

LAS DINÁMICAS DEL SECTOR  
DE LA **CONSTRUCCIÓN** EN  
**COLOMBIA**, UNA REVISIÓN  
DESDE SUS INDICADORES

Jorge Andrés Sarmiento-Rojas  
Milton Januario Rueda-Varón  
César Hernando Rincón-González



Las dinámicas del sector de la construcción en Colombia, una revisión desde sus indicadores / The dynamics of the construction sector in Colombia, a review from its indicators / Sarmiento-Rojas, Jorge Andrés; Rueda-Varón, Milton; Januario, Rincón-González, César Hernando. Tunja: Editorial UPTC, 2021. 224 p.

ISBN 978-958-660-575-5

ISBN Digital 978-958-660-576-2

1. Economía Colombiana. 2. Sector de la Construcción. 3. Ingeniería. 4. Proyectos. 5. Oferta. 6. Demanda.

(Dewey 330 /21) (Thema KCV- Economía de Sectores Específicos)



Primera Edición, 2021

200 ejemplares (impresos)

Las dinámicas del sector de la construcción en Colombia, una revisión desde sus indicadores

The dynamics of the construction sector in Colombia, a review from its indicators

ISBN: 978-958-660-575-5

ISBN Digital: 978-958-660-576-2

Colección de Investigación UPTC N.º 221

Proceso de arbitraje doble ciego

Recepción: noviembre de 2020

Aprobación: enero de 2021

© Sarmiento-Rojas, Jorge Andrés, 2021

© Rueda-Varón, Milton; Januario, 2021

© Rincón-González, César Hernando, 2021

© Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021

Editorial UPTC

Edificio Administrativo – Piso 4

Avenida Central del Norte No. 39–115,

Tunja, Boyacá

comite.editorial@uptc.edu.co

www.uptc.edu.co

**Rector, UPTC**

Óscar Hernán Ramírez

**Comité Editorial**

Manuel Humberto Restrepo Domínguez, Ph. D.

Enrique Vera López, Ph. D.

Yolima Bolívar Suárez, Mg.

Sandra Gabriela Numpaque Piracoca, Mg.

Óscar Pulido Cortés, Ph. D.

Edgar Nelson López López, Mg.

Zaida Zarely Ojeda Pérez, Ph. D.

Carlos Mauricio Moreno Téllez, Ph. D.

**Editora en Jefe**

Lida Esperanza Riscanevo Espitia, Ph. D.

**Coordinadora Editorial**

Andrea María Numpaque Acosta, Mg.

**Corrección de Estilo**

Daniel Esteban Alvarado Canarúa

**Impresión**

Búhos Editores Ltda.

Calle 57 No. 9 – 36

Tunja – Boyacá – Colombia

Libro financiado por la Dirección de Investigaciones de la UPTC. Se permite la reproducción parcial o total, con la autorización expresa de los titulares del derecho de autor. Este libro es registrado en Depósito Legal, según lo establecido en la Ley 44 de 1993, el Decreto 460 de 16 de marzo de 1995, el Decreto 2150 de 1995 y el Decreto 358 de 2000.

Libro resultado de investigación con SGI 2843

Citar este libro / Cite this book

Sarmiento-Rojas, Jorge Andrés. (2021). *Las dinámicas del sector de la construcción en Colombia, una revisión desde sus indicadores*.

Tunja: Editorial UPTC.

doi: <https://doi.org/10.19053/9789586605762>

## Resumen

El sector de la construcción desempeña un papel protagónico en todas las economías del mundo, especialmente en países en vía de desarrollo, debido a la edificación de infraestructuras esenciales para el progreso de las sociedades modernas. Sin embargo, el sector experimenta periodos de actividad mucho más pronunciados que el promedio de actividades económicas y es susceptible a las variaciones de los mercados internacionales. Además, se considera uno de los principales indicadores, gracias a la influencia que tiene en las variaciones en el ciclo de la economía. Por lo tanto, la presente investigación expone de manera detallada y explicativa el comportamiento del sector de la construcción como representación de las dinámicas económicas en Colombia, mediante la evaluación que caracteriza sus indicadores, la relación con los efectos económicos en periodos coyunturales e identificación de los principales factores que representan la dinámica de la construcción. Por lo anterior, la evaluación de estas complejas correlaciones permitió constituir orientaciones en la identificación de variables hacia la posible adopción de prácticas y procesos, mediante herramientas estadísticas para manejo de datos multivariado. Asimismo, se posibilita la previsión de futuros escenarios ante los cambios externos que puedan generarse, con el fin de minimizar el impacto en la dinámica del sector de la construcción proyectada al comportamiento económico de Colombia.

**Palabras clave:** Economía Colombiana; Sector de la Construcción; Ingeniería; Proyectos; Oferta de construcción; Demanda de construcción.

## Abstract

The construction sector plays a leading role in all of the world's economies, especially in countries in development, because the building of infrastructure is essential for the progress of modern societies. However, the sector experiences much more pronounced periods of activity than the average economic and is susceptible to variations in international markets. In addition, it is considered one of the main indicators, due to the influence it has on the variations in the economy's cycle. Therefore, the present research exposes in a detailed and explanatory manner the behavior in the construction sector as a representation of the economic dynamics in Colombia, through the evaluation that characterizes its indicators, the relationship with the economic effects in conjunctural periods and the identification of the main factors that represent the dynamics of construction. Consequently, the evaluation of these complex correlations allowed to constitute orientations in the identification of variables towards the possible adoption of practices and processes, by means of statistical tools for multivariate data management. Likewise, it is possible to foresee future scenarios in the external changes, in order to minimize the impact on the dynamics of the construction sector, projected to the economic behavior of Colombia.

**Keywords:** Colombian Economy; Construction sector; Engineering; Projects; Construction offer; Construction demand.

# Contenido

INTRODUCCIÓN .....	9
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	11
Capítulo 1. PLANTEAMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN .	13
1.1 Planteamiento del problema .....	15
1.2 Justificación .....	18
1.3 Metodología de la investigación.....	21
1.3.1 <i>Formulación del tipo de investigación.....</i>	21
1.3.2 <i>Definición de las estructuras del sector de la construcción.....</i>	23
1.3.3 <i>Formulación del planteamiento metodológico para el análisis de información.....</i>	23

Capítulo 2. CONSIDERACIONES TEÓRICAS SOBRE EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN Y LAS CARACTERÍSTICAS DE SU GESTIÓN.....25

2.1 El sector de la construcción.....32

*2.1.1 El sector de la construcción como actividad económica.....35*

*2.1.2 La gestión del conocimiento en proyectos de construcción..... 41*

*2.1.3 Condiciones y características de los proyectos de construcción ..... 47*

2.2 Retos y propuestas en eficiencia en proyectos de construcción..... 49

Capítulo 3. EL ENTORNO ECONÓMICO DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN .....53

3.1 Procesos implementados para la evaluación del entorno económico.....56

*3.1.1 Fundamentos para el análisis de la economía global.....56*

*3.1.2 Análisis de la economía nacional .....57*

3.2 Análisis del entorno económico y el sector de la construcción.....58

*3.2.1 Evaluación de la economía global.....58*

*3.2.2 Retos actuales de competitividad para Colombia 68*

*3.2.3 Exportaciones e importaciones en Colombia..... 74*

## Capítulo 4. COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES ALREDEDOR DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN<sup>79</sup>

4.1 Evaluación de factores externos del sector de la construcción.....	82
4.2 Metodología .....	86
4.2.1 Establecimiento de factores externos .....	86
4.2.2 Estudio de la demanda mediante evaluación de factores externos relacionados al sector de la construcción.....	95
4.2.3 Propuesta de implementación .....	102
4.2.4 Proceso de implementación .....	103
4.3 Análisis de correlación .....	104
4.3.1 Distancias euclídeas.....	104
4.3.2 Matriz de correlación de Pearson .....	105
4.4 Análisis de validación.....	105
4.4.1 Prueba de esfericidad de Barlett.....	106
4.4.2 Prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO).....	106
4.5 Análisis de los factores macroeconómicos del sector de la construcción .....	107
4.5.1 Análisis de indicadores macroeconómicos.....	107
4.5.2 Análisis de la oferta .....	142
4.5.3 Factores que componen la demanda en el sector de la construcción.....	156
4.5.4 Índices y precios.....	169
4.5.5 Factores resultantes del análisis de componentes principales .....	175

<i>4.5.6 Selección de variables representativas.....</i>	178
<i>4.5.7 Formulación de factores externos claves del sector de la construcción.....</i>	183
<i>4.5.8 Resultados de la validación del modelo establecido por PCA.....</i>	184
REFLEXIONES FINALES .....	187
BIBLIOGRAFÍA.....	191

# INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción desempeña un papel protagónico en todas las economías del mundo, especialmente en países en vía de desarrollo, debido a la edificación de infraestructuras esenciales para el progreso de las sociedades modernas que responden favorablemente a los cambios en la dinámica económica y desarrollo tecnológico. De modo que los gobiernos establecen con frecuencia políticas que incluyen asignaciones presupuestales directas o a través de instituciones financieras, que abarcan objetivos que permiten crear unidades de poder adquisitivo constantes hasta la canalización específica de los recursos, mediante empresas para materializar los proyectos de construcción. Por consiguiente, este sector estimula otros sectores económicos, la generación de empleo y un importante movimiento de materias primas en todo el territorio. Lo cual lo constituye en centro de inversión pública y privada.

Sin embargo, en el ámbito global se evidencia un patrón de baja productividad causado por incertidumbres en los mercados mundiales, los cuales continúan en recesión o en condiciones casi recesivas.

En Colombia, estos fenómenos impactan el Producto Interno Bruto (PIB) y otras variables macroeconómicas. Denotan implícitamente las consecuencias y la fragilidad de fenómenos globales, en especial en el sector de la construcción, como parte del valor agregado que genera en las grandes ramas de la economía y permite visualizar estas coyunturas con la respuesta estatal ante los cambios generados, impactando a las empresas dedicadas a la ejecución de proyectos de construcción, principalmente del sector público, donde los efectos causados por estos declives económicos impactan en la inversión en infraestructura.

Con base en lo anterior, la presente investigación tiene como fin correlacionar factores que permitan el entendimiento de las dinámicas externas conexas con actividades económicas, mediante la caracterización de factores asociados a la dinámica del sector de la construcción en Colombia, tras el análisis de información estadística en grandes bases de datos, a través de indicadores económicos de acceso público suministradas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, CAMACOL, entre otras entidades y agremiaciones. La estimación se realizará evaluando variaciones generadas por efectos económicos en periodos de tiempo coyunturales e identificando los principales factores que representan el conjunto global de variables en representación de la dinámica de la construcción y sus complejas correlaciones con el fin de constituir herramientas orientadas a facilitar la identificación de variables que permitan la adopción de prácticas y procesos para prever futuros escenarios ante los posibles cambios externos que puedan generarse, minimizando el impacto en la dinámica organizacional del sector de la construcción.

# GLOSARIO DE TÉRMINOS

**ANDI.** Asociación Nacional de Empresarios de Colombia.

**BanRep.** Banco de la República de Colombia.

**CAMACOL.** Cámara Colombiana de la Construcción.

**CEED.** Censo de Edificaciones.

**CIIU.** Clasificación Industrial Internacional Uniforme.

**CHV.** Cartera Hipotecaria de Vivienda.

**COICOP.** Clasificación del Consumo Individual por Finalidades, por sus siglas en inglés.

**DANE.** Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

**DNP.** Departamento Nacional de Planeación.

**ECCG.** Estadísticas de Cemento Gris.

**FCPE.** Factores Críticos de Éxito del Proyecto.

**GEIH.** Gran Encuesta Integrada de Hogares.

**ICG.** Índices de Competitividad Global.

**I+D+I.** Investigación, Desarrollo e Innovación.

**ICAV.** Instituto Colombiano de Ahorro y Vivienda.

**IPVN.** Índice de Precios de la Vivienda Nueva.

**ICCP.** Índice de Costos de la Construcción Pesada.

**ICCV.** Índice de Costos de la Construcción de Vivienda.

**ICPC.** Instituto Colombiano de Productores de Cemento.

**IEAC.** Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción.

**IMF.** International Monetary Fund.

**IPP.** Índice de Precios del Productor.

**IVA.** Impuesto de Valor Agregado.

**KMO.** Prueba de Kaiser-Meyer-Olkin

**MSA.** Medición de la Adecuación del Muestreo

**OECD.** Organization for Economic Cooperation and Development.

**PCA.** Análisis de Componentes Principales.

**PC.** Componente Principal.

**PIB.** Producto Interno Bruto.

**PUC.** Plan Único de Cuentas.

**PYME.** Pequeña y Mediana Empresa.

**SMMLV.** Salario Mínimo Mensual Legal Vigente.

**USD.** Dólar Estadounidense.

**VAC.** Valor agregado de la rama de la construcción.

**WEF.** World Economic Forum.

**VIS.** Vivienda de Interés Social.

# Capítulo 1. PLANTEAMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN





## 1.1 Planteamiento del problema

**E**l sector de la construcción desempeña un papel fundamental en la economía global y repercute directamente sobre todos los sectores económicos de países en vía de desarrollo, experimentando ciclos de actividad con niveles superiores a otras ramas de la economía colombiana y es susceptible a las variaciones internacionales. Por lo tanto, es uno de los principales indicadores, gracias a la influencia que tiene en las variaciones del ciclo económico (Córdova & Alberto, 2018; Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE, 2019c).

En la historia reciente, se evidencia una caracterización voluble de los mercados, generada por los declives financieros en empresas dedicadas a soportar las diversas dinámicas comerciales en el sector de la construcción, impactando fuertemente en la economía, producto de los cambiantes fenómenos globales y nacionales, imperando la incertidumbre política y la continua recesión en varios mercados, hecho que ha generado obstáculos para un mayor crecimiento económico (Córdova & Alberto, 2018; Deloitte, 2019a; Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE, 2019c; Hinphey, 2019; Kirchberger, 2018).

Paralelamente, se han realizado esfuerzos con el fin de abordar y controlar problemáticas tradicionalmente emergentes, mediante la formulación de proyectos de construcción. Sin embargo, se evidencia la falta de información relativa a procesos internos y externos alrededor de la demanda, referidos a la realimentación y mejora continua de procesos de ejecución, generando desconfianza en la inversión de capital público. Se suma la ineficiencia en el control gubernamental, en parte causada por ausencia de recursos e iniciativas para su implementación y la falta de compromiso para resolver problemas e inexistencia de objetivos medibles en programas que busquen mejorar el conocimiento del sector de construcción (Babatunde & Perera, 2017).

Adicionalmente, se integra la incapacidad empresarial para soportar la compleja tarea que involucra grandes cantidades de esfuerzos relacionados para la elaboración y ejecución en grandes proyectos de construcción, donde la escasa dirección de procesos constructivos, programación, ejecución, gestión de recursos y controles de calidad generan insatisfacción en los interesados (Gadekar & Pimplikar, 2014; Kerzner, 2017; Kissi et al., 2019). A pesar de los grandes esfuerzos realizados de manera tradicional para solucionar todas las dificultades en los proyectos de construcción.

Estas problemáticas son inevitables debido al nivel intensivo de trabajo manual involucrado en las construcciones colombianas (Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE, 2019b), obstaculizando el rastreo y registro de los cambios económicos y su impacto en la dinámica de la construcción. Además, gran parte de las entidades públicas y privadas no cuentan con herramientas o

conocimientos que permitan identificar con criterios sólidos las mejoras necesarias para su adaptación a las condiciones del mercado (Omar & Nehdi, 2016; Kissi et al., 2019; Pace, 2019; Wang, Lee, Park, Chi, & Wang, 2016).

Por lo anterior, la carencia de nuevas metodologías y herramientas enfocadas en establecer las relaciones entre los distintos factores macroeconómicos no ha permitido identificar elementos relevantes en la sostenibilidad del sector, ocasionando retrasos y sobrecostos en proyectos de construcción que repercuten en obras civiles deficientes o poco rentables. Además de dificultar la formulación de nuevas dinámicas en la evaluación del entorno económico, debido al bajo nivel de inversión en investigación y desarrollo, restringiendo la capacidad de la industria para innovar y adoptar mejores prácticas (Myers, 2017b). Estos fenómenos son acompañados por la decreciente productividad, desencadenando un impacto feaciente en el desempleo y problemáticas subyacentes en la dinámica empresarial del sector de la construcción.

Si bien estos fenómenos han repercutido en todas las ramas de la economía, el sector de la construcción ha amortiguado el impacto negativo con mayores magnitudes en la economía local, aclarando a priori la imposibilidad de establecer aquellos factores externos que intervienen en las dinámicas del sector, lo cual se observa en el decrecimiento de la actividad constructiva. En razón de lo expuesto y ante la necesidad manifiesta de los involucrados, es pertinente formular la siguiente pregunta de investigación:

- **¿Cómo ha sido el comportamiento de los factores que integran el sector de la construcción en Colombia?**

Por lo anterior, la hipótesis planteada está basada en un enfoque enunciativo para su posterior verificación o refutación de la propuesta que busca el entendimiento de fenómenos relativos a los factores que caracterizan el sector de la construcción. Por lo tanto, se planteó la siguiente hipótesis: la evaluación de los fenómenos macroeconómicos, a través de la recopilación y análisis de indicadores, permite evaluar el comportamiento del sector de la construcción y establecer su impacto en la economía colombiana.

## **1.2 Justificación**

La construcción es una actividad central en el desarrollo social y económico del país, caracterizada por la generación de valor agregado, demanda intensiva en mano de obra, encadenamientos sectoriales y efectos multiplicadores, que permiten considerarla fundamental para el avance productivo, la inversión y el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos (Hinphey, 2019; Deloitte, 2019; CAMACOL, 2018). No obstante, en estos países se evidencia un déficit de vivienda e infraestructura considerable.

Por lo tanto, con frecuencia se generan políticas gubernamentales enfocadas en dinamizar la construcción de obras civiles y los demás sectores de la economía, con el fin de lograr un aumento de productividad y competitividad, manifestado en la creación de empresas en coherencia con el modelo económico actual. Del mismo modo, el gran impacto que este sector genera en el

comportamiento del mercado laboral y el movimiento significativo de materias primas nacionales, la convierten en una de las actividades más dinámicas en la economía colombiana (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017; Córdova & Alberto, 2018; Kirchberger, 2018).

Sin embargo, la desaceleración del crecimiento económico y las presiones asociadas a mayor aversión al riesgo global, producto del endurecimiento de las condiciones financieras en el mundo, al fortalecimiento del dólar y a episodios de volatilidad en algunos mercados extranjeros, generan un decrecimiento de inversión en el sector. No obstante, la economía colombiana ha salido relativamente bien librada sobre mercados emergentes, gracias al buen manejo de las autoridades monetarias y al aumento de los precios del petróleo en gran parte del 2018 (Schneider, Romer, Tschudin, & Bolio, 2011; Romero, 2019; Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), 2019).

En materia de actividad local se espera un crecimiento del PIB (Producto Interno Bruto) en 2019, en parte impulsado por el sector de la construcción (Romero, 2019; DANE, 2018), resolviendo parcialmente las problemáticas de desempleo, definidas como desequilibrio macroeconómico y las deficiencias derivadas de la falta de inversión en construcción de obras civiles, junto con otras demandas sociales inaplazables. Por lo tanto, se ha requerido la intervención estatal mediante inversión y la promoción de alianzas público-privadas (APP) que atraigan al sector privado mediante el aumento de garantías de rentabilidad de inversión (Espitia et al., 2019).

Así, estas acciones mejoran los índices de empleo, produciendo crecimiento económico y aumento de

inversión, siempre y cuando el desempeño de las empresas se enfoque en la identificación y el desarrollo de políticas acordes a los factores, para fomentar el éxito en labores de mercado coherente a las actuales condiciones económicas, junto con la ejecución de proyectos de construcción que produzcan dividendos y desarrollo. Lo anterior incrementa el PIB, el cual es reinvertido y así sucesivamente (Espitia et al., 2019; DNP, 2004).

Teniendo en cuenta lo anterior, los vaivenes de crecimiento en el sector por la inherente influencia del Estado han generado el aumento constante de los costos laborales, fomentando en los últimos años el desarrollo de nuevos procesos con el fin de proporcionar a las empresas indicadores que permitan permanecer y obtener resultados exitosos (Arslan & Kivrak, 2008). Además, los cambios que afronta la industria de la construcción, correspondidos con el desarrollo de nuevos métodos y tecnologías de negocios, han propiciado la generación de soluciones a problemas técnicos y nuevos factores que afectan los mercados, en búsqueda del fortalecimiento de la capacidad empresarial (Arslan & Kivrak, 2008; Berssaneti & Carvalho, 2015; Ozorhon & Cinar, 2015).

Por consiguiente, la identificación de aquellos factores que influyen en la dinámica del sector de la construcción permitirá formular enfoques diferenciados y perspectivas de acción sectorizadas, fomentando la formulación de estrategias con un mayor direccionamiento y efectividad en conjunto con las políticas gubernamentales, las cuales generan un mayor impacto en el desarrollo social, económico y empresarial.

Esto permite la puesta en marcha de estrategias adecuadas para el entendimiento, diagnóstico y for-

talecimiento empresarial e institucional, a fin de establecer el grado de cumplimiento de las metas o expectativas, alrededor de los procesos constructivos, en búsqueda de maximizar los objetivos comerciales y sobrevivir en entornos competitivos, debido a la reducida inversión de capital (Berssaneti & Carvalho, 2015; Williams, 2016).

## 1.3 Metodología de la investigación

### 1.3.1 Formulación del tipo de investigación

#### 1.3.1.1 *Descriptiva*

El proceso de investigación plantea describir y determinar los factores claves en la dinámica empresarial del sector de la construcción. Por lo anterior, se analizarán bases de datos provenientes del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), al utilizar herramientas cuantitativas formuladas por estas instituciones, mediante bases de datos que puntualizan los factores que establecen las dinámicas generadas en el sector. Además, se describe en contexto con situaciones relacionadas con los cambios sociales, políticos o económicos que eventualmente afectan la dinámica comercial, al detallar cuantitativamente cómo son y su manifestación.

En conclusión, los estudios descriptivos buscan especificar las características y los procesos de los factores que intervienen con mayor contundencia en el sector, mediante el sometimiento a diferentes análisis, que pretenden medir y recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos de re-

ferencia, indicando también su relación (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010).

### 1.3.1.2 *Correlacional*

Debido a que parte de los ensayos experimentales tienen el objetivo de conocer la relación o grado de asociación que existe entre una o más variables independientes en un contexto en particular, se ha considerado el tipo de investigación correlacional, al evaluar el grado de asociación entre dos o más variables (presuntamente relacionadas) (Hernández Sampieri et al., 2010). Estas correlaciones son la evaluación de las variables que caracterizan la actividad económica del sector de la construcción.

El desarrollo metodológico parte de la consecución, procesamiento, análisis de la información, comportamiento y correlación de las variables en estudio. Lo anterior en función de las series de tiempo que organismos institucionales proveen de forma sistematizada y confiable, seleccionando el número de observaciones y valores suministrados conforme la representatividad lo establezca, según su disposición y la pertinencia de las fuentes de información.

La segunda fase corresponde al análisis empírico de la información adquirida, ordenada y sistematizada de fuentes secundarias de información. En estas fases se involucran los tratamientos estadísticos descriptivos y paralelamente se evaluará la naturaleza, fuentes y limitaciones de los datos. Para el análisis empírico en un periodo que permita vislumbrar y medir variables de interés, junto con los cambios relacionados con la estructura y sus mecanismos.

Lo anterior permite establecer las características e importancia de las variables en relación con la permanencia empresarial del sector de la construcción. Por lo tanto, se formularon métodos estadísticos y su relación con el contexto económico entre todas las variables del proceso, con base en las hipótesis establecidas y relacionadas con el comportamiento de la estructura, según las limitaciones realizadas.

### **1.3.2 Definición de las estructuras del sector de la construcción**

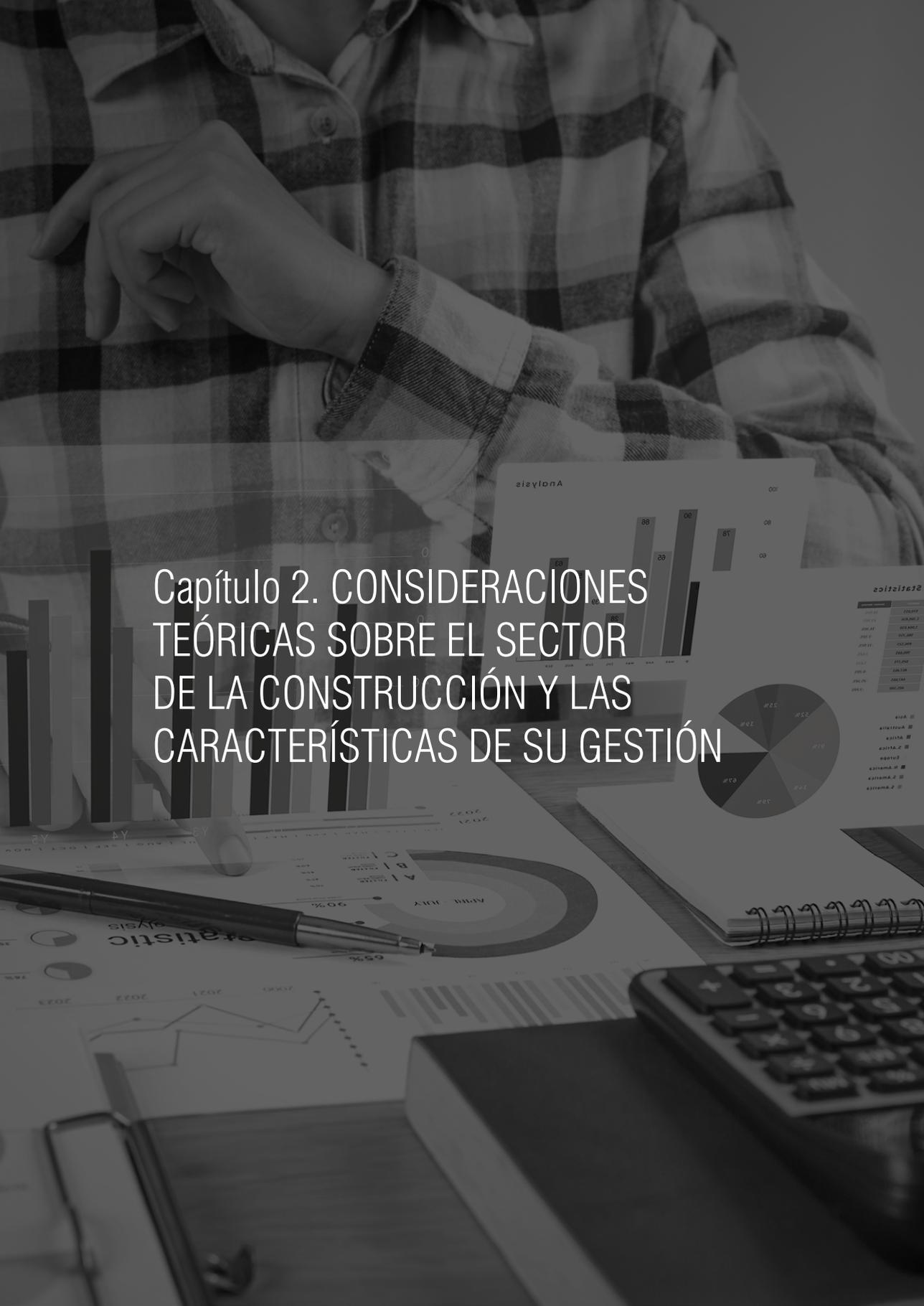
La evaluación de información se realizó mediante la depuración de la gran cantidad de variables endógenas y algunas dependientes de variables exógenas. Por lo anterior, se estructuró el comportamiento del sector mediante la evaluación de indicadores económicos que representan un proceso de abstracción o simplificación del entorno. Este entorno es resumido a través de información de forma periódica, mediante la intervención de organismos institucionales que previamente han recabado datos del comportamiento de las actividades constructivas.

### **1.3.3 Formulación del planteamiento metodológico para el análisis de información**

Mediante la selección y consecución de datos no experimentales o retrospectivos relacionados con los componentes que evalúan el desempeño de actividad constructiva en Colombia, se busca identificar los comportamientos que caracterizan este sector, con el fin de identificar los cambios y sus afectaciones en la economía colombiana.

Además, mediante la presente formulación, se busca responder a una variedad de preguntas del conjunto de condiciones enmarcadas en los comportamientos económicos en los últimos años. Asimismo, estos contextos permiten corroborar las variaciones de los indicadores del sector con los comportamientos económicos anteriores y actuales.

Esto último permite identificar el cumplimiento del propósito de la investigación. Por lo tanto, se han establecido diferentes metodologías para validar o rechazar las hipótesis formuladas, sean subjetivas, visuales, estadísticas y de desviación (Leal, Montevechi, Barra, Marins, & Silva, 2011; Medina-Peralta, Vargas-Villamil, Navarro-Alberto, Canul-Pech, & Peraza-Romero, 2010; Sargent, 2013; Strassburger, 2015).



Capítulo 2. CONSIDERACIONES  
TEÓRICAS SOBRE EL SECTOR  
DE LA CONSTRUCCIÓN Y LAS  
CARACTERÍSTICAS DE SU GESTIÓN

The background image shows a person in a plaid shirt sitting at a desk. The desk is covered with various business-related items: a laptop displaying a bar chart, a calculator, a pen, a notebook, and several documents with charts and graphs. The overall scene is in grayscale, emphasizing the professional and analytical nature of the work.



Los proyectos de construcción se forjan en la temporalidad y a partir de un conjunto de diferentes organizaciones multitemporales, a menudo involucrando un alto número de stakeholders y abundantes actores y fenómenos que integran la cultura, geografía, clima, conocimientos, campos de especialización, prácticas, recursos, roles, tipos de organización, funciones de grupo e individuales (Unterhitzenberger & Bryde, 2019).

Por lo tanto, se deben integrar e identificar factores que inciden en el desarrollo económico del sector como responsable de la creación de infraestructura útil en el desarrollo social. Lo anterior se considera en diversas visiones y evaluaciones externas que conforman el sector de la construcción, considerando su fragmentación, individualidad, impactos económicos, tecnologías accesibles y pertinentes. Asimismo, se genera una mayor necesidad de trabajo de coordinación y colaboración para los individuos (Bruns, 2013).

Además, debido a los cambios generados por el desarrollo tecnológico e innovación en todos los espectros que conforman las actividades humanas, existen nuevas concepciones, formulaciones y aplicaciones en los componentes que integran un proyecto de construcción. Esto con el fin de atender el aumento de los diversos requerimientos por diferentes usuarios

finales (stakeholders, sponsors, oficina de proyectos, gerentes de proyecto y construcción, entre otros) (Xia & Chan, 2012).

El sector de la construcción es fundamental para el cumplimiento de estos fines y dada su complejidad abarca múltiples aspectos de las actividades desarrolladas en las sociedades modernas (Chu, Strand, & Fjelland, 2003; Dao, Kermanshachi, Shane, Anderson, & Hare, 2016b, 2016a; Kermanshachi, Dao, Rouhanizadeh, Shane, & Anderson, 2020; Wood & Gidado, 2008; Xia & Chan, 2012). No obstante, para el entendimiento de estos factores se consideran características críticas en las dinámicas económicas, que determinan las medidas apropiadas para la consecución satisfactoria de los resultados esperados, reconociendo ampliamente los factores externos, los cuales influyen en la formulación de proyectos específicos y su inversión.

Por lo tanto, existe un consenso global en la complejidad de los proyectos de construcción, sustentado en los entornos cambiantes y su relación con el aumento de variables que inciden en esta clase de proyectos, producto de la interacción entre diversos factores con propiedades dinámicas e inciertas (Luo, He, Xie, Yang, & Wu, 2016; Trinh & Feng, 2020). Asimismo, se deben considerar los numerosos conjuntos de elementos independientes que interactúan entre sí continuamente, en diferentes formas, organizados y reorganizados espontáneamente en estructuras cada vez más elaboradas a lo largo del tiempo.

Lo anterior es afectado por fuentes de complejidad cada vez mayores, como el creciente número de miembros de la cadena de suministro, las nuevas alternativas tecnológicas que implican producción fuera de

las instalaciones, el creciente número de reglamentos y los enfoques innovadores de adquisición (Bakhshi, Ireland, & Gorod, 2016; Kermanshachi et al., 2020; Peñaloza, Saurin, & Formoso, 2020).

En concordancia con el implacable avance del desarrollo humano, este se ha sostenido en gran parte por el robustecimiento continuo de técnicas metodológicas y científicas que buscan establecer y controlar fenómenos, encontrándose con lo imprevisible, inesperado y complicado. Sin embargo, estas acciones se dificultan en los actuales mercados globalizados, con rápido ritmo de cambio, con la intensa competencia, que incluyen la volatilidad de los mercados y disposiciones políticas, a menudo observadas en confluencia y constante cambio.

Estos factores deben abordarse junto con la manifestación de aquellas casualidades que conforman un proyecto complejo (Friedli, Mundt, & Thomas, 2014). Además, debe concatenarse con las demandas de los interesados o stakeholders cada vez más heterogéneas, diferentes y sofisticadas, en corriente con el incremento de competitividad. De modo que el mercado reacciona regularmente con la introducción de nueva y mayor variedad de productos en ciclos de vida más cortos, donde, transversalmente, la continua innovación obliga a las organizaciones a reconocer una mayor complejidad en las estrategias y proyectos ejecutados por las organizaciones (Gerald, Maylor, & Williams, 2011; Project Management Institute (PMI), 2013; Schuh, Rebentisch, Riesener, Mattern, & Fey, 2017).

Asimismo, las actuales condiciones sociales abarcan una enorme gama de actividades específicas, cambiantes y complejas. Sin embargo, son cada una de

ellas importantes en diferentes aspectos, definiendo la utilización de cierta obra civil y relacionando las labores entre consumidores y productores de una manera particular. Estas relaciones sociales proporcionan el contexto para una subestimación de la economía del sector de la construcción en los tres sectores de la economía (extracción de materias primas, transformación de estas por procesos de manufactura y la prestación de servicios), permitiendo establecer la construcción como actividad económica global (Dang & Sui Pheng, 2015).

Por lo anterior, la importancia del sector de la construcción se produce en mejoras, mayor eficiencia y productividad en una región, a causa del impacto en la generación de empleo, comercio de materias primas y desarrollo de infraestructura. Sin embargo, la construcción se establece únicamente como actividad económica enfocada en la última etapa del proceso constructivo, la cual consiste en el trabajo físico realizado en el lugar de producción, sin incluir los procesos y servicios en la gestión de proyectos, planificación, diseño, así como de extracción, transformación y utilización de materiales acorde a los procesos constructivos para la creación de infraestructura. Esta actividad se define en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (Naciones Unidas, 2009) y adaptada en Colombia por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE, 2012.

De este modo, la industria de la construcción desempeña un papel central en la economía de cualquier país e impacta como componente esencial en la función social, soportado por el Estado y coadyuvado por el sector privado, configurándose como uno de los sectores más representativos del crecimiento económico global, relacionado con otros sectores gracias

al desarrollo que induce en otras actividades productivas (Kirchberger, 2018; Sui Pheng & Shing Hou, 2019). Asimismo, los requisitos en la industria de la construcción dentro de la economía global exigen una respuesta rápida a nuevas o existentes necesidades de los clientes. Debido a que el sector enfrenta problemas de productividad en comparación con otras industrias (Hankammer, Nielsen, Piller, & Schuh, 2017).

Lo anterior ha permitido sustentar parte de las investigaciones relacionadas con proyectos de construcción de alcance en otros sectores de la economía. Están centradas en la identificación de atributos que inciden y los caracterizan, recopilando variables que ayudan a determinar las prácticas de planificación y control, establecer aquellos factores que dificultan el alcance de metas y objetivos que influyen en el tiempo, costo y calidad de un proyecto (Baccarini, 1996).

Asimismo, el impacto generado en las organizaciones del sector y su alcance se debe identificar en relación con la complejidad del sector de la construcción, conformado por sus proyectos, su impacto en diferentes actividades económicas y en la complejidad organizacional, reflejada en la definición de los proyectos como la unión de tareas que contiene muchos elementos interdependientes.

Estas características se relacionan con la complejidad de técnicas, definida por los procesos de transformación, donde esta variable suele considerarse y describirse como independiente, que limita la aplicabilidad de instrumentos de medición y métodos con prácticas óptimas, como medio para lograr un mejor rendimiento de la ejecución de los proyecto, reduciendo los excesos de costos, retrasos en el calendarios,

mal rendimiento, entre otros problemas (Ahn, Shokri, Lee, Haas, & Haas, 2017; Ellinas, Allan, & Johansson, 2018; Kermanshachi & Safapour, 2018; Luo et al., 2016; Remington & Pollack, 2010). Estas debacles son posiblemente causadas por la no consideración de los sistemas complejos que embeben la dinámica empresarial, definidos por múltiples atributos, como la diversidad, variabilidad, la no linealidad y sus correlaciones.

Una comprensión cabal de la complejidad debe incluir la mayor cantidad de factores preponderantes en proyectos, lo cual es esencial para una gestión eficaz, facilitándola durante todo su ciclo de vida. No obstante, estos aspectos actualmente son difíciles de cumplir. De modo que, muchos investigadores se han centrado en este tema (Kermanshachi & Safapour, 2018; Luo et al., 2016; Peñaloza et al., 2020). Asimismo, esta comprensión de la complejidad aporta ventajas competitivas en las organizaciones, mediante el desarrollo de proyectos nuevos y mejorados. Además de utilizarse para mejorar las aptitudes de innovación y aumentar la rentabilidad y el crecimiento de los sectores económicos (Molepo, Marnewick, & Joseph, 2019).

## 2.1 El sector de la construcción

La construcción se refiere al proceso de producción del entorno construido, incluyendo todas y cada una de las actividades que contribuyen a la creación de un determinado tipo de objeto como edificios, puentes, presas y otras estructuras fijas. Lo anterior se configura como objetos del entorno construido que en la práctica se suelen analizar en función de sus elementos, como la subestructura, superestructura, los acabados y servicios. Asimismo, muchas de estas actividades ocurren antes de que los materiales y compuestos lleguen al

lugar, lo cual constituye diversas actividades desde la concepción, diseño y ejecución. Los objetos del entorno construido incluyen edificios y otras estructuras fijas (Ive & Gruneberg, 2000; Sui Pheng & Shing Hou, 2019).

Esta definición se integra con la formulada por Dang & Sui Pheng, 2015; Moavenzadeh, 1978 como *“un sector de la economía que, mediante la planificación, diseño, la construcción, mantenimiento, reparación, y operación, transforma diversos recursos en instalaciones construidas”*, forjando un producto único en lugar de productos en serie. Además, las particularidades del sector se generan habitualmente en entornos complejos y remotos, abordando simultáneamente la geografía, condiciones del sitio e infraestructura existente en constante cambio.

Por otra parte, es frecuente el alto grado de riesgo en conjunto con el requerimiento de una amplia gama de requisitos de comunidades o stakeholders, directamente e indirectamente involucrados. Si bien, generalmente no hay oportunidad de producir un prototipo o modelo genérico, un proyecto de construcción puede realizarse en fases, a fin de brindar la oportunidad de examinar y perfeccionar el diseño del proyecto, estrategia de ejecución y validación en los riesgos involucrados en la intención de inversión (Pheng & Hou, 2019; Project Management Institute, 2016).

Toda la producción del sector de la construcción comparte una característica común en la generación de productos, independientemente de su uso, fijados en un lugar geográfico delimitado, donde cada proceso constructivo permite la convergencia de diversas actividades económicas. Por consiguiente, como referencia a mercados específicos, estos se relacionan con el tipo

de actividad a desarrollar como las edificaciones de vivienda, las cuales han proporcionado espacios para el desarrollo de actividades residenciales o comerciales que tienen lugar dentro de estas estructuras.

Además, la infraestructura vincula espacios geográficos delimitados en diferentes configuraciones destinadas a suplir la demanda de actividades inherentes al desarrollo humano, como el movimiento, la distribución o la transferencia de mercancías y personas en el espacio, mediante construcción de carreteras, ferrocarriles u otros sistemas de transporte, al igual que la energía eléctrica, gas, agua, entre otros servicios públicos paralelamente a la transferencia de información, por sistemas de infraestructura y de telecomunicaciones.

Estas dinámicas son coherentes con las acciones humanas en la sociedad moderna, donde todos los sectores de la economía participan en todas las actividades que conducen a la producción de bienes y servicios. De modo que una serie de especialidades han evolucionado a partir de la economía convencional, como la economía del transporte, economía de la salud, economía empresarial, economía financiera, economía agrícola, economía laboral, economía internacional e, incluso, la economía ecológica (Ive & Gruneberg, 2000; Myers, 2017a).

A esta diversidad de funciones se añade la mezcla de especialistas en el equipo de trabajo y contratistas, en conjunto con el surtimiento de procesos administrativos rigurosos con entidades de control, abarcados mediante empresas u organizaciones dedicadas profesionalmente al proceso de construcción. Lo anterior se ha realizado por la prestación de servicios de consul-

toría en materia de planificación, diseño, supervisión y gestión, incluyendo la realización de trabajos de ejecución en las obras, como contratistas y constructores donde estas empresas u organizaciones, a su vez, suelen tener una estrecha relación con los sponsors o stakeholders (Sui Pheng & Shing Hou, 2019).

### **2.1.1 El sector de la construcción como actividad económica**

Las condiciones sociales abarcan una enorme gama de actividades específicas y cambiantes. Sin embargo, cada una es importante en diferentes aspectos, definiendo la utilización de cierta obra civil y relacionando las labores entre consumidores y productores de una manera particular. Estas relaciones sociales proporcionan el contexto para una subestimación del sector de la construcción en los tres niveles de la economía, permitiendo establecer la construcción como actividad económica (Dang & Sui Pheng, 2015).

A nivel mundial, la construcción es uno de los sectores más grandes, con un gasto de 10 billones de dólares en bienes y servicios cada año. Asimismo, se proyecta que el gasto en construcción alcanzará 12,4 billones de dólares para el 2022 (Li, Greenwood, & Kassem, 2019). Debido a la importancia del sector, se producen mejoras de eficiencia y productividad en una región, a causa del impacto en la generación de empleo, cercano al 7% de la población mundial en edad de trabajar. Asimismo, el comercio de materias primas y desarrollo de infraestructura se observa en un incremento del 10% (1,39 billones de dólares) en los ingresos registrados durante el 2018 comparados con el 2017 (Deloitte, 2019b).

En Colombia, la construcción representa uno de los sectores con mayor demanda de empleo, con un incremento del 10.5% (Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE, 2019a), ejerciendo un efecto multiplicador de la economía (Ndlela, 2018; Sarmiento-Rojas, Medina Suárez, & Gutiérrez-junco, 2018). La Figura 1 expone esquemáticamente la influencia del sector de la construcción en tres grandes ramas de la economía, definidas como primaria, secundaria y terciaria, que reflejan las diferentes etapas de producción.

El sector primario se ocupa de la apropiación directa de los recursos naturales vinculados a la explotación del subsuelo con fines económicos, donde el sector de la construcción impulsa la demanda en la explotación de canteras, para la consecución de precursores en la elaboración de materiales de construcción. En el sector secundario, las industrias utilizan los productos del sector primario y una serie de operaciones los convierten o transforman para ser utilizados por los usuarios finales. Asimismo, incluye todas las industrias manufactureras, donde las empresas de construcción operan en un entorno con rápidos cambios en la demanda de nuevos tipos de construcciones, soportados por nuevos procesos de producción, distribución y consumo. Lo anterior está ligado a las nuevas técnicas para la extracción de materias primas, procesamiento, fabricación y comercialización. En el uso de materiales, el sector de la construcción es el mayor consumidor mundial, especialmente de cemento, considerado como el mayor material manufacturado (Scrivener, John, & Gartner, 2018; Uwasu, Hara, & Yabar, 2014). La producción de cemento sigue una tendencia de crecimiento que alcanza las  $2,8 \times 10^9$  toneladas a nivel mundial y se espera un incremento de  $6,9 \times 10^9$  toneladas para el 2050

(Isaksson, 2016). Lo anterior define al cemento como un producto industrial indispensable para los procesos constructivos y el desarrollo económico.



Figura 1. Esquema del sector de la construcción en los tres sectores de producción de la economía. a). Sector primario, explotación de minas y canteras; b). Sector secundario, proceso de manufactura de materiales y construcción de infraestructura; c). Sector terciario, venta de servicios.

Fuente: elaboración propia.

Igualmente, en los últimos años, el sector de la construcción enfrenta grandes retos en términos de gestión de recursos materiales, implicando el uso eficaz de los mismos a través de la mitigación de contaminación, nuevas tecnologías y equipos de construcción, así como la implementación de procesos para el trabajo en obra y la cantidad de recursos energéticos invertidos

en el proceso de producción, dado que los edificios son el mayor consumidor individual de energía en todo el mundo (Arriagada D., 2019; Giesekam, Barrett, & Taylor, 2016; Hankammer et al., 2017; Olivier & Peters, 2018; U.S. Geological Survey, 2018; Uwasu et al., 2014).

