacionados.

Clasificación de los Análisis Multivariados

Las metodologías multivariadas son seleccionadas en base a diferentes parámetros (Dagnelie, 1981), pero entre ellos se debe considerar:

- a) La estructura de la matriz de datos
- b) El objetivo perseguido
- c) La naturaleza de esos datos.

Según la estructura de la matriz de datos, los métodos pueden clasificarse según sean las variables o los individuos de la matriz de datos de base. La estructura se refiere a si las variables o los individuos son diferentes, o si pertenecen a un grupo o a más grupos de variables o de individuos:

- a) Sin estructura específica, aplicando métodos como análisis de componentes principales, análisis factorial y análisis de conglomerados.
- b) Con estructura entre variables, utilizando técnicas como la regresión múltiple y el análisis de correlación canónica.
- c) Con estructura entre sujetos, a través de métodos como el análisis discriminante.
- d) Involucrando tanto estructuras entre variables como entre individuos, mediante el análisis de correspondencias múltiples.

Según el objetivo perseguido, Los métodos en análisis multivariante, aunque variados y numerosos, pueden ser divididos en dos grandes categorías según el objetivo que persiguen: descriptivos e inferenciales. Adicionalmente, se pueden organizar de la siguiente manera:

- a) Reducción de datos o simplificación estructural: El problema de estudio se simplifica lo más posible sin perder información crucial, facilitando así la interpretación de los resultados.
- b) Selección y agrupamiento: Se forman grupos de individuos o variables similares basándose en las características observadas. Este proceso requiere establecer reglas claras para la clasificación de los individuos en grupos definidos.
- c) Investigación de la dependencia entre variables: Se explora cómo las variables están relacionadas entre sí, determinando si existen dependencias entre una o más variables.
- d) Predicción: Se busca descubrir relaciones entre variables con el objetivo de predecir los valores de una o más variables basándose en las observaciones de otras.
- e) Construcción y prueba de hipótesis: Se prueban hipótesis estadísticas específicas basadas en los parámetros de poblaciones multivariadas para validar suposiciones o confirmar convicciones previas.

Según la naturaleza de los datos

En el contexto de los métodos descriptivos en análisis multivariante:

- a) Cuando las "p" variables son cuantitativas, se emplea el Análisis Factorial Clásico, que incluye técnicas como el Análisis de Componentes Principales y el Análisis Factorial común.

- b) Cuando las "p" variables son cualitativas y/o cuantitativas, se utilizan los Métodos de Conglomerados (clusters) y el Análisis de Correspondencias, tanto Simple como Múltiple.

En el caso de los métodos inferenciales:

- a) Estos métodos implican típicamente dos grupos de variables, generalmente identificados como variables independientes y variables dependientes. Por lo tanto, es crucial considerar tanto la naturaleza como la cantidad de variables en cada grupo.

(Peña, 2002), destaca que los métodos multivariantes están evolucionando en dos direcciones principales debido a los cambios recientes en el manejo de datos. Primero, la disponibilidad de grandes volúmenes de datos en ciertas aplicaciones está impulsando el desarrollo de métodos de aproximación local. Estos métodos no requieren supuestos generales sobre el conjunto de observaciones y permiten la construcción de indicadores no lineales que resumen la información en segmentos específicos en lugar de buscar una aproximación global. En el análisis de conglomerados, este enfoque local también está mostrando beneficios notables. La segunda tendencia se aleja de las hipótesis tradicionales sobre las distribuciones de datos y utiliza métodos de computación intensiva para cuantificar la incertidumbre. Con las crecientes capacidades de cómputo de los sistemas modernos, es probable que estos métodos se expandan para abordar problemas más complejos y generales.

2.7. Tipos de datos

Variabes cualitativas y cuantitativas

Las variables cualitativas o no métricas son aquellas cuyos números asignados reflejan simplemente la presencia o ausencia de una característica específica. Por otro lado, las variables

cuantitativas o métricas son aquellas donde los números asignados indican con precisión el grado o la cantidad de una característica específica que está presente (Meneses, 2019).

Es esencial que los investigadores estén plenamente conscientes de la escala de medida de sus variables para integrarlas correctamente en sus análisis. Esto es particularmente importante con las variables cualitativas, cuyos valores numéricos actúan meramente como etiquetas para diferenciar grupos y no indican la magnitud de una característica en los individuos. Aunque en ciertas circunstancias es viable tratar variables originalmente ordinales como cuantitativas, es crucial que los investigadores evalúen la distribución de estas variables y aseguren que sea aproximadamente normal. Según (Uriel & Manzano, 2002), la escala de medición de las variables, tanto dependientes como independientes, juega un papel crucial en la selección de la técnica de análisis multivariante más adecuada para alcanzar los objetivos de un estudio.

Casos atípicos

Conforme con (Alvarez, Caballero, & Perez, 2006), los casos atípicos pueden detectarse desde enfoques univariantes, bivariantes o multivariantes. Es recomendable que los investigadores empleen todas estas perspectivas posibles para lograr consistencia en la identificación de dichos casos. Sin embargo, la detección de casos atípicos no conlleva necesariamente a su eliminación inmediata. Estos solo deben ser descartados si hay evidencia concluyente de que constituyen verdaderas anomalías y no son representativos de las observaciones generales de la población. En cambio, si representan a un segmento específico de la población, deben ser conservados para mantener la generalidad y representatividad en el análisis global.

2.8. Técnicas de inspección de datos mediante gráficas Biplots

Con base en lo indicado por (Kohler & Luniak, 2005), los Biplots son herramientas eficaces que ilustran las distancias entre unidades y capturan las varianzas y correlaciones de las variables

en amplios conjuntos de datos. Estos gráficos son especialmente útiles para identificar agrupaciones, detectar multicolinealidad y reconocer valores atípicos multivariados. Además, desempeñan un papel crucial en la orientación de la interpretación de los análisis mediante componentes principales (PCA).

Los Biplots son proyecciones de conjuntos de datos multivariados que muestran las siguientes cantidades de una matriz de datos:

- La estructura de varianza-covarianza de las variables,
- Los valores de las observaciones sobre las variables, y,
- Las distancias euclídeas entre observaciones en el espacio multidimensional.

Son útiles para revelar agrupamientos, multicolinealidad y valores atípicos multivariados en un conjunto de datos, y también se pueden utilizar para guiar la interpretación de análisis de componentes principales (PCA).

Los Biplots fueron descritos detalladamente por primera vez por Gabriel en 1971 y fueron ampliados más recientemente en una monografía por Gower y Hand en 1996. Se utilizan extensivamente en el contexto del análisis de componentes principales (Jolliffe 2002, páginas 90–107), pero también son útiles como herramienta para la inspección de datos en el contexto del modelado estadístico. Como técnica de proyección, comparten similitudes con muchas otras técnicas de proyección, como el escalamiento multidimensional (Kruskal y Wish 1978), el análisis de coordenadas principales (Fenty 2004) y el análisis de correspondencias (Blasius y Greenacre 1998).

Tipos y variaciones de Biplot

Los Biplots de tipo JK, HJ y SQ pueden visualizarse utilizando las opciones 'jk', 'hj' o 'sq', respectivamente. Independientemente del tipo, es factible calcular las coordenadas a partir de una

matriz de datos, ya sea estandarizada o no. Por defecto, el Biplot estandariza la matriz de datos, lo que resulta en que las líneas de las variables tiendan a tener la misma longitud.

Los diferentes tipos de Biplot varían en la precisión con la que representan las cantidades clave. Por ejemplo, la aproximación de la distancia euclidiana se representa mejor en el biplot JK, mientras que la estructura de varianza-covarianza se ilustra de manera más precisa en el biplot HJ. Esta caracterización sugiere que es práctico combinar diferentes tipos de biplot para complementar las representaciones. Gabriel (2002), por ejemplo, propuso un 'análisis de correspondencia' que emplea las coordenadas de un biplot GH para las variables y de un biplot JK para las observaciones. Tales biplots mixtos se pueden generar usando la opción 'mixed()', la cual permite especificar los nombres de dos tipos de biplot entre paréntesis; el primero para la parte de observación y el segundo para la variable. Cabe destacar que, aunque es posible optimizar las aproximaciones para dos de las cantidades representadas en un biplot, no es posible hacerlo para todas simultáneamente (Gower y Hand 1996; Gabriel 2002). Así, la mezcla de biplots GH y JK, como en el ejemplo mencionado, no representa óptimamente los valores observacionales.

Otra variante importante son los biplots para datos composicionales, que son conjuntos de datos con sumas constantes en cada fila y valores exclusivamente positivos, como los porcentajes de las filas en las tablas de contingencia. Las técnicas estándar de análisis de estos datos suelen ser engañosas, razón por la cual se han desarrollado técnicas especializadas (Aitchison 1986). El equivalente a los Biplots para datos composicionales es el 'diagrama de variación relativa' (diagrama RV) propuesto por Aitchison en 1990, que implica un Biplot de una matriz de datos transformada. (Kohler & Luniak, 2005).

2.9. Análisis de Componentes Principales - PCA BIPLLOT

Los métodos Biplot son herramientas estadísticas multivariantes que proyectan matrices de observaciones y variables, con un rango superior a dos ($r > 2$), en un espacio bidimensional. Este enfoque gráfico es útil para el análisis visual de la estructura interna de los datos. A través de un solo gráfico multivariante, los métodos Biplot pueden mostrar simultáneamente interacciones entre diferentes parámetros observados, tales como datos clínicos patológicos, puntajes histopatológicos y constantes farmacocinéticas. El PCA Biplot, en particular, facilita la visualización de las relaciones entre las unidades experimentales, tanto individualmente como por grupos de tratamiento, en relación con estos parámetros. Basado en la descomposición de valores singulares de la matriz de datos, el Biplot ofrece una forma intuitiva de detectar patrones, identificar tendencias y agrupaciones, y estimar correlaciones y varianzas en los datos (Gabriel, 1971; Gabriel, 1972; Villardón, 1986).

