A grayscale photograph of a hand holding a pen, poised to write on a document. The document features several bar charts and tables. The background is dark and out of focus.

## Capítulo 4. INTEGRACIÓN DE FACTORES DE PERMANENCIA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN



**E**l sector empresarial sostiene el músculo laboral de la actividad constructiva. Asimismo, gracias a su gestión se provee a la Nación de la infraestructura para el desarrollo de las sociedades modernas. Además, su gestión se relaciona directamente con la innovación y creación de actividades productivas. Por lo tanto, se ha priorizado su formación y permanencia, como unidades fundamentales para el desarrollo económico. Sin embargo, existe un limitado conocimiento del comportamiento empresarial, junto con sus susceptibilidades y capacidades de adaptación a eventos económicos adversos. A lo anterior se suman los procesos de las empresas del sector de la construcción y las diferencias entre desempeños, según sus características.

Tales cambios permitieron establecer los factores internos que describen el comportamiento de la actividad constructiva en el entorno económico colombiano, junto con las características relevantes identificadas en la evaluación organizacional, las cuales han integrado las percepciones de empresarios alrededor de la implementación de prácticas y herramientas destinadas al mejoramiento de la gestión organizacional, evaluada mediante modelos estadísticos. Lo anterior permitió establecer los comportamientos de las empresas que han permanecido en el mercado, según su tamaño empresarial, los cuales representan el comportamiento de la actividad constructiva que permiten identificar

los factores de permanencia empresarial en el sector de la construcción.

#### **4.1 Procesos implementados para establecer los factores de permanencia empresarial del sector de la construcción**

Con el fin de establecer los factores de permanencia empresarial, se formuló un modelo integrado por diferentes técnicas estadísticas que permitieron su identificación, al definir grupos de empresas que han perdurado en el mercado y aquellas que tienen falencias y una mayor probabilidad de desaparecer. La Figura 74 expone el proceso de implementación del modelo, el cual permite identificar los factores de permanencia con mayor preponderancia en empresas del sector de la construcción. Además, mediante el análisis de correspondencias múltiples (MCA), se integran las características empresariales que dilucidan diferencias en comportamientos y la diferencia de características organizacionales, junto con su validación. Esto en coherencia con el capítulo 3 y las percepciones de empresarios, evaluadas por el instrumento de recolección empresarial, previamente validado por el coeficiente Alpha de Cronbach.

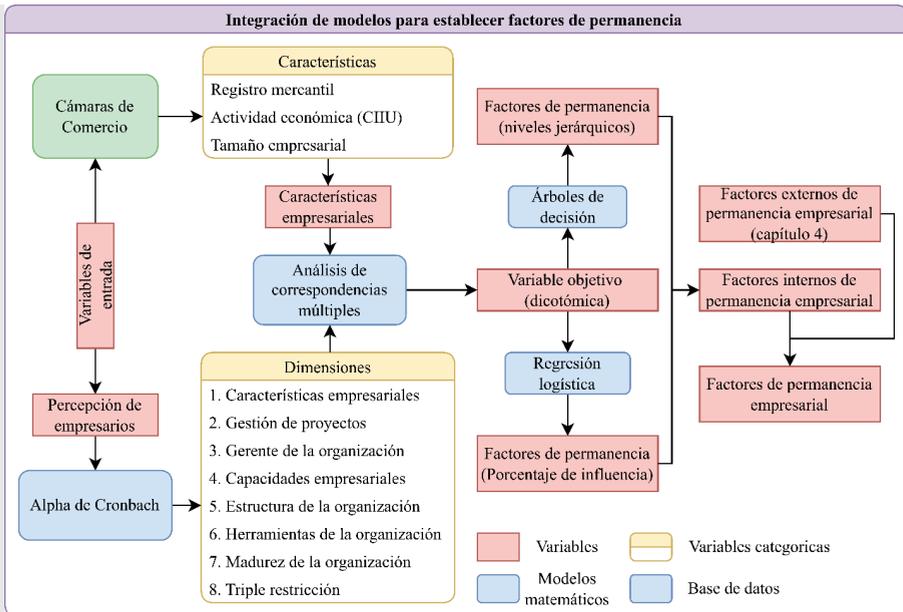


Figura 74. Modelo implementado para establecer factores de permanencia empresarial.  
 Fuente: elaboración propia.

Al establecer y agrupar los factores que caracterizan a las empresas evaluadas, fue posible identificar aquellos que han permitido a las empresas del sector de la construcción permanecer en el mercado y la falencia de las mismas en el grupo de organizaciones, que, por sus características internas, tienen deficiencias en integrar factores de éxito en proyectos. Para este fin, posterior al agrupamiento, la integración de teorías, experiencias y contextualizaciones por MCA fue posible indicar una relación subyacente entre las variables, junto con la formulación de los factores internos de permanencia, mediante la utilización de árboles de decisión y funciones logísticas. Por consiguiente, la agrupación de modelos y análisis realizados sustenta y valida las correlaciones identificadas (Razi & Athappilly, 2005).