Lo anterior aporta a otras industrias del sector secundario como las destinadas a producción de energía eléctrica e hídrica y construcción de infraestructura. Los productos de estos dos primeros sectores se denominan bienes, los productos del sector terciario se denominan servicios, considerados de carácter mixto a diferencia de los dos primeros sectores. De este modo, el sector servicios incluye la distribución física general de los bienes, desde su transporte fuera de su lugar de producción hasta su lugar de venta o consumo. Como parte del proceso de distribución, este sector incluye la venta al por mayor y al por menor de bienes.

Otros servicios incluidos en el sector terciario de la economía son los servicios prestados a los consumidores, donde a diferencia de los bienes producidos en los sectores primario y secundario, no pueden almacenarse o no son tangibles. Además, este sector incluye la prestación de servicios financieros, esencialmente representados en activos y derechos legales de propiedad de los bienes y servicios físicos (Ive & Gruneberg, 2000; Sui Pheng & Shing Hou, 2019).

Sin embargo, la construcción se establece únicamente como actividad económica enfocada en la última etapa de procesos constructivos para la creación de infraestructura, definida en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (Naciones Unidas, 2009) y adaptada en Colombia por el (Departamento Administrativo

Nacional de Estadística –DANE, 2012) como el Título F. No obstante, la gestión de proyectos para actividades de construcción, arquitectura, ingeniería de diseño, y fabricación de materiales de construcción se enumeran en diferentes categorías distintas a la actividad definida como construcción, diferenciadas principalmente por clasificaciones fiscales y manejo estadístico adecuado.

La producción generada por el sector de la construcción incluye diversas actividades, desde la concepción, diseño y ejecución, que incluye el esbozo de componentes, y una visión de los productos finales. La ejecución implica la preparación del lugar, el traslado y la elaboración de los materiales, la realización de subconjuntos y el montaje final.

Asimismo, este abarca una diversa gama de empresas u organizaciones dedicadas profesionalmente al proceso de construcción. Además, estas empresas u organizaciones, a su vez, suelen tener una estrecha relación con los clientes y los financiadores (Pheng & Hou, 2019). En resumen, la Figura 2 expone el entramado de actividades económicas que directamente participan en el sector de la construcción. La industria de la construcción es uno de los sectores más representativos del crecimiento económico global (Kirchberger, 2018; Sui Pheng & Shing Hou, 2019). Así, los requisitos en la industria de la construcción dentro de la economía global exigen una respuesta rápida a nuevas o existentes necesidades de los clientes. Este fenómeno se deriva directamente de las características de los productos de la industria, descritos anteriormente.

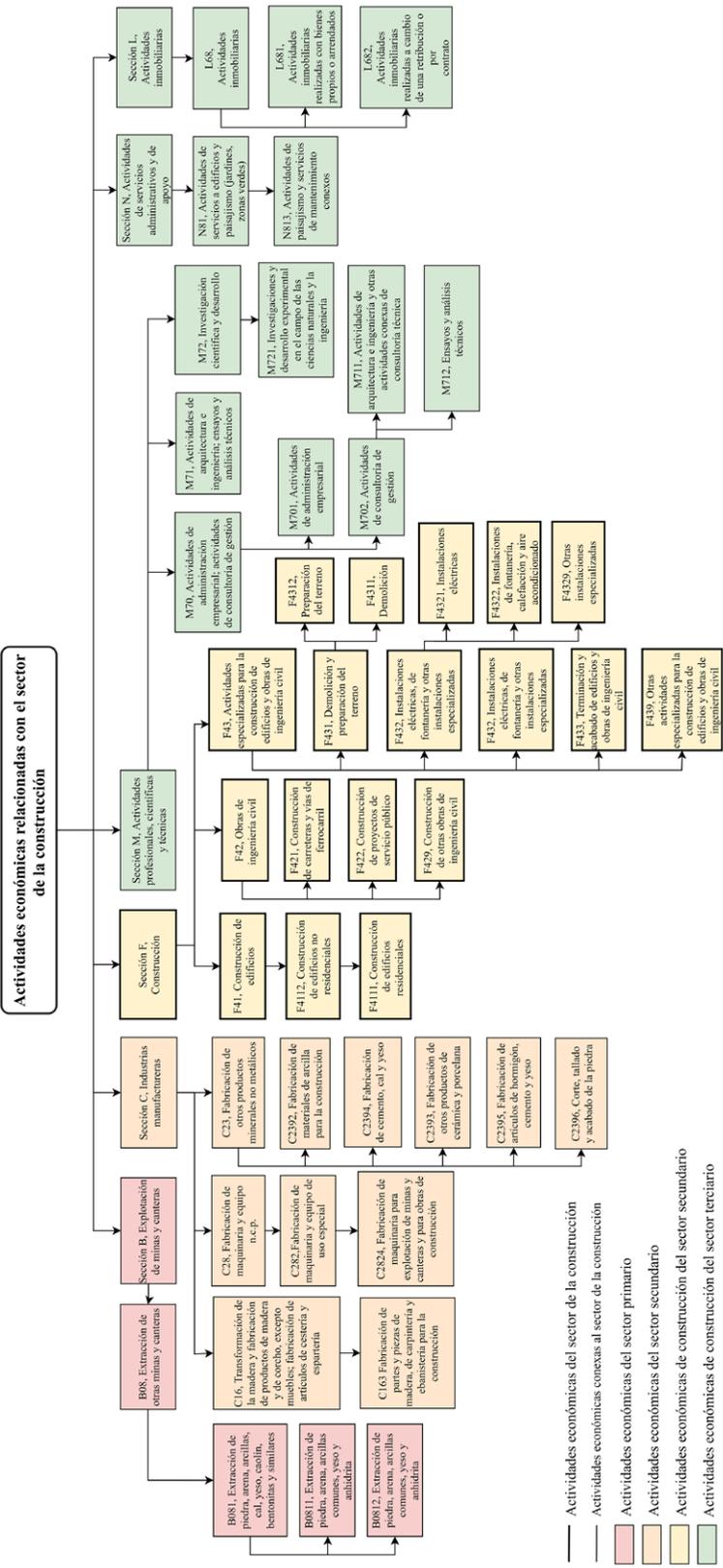


Figura 2. Actividades económicas influencias por el sector de la construcción en Colombia.

Fuente: elaboración propia a partir de la clasificación CIU en Colombia

Además, la sectorización por los tres niveles de participación en el sector de la construcción es útil para obtener una imagen completa de la industria, dada la complejidad de actividades inmersas, especialmente en los productos finales, donde este tipo de información suele ser de gran importancia para los fines de la planificación económica. Asimismo, algunos investigadores han propuesto que la construcción debería considerarse como una actividad económica de nivel de proyecto y han cuestionado si la construcción es una industria, sector o varias industrias (Ive & Gruneberg, 2000).

### **2.1.2 La gestión del conocimiento en proyectos de construcción**

Los problemas del desarrollo económico son complejos y multidimensionales, lo cual ha dado lugar a la elaboración de una serie de teorías, explicaciones, argumentos y afirmaciones. No obstante, no es clara la integración de los mercados, que actualmente tienen un carácter global, junto con las complejas relaciones entre diversos actores en la actividad de construcción del sector público y el cliente privado.

Lo anterior es impulsado por el aumento de la utilización de la tecnología de la información y las pautas de adquisición se han alejado de los métodos tradicionales de diseño-licitación-construcción para pasar a métodos de diseño, junto con la gestión de la construcción. (Fellows, Langford, Newsombe, & Urry, 2002). Así, dentro de los medios académicos y empresariales colombianos, se concede especial importancia a la educación y la capacitación en los campos del desarrollo y la gestión de proyectos como consecuencia del claro reconocimiento de su relevancia para el desarrollo humano, económico y social; así como la influencia

de esos campos en la ejecución de la actividad constructiva (Giraldo González, Pulido Casas, & Leal Coronado, 2013).

Además, existe una relación entre factores que afectan la complejidad y su éxito en proyectos de construcción, formulados en la Figura 3. Así que se está prestando una atención a la identificación y el análisis de características fundamentales que exhiben estos factores junto con el entorno económico, considerado como una respuesta o adaptación a la globalización.

Si el éxito es definido como la entrega de un producto que satisface las expectativas de los interesados, los hechos demuestran claramente que la industria de la construcción tiene un historial defectuoso en este sentido, donde los grandes proyectos han estado sujetos a sobrecostos y tiempos mayores a los planeados inicialmente. De modo que, el rendimiento del producto a menudo no satisface las expectativas previamente planteadas.

Además, la rentabilidad de la industria ha sido cuestionada y los grandes inversores están reconsiderando su exposición a ciertos sectores de la economía. (Fewings & Henjewe, 2019). Por lo tanto, es necesario hacer cambios costosos a medida que el proyecto avanza. Por consiguiente, se han formulado diferentes estándares o guías que consideran algunas características inherentes a proyectos de construcción como el área de gestión financiera de proyectos, estrictamente definidos por los requisitos en resultados, costos, limitaciones de tiempo y el entorno. Lo anterior permite gestionar y finalizar los proyectos de forma eficaz y eficiente de acuerdo a las restricciones establecidas, para cumplir con un objetivo social (Burger, Verster, &

Zulch, 2015; Fernández-Sánchez & Rodríguez-López, 2010; Pinzón & Remolina, 2017; Project Management Institute (PMI), 2016; Project Management Institute, 2016; Sánchez Jiménez, 2017). Estos componentes se describen en la Figura 3.

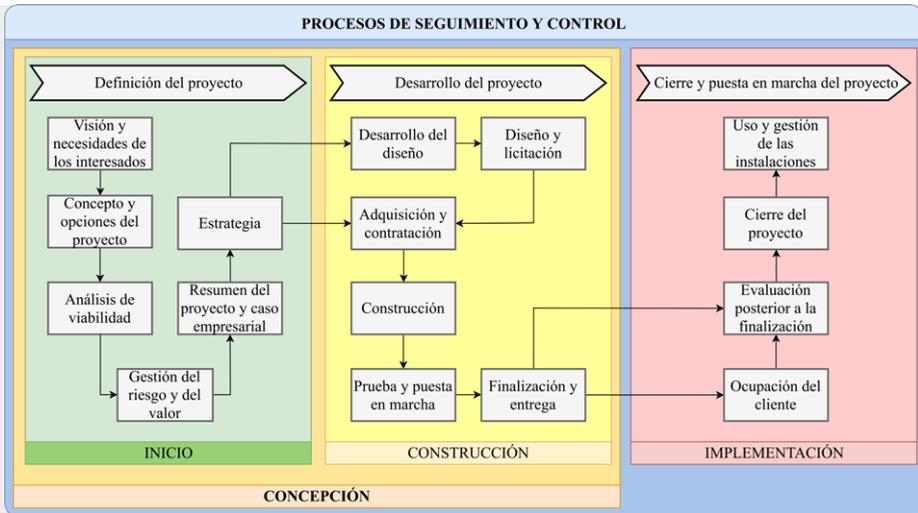


Figura 3. Procesos para el desarrollo en proyectos de construcción.

Fuente: modificado de Construction Project Management, An Integrated Approach por Fewings & Henjeweile, 2019 y Code of Practice for Development for Construction and Project Management, Chartered Institute of Building, 2014.

Las fases expuestas en la Figura 3 son dirigidas por un gerente en proyectos de construcción y están regidas por la combinación de conocimientos técnicos y experiencia con habilidades que puedan asegurar la coordinación y comunicación efectiva de las partes que lo componen (Dziekoński, 2017). Lo anterior se ha realizado mediante la gestión de relaciones de ingeniería entre labores de organización, planificación, financiación, el elemento humano en la producción y organizaciones de investigación. Los gerentes de ingeniería deben entender e integrar variables y restricciones organizacionales, técnicas, externas

y de comportamiento para lograr tareas y objetivos predeterminados (American Society of Civil Engineers (ASCE), 2008).

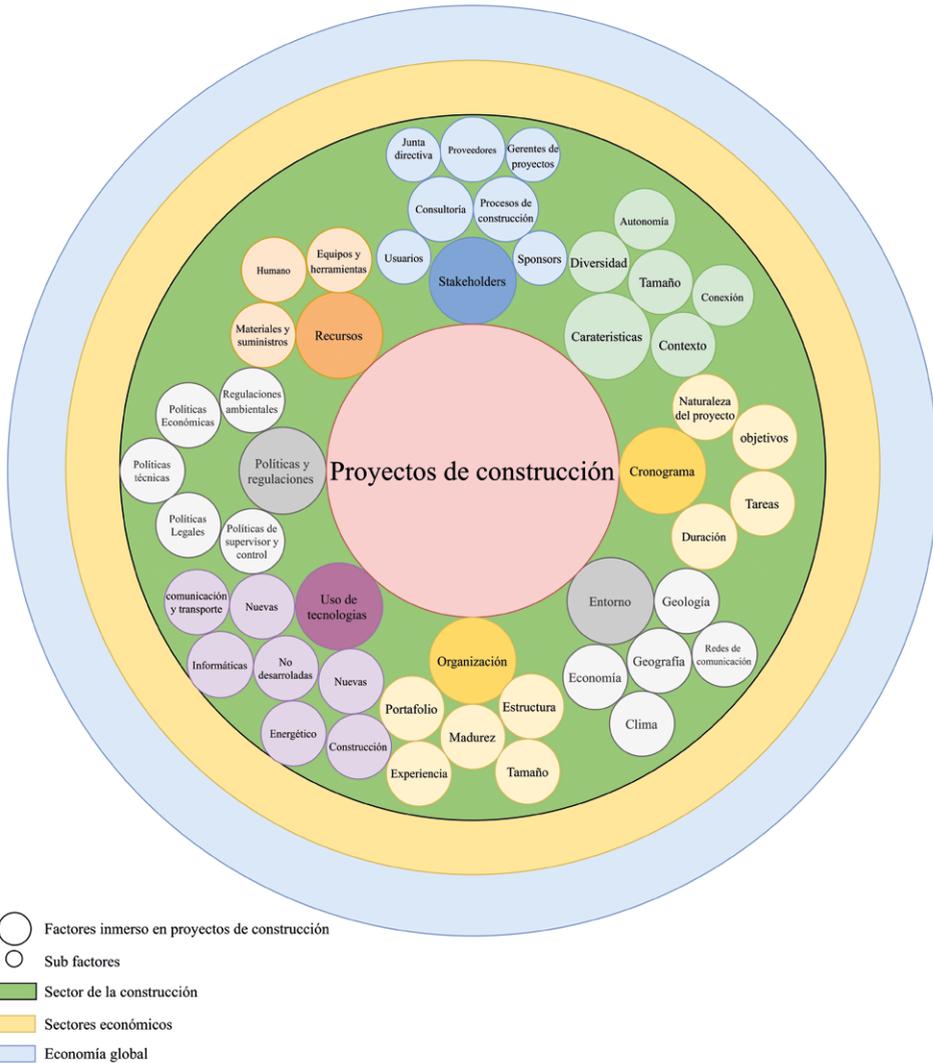


Figura 4. Modelos de factores complejos en el éxito de proyectos de construcción.

Fuente: elaboración propia a partir de Navigating Complexity: A practice guide (PMI, 2014), (Project Management Institute (PMI), 2016) y Clarifying the project complexity construct: Past, present and future, (Bakhshi et al., 2016).

La conciencia, crecimiento y el valor reconocido en el conocimiento del entorno han llevado a una ampliación de los conceptos y una inclusión que no abarca plenamente las prácticas actuales de gestión de proyectos que se encuentran en la industria de la construcción en todo el mundo, dados los diversos y cambiantes procesos en función de las crecientes exigencias por los interesados. Estos conjuntos de requerimientos y procesos se exponen en la Figura 4.

Por consiguiente, el sector de la construcción se sustenta en el conocimiento de un equipo de trabajo con suficientes diferencias respecto a otros sectores y aplicaciones (Ferrada, Núñez, Neyem, Serpell, & Sepúlveda, 2016; Forcada, Fuertes, Gangoellés, Casals, & MacArulla, 2013). Asimismo, intrínsecamente, los proyectos de construcción se desarrollan en un entorno complejo, competitivo siempre cambiante y a menudo con un alto grado de riesgo. Además, es difícil mantener el ritmo requerido de aprendizaje organizacional, desarrollo del personal o mejora de los negocios y adquisiciones de nuevas metodologías relacionadas con procesos en las organizaciones y proyectos (Abu Bakar, Yusof, Tufail, & Virgiyanti, 2016; De Marco, 2011; Massuan Ahamads, 2011).

De modo que, formular, desarrollar, compartir y utilizar el conocimiento combinado de la fuerza de trabajo actual es esencial para la permanencia y éxito en proyectos de construcción. Esto significa que se requiere la formulación y focalización del conocimiento en relación al aprendizaje del proyecto para mejorar continuamente el rendimiento de los mismos (Ferrada et al., 2016) y la clasificación de proyectos como complejos que inciden con el mismo impacto en su éxito (Bakhshi et al., 2016; Massuan Ahamads, 2011).

La Figura 4 integra las variables que influyen mayoritariamente en la complejidad de proyectos de construcción, junto con la identificación de variables en la actividad constructiva. Además, todas estas variables se integran en los sectores económicos que constituyen una nación. Pese a esfuerzos realizados, los avances en la mejora del aprendizaje de los proyectos parecen ser escasos (Hartmann & Dorée, 2015). Ya que las organizaciones repiten constantemente los errores, no aprenden de los proyectos, no transfieren las lecciones de un proyecto a otro y no utilizan herramientas que apoyen los procesos de análisis del entorno (Sarmiento-Rojas et al., 2018; Swan, Scarbrough, & Newell, 2010).

En este sentido, las empresas de construcción deben desarrollar técnicas y utilizar herramientas en sus proyectos que faciliten la captura y el intercambio de las lecciones aprendidas a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Paranagamage, Carrillo, Ruikar, & Fuller, 2012). Análogamente, es necesario estudiar los atributos individuales más importantes para determinar los indicadores que reflejen verdaderamente los factores que influyen en el éxito de un proyecto, donde la mayoría de atributos son variables y constantemente cambiantes, como el tipo de proyecto, el tamaño, la ubicación, experiencia del equipo de trabajo, las interfaces dentro de un proyecto, la logística/condiciones de mercado, las cuestiones geopolíticas y sociales, y los permisos y aprobaciones (Dao et al., 2016a).

A diferencia de otros tipos de proyectos y áreas de conocimiento, un punto de consideración adicional se relaciona con la gestión de adquisiciones, junto con el sistema de planificación y control en proyectos de construcción, dadas las grandes cantidades y requeri-

mientos de materias primas y manufacturadas en todo proceso constructivo. Así, para asegurar calidades y cantidades adecuadas de materiales y equipos, éstas se deben especificar de manera oportuna en paralelo con los requerimientos en costos de venta atractivos, entregas óptimas y condiciones de servicio.

De esta manera, las empresas introducen nuevos productos con mayor rapidez y se esfuerzan por mejorar las iniciativas de costo, eficiencia en la entrega y calidad del producto. Estas condiciones son necesarias para la competitividad empresarial, la cual debe integrarse con la adquisición y control de calidad de los proveedores pertinentes, incluyendo su reducción para simplificar el proceso de adquisición y definir mejor la responsabilidad y rendición de cuentas, logrando un trabajo más oportuno y eficiente (Massuan Ahamads, 2011).

### **2.1.3 Condiciones y características de los proyectos de construcción**

Existen diferentes grados de importancia de factores determinantes que comúnmente influyen en el sector de la construcción como las características del entorno. De modo que, es probable que los marcos de referencia sean diferentes según el contexto y la perspectiva de los interesados (Yfanti, Edgar, Temple, & Sakkas, 2017).

Asimismo, la gestión en el sector de la construcción puede definirse, entonces, como el logro de una corriente continua de objetivos de la actividad constructiva dentro del tiempo y costos al nivel de rendimiento/tecnología deseado, utilizando al mismo tiempo los recursos asignados de manera eficaz y efi-

ciente, y haciendo que los resultados sean aceptados por los interesados (Kerzner, 2017a).

Cada proyecto es intrínsecamente diferente y cada cliente puede tener diversos requisitos, junto con la estimación de las condiciones del entorno, producto de un cambio en las políticas de desarrollo o eventos adversos a una economía. Por lo tanto, se debe propender por conocer e interiorizar estos procesos para hacer un mejor uso de los recursos existentes y obtener una labor fluida, junto con la consolidación de una combinación de muchos y variados acontecimientos e interacciones; planificados o no a lo largo de la vida del mismo, junto con sus particularidades que los convierten en empresas con altos riesgos y niveles de complejidad, singularidad y unicidad que incluyen:

- La fragmentación del mecanismo organizativo por el que se realizan la mayoría de los proyectos. Por lo general, el equipo de ejecución del proyecto es externo a la organización. Además, existe una separación entre los diseñadores y constructores.
- El requisito de una amplia gama de conocimientos y aptitudes especializados exige la participación de un gran número de consultores, contratistas, proveedores y organismos oficiales.
- La tecnología involucrada en la construcción de edificios modernos.
- Logística creada por los aspectos de localización del proyecto, donde el lugar fijo significa que todas las demás organizaciones deben ser llevadas hacia él.
- Diversidad en términos de profesión, cultura, nivel educativo, género y distancia espacial del proyecto

que suelen presentar una amplia gama de intereses y debe ser satisfecha.

- La incertidumbre creada por la exposición al entorno (eventos climáticos, condiciones de anormalidad, etc.).
- Incertidumbre causada por el tiempo necesario para el ciclo de vida del proyecto. Cuanto más largo sea el periodo de tiempo, mayor será la probabilidad de afectación por circunstancias externas cambiantes, como las condiciones económicas, políticas o por exigencias de los interesados.

Estas particularidades, inmersas en cada proyecto, condicionan su organización, por lo cual los participantes varían, al igual que las condiciones del lugar, influencias externas y necesidades o expectativas de los interesados, junto con las múltiples y variables tecnologías adoptadas. (Chartered Institute of Building, 2014). Sin embargo, ciertos factores son más críticos para el éxito del proyecto y pese a una década de trabajo, la industria de la construcción no ha cambiado sustancialmente y solo se cuenta con una comprensión marginal de algunos de los factores que hacen que los proyectos tengan éxito en contextos específicos (Wuni & Shen, 2019).

## **2.2 Retos y propuestas en eficiencia en proyectos de construcción**

La construcción es uno de los principales sectores que contribuyen de manera significativa al crecimiento de la economía de cualquier país. Así, el desarrollo de proyectos de construcción implica retos importantes, debido a la constante adaptación, producto de los

cambios, tecnológicos, económicos, en su oferta y demanda, entre otros.

Entre los problemas sustanciales en la industria de la construcción está el exceso de tiempo y retrasos en la construcción, dependiendo de la realización de las tareas del proyecto, que a su vez dependen del suministro oportuno de materiales y mano de obra. La magnitud de estos retrasos varía considerablemente de un proyecto a otro y es vital que todas las organizaciones tengan cierto conocimiento sobre este tema, para que el proyecto se complete de manera efectiva y satisfactoria. Por tal razón, juegan un papel clave en el éxito o fracaso de un proyecto de construcción (Kenny & Vanissorn, 2012; Zidane & Andersen, 2018).

Asimismo, la detección tardía de los defectos y problemáticas en los proyectos supone un tiempo mínimo para implementar planes que mitiguen los sobrecostos e implicaciones en el cronograma (Xiong, Adan, Akinci, & Huber, 2013). Además, se suman retos importantes en gerencia de proyectos, enfocados en las buenas prácticas que busquen implementar soluciones y acciones a tiempo. De manera que se requiere que las actividades programadas y en ejecución reciban realimentación continua con el fin de rastrear el estado del proyecto (Turkan, Bosche, Haas, & Haas, 2012).

Por otra parte, debido a los avances tecnológicos, los proyectos de construcción han atraído intereses de científicos e ingenieros con el fin de establecer mejoras en el monitoreo, debido a necesidades generadas desde los principales proyectos de infraestructura civil, como se informa ampliamente en la literatura (Jia, Li, Yi, Li, & Ren, 2015). La mayoría de estas actividades son operaciones especiales, significando que estas tareas

requieren materiales y equipos específicos para ser realizadas, las cuales no iniciarían si los recursos necesarios no se entregan a tiempo (Tafazzoli & Ap, 2016).

De modo que se busca lograr mayor madurez en este campo, traduciéndose en una mejora del rendimiento organizativo y de proyectos. Sin embargo, las empresas se han dedicado a la gestión de proyectos durante más de medio siglo y su contribución al rendimiento todavía no es reconocida fuera del grupo de profesionales que creen en la gestión de proyectos (Aubry & Hobbs, 2012; Berssaneti & Carvalho, 2015; Papke-shields, Beise, & Quan, 2010). En definitiva, se requiere avanzar en la formulación de investigaciones cuantitativas exploratorias, con la finalidad de confirmar los enfoques cualitativos.





Capítulo 3. EL ENTORNO  
ECONÓMICO DEL SECTOR DE LA  
CONSTRUCCIÓN

The image shows a person in a plaid shirt looking at a desk with various business charts and documents. The charts include a bar chart, a pie chart, and a line graph. The text 'Capítulo 3. EL ENTORNO ECONÓMICO DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN' is overlaid on the image.



**L**a industria de la construcción desempeña un papel central en la economía de cualquier país, involucrando la extracción de recursos naturales, fabricación y transformación de materias primas como componentes constructivos. Transversalmente a estas actividades se encuentra la generación de empleo y dinamismo económico, esenciales para fines inherentes al sector público, coadyuvado por el sector privado. Asimismo, envuelve la provisión de servicios de consultoría como gestión de proyectos, diseño e ingeniería estructural. Por ello, es uno de los sectores más representativos del crecimiento económico global, generalmente relacionado con otros sectores y ejerce un efecto multiplicador en la economía.

Sin embargo, el sector experimenta ciclos de actividad mucho más pronunciados que el promedio de actividades económicas y es susceptible a las variaciones de los mercados internacionales. De modo que, se considera uno de los principales indicadores, debido a la influencia que tiene en las variaciones en el ciclo de la economía, los cuales repercuten en el desarrollo integral de la sociedad. Por lo anterior, el presente capítulo expone los fenómenos globales y su influencia en la productividad nacional, el desempeño del sector de la construcción y su impacto en la gestión de competitividad.

Con esto presente, se identificó un panorama de baja competitividad, producto de las coyunturas económicas mundiales, impactando en el sector de la construcción, debido a la propensión generada por la limitada capacidad en innovación y al agreste entorno económico en el país. Esto produce un complejo sistema que involucra la productividad, competitividad y desarrollo, que influye en el comportamiento del mercado laboral y políticas gubernamentales.

### **3.1 Procesos implementados para la evaluación del entorno económico**

El sector de la construcción experimenta ciclos de actividad mucho más pronunciados que el promedio de sectores que conforman la economía nacional. Asimismo, es susceptible a las variaciones económicas internacionales. De modo que se considera uno de los principales indicadores, debido a la influencia que tiene en las variaciones en el ciclo de la economía (Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE, 2019c). Para realizar un bosquejo del panorama económico internacional y sus efectos en el desarrollo del sector de la construcción, junto con la dinámica económica nacional, se formuló el siguiente marco metodológico.

#### **3.1.1 Fundamentos para el análisis de la economía global**

Se utilizarán fuentes de información suministradas por organizaciones financieras internacionales, en las cuales se brinda acceso a información sobre las políticas económicas mundiales, junto con sus causas y consecuencias, en paralelo con las tendencias

económicas. Estas fuentes son, en primera medida, suministradas por el Fondo Monetario Internacional, Banco Mundial, agencia de calificación de riesgo y entidades públicas o privadas que formulen análisis económicos sustentados y coherentes con las actividades económicas actuales.

### **3.1.2 Análisis de la economía nacional**

Para establecer las dinámicas económicas en relación con el efecto del sector de la construcción, se compiló la información histórica de las entidades estatales encargadas de la recopilación y análisis de las actividades económicas globales, nacionales y específicas de la dinámica del sector de la construcción. Estas instituciones son el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Departamento Nacional de Planeación (DNP) y Banco de la República de Colombia (BanRep). Asimismo, se incorporaron investigaciones y datos procesados previamente por la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL).

Con base en la información suministrada por estas fuentes, se utilizaron datos de corte transversal, considerando un rango de 15 años (2005-2020) y escogiendo valores de producción representativos, según la naturaleza de la información. Asimismo, se utilizarán bases de datos de series de tiempo, producto de las observaciones de una o múltiples variables que caracterizan la actividad económica de la Nación a lo largo del tiempo.

Esta información histórica se depura y analiza según las variaciones macroeconómicas, al comparar la selección de la producción bruta en miles de millones de pesos, separando los valores relacionados con derechos e impuestos sobre importaciones, Impuesto de Valor

Agregado (IVA) no deducible e impuestos al producto (excepto impuestos sobre importaciones e IVA no deducible), subvenciones al producto a precios constantes en las actividades económicas, oferta y demanda, índices y precios, a partir de datos originales publicados por el DANE y BanRep. Asimismo, se seleccionaron las 12 agrupaciones iniciales de cada sector económico principal, según la última Clasificación de Actividades Económicas CIU (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2012) y los subsectores que conforman el sector de la construcción.

La información recolectada es seleccionada y organizada para su correlación con fenómenos económicos externos mediante el análisis de informes periódicos suministrados por centros de investigación económicos, informes de asociaciones privadas y diversas cámaras de comercio, en especial CAMACOL, con el fin de relacionar la productividad del sector de la construcción, sus subsectores y la generación de empleo, con diversas dinámicas externas e internas que afectan el sector de la construcción.

## **3.2 Análisis del entorno económico y el sector de la construcción**

### **3.2.1 Evaluación de la economía global**

El comercio mundial como porcentaje del PIB alcanzó su punto máximo en 2008 tras décadas de crecimiento constante. La crisis financiera internacional de este año, llamada “Gran Recesión”, fue generada por el derrumbe de los mercados financieros, el desplome de los precios de vivienda y el aumento drástico de quiebras

## y ejecuciones hipotecarias iniciadas por el sector inmobiliario en la economía de Estados Unidos.

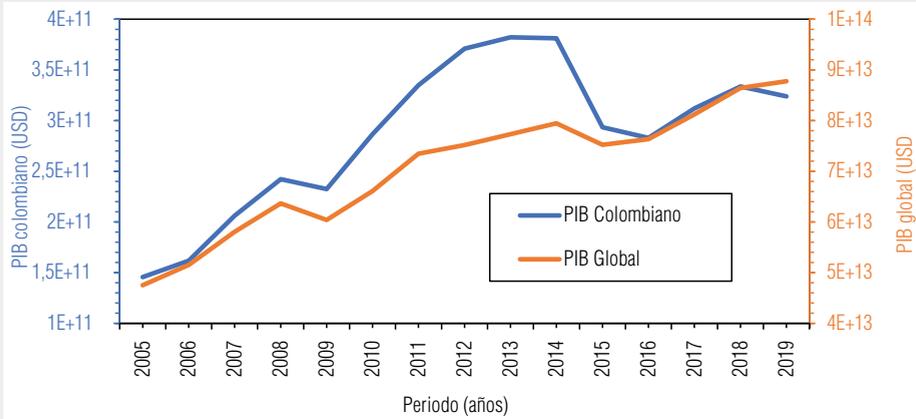


Figura 5. Comparación entre la productividad mundial y en Colombia en los últimos 15 años.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del World Bank Open Data, Free and open access to global development data (2020).

Lo anterior es producto del uso de tasas hipotecarias de alto riesgo, facilidades de crédito, expansión de valores respaldados por hipotecas entre otros factores, que posterior a la crisis generaron que muchos bancos y otras instituciones financieras de los Estados Unidos y del extranjero se enfrentaran a una considerable presión en las obligaciones financieras, generando un mayor riesgo en los activos en mora. Esto produjo recesión en los mercados mundiales e intervenciones de bancos centrales y gobiernos en todo el mundo (Erkens, Hung, & Matos, 2012; International Monetary Fund, 2009; Mehdian, Rezvanian, & Stoica, 2019). Posterior a esta crisis, el crecimiento global se ha estancado. Este fenómeno se expone en la Figura 5, que al igual que los síntomas recesivos productos de descalabros económicos coyunturales impactan en la economía nacional.

La Figura 5 expone una relación entre los altibajos en la producción mundial y sus efectos en la economía colombiana donde existe una relación marcada en las crisis financieras globales. Además, expone los cambios del comercio mundial como porcentaje del PIB, el cual alcanzó su punto máximo en 2008, junto con la integración de cadenas de suministro mundiales que, a diferencia de la economía colombiana, la producción se restableció posterior a esta crisis.

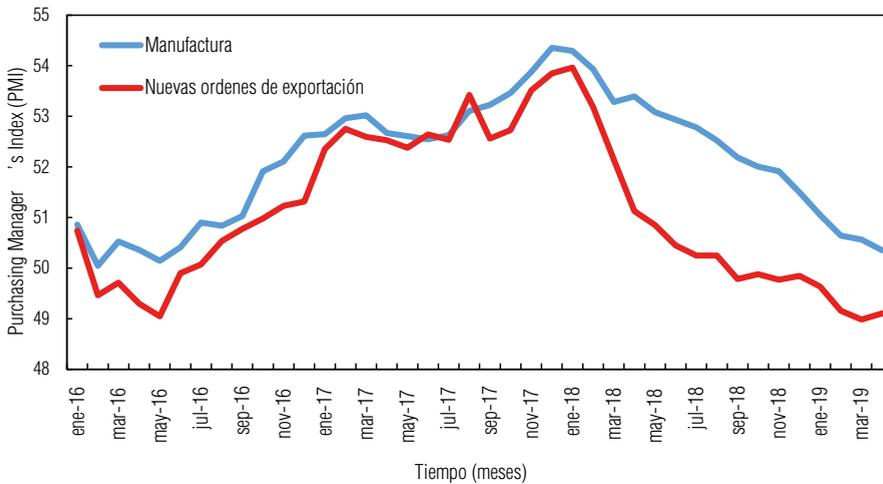


Figura 6. Comportamiento de la industria manufacturera a nivel mundial.

Fuente: World Bank Group. (2019). Global Economic Prospects, June 2019: Heightened Tensions, Subdued Investment.

No obstante, la crisis global producida en el 2014 ha afectado a la economía colombiana, además de producir una incertidumbre económica y política, volubilidad en los mercados y reducción del crecimiento económico (International Monetary Fund (IMF), 2019b; World Bank Group, 2019a). Esto ha endurecido las condiciones financieras y el debilitamiento del estímulo fiscal, donde el comercio y la industria manufacturera mostraron signos de marcada debilidad (World Bank Group, 2019a), como se puede observar en la Figura 6.

Asimismo, la reducción en las exportaciones de materias primas no renovables para generación de energía como el carbón y la volatilidad en el mercado del gas y petróleo afectan la producción y generan una alta variación en este sector (Investigaciones Económicas Corficolombiana, 2019; World Bank Group, 2019a). Sumado a esta coyuntura, según fuentes del Fondo Monetario Internacional (2019), muchos países han impuesto restricciones a la exportación en 2020 sobre una base neta, suponiendo un aumento considerable con respecto a los años anteriores, que representan alrededor del 10% del comercio mundial. Lo que implica riesgos para las perspectivas de crecimiento económico.

Por lo anterior, el mercado global se encuentra en un ambiente de incertidumbre económico y político, hay volubilidad en los mercados y existe reducción en el crecimiento. Un recrudecimiento de las tensiones comerciales, incluida las escaladas entre las principales economías, junto con una desaceleración de la inversión mundial y un descenso de la confianza, continúan más allá de lo contemplado en los pronósticos (International Monetary Fund (IMF), 2019b; World Bank Group, 2019a). Estos endurecimientos en las condiciones financieras y el debilitamiento del estímulo fiscal son los principales impulsores de la desaceleración del crecimiento económico, el cual se ha proyectado y recrudecido en el 2019, como se expone en la Figura 7.

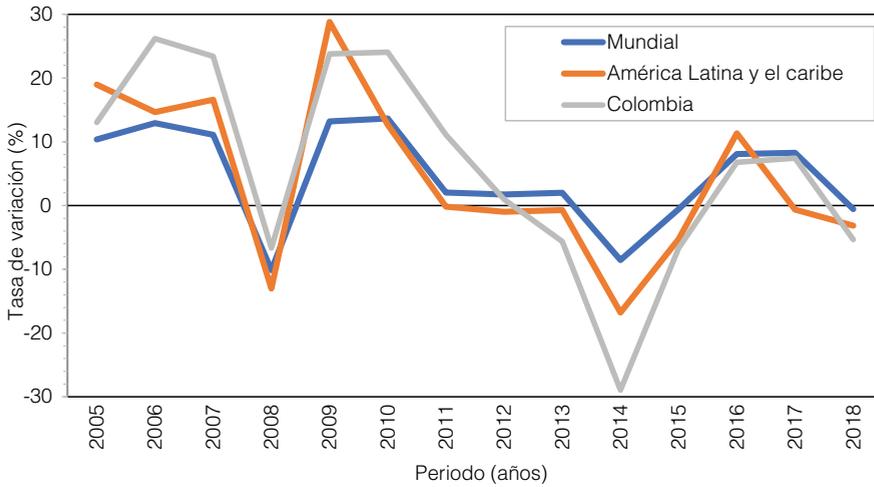


Figura 7. Variación del comportamiento de la industria mundial, Latinoamérica y Colombia.

Fuente: elaboración propia a partir de datos suministrados por World Bank, Free and open access to global development data (2020) y DANE, PIB desde un enfoque de producción (2020).

La Figura 7 muestra comportamientos similares en periodos de tiempo coyunturales, los cuales afectaron todas las industrias, incluyendo la colombiana y el sector de la construcción. Así pues, América Latina y el Caribe son vulnerables a un contexto mundial complejo, pronosticándose para 2019 y 2020 una desaceleración moderada que, posterior a su ascenso en el 2017 en el comercio mundial, ha experimentado, nuevamente, una desaceleración.

Además, se prevé que siga su desaceleración en medio de una mayor incertidumbre en materia de políticas económicas, persistentes tensiones comerciales y una disminución de la confianza en las empresas y consumidores. (International Monetary Fund, 2018; Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 2019; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 2019). De igual manera, esta disminución en la pro-

ductividad industrial se relaciona con la reducción de liquidez mundial en el 2018, cuando los flujos de capital a los mercados emergentes retrocedieron, depreciando las monedas en relación con el dólar estadounidense, junto con una caída de los valores bursátiles. Por consiguiente, el contexto externo es volátil y podría implicar un endurecimiento financiero mundial. Lo que podría descarrilar la recuperación económica de América Latina y Colombia.

Muchos autores coinciden en la inexistencia de una guía formulada para el desarrollo de características o políticas públicas. No obstante, es común que en países emergentes se implementen estrategias siguiendo las metodologías keynesianas, estimulando la demanda, generando un leve crecimiento sostenido, permitiendo el pago de los atrasos en el gasto público y aumentando la capacidad de inversión, junto con el impulso de las economías basadas en la extracción de materias primas (Zuleta, 2018).

El International Monetary Fund (2019a) predice que los países en desarrollo de bajos ingresos y varias economías de mercado emergentes tendrán que crear puestos de trabajo y mejorar la infraestructura pública, como servicios para satisfacer las necesidades de sus poblaciones en rápida expansión y urbanización. Estas sugerencias se han aplicado conjuntamente con el músculo laboral que proporciona el sector de la construcción, en el que durante la última década, la mayor parte del crecimiento provino de los mercados emergentes, mientras que los mercados desarrollados no han recuperado plenamente sus volúmenes anteriores a la crisis (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), 2019a; Hatzius et al., 2018).

Asimismo, los fenómenos económicos globales, representados en diferentes eventos políticos, ambientales sociales u otros, impactan en las economías a menor escala, traducándose en las capacidades organizacionales, su adaptación o desaparición; donde el sector de la construcción, al igual que la economía colombiana, es afectado mediante el impacto coyuntural o a través de la generación de las políticas que lo relacionan íntimamente. Este impacto se ha traducido en el aumento de tasas superiores al +6% en economías emergentes de Asia y América Latina, que lentamente se acerca al +2% y se estabiliza, en promedio, en 5% (Fondo Monetario Internacional (FMI), 2019c). Sin embargo, al interior de cada una de estas categorías hay importantes diferencias, las cuales se observan en la Figura 8.

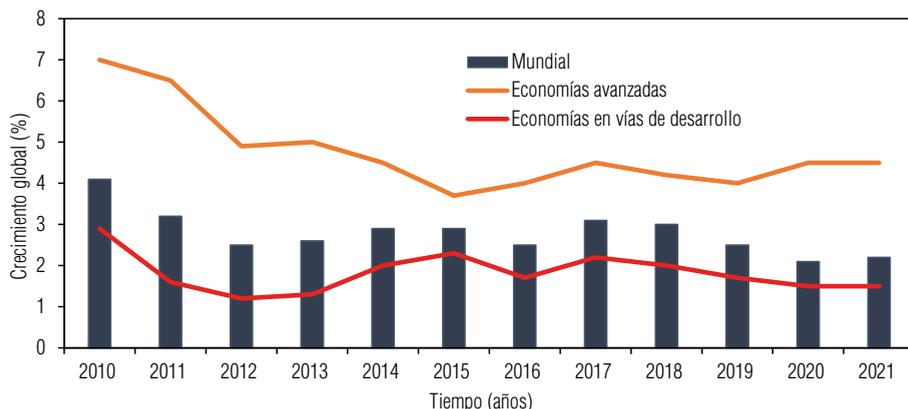


Figura 8. Comportamiento del crecimiento económico a nivel mundial y tipo de economías.

Fuente: Fondo Monetario Internacional (FMI). (2019). Perspectiva de la economía mundial, desaceleración del crecimiento, precaria recuperación.

Parte de este impulso económico, de conformidad a lo pronosticado, es generado por el sector de la construcción y el comercio, contribuyendo con un (1) punto porcentual al PIB y del cual se espera un crecimiento alrededor del 3,9% anual hasta 2030 (Robinson T,

2015; World Bank Group, 2019b). Por esta razón el FMI (2019a) prevé que países en desarrollo de bajos ingresos y varias economías de mercado emergentes deben crear puestos de trabajo y mejorar la infraestructura pública.

Además, estas políticas pueden conllevar a satisfacer las necesidades de sus poblaciones en rápida expansión y urbanización. Así, el gasto social y las políticas fiscales en todos los países deben seguir el ritmo de cambios en el mercado laboral y de productos. Lo anterior obedece a la profundización de los vínculos comerciales y financieros, con el fin de adaptar las políticas a tendencias mundiales, fomentando el crecimiento económico a largo plazo y al restablecimiento de la confianza de los ciudadanos en las instituciones necesarias para la estabilidad económica.

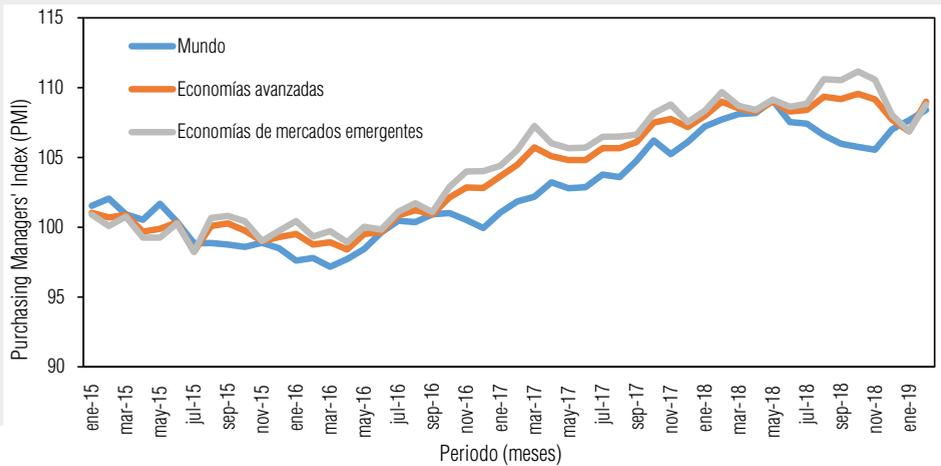


Figura 9. Confianza de los consumidores a nivel mundial.

Fuente: Fondo Monetario Internacional (FMI). (2019). Perspectiva de la economía mundial, desaceleración del crecimiento, precaria recuperación.

Estas sugerencias se han puesto en práctica, junto con el músculo laboral que aporta la construcción,

puesto que en la última década, la mayor parte del crecimiento provino de mercados en países emergentes; mientras que los mercados desarrollados no han recuperado completamente sus volúmenes anteriores a la crisis (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), 2019b; Hatzius et al., 2018), como se expone en la Figura 9.