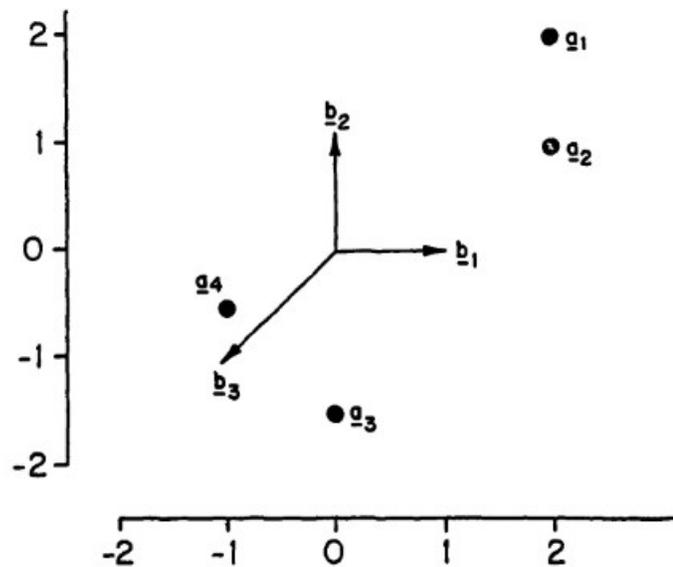
El Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés) es una técnica estadística que simplifica la complejidad de espacios dimensionales elevados. Transforma linealmente un conjunto de p variables correlacionadas (X_1, \dots, X_p) en un nuevo conjunto de p variables no correlacionadas (Y_1, \dots, Y_p). Esta transformación se realiza de tal manera que Y_1 capta la mayor variabilidad presente en los datos, Y_2 captura la siguiente mayor variabilidad, y así sucesivamente.

Los principales propósitos del PCA incluyen la reducción de la dimensionalidad de los datos, facilitando así la interpretación mediante combinaciones lineales de las variables originales y la discriminación basada en la estructura de correlación subyacente. El PCA permite resumir patrones de correlación y, en ciertos casos, identificar nuevas agrupaciones de variables no correlacionadas.

Desde una perspectiva algebraica, los componentes principales son formulados como combinaciones lineales de las variables originales. Geométricamente, representan las coordenadas de puntos en un sistema de ejes reconfigurado, que se logra al rotar el sistema de ejes original hacia las direcciones donde la variabilidad es máxima. Este análisis se basa únicamente en la matriz de covarianza (Σ) o de correlación (ρ) de las variables, y no requiere suposiciones sobre la distribución multivariante de estas.

El Análisis de Componentes Principales (PCA) es efectivo principalmente porque las componentes principales capturan de manera secuencial la máxima variabilidad posible de los datos con mínima pérdida de información y transforman variables correlacionadas en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas, lo que simplifica su interpretación. No obstante, una limitación del PCA es que cada componente principal resulta de una combinación lineal de todas las variables originales, complicando a veces la interpretación de estos componentes (Zou & Hastie, 2005).

Figura 2.3 Análisis de Componentes Principales - PCA BIPLLOT



Interpolación de muestras

En el PCA Biplot, la interpolación de los puntos de muestra en el plano biplot se logra mediante la proyección ortogonal de cada punto en dicho plano, un proceso descrito por Gabriel (1971), Galindo (1986), y Gower y colaboradores (2011).

Suponiendo que \mathbf{Z} es una matriz de datos centrada, podemos utilizar la relación $\mathbf{V}_{[r]}^T \mathbf{V}_{[r]} = \mathbf{I}_r$ para proyectar los datos. La proyección de \mathbf{Z} en los componentes principales se expresa como $\mathbf{Z}\mathbf{V}_{[r]}^T$ contiene las r primeras columnas de \mathbf{V} , los vectores propios asociados a los r valores propios más grandes de la matriz de covarianza o correlación. Esto permite visualizar la estructura de los datos en un espacio reducido de dimensiones, conservando la mayor variabilidad posible de los datos originales. Entonces una muestra centrada se puede escribir como:

$$\mathbf{Z}\mathbf{V}_{[r]}^T = \mathbf{D}_o \mathbf{V}_{[r]} \mathbf{V}_{[r]}^T = \mathbf{D}_o \mathbf{V}_{[r]} (\mathbf{V}_{[r]}^T \mathbf{V}_{[r]})^{-1} \mathbf{V}_{[r]}^T \mathbf{T}$$

La representación de la muestra do proyectada en el plano Biplot es dado por:

$$\mathbf{d}_{\text{oproj}}^T = \mathbf{d}_o^T \mathbf{V}_{[r]} (\mathbf{V}_{[r]}^T \mathbf{V}_{[r]})^{-1} \mathbf{V}_{[r]}^T = \mathbf{z}^T \mathbf{V}_{[r]}^T$$

Como resultado de la proyección en el PCA Biplot, las coordenadas de las muestras en el plano biplot están dadas por \mathbf{Z}^T , donde esta es el resultado de la proyección ortogonal de la muestra \mathbf{Z} sobre los vectores principales. En términos matemáticos, si \mathbf{Z} representa la matriz de datos centrada y $\mathbf{V}_{[r]}$ son los vectores principales obtenidos, entonces la interpolación de la muestra en el plano biplot se realiza calculando $\mathbf{Z}^T = \mathbf{Z}\mathbf{V}_{[r]}^T$

Cuando se considera un punto z^* ($r \times 1$) en el contexto del PCA Biplot, este punto está definido en términos de las coordenadas del sistema del plano biplot, que es un subespacio derivado del espacio original de dimensiones superiores (P-dimensional). En este marco, z^* representa las coordenadas del punto en el espacio reducido (r-dimensional), que es el resultado de la proyección de los datos originales en los principales componentes.

Las coordenadas de z^* en el plano biplot tienen una correspondencia directa con una representación en el espacio P-dimensional. Esta correspondencia se logra a través de la relación entre las coordenadas proyectadas en el espacio r-dimensional y las coordenadas originales en el espacio P-dimensional. Para obtener las coordenadas del punto en el espacio P-dimensional, denominadas do_{proj} , se realiza la siguiente transformación:

$$\mathbf{do}_{proj} = \mathbf{V}_{[r]} z^*$$

Predicción de ejes

En un PCA Biplot, los marcadores de columna están definidos por las filas de la matriz $\mathbf{V}_{[r]}$. Los ejes de factores se determinan reemplazando \mathbf{b}_j por $\mathbf{V}_{[r]}^T \mathbf{e}_k$ donde \mathbf{e}_k es el vector unitario correspondiente al eje k-ésimo. Esto proporciona el factor de calibración para el eje k-ésimo, que es esencial para interpretar la contribución de cada variable original en el componente principal representado por dicho eje.

$$\alpha = \frac{u^*}{\mathbf{e}_k^T \mathbf{V}_{[r]} \mathbf{V}_{[r]}^T \mathbf{e}_k}$$

Donde \mathbf{e}_k es el vector unitario con ceros excepto uno en la posición k th . Por lo tanto, el marcador u^* sobre el eje de predicción Biplot se obtiene mediante la expresión:

$$\frac{u^*}{\mathbf{e}_k^T \mathbf{V}_{[r]} \mathbf{V}_{[r]}^T \mathbf{e}_k} \mathbf{V}_{[r]}^T \mathbf{e}_k$$

Medida de ajuste para PCA Biplot

Cuando se selecciona un plano bidimensional óptimo para proyectar puntos, como en el PCA, es crucial evaluar qué tan bien esta proyección representa la matriz original Do (Oyedele & Lubbe, 2015). Esto se logra al considerar tanto la parte ajustada $\hat{Do}[r]$ como la parte residual $(Do - \hat{Do}[r])$ de la matriz Do :

$$Do = \widehat{Do}[r] + (Do - \widehat{Do}[r])$$

Esta ecuación representa la descomposición ortogonal de Do , donde la norma cuadrada de Do es igual a la suma de las normas cuadradas de la parte ajustada y la parte residual:

$$\|Do\|^2 = \|\widehat{Do}[r]\|^2 + \|Do - \widehat{Do}[r]\|^2$$

Esto indica que la variación total en los datos originales se mantiene, distribuyéndose entre las proyecciones ajustadas y los residuales.

La ortogonalidad se detalla más en la siguiente ecuación, que muestra que la matriz de covarianza de Do es igual a la suma de las matrices de covarianza de las partes ajustada y residual:

$$DoDo^T = \widehat{Do}[r]\widehat{Do}^T[r] + (Do - \widehat{Do}[r])(Do - \widehat{Do}[r])^T$$

Esta relación asegura que la parte ajustada y la parte residual son ortogonales en términos de variación, un aspecto fundamental del análisis de componentes principales para garantizar que la variación capturada y la no capturada por las componentes principales son mutuamente excluyentes. Estas relaciones son vitales para verificar la efectividad de la representación bidimensional de los datos originales, ayudando a determinar la fiabilidad de la interpretación derivada de la reducción dimensional, en los dos tipos de ortogonalidad. Primero es

$$\mathbf{DoDo}^T = \mathbf{D}^o[r] \mathbf{Do}^T[r] + (\mathbf{Do} - \mathbf{D}^o[r]) (\mathbf{Do} - \mathbf{D}^o[r])^T$$

Esto se da por:

$$\begin{aligned} \mathbf{Do} (\mathbf{Do} - \mathbf{D}^o[r])^T &= \mathbf{DoDo}^T - \mathbf{Do} \mathbf{V}[r] \mathbf{V}[r]^T \mathbf{Do}^T[r] \\ &= \mathbf{DoDo}^T - \mathbf{DoDo}^T \\ &= 0 \end{aligned}$$

Y

$$\begin{aligned} \mathbf{Do} (\mathbf{Do} - \mathbf{D}^o[r])^T &= \mathbf{Do} \mathbf{V}[r] \mathbf{V}[r]^T \mathbf{Do}^T[r] - \mathbf{Do} \mathbf{V}[r] \mathbf{V}[r]^T \mathbf{V}[r] \mathbf{V}[r]^T \mathbf{Do}^T[r] \\ &= \mathbf{DoDo}^T - \mathbf{Do} \mathbf{V}[r] \mathbf{V}[r]^T \mathbf{Do}^T[r] \\ &= \mathbf{DoDo}^T - \mathbf{DoDo}^T \\ &= 0 \end{aligned}$$

Para $\mathbf{V}[r]^T \mathbf{V}[r] = \mathbf{I}_r$ y $\mathbf{V}[r]\mathbf{V}[r]^T = \mathbf{I}_p$. El siguiente tipo ortogonal es:

$$\mathbf{Do}^T \mathbf{Do} = \mathbf{Do}^T[r] \mathbf{D}^o[r] + (\mathbf{Do} - \mathbf{D}^o[r])^T (\mathbf{Do} - \mathbf{D}^o[r])$$

donde

$$\begin{aligned} \mathbf{D_o T (D_o - D' o[r])} &= \mathbf{D_o T D_o - D_o T D_o V[r] V[r] T} \\ &= \mathbf{D_o T D_o - D_o T D_o} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Y

$$\begin{aligned} \mathbf{D_o T [r] (D_o - D' o[r])} &= \mathbf{V[r] V[r] T D_o T D_o - V[r] V[r] T D_o T D_o V[r] V[r] T} \\ &= \mathbf{D_o T D_o - V[r] V[r] T D_o T D_o} \\ &= \mathbf{D_o T D_o - D_o T D_o} \\ &= 0 \end{aligned}$$

2.10. HJ BIPLLOT

El HJ Biplot es una herramienta gráfica multivariante utilizada para la visualización y análisis de datos. Se basa en la descomposición de valores singulares de una matriz y puede generar visualizaciones bidimensionales y tridimensionales, incluida la selección de subconjuntos, el etiquetado y la rotación de ejes empleando principalmente la combinación de filas y columnas (Tsianco, Gabriel, Odoroff, & Plumb, 1981)

En el HJ Biplot, los componentes principales se utilizan para explicar la variabilidad de los datos. La orientación y longitud de los vectores (que representan variables) respecto a los ejes principales informan sobre la contribución de cada variable a los componentes seleccionados, en este sentido, a pesar de su fundamento matemático complejo, los HJ Biplots son relativamente fáciles de interpretar una vez que el usuario comprende los conceptos básicos de componentes principales y la representación de vectores y puntos. Esta facilidad de interpretación los hace accesibles no sólo a estadísticos sino también a investigadores de otras disciplinas. (Gower y Hand, 1995).

2.11. ANOVA

El Análisis de Varianza (ANOVA) es un método estadístico empleado para evaluar si las diferencias entre las medias de tres o más grupos independientes son estadísticamente significativas. Aunque hay varias versiones de ANOVA, la más utilizada es el ANOVA de un factor, también conocido como ANOVA de una vía. Esta variante se aplica cuando los grupos están categorizados según una única variable independiente (SahaRay & Bhandari , 2003). Este tiene como objetivo determinar si las diferencias entre las medias de los grupos son mayores de lo que cabría esperar por variación aleatoria, es decir, si las diferencias pueden atribuirse a las variaciones en las variables independientes y no a la variabilidad dentro de los grupos. Este análisis trabaja bajo dos supuestos, la hipótesis nula donde las medias de todos los grupos son iguales y la alterna donde al menos una media del grupo es diferente de las demás (Fisher, 1980).

El nombre "análisis de varianza" proviene de la descomposición de la varianza observada en componentes que se atribuyen a diferentes fuentes de variación:

Suma Total de Cuadrados (SST): Variabilidad total en la respuesta, dividida en la suma de cuadrados debido al modelo (SSM) y la suma de cuadrados debida al error (SSE).

$$SST = SSM + SSE$$

donde:

SSM (Suma de Cuadrados del Modelo): Variabilidad debido a las diferencias entre los grupos.

SSE (Suma de Cuadrados del Error): Variabilidad dentro de los grupos.

- **Fórmulas:**

$$SSM = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2$$
$$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i)^2$$

$$SSE = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{y}_i - \bar{y})^2$$

Aquí, n_i es el número de observaciones en el grupo i , \bar{y}_i es la media del grupo i , y_{ij} es la observación j en el grupo i , y \bar{y} es la media global de todas las observaciones.

- **Estadístico de Prueba:**

$$F = \frac{MSM}{MSE}$$

- Donde:

MSM (Media de la Suma de Cuadrados del Modelo):

$$MSM = \frac{SSM}{df M}$$

MSE (Media de la Suma de Cuadrados del Error):

$$MSE = \frac{SSE}{df E}$$

Los grados de libertad para el modelo ($df M$) son $(K - 1)$ y para el error ($df E$) son $(N - k)$, donde k es el número de grupos y N el total de observaciones.

Capítulo 3

3. Metodología

3.1. Definición de variables

En el marco de este estudio, se ha llevado a cabo la recopilación y análisis de datos específicos del sector de la construcción durante el período comprendido entre 2021 y 2023. Estos datos, desglosados por provincia y organizados mensualmente, fueron obtenidos del Servicio de Rentas Internas (SRI). Adicionalmente, se ha accedido a información pertinente del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Encuesta de empleo, desempleo y subempleo – ENEMDU, la cual incluye indicadores laborales claves como el número total de empleados en el sector, el promedio de horas trabajadas por empleado, el salario promedio mensual, el nivel educativo promedio de la fuerza laboral y el porcentaje de empleados que han recibido capacitación.

3.2. Descripción de los datos:

Este conjunto de datos combina las ventas registradas por el Servicio de Rentas Internas (SRI) con estadísticas laborales del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), extraídas de la Encuesta de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU). El período de estudio comprende datos desde 2021 hasta 2023, organizados mensualmente y desglosados por cada una de las 24 provincias de Ecuador. La base de datos incluye un total de 864 observaciones que corresponden a los 36 meses del intervalo especificado, facilitando un análisis detallado de las tendencias económicas y laborales a nivel provincial durante este periodo.

3.3. Estadísticas Descriptivas:

Utilizando esta información, se ha realizado un análisis detallado de la productividad en el sector constructor, correlacionando las cifras de ventas con los indicadores laborales para entender

las tendencias provinciales y mensuales. Las puntuaciones exploradas de la base de datos se sometieron a una transformación logarítmica con el objetivo de normalizar los datos y reducir el efecto de los valores atípicos (Whitmore & Yalovsky, 1978). Además, se ha explorado cómo diversos factores laborales pueden influir en la productividad del sector. Esta integración de datos permite examinar la eficiencia laboral y su impacto en el crecimiento económico del sector constructor en Ecuador durante el período postpandemia.

Tabla 3-1 Estructura de las variables de estudio

Variable	Definición	Media	D.S.	Mínimo	Máximo
Ventas	Detalle de las ventas mensuales del sector de la construcción, desglosadas por provincia.	18456847	46675194	48903	445603807
Empleo	Número total de empleados en el sector.	20505	36309,24	113	237300
Horas de trabajo promedio	Promedio de horas trabajadas por empleado.	38,3	4,16	8	58
Salario Promedio	Salario mensual promedio.	362.1	151,05	0	3000
Promedio de años de estudio	Educación promedio de la fuerza laboral.	4,86	0,72	1	8
Capacitación	Porcentaje de empleados que han participado en programas de capacitación.	0,0095	0,035	0	0,53
Productividad	Definido como la relación entre las ventas y el número totales de empleados.	906,06	1332,57	12,23	20066,28

3.4. Grupo objeto de la investigación

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, orientado hacia el análisis de datos numéricos sistematizados a través de métodos estadísticos. Este enfoque se justifica debido a la naturaleza de los datos disponibles y la necesidad de establecer relaciones claras y medibles entre las variables de estudio, lo que permite una evaluación objetiva de los factores asociados a la eficiencia laboral y su impacto en el crecimiento económico del sector de la construcción en Ecuador durante el período 2021-2023.

Los datos proporcionan información detallada sobre las ventas del sector de la construcción y varios indicadores laborales como el número de empleados, horas trabajadas, salario promedio, y el nivel de educación de la fuerza laboral, desglosados por provincia y organizados mensualmente.

Para el análisis de estos datos, se empleó el Análisis de Componentes Principales (PCA) y el método HJ-Biplot, que son técnicas estadísticas multivariantes utilizadas para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos mientras se conserva la mayor cantidad posible de su variabilidad. Estos métodos son especialmente útiles para identificar patrones y relaciones subyacentes entre múltiples variables.

El estudio abarcó el total de las ventas y empleados en el sector de la construcción a nivel nacional, con un enfoque particular en cada una de las 24 provincias de Ecuador durante los años 2021, 2022 y 2023. La muestra consistió en 864 observaciones, representando los datos recopilados mensualmente por provincia a lo largo del período de estudio. Esta amplia cobertura geográfica y temporal asegura que los resultados sean representativos de las tendencias nacionales y regionales en el sector de la construcción ecuatoriano durante el período postpandemia.

Se realizó un exhaustivo proceso de validación de los datos para asegurar su precisión y confiabilidad. Esto incluyó la verificación de la coherencia interna de los datos, así como comparaciones con registros y publicaciones oficiales para confirmar la integridad de la información recopilada.

Capítulo 4

4. Resultados

4.1. Análisis correlacional

La tabla 2 muestra un análisis correlacional, que demuestra la existencia de efectos lineales significativos entre varias variables, aunque algunos de los coeficientes de correlación son relativamente bajos. Por ejemplo, la correlación entre las Ventas y el Empleo es fuerte y altamente significativa ($r = 0.76$, ***), otros coeficientes como el del Salario Promedio y las Horas de Trabajo Promedio ($r=0.46$, ***) son menos robustos pero aún indican relaciones significativas, sugiriendo que aunque la fuerza de la asociación puede no ser extremadamente alta, la consistencia de la relación entre ciertas variables es suficiente para descartar la posibilidad de que estas correlaciones sean producto del azar.