En un contexto marcado por una fuerte incertidumbre económica, relacionada con políticas y deterioro de las perspectivas de la demanda mundial, la producción industrial cayó sobre todo en el caso de los bienes de capital. Esa caída fue generalizada, sin embargo, acentuada en economías avanzadas, con la excepción de Estados Unidos. Igualmente, estas variaciones se relacionan con pérdida de optimismo en los mercados, causada en parte por las tensiones comerciales, las cuales se relacionan con ineficiencias en el gasto público (Fondo Monetario Internacional (FMI), 2019c).

Además, el sector de la construcción es afectado por ineficiencias técnicas, relacionadas con la combinación de metodologías de trabajo, bienes y transferencias para prestar servicios en parte por el gasto público, mediante inversiones y trabajo. Los cuales están relacionados con los costos de producción asumidos por el propio gobierno. Asimismo, los subsidios, ayudas y beneficios sociales están relacionados con las transferencias monetarias o en especie. Lo anterior se materializa al adquirir a terceras partes, bienes y servicios para otros destinatarios, normalmente empresas y hogares (International Monetary Fund (IMF), 2019a).

Sin embargo, los fenómenos de larga data en retrasos de cronogramas, sobrecostos y falencias con las expectativas en la industria global de la construcción son

recurrentes. Además, afectan negativamente el éxito de este tipo de proyectos. Estos excesos se pueden definir como la diferencia entre lo estimado y lo realizado, entre el 28% y el 30% en las grandes empresas públicas a nivel mundial (Ellis & Mice, 2019; International Monetary Fund (IMF), 2019a).

Por lo tanto, la construcción global es más dinámica en comparación con años anteriores, especialmente en naciones emergentes. No obstante, las economías con altos niveles de desarrollo continúan representando, aproximadamente, la mitad de la construcción global, a causa del mantenimiento del alto nivel de vida, en parte mantenida por los resultados de inversión en proyectos de construcción.

Estas grandes inversiones en infraestructura y en sistemas de movilidad son fundamentales para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, generando un aumento de productividad y competitividad. Además del impacto en el comportamiento del mercado laboral, sustentado por políticas generadas, comúnmente, por instituciones gubernamentales. Las cuales pueden considerarse como partes interesadas de alguna manera. Ya que, ciertamente, afectan a las organizaciones y grupos a través de sus políticas fiscales, regulatorias y asignaciones presupuestales directas, o a través de instituciones financieras (Chinyio & Olomolaiye, 2010; Kirchberger, 2018).

Lo anterior permite canalizar los objetivos planteados mediante el manejo de necesidades de proyectos que involucren los interesados finales, con el fin de producir resultados exitosos, teniendo en cuenta las complejidades organizativas y pertinencia de estas empresas en la responsabilidad de manejo de recursos. De modo

que se han establecido asociaciones público-privadas (APP), como una forma popular de entrega de proyectos para la adquisición de infraestructura económica y social intensiva. Lo anterior mediante la inversión de capital por el sector público. De modo que, la satisfacción del cliente permite a las empresas constructoras diferenciarse de sus competidores y crear ventajas sostenibles (Bwanali & Rwelamila, 2017).

### 3.2.2 Retos actuales de competitividad para Colombia

La competitividad se ha definido como *“conjunto de instituciones, políticas y factores que determinan el nivel de productividad de un país”* (Fuentes Pilaló & Véliz Salazar, 2017; Moscoso Durán, 2017). Así, las capacidades de una nación permiten el crecimiento de los ingresos nacionales, incremento y canalización de la inversión mediante el uso del músculo empresarial por competir a niveles de mercado abierto, producción de bienes y servicios con otras economías o países.

Asimismo, la competitividad se puede establecer como la capacidad de una organización para mantener, sistemáticamente, ventajas comparativas que le permitan alcanzar, sostener y mejorar su permanencia en el entorno. Estas ventajas estarían sustentadas en sus habilidades. Esto le permite a la empresa obtener rendimientos superiores a los de su competencia, junto con las posibilidades que el medio brinda para desarrollarse. En este caso, la Nación con sus políticas y recursos.

Con base en el anterior capítulo, durante la última década, la mayor parte del crecimiento global provino de mercados en países emergentes, en comparación con

mercados desarrollados (ANDI, 2019; Hatzius et al., 2018). En Colombia existe un crecimiento económico sectorizado que aporta heterogéneamente a su producción global (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2019c, 2019b).

No obstante, estos incrementos están íntimamente relacionados con políticas de desarrollo hacia ciertos sectores, dependiendo en gran medida de su acople con las necesidades y capacidades demandadas. Lo cual determina su éxito y a su vez permite analizar la competitividad, junto con la capacidad de brindar bienes y servicios que repercuten en el desarrollo, mediante la generación de empleo y satisfacción de necesidades. Estos objetivos se canalizan mediante inversión en el sector de la construcción en sus diferentes ramas de actividad económica.

Sin embargo, la producción de dichas ramas es desigual, debido a los fenómenos inmersos en la producción nacional e inversión, capacidad de demanda, políticas certeras, diversidad geográfica, herramientas tecnológicas y gerenciales, entre otros. Es fundamental que las agendas públicas y privadas concentren estrategias para generar competitividad, basadas en aprovechar las fortalezas y resolver los rezagos más importantes para el desarrollo empresarial y el emprendimiento.

Estos factores permiten la formulación de políticas que requieren un mediano y largo plazo, además de posibilitar la evaluación del cambio y sus progresos en relación con el conjunto de factores que determinan la productividad. Con base en lo anterior, el World Economic Forum (WEF) ha establecido como evaluación de la competitividad la desagregación de 12

pilares llamados Índices de Competitividad Global (ICG). Estos indicadores revelan que, en promedio, la mayoría de las economías están alejadas, “frontera” de la competitividad. 11 años después de la crisis financiera mundial de 2008, las inversiones para aumentar la productividad han sido subóptimas, como nuevas infraestructuras, I+D+I y desarrollo de aptitudes en la fuerza de trabajo actual y futura (Acevedo-Prins & Jiménez-Gómez, 2015; Schwab, 2019).

Además, a medida que las estrategias monetarias empiezan a agotarse, es fundamental que las economías dependan de políticas fiscales, reformas estructurales e incentivos públicos para asignar recursos a toda la gama de factores de la productividad, a fin de aprovechar plenamente las nuevas oportunidades que ofrece la globalización.

No obstante, al evaluar los pilares que componen el ICG en Colombia en los últimos 10 años (2008-2018), expresados en la Figura 10, se muestra claramente la tendencia y cambios en los pilares que formulan y evalúan la competitividad global. Además, se expone que ciertos factores como el entorno macroeconómico (PIB, exportaciones, importaciones, etc.) tienen el mayor puntaje y éste ha sido constante en los últimos 10 años. Lo anterior es sinónimo de estabilidad y crecimiento sostenido, junto con el aumento en los pilares de preparación tecnológica y sofisticación de los mercados financieros. Este último obtuvo un incremento de puntaje recientemente, indicando una mayor robustez.

No obstante, contrastan los pilares que conforman las instituciones e innovación, reflejando los indicadores con mayor rezago, que evidencian indirectamente la fragilidad y estabilidad empresarial en el mercado

colombiano, siendo susceptibles a los cambios económicos internos y externos. A partir del incremento de la globalización y la competitividad mundial, se deben relacionar los esfuerzos realizados para innovar mediante el cambio organizativo, el desarrollo del personal, la cooperación y la adquisición de máquinas y equipos, entre otras herramientas. A lo anterior se suma la generación de estrategias para el desarrollo organizacional, formulación y elaboración de proyectos como método principal en el sector de la construcción.

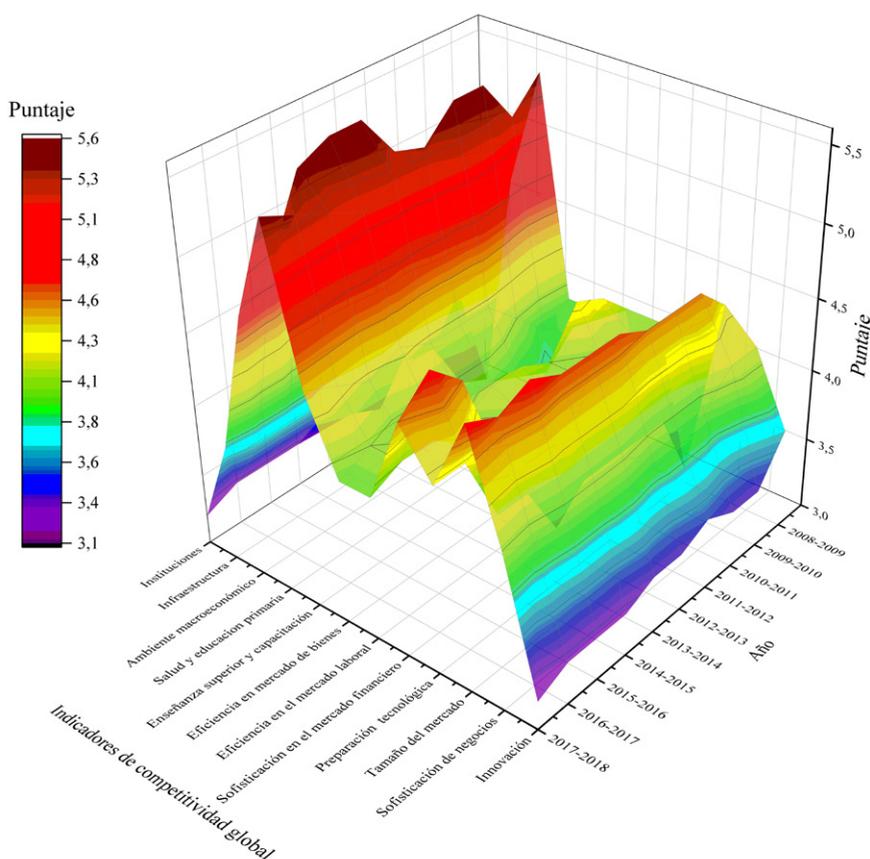


Figura 10. Comportamiento de los indicadores de competitividad global en el periodo 2008-2018.

Fuente: elaboración propia a partir de los reportes históricos del WEF.

En relación con los informes formulados por los foros económicos mundiales realizados anualmente, se demuestra que no hay compensaciones inherentes entre el crecimiento económico y los factores sociales a largo plazo, haciendo imperativo que las economías desarrollen nuevas vías inclusivas y sostenibles de crecimiento económico, donde las opciones y decisiones que deben adoptarse en los gobiernos para secuenciar el camino hacia los objetivos de crecimiento, inclusión y sostenibilidad de empresas, gobiernos y la sociedad civil sean profundizar la comprensión de cuestiones complejas. Por esto configura nuevos modelos y normas para impulsar medidas de colaboración escalables para el cambio sistémico en tres esferas profundamente interconectadas:

- El crecimiento y la competitividad.
- La educación, las aptitudes y el trabajo.
- La igualdad y la inclusión.

Mediante la combinación de estos conocimientos, modelos y medidas es posible brindar soluciones a las coyunturas que actualmente impactan el desarrollo económico mundial y nacional. Lo anterior está en función de objetivos encaminados a generar competitividad, para aprovechar las fortalezas y resolver los rezagos más importantes en el desarrollo empresarial y el emprendimiento (Consejo Privado de Competitividad, 2019). Es útil analizar las fortalezas y debilidades que resultan de los puntajes de Colombia

en los doce pilares del IGC del WEF y su variación en los últimos 10 años, como se observa en la Figura 11.

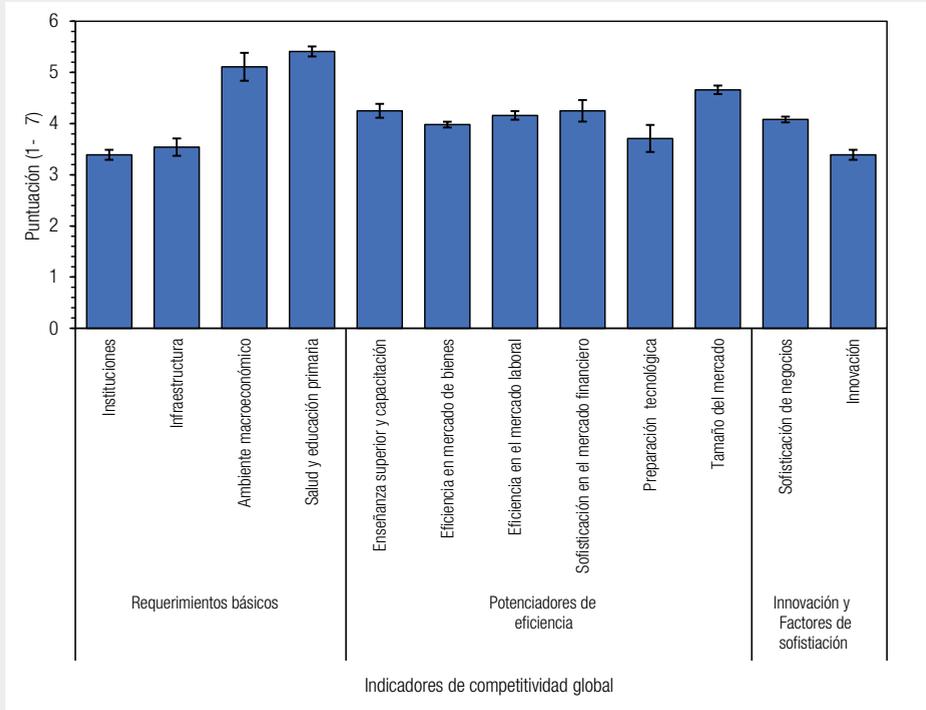


Figura 11. Puntaje de Colombia en Indicadores de competitividad global IGC-WEF del 2008-2018  
Fuente: adaptado del Global Competitiveness Report, World Economic Forum.

Colombia, entre los periodos 2002 y 2014, generó una bonanza y aceleración económica, producto de la explotación y exportación de materias primas utilizadas para producción de combustibles fósiles, logrando avances significativos en materia social y económica, como el aumento de la clase media, disminución significativa de la pobreza, el incremento de inversión nacional y extranjera. Sin embargo, Colombia continúa enfrentando retos en la continuidad del crecimiento económico desacelerado desde 2014, buscando la consolidación de avances

sociales y creación de empleo, donde las capacidades de innovación deben enfocarse en establecer pautas y comportamientos de necesidades prioritarias.

El sector de la construcción es propenso a políticas externas que impactan directamente en la producción nacional, debido a las crecientes políticas y aperturas de mercados. Por lo anterior, la evaluación de exportaciones e importaciones permitirá establecer la fragilidad de este sector en función de las dinámicas internacionales.

### 3.2.3 Exportaciones e importaciones en Colombia

La economía colombiana es pequeña en términos internacionales, representando el  $0,4\% \pm 0,03\%$  en los últimos 15 años, al evaluarse la producción mundial y utilizar una confianza del 95%, con supuesto de normalidad y distribución t-student. Además, es moderadamente abierta al ambiente macroeconómico y tamaño en el mercado mayor al promedio, según lo establecen los ICG, donde la integración regional hacia la globalización ha sido una aspiración de los gobiernos en Latinoamérica. Esta política se ha robustecido con el tiempo, gracias a la construcción de estrategias colectivas, que permiten a los países implantar exitosamente la integración regional como meta política, socioeconómica y cultural.

Además, sus relaciones con el resto del mundo son de gran importancia y de igual medida sus efectos en la economía nacional, al definir rasgos estructurales y dinámicas que impactan directamente en la economía. El crecimiento del producto real agregado depende del avance técnico y del ritmo de crecimiento del capital y de la fuerza de trabajo, que transversalmente impac-

tan en los cambios técnicos, acumulación de capital y evolución de la fuerza laboral (Torres Suárez, Fajardo Fajardo, & Rodríguez Gómez, 2016; Urrutia-Montoya, Posada, Pontón, & Martínez, 2000).

Al evaluar la balanza comercial (la definición más general es la diferencia entre exportaciones e importaciones), relacionada con el crecimiento económico o resultado de la suma y diferencia de varias actividades que desempeñan dentro y fuera del territorio nacional, estas impactan con mayor ímpetu según lo establece la balanza comercial, la cual registra las actividades desenvueltas en las exportaciones e importaciones de un país en determinado periodo (Cárdenas, Suárez, Romero, & Fajardo, 2019).

Históricamente, la balanza comercial, a través del comercio, se ha posicionado como una variable de alta relevancia para el crecimiento económico y prosperidad de un Estado, en el que se postula la importancia de las exportaciones e importaciones como un condicionante de elasticidad para el ritmo de dicho crecimiento (Cárdenas et al., 2019; Zack & Dalle, 2015). Para un mejor manejo de estas actividades, se debe propender por el aumento de exportaciones y reducción de importaciones, con el fin de evitar una fuga de divisas, devaluar la moneda y afectar la producción interna. Estas variaciones en la balanza comercial en los últimos quince años se exponen en la Figura 12.

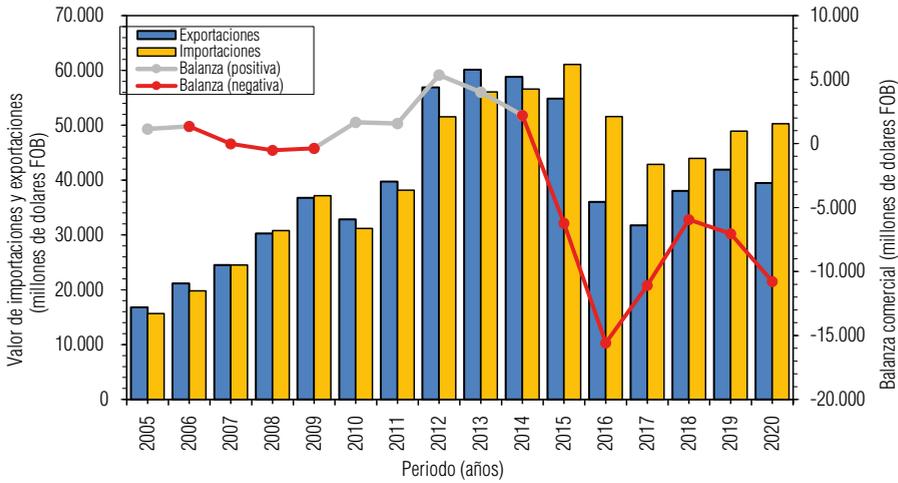


Figura 12. Balanza comercial de exportaciones e importaciones en los periodos 2005-2019.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La Figura 12 expone los altibajos en balanza comercial, denotando tres periodos diferentes. El primero comprendido entre 2005 a 2009, cuando se observa una tendencia al equilibrio y existe un incremento sostenido de exportaciones, sin embargo, las importaciones son mayores. Posterior a esta tendencia se observa un cambio abrupto relacionado con la crisis de 2008.

El segundo periodo corresponde al comprendido entre el 2009 - 2014, cuando diversas políticas de importaciones y exportaciones como el célebre tratado de libre comercio con los Estados Unidos de América entró en vigor (2012); y un tercer periodo diferenciado entre 2014 hasta la actualidad. A partir del 2014, las exportaciones e importaciones caen intempestivamente, debido a la crisis de comercio de materias primas como el petróleo. Estas variaciones se observan con mayor detalle en la Figura 13.

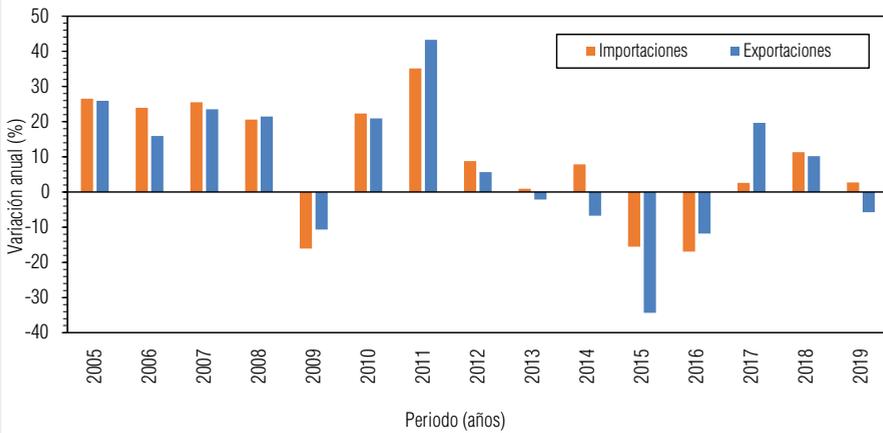


Figura 13. Variación anual de exportaciones en el periodo 2005-2015.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La Figura 13 refleja una relación entre crisis económicas mundiales y caída de exportaciones e importaciones. Asimismo, los tratados de libre comercio, firmados después del 2012, exponen una reducción de exportaciones considerable, junto con otras crisis internas. Si bien se observan diferencias en su impacto y origen, continúan las crisis económicas a partir del 2018, posterior a una recuperación en exportaciones en los últimos dos años. El 2019 fue testigo del revés en la evolución de las ventas externas, pese a que las importaciones continuaron con una dinámica fuerte.

Además de la reducción del precio del petróleo, una devaluación de la divisa o tratados de libre comercio en desventaja, existen susceptibilidades a las crisis políticas generadas entre potencias, como la guerra comercial entre Estados Unidos y China, afectando las exportaciones y debilitado la demanda interna, pese a los esfuerzos regulatorios para controlar la deuda (Cárdenas et al., 2019).



# Capítulo 4. COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES ALREDEDOR DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN





La construcción es uno de los sectores de mayor importancia en la economía global, íntimamente asociado a la promoción del desarrollo económico, gracias a la capacidad de generar empleo, demandar insumos de otros sectores y crear infraestructura esencial para el desarrollo social y económico de cualquier nación. No obstante, las marcadas crisis económicas mundiales y su impacto en la producción colombiana generan cambios en la dinámica comercial. Esto produce una propensión del sector en los ciclos de vida con mayor pronunciamiento que el promedio nacional.

Por tal razón, el presente capítulo establece los factores externos que representan el sector de la construcción, a través del estudio y depuración de los Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC), formulados por el DANE. Se evalúan los trece parámetros que lo componen. Estos son categorizados en indicadores macroeconómicos, oferta, demanda, índices y precios, junto con representatividad, evaluados en la geografía nacional en el periodo 2005-2019 e identificando variaciones macroeconómicas y su contexto.

Paralelamente, estos datos son depurados mediante el análisis de componentes principales, iniciando por el ajuste en la serie de tiempo de las variaciones mensuales y anuales, determinando factores representativos para su posterior inclusión de un modelo que permi-

ta vislumbrar características de la dinámica del sector de la construcción. No obstante, la gran cantidad de variables que conforman un modelo de factores económicos externos dificulta en conjunto su interpretación.

Entonces, al implementar estos métodos fue posible identificar la asociación y reducción de factores, estableciendo comportamientos similares, en coherencia con el impacto de las dinámicas globales que han repercutido en la economía colombiana, permitiendo la síntesis y el establecimiento de aquellos factores que, con mayor importancia, representan el sector de la construcción.

#### **4.1 Evaluación de factores externos del sector de la construcción**

El adecuado desempeño del sector de la construcción se asocia a la promoción del desarrollo económico y social, gracias a la capacidad de generar empleo, demandar insumos de otros sectores económicos y la construcción de viviendas e infraestructura que mejoren la calidad de vida de los colombianos.

En especial, estas políticas se acentúan en países en vías de desarrollo como Colombia, ya que se evidencia un déficit de infraestructura y habitacional considerable; y es habitual la generación de políticas que incluyen asignaciones presupuestales directas o a través de instituciones financieras, ejecutadas por empresas, considerando una explotación económica, realizada por personas naturales o jurídicas que integran el nicho empresarial del sector. Además, esta actividad económica involucra la elaboración y ejecución de los proyectos de construcción.

El dinamismo de este sector crea fuentes de empleo y un importante movimiento de materia prima en el territorio (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017; Córdova & Alberto, 2018). Por lo anterior, las grandes inversiones en obras civiles y edificaciones son fundamentales para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, la productividad y competitividad empresarial. Estas inversiones generan un dinamismo de la economía colombiana y a su vez, fundamental para incrementar la productividad en otros sectores económicos, ligadas a la expansión del comercio y aumento de la oferta de bienes y servicios.

Así, la inversión en obras civiles es imprescindible para consolidar la competitividad frente a otras economías, (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017). Además, este impulso al sector de la construcción se sustenta en el capital público, debido a los altos montos requeridos y garantías que proporciona el Estado, la no rivalidad en el consumo y la no exclusión en su uso. Las grandes inversiones en infraestructura, cuando las políticas son generadas, comúnmente, por instituciones gubernamentales, se focalizan en función de las necesidades de los interesados, a través de sus políticas fiscales, regulatorias y asignaciones presupuestales por instituciones financieras (Chinyio & Olomolaiye, 2010).

De esta forma, el sector privado en Colombia tenderá a proporcionar el capital productivo y el gobierno, la función de aumentar el bienestar social, proporcionando capital público; incluso cuando debe gravar los recursos privados para financiarlos, forjando una dependencia y a su vez una propensión a los fenómenos económicos que afectan al sector público. La historia económica está repleta de ejemplos de capital público y

de infraestructura que tuvieron importantes repercusiones en el PIB o en el bienestar a largo plazo.

Por ejemplo, Gordon (2016) destaca las contribuciones de las infraestructuras de saneamiento, agua potable y electricidad proporcionadas por el sector público en el aumento de la esperanza de vida y el incremento de la productividad en los Estados Unidos de América durante la primera parte del siglo XX. Posterior a la Segunda Guerra Mundial, el programa de carreteras interestatales de Estados Unidos se ha vinculado a importantes aumentos de la producción.

Recientemente, el gasto público en infraestructura también ha ocupado un lugar destacado en los debates de política relativos al estímulo a corto plazo, considerando que el gasto público en infraestructura tiene ventajas sobre el gasto público en consumo para estimular la economía durante una recesión (Ji, Zou, & Tian, 2019; Ramey, 2020). Por lo anterior, este tipo de modelo económico sigue los planteamientos formulados por John Maynard Keynes en el gasto público, estimulando la economía a corto plazo mediante ingresos estándar, efectos multiplicadores y ayudando a devolver la producción a su potencial.

Además, el gasto de inversión del gobierno, direccionado en infraestructura, tiene ventajas adicionales. En particular, si el gasto público a corto plazo aumenta, el acervo de capital público productivo o la productividad total de los factores de largo plazo (PTF) también lo hará. Así, el gasto público ofrece dos beneficios, el primero en el estímulo de la demanda a corto plazo y el estímulo de la oferta a largo plazo. Estos efectos son especialmente bien aceptados, ya que normalmente los paquetes de estímulo deben financiarse con un aumen-

to de los impuestos distorsionantes una vez terminada la recesión. Si la producción sigue siendo mayor debido a los efectos a largo plazo de un mayor capital público, la base imponible se amplía y los aumentos necesarios de los tipos impositivos son menores (Ramey, 2020).

Así, se han realizado importantes inversiones en el sector de la construcción y una cantidad significativa de estudios han evaluado su impacto en infraestructura sobre el crecimiento económico. Estos estudios son el punto de partida de la presente investigación, la cual busca establecer los fenómenos económicos en un periodo de tiempo y su impacto en la construcción, al considerar las presiones macroeconómicas globales y dinámica comercial nacional mediante el establecimiento de los factores externos.

Estos factores integran un comportamiento significativo de las dinámicas económicas, en contexto con otras ramas de producción, la oferta y la demanda, fundamentado en el análisis de componentes principales para la reducción de variables significativas que permitan formular un análisis del comportamiento económico, su efecto en el sector de la construcción y una aproximación metodológica fundamentada en el papel del sector público; donde los resultados de la construcción se consideran capital estatal, junto con la evaluación de los esfuerzos para el desarrollo económico y social de la Nación.

## 4.2 Metodología

### 4.2.1 Establecimiento de factores externos

El DANE formuló el boletín de Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC), el cual presenta información de 13 investigaciones relacionadas con la dinámica económica de este sector. Además, categoriza estos factores en grupos o indicadores macroeconómicos, oferta, demanda, indicadores y precios, como se observa en la Tabla 1.

Los boletines técnicos y sus anexos (base de datos) son expedidos de forma periódica, considerando las diferencias geográficas y su cobertura, junto con la variación mensual, trimestral o anual, que incluye los recientes cambios en la categorización y actualización metodológica. Además, se realizan empalmes mediante el uso de una nomenclatura basada en los estándares internacionales de clasificación de actividades económicas COICOP (Clasificación del consumo individual por finalidades, por sus siglas en inglés) y CIIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme).

Paralelamente, la información recolectada es seleccionada y organizada mediante el análisis de informes periódicos suministrados por centros de investigación económicos, informes de asociaciones privadas y diversas cámaras de comercio, en especial CAMACOL, con el fin de relacionar la productividad del sector de la construcción, sus subsectores y la generación de empleo, con diversas dinámicas externas e internas que afectan el sector.

Tabla 1. Indicadores económicos alrededor de la construcción evaluados entre el 2005 y 2019

Indicador	Factor	Periodo de publicación	N.º de Boletines
Macroeconómicos	PIB producción y gastos	Trimestral	60
	Valor agregado de la rama construcción	Trimestral	60
	Valor agregado de obras civiles	Trimestral	60
	Valor agregado de edificaciones	Trimestral	60
	Valor agregado de actividades especializadas	Trimestral	60
	IPP total	Mensual	180
	Tasa de ocupación total nacional	Mensual	180
Oferta	Producción de cemento gris	Mensual	180
	Área causada	Trimestral	60
	Área licenciada de edificaciones	Mensual	180
	Área iniciada de edificaciones	Trimestral	60
	Área culminada de edificaciones	Trimestral	60
Demanda	Despachos de cemento gris	Mensual	180
	Concreto premezclado	Mensual	180
	Valor de los créditos desembolsados para vivienda	Trimestral	60
	Número de créditos desembolsados para vivienda	Trimestral	60
	Saldo de capital de la cartera hipotecaria de vivienda	Trimestral	60
	Número de créditos de la cartera hipotecaria de vivienda	Trimestral	60
Precios e índices	Índice de precios de vivienda nueva	Trimestral	60
	Índice de costos de la construcción de vivienda	Trimestral	60
	Índice de costos de la construcción pesada	Mensual	180
	Indicador de inversión en obras civiles	Trimestral	60
	IPP materiales de construcción	Mensual	180

Fuente: editada de indicadores económicos alrededor de la construcción del DANE.

#### 4.2.1.1 *Estudio macroeconómico mediante evaluación de factores externos al sector de la construcción*

El sector de la construcción experimenta ciclos de actividad mucho más pronunciados que el promedio de sectores que conforman la economía nacional. Asimismo, es susceptible a las variaciones económicas internacionales. De modo que se considera uno de los principales indicadores, debido a la influencia que tiene en las variaciones en el ciclo de la economía (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2019a). Para establecer el efecto del sector de la construcción se compiló la información histórica diferenciada en los indicadores del IEAC.

- **Producto Interno Bruto y Valor Agregado de la Rama de la Construcción (VAC)**

La recolección y síntesis de información relacionada con los indicadores macroeconómicos son expuestas por las cuentas nacionales del DANE, trimestralmente, mediante la constitución sintética de información de coyuntura económica, articulando los análisis de estadísticas descriptivas en los principales agregados macroeconómicos.

Para tal efecto, las cuentas trimestrales se soportan en los estándares internacionales de medición económica, definidos por la integración del Fondo Monetario Internacional, Comisión Europea, Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) Naciones Unidas y Banco Mundial en el Sistema de Cuentas Nacionales 2008, implementado en Colombia como un marco estadístico que proporciona un conjunto completo, coherente y flexible de cuentas macroeconómicas para la formulación de políticas, análisis e

investigación (Comisión Europea, Fondo Monetario Internacional, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, Naciones Unidas, & Banco Mundial, 2016). Además, se utilizan estudios realizados por el Fondo Monetario Internacional mediante el Manual de cuentas nacionales trimestrales, conceptos, fuente de datos y compilación (Bloem, Dippelsman, & MÆhle, 2001).

Los boletines técnicos elaborados por el DANE tienen como propósito presentar los principales cambios de corto plazo del PIB, exponiendo los resultados de las series encadenadas de volumen con año de referencia 2015, desde los enfoques de la producción y gasto, en los últimos 15 años (2005-2020), escogiendo como el valor representativo de producción anual el cuarto trimestre de cada año, debido a que este valor corresponde a la suma de producción anual en miles de millones de pesos.

El PIB, desde un enfoque de producción, fue separado en valores de derechos e impuestos sobre importaciones, Impuesto de Valor Agregado (IVA) no deducible e impuestos al producto (excepto impuestos sobre importaciones e IVA no deducible), subvenciones al producto y la producción bruta como valor de medición; seleccionando las 12 agrupaciones iniciales de la actividad económica, según la última Clasificación de Actividades Económicas CIIU (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2012).

De igual manera, el VAC se selecciona mediante la clasificación de 24 agrupaciones de actividad económica del país, según la sección CIIU Rev. 4 A.C. La selección de los factores que integran el PIB desde un enfoque de gastos se realizó con la clasificación de

Cuentas Nacionales (Comisión Europea et al., 2016). Asimismo, se seleccionaron los desgloses del gasto de consumo final de los hogares por finalidad y durabilidad mediante clasificación COICOP (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales División de Estadística, 2001), al igual que la cuantía de gastos mediante la formación bruta de capital fijo. Estos factores conforman el indicador macroeconómico. La Tabla 2 expone los factores que comprenden este indicador.

Tabla 2. Factores que integran el PIB desde un enfoque de gastos y producción.

Indicador		Factores	Clasificación	Nombre					
Macroeconómico	PIB Producción	Actividad económica	CIIU Rev. 4 A.C. 12 agrupaciones	G + H + I	Comercio al por mayor y al por menor				
				O + P + Q	Administración pública y defensa; planes de seguridad social				
				C	Industrias manufactureras				
				L	Actividades inmobiliarias				
				M + N	Actividades profesionales, científicas y técnicas				
				F	Construcción				
				A	Actividades agropecuarias				
				B	Explotación de minas y canteras				
				K	Actividades financieras y de seguros				
				D + E	Información y comunicaciones				
				J	Servicios públicos domiciliarios, gestión de residuos y saneamiento ambiental				
				R + S + T	Actividades artísticas, entretenimiento y recreación y otras				
				Valor agregado de la rama construcción (VAC)	CIIU Rev. 4 A.C. 24 agrupaciones	F01	Construcción de edificaciones residenciales y no residenciales		
						F02	Construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil		
						F03	Actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil		
						Producto Interno Bruto	Clasificación Cuentas Nacionales	P.8	Demanda interna
								P.3	Gasto de consumo final
								P.5	Formación bruta de capital
	P.6	Exportaciones							
	P.7	Importaciones							

Macroeconómico	PIB Gastos	Formación bruta de capital fijo	Clasificación Cuentas Nacionales	Vivienda	
				AN111	Otros edificios y estructuras
				AN112	Maquinaria y equipo
				AN113 + AN114	Recursos biológicos cultivados
				AN115	Productos de propiedad intelectual
				AN117	Alimentos y bebidas no alcohólicas
				AN117	Bebidas alcohólicas, tabaco y estupefacientes
				01	Prendas de vestir y calzado
				02	Alojamiento, agua, electricidad, gas y otros combustibles
				03	Muebles, artículos para el hogar y para la conservación ordinaria del hogar
				04	
				05	Salud
				06	Transporte
				07	Comunicaciones
				08	Recreación y cultura
				09	Educación
				10	Restaurantes y hoteles
				11	Bienes y servicios diversos
				12	Bienes durables
				12	Bienes no durables
				12	Bienes semidurables
				D	
				ND	
				SD	Servicios
				S	
		Gasto de consumo final de los hogares por finalidad y durabilidad	Divisiones COICOP		

Fuente: elaboración propia a partir de la clasificación de datos siniestrados por el DANE.

- **Tasa de ocupación total nacional**

Mediante la formulación de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH), el DANE consolida información sobre las condiciones de empleo de las personas en todo el territorio nacional y su desagregación en las 23 ciudades capitales y áreas metropolitanas incluyendo San Andrés, con el fin de proporcionar información sobre el tamaño y estructura de la fuerza de trabajo del país. Además, integra las características sociodemográficas de la población y la fuerza de trabajo con el

fin de estimar los principales indicadores del mercado laboral colombiano (Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, 2020c).

Lo anterior permitió seleccionar la población ocupada en el territorio nacional, según ramas de actividad mediante la clasificación CIIU 4 A.C, en los últimos quince años (2005-2020); calculando como valor representativo el promedio de las publicaciones mensuales, diferenciadas por ocupados, según rama de actividad económica como se expone en la Tabla 3.

Tabla 3. Factores que conforman la tasa de ocupación nacional por ramas de actividad económica.

Indicador	Factor	Clasificación	Nombre		
Macroeconómico	Ocupación total nacional	Ocupados según ramas de actividad económica, total nacional	CIIU Rev. 4 A.C.	A	Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca
				B	Explotación de minas y canteras
				C	Industria manufacturera
				D + E	Suministro de electricidad, gas y agua
				F	Construcción
				G + I	Comercio, hoteles y restaurantes
				H	Transporte, almacenamiento y comunicaciones
				K	Intermediación financiera
				L	Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler
				Q	Servicios comunales, sociales y personales

Fuente: elaboración propia a partir de la clasificación de datos siniestrados por el DANE.

#### 4.2.1.2 Análisis de la oferta mediante evaluación de factores externos relacionados al sector de la construcción

La oferta en los IEAC se establece mediante la evaluación de recursos materiales reasentados en la producción de cemento, como material esencial de la

construcción en cualquier obra civil o edificación. Este último es el segundo factor que integra la oferta, presentada en la actividad edificadora según el IEAC y establecida mediante el Censo a Edificaciones (CEED). Estos dos factores se definen a continuación.

- **Estadísticas del cemento gris**

El DANE proporciona información mensual sobre la evolución de la producción y despachos nacionales de cemento gris, incluyendo la totalidad de las empresas cementeras a partir del 2009 cuando finalizaron las operaciones del Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC), definida como una entidad gremial sin ánimo de lucro que realizaba asistencia técnica y estrategias promocionales para fomentar la industria del cemento, la cual evaluaba la dinámica cementera basada en algunas compañías productoras.

No obstante, a partir del 2009, el DANE asumió la producción de las estadísticas del cemento gris, realizando un censo a todas las empresas cementeras del país. De modo que la información obtenida se evaluará en un periodo de diez años (2010-2020), mediante los boletines mensuales denominados Estadísticas de Cemento Gris (ECG), estimando un valor anual a través de la sumatoria de las cantidades ofertadas y demandadas mensualmente, considerando la producción total y la oferta evaluada en toneladas producidas y comercializadas. Este desglose se expone en la Tabla 4.

Tabla 4. Factores que conforman las estadísticas del cemento gris en Colombia.

Indicador	Factores	Clasificación	Nombre
Oferta	Despacho y producción de cemento gris	Toneladas/año	Total producido
			Despacho a concreteras
			Despacho para comercialización
			Despacho a constructores y contratistas
			Despacho a otros

Fuente: elaboración propia a partir de la información suministrada por el DANE

- **Censo de edificaciones (CEED)**

El DANE diseñó e implementó el Censo de Edificaciones (CEED) como una operación estadística para determinar trimestralmente el estado actual de la actividad en construcción de edificaciones para establecer su composición, evolución y producción; convirtiéndose en uno de los insumos principales para el cálculo del PIB del subsector edificador. Esta evaluación permitirá establecer el comportamiento histórico de la demanda mediante el análisis estadístico por panel longitudinal, que permite el seguimiento de las áreas utilizadas para la construcción de edificaciones y las caracteriza por sus diferentes estados de obras.

Además, se han realizado cambios en la medición del CEED, posterior a su creación en el 1996, gracias al aumento de cobertura a partir del 2000, que incluyó el área de Armenia con el propósito de realizar un seguimiento a los procesos de reconstrucción, debido al sismo acontecido el 25 de enero de 1999. Esta zona es sumada a las seis áreas con diecisiete municipios de aquella época. Por lo anterior, debido al alcance temporal de la presente investigación, se utilizará la medición que incluye 7 áreas con el fin de evaluar un rango de quince años (2005-2020), promediando los informes trimestrales para obtener un valor anual representativo y

el análisis de la oferta, mediante la estimación de factores relacionados con la construcción de edificaciones. Estos se discriminan en la Tabla 5.

Tabla 5. Factores que conforman la construcción de edificaciones en Colombia.

Evaluación en la construcción de edificaciones	Estado de la obra (m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> ) aprobada para construcción	Unidades de vivienda aprobadas para construcción	
<b>Cobertura de las obras</b>	Cinco áreas urbanas y dos metropolitanas	Licencias en 77 municipios		
<b>Tipo de obra</b>	Obras culminadas		Total	
	Obras nuevas		Vivienda	
	Obras en proceso	Continúan en proceso	Vivienda	Total
		Reinició proceso	No VIS	No VIS
		Total proceso	Otros destinos	Total
	Obras paralizadas o inactivas	Obras nuevas		
		Continúan paralizadas		
Total paralizadas				

Fuente: elaboración propia a partir de la información suministrada por el DANE.

#### 4.2.2 Estudio de la demanda mediante evaluación de factores externos relacionados al sector de la construcción

Para definir los bienes o servicios que los productores y consumidores han adquirido durante un periodo determinado, se logra inferir en la necesidad percibida, alternativas e ingresos disponibles de los demandantes para establecer comportamientos y efectos en el comercio de materiales y bienes relacionados con el sector de la construcción. A continuación, se expone la discriminación de los factores que permiten vislumbrar el comportamiento de la demanda del sector a partir del IEAC.

#### 4.2.2.1 Concreto premezclado

El concreto es considerado uno de los insumos más importantes para el sector de la construcción en la mayoría de obras civiles (carreteras, puentes, represas, etc.) y la construcción de edificaciones, en sus primeras etapas constructivas. Asimismo, es un indicador idóneo para establecer la demanda, abarcando la mayoría de obras civiles y edificación en Colombia. Así, el DANE ha formulado las estadísticas de su demanda y ha constituido un potencial indicador del sector. Este se ha consolidado mediante la investigación en las principales empresas industriales dedicadas a esta actividad, las cuales se estima que cubren al menos el 95% de la producción total de concreto premezclado.

El objetivo de la encuesta es proporcionar información sobre la evolución de la producción mensual de concreto por destino (vivienda, obras civiles, edificaciones y otros). Por ello, se ha considerado la información estadística suministrada por el DANE, la cual recaba y formula boletines mensuales desde el año 2010, calculando un valor anual representativo, al sumar la información mensual de producción a diferentes destinos. La Tabla 6 expone dichos factores relacionados con la demanda de concreto premezclado.

Tabla 6. Factores que conforman la demanda de concreto premezclado en Colombia.

Indicador	Factores	Clasificación	Nombre
Demanda	Demanda de concreto premezclado	Toneladas/año	Vivienda
			VIS
			No VIS
			Total
			Obras Civiles
			Edificaciones
Otros*			
			Total

Fuente: elaborado a partir de la información suministrada por el DANE.

#### 4.2.2.2 Créditos hipotecarios y cartera de vivienda

El DANE, apoyado y trabajando con entidades financieras como la Superintendencia Bancaria de Colombia y el Instituto Colombiano de Ahorro y Vivienda (ICAV), entre otras instituciones y gremios en convergencia con entidades internacionales, ha construido el diseño metodológico de Cartera Hipotecaria de Vivienda (CHV) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2019). El cual permite medir la evolución del sistema financiero colombiano y la ampliación de las estadísticas que ofrece al país periódicamente, creando espacios interinstitucionales necesarios para su evaluación. La metodología implementada se divide en tres partes:

- Identificación de las variables de estudio de la investigación.
- Análisis de las entidades financiadoras de vivienda y creación de un método estadístico que permitiera la coherencia de las entidades que conforman la cobertura institucional.
- Proceso de validación de la información de las entidades que son vigiladas y reguladas por la Superintendencia financiera, mediante el contraste de la información reportada al DANE y la contenida en el Plan Único de Cuentas (PUC), que fue suministrada por la misma Superintendencia.

Los resultados se exponen en boletines trimestrales, evaluados en quince años (2005-2020), tomando como valor representativo anual el promedio de los valores trimestrales, para los distintos factores que componen la dinámica de la demanda de créditos y cartera de vivienda, expuesta en la Tabla 7.

Tabla 7. Factores que conforman los créditos y cartera hipotecaria en Colombia.

Indicador	Factores	Clasificación	Nombre
Demanda	Créditos y cartera hipotecaria	Valor de créditos desembolsados para la compra de vivienda	Vivienda nueva y lotes con servicios
			Vivienda usada
		Saldo de capital total, según cartera vigente y vencida total nacional	Cartera Vigente
			Cartera Vencida
		Créditos otorgados según rango de vivienda, número	VIS
			No VIS
		Viviendas financiadas, unidades	Vivienda nueva y lotes con servicios
			Vivienda usada
Número de créditos, según cartera vigente y vencida total nacional	Cartera Vigente		
	Cartera Vencida		

Fuente: elaborado a partir de la información suministrada por el DANE.