Tabla 4-1 Coeficientes de correlación de Pearson y significancia

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1. Ventas	1						
2. Empleo	0,76 ***	1					
3. Productividad	0,57 ***	-0,1 ***	1				
4. Horas de trabajo promedio	-0,04 Ns	-0,11 **	0,08 *	1			
5. % E con capacitación	0,12 ***	0,03 ns	0,16 ***	0,05 Ns	1		
6. Salario promedio	0,08 *	0,02 ns	0,11 **	0,46 ***	0,06 Ns	1	
7. Promedio de años de estudio	-0,02 Ns	0,02 ns	-0,06 ns	0,11 ***	0,04 Ns	0,13 ***	1

*, $p < .05$; **, $p < .01$; ***, $p < .001$; ns, No significativa

Por otro lado, se observa que variables como Productividad y Empleo muestran una correlación negativa significativa con otros factores pero aún son estadísticamente relevantes ($r=-0.1$, *** con Empleo), demostrando que pequeñas variaciones en estas métricas están

sistemáticamente asociadas con cambios en otras variables, así mismo, a pesar de que los coeficientes de correlación no sean altamente pronunciados, los resultados muestran cómo incluso correlaciones recatadas pueden ser críticas, especialmente en contextos donde las decisiones estratégicas dependen del entendimiento preciso de estas dinámicas.

4.2. Análisis de la varianza

La Tabla 3 muestra las sumas de cuadrados y la varianza explicada por cada factor e interacción de las variables estudiadas en el análisis. La cantidad de ventas destaca por tener todas sus interacciones significativas, un patrón no observado en las demás variables, lo que propone que las relaciones que existen entre el número de ventas y los factores evaluados responden de manera sensible y significativa a las variaciones en la provincia, el mes, el año, y sus interacciones.

Tabla 4-2 Análisis de la varianza para las variables de estudio

Suma de Cuadrados	Ventas	Empleo	Horas de trabajo promedio	Salario Promedio	Promedio de años de estudio	Capacitación	Productividad
Provincia	1894,63***	1218,75***	464,4***	1,3643***	0,07931***	19,104***	0,5903*
PSS%	88,71	83,38	51,87	11,37	9,3	9,21	4,05
Mes	136,2***	6,21*	135,11***	0,2196 (ns)	0,00798 (ns)	4,059 (ns)	0,216 (ns)
M SS%	6,38	0,42	15,09	1,83	0,94	1,96	1,48
Año	11,42***	4,1***	2,18*	0,0218 (ns)	0,00369 (ns)	5,273***	0,0015 (ns)
A SS%	0,53	0,28	0,24	0,18	0,43	2,54	0,01
Prov x Mes	32,24***	87,49**	113,87***	3,4434 (ns)	0,24414 (ns)	52,439 (ns)	3,9731 (ns)
P x M							
SS%	1,51	5,99	12,72	28,69	28,64	25,29	27,26
Prov x Año	11,04***	13,22 (ns)	16,71 (ns)	0,5861 (ns)	0,06601**	12,654 (ns)	1,1286*
P x A	0,52	0,9	1,87	4,88	7,74	6,1	7,74
Mes x Año	7,53***	2,96 (ns)	7,94 (ns)	0,3713 (ns)	0,01838 (ns)	4,419 (ns)	0,3312 (ns)
M x A							
SS%	0,35	0,2	0,89	3,09	2,16	2,13	2,27
Residuals	42,61	128,89	155,07	5,997	0,43301	109,436	8,3351
R SS%	2	8,82	17,32	49,96	50,79	52,77	57,18

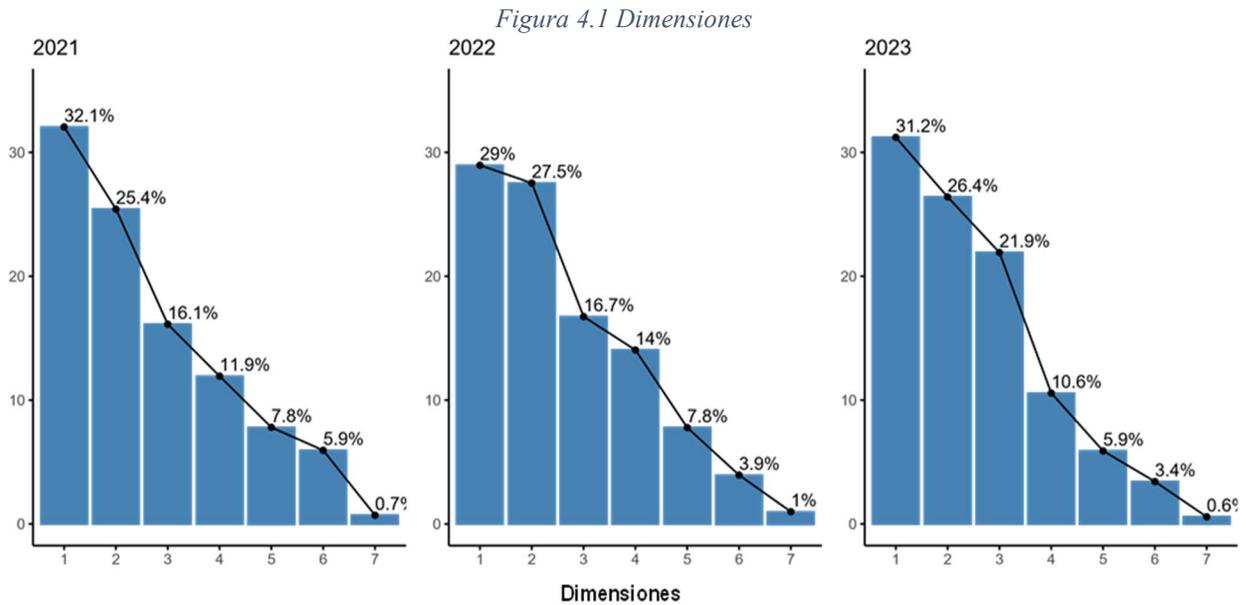
*, $p < .05$; **, $p < .01$; ***, $p < .001$; ns, No significativa

El número de ventas es altamente significativo tanto en las provincias, meses, años y sus interacciones, demostrando que los niveles de ventas varían considerablemente dependiendo de la

localidad, la temporada y el periodo específico dentro del año. Por otro lado, el salario promedio no muestra variaciones significativas a lo largo del tiempo, aunque sí presenta diferencias significativas entre provincias, infiriendo que, dependiendo de la localidad, la remuneración en el sector de la construcción puede variar notablemente, lo cual podría reflejar diferencias en las condiciones económicas locales o en las políticas salariales de las empresas dentro de esas regiones.

En cuanto al poder explicativo, el factor con mayor contribución a cada variable son las provincias, explicando hasta el 88% de la varianza de los datos, estas altas contribuciones sugieren que existen diferencias regionales fuertes en los contextos económicos, desde el número de ventas hasta los niveles de productividad. Las interacciones Provincia x Año y Provincia x Mes también tienen un notable nivel de explicación, con valores significantes que van desde los 7,7 hasta el 28,69% de la varianza total.

Análisis de los componentes



El análisis de PCA aplicado a los datos económicos del sector constructor revela variaciones significativas en la estructura de las principales componentes a lo largo de los años 2021, 2022 y 2023. En 2021, las dos primeras componentes principales capturaron el 57.48% de la varianza total, con un valor propio de 2.24 para la primera componente y 1.78 para la segunda. En 2022, estas dos primeras componentes reflejaron una leve disminución en la varianza explicada, sumando el 56.49% de la varianza total, con valores propios de 2.03 y 1.93 respectivamente. Para 2023, se observó una ligera mejora en la acumulación de varianza con las dos primeras componentes alcanzando el 57.62% de la varianza total, donde los valores propios fueron 2.19 y 1.85.

Este patrón sugiere una cierta consistencia en las dimensiones subyacentes que impactan al sector, aunque con variaciones en la contribución relativa de cada componente principal año tras año. Notablemente, la tercera componente mostró un incremento gradual en su contribución a la varianza total desde 16.13% en 2021 hasta 21.92% en 2023, lo que indica un cambio potencial en

los factores económicos adicionales que afectan al sector. En todos los años, más del 73% de la varianza total fue explicada por las tres primeras componentes, destacando la importancia de estos factores principales en el análisis económico del sector constructor. La consistencia en la representación de la varianza a través de las componentes sugiere una estabilidad en las dimensiones económicas subyacentes que influyen en el sector, aunque con variaciones que podrían reflejar cambios en el mercado o en la economía más amplia.

Análisis de los gráficos cosenos cuadrados (Cos^2)

Figura 4.2 Gráfico de cosenos cuadráticos durante los años 2021

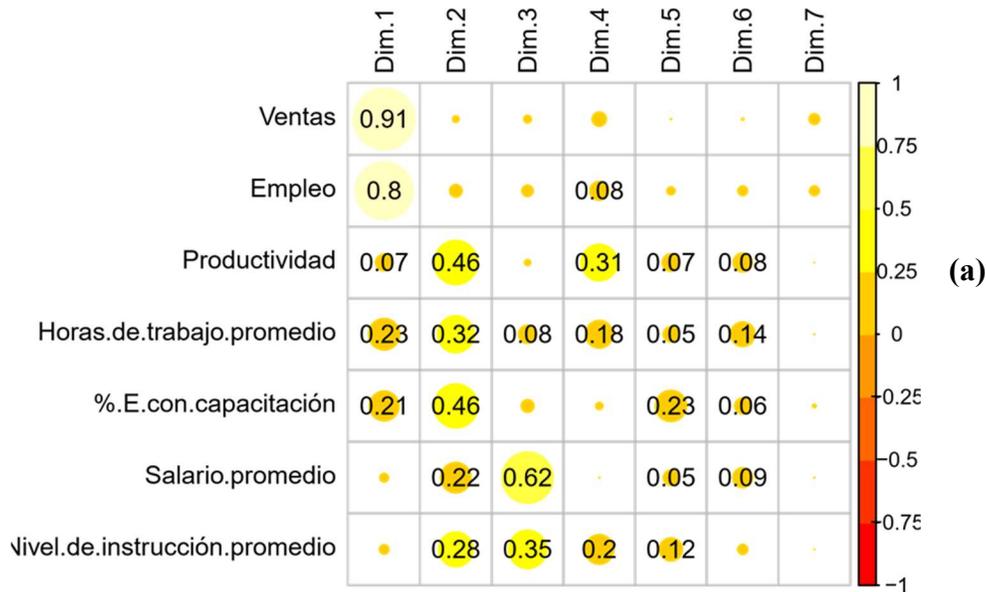


Figura 4.3 Gráfico de cosenos cuadráticos durante los años 2022



Figura 4.4 Gráfico de cosenos cuadráticos durante los años 2023.