#### 4.2.2.3 Estudio de los índices y precios relacionados con el sector de la construcción

Parte de los Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC) se desglosan en precios e índices, conformados para facilitar la evaluación de variables relacionadas con el comportamiento del sector. Estos índices son variados en relación con las diferentes ramas de la construcción y sus particularidades e incidencias en la economía colombiana. Por lo tanto, se hace la diferenciación de los mismos para su análisis, como se resume en la Tabla 8.

Tabla 8. Factores que conforman los índices y precios relacionados con el sector de la construcción en Colombia.

Indicador	Factores	Clasificación	Nombre		
Indicadores y precios	Índice de costos de construcción de vivienda	ICCV	Total ICCV		
			Materiales		
			Mano de obra		
			Maquinaria y equipo		
	Índices de precios a la producción	IPP	Producción nacional	_Total IPP	
				Materiales de construcción	
				Agricultura, ganadería y pesca	
				Minería	
				Industria	
				Oferta interna	Oferta Interna
				Agricultura, ganadería y pesca	
				Minería	
				Industria	
				Procedencias	Producidos para Consumo Interno
				Importados	
				Exportados	
				Índice de precios a vivienda nueva	IPVN
	Apartamentos				
	Casas				
	Índice de costos a la construcción pesada	ICCP		Total_ Nacional	
				Total ICCP	
				Canasta General de Equipos	
				Canasta General de Materiales	
				Canasta General de Transporte	
				Canasta General de Mano de obra	
				Canasta General de Costos indirectos	
				Grupos de obra para explanación	
Grupos de obra para Sub bases y bases					
Grupos de obra para Transporte de materiales					
Grupos de obra para Aceros y elementos metálicos					
Grupos de obra para Acero estructural y cables de acero					
Grupos de obra para Concretos, morteros y obras varias					
Grupos de obra para Concreto para estructura de puentes					
Grupos de obra para Pavimentaciones con asfalto					

Jorge Andrés Sarmiento-Rojas  
Milton Januario Rueda-Varón  
César Hernando Rincón-González

Fuente: elaborado a partir de la información suministrada por el DANE.

A continuación se definen los diversos índices del sector de la construcción:

- **Índice de Precios de Vivienda Nueva (IPVN)**

El Índice de precios de vivienda - IPVN es una investigación estadística formulada por el DANE, que permite medir la variación porcentual promedio de los precios de venta de la vivienda nueva en proceso de construcción. El IPVN se formula a partir del Censo de Edificaciones -CEED- como se expone en la formulación de los factores que determinan algunos de estos índices, con el fin de obtener el valor de la producción de obras en un momento determinado.

Este indicador mide la evolución trimestral de los precios de viviendas nuevas, al construir un índice de precios superlativo de Fisher, utilizando como base el IV trimestre de 2006, y manteniendo como información primaria la base de microdatos del CEED. Lo anterior es utilizado para construir la serie histórica del indicador a partir del primer trimestre de 1997. Los métodos utilizados para la construcción de los índices de precios fueron Laspeyres y Paasche, para así calcular el índice ideal de Fisher (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2020).

- **Índice de costos de la construcción de vivienda (ICCV)**

El Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV) es una operación estadística formulada y publicada por el DANE, con el fin de observar el comportamiento de costos en los principales insumos utilizados en la construcción de vivienda. Este indica-

dor constituye un importante punto de referencia para la actualización de presupuestos, contratos y demás aspectos relacionados con la evolución de los precios de la construcción de vivienda.

Adicionalmente, se ha convertido en una herramienta importante para entidades y gremios como la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), que busca analizar temas inherentes de la economía del país, hacer proyecciones y precisar las perspectivas del sector de la construcción (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2020d).

- **Índice de Costos de la Construcción Pesada (ICCP)**

Se define como un indicador de la actividad constructiva de carreteras y puentes, implementando maquinaria y equipo especializado, de tamaño relativamente grande e incluye la utilización de insumos específicos del sector. Igualmente, es utilizado por el Ministerio de Transporte con el fin de involucrar a todas aquellas instituciones que ejecutan y controlan obras civiles en el país. Además de incluir un número importante de tipos de obras de infraestructura, ya que cada una de ellas demanda el empleo de insumos particulares. Este indicador se conforma únicamente con la canasta de insumos requeridos para la construcción de carreteras y puentes (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2020a).

- **Índice de Precios a la Producción (IPP)**

Es un indicador económico que presenta la variación promedio de precios de una canasta de bienes representativa de la producción nacional, con el fin

de analizar coyunturas y detectar canales de transmisión inflacionarios. Lo que permite estudiar el comportamiento de los precios de los productos desde el momento en el que ellos ingresan a los canales de comercialización. Este indicador tiene el propósito de medir los cambios en los precios de una canasta de bienes representativa de la oferta interna de la economía en la primera etapa de comercialización, que especifica la producción de Materiales de Construcción como indicativo de la dinámica del sector en la producción nacional (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2020b).

#### 4.2.3 Propuesta de implementación

Con el fin de establecer el impacto y relaciones de los factores externos con el sector de la construcción, se procede a reducir la cantidad de factores anteriormente expuestos a pocos con significancia, a través de la evaluación de la importancia de dichas actividades económicas mediante el análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés), el cual consiste en reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos compuesto por un gran número de variables interrelacionadas, conservando al mismo tiempo y en la medida de lo posible, la variación presente en el conjunto de datos que confluyen en una gran cantidad de información.

De modo que este tipo de análisis permite depurar y determinar aquellos factores que más se correlacionan, transformándolos en un nuevo conjunto de variables que integran los componentes no correlacionados y su ordenamiento. Los primeros retienen la mayor parte de la variación presente en todas las variables originales (Jolliffe, 2010). Las herramientas utilizadas para

dichos análisis son los entornos y lenguaje de programación con un enfoque al análisis estadístico conocido como R, el cual es un software libre y útil para este enfoque metodológico. Además, se utilizarán las herramientas de digitación de textos para presentación de información resultante.

#### 4.2.4 Proceso de implementación

El análisis por PCA permite resumir y visualizar la información en un conjunto de datos que contiene observaciones descritas por múltiples variables cuantitativas interrelacionadas. Cada variable podría considerarse como una dimensión diferente, ya que cada una representa una propiedad o factor de comportamiento del sector de la construcción. Por lo tanto, el PCA se utiliza para extraer la información importante de una tabla de datos multivariados y para expresar esta información como un conjunto de pocas variables nuevas llamadas componentes principales.

Estas nuevas variables corresponden a una combinación lineal de las originales. El número de componentes principales es menor o igual que el número de variables originales. La información de un determinado conjunto de datos corresponde a la variación total que contiene. Entonces, el objetivo del PCA es identificar las direcciones (o componentes principales) a lo largo de las cuales la variación de los datos es máxima. En otras palabras, el PCA reduce la dimensionalidad de un dato multivariado a dos o tres componentes principales, que pueden ser visualizados gráficamente con una mínima pérdida de información (Jolliffe & Cadima, 2016; Jolliffe, 2010; Kassambara, 2017a).

El resultado final se observa en diagramas de dispersión cuantitativa de los factores evaluados. Los primeros componentes principales son convertidos a distancias en términos de similitud, permitiendo la realización de clústeres y patrones de interpretación, utilizando las correlaciones con las variables originales, estableciendo las similitudes entre el sector de la construcción como actividad económica y su impacto y relación en otras actividades de producción en Colombia.

### 4.3 Análisis de correlación

#### 4.3.1 Distancias euclídeas

Es una regla para establecer similitudes de comportamiento de variables o sus métricas. Se relaciona con el sistema de puntos con coordenadas de los PCA, que se ordenan en un conjunto o matriz para representar las similitudes y diferencias entre todos los factores, mediante distancias euclídeas para cada combinación de los mismos.

Posteriormente, es seleccionado el componente principal más significativo según el contexto e importancias en la identificación de factores relacionados con el sector de la construcción, junto con una función de distancia que conforma un conjunto llamado espacio euclidiano, como un caso especial de espacio métrico. Además, este espacio puede ser interpretado geométricamente, ya que la distancia de los puntos de un espacio cartesiano son el resultado que suelen representarse en dos o tres dimensiones en la mayoría de los casos (Borg, Groenen, & Mair, 2018; Pérez López, 2004).

La estimación de distancias euclídeas corresponde a todas las combinaciones de las coordenadas de las dimensiones o componentes principales, proporcionados por una matriz que permite evaluar correlaciones entre factores y reducción de variables, al integrar aquellas distancias nulas o poco significativas. Además, permite establecer una correspondencia máxima entre las proximidades de las coordenadas, al denotar la similitud de comportamiento. Contrariamente, hay poca correlación con altas distancias (Pérez López, 2004).

### 4.3.2 Matriz de correlación de Pearson

El coeficiente de correlación producto-momento de Pearson es una medida estadística del ímpetu de una relación lineal entre dos variables. Los valores positivos describen una correlación lineal cercana y valores negativos, una correlación lineal lejana. El valor de 0 establece que no hay correlación lineal y cuando los valores obtenidos se acercan al valor uno (1) o menos uno (-1), más fuerte será la correlación lineal (Chee, 2018). Este análisis permite el establecimiento de variables con mayor relación como parámetro de salida y elimina aquellos que de entrada están interrelacionados (Jayaweera & Aziz, 2018).

## 4.4 Análisis de validación

Los análisis centrados en el uso del PCA permiten cuantificar los patrones de abundancia de las especies covariantes dentro de los grupos que integran los IEAC. Además, el análisis arroja un vector de coeficientes que representa las correlaciones de la muestra entre las variables y cada componente. Estos vectores suelen denominarse cargas de componentes o factores

(Tabachnick & Fidell, 2013). Por lo anterior, se implementaron pruebas que evalúan estas varianzas para validar la pertinencia del PCA. Estas se describen a continuación:

#### 4.4.1 Prueba de esfericidad de Barlett

Es utilizada para determinar si las variables dependientes están significativamente correlacionadas mediante la prueba de hipótesis nula, comprobando si la matriz de identidad no se relaciona con la matriz de correlación, con base en la siguiente formulación:

- $H_0$ : la matriz de correlación es una matriz de identidad (el análisis factorial es inapropiado).
- $H_1$ : la matriz de correlación no es una matriz de identidad (el análisis factorial es apropiado).

Cuando la matriz de correlación es similar a la matriz de identidad significa que cada variable se correlaciona solo con ella misma. De esta manera, cuanto mayor sea el tamaño de la muestra, más probable es que esta prueba sea significativa. (Ayuni & Sari, 2018; Cramer & Howitt, 2004; Denis, 2020).

#### 4.4.2 Prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

Representa la correlación cuadrada entre las variables desde cero (0) a uno (1) y puede calcularse para variables individuales o múltiples. Un valor de 0 indica que la suma de las correlaciones parciales es grande en relación con la suma de las correlaciones totales, indicando la propagación en las pautas implementadas en las correlaciones (es probable que el análisis factorial sea inapropiado). Un valor cercano a 1 indica que las

pautas de correlación son relativamente compactas y, en consecuencia, el análisis factorial debería dar lugar a factores distintos y fiables (Field, 2018; Wiesen, 2019).

## **4.5 Análisis de los factores macroeconómicos del sector de la construcción**

### **4.5.1 Análisis de indicadores macroeconómicos**

Los indicadores macroeconómicos hacen parte de las estadísticas que evalúan una actividad económica, permitiendo el análisis del desempeño económico junto con fenómenos externos evaluados en contexto. Los cuales permiten generar una visión en prospectiva y en similares sucesos. Como parte de estos indicadores se destaca el PIB desde varios enfoques y el VAC como parte de la producción que genera a nivel global el sector de la construcción, los cuales se analizan a continuación.

#### *4.5.1.1 Análisis de la producción nacional*

El análisis del PIB desde un enfoque de producción (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2019d) se constituye por las doce principales ramas de la actividad económica, definidas por el DANE como aquellas actividades intervinientes en la creación de bienes y servicios destinados a satisfacer directa o indirectamente las necesidades humanas. La revisión de la productividad por estas actividades en los últimos quince años se expone en la Figura 14. Lo anterior brinda un panorama global del desempeño de estos sectores, junto con el impacto de fenómenos externos, su incidencia en la economía y en el desempeño organizacional.

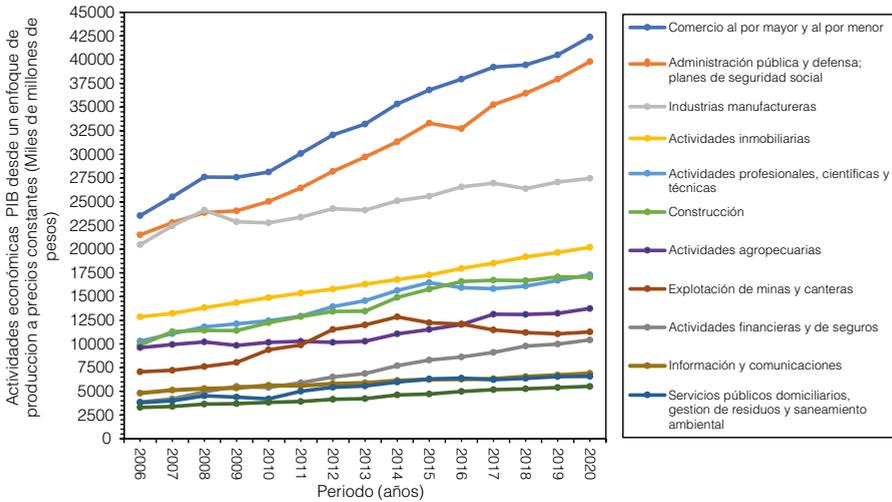


Figura 14. Valor agregado por actividad económica según las secciones CIU Rev.4-A.C. 12 agrupaciones.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

En general, los principales indicadores de la economía colombiana son el comercio al por mayor y al por menor, la administración pública y la industria de manufactura (G+H+I). Estas tres agrupaciones generan aproximadamente el 55% de la producción bruta colombiana, evaluándose mediante el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el cual se interpreta como la proporción de la variación total en la evaluación de las variables dependientes respecto a su media, explicada por el modelo de regresión lineal, donde valores de  $R^2$  iguales a 1 significan un ajuste lineal perfecto. Una correlación no lineal se toma cuando los valores de  $R^2$  son menores a 0,9 y el valor 0 indica la no representatividad del modelo lineal, suponiendo que el modelo no explica los cambios de la variable dependiente (Martínez Rodríguez, 2005).

18,8% y una tasa de crecimiento aproximada de 1339,92 millones de pesos anuales, mediante el indicador de correlación lineal  $R^2$ , equivalente a 0,98. El segundo lugar lo ocupa la administración pública, defensa, planes de seguridad social, educación, actividades de atención de la salud humana y servicios sociales (O+P+Q) con el 16,9% a finales de 2019 y un crecimiento lineal de 1306,9 millones de pesos por año ( $R^2=0,98$ ). En tercer lugar, se encuentra la industria manufacturera con el 13,9% de la producción total en el país, en el 2019, denotando mucha variabilidad ( $R^2=0,89$ ).

Consiguientemente, las actividades inmobiliarias se mantienen en una cuarta posición, con un 9,27% de participación y un crecimiento constante de \$527,7 miles de millones de pesos por año ( $R^2=0,99$ ); cercanas entre sí se encuentran las actividades profesionales, científicas y técnicas con 8,0% de participación en 2019. El sector de la construcción ha ocupado el quinto lugar en producción y su comportamiento tiende a ser constante con un crecimiento aproximado de \$567,5 miles de millones de pesos por año (aproximadamente 162 millones de dólares) en concordancia con los demás sectores que conforman la economía colombiana.

Las actividades agropecuarias de agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca aportan un 5,83% de la producción total. No obstante, este sector ha tenido un comportamiento variable en los últimos 15 años observándose en un crecimiento poco constante, el cual se estima en \$ 350,5 miles de millones de pesos por año ( $R^2= 0,88$ ). Subsiguientemente, las actividades relacionadas con explotación de minas y canteras aportan un 5,11% de la producción total a finales del 2019. No obstante, este sector ha aportado ingresos netos de hasta el 1,4% al Producto Interno Bruto (PIB), resultado de

los dividendos en su exportación (Guzmán-Finol & Estrada, 2016; Marina & Arévalo, 2015; Restrepo, 2017). Sin embargo, al compararse con un modelo lineal, el comportamiento de este sector no es constante en los últimos 15 años y es la actividad económica con mayor variabilidad, estimada en una tasa anual de \$350,5 miles de millones de pesos por año ( $R^2=0.62$ ).

Asimismo, las actividades financieras y de seguros han aportado el 2,95%. No obstante, a diferencia de las anteriores actividades económicas, su crecimiento ha sido constante en los últimos 15 años aportando \$481,14 miles de millones de pesos por año ( $R^2=0.99$ ), mayor que el crecimiento de las actividades inmobiliarias. Por último, las actividades relacionadas con información y comunicaciones, aportan 3,37% al PIB; las actividades de servicios públicos domiciliarios, gestión de residuos, saneamiento ambiental aportaron el 3,05%; y las actividades artísticas, entretenimiento, recreación y otras un 2,47%. Estas actividades se han mantenido constantes, con tasas de producción anuales de 135,85 miles de millones de pesos por año ( $R^2=0,98$ ), \$218,4 miles de millones de pesos por año ( $R^2=0,92$ ) y 167,6 miles de millones de pesos por año ( $R^2=0,98$ ), respectivamente. Desde otras perspectivas, la Figura 15 expone el porcentaje de participación de estos sectores económicos alrededor de la producción total.

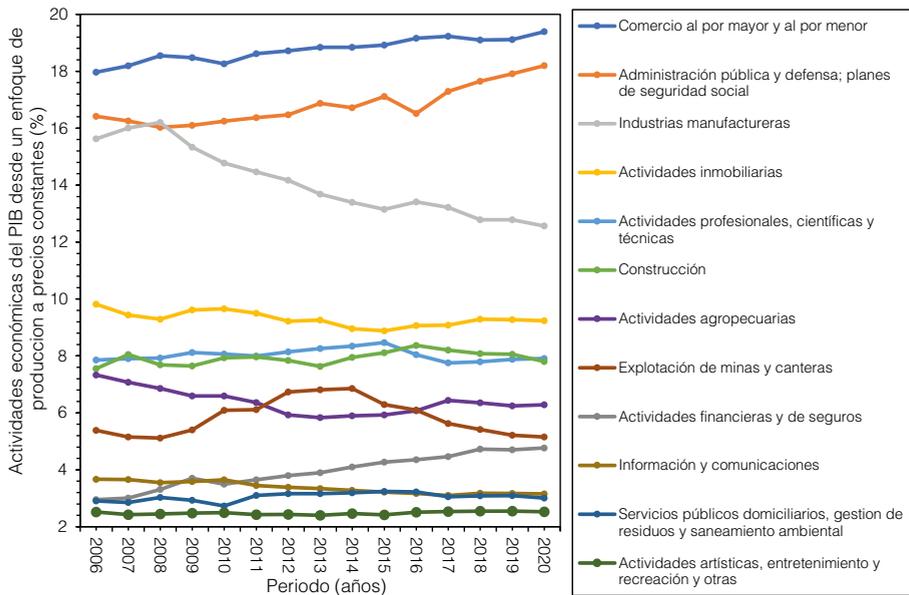


Figura 15. Porcentaje de participación del PIB de un enfoque de producción según CIU Rev. 4 A.C. 12 agrupaciones.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

En general, todas las actividades económicas han crecido en los últimos 15 años, algunas de manera constante como las actividades con mayor producción en el país. No obstante, su crecimiento y participación en la producción nacional han fluctuado dado el involucramiento con otras economías, cambio de políticas económicas por gobiernos de turno, entre otras. En la Figura 14 y la Figura 15 se observan periodos destacados, el primero a inicio del 2008, el cual se relaciona con la crisis financiera internacional o “Gran Recesión”.

El impacto económico generado en Colombia se observa claramente a inicios del 2008, registrando una inesperada caída del PIB (-2,5%) mayor a 5 puntos en comparación con el PIB registrado en 2007 (7,5%), superando los pronósticos establecidos y la caída en los

sectores productivos tradicionales, deterioro del mercado laboral y el complejo panorama internacional anteriormente expuesto (Mesa C. & Aguirre B., 2008).

Es clara la disminución de participación de la industria manufacturera en la economía, la cual crecía sostenidamente hasta la crisis del 2008, cuando la producción industrial cayó y desde ese entonces su recuperación ha sido débil. Este comportamiento fue generado por la crisis financiera mundial y el cierre del comercio con Venezuela. Además, en este periodo el comercio internacional cayó sustancialmente y su reciente crecimiento se ha registrado a tasas menores que las registradas antes de esta crisis. Sin embargo, aporta al PIB el tercer mayor crecimiento por actividad económica (Uribe, 2014).

Paralelamente, la Figura 14 y la Figura 15 exponen que las mayores variaciones en las actividades de producción se relacionan con la explotación en minas y canteras, influenciadas a su vez con el mercado global. El cual ha impactado la economía colombiana a partir del 2014, generando variaciones en la economía mundial, alta volatilidad en los mercados y disminución del crecimiento económico (International Monetary Fund (IMF), 2019b; World Bank Group, 2019a). Esto ha endurecido y reducido las condiciones financieras, debilitando el estímulo fiscal, el cual sostiene la inversión, construcción de obras civiles y ha impactado la industria manufacturera, entre otros sectores de la economía (Investigaciones Económicas Corficolombiana, 2019; World Bank Group, 2019a).

En Colombia se observa claramente que a inicios del 2008 (Figura 14 y Figura 15), el sector de la construcción varió en 14%, superando los pronósticos

establecidos. Esta relación causal se puede configurar como consecuencia de la caída en los sectores productivos tradicionales y deterioro del mercado laboral, exponiendo que este sector fue el de mayor propensión, dadas sus características particulares (inestabilidad laboral, variabilidad de capacidades económicas, capacidades en su gestión, etc.) y su alta dependencia del sector público (Mesa C. et al., 2008).

Sin embargo, y gracias a esta dependencia, el sector se recuperó rápidamente dada la capacidad de inversión que contaba el país, a causa de la capacidad institucional para amortiguar créditos de vivienda y el impulso de economías basadas en la extracción de materias primas (Zuleta, 2018). Así, las variaciones del sector inmobiliario fueron mínimas. De manera global, la variación de las principales actividades económicas en los últimos 15 años se observa en la Figura 16.

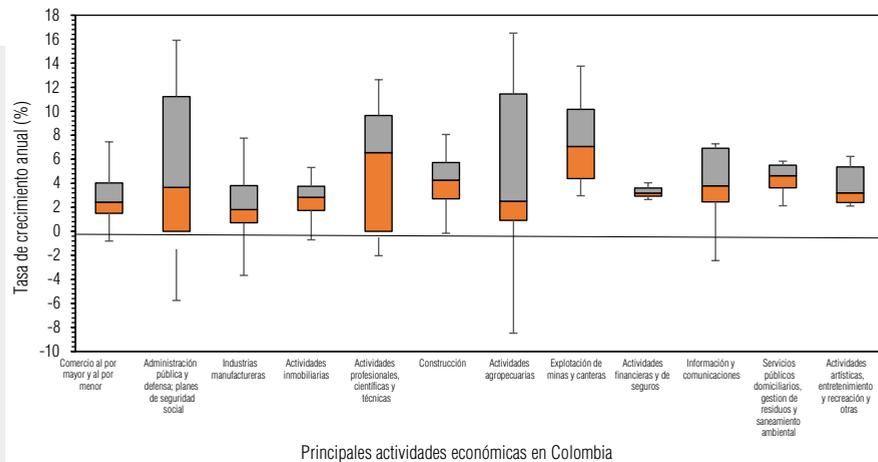


Figura 16. Diagrama de bigotes de las variaciones en producción de las principales ramas de la economía colombiana en el periodo 2005-2019.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Conforme lo establece la Figura 16, es posible identificar algunos comportamientos relacionados con la producción, que conforman las principales ramas de la economía colombiana. Las cuales no son homogéneas y algunas como las actividades que menos recursos aportan a la producción nacional han tendido a proporcionar valores constantes, a diferencia de las actividades agropecuarias. Estas últimas han tendido a la variación en mayor proporción que otras actividades económicas. Esto puede ser explicado de forma genérica por las variables políticas de fomento al agro, junto con la inestabilidad en el empleo, dada la gran cantidad de trabajo informal y baja calidad. Además, impacta a este sector la poca tecnificación, generando ingresos y producciones volubles, precarios y aumento en los niveles de pobreza. Otras actividades como las científicas y profesionales, relacionadas con el aparato empresarial pymes, tienden a estar por debajo de la media.

Por otra parte, las actividades estatales, al igual que las actividades profesionales, tienen una alta variabilidad y su producción se sitúa por encima de la media, relacionándose con la mayor destinación de recursos públicos a las ramas del Estado, como consecuencia de mayores ingresos y políticas de desarrollo.

- **Componentes principales del PIB desde un enfoque de producción**

Del conjunto de datos que componen el análisis del periodo 2005-2019, mediante el análisis de componentes principales se obtuvieron 12 dimensiones; sin embargo, es necesario analizar los primeros resultados (Dimensión uno) y encontrar patrones de interés, mediante la evaluación de los valores propios, los

cuales miden la cantidad de variación que vuelve a contener cada componente principal, estos se exponen en la Tabla 9.

Tabla 9. Valores propios de los componentes principales de los factores PIB producción.

Valores propios	Dim. 1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Dim. 5	Dim. 6	Dim. 7	Dim. 8	Dim. 9	Dim. 10	Dim. 11	Dim. 12
<b>Varianza</b>	11.30	0.51	0.08	0.04	0.03	0.01	0.012	0.005	0.002	0.001	0.001	0.000
<b>Varianza (%)</b>	94.20	4.29	0.69	0.30	0.24	0.11	0.10	0.04	0.02	0.01	0.006	0.001
<b>Varianza acumulada (%)</b>	94.20	98.49	99.18	99.48	99.72	99.83	99.92	99.97	99.98	99.9	100	100

Fuente: elaboración propia.

Los valores propios son grandes para los primeros PC (dimensión uno) y corresponden a las direcciones con la máxima cantidad de variación en el conjunto de datos. Además, estos son pequeños para los PC siguientes (dimensión dos en adelante). Al examinar los valores propios, es posible determinar el número de componentes principales a considerar, estableciendo que dimensiones menores a 1 no son significativas, lo cual se muestra con mayor detalle en la Figura 17 y la Figura 18.

La proporción de variación explicada por cada valor propio se indica en el primer valor de los porcentajes de participación, correspondiente al 94,2% en el primer PC. El porcentaje acumulado se obtiene sumando las sucesivas proporciones de la variación hasta obtener el total del porcentaje del mismo. Así, alrededor del 98,5% de la variación es explicado por las dos primeras dimensiones.

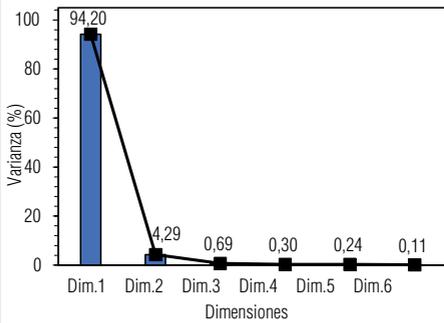


Figura 17. Porcentaje de varianzas de componentes principales de PIB producción.  
Fuente: elaboración propia.

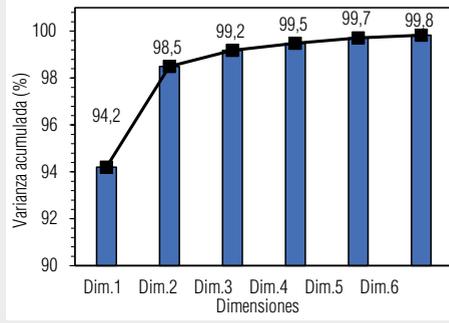


Figura 18. Varianza acumulada de componentes principales para PIB producción.

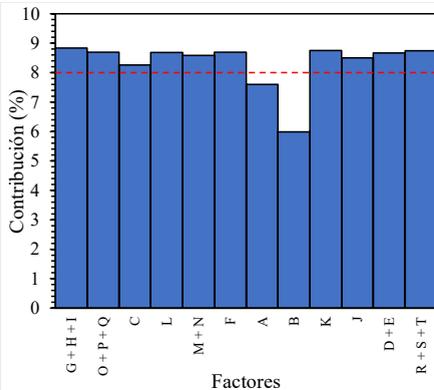


Figura 19. Contribución de factores que componen el PIB producción, dimensión uno.  
Fuente: elaboración propia.

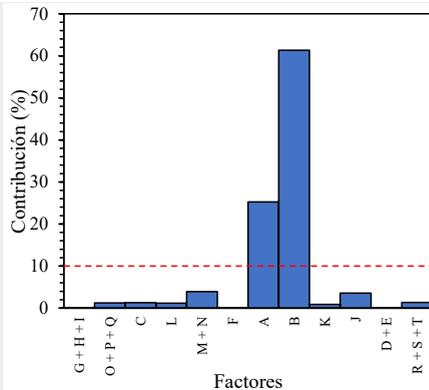


Figura 20. Contribución de los factores que componen el PIB producción, dimensión dos.

Asimismo, las contribuciones para explicar la variabilidad en un determinado componente principal o factor se expresan en porcentaje, donde las variables que se correlacionan con PC1 (dimensión uno o Dim.1) son las de mayor importancia para explicar la variabilidad en el conjunto de datos. Las variables que no se correla-

cionan con ningún PC o con las últimas dimensiones son variables con una contribución baja y podrían eliminarse para simplificar el análisis general. La contribución de las variables en la dimensión uno y dos se exponen en la Figura 19 y la Figura 20.

La Figura 19 y la Figura 20 relacionan las variaciones de los sectores económicos que conforman el PIB desde un enfoque de producción. En la dimensión uno, las contribuciones son similares con valores menores al 8%. No obstante, las actividades mineras (clasificación CIIU=B) y actividades agropecuarias (Clasificación CIIU=A) contribuyen con menor significancia (entre un 7,5% y 6,5%), las cuales se diferencian de los demás sectores económicos, gracias a sus variaciones en el rango 2005-2019, expuesto con anterioridad.

Además, estos dos factores contribuyen entre el 30% al 60%, a diferencia de los factores restantes (menos de un 10% de contribución) en la dimensión dos. Sin embargo, la varianza en la dimensión dos es poco significativa (0.51), en contraste con una visión práctica, la cual tiende a evaluar los primeros componentes principales para encontrar patrones de interés en los datos (Kassambara, 2017b). La contribución de las actividades A y B, junto con los demás sectores de la economía, están representados en el sistema de coordenadas X-Y, según se ilustra en la Figura 21.

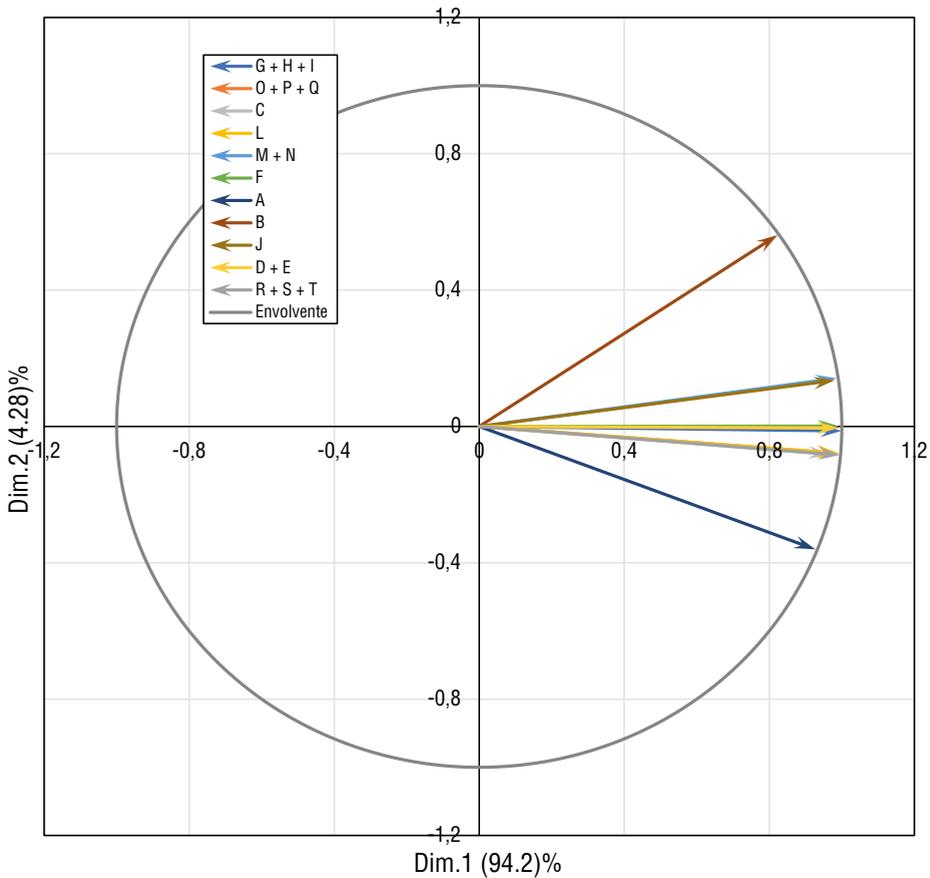


Figura 21. Correlación variable de los factores que componen el PIB producción según clasificación CIIU 4 rev.

Fuente: elaboración propia.

El gráfico de correlación muestra las relaciones entre todos los factores que componen el PIB desde un enfoque de producción, donde las variables con correlación positiva se agrupan (todos los factores). Las variables A y B se alejan con poca significancia de los factores restantes en correlación con su aporte en el PC1 y PC2. La distancia entre las variables y el origen mide la calidad de las variables en el mapa de factores, las cuales son similares.

#### 4.5.1.2 Análisis de los gastos nacionales

Los gastos finales generados por consumidores e instituciones dentro del territorio nacional se desglosan en diferentes clasificaciones internacionales y son homologadas por el DANE, como se explica en el capítulo 4.2.1. Esta discriminación involucra el consumo de hogares, instituciones sin ánimo de lucro, la inversión de empresas y familias, el gasto en consumo final del sector público y las exportaciones e importaciones. Esto permitió identificar el impacto del consumo interno en la evolución económica del país en un periodo de 15 años, en función de los cambios generados por fenómenos globales e internos. Estos resultados se exponen en la Figura 22.

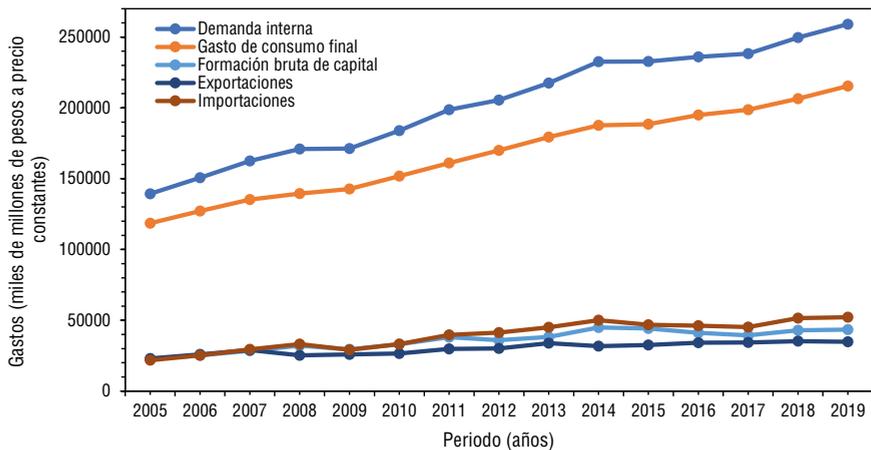


Figura 22. Desglose del PIB desde un enfoque de gastos en el periodo 2005-2019.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Al igual que el desglose de los fenómenos en la variación de la producción nacional, la gran recesión mundial en el 2008 y la caída de los precios internacionales en el 2014 tuvieron un impacto negativo sobre los ingresos de la Nación, reflejado en el aumento del

déficit y la deuda del gobierno, debido al sustento fiscal producto del aumento de las rentas petroleras, alcanzando el 20% de las rentas de la Nación en el 2013; como resultado de la disminución de los precios internacionales del crudo que se redujo drásticamente en los años 2015 y 2016 (Melo Becerra, 2017).

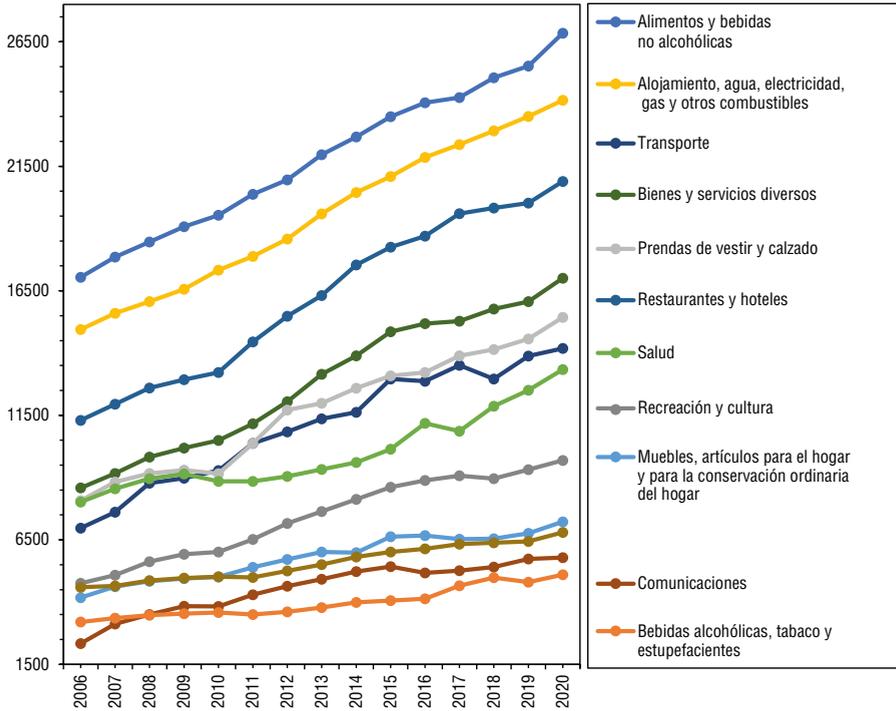


Figura 23. Gasto de consumo final de los hogares en un periodo (2006-2020).

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Para aliviar el impacto de estas políticas, se adoptaron algunas medidas tributarias en 2014 y 2016 y se moderó el crecimiento del gasto, lo cual se observa en la Figura 22, con el cambio de relación gastos/periodo. Si bien estas medidas permitieron manejar la situación fiscal, el impacto en la construcción es evidente, dada

la naturaleza dependiente de las políticas públicas de inversión, las cuales incluyen la formación bruta de capital que realiza el Estado (usualmente en forma de proyectos de infraestructura) (Espitia et al., 2018). Lo anterior se suma a la presión recurrente del gasto y las dificultades del Estado para aumentar de manera apreciable la carga impositiva. Así, estos cambios evidencian poca variación en los gastos de consumo final en los hogares, desglosados en la Figura 23.

Los gastos esenciales y básicos se mantienen constantes (de alimentación, alojamiento y servicios básicos) y son los de mayor cuantía, seguido por los de transporte, que se conciben como un gasto esencial y diferenciado, dada la intervención estatal para el acceso a diferentes modos de transporte, junto con el logro de la sostenibilidad financiera de estos sistemas. Los cuales son difíciles de alcanzar simultáneamente, dados los grandes requerimientos en subsidios para que las tarifas sean asequibles en las personas de escasos recursos (Rivas, Serebrisky, & Suárez-Alemán, 2019; Rodríguez & Peralta, 2016). Otros gastos se mantienen constantes en diferente proporción. Sin embargo, los relacionados con prendas de vestir y calzado han variado considerablemente, aumentando su gasto a partir del 2010. No obstante, la industria manufacturera en el país ha decrecido, influyendo en la importación de este tipo de materiales para suplir el aumento en la demanda, afectando la oferta nacional.

Comúnmente, los gastos de consumo, a excepción del transporte y salud (subsidiados en parte por el aparato estatal), no exponen grandes variaciones. Es usual en las economías de mercado como la colombiana, en la cual existe una alta propensión al consumo, principalmente de bienes importados. Asimismo, el PIB

representa el resultado final de la actividad productiva de las unidades de producción residentes, dividida en tres sectores económicos: extracción, manufactura y servicios. Esta última corresponde al sector de mayor crecimiento. Para algunos investigadores como Sarmiento Anzola (2020), esta dinámica es desproporcionada.

El crecimiento continuo del gasto engloba las actividades relacionadas con los servicios no productores o transformadores de bienes materiales. Los cuales incluyen subsectores como comercio, comunicaciones, finanzas, turismo, hotelería, restaurantes, cultura, la administración pública, fuerzas armadas y policía, y los denominados servicios públicos (salud, educación, programas sociales), entre otros.

Desde la visión de la formación bruta de capital fijo, entendida como los gastos en edificación, equipamiento, de transporte y determinados tipos de propiedad intelectual de una economía determinada (Urdaneta Montiel, Prieto Pulido, & Hernández Ariza, 2017), se destina una parte de la producción como capital, utilizado como medida de la inversión neta bruta (adquisiciones menos enajenaciones) en activos de capital fijo por empresas, gobierno y hogares dentro de la economía nacional. Estos gastos pueden ser formulados mediante el concepto de bien público. Los cuales no son ofrecidos por el mercado, debido a la inexistencia de una forma práctica de recaudo por su uso y se caracterizan por la obligatoria inclusión de su consumo a todos los individuos (principio de no exclusión) y su irreductibilidad en el consumo de otro individuo. Lo anterior hace que el costo marginal de agregar otro consumidor sea cero (principio de no rivalidad). Como ejemplo, estos gastos se han enfocado en la construc-

ción de infraestructura física de carreteras, puertos y aeropuertos (Melo Becerra, 2017). La Figura 24 expone la formación bruta de capital fijo en Colombia.

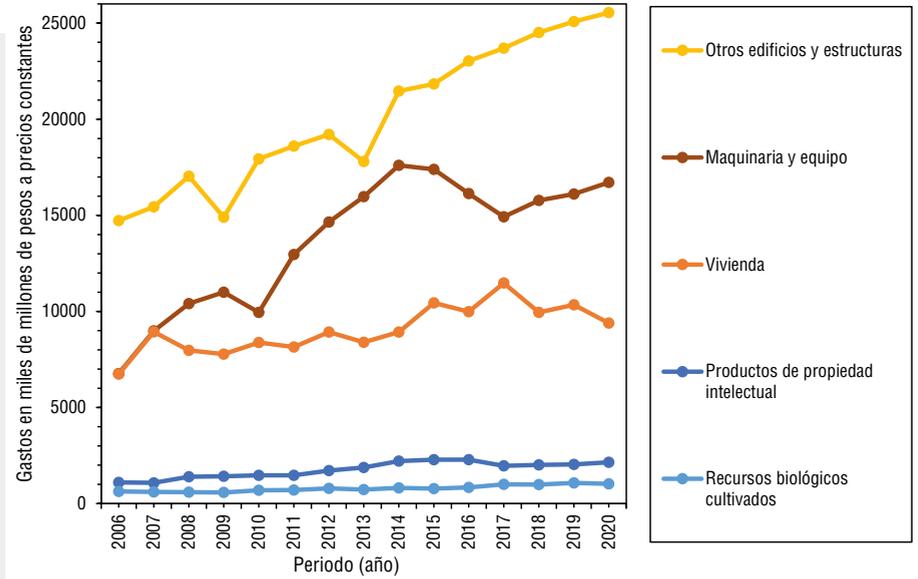


Figura 24. Gastos generados por la formación bruta de capital fijo en Colombia.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La Figura 24 relaciona actividades del sector de la construcción que representan el gasto de inversión en el sector público para construir infraestructura, ya que esta necesidad se refleja en el rezago que tiene el país con los bienes de capital fijo (carreteras, ferrocarriles, puentes, edificaciones públicas, etc.). Esto se observa en la infraestructura de transporte, considerada como uno de los principales cuellos de botella para la competitividad del país. Estas falencias son nocivas para la industria, el agro, el comercio y demás sectores que conforman el aparato productivo, ya que reduce los flujos de comercio interno y externo. Además, dadas las condiciones de efectividad/costos, al implantar masivamente el transporte por carretera, se concentra

más del 70% del transporte de carga. Por esta razón, los gastos ocasionados son asumidos por los consumidores, en coherencia con el gasto del transporte en Colombia (Clavijo et al., 2014).

Sumadas a las anteriores condiciones, la propensión de la inversión y gastos de formación bruta de capital fijo han dependido de las condiciones económicas externas, dadas las políticas de exportación de recursos no renovables que han generado una variabilidad importante en su inversión. Estos cambios se observan por el desglose de los activos fijos en la Figura 25.

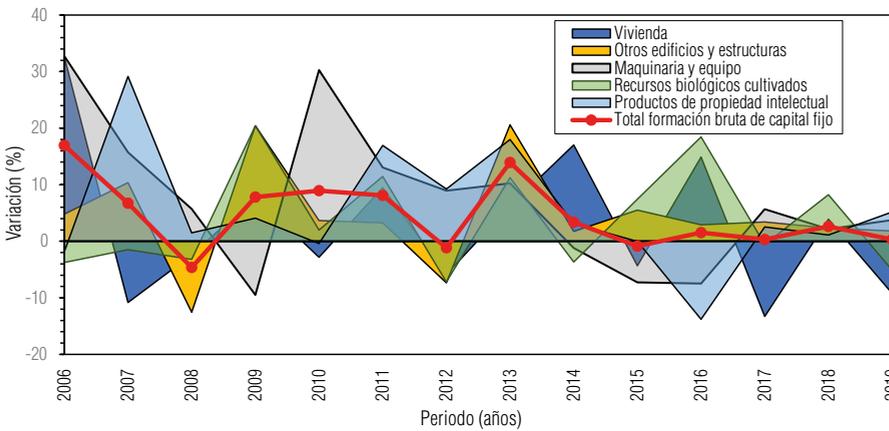


Figura 25. Variaciones anuales de los gastos por formación bruta de capital fijo.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

- **Componentes principales del PIB desde un enfoque de gastos**

Del conjunto de datos que componen el análisis del PIB desde un enfoque de gastos en el periodo 2005-2020, mediante la realización del PCA, se evalúa la cantidad de variaciones contenidas en cada PC, estos se exponen en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores propios de los componentes principales de los factores PIB gastos.

Valores propios	Dim. 1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Dim. 5	Dim. 6	Dim. 7	Dim. 8	Dim. 9	Dim. 10	Dim. 11	Dim. 12	Dim. 13	Dim. 14
<b>Varianza</b>	24.33	0.8	0.37	0.16	0.1	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.007	0.003	0.002
<b>Varianza (%)</b>	93.57	3.07	1.41	0.61	0.39	0.30	0.19	0.15	0.10	0.083	0.04	0.028	0.013	0.006
<b>Varianza acumulada (%)</b>	93.5	96.6	98.07	98.68	99.07	99.37	99.57	99.72	99.82	99.91	99.95	99.982	99.9	100

Fuente: elaboración propia.

Las cuantías de los valores propios son grandes para los primeros PC, este se concentra en la primera dimensión, estableciendo que las dimensiones con valores propios menores a 1 no son significativas. Lo cual se ilustra con mayor detalle en la Figura 26 y la Figura 27.

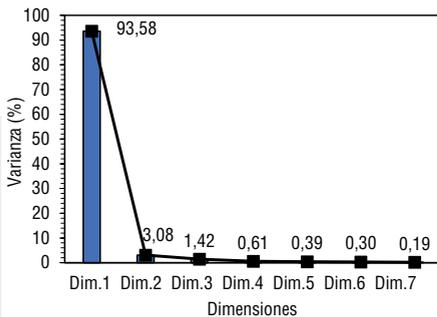


Figura 26. Porcentaje de las varianzas de los componentes principales para PIB gastos.

Fuente: elaboración propia.

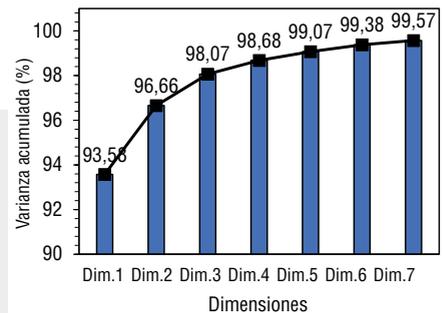


Figura 27. Varianza acumulada de los componentes principales para PIB gastos.

Al igual que los valores obtenidos en los PC del PIB de producción, las variaciones explicadas por cada valor propio se indican en el primer valor de los porcentajes de participación, concentrados en la dimensión uno (Dim. 1 o PC1), correspondiente al 93,5% de la variación del primer valor propio. El porcentaje acumulado en las tres primeras dimensiones con el 98,1% expone la poca significancia de las dimensiones restantes.

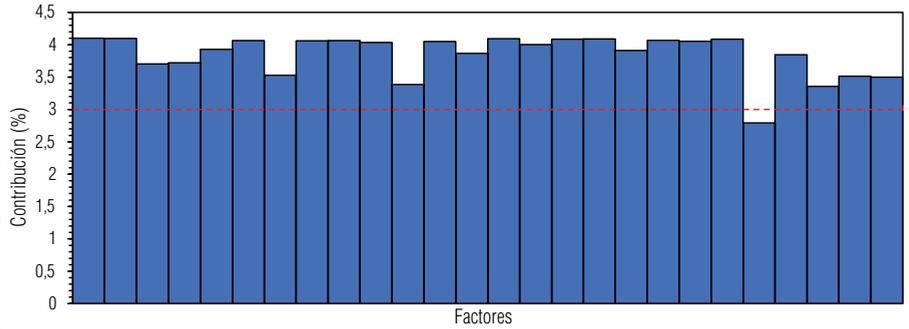


Figura 28. Contribución de los factores que componen el PIB gastos en la dimensión uno.  
Fuente: elaboración propia.

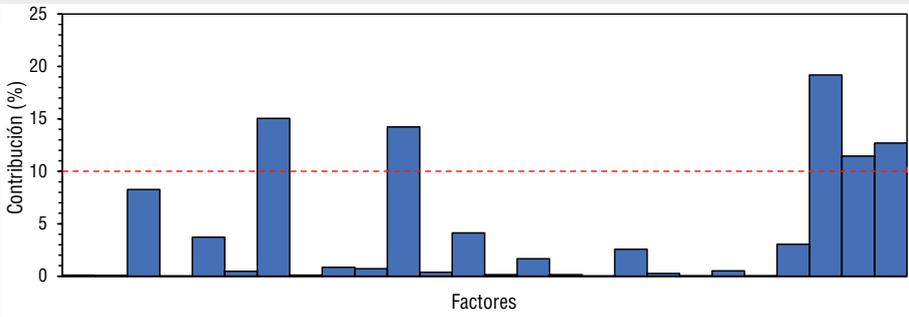


Figura 29. Contribución de los factores que componen el PIB gastos en la dimensión dos.  
Fuente: elaboración propia.

Asimismo, las contribuciones y su variabilidad en los PC de la dimensión uno son semejantes, a excepción de aquellos factores que contribuyen con mayor cantidad en la dimensión dos con una variación de 0,8. Al igual que en las dimensiones restantes, las cuales no son significativas y es posible eliminarlas para simplificar el análisis general. La contribución de las variables en la dimensión uno y dos se exponen en la Figura 28 y la Figura 29.

La contribución de los factores que componen el PIB desde un enfoque de gastos son representados en el sistema de coordenadas X-Y, ilustrado en la Figura 30.

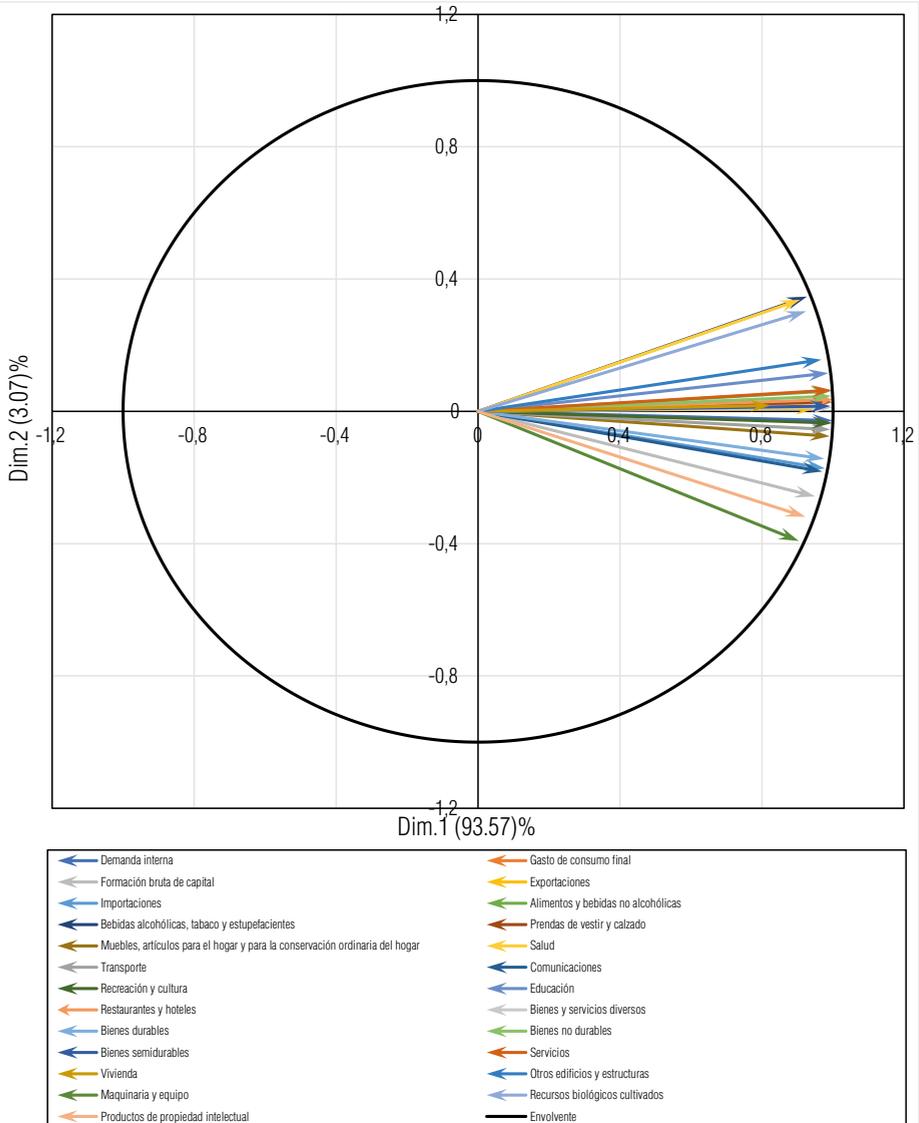


Figura 30. Correlación variable de los factores que componen el PIB de gastos.

Fuente: elaboración propia.

La Figura 30 expone la similitud de los vectores correspondientes a los factores dentro de un sector muy estrecho, exponiendo una gran correlación, donde el ordenamiento de los vectores corresponde casi exactamente a un mismo comportamiento (Jolliffe, 2010).

#### 4.5.1.3 Valor agregado del sector de la construcción (VAC)

El sector de construcción tiende a ser voluble, dada su naturaleza, manifestada en la variedad y amplitud de proyectos en términos de especialidad, tamaño, infraestructura, capacidad económica, su accionar limitado en el tiempo, soportada en una mano de obra y una alta dependencia del sector público. Este último se ha sustentado, en gran parte, por los dividendos generados en la producción y exportación de combustibles fósiles (Ríos-Ocampo & Olaya, 2017).

El sector es sensible al cambio de políticas internas, el desempeño en la demanda y problemáticas en la ejecución de proyectos. Estas problemáticas han influido en la desaceleración del sector desde mediados del 2016 e inicios del 2017. En estos periodos, el sector registró una contracción anual de -7,4% (Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), 2019b; Departamento de Estudios Económicos y Técnicos, 2017b), relacionada con la variación del dólar, que afectó los costos de materias primas y repercutió en los precios de vivienda y la tasas de interés. Como consecuencia, se produjeron problemas de inversión, retrasos en la elaboración y finalización de proyectos, el aumento inesperado del nivel de endeudamiento y retrasos en las entregas; e impactó directamente el Índice de Costo de Vivienda (ICV) y en la reducción de su demanda (Dalia, Rodríguez, & Cárdenas, 2016).

Por lo anterior, el sector de la construcción ha experimentado variaciones de desarrollo notables que lo han mantenido en un crecimiento moderado, producto de los cambios y tendencias de producción en los subsectores que lo conforman. Por lo tanto, la inversión estatal ha sostenido exclusivamente la construcción de carreteras, vías de ferrocarril, obras civiles y actividades especializadas, las cuales han crecido constantemente hasta superar la construcción de edificaciones. Esta última tradicionalmente encabezaba la producción en el sector, sustentada principalmente por el sector privado y la demanda comercial (Moreno, Robayo, & Castro, 2014). Así, existe una oferta en el sector de construcción de vías y obras civiles mayor que la oferta en construcción de edificaciones.

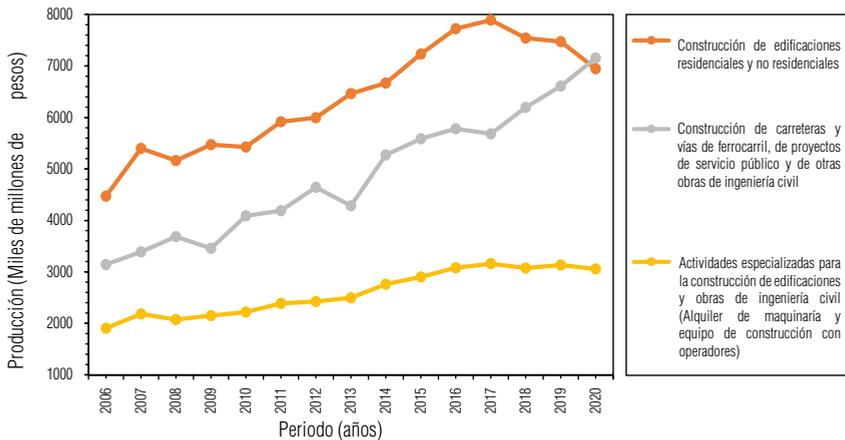


Figura 31. Producción de los subsectores del sector de la construcción.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

En razón de esto, se tiende a la adaptación de empresas y la migración de proyectos a formular, debido al incremento de inversión en proyectos de infraestructura civil, los cuales requieren mayor cantidad de recursos, por la presencia de economías de escala y alcance (de

Jorge Moreno et al, 2014). Este fenómeno se observa en la Figura 31, donde se expone la participación histórica de producción de los subsectores del sector de la construcción.

Por ende, existe la tendencia de invertir en obras civiles con el fin de reactivar la economía. Estos cambios en las dinámicas del sector se observan en la Figura 31, que expone un incremento de hasta 23% en el 2014, auge de producción y exportación de combustibles fósiles. Contrariamente, se observa una reducción significativa posterior al 2015 como consecuencia de la caída de los precios del petróleo, junto con la parálisis de obras causadas por el escándalo Odebrecht (Guzmán, 2018). Estos dos fenómenos golpean la inversión pública y generan una disminución temporal en el crecimiento del sector. Del mismo modo el subsector de edificaciones ha reducido su producción de manera constante a partir del 2016, reduciendo su producción a un 12%. Así, en los últimos años, el desempeño del sector se ha reducido, sin embargo, como parte de la estrecha relación con la inversión pública, la construcción de obras civiles de carreteras es de nuevo reiniciada, observándose este cambio en un incremento en la variación anual de obras civiles como medidas para mitigar las tendencias bajistas en el sector de la construcción, como se observa en la Figura 32.

Sin embargo, en el 2019, se observó una caída de 1,5%, causada principalmente por el descenso del 7,0% en el subsector de edificaciones, el cual no es compensado por el crecimiento de un 8,8% de obras civiles. La pobre dinámica del subsector de edificaciones desde 2016 se configura como un lastre del crecimiento de la construcción, exhibiendo un deterioro significativo a partir del mismo año. Por lo tanto, es altamente pro-

bable que el subsector edificador continúe registrando variaciones anuales negativas, dado que los fenómenos externos que propiciaron una disminución en la producción nacional como la reducción de divisas en las exportaciones de hidrocarburos, aumento del dólar y altas tasas de interés continúan. De este modo, la producción de obras de ingeniería civil presentan una recuperación lenta (Corficolombiana, 2019b). Por consiguiente, las empresas dedicadas a la formulación y ejecución de proyectos deben vislumbrar estas dinámicas, con el fin de adaptarse y buscar metodologías que permitan configurar mejores oportunidades ante las coyunturas encontradas en otros subsectores de la construcción.

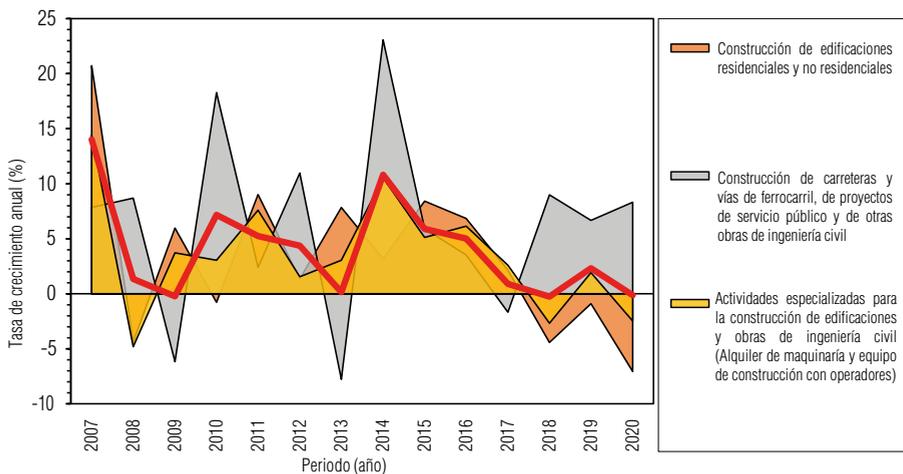


Figura 32. Variaciones anuales de la construcción y sus subsectores.  
Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

### • Componentes principales del VAC

Al evaluar los tres subsectores que componen el sector de la construcción en el periodo 2005-2020, mediante el análisis de componentes principales, la varianza se

muestra poco significativa y el resultado se expone en tres dimensiones o componentes principales en orden de importancia, los cuales se ilustran en la Tabla 11.

Tabla 11. Valores propios de los componentes principales de los factores que componen el subsector de la construcción.

Valores propios	Dim.1	Dim.2	Dim.3
<b>Varianza</b>	2.874	0.123	0.003
<b>Varianza (%)</b>	95.795	4.098	0.107
<b>Varianza acumulada (%)</b>	95.795	99.893	100

Fuente: elaboración propia.

La dimensión uno expone una varianza poco significativa, sin embargo, mayor a 1 (2,8), concentrándose en la primera dimensión. Las otras dimensiones se desprecian al considerar que los valores propios menores a 1 no son significativos. Lo cual se muestra con mayor detalle en la Figura 33 y la Figura 34.

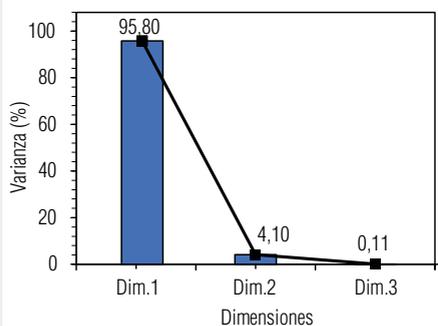


Figura 33. Porcentaje de las varianzas de los componentes principales PIB gastos.

Fuente: elaboración propia.

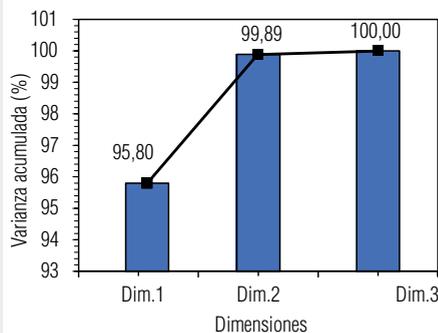


Figura 34. Varianza acumulada de los componentes principales PIB gastos.

La proporción de variación definida por cada valor propio indica que el primer valor de los porcentajes de participación correspondiente al 95,8% de la va-

rianza y el porcentaje acumulado en las dos primeras dimensiones abarca el 99,9%. Sin embargo, la varianza en la dimensión dos corresponde a 0,1. Lo cual es poco significativo y denota que esta dimensión tiene una baja contribución, por lo cual podría eliminarse para simplificar el análisis general. La contribución de las variables en la dimensión uno y dos se expone en la Figura 35 y la Figura 36.

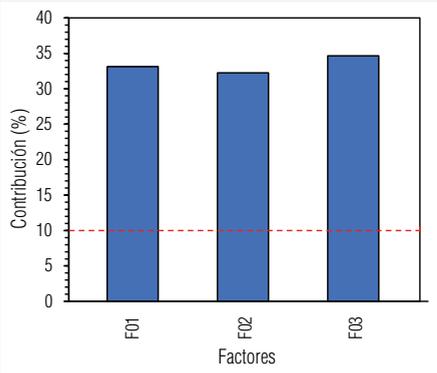


Figura 35. Contribución del valor agregado de los subsectores de la construcción en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia.

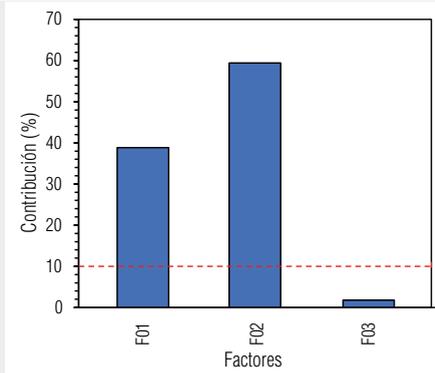


Figura 36. Contribución del valor agregado de los subsectores de la construcción en la dimensión dos.

La contribución de los factores que componen el valor agregado de los subsectores de la construcción, representando las correlaciones de los componentes principales o dimensiones uno y dos en un sistema de coordenadas X-Y, se expone en la Figura 37.

La Figura 37 ilustra la similitud de los vectores correspondientes a los factores que componen el VAC, los cuales tienen una correlación alta, reflejando prácticamente un comportamiento similar (Jolliffe, 2010).

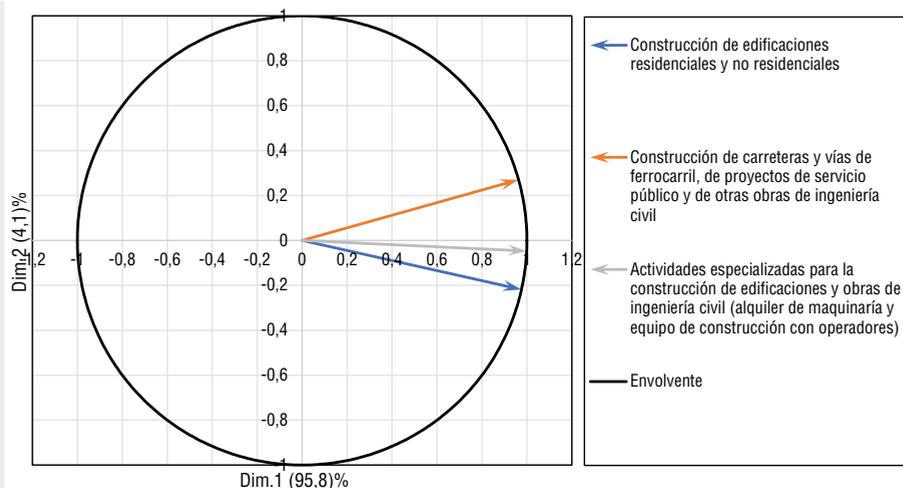


Figura 37. Correlación variable de los factores del valor agregado de los subsectores de la construcción.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

#### 4.5.1.4 Tasa de ocupación

El conocimiento sobre el funcionamiento del mercado laboral en Colombia ha aumentado, por ejemplo, algunas variables en el mediano y largo plazo son relativamente claras, debido al papel que representa la generación de empleo en cualquier economía. Por lo tanto, es considerado un factor macroeconómico de gran importancia en la formulación de políticas y planeación estatal en la economía de una nación.

Lo anterior refleja la fortaleza de su aparato productivo, capacidad para crear puestos de trabajo y caracterización de debilidades o fortalezas en cierta actividad económica, lo cual permite superar la pobreza y elevar la calidad de vida de sus habitantes (Arango, Parra-Escobar, & Pinzón-Giraldo, 2016; Ortega Burgos, Sarmiento, & Bonilla Botía, 2016). Así pues, para evaluar la oferta laboral, se utiliza la tasa

de ocupación (TO), concebida como una medida relativa de la demanda por trabajo, diferenciada por ramas de la actividad económica nacional. Este factor permite visualizar y relacionar los comportamientos y actividades de producción del PIB en un periodo de tiempo determinado e indirectamente con el desarrollo de la fuerza de trabajo en algunos sectores, en relación con la industrialización como propulsor de las economías emergentes (Arnedo, 2013).

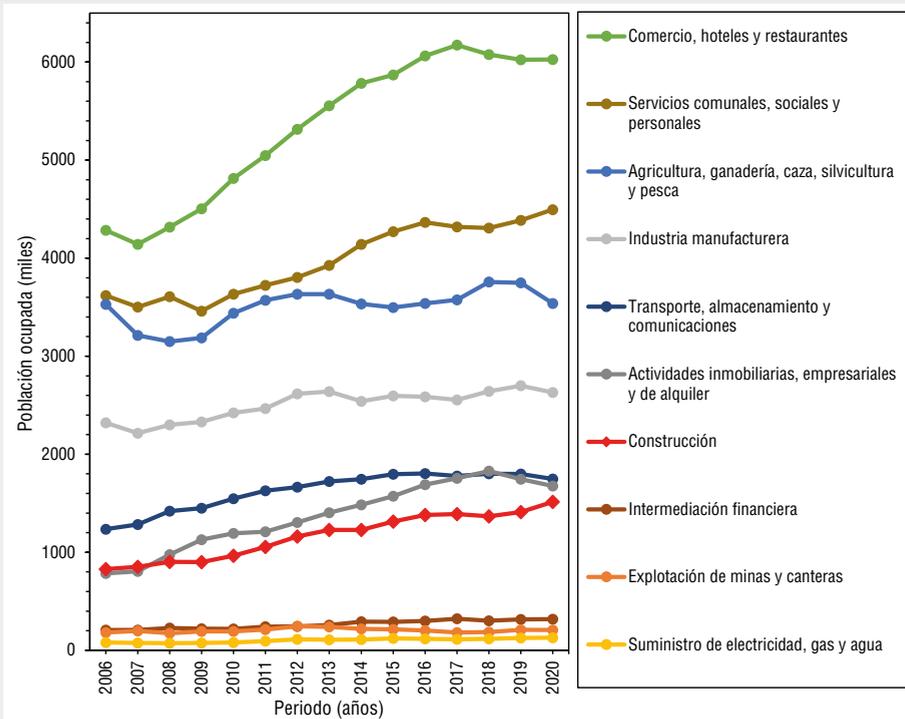


Figura 38. Ocupación en los principales sectores de la económica colombiana.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Además, el sector de la construcción se destaca por el encadenamiento en diversos sectores de la economía y como generador de empleo como política gubernamental en periodos de recesión o desaceleración económica.

La Figura 38 ilustra el comportamiento de la ocupación por ramas de la economía en el periodo 2006-2020.

En relación con la producción, se observan los cambios en el empleo, en función de las crisis económicas sufridas en los últimos años. Todos los sectores de la economía, incluyendo el de la construcción, fueron afectados, en especial en los años 2008, 2014 y 2016. No obstante, como medida para superar estas dificultades, mediante inversión pública, se han canalizado políticas de empleo por el sector de la construcción, a partir del 2016.

Lo anterior se relaciona con la disminución de inversión pública, como fuente principal en la generación de infraestructura para la reactivación económica. No obstante, posterior a estas crisis, como política pública se encuentra la generación de empleo como medida gubernamental en el gasto público. Si bien, posterior al 2016 el incremento del empleo no aumentó, se mantuvo constante, mitigando el efecto desatado por la reducción de ingresos para inversión y su posterior incremento como medida de reactivación económica, como se observa en la Figura 39, donde se compara la ocupación en el sector de la construcción y el total de ocupados en todas las ramas de la economía nacional.

El gasto público es el aspecto de la economía que se ocupa de los ingresos y gastos del gobierno, así como del ajuste de uno u otro para lograr el efecto deseable y evitar los indeseables (Brown & Lucky, 2018). Como efecto deseable está el aumento de la ocupación por el apoyo de la inversión a través de políticas del gasto público, realizada mediante la provisión de in-

fraestructura social y económica, las cuales han sido múltiples veces repetidas y probadas en el siglo XX.

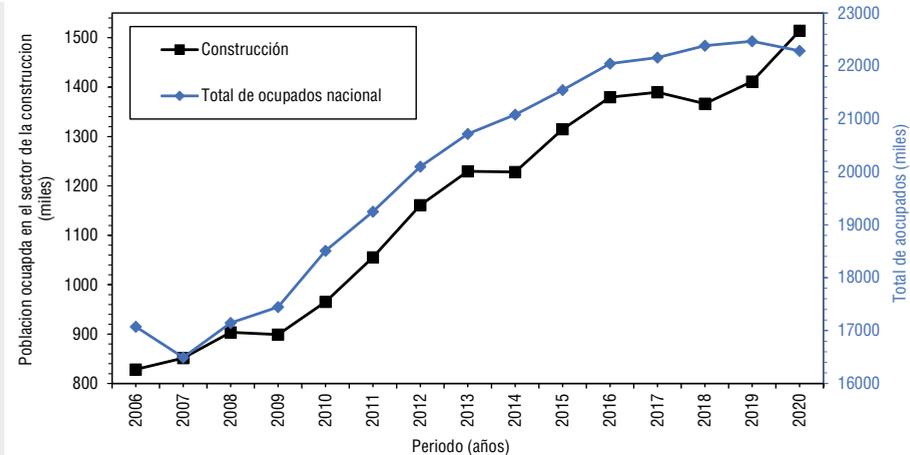


Figura 39. Impacto en la generación de empleo del sector de la construcción en comparación con el total de ocupados nacional.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Estas políticas se basan en la teoría keynesiana del empleo, que es un reflejo de la relación funcional entre los insumos por la mano de obra y el capital para generar la producción, junto con su relación en el gasto público. El cual puede contribuir positivamente al crecimiento económico, al aumentar el consumo del gobierno, la rentabilidad e inversión. Esta teoría considera que la intervención activa del gobierno en el mercado es el único método para garantizar el empleo, asegurando la eficiencia en la asignación de recursos y la regulación de los mercados (Brown & Lucky, 2018; Mitchell, 2005).

De igual manera, esta metodología se aplica como fórmula de mitigación de crisis económicas a través del suministro de instalaciones de infraestructura por fondos públicos con el doble propósito de generar oport-

tunidades de empleo directo y utilizar los servicios para fomentar los sectores productivos. Por lo anterior, al evaluar las variaciones anuales de la ocupación en la economía nacional y el sector de la construcción, se exponen tasas de incremento en épocas de crisis, considerando que la fuente de los recursos proviene de inversión, generando un impacto en la economía y repercutiendo directamente en el sector. Esto se ilustra en la Figura 40.

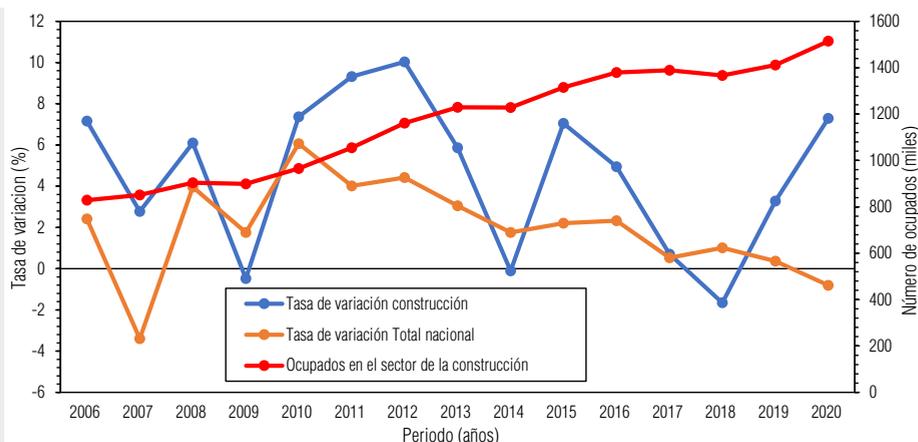


Figura 40. Tasa de variación de la ocupación en contraste con la ocupación del sector de la construcción.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La Figura 40 expone la generación de empleo por este sector donde su crecimiento es constante con ciertas desaceleraciones por las crisis económicas anteriormente mencionadas. No obstante, posterior a estas, el crecimiento del empleo tiende a aumentar. En promedio, en 2019, el número de ocupados en el sector de la construcción se situó en 1'514.293 trabajadores, 3,2% más que el mismo periodo del 2018. Esta cifra representa una participación del 6,8% en el empleo nacional.

La generación se impulsa principalmente por el subsector de obras civiles a causa de la aceleración de su crecimiento en la primera mitad del 2019, impulsada por el gasto público. Esto contrarrestó parte del impulso negativo de edificaciones sobre el sector de la construcción y el aumento en la generación de empleo (Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), 2019a; Corficolombiana, 2019b).

- **Componentes principales en la tasa de ocupación de los principales sectores económicos en Colombia**

Al evaluar la ocupación por sectores económicos entre el 2005-2020, mediante el PCA, se generaron 10 dimensiones, exponiendo poca significancia en la varianza de las últimas siete. Con el fin de abarcar la mayor cantidad de comportamientos y varianzas, son tomadas la dimensión uno y dos, según se expone en la Tabla 12.

Tabla 12. Valores propios de los componentes principales de la ocupación en las principales ramas de actividad económica en Colombia.

Valores propios	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6	Dim.7	Dim.8	Dim.9	Dim.10
<b>Varianza</b>	8.208	1.13	0.397	0.172	0.038	0.021	0.013	0.011	0.007	0.003
<b>Varianza (%)</b>	82.075	11.303	3.965	1.721	0.384	0.206	0.134	0.109	0.072	0.031
<b>Varianza acumulada (%)</b>	82.075	93.378	97.344	99.065	99.448	99.655	99.789	99.897	99.969	100

Fuente: elaboración propia.

La proporción explicada por cada valor propio se indica en la primera dimensión, abarcando el 82,07% de la variación. El porcentaje acumulado por las dos primeras dimensiones corresponde el 93,34% de la variación. Asimismo, no se consideran dimensiones que

no proporcionan una significancia importante. La contribución de las variables en la dimensión uno y dos se exponen en la Figura 41 y la Figura 42.

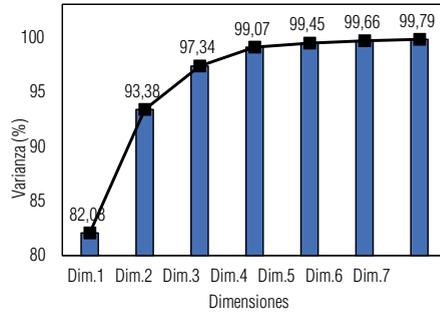
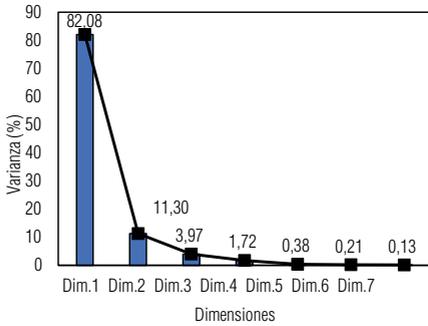


Figura 41. Porcentaje de las varianzas de componentes principales en la ocupación por ramas de actividad económica.

Figura 42. Varianza acumulada de componentes principales en la ocupación por ramas de actividad económica.

Fuente: elaboración propia.

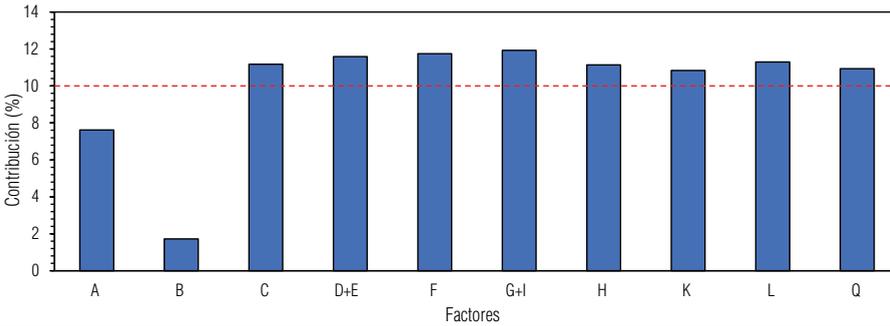


Figura 43. Contribución de la ocupación por ramas de actividad económica en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Al escoger las dos dimensiones o PC, posteriormente se analiza la contribución de los factores que componen la ocupación en Colombia. La contribución de los factores en la dimensión uno (Figura 43) es prácticamente heterogénea, diferenciándose los ocupados en la rama de la agricultura y minería, en concordancia con la producción de las ramas de actividad económica, donde estas dos actividades han diferido en el perio-

do de evaluación, a causa de los cambios en la política económica anteriormente analizados.

La ocupación en las actividades mineras muestra un gran aporte a la dimensión dos, ilustrada en la Figura 44. Lo cual es coherente con el alto grado de dinamismo que esta actividad económica ha experimentado en los últimos 15 años, especialmente por la producción de dividendos a partir de políticas públicas en la exportación de recursos minerales y su posterior descenso, causado por lo las dinámicas económicas globales.

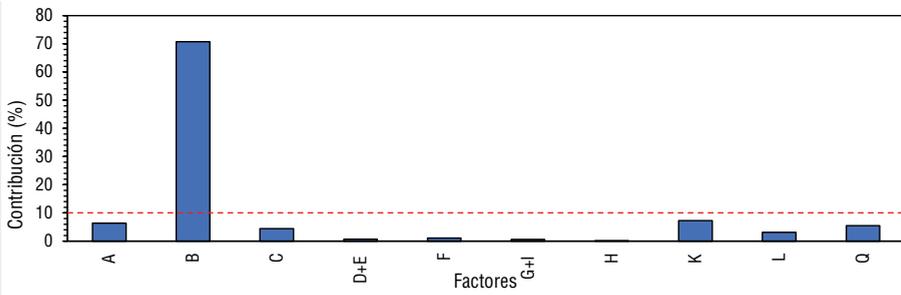


Figura 44. Contribución de la ocupación por ramas de actividad económica en la dimensión dos  
Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La contribución de los factores que componen el VAC representan las correlaciones de los PC o dimensiones uno y dos en un sistema de coordenadas X-Y, ilustrado en la Figura 45. La ocupación en la actividad minera se diferencia de otros factores y las actividades agropecuarias difieren en magnitud, al compararlos con los factores restantes. Los cuales están muy próximos entre sí. Esto refleja su correlación positiva relativamente grande.

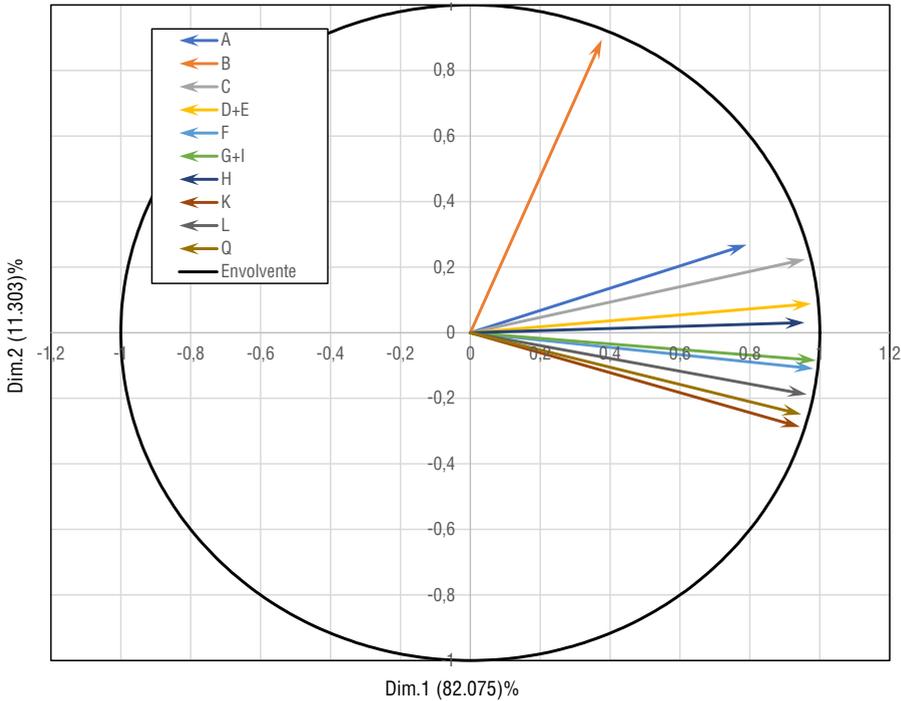


Figura 45. Correlación variable de factores que componen la ocupación por ramas de actividad económica en Colombia (Código CIIU 4 rev).

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

#### 4.5.2 Análisis de la oferta

La oferta se ha establecido mediante el IEAC como la cantidad de unos recursos producidos y están dispuestos o son capaces de proporcionar al mercado, evaluada a través de la cantidad de cemento como material de construcción esencial en toda obra civil o edificación, junto con la oferta de edificaciones. Representa una parte vital del sector y, a su vez, la producción de infraestructura esencial.

#### *4.5.2.1 Análisis de la oferta del cemento gris en Colombia*

Las empresas de construcción operan en un entorno cambiante, soportado por nuevos procesos de producción, distribución y consumo, junto con nuevas técnicas para la extracción de materias primas, procesamiento, fabricación y comercialización. En el uso de materiales, el sector de la construcción es el mayor consumidor mundial, especialmente de cemento, considerado como el mayor material manufacturado existente en la actualidad (Scrivener et al., 2018; Uwasu et al., 2014). Además, su producción sigue una tendencia de crecimiento que alcanza las 2,8 miles de millones de toneladas a nivel mundial y se espera un incremento de 6,9 miles de millones de toneladas para el 2050 (Isaksson, 2016).

Este producto es indispensable para los procesos constructivos y el desarrollo económico colombiano, como parte inherente del sector de la construcción, considerándose un motor de la economía, influyendo, afectando y atrayendo las industrias manufactureras mediante la demanda de maquinaria y equipo, productos metálicos, materiales de construcción, industria química y productos minerales no metálicos (Salamanca Mora, 2019).

Su producción y consumo se relaciona con los grandes retos en términos de gestión de recursos materiales, nuevas tecnologías y equipos de construcción e implementación de procesos para el trabajo en obra y la cantidad de recursos energéticos invertidos en el proceso de producción, dado que los edificios son el mayor consumidor individual de energía en todo el mundo (Giesekam et al., 2016). Por lo tanto, establecer la oferta

del cemento expondrá el comportamiento del sector de la construcción y el impacto de las mencionadas crisis económicas, las cuales se muestran en la Figura 46.

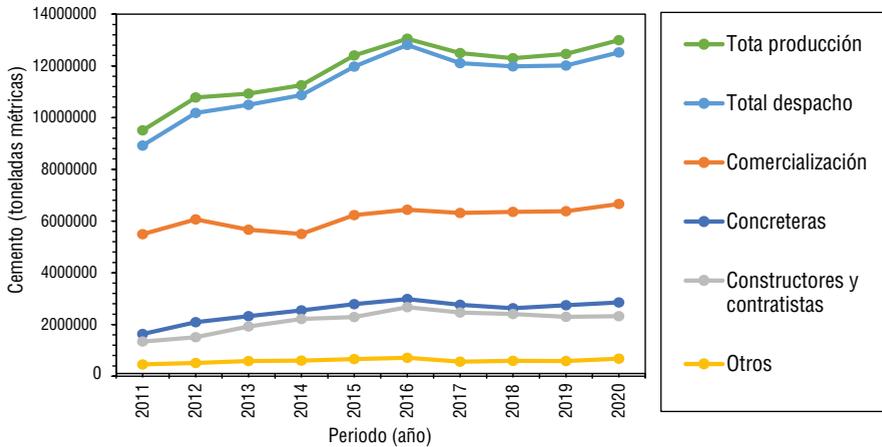


Figura 46. Producción del cemento y los diferentes despachos del cemento gris.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Pese a que los datos proveídos por el DANE no exponen estadísticas anteriores al 2010, no es posible establecer el efecto de la crisis inmobiliaria mundial acaecida en el 2008. Sin embargo, se observan los cambios en la producción, ocasionados en el 2012, cuando las ofertas de cemento (que son prácticamente similares) aumentaron.

Lo anterior es producto del incremento en la construcción de edificaciones, como consecuencia de la reactivación de los créditos hipotecarios para viviendas nuevas, usadas y programas de vivienda para incentivar la compra sostenida por el incremento en inversión estatal, causado por los plusvalores generados por la exportación de petróleo y carbón (Ríos-Ocampo & Olaya, 2017; Salamanca Mora, 2019). Asimismo, se observan los cambios en la reducción de su producción

y consumo, a partir del 2016, cuando las variaciones exponen una mayor afectación del sector e impactaron los diferentes despachos del cemento gris, como se observa en la Figura 47.