Nota. Los gráficos muestran los valores del coseno cuadrático de cada variable a las dimensiones extraídas por el método PCA; donde (a) corresponde a datos del 2021, (b) corresponde a datos del 2022 y (c) corresponde a datos del 2023.

En la primera dimensión (Dim.1) del gráfico (a) se explica una significativa porción de la varianza, variables como "Ventas" (90.55%) y "Empleo" (79.77%) tienen las mayores contribuciones, indicando que estos factores son los principales impulsores de la variabilidad en los datos del sector. En contraste, "Productividad" y "Horas de trabajo promedio" muestran una mayor contribución en la segunda y cuarta dimensiones, con valores del 45.81% y 31.32% respectivamente en Dim.2 y Dim.4, lo que sugiere que estas variables influyen en otros aspectos clave de los datos económicos del sector.

Por otro lado, en los datos del año 2022 (Gráfico b), las correlaciones más significativas del \cos^2 se encuentran en la primera dimensión, nuevamente con las variables "Empleo" y "Ventas" quienes presentan las mayores contribuciones, con 61.54% y 59.93% respectivamente, reflejando su preponderancia en el sector. La segunda dimensión destaca el "Salario promedio" con un 55.49%, seguido de "Horas de trabajo promedio" que también muestra una influencia considerable en las primeras dos dimensiones, indicando su relevancia en la dinámica laboral del sector.

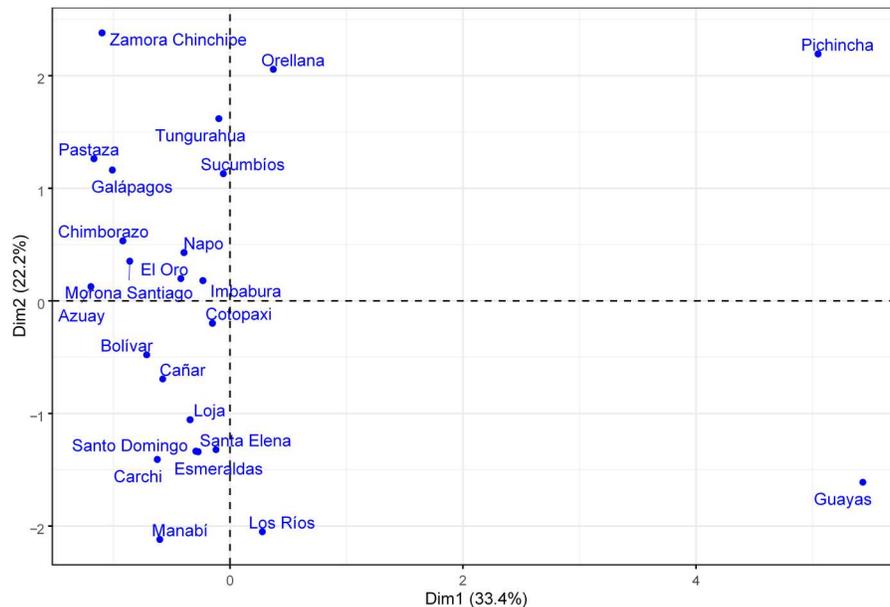
Finalmente, en el análisis de componentes principales de los datos del 2023 (gráfico c), las variables "Empleo" y "Ventas" mostraron las correlaciones más altas en la Dimensión 1, con valores de \cos^2 del 67.15% y 63.08% respectivamente, destacando su rol fundamental en la actividad del sector. Por otro lado, "Nivel de instrucción promedio" fue predominante en la Dimensión 3 con un 51.34%, lo que refleja la importancia del capital humano cualificado en el sector.

Las variables relacionadas con las condiciones de trabajo y desarrollo profesional, como "Horas de trabajo promedio" y "% de Empleados con capacitación", mostraron distribuciones más equitativas a través de varias dimensiones, pero con una notable influencia en la Dimensión 3 y Dimensión 4 respectivamente, indicando la relevancia de la formación y las condiciones laborales

en la productividad y el bienestar laboral. Estos patrones subrayan cómo las facetas de empleo, capacitación y formación académica moldean significativamente la dinámica del sector constructor.

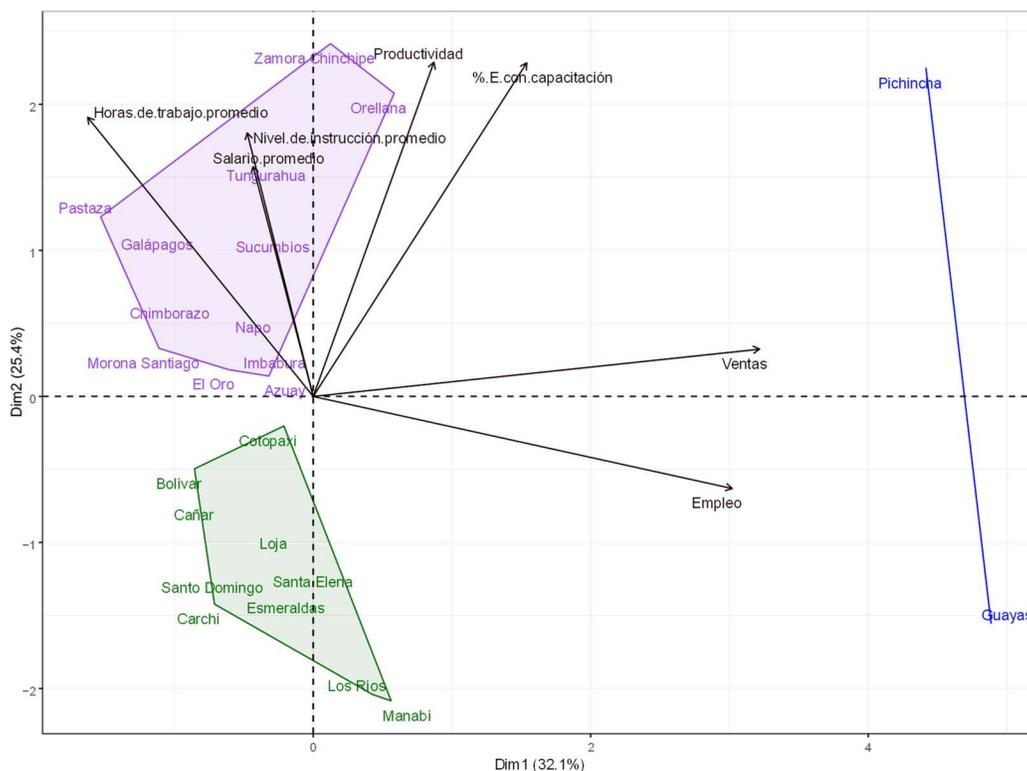
4.3.PCA HJ Biplot

Figura 4.5 PCA sobre la economía provincial en los planos factoriales 1 y 2 durante el año 2021



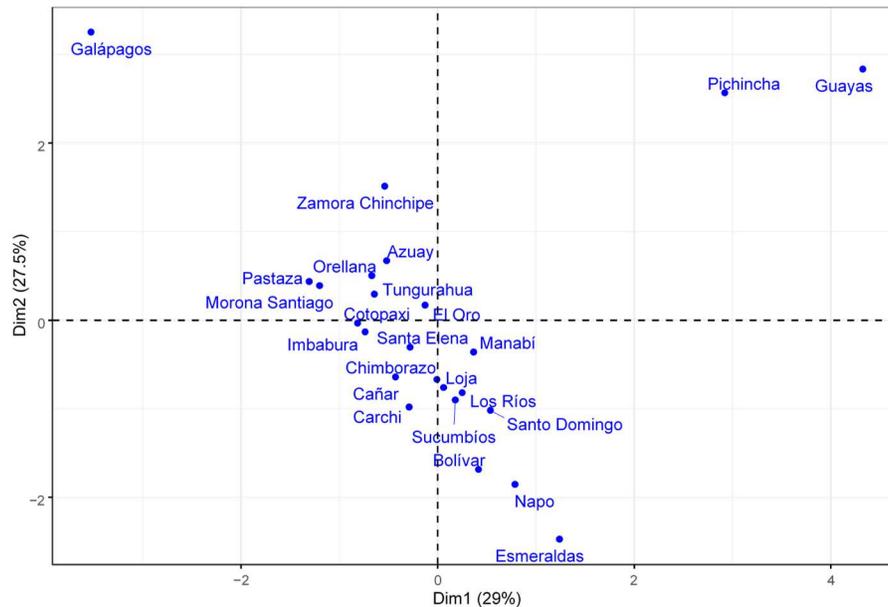
En la figura 4.5 se muestra el PCA Biplot sobre la situación económica en base a las provincias ecuatorianas durante el año 2021, los planos factoriales 1 y 2 recogen el 55,6% de la varianza total explicada, demostrando que las primeras componentes son suficientes para explicar la variabilidad de los datos. Por otro lado, las provincias de Pichincha y Guayas revelan tener un comportamiento atípico sobre las demás zonas ecuatorianas, al mismo tiempo la provincia de Guayas tiene valores más bajos para la dimensión 2, a diferencia de Pichincha, con valores más altos para este mismo plano. Finalmente, las provincias de Imbabura, Cotopaxi y en menor medida, El Oro y Napo, muestran un comportamiento más común, con valores promedios a toda la distribución de datos.