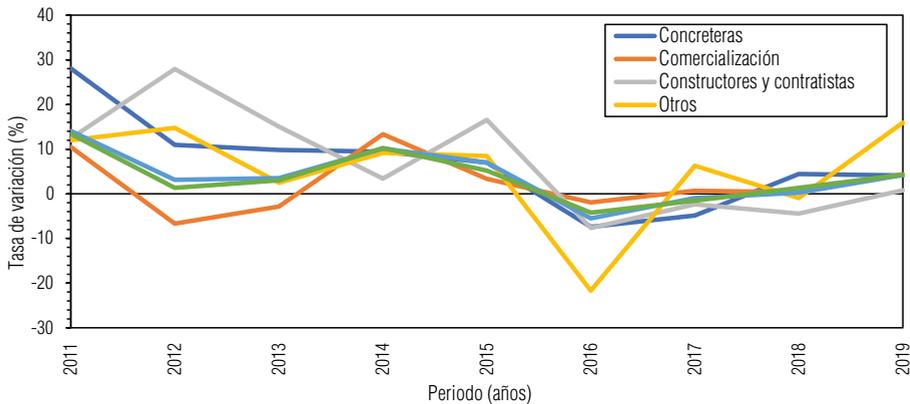


Figura 47. Tasa de variación anual en la producción y despacho de cemento gris.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

El impacto negativo generado en la crisis del 2014 se evidencia en el 2016, cuando la producción se redujo un 5,5% y los despachos, un 4,2%, por los retrasos de los cierres financieros de las vías de cuarta generación, la desaceleración de programas del gobierno que incentivaron la construcción de vivienda, producto de la desaceleración económica iniciada en el 2014. Esta política recesiva redujo los despachos de cemento gris, especialmente en concreteras y constructores en 7,4% y 7,6%, respectivamente.

- **Análisis de componentes principales del cemento gris en Colombia**

Al evaluar la producción y el despacho de cemento gris entre el 2005-2020, mediante el PCA, se obtuvieron 5 dimensiones y a partir de la segunda dimensión, la

varianza es poca. El resultado significativo se expone en la primera dimensión o PC y se ilustra en la Tabla 13.

Tabla 13. Valores propios de los componentes principales en la producción y despacho de cemento gris en Colombia.

Valores propios	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
<b>Varianza</b>	4.327	0.452	0.199	0.023	0
<b>Varianza (%)</b>	86.535	9.036	3.974	0.455	0
<b>Varianza acumulada (%)</b>	86.535	95.571	99.545	100	100

Fuente: elaboración propia.

La dimensión uno concentra la mayor cantidad de varianza, aunque es poco significativa. Sin embargo, mayor a 1. Esto se observa con mayor detalle en la Figura 48 y la Figura 49.

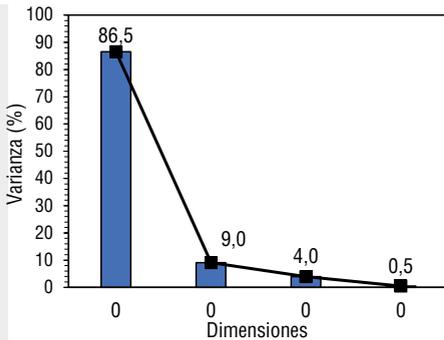


Figura 48. Porcentaje de las varianzas en los componentes principales del cemento gris.

Fuente: elaboración propia.

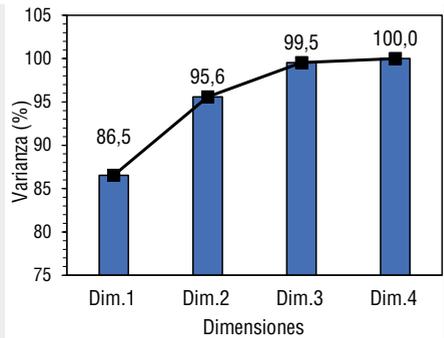


Figura 49. Varianza acumulada en los componentes principales del cemento gris.

La proporción de variación definida por cada valor propio indica que el primer PC corresponde al 86,5% de varianza y el porcentaje acumulado en las dos primeras dimensiones abarca el 95,5%. Sin embargo, la varianza en la dimensión dos corresponde a 0,4. Este valor es poco significativo y denota su baja contribución. Por lo tanto, no es considerada en posteriores

análisis. Estas contribuciones en la dimensión uno y dos se exponen en la Figura 50 y la Figura 51.

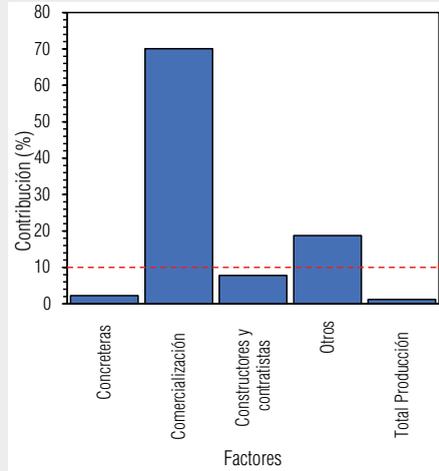
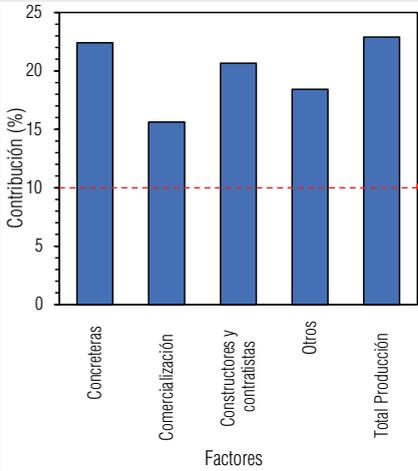


Figura 50. Contribución de factores que componen la oferta de cemento gris en la dimensión uno.

Figura 51. Contribución de factores que componen la oferta de cemento gris en la dimensión dos.

Fuente: elaboración propia.

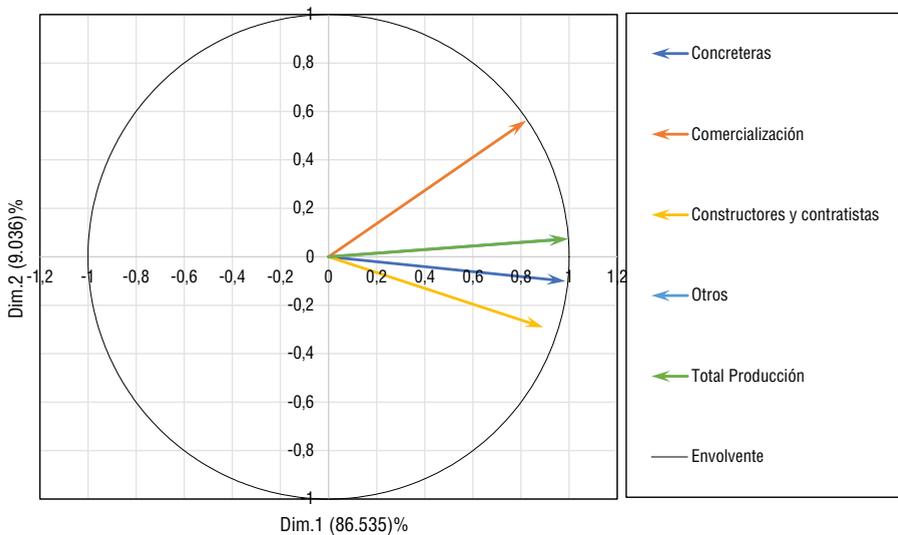


Figura 52. Círculo de correlación entre las dimensiones uno y dos de cemento gris.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La contribución de los factores que componen el VAC se representa en las correlaciones de los PC o dimensiones uno y dos en un sistema de coordenadas X-Y, como se expone en la Figura 52.

Debido al marcado efecto de las crisis económicas en el despacho de cemento, la de demanda aporta el 22% en la distribución de este factor.

#### 4.5.2.2 Construcción de edificaciones en Colombia

El adecuado desempeño del sector de la construcción de edificaciones se encuentra asociado a la promoción del desarrollo económico y social, gracias a la construcción de viviendas que mejora la calidad de vida de la sociedad. Esto concibe a la construcción de edificaciones como una actividad central en el desarrollo socioeconómico del país, especialmente en países en vías de desarrollo como Colombia.

Lo anterior obedece al déficit habitacional existente y es común la generación de políticas que incluyen asignaciones presupuestales directas para suplir esta demanda. A su vez, tiene en cuenta una explotación económica, realizada por personas naturales o jurídicas. Sin embargo, estas deben focalizar sus esfuerzos en elaborar y posteriormente ejecutar proyectos que involucren las necesidades apremiantes de los interesados (Project Management Institute, 2017). Por esta razón, la construcción de edificaciones es indispensable en el sector de la construcción. La Figura 53 expone el comportamiento de la oferta de edificaciones en el periodo 2005-2019.

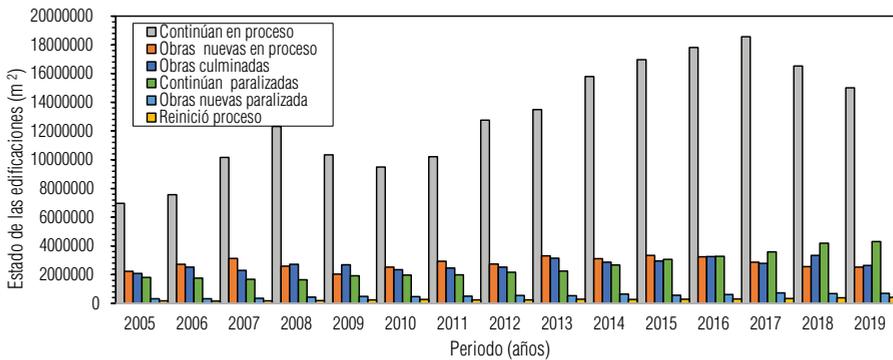


Figura 53. Estado de la oferta en las edificaciones construidas en Colombia.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Son notables los cambios producidos en la oferta de vivienda a partir de las crisis económicas que afectaron la economía colombiana y aquellas bonanzas que incrementaron la oferta de vivienda (2012-2016). De igual manera, el comportamiento de las edificaciones que continúan en proceso de construcción domina la oferta, aparcando aproximadamente un 60% del total. Por lo mismo, las obras nuevas en proceso recogen el 18% de las edificaciones. Sin embargo, esta se ha reducido a partir de la crisis económica en el 2018, a la par con el crecimiento de las obras paralizadas, igualándose en promedio al 16% con las obras culminadas. Esta última se ha mantenido constante a partir de la crisis más reciente.

Las obras nuevas paralizadas y aquellas que reinician proceso solo ocupan el 4,5% del estado de la oferta de edificaciones. Lo anterior permite vislumbrar el actual panorama en la oferta de vivienda, el cual ha tendido a estancarse. No obstante, continúa generando un gran dinamismo en el mercado colombiano. El impulso a la vivienda por el gasto público permite otorgar una mayor variabilidad a esta oferta, donde la reducción de área construida es coherente con la disminución de de-

manda en el país. La vivienda No VIS, pese a dominar el mercado con aproximadamente un 75% de participación, se ha reducido a partir del 2016 hasta un 15% (55%, aproximadamente).

Asimismo, el área construida de vivienda con un rango de precios mayores a 350 Salarios Mínimos Mensuales Legales Vigentes (SMMLV) ha disminuido en 62%. En viviendas con un rango de precios entre 136-350 SMMLV se redujo hasta un 72%. Sin embargo, la construcción de vivienda de interés social (VIS) ha crecido, específicamente en viviendas con un rango de precios entre 111-135 SMMLV en un 55%. Además, el licenciamiento de área construida para VIS alcanzó un incremento de 2.055.176 m<sup>2</sup>, el mayor en los últimos diez años.

No obstante, en vivienda VIS con un rango de precios entre 91-110 SMMLV, su reducción ha alcanzado el 50%, de igual forma las viviendas consideradas de interés prioritario (VIP), según la Ley 1955 de 2019 (Congreso de la República de Colombia, 2019), con valores menores a 90 SMMLV, han reducido su participación en el mercado en un rango de 32% hasta 48%, producto de políticas que buscan incentivar la oferta mediante beneficios tributarios, según la Ley 1607 de 2012 (Congreso de la República de Colombia, 2012).

Por lo anterior, las empresas constructoras tienen derecho a la devolución o compensación del impuesto al valor agregado (IVA), pagado en la adquisición de materiales para la construcción de vivienda de interés social y prioritaria, generando enfoques de mercado en proyectos de vivienda, donde el Estado coadyuva y facilita la productividad empresarial, sin afectar drásticamente los ingresos causados por la

formulación y ejecución de proyectos, según la capacidad del mercado actual.

Acorde a la Figura 54, la desaceleración originada por eventos macroeconómicos afecta directamente el libre mercado, en especial el de vivienda. Este subsector posee características particulares que lo diferencian de la mayoría de activos de inversión, considerado como un bien mixto que puede ser de consumo, proveyendo flujos de servicios por su ocupación e inversión como finalidad social del Estado (Ortiz, Jiménez, & Cruz, 2019). Asimismo, los mercados de vivienda se ajustan mediante procesos lentos que involucran costos de transacción considerables en términos de búsqueda y negociación (Durán Vanegas, 2016; Glaeser & Nathanson, 2014).

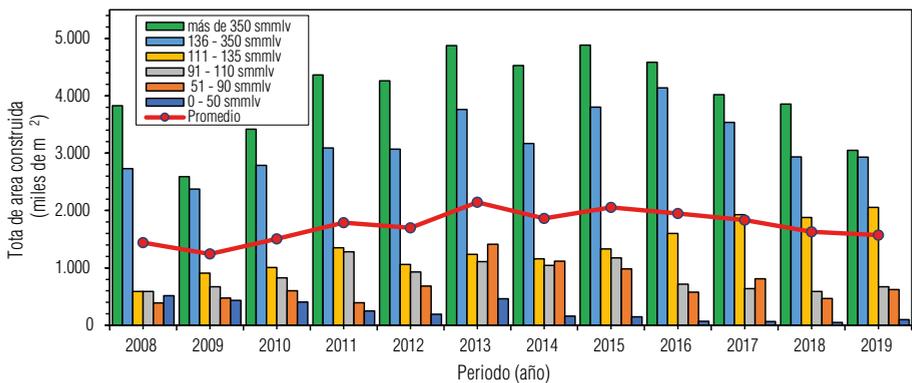


Figura 54. Demanda de vivienda área construida discriminada por rango de precios.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Adicionalmente, la vivienda concentra la mayor parte de la riqueza de los hogares, que incide de forma importante en el crecimiento de un gran número de economías y el desempeño de sus mercados. Lo cual está fuertemente ligado a los ciclos económicos.

Consecuentemente, la reducción en la demanda de vivienda no VIS (vivienda no subsidiada por el Estado) expone explícitamente el efecto de las crisis económicas actuales e implícitamente la influencia que la demanda para inversión estatal ejerce sobre los precios de vivienda, junto con el efecto que puede tener sobre la estabilidad financiera de la economía.

Así, la reducción en demanda de vivienda repercute en la producción global del sector de la construcción, donde la inversión pública mitigó la caída de vivienda mediante inversión en VIS (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2019a). No obstante, pese a la inversión estatal, el subsector registra un descenso en el área causada, que explica casi la totalidad del comportamiento en el segmento edificador, presentando una reducción anual de 16.3%, donde un 11% es causado por la demanda en vivienda no VIS. El cual contrasta con el crecimiento de 12,5% de las obras civiles.

- **Análisis de componentes principales de la oferta de edificaciones en Colombia**

Al evaluar la oferta de vivienda, valorada mediante PCA, se logró la obtención de 11 dimensiones, como se observa en la Tabla 14, de las cuales se toman como representativas las dos primeras (Dim. 1 y Dim. 2) con una varianza mayor a 1.

De igual manera, el porcentaje y la acumulación de varianza permiten vislumbrar las dos primeras dimensiones como significativas, a la distribución del 17,6% de varianza en las 8 dimensiones restantes. Esta distribución se observa con mayor detalle en la Figura 55 y la Figura 56.

Tabla 14. Valores propios de los componentes principales de la oferta de vivienda en Colombia.

Valores propios	Dim. 1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Dim. 5	Dim. 6	Dim. 7	Dim. 8	Dim. 9	Dim. 10	Dim. 11
<b>Varianza</b>	6.284	2.784	0.998	0.499	0.192	0.136	0.067	0.024	0.014	0.001	0.000
<b>Varianza (%)</b>	57.13	25.31	9.07	4.534	1.75	1.236	0.605	0.219	0.129	0.013	0.001
<b>Varianza acumulada (%)</b>	57.13	82.44	91.51	96.047	97.797	99.032	99.637	99.856	99.986	99.999	100

Fuente: elaboración propia.

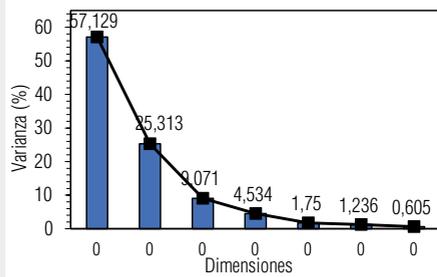


Figura 55. Porcentaje de varianzas en los componentes principales para la oferta de edificaciones.

Fuente: elaboración propia.

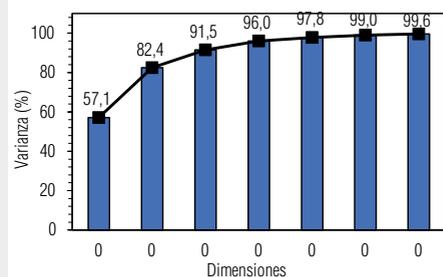


Figura 56. Porcentaje de varianza acumulada en los componentes principales para la oferta de edificaciones.

Con las dimensiones establecidas, aquellas contribuciones de los factores que componen el análisis en la oferta de edificaciones muestran que en la dimensión uno, la mayoría de factores contribuyen entre un 8% y 10,5% en diferente proporción. Se destacan las obras que continúan paralizadas y aquellas que reinician proceso, donde su contribución es menor al 6,5%.

Sin embargo, estos dos últimos factores sobresalen en la dimensión dos con un aporte entre el 16% y 18%. Los cuales son coherentes con su comportamiento en los últimos años, mientras que las construcciones paralizadas han crecido de forma constante a partir del 2009 y el reinicio de obras nuevas obedece a condiciones crediticias y de solvencia económica de las mismas,

debido a la reducción de capacidad adquisitiva, producto de las crisis financieras anteriormente mencionadas. La distribución de contribuciones en la oferta de edificaciones se expone en la Figura 57 y la Figura 58.

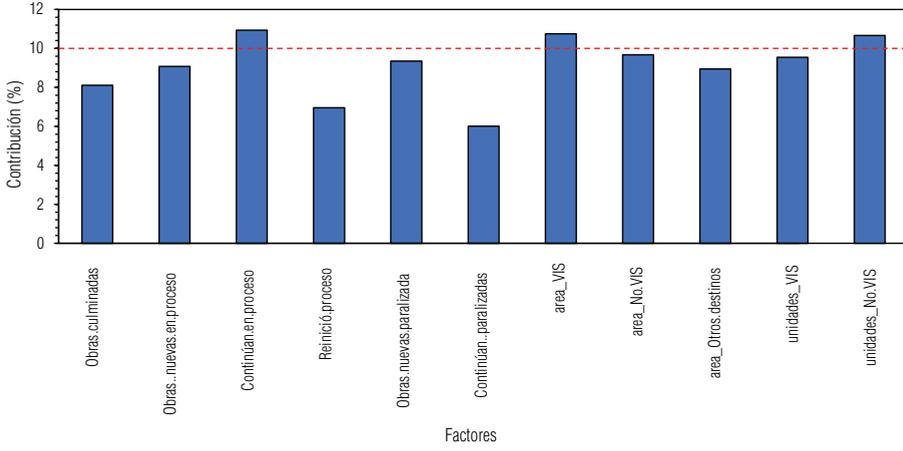


Figura 57. Contribución de los factores que componen la oferta en la construcción de edificaciones en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia.

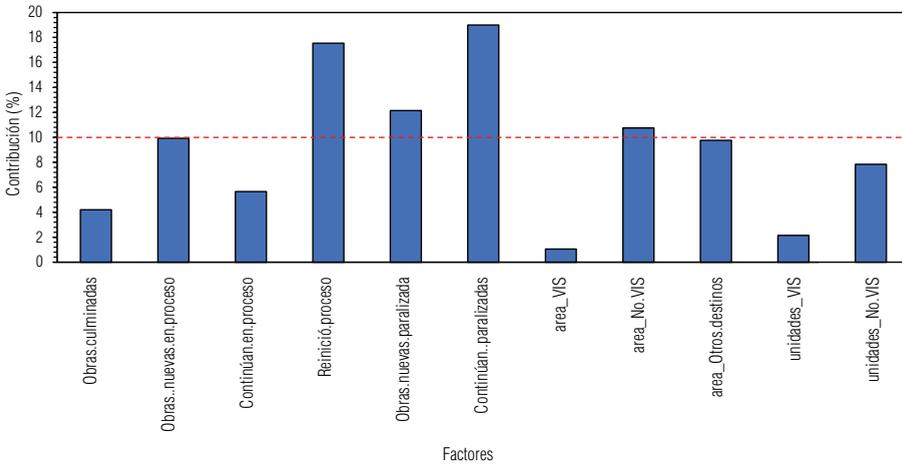


Figura 58. Contribución de factores que componen la oferta en la construcción de edificaciones en la dimensión dos.

Fuente: elaboración propia.

La contribución de los factores que componen la oferta y estado de construcción de edificaciones se representa en las correlaciones de los componentes principales o dimensiones uno y dos, en un sistema de coordenadas X-Y, como se ilustra en la Figura 59.

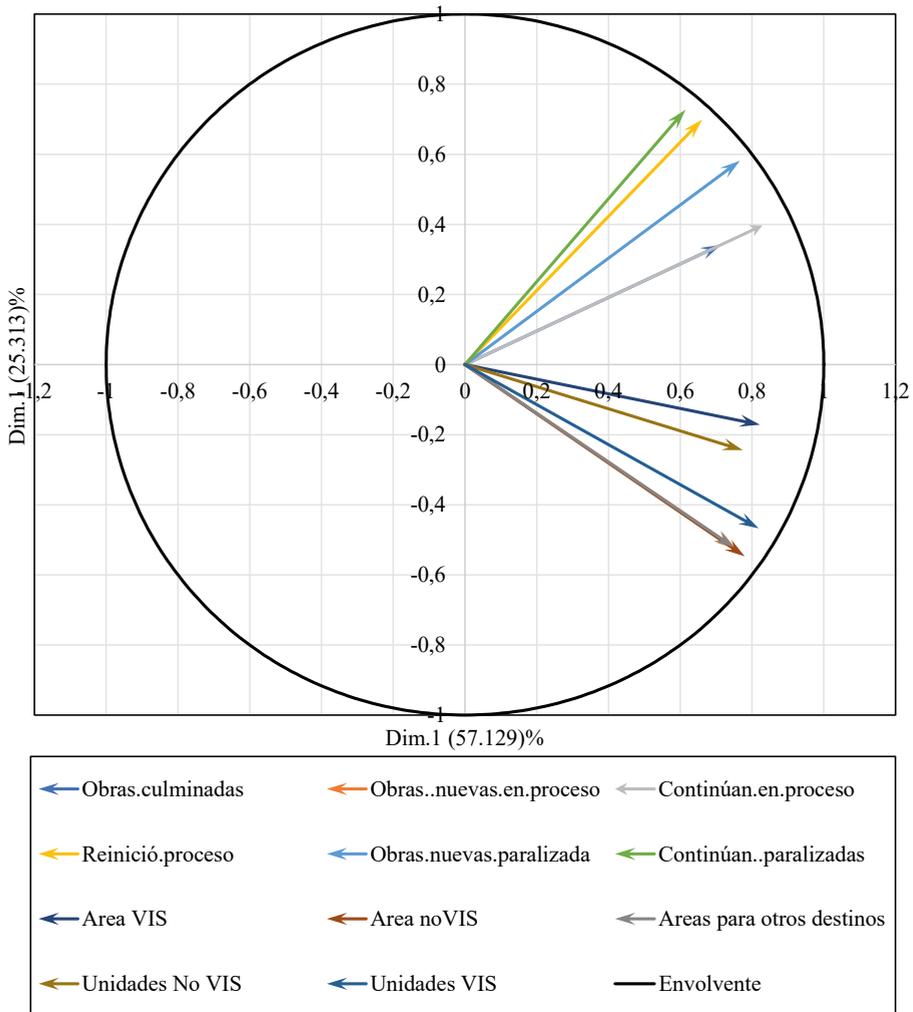


Figura 59. Correlación de variable de factores que componen la oferta en la construcción de edificaciones.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La Figura 59 expone la poca correlación entre el estado de las obras, la cantidad de obras de vivienda y el área utilizada para su construcción, en coherencia con otras dinámicas que dominan el comportamiento de los procesos llevados a cabo en la construcción de edificaciones y las cantidades y tipo de vivienda ofertadas.

### **4.5.3 Factores que componen la demanda en el sector de la construcción**

La demanda es definida en los indicadores que componen el IEAC como la cantidad de concreto premezclado que los consumidores están dispuestos y pueden adquirir desde diferentes fuentes de adquisición durante un periodo de tiempo determinado. Al igual que la demanda del crédito hipotecario mediante diversas formas de representación, evaluando precios, tipos y cantidades demandadas, expuestas a continuación.

#### *4.5.3.1 Demanda del concreto premezclado en Colombia*

La construcción, como una de las principales herramientas en el desarrollo de las sociedades modernas, es influenciada directamente por el avance tecnológico e industrial. De modo que su influencia es transversal en todas las economías, debido a los grandes recursos primarios que moviliza, su transformación en la industria manufacturera, la generación de empleos directos o indirectos y el fomento a la inversión. Como resultado, uno de los principales insumos utilizados en el sector de la construcción es el concreto premezclado u hormigón en estado fresco (Palacio Estrada, 2019).

Gracias a sus propiedades mecánicas y estructurales, junto con su uso ubicuo, permite una gran diversidad

de diseño. Asimismo, su uso está en función de una tradicional implementación, convirtiéndolo en el material compuesto más rentable y utilizado en la construcción de edificaciones y obras civiles (R., Vijayarajan, & Gokhlani, 2018). Además, es ampliamente utilizado debido a sus facilidades de almacenamiento y transporte, posibilitando su demanda en cualquier mercado a bajos costos.

Sin embargo, estos costos involucrados en el transporte y el esquema tarifario generan una conveniencia mercantil basada en la producción local. Por lo tanto, aquellos casos constructivos donde las complejidades y alcances del proyecto de construcción no son considerables, la producción de concreto se realiza en la obra, justo antes de su utilización (Corficolombiana, 2019a). De modo que su demanda está directamente relacionada con las inflexiones históricas y con la dinámica de la industria cementera y obras de infraestructura.

Colombia sigue una tendencia mundial en su uso, debido al soporte del Estado en la inversión como inversión social, plasmada en construcción de infraestructura, edificaciones y viviendas de gran envergadura, marcada en un ambiente económico regularmente sometido a altas fluctuaciones. Por lo anterior, su demanda, al tener limitantes focalizadas en la naturaleza misma del concreto en estado fresco, requiere condiciones óptimas y un tiempo corto de transporte; demandando que su producción se realice por solicitud directa. Estos comportamientos permiten evaluar su demanda y ejercer como indicador idóneo en los procesos constructivos y dinámica del sector. La Figura 60 expone la diferenciación de la demanda según su destino.

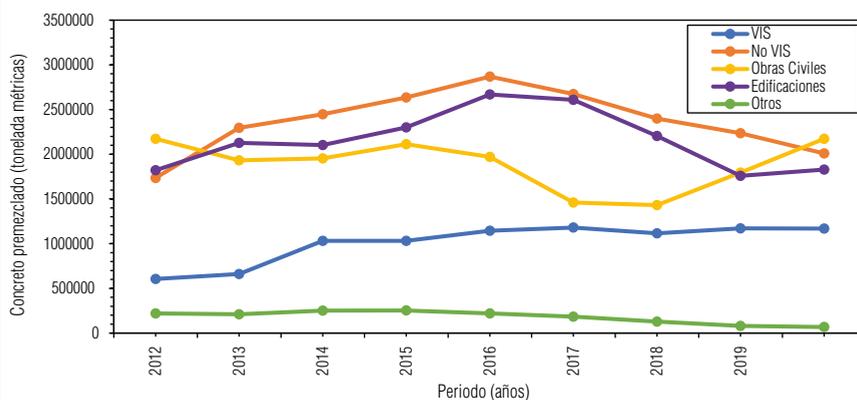


Figura 60. Demanda de concreto premezclado en Colombia.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La industria del concreto premezclado experimenta grandes cambios en la demanda del sector de la construcción, debido a las fluctuaciones anteriormente mencionadas, que impactan directamente el desempeño del sector, gracias a la importante participación de los gobiernos estatales y locales, mediante la inversión en infraestructura civil, junto con las unidades habitacionales en propiedades horizontales como referente de construcciones complejas.

No obstante, estas variaciones se focalizan para ciertos destinos en función del mercado colombiano, principalmente, denotando una demanda mayoritaria en el subsector de edificaciones; especialmente en vivienda no VIS, destacando su importancia global en la construcción. Asimismo, posterior a la crisis económica que impactó a la economía colombiana posterior al 2014 y al sector de la construcción en el 2016, se observa una leve recuperación mediante el incentivo estatal y la inversión en obras civiles, incrementando la demanda del concreto premezclado como material constituyente, fenómeno observado en la Figura 60 y la Figura 61.

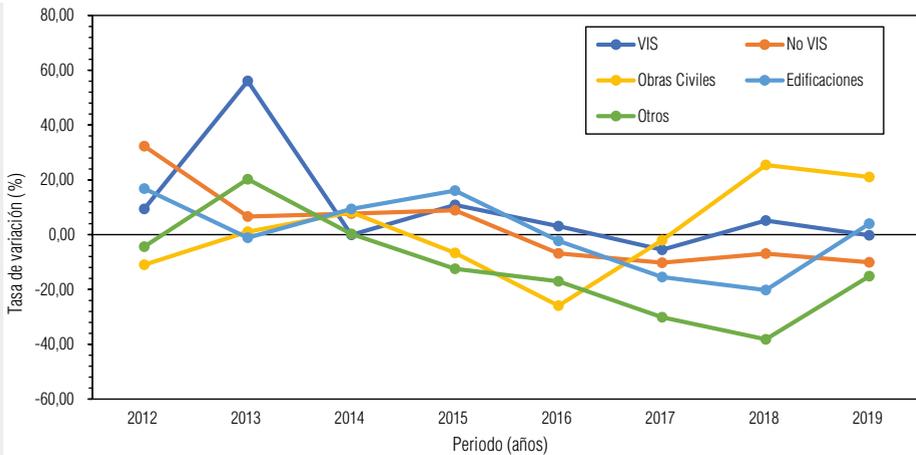


Figura 61. Tasa de variación anual en los factores que componen la demanda del concreto premezclado.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Lo anterior se integra a la dinámica global, la cual es volátil, debido a la variación anual de inversión a consecuencia de los ingresos fiscales (Collard-wexler, 2013). No obstante, las actividades correspondientes al dinamismo mercantil son las principales afectadas por las consecuencias y recuperación económica. Las cuales son relativamente extensas y lentas (Corficolombiana, 2019a). Lo anterior se observa en la demanda del concreto para la construcción de vivienda No VIS que, históricamente, corresponde la destinación de la mayor producción de este material de construcción. Sin embargo, a partir de la crisis originada en el 2014, su consumo se ha reducido hasta un 25% en sintonía con la reducción en la participación en construcción de edificaciones que a inicios de 2019 alcanzó - 20%. Estas variaciones se observan con mayor profundidad en la Figura 61.

Caso contrario se observa en el incremento en la construcción de obras civiles, el cual incrementó su

demanda en 12%, posterior a la crisis económica. Además, se observa un constante aumento en la demanda para construcción de vivienda VIS, alcanzando un incremento del 74%, aproximadamente, desde el 2013. Lo anterior es resonante con las cifras de producción bruta generada por el sector de la construcción, donde la inversión pública ha sido protagonista y ha mitigado la caída abrupta del sector por las últimas recesiones económicas (Corficolombiana, 2019a).

Por lo anterior, es posible inferir que las notables variaciones son consecuencia de las inversiones estatales en el subsector de obras civiles como medidas para la mitigación de variaciones macroeconómicas negativas en el empleo y otras actividades conexas, generando un cambio en las políticas de inversión. Asimismo, el concreto tiene mayor relación con la construcción de infraestructura civil y edificaciones de gran envergadura.

- **Componentes principales en la demanda del concreto premezclado en Colombia**

Al evaluar la demanda de concreto premezclado en el periodo 2011-2019, mediante el PCA, se generaron 5 dimensiones y se evidencia poca varianza en las tres últimas. Por lo anterior, con el fin de abarcar la mayor cantidad de comportamientos y varianzas, son tomadas la dimensión uno y dos, según lo ilustra la Tabla 15.

Tabla 15. Valores propios de los componentes principales en la demanda de cemento gris en Colombia.

Valores propios	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
Varianza	2.534	1.646	0.624	0.134	0.062
Varianza (%)	50.675	32.915	12.483	2.68	1.247
Varianza acumulada (%)	50.675	83.59	96.073	98.753	100

Fuente: elaboración propia.

La varianza en la dimensión uno corresponde a 2,53 y 1,64 en la dimensión dos. En general la varianza en todas las dimensiones es baja. No obstante, en la dimensión uno y dos es mayor a 1, que corresponde al 50,67% y 32,91%, respectivamente. La Figura 62 y la Figura 63 ilustran estos comportamientos.

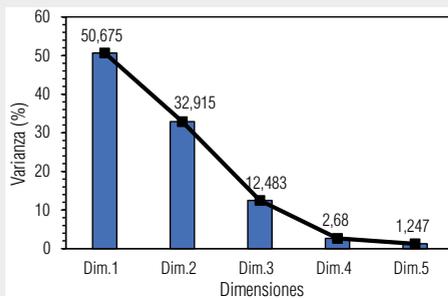


Figura 62. Porcentaje de varianzas en los componentes principales en la demanda del concreto premezclado.

Fuente: elaboración propia.

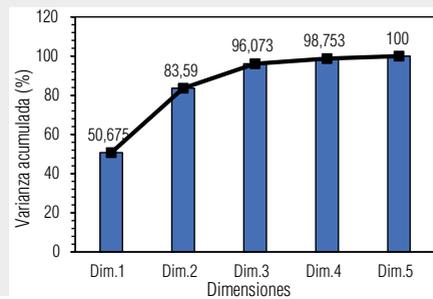


Figura 63. Porcentaje de varianza acumulada en los componentes principales en la demanda del concreto premezclado.

La varianza acumulada en las dos primeras dimensiones abarca el 83,6%, aproximadamente. El valor restante se distribuye en las demás dimensiones, donde sus varianzas son poco significativas. Por lo tanto, al escoger y evaluar la contribución de los factores en la dimensión uno y dos, su aporte es heterogéneo, como se expone en la Figura 64 y la Figura 65.

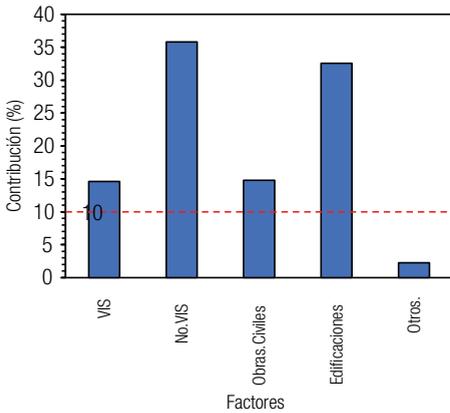


Figura 64. Contribución de factores que componen la demanda de concreto premezclado en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia.

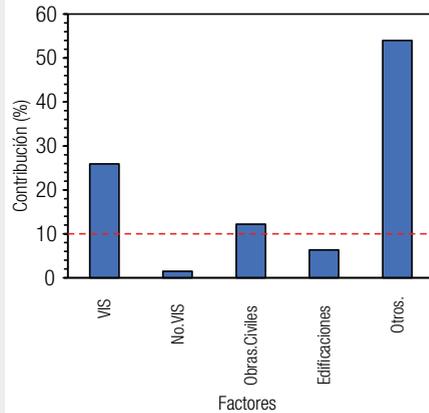


Figura 65. Contribución de factores que componen la demanda de concreto premezclado en la dimensión dos.

La contribución en la dimensión por la demanda de concreto premezclado en vivienda No VIS y edificaciones corresponde al 68,3% del total. Lo anterior es causado por el mayor aporte en la demanda general del concreto premezclado, a diferencia de la dimensión dos, donde la demanda de otras actividades tiene la mayor contribución con el 54%. No obstante, esta es poco significativa en el mercado de la construcción y, por esta razón, sus variaciones difieren de los factores inmersos en la primera dimensión. La Figura 66 expone estas diferencias y permite comparar las correlaciones entre las diversas variaciones del comportamiento en la demanda de concreto premezclado para diversos fines.

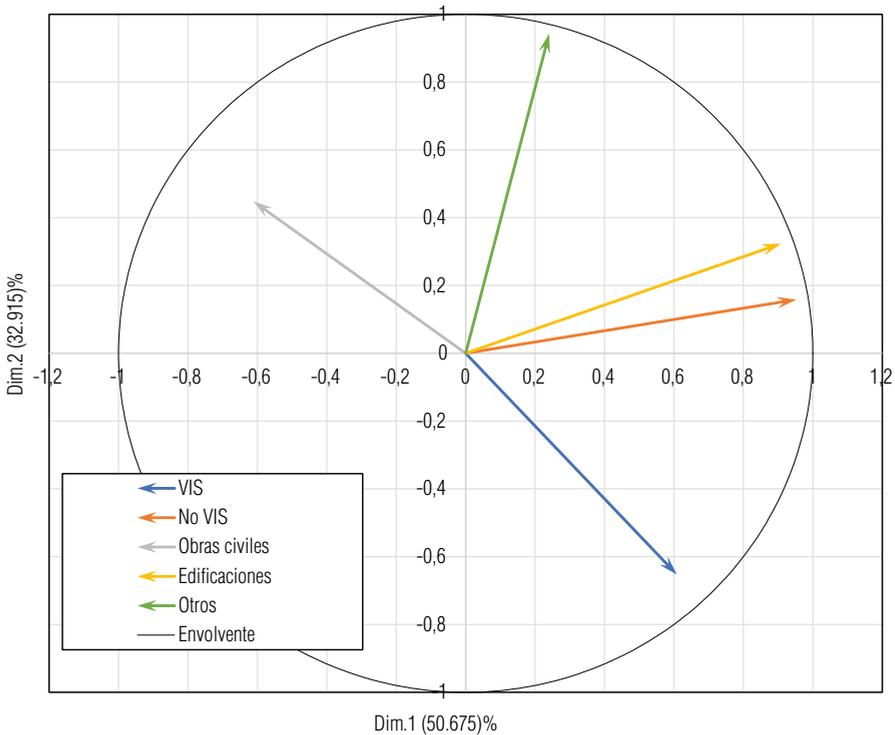


Figura 66. Círculo de correlaciones de la demanda del concreto premezclado.  
Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

El círculo de correlaciones expone las marcadas diferencias entre las cargas que componen los factores en estudio, observando que los contrastes son notorios, excluyendo la demanda para edificaciones y vivienda no VIS. Los cuales son los mayores contribuyentes en la dimensión uno o componente principal de mayor importancia.

#### 4.5.3.2 Cartera hipotecaria de vivienda

Como parte de las estrategias para la promoción del desarrollo económico del país se encuentra el incentivo a la demanda, implementado para operar dicho sistema. Esta estrategia consiste en el otorgamiento

de créditos para vivienda por instituciones públicas o entidades privadas, permitiendo incentivar el desarrollo en varios sectores de la economía y la generación de empleo, en la búsqueda de cumplir con el desarrollo social inherente a los fines estatales establecidos en la Constitución Política de Colombia, Artículo 51: *“Todos los colombianos tienen derecho a vivienda digna”* (Asamblea Constituyente de Colombia, 1991). Además, contribuye a la reducción del déficit habitacional con planes de amortización apropiados para cada rango de ingresos (Salas Rada, 2010).

Por lo anterior, es común que el Estado intervenga para fomentar la oferta de vivienda, dependiendo del crédito, fundamentalmente, debido a las altas cuantías necesarias para su adquisición, donde la capacidad adquisitiva de los ciudadanos o núcleo familiar impediría su compra directa (Urrutia & Namen, 2012). La Figura 67 expone el comportamiento de la demanda en las unidades de vivienda, según su estado en función de los montos crediticios solicitados.

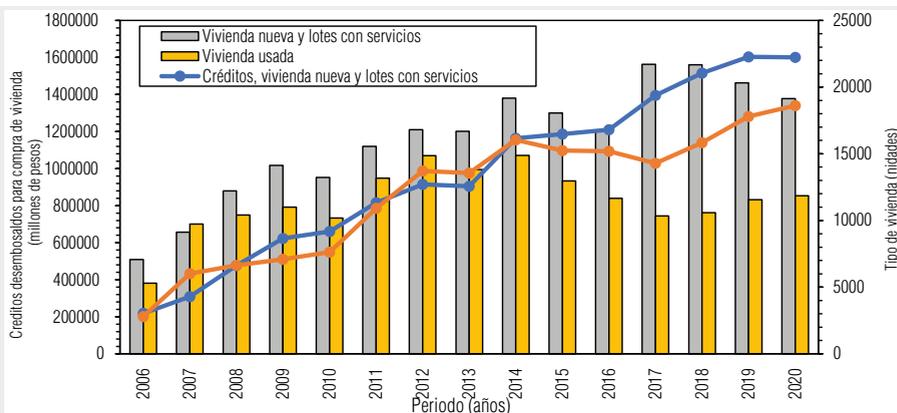


Figura 67. Comportamiento histórico de los créditos y unidades de vivienda en Colombia.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La Figura 67 expone el crecimiento constante en la demanda de créditos de vivienda hasta el 2014, el cual es un hito anteriormente mencionado a causa del desplome mundial en los precios del petróleo. Esta coyuntura ha impactado la demanda de vivienda. Sin embargo, en Colombia se mitigó su efecto a través de políticas gubernamentales sustentadas en subsidios a la tasa de interés en créditos hipotecarios, generando un incremento en el número de licencias para el 2010 (Burgos Alba, 2020).

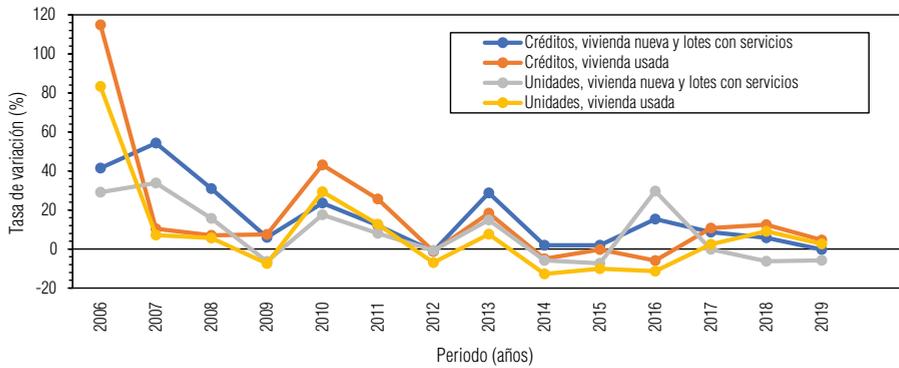


Figura 68. Variación anual en las unidades de vivienda financiadas por créditos hipotecarios en Colombia.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Asimismo, la crisis del 2014 evidencia una caída en la demanda de vivienda y la posterior intervención gubernamental, mediante el subsidio a créditos de vivienda nueva y vivienda de interés social, observándose con mayor detalle en la Figura 68.

La Figura 68 expone la estrepitosa caída en la demanda de créditos y unidades de vivienda en el 2008 y su posterior recuperación, mediante a la intervención estatal a través del impulso en el crédito de vivienda VIS y no VIS (Urrutia & Namen, 2012). La vivienda No

VIS es de gran importancia debido a que ocupa aproximadamente el 60% de participación en el mercado. Mediante el lanzamiento de la política pública denominada cobertura de interés a través del Fondo de Reserva para la Estabilización de Cartera Hipotecaria (FRECH), se buscó dinamizar este mercado. Dicha política tuvo como finalidad subsidiar la tasa de interés cobrada por las entidades financieras en créditos hipotecarios o leasing habitacional para inmuebles nuevos durante los siete primeros años de vigencia de la obligación (Burgos Alba, 2020; República, 2017).