Figura 4.6 HJ Biplot sobre la economía provincial en los planos factoriales 1 y 2 durante el año 2021



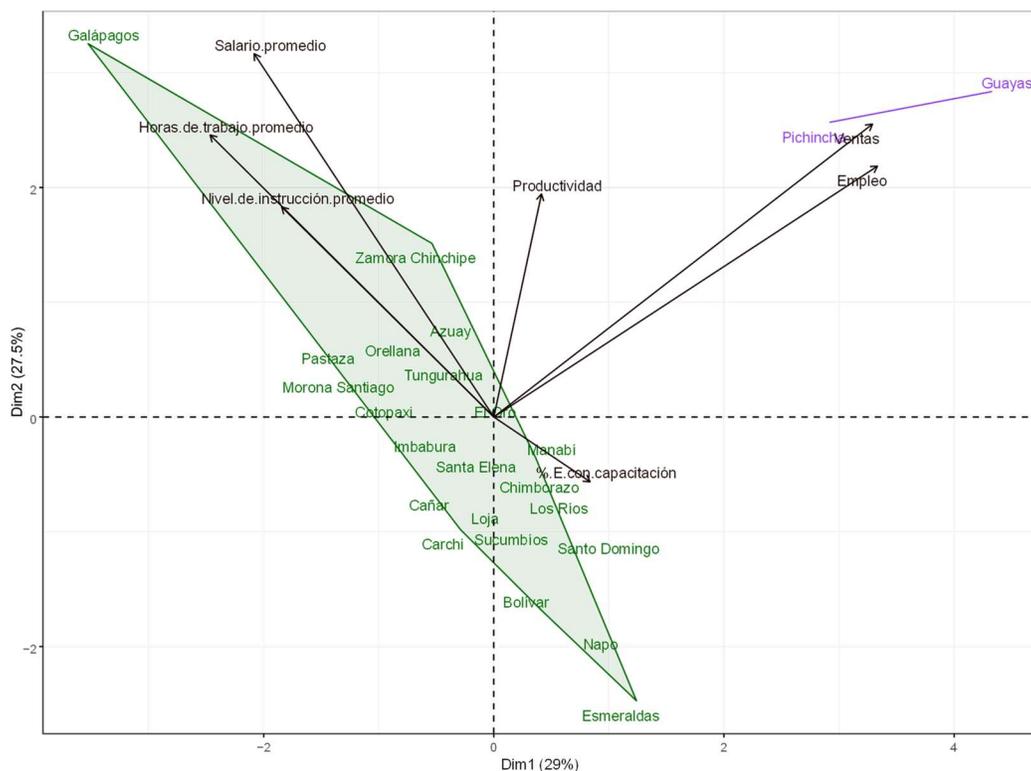
El HJ Biplot de la figura 4.6 nos muestra información más detallada con respecto a la situación económica de las provincias ecuatorianas. En este caso se revela que el comportamiento atípico de las provincias de Guayas y Pichincha durante el año 2021 se debe a la asociación que tienen con diferentes variables, por ejemplo, Guayas presenta valores más altos en cuanto a sus niveles de empleos durante este periodo, por otro lado, Pichincha presenta asociaciones más altas con el “% E. con capacitación” y el número de ventas y Zamora Chinchipe junto con Orellana presentan los valores más altos de productividad.

Figura 4.7 PCA Biplot sobre la economía provincial en los planos factoriales 1 y 2 durante el año 2022



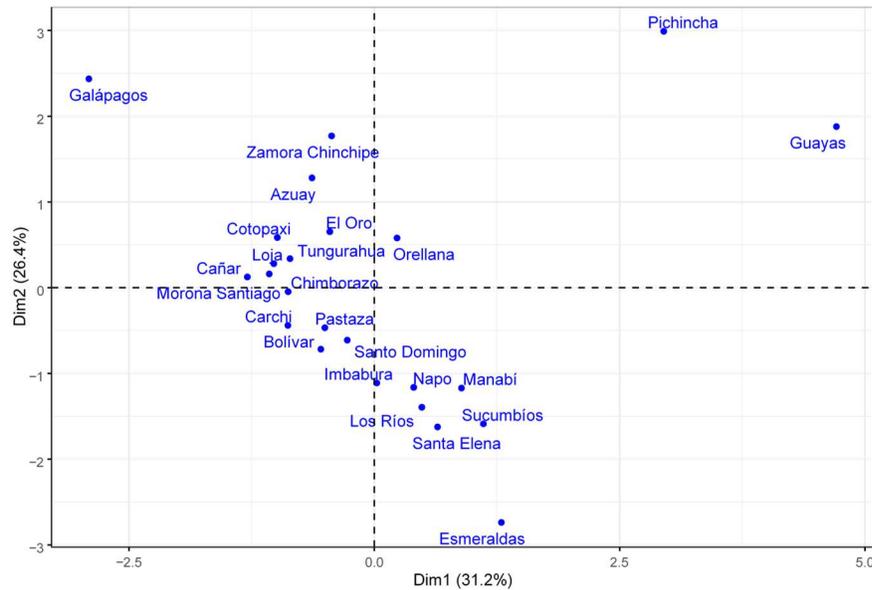
En la figura 4.7 se muestra el PCA Biplot sobre la situación económica en base a las provincias ecuatorianas durante el año 2022, los planos factoriales 1 y 2 recogen el 56,5% de la varianza total, demostrando que las dos primeras componentes son suficientes para explicar la variabilidad de los datos. Por otro lado, a diferencia del año 2021, durante este periodo se identifican 4 provincias con un comportamiento atípico sobre las demás zonas, teniendo valores cercanos las provincias de Pichincha y Guayas, así mismo Galápagos con altos valores para la dimensión 2 y bajos para la dimensión 1, respectivamente. Finalmente, la provincia de Esmeraldas muestra altos valores negativos para la dimensión 2.

Figura 4.8 HJ Biplot sobre la economía provincial en los planos factoriales 1 y 2 durante el año 2022



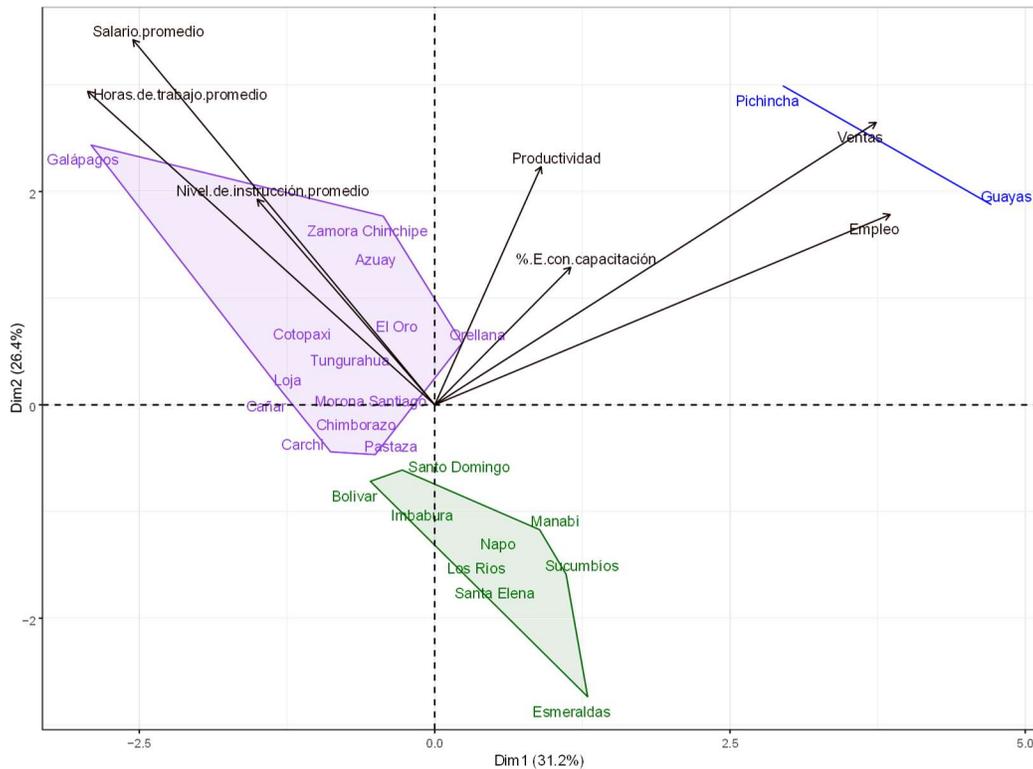
La figura 4.8 nos muestra el HJ Biplot sobre la situación económica de las provincias ecuatorianas durante el periodo del 2022. Estos resultados resaltan la asociación que existe entre las provincias de Guayas y Pichincha y sus altos valores con las variables de número de ventas y número de empleo respectivamente. Por otro lado, la provincia Galápagos muestra altos valores para el salario promedio y horas de trabajo promedio reportadas. También, la provincia de Esmeraldas y Napo muestran los valores más bajos para el salario promedio y el número de horas promedio, demostrando una subyacente relación entre estos dos indicadores. Finalmente, la distribución muestra a la provincia de Zamora Chinchipe con el valor más alto de productividad.

Figura 4.9 PCA Biplot sobre la economía provincial en los planos factoriales 1 y 2 durante el año 2023



En la figura 4.9 se muestra el PCA Biplot sobre la situación económica en base a las provincias ecuatorianas durante el año 2023, los planos factoriales 1 y 2 recogen el 57,6% de la varianza total, demostrando que estas dos componentes son suficientes para explicar la variabilidad de los datos. La distribución provincial revela que durante el periodo 2023 cuatro provincias tienen un comportamiento diferente al resto de las zonas ecuatorianas, resaltando Galápagos, Esmeraldas, Pichincha y Guayas. Por otro lado, el PCA Biplot muestra que las provincias tienden a agruparse con posiciones ligeramente diferentes entre los periodos 2022 y 2023.

Figura 4.10 HJ Biplot sobre la economía provincial en los planos factoriales 1 y 2 durante el año 2023



Finalmente, la figura 4.10 muestra el HJ Biplot sobre la situación económica de las provincias durante el periodo 2023, en ella se revela que las provincias de Pichincha y Guayas poseen los valores más altos para número de ventas y empleo respectivamente, sin embargo, se encuentran más distantes que durante el 2022. De igual manera que en los otros periodos, la provincia de Zamora Chinchipe muestra los valores más altos de productividad, por otro lado, la provincia de Galápagos muestra los valores más altos con respecto al número de horas de trabajo promedio. Finalmente, la provincia de Esmeraldas revela tener los valores más bajos en la mayoría de los casos, destacando principalmente con el valor más bajo en salario promedio.

4.4.Resultados

El análisis correlacional permite visualizar los efectos lineales entre variables dependientes e independientes. En este estudio, se demostró que existe un efecto lineal y significativo entre el número total de empleados y el número de ventas. Asimismo, se observó que el porcentaje de personal capacitado tiene un efecto positivo tanto en el número de ventas como en los niveles de productividad. Aunque los coeficientes de correlación son bajos, estos resultados son estadísticamente significativos. Además, se encontró que las condiciones laborales, la capacitación y el nivel educativo influyen significativamente en la eficiencia laboral. Las empresas que invierten en la formación continua de sus trabajadores y en mejorar sus condiciones laborales tienden a experimentar mayores niveles de productividad. Este hallazgo se alinea con la teoría de la firma, que postula que la acumulación y gestión del conocimiento interno es crucial para mantener altos niveles de eficiencia y competitividad.

Asimismo, se demuestra que, dentro del sector constructor, el salario promedio de los empleados tiene una relación lineal con las horas trabajadas. Es decir, a medida que aumentan las horas de trabajo promedio, también lo hace el salario promedio. Esto refleja que los trabajos que demandan más horas, o aquellos mejor pagados, exigen más horas de trabajo y, por ende, tienen una mejor compensación. La correlación positiva entre las condiciones laborales y la productividad respalda la teoría de los costos de transacción. Las empresas que internalizan actividades y reducen los costos de transacción mediante una mejor coordinación interna tienden a ser más eficientes. Además, las empresas que logran minimizar los conflictos de interés entre propietarios y trabajadores a través de buenos sistemas de incentivos pueden mejorar significativamente su eficiencia laboral.

Los análisis de varianza demostraron que las diferentes provincias tienen un efecto significativo y predominante, con altas cargas de varianza explicada en casi todas las variables estudiadas (SS%), como en el número de ventas (88,71%), empleo (83,38%) y horas de trabajo promedio (51,87%). Esto evidencia que las diferencias regionales o administrativas tienen un impacto considerable en estos aspectos de las organizaciones. Además, se observó que la estacionalidad mensual y anual mantiene diferencias significativas tanto en ventas como en horas de trabajo promedio, lo que sugiere que el sector constructor debe prestar mayor atención a cómo los cambios mensuales y las diferencias regionales afectan el desempeño, más que las variaciones anuales.

Los análisis HJ Biplot revelan que, a lo largo de los tres periodos estudiados, las provincias con mayor densidad poblacional, como Pichincha y Guayas, experimentaron mayores fluctuaciones y registraron los niveles más altos en los indicadores factoriales, destacándose en ventas y empleo durante los tres años analizados. Por otro lado, provincias como Azuay y Orellana mostraron mayor estabilidad, sin cambios significativos en productividad, salario, horas de trabajo o niveles de capacitación del personal. Asimismo, la descomposición en dos planos factoriales muestra que existe una relación entre los valores alcanzados de años de estudio promedio del personal, horas promedio de trabajo y salario promedio, reflejada consistentemente en los tres años.

Capítulo 5

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

El análisis realizado en este proyecto ha permitido evaluar la relación entre la productividad del trabajo y el crecimiento del sector de la construcción en Ecuador durante el período postpandemia 2021-2023. Utilizando la técnica estadística de Análisis de Componentes Principales (PCA) en conjunto con el HJ Biplot, se han identificado los principales impulsores de la productividad en el sector constructor.

Se ha confirmado que las condiciones laborales, tales como el nivel de capacitación, salario promedio y años de estudio, tienen una influencia significativa en la productividad del sector de la construcción. Las provincias con mayor inversión en capacitación y mejores condiciones salariales presentan niveles más altos de productividad.

El análisis ha revelado diferencias regionales significativas en la productividad del sector. Provincias como Pichincha y Guayas han mostrado un comportamiento atípico, destacándose por su alto nivel de ventas y empleo. Esto sugiere que las políticas y estrategias locales influyen considerablemente en la eficiencia laboral.

La pandemia de COVID-19 ha tenido un impacto notable en el sector, exacerbando los desafíos preexistentes. Sin embargo, el análisis muestra signos de recuperación en ciertas provincias, impulsadas por políticas de inversión y capacitación.

Las variables relacionadas con el capital humano, como los años de estudio promedio y la participación en programas de capacitación, se han identificado como impulsores clave de la productividad. Estas variables explican una parte significativa de la variabilidad en los datos,

destacando la importancia de invertir en el desarrollo del capital humano para mejorar la eficiencia laboral.

5.2.Recomendaciones

Implementar programas de capacitación continua para los trabajadores del sector de la construcción, enfocados en el desarrollo de habilidades técnicas y la adopción de nuevas tecnologías. Esto puede mejorar significativamente la eficiencia y productividad laboral.

Establecer políticas que promuevan mejores condiciones laborales, incluyendo salarios competitivos y beneficios adicionales, para atraer y retener talento en el sector. Esto puede aumentar la motivación y el rendimiento de los empleados.

Diseñar políticas que promuevan un desarrollo más equitativo entre las provincias, enfocándose en las regiones con menor productividad. Inversiones específicas en infraestructura y capacitación en estas áreas pueden reducir las disparidades regionales.

Fomentar la colaboración entre el sector educativo y el sector de la construcción para desarrollar programas académicos que preparen a los futuros trabajadores con las habilidades necesarias para enfrentar los desafíos del sector. Esto incluye tanto educación formal como formación técnica especializada.

Para enriquecer el conocimiento y seguir mejorando la eficiencia laboral en el sector de la construcción en Ecuador, se sugieren las siguientes áreas para futuros trabajos de investigación: Comparar la productividad del sector de la construcción en Ecuador con otros países de la región para identificar mejores prácticas y estrategias exitosas que puedan ser adaptadas, y Explorar el impacto de la adopción de nuevas tecnologías en la productividad y eficiencia del sector de la construcción, incluyendo la digitalización y la automatización.

6. Referencias

- A. Touraine, A., ArenasDeTouraine, D., & Lehman. (1967). The employment situation in Latin America.
- Abdi, H., & Williams, L. (2010). Principal component analysis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*.
- Adame, V., & Tuesta, D. (2017). El laberinto de la economía informal: estrategias de medición e impactos. *BBVA Research* .
- Albagli, E. (2015). *Mercado laboral y crecimiento económico: recomendaciones de política para Chile*. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Alchain, A., & Demsetz, H. (1972). Production, Information Costs, and Economic Organization. *American Economic Review*, 1-21.
- Alvarado López, R., & Iglesias, S. (2022). Sector externo, restricciones y crecimiento económico en Ecuador. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana De Economía*, 48(191).
- Alvarez, M., Caballero, A., & Perez, G. (2006). ANÁLISIS MULTIVARIANTE: CLASIFICACIÓN, ORGANIZACIÓN Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS. *Fourth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology* .
- Alvarez, W., & Griffin, V. (2021). GH Biplot in Reduced-Rank Regression based on Partial Least Squares. *STATISTICS, OPTIMIZATION AND INFORMATION COMPUTING*, 717–734.
- Aravena, C., & Fuentes, A. (2013). El desempeño mediocre de la productividad laboral en América Latina: una interpretación neoclásica. *Naciones Unidas CEPAL*.

- Aravena, C., & Hofman, A. (2014). *Crecimiento económico y productividad en América Latina: Una perspectiva por industria, según la base de datos LA-KLEMS*. Santiago de Chile: Naciones Unidas CEPAL.
- Baker, G. P., Jensen, M. C., & Murphy, K. J. (1988). Compensation and Incentives: Practice vs. Theory. *The Journal Of Finance*, 593-616.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2010). *La era de la productividad: cómo transformar las economías desde sus cimientos*. Washington: BID.
- Brito, L., Sotomayor, G., & Apolo, J. (2019). Análisis y perspectivas del valor agregado bruto en la economía ecuatoriana. *X-Pedientes Económicos*.
- Capó, J., Expósito, M., & Tomás, J. V. (2005). La importancia de la gestión del conocimiento en la cadena de suministro de la construcción. *IX Congreso de Ingeniería de Organización*, Gijón.
- Cárdenas, O., Vicente Villardon, J. L., & Galindo Villardon, P. (2007). Los métodos Biplot: Evolución y aplicaciones. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*.
- Castro, J., & Galindo, M. (2000). Estadística multivariante: análisis de correlaciones.
- CEPAL. (2021). El COVID-19 y la crisis socioeconómica en América Latina y el Caribe. *CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe*.
- Chancusig, G. (2022). Efectos de la inversión pública en el crecimiento económico del Ecuador. *Revista Cuestiones Económicas*.
- Chau, K. W., & Lai, L. W. (2006). A comparison between growth in labour productivity in the construction industry and the economy. *Construction Management and Economics*, 183-185.
- Coase, R. (1937). The Nature of the Firm. *Economica*, 386-405.