Sin embargo, se observa una reducción en las unidades de la demanda de vivienda a partir del 2017 y un aumento constante de los valores en los créditos, obedeciendo a la expansión en los desembolsos para la modalidad no VIS, causada por los incentivos del gobierno nacional, ampliando el valor de las viviendas financiables y la vigencia del FRECH no VIS. Lo anterior expone un ejemplo notorio de la intervención estatal en el mercado inmobiliario, el cual no ha podido contrarrestar la crisis económica en el sector de la construcción.

- **Análisis de componentes principales en los factores de la cartera de vivienda hipotecaria**

Al evaluar la demanda de concreto premezclado en el periodo 2011-2019, mediante el PCA, se generaron 10 dimensiones, exponiendo poca significancia en la varianza de las ocho últimas. Con el fin de abarcar la mayor cantidad de comportamientos y varianzas, son tomadas la dimensión uno y dos, según se expone en la Tabla 16.

Tabla 16. Valores propios en la demanda de cemento gris en Colombia.

Valores propios	Dim. 1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Dim. 5	Dim. 6	Dim. 7	Dim. 8	Dim. 9	Dim. 10
<b>Varianza</b>	7.463	2.162	0.256	0.079	0.027	0.009	0.003	0.001	0.001	0
<b>Varianza (%)</b>	74.6	21.6	2.6	0.8	0.3	0.1	0.026	0.011	0.006	0
<b>Varianza acumulada (%)</b>	74.632	96.252	98.809	99.595	99.868	99.958	99.983	99.994	100	100

Fuente: elaboración propia.

La varianza en la dimensión uno corresponde al 74,6 y 2,16 en la dimensión dos, abarcando el 96,25% de la varianza total. Este valor se distribuye en las dimensiones restantes donde sus varianzas son poco significativas. Por lo tanto, al escoger y evaluar la contribución de los factores en la dimensión uno y dos, su aporte es heterogéneo, como se expone en la Figura 69 y la Figura 70.

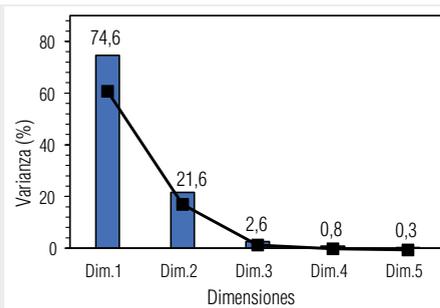


Figura 69. Porcentaje de varianzas en la cartera hipotecaria de vivienda.

Fuente: elaboración propia.

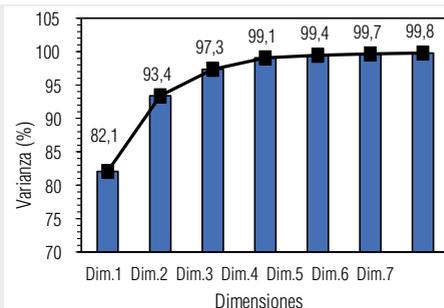
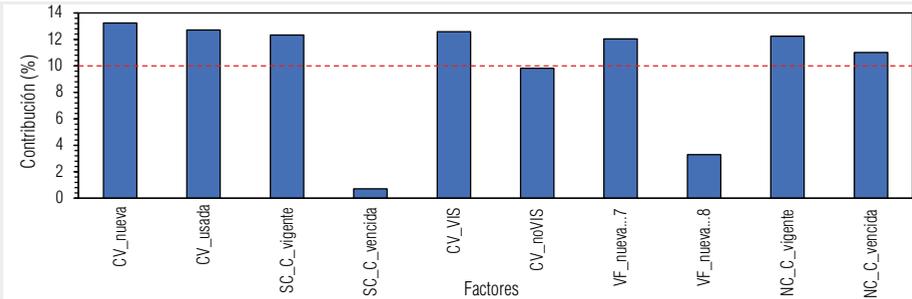


Figura 70. Porcentaje de varianza acumulada en la cartera hipotecaria de vivienda.

Al analizar las contribuciones de los factores en la dimensión uno, tres de estos contribuyen con valores menores al 10%. Los cuales se caracterizan por los cambios mencionados anteriormente, debido a los enfoques gubernamentales en cierto tipo de viviendas, lo cual cambia su comportamiento en el tiempo. Asimismo, el comportamiento de la cartera ha variado sustancialmente, junto con el saldo de car-

tera vencido, el cual ha cambiado según los demás factores que componen la dimensión uno. Así, estas tres variables sobresalen en la dimensión dos con una contribución mayor al 10%, resaltando el aporte del factor en vivienda no VIS en ambas dimensiones. La contribución de los factores en ambas dimensiones se expone en la Figura 71 y la Figura 72.



CV= Cartera de Vivienda; SC= Saldo de capital; C= Cartera; VF= viviendas financiadas; NC= Número de créditos

Figura 71. Contribución de los factores que componen la demanda de concreto premezclado en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia.

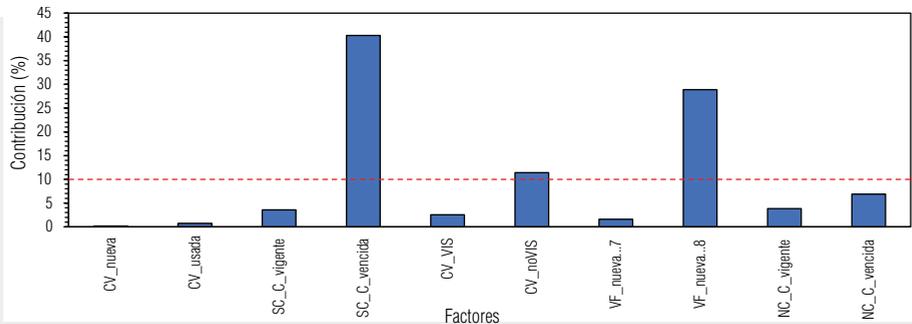


Figura 72. Contribución de los factores que componen la demanda de concreto premezclado en la dimensión dos.

Fuente: elaboración propia.

Las correlaciones entre la dimensión uno y dos se exponen en el gráfico de coordenadas X y Y, o círculo de correlación, mostrado en Figura 73. Este gráfico ilustra la diferencia en los factores mencionados anteriormente.

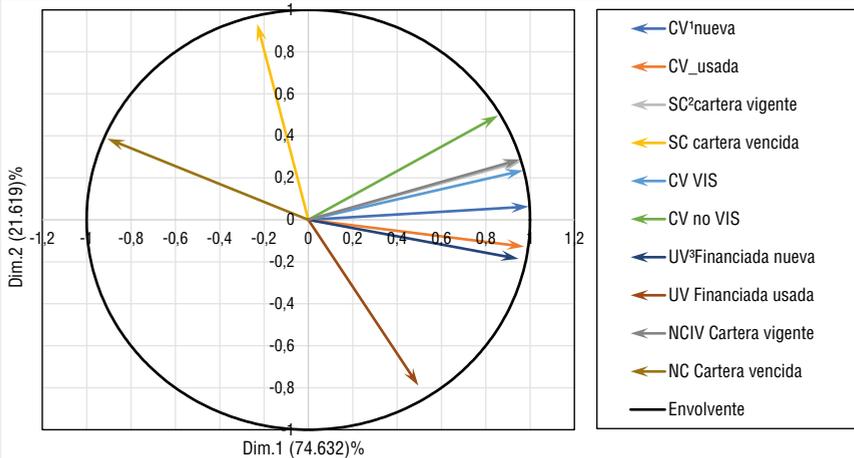


Figura 73. Círculo de correlaciones de la demanda del concreto premezclado.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

#### 4.5.4 Índices y precios

Los índices relacionados con el sector de la construcción sintetizan los valores periódicos medidos por el DANE, con el fin de brindar herramientas estadísticas ágiles y prácticas para el análisis de las condiciones de las variables que componen el sector de la construcción. Estos índices se obtienen a partir de la relación entre precios o cantidades producidas de uno o varios artículos, bienes o servicios, comparados en dos momentos del tiempo, de los cuales generalmente se toma un precio o cantidad actual y se compara con el del periodo de referencia para un artículo o una canasta.

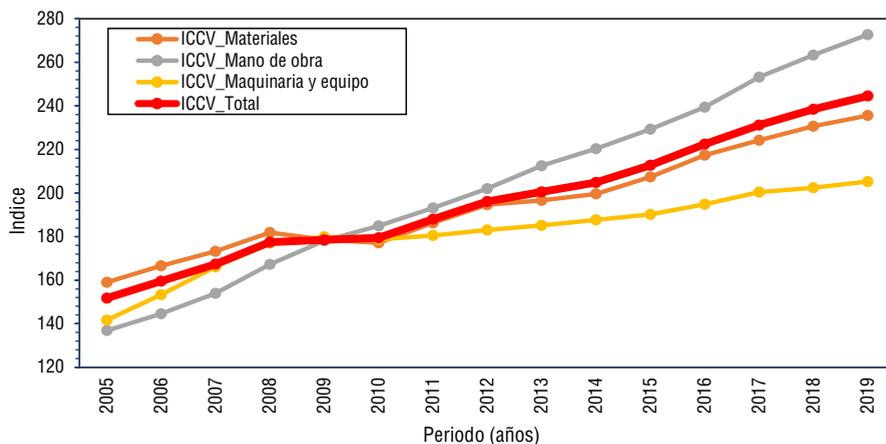


Figura 74. Desglose de las variables que componen el ICCV.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

En general, un índice resuelve el problema en la economía, al estimar la variación agregada de los precios o cantidades de una serie de artículos que tienen unidades de medida diferentes. Asimismo, permite medir la evolución de los precios de una canasta de insumos (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2009a, 2009b). Por lo tanto, el comportamiento en el rango de tiempo establecido debe ser coherente con los cambios en las dinámicas pormenorizadas de los bienes y servicios, evaluados directamente y que pueden ser considerados como una herramienta de validación y resumen de los factores coyunturales en el sector de la construcción. El ICCV, expuesto en la Figura 74, muestra los comportamientos genéricos de la canasta de insumos en materiales, maquinaria y equipos y mano de obra.

El ICCV expresa los cambios en el consumo de la canasta de bienes y servicios básicos en la construcción de vivienda, el cual muestra un crecimiento constante y prácticamente lineal, estableciendo valores

de  $R^2=0,9978$ . Asimismo, se correlaciona el ICCV con la capacidad del sector en la formulación de empleo mediante el incremento de la mano de obra en el subsector de edificaciones y vivienda.

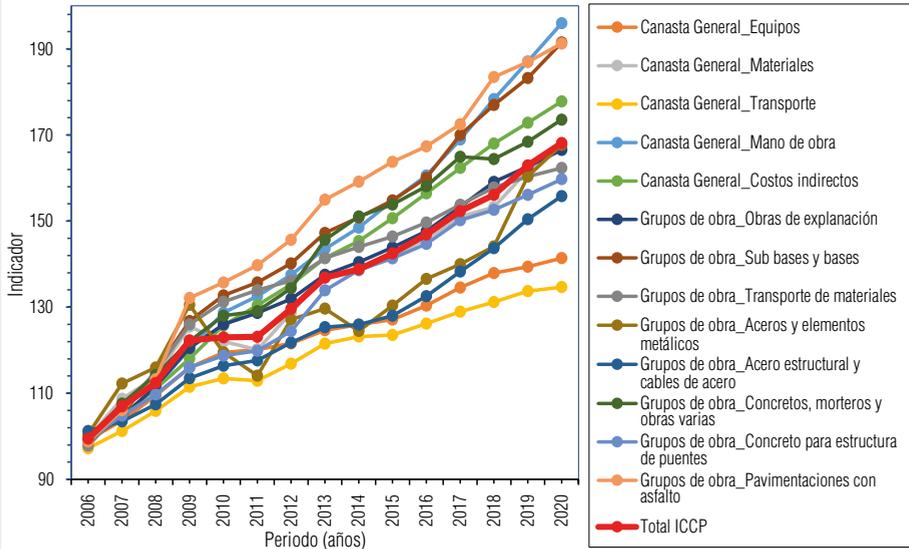


Figura 75. Desglose de la canasta y grupos de insumos que componen el ICCP.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

En contraste, la disminución del aporte de maquinaria y equipo en el indicador demuestran un rezago en metodologías innovadoras y útiles para la formulación de obras civiles de mayor envergadura, denotando el tradicional componente de mano de obra en la construcción de vivienda. Asimismo, el impacto de las crisis económicas se expone con mayor notoriedad en el 2008 y la posterior recuperación en el 2010, producto de políticas subsidiarias en la demanda de vivienda, junto con el 2014 con un impacto menor. Otro componente que expone el comportamiento del sector de la construcción es el ICCP, el cual denota el comportamiento del subsector de la construcción en obras civiles (puentes y carreteras).

- **Análisis de componentes principales en los indicadores relacionados con el sector de la construcción**

Al evaluar los indicadores relacionados con el sector de la construcción en el rango 2005-2019, mediante el PCA, se generaron 13 dimensiones, exponiendo poca significancia en la varianza de las últimas ocho. Con el fin de abarcar la mayor cantidad de comportamientos y varianzas, son tomadas la dimensión uno y dos, según se expone en la Tabla 17.

Tabla 17. Valores propios en los componentes de los indicadores relacionados con el sector de la construcción.

Valores propios	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5	Dim 6	Dim 7	Dim 8	Dim 9	Dim 10	Dim 11	Dim 12	Dim 13
<b>Varianza</b>	32.16	1.06	0.39	0.15	0.13	0.05	0.01	0.009	0.008	0.005	0.002	0.001	0.001
<b>Varianza (%)</b>	94.59	3.11	1.15	0.45	0.39	0.16	0.04	0.028	0.023	0.014	0.006	0.003	0.002
<b>Varianza acumulada (%)</b>	94.59	97.71	98.87	99.32	99.72	99.88	99.92	99.953	99.97	99.99	99.99	99.998	100

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 17 muestra la concentración de varianza en la dimensión uno y en menor medida en la dimensión dos, donde el 97,7% se concentra en estas dos primeras dimensiones. Este fenómeno se observa con mayor claridad en la Figura 76 y la Figura 77.

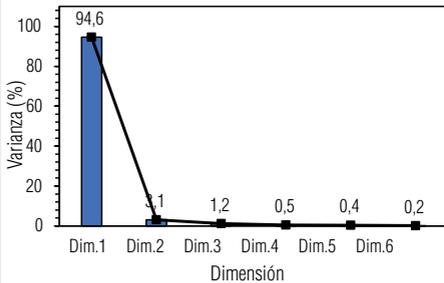


Figura 76. Porcentaje de varianzas en los indicadores del sector de la construcción.

Fuente: elaboración propia.

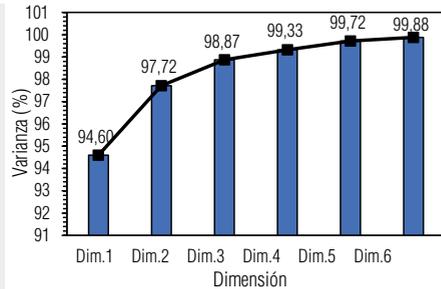


Figura 77. Porcentaje de varianza acumulada en los indicadores del sector de la construcción.

En paralelo, al realizar el análisis de las contribuciones en las dimensiones seleccionadas, se observan comportamientos similares en la mayoría de factores. En contraste con los indicadores en producción de importaciones y minería, estos sobresalen en la dimensión dos, junto con el ICCP relacionado con el grupo de obra de aceros en menor proporción. Estas comparaciones se observan en la Figura 78 y la Figura 79.

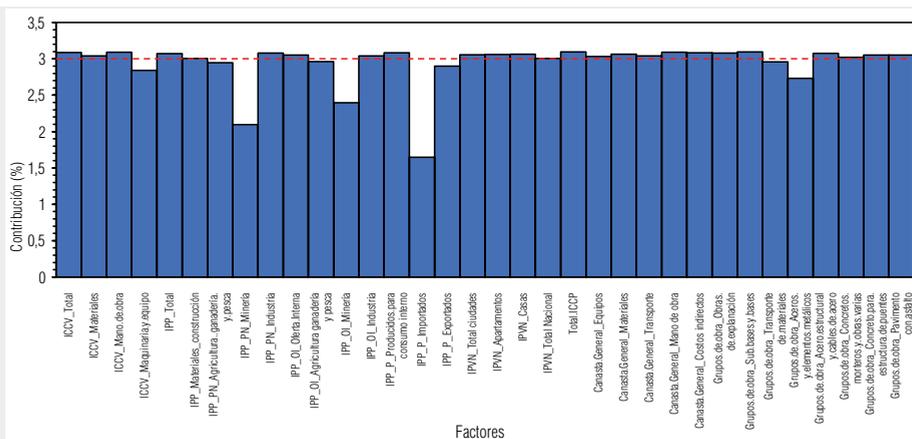


Figura 78. Contribuciones de los factores que componen los índices en la dimensión uno.

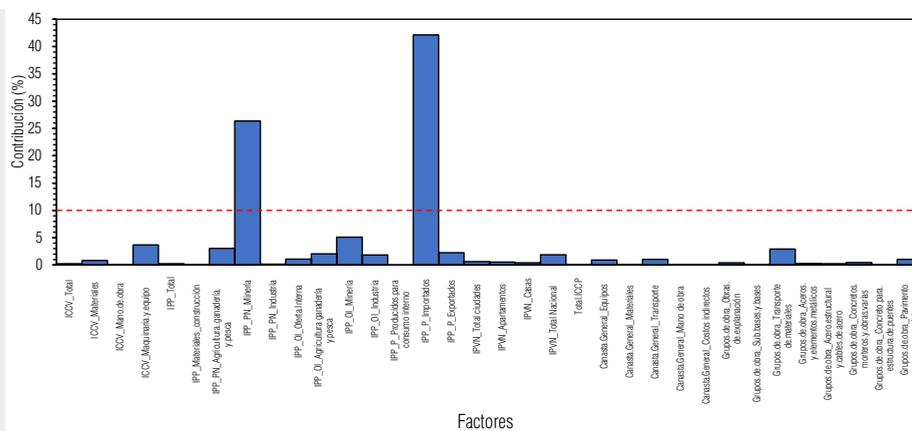


Figura 79. Contribuciones de los factores que componen los índices en la dimensión dos.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

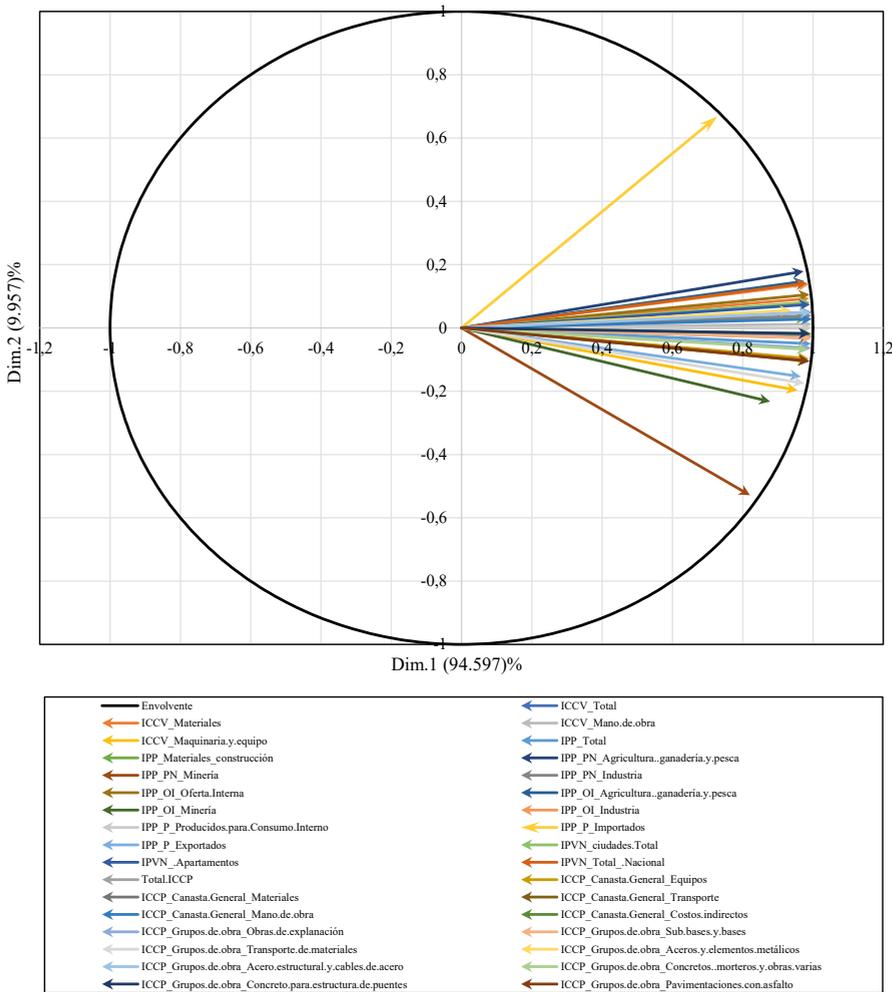


Figura 80. Correlaciones en la demanda de indicadores del sector de la construcción.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Las anteriores variaciones en función de las dimensiones uno y dos se exponen en la gráfica de correlaciones, a través de un sistema de coordenadas mostradas en la Figura 80.

### 4.5.5 Factores resultantes del análisis de componentes principales

Posterior al cálculo de las contribuciones de todas las variables que conforman el sector de la construcción, estas se aplican a las variaciones retenidas por uno o dos componentes principales. Posteriormente, se calcula conforme a la constitución de la variable ( $x$ ) que compone el factor y su representatividad mediante PCA. Esta formulación se resume en la ecuación (1):

$$Factor = C_1x_1 + C_1x_2 + C_1x_3 + \dots \dots C_1x_n + \sum_{i=1}^n C_1x_n \quad (1)$$

Donde

C= valor que acompaña al factor

Tabla 18. Valores propios de los factores resultantes.

Valores propios	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6	Dim.7
Varianza	10.558	2.695	0.378	0.236	0.076	0.038	0.014
Varianza (%)	75.416	19.253	2.697	1.688	0.544	0.271	0.099
Varianza acumulada (%)	75.416	94.67	97.367	99.055	99.6	99.871	99.97

Fuente: elaboración propia.

Los nuevos factores que envuelven aquellos depurados por el PCA vuelven a analizarse por esta metodología, arrojando los valores propios, debido a su mayor contribución en las dimensiones uno y dos, como se expone en la Tabla 18.

Estas variaciones se exponen con mayor detalle en la Figura 81 y la Figura 82.

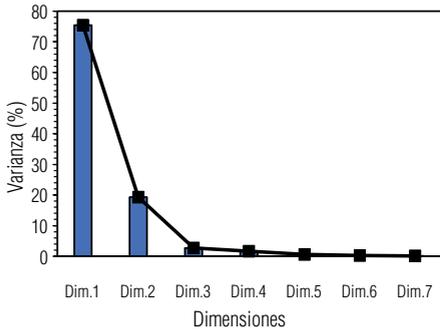


Figura 81. Porcentaje de varianzas en la compilación de factores del sector de la construcción.

Fuente: elaboración propia.

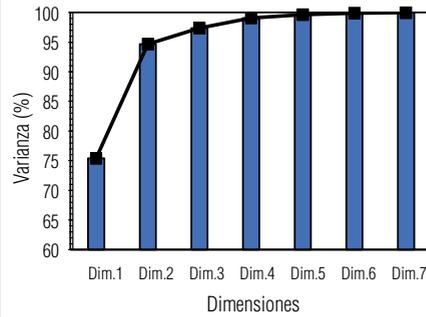


Figura 82. Porcentaje de varianza acumulada en la compilación de factores del sector de la construcción.

Las contribuciones realizadas por la compilación de factores en la dimensión uno y dos exponen similitudes en la primera dimensión, a excepción de los factores que mayor contribuyen por una gran diferencia en la dimensión dos, según se exponen en la Figura 83 y la Figura 84.

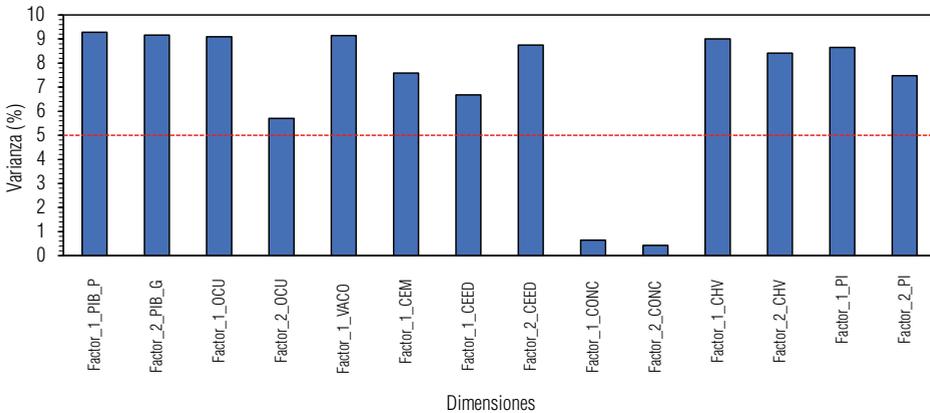


Figura 83. Contribuciones de los factores compilados en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia.

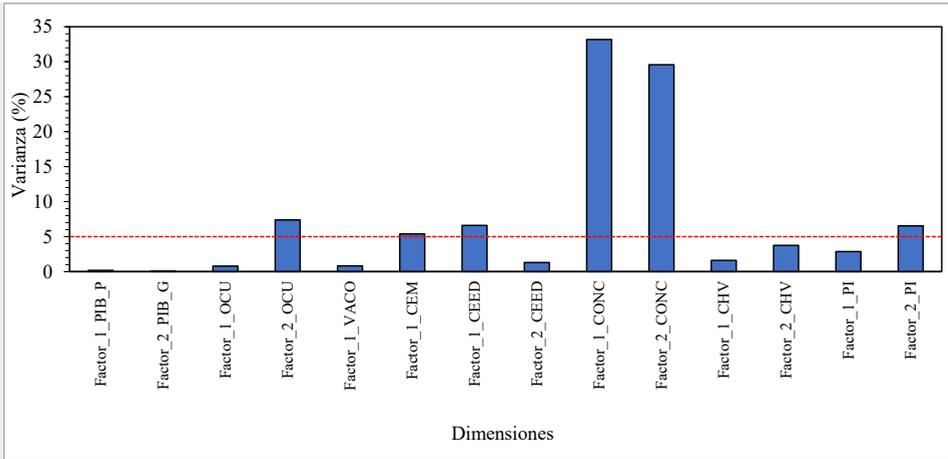


Figura 84. Contribuciones de los factores compilados en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia.

El círculo de correlaciones, expresado en la Figura 85, expone estas diferencias mediante un sistema de coordenadas X-Y.

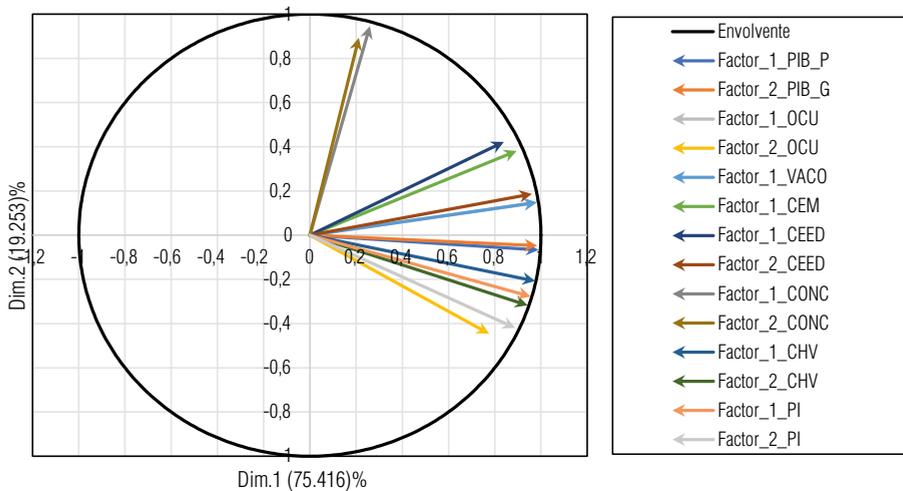


Figura 85. Círculo de correlaciones entre factores externos relacionados al sector de la construcción.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La Figura 85 permite visualizar la vinculación existente entre algunos factores, los cuales contribuyen a las primeras dimensiones o PC. No obstante, estas tienen el mismo peso o ubicaciones muy cercanas entre sí, lo cual denota una alta correlación. Por lo tanto, al evaluar el comportamiento conjunto de las variables, es necesario depurar aquellos factores que poseen similitudes y escoger aquellas que aportan una mayor información a la presente investigación.

#### 4.5.6 Selección de variables representativas

Con el fin de reflejar la similitud o diferencias de las variables externas relacionadas con el sector de la construcción, se realizó una matriz correlacional a partir del cálculo de distancias euclídeas o distancia geométrica, relacionando los puntos del espacio n-dimensional y comparándolas entre sí. Este método es utilizado para reflejar las distancias apropiadas y agrupación de variables con similitud en contribución, basadas generalmente en la superposición, el alcance y la dispersión de los datos brutos no transformados por el PCA. Esta metodología es útil para reproducir la varianza total entre un gran número de variables, utilizando un número mucho menor de las mismas (Bankó & Abonyi, 2012; Peterson, 2003). Así, la matriz de correlación ilustrada en la Tabla 19 expone las distancias euclídeas calculadas a partir de las coordenadas, formuladas mediante la transformación de las variables originales en sus PC.

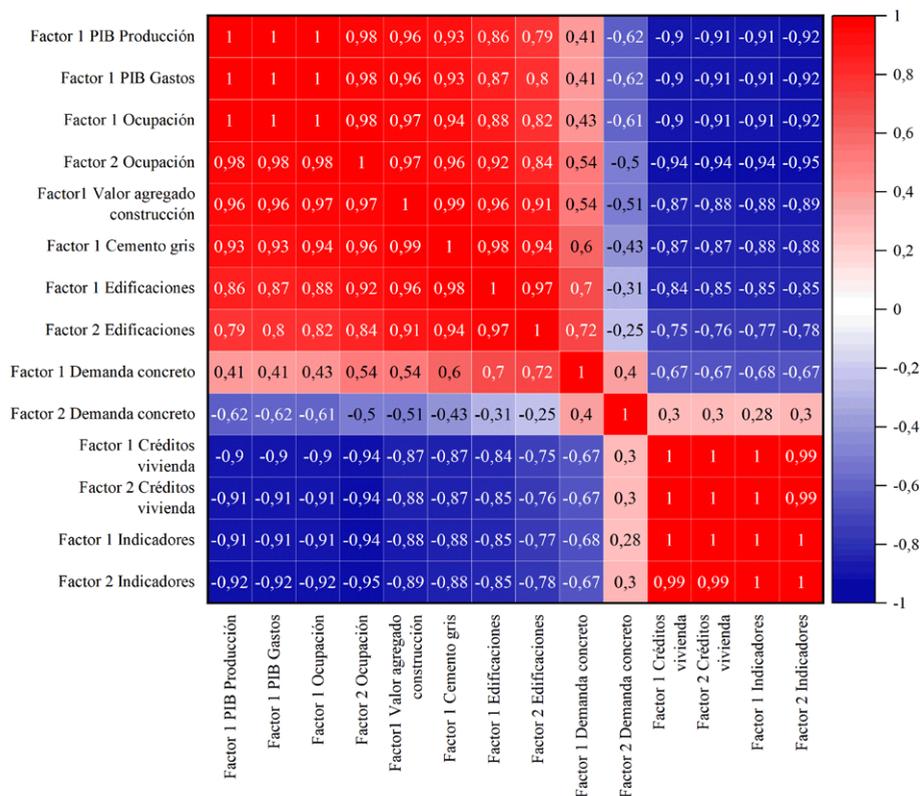
Tabla 19. Matriz de correlación por distancias euclídeas entre los principales factores externos relacionados con los IEAC.

COORDENADAS		FACTORES															
		DIMENSIONES		Factor 1 PIB Producción	Factor 1 PIB Gastos	Factor 1 Ocupación	Factor 2 Ocupación	Factor1 valor agregado construcción	Factor 1 Cemento gris	Factor 1 Edificaciones	Factor 2 Edificaciones	Factor 1 Concreto	Factor 2 Concreto	Factor 1 Créditos vivienda	Factor 2 Créditos vivienda	Factor 1 Indicadores	Factor 2 Indicadores
DIMENSIONES	Dim.1		9.28	9.17	9.09	5.7	9.14	7.58	6.68	8.75	0.64	0.42	9.01	8.41	8.65	7.48	
	Dim.2		0.17	0.08	0.8	7.38	0.82	5.38	6.61	1.29	33.2	29.6	1.6	3.73	2.86	6.54	
FACTORES	Factor 1 PIB Producción	9.28	0.17	0	0.073	0.150	0.430	0.504	0.666	0.883	0.979	1.78	2.62	2.70	2.82	2.92	3.08
	Factor 1 PIB Gastos	9.17	0.08	0.073	0	0.077	0.357	0.431	0.593	0.810	0.906	1.70	2.55	2.63	2.74	2.84	3.01
	Factor 1 Ocupación	9.09	0.8	0.150	0.077	0	0.281	0.360	0.516	0.733	0.829	1.63	2.47	2.55	2.67	2.77	2.94
	Factor 2 Ocupación	5.7	7.38	0.430	0.357	0.281	0	0.487	0.473	0.580	0.918	1.35	2.19	2.67	2.72	2.85	2.88
	Factor1 valor agregado construcción	9.14	0.82	0.504	0.431	0.360	0.487	0	0.162	0.379	0.474	1.27	2.12	2.20	2.31	2.41	2.58
	Factor 1 Cemento gris	7.58	5.38	0.666	0.593	0.516	0.473	0.162	0	0.217	0.445	1.11	1.95	2.20	2.25	2.37	2.42
	Factor 1 Edificaciones	6.68	6.61	0.883	0.810	0.733	0.580	0.379	0.217	0	0.338	0.89	1.74	2.09	2.14	2.27	2.30
	Factor 2 Edificaciones	8.75	1.29	0.979	0.906	0.829	0.918	0.474	0.445	0.338	0	0.80	1.64	1.75	1.84	1.94	2.11
	Factor 1 Concreto	0.64	33.2	1.775	1.703	1.626	1.345	1.271	1.109	0.892	0.797	0	0.84	2.36	2.41	2.53	2.57
	Factor 2 Concreto	0.42	29.6	2.620	2.547	2.471	2.190	2.116	1.954	1.737	1.642	0.845	0	1.608	1.657	1.784	1.818
	Factor 1 Créditos vivienda	9.01	1.6	2.702	2.629	2.552	2.670	2.197	2.196	2.090	1.751	2.357	1.608	0	0.114	0.215	0.383
	Factor 2 Créditos vivienda	8.41	3.73	2.816	2.743	2.666	2.719	2.312	2.245	2.139	1.837	2.406	1.657	0.114	0	0.127	0.269
	Factor 1 Indicadores	8.65	2.86	2.917	2.844	2.767	2.846	2.413	2.372	2.266	1.938	2.533	1.784	0.215	0.127	0	0.168
	Factor 2 Indicadores	7.48	6.54	3.085	3.012	2.935	2.880	2.581	2.419	2.300	2.106	2.567	1.818	0.383	0.269	0.168	0

Fuente: elaboración propia.

Las correlaciones realizadas por distancias euclídeas en conjunto con la evaluación y el aporte de las contribuciones en la primera dimensión generaron una reducción de variables focalizadas en cinco grupos compilados, mediante la información histórica diferenciada en los indicadores del IEAC, considerando aquellas distancias euclídeas con valores escalares menores a 0,5 y verificadas en la matriz de Pearson, ilustrada en la Tabla 20, la cual normaliza las correlaciones identificadas.

Tabla 20. Matriz de correlación de Pearson de los factores de los IEAC.



Fuente: elaboración propia.

Con base en estas condiciones, es posible establecer una confianza y diferenciación notable de los factores evaluados y escogidos, considerando las diversas perspectivas que pueden influir en la permanencia empresarial y las complejas variables que lo componen. Por lo anterior, se encontraron 4 grupos con similitudes sustanciales, resumidas a continuación:

- **Grupo 1**

Se encuentran los factores que integran el indicador macroeconómico, definidos como PIB desde un enfo-

que de producción, PIB desde un enfoque de gastos, ocupación y el VAC. Este último integra una de las ramas principales de la economía colombiana y hace parte intrínsecamente de la presente investigación. A su vez es el factor con mayor distancia euclídea. El factor ocupación se divide en dos factores. Sin embargo, al evaluar su varianza, ésta se encuentra prácticamente agrupada en casi su totalidad en la primera dimensión desde el 82% al 95,8%.

Por lo tanto, se escogen dos factores que agrupan el indicador macroeconómico. Estos son el PIB producción debido a que este factor se conforma a partir del valor total de bienes y servicios producidos. Los cuales el sector de la construcción genera directamente, junto con el factor correspondiente al VAC como diferenciador que evalúa específicamente el sector de la construcción.

- **Grupo 2**

En este conjunto de factores se integra el indicador de oferta, conformado por el cemento gris y construcción de edificaciones. Este último con sus dos respectivas dimensiones. Sin embargo, la dimensión uno contribuye con el 57,1% y 5,1% para la dimensión dos en la construcción de edificaciones. Asimismo, la dimensión uno aporta el 86,5% de la varianza en la oferta del cemento gris. La construcción de edificaciones, pese a distribuir su varianza en dos dimensiones significativas, las distancias euclídeas y Pearson denotan una alta correlación.

Por lo anterior, se ha seleccionado un solo factor en representación del indicador de oferta, correspondiente

a la construcción de edificaciones. Asimismo, estos dos factores se encuentran implícitos dentro del sector de la construcción o subsectores. Lo cual denota una importancia latente de este factor en la mayoría de ocupados del sector, con 987 mil empleos directos a inicios de 2020 y que ha concentrado históricamente el 60% del empleo total.

- **Grupo 3**

Corresponde a las contribuciones realizadas por la demanda de concreto en sus dos factores. Esta selección se realiza con base en la similitud de contribuciones en las dos dimensiones seleccionadas, pese a contar con una distancia mayor a 0,5 (0,84 de distancia euclídea). De este modo, se escoge solo el “*Factor 1 concreto*” que representa las varianzas mayoritarias encontradas en la dimensión en este grupo.

- **Grupo 4**

Este grupo corresponde a los factores que integran el indicador de demanda, representado por la demanda del concreto premezclado y la cartera hipotecaria de vivienda. Este último desglosado en dos factores. Como se observa en la matriz de correlación, las distancias euclídeas en todo el grupo de la cartera hipotecaria de vivienda son menores a 0,5. Por lo tanto, se escoge un solo factor relacionado con la dimensión uno como representativo de este grupo.

De modo que, el número de factores se ha reducido de catorce (14) a cinco (5), ratificados por la matriz de distancias euclídeas, matriz de correlación de Pearson, los PC identificados y su contribución. Estos representan

aquellos factores que integran similares fenómenos y permiten resumir en menor cantidad de variables, junto con su importancia en el sector de la construcción.

#### 4.5.7 Formulación de factores externos claves del sector de la construcción

Con base en los resultados del análisis de componentes principales, se formulan dos indicadores compuestos a partir de la información resultante e integrada en la dimensión uno y dimensión dos. Asimismo, las contribuciones depuradas representan los indicadores y variables pertenecientes al IEAC, integradas en la ecuación (2).

$$n \text{ factores externos en el sector de construcción} = \text{Macroeconómico} + \text{Oferta} + \text{Demanda} \quad (2)$$

La ecuación anterior se desglosa e incluye las variables que integran los IEAC resultantes del PCA y posterior depuración mediante matrices de correlación, estableciendo las ecuaciones (3) y (4) expuestas a continuación.

<i>Factor</i>	<i>Macroeconómico</i>	<i>Oferta</i>	<i>Demanda</i>
⏟	⏟	⏟	⏟

$$\text{Factor 1 Externo construcción} = 9,2 \cdot \text{PIB Producción} + 9,1 \cdot \text{VAC} + 6,6 \cdot \text{CEED} + 0,6 \cdot \text{Demanda concreto} + 9,0 \cdot \text{CHV} \quad (3)$$

$$\text{Factor 2 Externo construcción} = 0,1 \cdot \text{PIB Producción} + 0,8 \cdot \text{VAC} + 6,6 \cdot \text{CEED} + 33,1 \cdot \text{Demanda concreto} + 1,6 \cdot \text{CHV} \quad (4)$$

Las constantes que integran cada variable para los factores construidos representan la contribución dentro del componente principal o dimensión resultante del PCA y posterior evaluación por correlación entre distancias euclídeas y Pearson. Por lo anterior, solo se requerirían los factores resultantes expuestos en las ecuaciones (3) y (4) para el estudio del sector de la construcción y los cambios en la economía colombiana, ya que estos factores integran la gran variedad de

componentes evaluados sin pérdida de información de las dinámicas económicas en el periodo evaluado. En razón de esto, este procedimiento, junto con los factores resultantes, es sometido a pruebas de validación.

#### **4.5.8 Resultados de la validación del modelo establecido por PCA**

Para verificar la adecuación del muestreo, se realizaron las pruebas KMO y esfericidad de Bartlett, para la satisfactoria comprobación de idoneidad en los resultados del PCA, a partir de la evaluación de los factores económicos integrados en los IEAC y la formulación de los modelos predictivos mediante la reducción de la dimensionalidad, al proyectar cada valor de información en los primeros componentes principales. Lo anterior para obtener datos con menores dimensiones, conservando la mayor cantidad posible de variación de los datos. Estos resultados se exponen en la Tabla 21.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de esfericidad Bartlett muestran que el valor p se aproxima a 0. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) y expone la significancia existente de la correlación entre las variables y la validez del PCA implementado. Asimismo, el resultado global de la medida en la adecuación del muestreo (MSA) mediante prueba KMO expone valores de MSA mayores a 0,50. Por lo anterior y con base en la escala formulada por diferentes investigaciones, se establece que los resultados entre 0,7 y 0,8 son buenos (Field, 2018). Esto último permite establecer que la realización y resultados del PCA son justificados y adecuados.

Tabla 21. Resultados de la prueba de esfericidad de Bartlett y KMO.

Factor	KMO		Prueba de esfericidad de Bartlett		
	MSA global	MSA/factor	$\chi^2$	valor p	Grados de libertad
Factor 1, PIB Producción		0,55			
Factor 1, PIB Gastos		0,75			
Factor 1, Ocupación		0,45			
Factor 2, Ocupación		0,85			
Factor 1, valor agregado construcción		0,5			
Factor 1, Cemento gris	0.73	0,73	599,0414	$8,72 \times 10^{-76}$	91
Factor 1, Edificaciones		0,92			
Factor 2, Edificaciones		0,58			
Factor 1, Concreto		0,87			
Factor 2, Concreto		0,5			
Factor 1, Créditos vivienda		0,85			
Factor 2, Créditos vivienda		0,65			

Fuente: elaboración propia.



## REFLEXIONES FINALES

La presente investigación ha permitido establecer el efecto de las coyunturas económicas mundiales en la producción industrial y su impacto en las economías emergentes. Las cuales, por la alta capacidad de producción de recursos naturales, han mitigado estos efectos mediante la asignación de inversiones públicas en proyectos de construcción, para dinamizar la demanda agregada y aumentar la productividad nacional. No obstante, debido al limitante institucional, se evidencia la fragilidad y poca estabilidad empresarial en el mercado colombiano. Por esta razón, pese a las altas capacidades macroeconómicas y una amplia oferta de mercados, el aparato productivo colombiano es susceptible a los cambios económicos internos y externos.

Además, como parte de los efectos de políticas enfocadas en la integración económica entre naciones, con la intensificación de transacciones fronterizas de bienes y servicios, se expone la susceptibilidad del aparato productivo colombiano con mayor intensidad a las variaciones de los mercados internacionales, al evaluar la balanza comercial reciente. Estos efectos se observan en la reducción de importaciones, junto con la disminución de dividendos por la producción enfocada en la explotación de recursos naturales estratégicos. Por ello, esta investigación logró exponer las condiciones relacionadas con las variaciones del ciclo económico y el efecto de las políticas públicas para canalizar la asignación de recursos a

través de la inversión en infraestructura e incentivos en la productividad nacional.

En razón de esto, al evaluar los indicadores relacionados con el sector de la construcción, se percibe una alta relación y similitud de comportamientos entre casi todas las actividades económicas que conforman el aparato productivo nacional. No obstante, la explotación de minas y canteras, junto con el sector agropecuario, mostraron variaciones que difieren del comportamiento continuo y creciente de la economía colombiana. Ahora bien, gracias a la metodología aplicada, fue posible contextualizar la centralización de políticas públicas enfocadas en ciertos sectores económicos, el impacto del mercado global, cambios generados en la producción y su impacto en el desarrollo de actividades constructivas. Lo anterior es expuesto por los subsectores de la construcción y dinámicas del mercado, al evidenciar una mayor inclusión del capital público en obras civiles y una pequeña parte de la actividad edificadora.