- Conner, K. R. (1991). A Historical Comparison of Resource-Based Theory and Five Schools of Thought within Industrial Organization Economics: Do We Have a New Theory of the Firm? *Journal of Management*.
- Construccion Latinoamericana. (2024, 26 01). *Contexto de la economía y construcción en Latinoamérica*. Retrieved from <https://www.construccionlatinoamericana.com/>: <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/-como-se-posiciona-la-economia-y-construccion-latinoamericana-hoy-/8034495.article>
- Cuadras, C. M. (2014). *NUEVOS MÉTODOS DE ANÁLISIS MULTIVARIANTE*. Barcelona: CMC Editions.
- Cuenca, M. d., Rojas, D., Cueva, D. F., & Armas, R. (2018). La Gestión del Capital de Trabajo y su efecto en la Rentabilidad de las Empresas Constructoras del Ecuador. *X-Pedientes Económicos*, 28-45.
- Cueva-Rodríguez, L., & Jácome-Estrella, H. d. (2023). Productividad laboral del sector servicios y crecimiento económico en Ecuador. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana De Economía*, 113-139.
- Dagnelie, P. (1981). Principes d'expérimentation. *Les Presse Agronomique de Gembloux*.
- Díaz, I., Larrea, K., & Barros, J. (2022). El sector de la construcción en la economía ecuatoriana, importancia y perspectivas. *Revista Ciencias Sociales y Económicas -UTEQ*, 58-69.
- Díaz-Kovalenko, I., Larrea-Rosas, K., & Barros-Naranjo, J. (2022). El sector de la construcción en la economía ecuatoriana, importancia y perspectivas. *Revista Ciencias Sociales y Económicas -UTEQ (2022)*, 58 - 69.
- Domènech, R., García, J., & Ulloa, C. (2016). Los efectos de la flexibilidad salarial sobre el crecimiento y el empleo.

- Fisher, J. (1980). R.A. Fisher and the Design of Experiments, 1922–1926. *The American Statistician*, 34(1), 1-7. doi:doi: 10.1080/00031305.1980.10482701
- Gabriel, K. (1971). The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 453–467.
- Galván, E., & García, J. (2019). La eficiencia y su relación con el éxito de un proyecto según administradores de proyectos en centro de investigación. *Fides et Ratio*, 17(17), 193-214. Retrieved from http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2019000100010
- García Osorio, N. E., & Tobar Cazares, X. d. (2019). La construcción en el Producto Interno Bruto del Ecuador, 2000-2018. *PODIUM*, 57–68.
- Hernandez, J., & Vicente, J. (2016). Biplot logístico para datos nominales y ordinales. *Universidad de Salamanca*.
- Hidalgo, S., & Geraldine, C. (2022). Capacitación del personal y productividad laboral en la Municipalidad Distrital de Pacora . *Universidad César Vallejo*.
- Jensen, M., & Meckling, W. H. (1976). Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership . *Journal of Financial Economics*, 305-360.
- Jolliffe, I., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*.
- Kapelko, Horta, Camanh, & Lansink, O. (2014). Measurement of Input-Specific Productivity Growth with an Application to the Construction Industry in Spain and Portugal. *International Journal of Production Economics*, 64-71.
- Kaplan, D. S. (2008). Job Creation and Labor Reform in Latin America. *World Bank Policy Research Working*.

- Karamizadeh, S., Abdullah, S. M., Manaf, A. A., Zamani, M., & Hooman, A. (2013). An Overview of Principal Component Analysis. *Journal of Signal and Information Processing*, 173-175.
- Kogut, B., & Zander, U. (1992). Knowledge of the Firm, Combinative Capabilities, and the Replication of Technology. *Organization Science*.
- Kohler, U., & Luniak, M. (2005). Data inspection using biplots. *The Stata Journal* , 208-223.
- Lasierra Esteban, J. M. (2011). *Mercado de trabajo y normativa laboral: implicaciones para la eficiencia y para la equidad*.
- Lora, E., & Henao, M. L. (1995). Efectos económicos y sociales de la legislación laboral. *Coyuntura Social*, 47-68.
- Medeiros, V., Gonçalves, L., & Camargos, E. (2019). La competitividad y sus factores determinantes: un análisis sistémico para países en desarrollo. *Revista de la CEPAL*.
- Mejia, O., Casquete, N., Avilés, P., & Parrales, C. (2019). Oferta y demanda en mercados competitivos: Enfoque al sector de la construcción en el Ecuador. *Visionario Digital*, 143-154.
- Meneses, J. (2019). *Introducción al análisis multivariante*. Barcelona: FUOC.
- Myers, D. (2009). Economics for the Modern Built Environment. *Construction Management and Economics*, 1267–1269.
- OIT. (2001). *La industria de la construcción en el siglo XXI: su imagen, perspectivas de empleo y necesidades en materia de calificaciones*. Ginebra: www.ilo.org.
- OlesiaC.Cárdenas, C., & Galindo-Villardón, M. P. (2001). Biplot con información externa basado en modelos bilineales generalizados.
- Oyedele, O., & Lubbe, S. (2015). The construction of a partial least-squares biplot. *Journal of Applied Statistics*, 2449-2460.

- Peña, D. (2002). Análisis de Datos Multivariantes. <https://www.researchgate.net/publication/40944325>.
- Pérez, F. (2013). Reformas al mercado laboral para estimular la productividad, competitividad y calidad de vida en el Estado de México. *COFACTOR*.
- Quintero, W., Peñaranda, M. M., & Rodríguez, M. M. (2020). Naturaleza de las organizaciones y sus costos de transacción: Análisis de la teoría de agencia, teoría de la organización y teoría de la firma. *Espacios*, 90-101.
- Ramírez, M. (1995). Aportaciones al análisis Biplot: un enfoque algebraico.
- Ros, J. (2014). Productividad y crecimiento en America Latina: ¿Por qué la productividad crece más en unas economías que en otras? *Naciones Unidas - CEPAL*.
- Rozo, S. (2008). COSTOS LABORALES: UNA APROXIMACION TERICA A SUS EFECTOS. *Ensayo sobre Política Económica - Banco de la Republica de Colombia*, 72-128.
- Ruddock, L. (2009). *Economics for the Modern Built Environment 1st Edition*. New York: Taylor & Francis .
- Ruggirello, H. M. (2011). *El Sector de la Construcción en perspectiva: internacionalización e impacto en el mercado de trabajo*. Buenos Aires: Aulas y Andamios.
- SahaRay, R., & Bhandari , S. K. (2003). DS-optimal designs in one way ANOVA. *Metrika*, 57(2), 115-125. doi:10.1007/s001840200203
- Sarmiento, J., González, J., & Hernández, C. (2020). Análisis del impacto del sector de la construcción en la economía colombiana. *Tecnura*, 24(66), 109-118. doi:<https://doi.org/10.14483/22487638.16194>
- Shlen, J. (2014). A Tutorial on Principal Component Analysis. *arXiv.org*.

- Silva, R. R., & Benin, G. (2012). Análises Biplot: conceitos, interpretações e aplicações. *Ciência Rural, Santa Maria*, 1404-1412.
- Stallings, B., & Peres, W. (2000). *Crecimiento, empleo y equidad: El impacto de las reformas económicas en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Fondo de Cultura Económica.
- Tarzijan, J. (2003). REVISANDO LA TEORIA DE LA FIRMA. *ABANTE*, 149-177.
- The United Nations Statistics Division. (2022). <https://unstats.un.org/UNSDWebsite/>. Retrieved from PIB de la Construcción en el mundo: <https://unstats.un.org/UNSDWebsite/Publications/>
- Tipping, M. E., & Bishop, C. M. (1999). Probabilistic Principal Component Analysis. *Neural Computing Research Group*.
- Tridico, P. (2013). El impacto de la crisis económica en los mercados laborales de la Unión Europea: una perspectiva comparada. *Revista Internacional del Trabajo*, 199-215.
- Tsianco, M. C., Gabriel, K. R., Odoroff, C. L., & Plumb, S. (1981). BGRAPH: a program for biplot multivariate graphics. *In Computer Science and Statistics: Proceedings of the 13th Symposium on the Interface*, 344-347.
- Universidad Europea. (2022, 01 31). <https://universidadeuropea.com/>. Retrieved from <https://universidadeuropea.com/blog/industria-construccion-latam/>
- Urdaneta, A., Borgucci, E., & Jaramillo, B. (2021). Crecimiento económico y la teoría de la eficiencia dinámica. *RETOS. Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 93-116.
- Uriel, E., & Manzano, J. A. (2002). Análisis multivariante aplicado. Paraninfo.

- Vicente Villardón, J. L. (n.d.). *Los métodos Biplot*. Departamento de Estadística, Universidad de Salamanca .
- Vicente Villardon, J. L., & Hidalgo, M. (2011). *HJ – BIPLLOT AUMENTADO*. Salamanca: Universidad de Salamanca .
- Viollaz, M. (2018). Eficacia de la inspección laboral cuando la normativa varía según el tamaño de la empresa. El caso del Perú. *Revista Internacional del Trabajo*, 233-263.
- Whitmore, G. A., & Yalovsky, M. (1978). A normalizing logarithmic transformation for inverse Gaussian random variables. *Technometrics*, 2(20), 207-208.
- Wold, S. (1987). *Principal component analysis*.
- Yagual, A., Lopez, M., Sánchez, L., & Narváez, J. (2018). La contribución del sector de la construcción sobre el producto interno bruto PIB en Ecuador. *Revista Lasallista de Investigación*, 286-299.
- Zaballos, A. B. (1998). Análisis biplot basado en modelos lineales generalizados.
- Zou, H., & Hastie, T. (2005). Regularization and variable selection via the elastic net. *Journal of the royal statistical society: series B (statistical methodology)*, 301-320.