De modo que se evidencia la importancia del sector de la construcción y su impacto en economías emergentes como Colombia. Asimismo, la evaluación y depuración de estos indicadores con el análisis de componentes principales logró identificar aquellos factores que representan las actividades constructivas, en coherencia con los datos comúnmente implementados para analizar estos comportamientos. Además, esta investigación permitió formular facilidades para el acceso de información tendiente a describir fenómenos en este sector y la economía colombiana, en relación con el comportamiento histórico bajo cierta presión o afectación por fenómenos económicos globales o nacionales, con el fin de establecer políticas públicas u otras medidas específicas.

La integración de una gran cantidad de datos que componen los IEAC como indicadores que representan la dinámica constructiva nacional, mediante el análisis de componentes principales, facilitó la formulación de factores que envuelven todas las varianzas de los datos evaluados. Por lo tanto, fue viable aumentar la capacidad de interpretación y la focalización de análisis en indicadores que representan la variabilidad

de los fenómenos evaluados, junto con mínimas pérdidas de información. Asimismo, la metodología planteada y los resultados en la dinámica del sector de la construcción, en contexto con la economía colombiana, posibilitarán a diferentes interesados la identificación de cambios en el mercado, al evaluar indicadores de oferta en la actividad constructiva de edificaciones, créditos y cartera de vivienda, junto con la demanda del concreto premezclado como insumo esencial en este sector.

De igual forma, el comportamiento del sector de construcción de obras civiles es representado por un conjunto pequeño de variables que son soportadas por la intervención estatal en la dinámica económica. Por lo demás, tras la comparación de la actividad edificadora y obras civiles, se ha diferenciado y evaluado el comportamiento de la economía, pese a los cambios generados en diferentes momentos históricos, con un enfoque de producción y la contextualización de similares condiciones en tiempos recientes.

Adicionalmente, al evaluar la oferta y demanda de la actividad constructiva por análisis de componentes principales, se expone una mayor variabilidad o dinamismo en los factores relacionados con el Producto Interno Bruto, desde un enfoque de producción y el valor agregado de la actividad constructiva. Los cuales exponen las variaciones de las capacidades de producción nacional, junto con el efecto de políticas públicas canalizadas en la construcción. De igual modo, al evaluar este comportamiento, es notorio el impulso público a la producción, debido a un aumento en la construcción de obras civiles y el efecto de las crisis económicas, evidenciadas con mayor intensidad en comparación con las economías en América Latina y la producción mundial.

Con el establecimiento de los factores que representan la dinámica del subsector edificador, se evidencia su importancia, debido a la oferta del CEED y demanda por CHV, constituido mayoritariamente por una oferta privada. Por lo que, pese a la focalización de proyectos de construcción en obras civiles, estas políticas no han generado los resultados previstos, ya que continúa la desaceleración económica. En conclusión,

mediante la evaluación de indicadores representativos de la actividad edificadora es posible identificar el comportamiento de la construcción. De modo que se recomienda formular políticas focalizadas en incentivar los subsectores de la construcción de vivienda no VIS u ofertada por el sector privado.

Los resultados del análisis de indicadores y variables conexas con las coyunturas económicas expuestas contribuyen en la reducción de la confianza en inversión y han impactado en la producción de estructuras económicas necesarias para el desarrollo del país. Lo anterior incide en el entendimiento de la demanda, resumida en la cartera hipotecaria de vivienda y el concreto premezclado. El primer factor se relaciona con la dinámica del libre mercado, sustentado en la producción nacional y canalizado en instituciones financieras. El segundo factor se relaciona con la comprensión del comportamiento en proyectos de construcción complejos y con alto grado de inversión, a través de la cantidad de insumos requeridos y la representación de las variaciones en la construcción.

Así las cosas, la oferta de edificaciones es complementada por los cambios en la demanda de vivienda con el otorgamiento de créditos y las variaciones de cartera. Lo anterior es coherente con las variaciones No VIS, debido a que ocupan aproximadamente el 60% de participación en el mercado. Además, al evaluar este factor se establece el efecto de políticas subsidiarias encaminadas a incentivar el mercado, junto con políticas sociales que buscan la promoción del desarrollo económico. El otorgamiento se realizó a través de instituciones financieras para incentivar la producción en varios sectores de la economía.

Asimismo, estas políticas han permitido cumplir parcialmente con el desarrollo social inherente a los fines estatales. Así, la valoración de la demanda por las variaciones de créditos y cartera de vivienda generan un mayor entendimiento del comportamiento del sector de la construcción como medio para focalizar inversiones específicas del desarrollo económico y social.

# BIBLIOGRAFÍA

- Abu Bakar, A. H., Yusof, M. N., Tufail, M. A., & Virgiyanti, W. (2016). Effect of knowledge management on growth performance in construction industry. *Management Decision*, 54(3), 735–749. <https://doi.org/10.1108/MD-01-2015-0006>
- Acevedo-Prins, N. M., & Jiménez-Gómez, L. M. (2015). Índice para la medición de la competitividad en Colombia. *Revista CEA*, 1(2), 109. <https://doi.org/10.22430/24223182.136>
- Ahn, S., Shokri, S., Lee, S., Haas, C. T., & Haas, R. C. G. (2017). Exploratory Study on the Effectiveness of Interface-Management Practices in Dealing with Project Complexity in Large-Scale Engineering and Construction Projects. *Journal of Management in Engineering*, 33(2), 1–12. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000488](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000488)
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2017). *Estudio económico del sector de la construcción, proyectos de conservación y/o construcción de infraestructura vial y de espacio público* (Instituto de Desarrollo Urbano, Ed.). Bogotá, Colombia.
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2008). *Civil Engineering Body of Knowledge for the 21st Century Preparing the Civil Engineer for the Future* (Second ed.). Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Arango, L. E., Parra-Escobar, F. F., & Pinzón-Giraldo, Á. J. (2016). El ciclo económico y el mercado de tra-

bajo en Colombia: 1984-2014. *Ensayos sobre Política Económica*, 34, 206-228.

Arnedo, V. M. (2013). Crecimiento económico y desarrollo humano en Colombia (2000 - 2010). *Revista de Economía del Caribe*, 11, 127-143. Retrieved from <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/economia/article/viewFile/5054/3253>

Arriagada D., R. E. (2019). Improved building sustainability in seismic zones. *Revista de La Construcción*, 18(1), 166-177. <https://doi.org/10.7764/rdlc.18.1.167>

Arslan, G., & Kivrak, S. (2008). Critical factors to company success in the construction Industry. *International Journal of Social, Education, Economics and Management Engineering*, 2(9), 164-167.

Asamblea Constituyente de Colombia. *Constitución Política de Colombia*, (1991).

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI). (2019a). *Colombia: Balance 2018 y Perspectivas 2019*. Bogotá, Colombia.

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI). (2019b). *Colombia: Balance 2018 y Perspectivas 2019, Tabla de contenido*. Bogotá, Colombia.

Aubry, M., & Hobbs, B. (2012). A Fresh Look at the Contribution of Project Management to Organizational Performance. *Project Management Journal*, 42(1), 3-16. <https://doi.org/10.1002/pmj>

Ayuni, N. W. D., & Sari, I. G. A. M. K. K. (2018). Analysis of factors that influencing the interest of Bali State Polytechnic's students in entrepreneur-

- rship. *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1).  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012071>
- Babatunde, S. O., & Perera, S. (2017). Analysis of financial close delay in PPP infrastructure projects in developing countries. *Benchmarking*, 24(6), 1690–1708. <https://doi.org/10.1108/BIJ-05-2016-0076>
- Baccarini, D. (1996). The concept of project complexity - A review. *International Journal of Project Management*, 14(4), 201–204. [https://doi.org/10.1016/0263-7863\(95\)00093-3](https://doi.org/10.1016/0263-7863(95)00093-3)
- Bakhshi, J., Ireland, V., & Gorod, A. (2016). Clarifying the project complexity construct: Past, present and future. *International Journal of Project Management*, 34(7), 1199–1213. <https://doi.org/10.1016/j.ijpro-man.2016.06.002>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2016). *La política de innovación en América Latina y el Caribe: Nuevos caminos* (J. C. Navarro & J. Olivari, Eds.). Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Bankó, Z., & Abonyi, J. (2012). Correlation based dynamic time warping of multivariate time series. *Expert Systems with Applications*, 39(17), 12814–12823. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.012>

- Berssaneti, F. T., & Carvalho, M. M. (2015). Identification of variables that impact project success in Brazilian companies. *International Journal of Project Management*, 33(3), 638–649. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.07.002>
- Bloem, A., Dippelsman, R. J., & MÆhle, N. Ø. (2001). *Manual de cuentas nacionales trimestrales, conceptos, fuente de datos y compilación* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Borg, I., Groenen, P. J. F., & Mair, P. (2018). *Applied Multidimensional Scaling and Unfolding* (Second Edi). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-31848-1>
- Brown, D., & Lucky, S. (2018). Effect of Public Expenditure in Construction and Transportation sectors on Employment in Nigeria. *International Journal of Science and Management Studies (IJSMS)*, 1(4), 130–136.
- Bruns, H. C. (2013). Working alone together: Coordination in collaboration across domains of expertise. *Academy of Management Journal*, 56(1), 62–83. <https://doi.org/10.5465/amj.2010.0756>
- Burger, M., Verster, B., & Zulch, B. (2015). The construction project manager in South Africa: Analysis of industry-specific knowledge. *Navorsings Artikels*, 22(1), 48–72.
- Burgos Alba, A. (2020). *Análisis comportamiento de los indicadores de edificación de vivienda y crédito hipotecario después del lanzamiento del subsidio FRECH en Colombia. periodo 2006 - 2015*. Universidad EAN Facultad.
- Bwanali, S., & Rwelamila, P. D. (2017). Public private partnerships: A possible alternative for

- delivery of infrastructure projects in Africa. *International Journal of Construction Supply Chain Management*, 7(3), 93-109. <https://doi.org/10.14424/ijcscm703017-93-109>
- CAMACOL. (2018). *Construyendo Colombia 2018-2022, Síntesis de propuestas sectoriales*. Bogotá, Colombia.
- Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). (2019a). *Economía en la mira*. Bogotá D.C.
- Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL). (2019b). *Prospección Edificadora, Una visión de corto y mediano plazo* (Tercera Ed.). Bogotá, D.C.: Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL).
- Cárdenas, G., Suárez, E., Romero, H., & Fajardo, E. (2019). Composición de importaciones y actividad económica: El caso de Colombia. *Espacios*, 40(1), 24.
- Chartered Institute of Building. (2014). *Code of Practice for Development for Construction and Project Management* (Fifth Edit). Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Chee, J. D. (2018). *Pearson's Product-Moment Correlation: Sample Analysis*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1856.2726>
- Chinyio, E., & Olomolaiye, P. (2010). *Construction Stakeholder Management*. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Chu, D., Strand, R., & Fjelland, R. (2003). Theories of complexity: Common denominators of complex systems. *Complexity*, 8(3), 19-30. <https://doi.org/10.1002/cplx.10059>
- Clavijo, S., Vera, A., Malagón, D., Parga, Á., Joya, S., Ortiz, M. C., & Ordóñez, L. (2014). *Costos de*

*transporte, Multimodalismo y la competitividad de Colombia*. Bogotá, D.C.: Asociación Nacional de Instituciones Financieras.

Collard-wexler, A. (2013). Demand Fluctuations in the Ready-Mix Concrete Industry. *Econometrica*, 81(3), 1003–1037. <https://doi.org/10.3982/ecta6877>

Comisión Europea, Fondo Monetario Internacional, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, Naciones Unidas, & Banco Mundial. (2016). *Sistema de cuentas nacionales 2008*. Retrieved from <https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/docs/SNA2008Spanish.pdf>

Congreso de la República de Colombia. *Ley 1607 de 2012, Por la cual se expiden normas en materia tributaria y se dictan otras disposiciones.* , (2012).

Congreso de la República de Colombia. *Ley 1955 de 2019, Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad"*, (2019).

Consejo Privado de Competitividad. (2019). *Informe nacional de competitividad 2018-2019 (Duodécima)*. Bogotá, D.C.: Consejo Privado de Competitividad.

Córdova, J., & Alberto, C. (2018). Medición de la eficiencia en la industria de la construcción y su relación con el capital de trabajo. *Revista Ingeniería de Construcción*, 33(1), 69–82.

Corficolombiana. (2019a). *Diversificación a prueba, Cementos Argos*. Bogotá, D.C.: Corficolombiana.

Corficolombiana. (2019b). *Perspectivas Económicas Corficolombiana Proyecciones 2020 : Contra La Corriente ¿ Hasta Cuándo ?* Bogotá, D.C.

- Cramer, D., & Howitt, D. L. (2004). *The sage dictionary of statistics: a practical resource for students in the social sciences*. London.U.K.: SAGE Publications Ltd.
- Dalia, E., Rodríguez, C., & Cárdenas, M. V. (2016). Efectos de la variación del precio del dólar en el sector de la construcción en Medellín, 2012 - 2016. *En-Contexto*, 57(7), 127-153.
- Dang, G., & Sui Pheng, L. (2015). Infrastructure Investments in Developing Economies. In *Infrastructure Investments in Developing Economies*. <https://doi.org/10.1007/978-981-287-248-7>
- Dao, B., Kermanshachi, S., Shane, J., Anderson, S., & Hare, E. (2016a). Exploring and Assessing Project Complexity. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(5). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001275](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001275)
- Dao, B., Kermanshachi, S., Shane, J., Anderson, S., & Hare, E. (2016b). Identifying and Measuring Project Complexity. *Procedia Engineering*, 145(October), 476-482. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.024>
- De Marco, A. (2011). Project management for facility constructions: a guide for engineers and architects. In *Choice Reviews Online* (Vol. 49). <https://doi.org/10.5860/choice.49-1487>
- Deloitte. (2019a). *GPoC 2018 Global Powers of Construction*. 54. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/at/Documents/real-estate/2017-global-powers-of-construction.pdf>
- Deloitte. (2019b). *GPoC 2018 Global Powers of Construction*. Retrieved from [Jorge Andrés Sarmiento-Rojas  
Milton Januario Rueda-Varón  
César Hernando Rincón-González](https://www2.de-</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

loitte.com/content/dam/Deloitte/at/Documents/  
real-estate/2017-global-powers-of-construction.pdf

Denis, D. J. (2020). *Univariate, Bivariate, and Multivariate Statistics Using R*. <https://doi.org/10.1002/9781119549963>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2020). *Boletín Técnico, Índice de precios de la vivienda nueva (IPVN)*. Bogotá, D.C.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2009a). *Metodología Índice de Costos de la Construcción de Vivienda*. Bogotá, D.C.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2009b). *Metodología Índice de Costos de la Construcción Pesada*. Bogotá, D.C.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2019). *Boletín Técnico, Cartera hipotecaria de vivienda (CHV)*. Bogotá, D.C.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2020a). *Boletín Técnico, Índice de costos de la construcción pesada (ICCP)*. Bogotá, D.C.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2020b). *Boletín Técnico, Índice de Precios del Productor (IPP)*. Bogotá, D.C.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2020c). *Boletín técnico, Principales indicadores del mercado laboral*. Bogotá, D.C.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2020d). *Boletín técnico Índice de Costos de la Construcción de Vivienda*. Retrieved from: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/iccv/bol\\_iccv\\_dic17.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/iccv/bol_iccv_dic17.pdf)

Departamento Administrativo Nacional de Estadística  
-DANE. (2012). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas Revisión 4 adaptada CIIU Rev . 4 A . C .* Retrieved from: [www.dane.gov.co/files/nomenclaturas/CIIU\\_Rev4ac.pdf](http://www.dane.gov.co/files/nomenclaturas/CIIU_Rev4ac.pdf)

Departamento Administrativo Nacional de Estadística  
-DANE. (2018). *Boletín técnico Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción ( IEAC )*.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística  
-DANE. (2019a). *Boletín Técnico de Indicadores del sector de la Construcción (IEAC)*. 1-28.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística  
-DANE. (2019b). *Boletín Técnico Índice de Costos de la Construcción de Vivienda - ICCV, Julio 2019. (Julio)*, 1-13. Retrieved from: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/iccv/pres\\_iccv\\_jun16.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/iccv/pres_iccv_jun16.pdf)

Departamento Administrativo Nacional de Estadística  
-DANE. (2019c). *Boletín Técnico Índice de Costos de la Construcción de Vivienda - ICCV, Octubre de 2019*. Retrieved from: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/iccv/pres\\_iccv\\_jun16.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/iccv/pres_iccv_jun16.pdf)

Departamento Administrativo Nacional de Estadística  
-DANE. (2019d). *Producto Interno Bruto desde el enfoque de la producción a precios constantes*. Retrieved from: [www.bcn.gob.ni/estadisticas/sector\\_real/produccion/1-3.xls](http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/sector_real/produccion/1-3.xls)

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019a). *Indicadores Económicos alrededor de la Construcción (IEAC), I trimestre de 2019*. Bogotá, D.C.

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019b). *Principales Indicadores del Mercado Laboral, junio de 2019*. Retrieved from: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/ech/bol\\_empleo\\_abr\\_19.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/ech/bol_empleo_abr_19.pdf)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019c). *Producto Interno Bruto (PIB), I Trimestre de 2019*. Bogotá, D.C.
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales División de Estadística. (2001). Clasificaciones de gastos por finalidades (COICOP) versión internacional. *Informes Estadísticos, Serie M(84)*, 1-144.
- Departamento de Estudios Económicos y Técnicos\_ CAMACOL. (2017). *Tendencias de la construcción, Economía y coyuntura sectorial*. Bogotá, D.C.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2004). *Manual metodológico general, para la identificación, preparación y evaluación de proyectos*.
- Durán Vanegas, J. (2016). El Efecto del Endeudamiento Hipotecario sobre los Precios de Vivienda en Colombia: Un Enfoque de Agentes Diferenciados. *Coyuntura Económica*, 46(2), 41-75.
- Dziekoński, K. (2017). Project Managers' Competencies Model for Construction Industry in Poland. *Procedia Engineering*, 182, 174-181. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.157>
- Ellinas, C., Allan, N., & Johansson, A. (2018). Toward Project Complexity Evaluation: A Structural Perspective. *IEEE Systems Journal*, 12(1), 228-239. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2016.2562358>

- Ellis, L., & Mice, C. (2019). Factors in influencing triple constraints in public sector projects in Trinidad and Tobago. *Ice Publishing*, 172(4), 157-169.
- Erkens, D. H., Hung, M., & Matos, P. (2012). Corporate governance in the 2007-2008 financial crisis: Evidence from financial institutions worldwide. *Journal of Corporate Finance*, 18(2), 389-411. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2012.01.005>
- Espitia, J., Ferrari, C., González, J. I., Hernández, I., Reyes, L. C., Romero, A., ... Zafra, G. (2018). El Gasto público en Colombia. Reflexiones y propuestas. *Vniversitas Económica*, 18(7), 2-59. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Espitia, J., Ferrari, C., González, J. I., Hernández, I., Reyes, L. Carlos, Romero, A., ... Zafra, G. (2019). *El gasto público, reflexiones y propuestas*. 21(40), 291-326.
- Fellows, R., Langford, D., Newsombe, R., & Urry, S. (2002). *Construction Management in Practice* (Second Edi). [https://doi.org/10.1016/0025-5408\(96\)80018-3](https://doi.org/10.1016/0025-5408(96)80018-3)
- Fernández-sánchez, G., & Rodríguez-lópez, F. (2010). A methodology to identify sustainability indicators in construction project management – Application to infrastructure projects in Spain. *Ecological Indicators*, 10, 1193-1201. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.04.009>
- Ferrada, X., Núñez, D., Neyem, A., Serpell, A., & Sepúlveda, M. (2016). A Lessons-learned System for Construction Project Management: A Preliminary Application. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 226(October 2015), 302-309. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.192>

- Fewings, P., & Henjewe, C. (2019). Construction Project Management, An Integrated Approach. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Third Edit). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. London.U.K.: SAGE Publications Ltd.
- Fondo Monetario Internacional (FMI). (2019a). *Fiscal Monitor, Curbing corruption*. Washington, DC: Fondo Monetario Internacional (FMI).
- Fondo Monetario Internacional (FMI). (2019b). *Informe Anual del FMI 2019, Nuestro mundo conectado*. Retrieved from: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/2019/eng/assets/pdf/imf-annual-report-2019-es.pdf>
- Fondo Monetario Internacional (FMI). (2019c). *Perspectiva de la economía mundial, desaceleración del crecimiento, precaria recuperación*. Washington, DC: Fondo Monetario Internacional (FMI).
- Forcada, N., Fuertes, A., Gangolells, M., Casals, M., & MacArulla, M. (2013). Knowledge management perceptions in construction and design companies. *Automation in Construction*, 29, 83-91. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.09.001>
- Franco Ángel, M. (2019). Caracterización de las pymes colombianas y de sus fundadores: un análisis desde dos regiones del país. *Estudios Gerenciales*, 35(150), 81-91. <https://doi.org/10.18046/j.est-ger.2019.150.2968>
- Friedli, T., Mundt, A., & Thomas, S. (2014). Strategic management of global manufacturing networks, Aligning Strategy, Configuration, and

- Coordination. In *Production Planning & Control*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.962250>
- Fuentes Pilaló, E., & Véliz Salazar, G. (2017). La competitividad global. *Revista Empresarial*, 11(44), 41-47. <https://doi.org/10.23878/empr.v11i44.113>
- Gadekar, A., & Pimplikar, S. S. (2014). Success and Failure Factors of Indian Construction Companies. *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 3(6), 52-58.
- Geraldi, J., Maylor, H., & Williams, T. (2011). Now, let's make it really complex (complicated): A systematic review of the complexities of projects. *International Journal of Operations and Production Management*, 31(9), 966-990. <https://doi.org/10.1108/01443571111165848>
- Giesekam, J., Barrett, J. R., & Taylor, P. (2016). *Construction sector views on low carbon building materials*. 3218(October 2015). <https://doi.org/10.1080/09613218.2016.1086872>
- Giraldo González, G. E., Pulido Casas, G. H., & Leal Coronado, C. A. (2013). Project Manager Profile Characterization in the Construction Sector in Bogotá, Colombia. *Project Management Journal*, 44(6), 68-93. <https://doi.org/10.1002/pmj>
- Glaeser, E., & Nathanson, C. (2014). Housing Bubbles. *National Bureau of Economic Research*, 5, 701-751. <https://doi.org/10.3386/w20426>
- Gordon, R. J. (2016). *The rise and fall of American growth : the U.S. standard of living since the Civil War* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Guzmán, N. (2018). *Estudio de caso: Odebrecht* (Universidad EAFIT Escuela). Retrieved from [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12940/Natalia\\_GuzmánCastaño\\_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12940/Natalia_GuzmánCastaño_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Hankammer, S., Nielsen, K., Piller, F. T., & Schuh, G. (2017). *Customization*.
- Hartmann, A., & Dorée, A. (2015). Learning between projects: More than sending messages in bottles. *International Journal of Project Management*, 33(2), 341-351. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.07.006>
- Hatzius, J., Phillips, A., Mericle, D., Hill, S., Struyven, D., Chen, B., ... Walker, R. (2018). 2019 Outlook : The Home Stretch. *Goldman Sachs US Economics Analyst*, 1(November 2018), 1-15.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). Metodología de la investigación. In *Metodología de la investigación*. <https://doi.org/-> ISBN 978-92-75-32913-9
- Hinphay, K. (2019). Global Construction Industry: Economic Overview Global growth statistics. *Reach Personnel International*, 1-6.
- International Monetary Fund. (2009). *World economic outlook: A survey by the staff of the international monetary fund Occasional* (Vol. 27). [https://doi.org/10.1016/0164-0704\(84\)90151-4](https://doi.org/10.1016/0164-0704(84)90151-4)
- International Monetary Fund. (2018). World Economic Outlook: Challenges to Steady Growth. In *World Economic Outlook*.

- International Monetary Fund (IMF). (2019a). *Fiscal Monitor, Curbing corruption*. Washington, DC, EEUU: International Monetary Fund (IMF).
- International Monetary Fund (IMF). (2019b). *World Economic Outlook, Weakening of global expansion*. Davos, Switzerland.
- Investigaciones Económicas Corficolombiana. (2019). *Servido al carbon*. Bogotá.
- Isaksson, R. (2016). Process based system models for detecting opportunities and threats - the case of World Cement Production. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 8(3), 246-262.
- Ive, G. J., & Gruneberg, S. L. (2000). The Economics of the Modern Construction Sector. In *The Economics of the Modern Construction Sector*. <https://doi.org/10.1057/9780230510913>
- Jayaweera, C. D., & Aziz, N. (2018). Reliability of Principal Component Analysis and Pearson Correlation Coefficient, for Application in Artificial Neural Network Model Development, for Water Treatment Plants. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 458(1), 1-7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/458/1/012076>
- Ji, J., Zou, Z., & Tian, Y. (2019). Energy and economic impacts of China's 2016 economic investment plan for transport infrastructure construction: An input-output path analysis. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117761. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117761>
- Jia, Z.-G., Li, D.-S., Yi, T.-H., Li, H.-N., & Ren, L. (2015). State-of-the-art in structural health monitoring of large and complex civil infrastructures. *Journal of*

*Civil Structural Health Monitoring*, 6(1), 3–16. <https://doi.org/10.1007/s13349-015-0108-9>

- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065). <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Jolliffe, I. . (2010). Principal components analysis. In *International Encyclopedia of Education* (Segunda ed). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01358-0>
- Kassambara, A. (2017a). Multivariate analysis II: Practical Guide To Principal Component Methods in R: PCA, M (CA), FAMD, MFA, HCPC, factoextra. *Sthda*, 2, 1–155. Retrieved from <http://www.analyticsvidhya.com/blog/2016/03/practical-guide-principal-component-analysis-python/>
- Kassambara, A. (2017b). *Practical Guide to Principal Component Methods in R*. STHDA.
- Kenny, W., & Vanissorn, V. (2012). A study of the factors affecting construction time in Western Australia. *Scientific Research and Essays*, 7(40), 3390–3398. <https://doi.org/10.5897/sre12.138>
- Kermanshachi, S., Dao, B., Rouhanizadeh, B., Shane, J., & Anderson, S. (2020). Development of the Project Complexity Assessment and Management Framework for Heavy Industrial Projects. *International Journal of Construction Education and Research*, 16(1), 24–42. <https://doi.org/10.1080/15578771.2018.1499568>
- Kermanshachi, S., & Safapour, E. (2018). Identification and quantification of project complexity from perspective of primary stakeholders in us cons-

- truction projects. *Journal of Civil Engineering and Management*, 25(4), 380–398. <https://doi.org/10.3846/jcem.2019.8633>
- Kerzner, H. (2017a). *Project Management, A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kerzner, H. (2017b). *PROJECT MANAGEMENT. A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (Twelfth Ed). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kirchberger, M. (2018). The role of the construction sector. *WIDER Working Paper*, 146.
- Kissi, E., Agyekum, K., Baiden, B. K., Tannor, R. A., Asamoah, G. E., & Andam, E. T. (2019). Impact of project monitoring and evaluation practices on construction project success criteria in Ghana. *Built Environment Project and Asset Management*, 9(3), 364–382. <https://doi.org/10.1108/BE-PAM-11-2018-0135>
- Leal, F. da S. C., Montevechi, R. F., Barra, J. A. de A., Marins, D. A., & Silva, F. A. (2011). A practical guide for operational validation of discrete simulation models. *Pesquisa Operacional*, 31(1), 57–77. <https://doi.org/10.1590/S0101-74382011000100005>
- Li, J., Greenwood, D., & Kassem, M. (2019). Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models and practical use cases. *Automation in Construction*, 102(February), 288–307. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.005>
- Luo, L., He, Q., Xie, J., Yang, D., & Wu, G. (2016). Investigating the Relationship between Project

Complexity and Success in Complex Construction Projects. *Journal of Management in Engineering*, 33(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000471](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000471)

Martínez Rodríguez, M. (2005). Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, (38), 315-331.

Massuan Ahamads. (2011). Procurement Strategies: A Relationship-based Approach. In *Facilities Management Asia 2011*.

Medina-Peralta, S., Vargas-Villamil, L., Navarro-Alberto, J., Canul-Pech, C., & Peraza-Romero, S. (2010). *Comparación de medidas de desviación para validar modelos sin sesgo, sesgo constante o proporcional*. 26(3), 255-263.

Mehdian, S., Rezvanian, R., & Stoica, O. (2019). The Effect of the 2008 Global Financial Crisis on the Efficiency of Large U.S. Commercial Banks. *Review of Economic and Business Studies*, 12(2), 11-27. <https://doi.org/10.1515/rebs-2019-0089>

Melo Becerra, L. (2017). El gasto público en Colombia: Algunos aspectos sobre su tamaño, evolución y estructura. *Borradores de Economía*, 1003(June), 1-44.

Mesa C, R. J., Constanza, R. Od., & Aguirre B, Y. C. (2008). Crisis externa y desaceleración de la economía colombiana en 2008-2009: coyuntura y perspectivas. *Perfil de Coyuntura Económica*, (12), 31-67.

Ministerio de Comercio Industria y Turismo, (2019). "Por el cual se adiciona el capítulo 13 al Título 1 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto 1074 de 2015, Decreto

Único del Sector Comercio, Industria y Turismo y se reglamenta el artículo 2° de la Ley 590 de 2000, modificado por el artículo 43 de la Ley 14. Bogotá, D.C: República de Colombia.

Mitchell, D. J. (2005). The Impact of Government Spending on Economic Growth. *The Heritage Foundation*, 1831, 1-18. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8454.1985.tb00120.x>

Moavenzadeh, F. (1978). Construction industry in developing countries. *World Development*, 6(1), 97-116. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(78\)90027-X](https://doi.org/10.1016/0305-750X(78)90027-X)

Molepo, P. M., Marnewick, A., & Joseph, N. (2019). Complexity factors affecting research and development projects duration. *2019 IEEE Technology and Engineering Management Conference, TEMSCON 2019*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/TEMSCON.2019.8813667>

Moreno, J. de J., Robayo, O. L., & Castro, J. D. (2014). Productividad, eficiencia y sus factores explicativos en el sector de la construcción en Colombia 2005-2010. *Cuadernos de Economía (Colombia)*, 33(63), 569-588. <https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v33n63.45347>

Moscoso Duran, F. F. (2017). *Elementos de competitividad, infraestructura y cadena de abastecimiento para Colombia*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Myers, D. (2017a). *Construction Economics, A new approach* (Fourth edi). New York: Routledge, Taylor & Francis Group.

- Myers, D. (2017b). *Construction Economics a new approach* (Fourth ed.; Routledge, Ed.). London and New York: Taylor & Francis Group.
- Naciones Unidas. (2009). Revisión 4, Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU). In *Dermatologic Surgery* (Vol. 33). <https://doi.org/10.1111/j.1524-4725.2007.33271.x>
- Ndlela, M. N. (2018). Crisis communication: A stakeholder approach. In *Crisis Communication: A Stakeholder Approach*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-97256-5>
- Olivier, J., & Peters, J. (2018). *Trends in global CO2 and total greenhouse gas 2018 report*. Netherlands.
- Omar, T., & Nehdi, M. L. (2016). Data acquisition technologies for construction progress tracking. *Automation in Construction*, 70, 143–155. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.06.016>
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2019). OECD Economic Outlook, Volume 2019. In *Foreign Trade Review* (Vol. 24). <https://doi.org/10.1787/b2e897b0-en>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2019). Perspectivas Económicas de América Latina 2019: Desarrollo en transición. In *Estudios Económicos de la OCDE: Colombia 2019* (Vol. 53). <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/g2g9ff1a-es>. ISBN
- Ortega Burgos, K., Sarmiento, V. G., & Bonilla Botía, G. (2016). Radiografía del mercado laboral en Colombia. Una aproximación integral a la dinámica reciente Contenido. *Estudios Económicos*

CAMACOL, 79, 1-19. Retrieved from [www.camacol.co](http://www.camacol.co)

Ortiz, C., Jiménez, D., & Cruz, G. (2019). El impacto de la infraestructura en el crecimiento económico colombiano: un enfoque smithiano. *Lecturas de Economía*, 90, 97-126. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n90a04>

Ozorhon, B., & Cinar, E. (2015). Critical Success Factors of Enterprise Resource Planning Implementation in Construction: Case of Turkey. *Journal of Management in Engineering*, 31(6), 04015014. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000370](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000370)

Pace, M. (2019). A Correlational Study on Project Management Methodology and Project Success. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 9(2), 56-65. <https://doi.org/10.2478/jepm-2019-0007>

Palacio Estrada, S. V. (2019). *Estudio de prefactibilidad para el montaje de una planta de concreto premezclado en las instalaciones de la cantera de Combia, en el municipio de Pereira*. Universidad EAFIT.

Papke-shields, K. E., Beise, C., & Quan, J. (2010). Do project managers practice what they preach , and does it matter to project success? *International Journal of Project Management*, 28(7), 650-662. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.11.002>

Paranagamage, P., Carrillo, P., Ruikar, K., & Fuller, P. (2012). Lessons learned practices in the UK construction sector: current practice and proposed improvements. *Engineering Project Organization Journal*, 2(4), 216-230. <https://doi.org/10.1080/21573727.2012.681643>

- Peñaloza, G. A., Saurin, T. A., & Formoso, C. T. (2020). Monitoring complexity and resilience in construction projects: The contribution of safety performance measurement systems. *Applied Ergonomics*, 82(October 2019). <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102978>
- Pérez López, C. (2004). *Técnicas de Análisis Multivariante de Datos. Aplicaciones con SPSS®*. (I. Capella, Ed.). <https://doi.org/10.1038/emboj.2009.132>
- Peterson, L. E. (2003). Partitioning large-sample microarray-based gene expression profiles using principal components analysis. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 70(2), 107-119. [https://doi.org/10.1016/S0169-2607\(02\)00009-3](https://doi.org/10.1016/S0169-2607(02)00009-3)
- Pheng, L. S., & Hou, L. S. (2019). The Economy and the Construction. In *Construction Quality and the Economy* (p. 34). <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5847-0>
- Pinzón, J. L., & Remolina, A. (2017). Evaluación de herramientas para la gerencia de proyectos de construcción basados en los principios del PMI y la experiencia. *Prospectiva*, 15(2), 51-59.
- PMI, P. M. I. (2014). *Navigating Complexity: A practice guide*.
- PMI, P. M. I. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* (Sexta edic.). Newtown Square, Pennsylvania.
- Project Management Institute. (2016). *Construction Extension to the PMBOK® Guide*. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.

- Project Management Institute. (2017). *Guía de los FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (Guía del PMBOK®)* (Project Ma; I. Project Management Institute, Ed.). Newtown Square, Pennsylvania: PMI Book Service Center.
- Project Management Institute (PMI). (2013). *PMI's Pulse of Profession In-Depth Report: Navigating Complexity*. Retrieved from <http://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/navigating-complexity.pdf>
- Project Management Institute (PMI). (2016). *The Standard for Program Management* (Fourth Edi). Pensilvania.US: Project Management Institute, Inc.
- R, P. P., Vijayarajan, V., & Gokhlani, P. (2018). *Ready-Mix Concrete Best Plant Selection and Cost Optimization*. 118(24), 1-19.
- Ramey, V. (2020). The Macroeconomic Consequences of Infrastructure Investment. *Nber Working Paper Series*, 53(9), 1689-1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Remington, K., & Pollack, J. (2010). *Tools for Complex Projects*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- República, B. D. La. (2017). Análisis de la cartera y del mercado de vivienda en Colombia. *Informes Especiales de Estabilidad Financiera*, 10.
- Ríos-Ocampo, J., & Olaya, Y. (2017). Sustainability of the domestic consumption of construction materials in Colombia, 1990-2013. *Lecturas de Economía*, (86), 127-151. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n86a05>

- Rivas, M. E., Serebrisky, T., & Suárez-Alemán, A. (2019). ¿Qué tan asequible es el transporte en América Latina y el Caribe? *Nota Técnica del BID*, 1588, 1-34.
- Robinson T, G. (2015). Global construction market to grow \$ 8 trillion by 2030: driven by China, US and India. *Global Construction Perspectives and Oxford Economics*, 4(0), 8-10.
- Rockart J.F. (1982). The Change of the Information Systems Executive : A Critical Factor Perspective. *Sloan School of Management*, 1-44. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Rodríguez, C., & Peralta, T. (2016). Balancing Financial Sustainability and Affordability in Public Transport—the Case of Bogota, Colombia. *ITF Discussion Paper*, 16, 1689-1699.
- Romero, J. C. (2019). *PERSPECTIVAS ECONÓMICAS CORFICOLOMBIANA PROYECCIONES 2019: ATENCIÓN AL VOLANTE*. Bogotá, Colombia: Corporación Financiera Colombiana S.A.
- Salamanca Mora, J. D. (2019). *Análisis de la oferta y la demanda del sector de la construcción y su impacto sobre la rentabilidad en la industria del cemento en Colombia (2011-2018)*. Universidad EAN.
- Salas Rada, G. a. (2010). Mortgage market and the financing of the housing. *Revista Finanzas y Política Económica*, 2(1), 133-154. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4047534&info=resumen&idioma=ENG>
- Sánchez Jiménez, I. C. (2017). *Sociedades Mercantiles en Colombia; Breve Historia, Desarrollo y Tendencias Actuales. Una Perspectiva desde*

el Derecho Comparado. *Universidad Católica de Colombia*, 1-62.

Sargent, R. G. (2013). Verification and validation of simulation models. *Journal of Simulation*, 7(1), 12-24. <https://doi.org/10.1057/jos.2012.20>

Sarmiento-Rojas, J. A., Medina Suárez, M. N., & Gutiérrez-junco, Ó. J. (2018). *Caracterización de la gerencia de proyectos de construcción en la ciudad de Tunja*. Tunja, Boyacá.

Sarmiento Anzola, L. (2020). "El milagro" económico colombiano. *Suplemento Educación y Economía, Desde Abajo*, 264(9), 1-16.

Schneider, M., Romer, M., Tschudin, M., & Bolio, H. (2011). Sustainable cement production-present and future. *Cement and Concrete Research*, 41(7), 642-650. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2011.03.019>

Schuh, G., Rebertisch, E., Riesener, M., Mattern, C., & Fey, P. (2017). Method for the Evaluation and Adaptation of New Product Development Project Complexity. *Procedia CIRP*, 60, 338-343. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.029>

Schwab, K. (2019). *Insight Report - World Economic Forum*. Retrieved from [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf)

Scrivener, K. L., John, V. M., & Gartner, E. M. (2018). Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO<sub>2</sub>cement-based materials industry. *Cement and Concrete Research*, 114(March). <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.03.015>

Strassburger, S. (2015). Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference L. Yilmaz., 2015

*Winter Simulation Conference (WSC)*. IEEE, 2015, (2012), 779–790.

Stumpo, G., & Dini, M. (2018). MIPYMES en América Latina Un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de fomento. In *Hannah Arendt. Una filosofía de la natalidad*. <https://doi.org/10.2307/j.ctvt7x6tm.3>

Sui Pheng, L., & Shing Hou, L. (2019). *Construction Quality and the Economy, A Study at the Firm Level*. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5847-0>

Swan, J., Scarbrough, H., & Newell, S. (2010). Why don't (or do) organizations learn from projects? *Management Learning*, 41(3), 325–344. <https://doi.org/10.1177/1350507609357003>

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). Using Multivariate Statistics. In *Contemporary Psychology: A Journal of Reviews* (Sixth edit). <https://doi.org/10.1037/022267>

Tafazzoli, M., & Ap, L. (2016). A Method to Measure Material-Use Efficiency in Construction Projects. 52<sup>nd</sup> ASC Annual International Conference Proceedings, (April 2016), 1–9. Retrieved from <http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2016/paper/CPGT181002016.pdf>

Torres Suárez, J. P., Fajardo Fajardo, L. X., & Rodríguez Gómez, M. S. (2016). Análisis de la balanza comercial de Colombia bajo el Programa de Liberación Comercial del Acuerdo de Complementación Económica No. 59 ( 2004 –2014). *Negocios y Relaciones Internacionales Facultad*, 59, 1–66.

Trinh, M. T., & Feng, Y. (2020). Impact of Project Complexity on Construction Safety Performance:

- Moderating Role of Resilient Safety Culture. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001758](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001758)
- Turkan, Y., Bosche, F., Haas, C. T., & Haas, R. (2012). Automated progress tracking using 4D schedule and 3D sensing technologies. *Automation in Construction*, 22, 414-421. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.10.003>
- U.S. Geological Survey. (2018). *Mineral commodity summaries 2018*. Reston, Virginia.
- Unterhitzberger, C., & Bryde, D. J. (2019). Organizational Justice, Project Performance, and the Mediating Effects of Key Success Factors. *Project Management Journal*, 50(1), 57-70. <https://doi.org/10.1177/8756972818808984>
- Urdaneta Montiel, A., Prieto Pulido, R., & Hernández Ariza, O. (2017). Formación bruta de capital fijo en el producto interno bruto venezolano en el período 1997-2015. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas Administrativas y Contables de la Universidad Simón Bolívar*, 9(1), 52-80. <https://doi.org/10.16661/j.cnki.1672-3791.2017.14.245>
- Uribe, J. D. (2014). La industria manufacturera en Colombia. *Revista Banco de la República*, 1042, 5-12.
- Urrutia-Montoya, M., Posada, C. E., Pontón, A., & Martínez, O. (2000). Comercio exterior y actividad económica de Colombia en el siglo XX: exportaciones totales y tradicionales. *Borradores de Economía*, 163, 1-105. Retrieved from: <http://repositorio.ban-rep.gov.co/handle/20.500.12134/5181>

- Urrutia, M., & Namen, O. M. (2012). Historia del crédito hipotecario en Colombia. *Ensayos sobre Política Económica*, 29(67), 280–306. <https://doi.org/10.32468/espe.6709>
- Uwasu, M., Hara, K., & Yabar, H. (2014). World cement production and environmental implications. *Environmental Development*, 10, 36–47. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2014.02.005>
- Wang, X., Lee, D.-Y., Park, C.-S., Chi, H., & Wang, J. (2016a). A linked data system framework for sharing construction defect information using ontologies and BIM environments. *Automation in Construction*, 68, 102–113. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.05.003>
- Wang, X., Lee, D.-Y., Park, C.-S., Chi, H., & Wang, J. (2016b). A linked data system framework for sharing construction defect information using ontologies and BIM environments. *Automation in Construction*, 68, 102–113. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.05.003>
- Wiesen, C. (2019). Learn to Use the Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy in SPSS With Data From Lahman's Baseball Database (2017). *SAGE Research Methods Datasets Part 2*, 1–8. <https://doi.org/10.4135/9781526489357>
- Williams, T. (2016). Identifying Success Factors in Construction Projects: A Case Study. *Project Management Journal*, 47(1), 97–112. <https://doi.org/10.1002/pmj>
- Wood, H. L., & Gidado, K. (2008). An overview of complexity theory and its application to the construction industry. *Association of Researchers in Construction Management, ARCOM 2008*

- *Proceedings of the 24th Annual Conference*, 2(January), 677-686.
- World Bank Group. (2019a). *Global Economic Prospects, June 2019: Heightened Tensions, Subdued Investment*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1398-6>
- World Bank Group. (2019b). *Lao PDR Economic Monitor, Maintaining economic stability, August 2019* (World Bank Group, Ed.). <https://doi.org/10.1596/31243>
- Wuni, I. Y., & Shen, G. Q. (2019). Critical success factors for modular integrated construction projects: a review. *Building Research and Information*, 0(0), 1-22. <https://doi.org/10.1080/09613218.2019.1669009>
- Xia, bo, & Chan, A. P. c. (2012). Measuring complexity for building projects: A Delphi study. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(1), 7-24. <https://doi.org/10.1108/09699981211192544>
- Xiong, X., Adan, A., Akinci, B., & Huber, D. (2013). Automatic creation of semantically rich 3D building models from laser scanner data. *Automation in Construction*, 31, 325-337. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.10.006>
- Yfanti, S., Edgar, D., Temple, B., & Sakkas, N. (2017). Innovation and Clustering: Lessons from the Construction sector and Critical Success Factors for adoption and implementation . Lost cause or lacuna? *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 6(61), 76-88.
- Zack, G., & Dalle, D. (2015). Elasticidades del comercio exterior de la Argentina: ¿una limitación para el crecimiento? *Estructura Económica*, 289, 133-154. Retrieved from: [http://www.cei.gov.ar/userfiles/RAEI\\_n3 - nota2.pdf](http://www.cei.gov.ar/userfiles/RAEI_n3 - nota2.pdf)

- Zidane, Y. J. T., & Andersen, B. (2018). The top 10 universal delay factors in construction projects. *International Journal of Managing Projects in Business*, 11(3), 650–672. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-05-2017-0052>
- Zuleta, L. A. (2018). La crisis financiera del 2008. *Portafolio*, (Septiembre 25), 1–2.

Jorge Andrés Sarmiento-Rojas  
Milton Januario Rueda-Varón  
César Hernando Rincón-González





Esta edición se imprimió en el mes de septiembre de 2021, en los talleres gráficos de Búhos Editores Ltda., con una edición de 200 ejemplares.