#### 4.1.1 Construcción del instrumento para identificar las percepciones empresariales

La construcción del instrumento se efectuó a través de la revisión de investigaciones de alto impacto, ubicadas en base de datos bibliográficas virtuales (Scopus® y WoS, Scielo, entre otras). Lo anterior permitió evaluar y validar la formulación de variables relacionadas con los factores de permanencia empresarial. Estas evaluaciones integraron las herramientas de gestión, formulación y ejecución en proyectos de construcción.

Asimismo, los elementos relacionados con el tipo de investigación ejecutada (explicativa y correlacional) se integraron al instrumento implementado, junto con la sustentación de los fenómenos de permanencia. Estos resultados se soportan en los análisis de tendencias mediante su medición, descripción y explicación. El proceso implementado permitió formular juicios de valor sobre la realidad objetiva alrededor de las capacidades gerenciales de las organizaciones del sector de la construcción (Creswell, 2015; Wellington, 2015). El resultado obtenido corrobora o rechaza las hipótesis planteadas, al implementar el instrumento de evaluación. Además, sustenta el comportamiento de algunos fenómenos evaluados en diferentes dimensiones junto con su descripción a través de la formulación del método científico y la información empírica recolectada (Johnson, R. B., & Christensen, 2017).

De igual manera, los resultados generados por el instrumento permiten especificar características en el comportamiento de las empresas del sector de la construcción, al evaluar desde diferentes perspectivas los factores que pueden incidir en la dinámica y permanencia empresarial. Por consiguiente, la formulación y

evaluación del instrumento posibilita la identificación de su idoneidad, para conocer el grado de asociación que existe entre una o más variables independientes en un contexto particular (Hernández Sampieri et al., 2010). Por esta razón, es necesaria la integración de diferentes dimensiones como un conjunto de características particularmente relacionadas con los diferentes ámbitos de referencia.

- **Selección del tipo de instrumento**

Producto de la revisión bibliográfica, se identificaron mecanismos para la recolección de datos con el estudio de pertinencia y validación. Esto se sustenta en investigaciones de alto impacto para definir el instrumento idóneo, en función de las variables presentes. Asimismo, el análisis permite mantener una sistematizada rigurosidad en el proceso de selección y formulación del instrumento para recopilar las percepciones empresariales. Por lo tanto, la definición de técnicas para formular el instrumento de recolección de información empresarial se ha resumido en la Tabla 7.

Tabla 7. Técnicas implementadas para recolección de información.

Técnica de recolección de información	Descripción	Objeto	Uso en la investigación
Censo	Formato para recuento de sujetos que conforman una población estadística en estudio.	Cuantificar y comparar la base de datos de las empresas del sector de la construcción.	Análisis, depuración y validación de la base datos con el fin de establecer la muestra representativa y formular mecanismos para su identificación.
Encuestas	Cuestionario para establecer respuestas a ciertas preferencias, percepciones y comportamientos que se pretenden conocer.	Determinar la percepción de las herramientas y gestión de proyectos en las empresas, para su correlación con fenómenos internos y capacidades organizacionales.	Recolección de la percepción, aserciones y validación de elementos relacionados con factores internos en la permanencia empresarial del sector.

Fuente: elaboración propia.

- **Formulación del censo para la selección de la muestra representativa**

El DANE (2019) define el censo como *“una operación estadística periódica exhaustiva que se realiza sobre un conjunto de unidades económicas pertenecientes al ámbito del sector productivo, que se ha definido como objetivo, con el fin de establecer sus características principales”*. Por lo anterior, los censos permiten proveer estadísticas sobre variables que inciden al interior de organizaciones y que realizan actividades económicas particulares, junto con la identificación y planificación adecuadas (Cámara de Comercio de Pereira, 2020; United States Census Bureau, 2013). Asimismo, permite establecer el número de empresas y su representatividad para el posterior proceso de indagación.

- **Implementación de la encuesta para establecer percepciones de empresarios**

Las encuestas se definen como el mecanismo ideal para la recolección de información, a través de la valoración de percepciones de un grupo de personas o con elementos a analizar. Además, esta metodología facilita una recolección numérica de la información para su posterior análisis por medio del uso de herramientas estadísticas, con el fin de comparar y correlacionar las variables identificadas con comportamientos organizacionales representativos (Creswell, 2015).

Lo anterior se resume en tres actividades altamente vinculantes: la selección, su aplicación y evaluación del instrumento de medición. Además, los resultados obtenidos son útiles para identificar fenómenos globales. Esta última actividad es el resultado del procesamiento de datos, el cual implica la vinculación de conceptos con indicadores empíricos, sustentados por la implementación matemática idónea. Esta formulación se realiza a través de una planeación y sistematización que incluye el tratamiento de información recolectada para ilustrar relaciones y tendencias (Sampieri-Hernandez et al., 2014).

- **Construcción del instrumento para recolección de información empresarial**

La construcción del instrumento se ha planteado con el fin de identificar características empresariales de la muestra seleccionada. Estos elementos son obtenidos por la indagación junto con la contextualización de estas valoraciones. Para este propósito se formuló un instrumento que recoge las percepciones cualitativas

mediante un cuestionario que permitió la correlación de información con el planteamiento formulado en las hipótesis, en coherencia con las variables evaluadas. Por lo anterior, el instrumento se compone de ocho dimensiones o grupos de temáticas relacionadas, para determinar las características internas de la organización con la permanencia empresarial. Estas dimensiones se ilustran en la Figura 75.

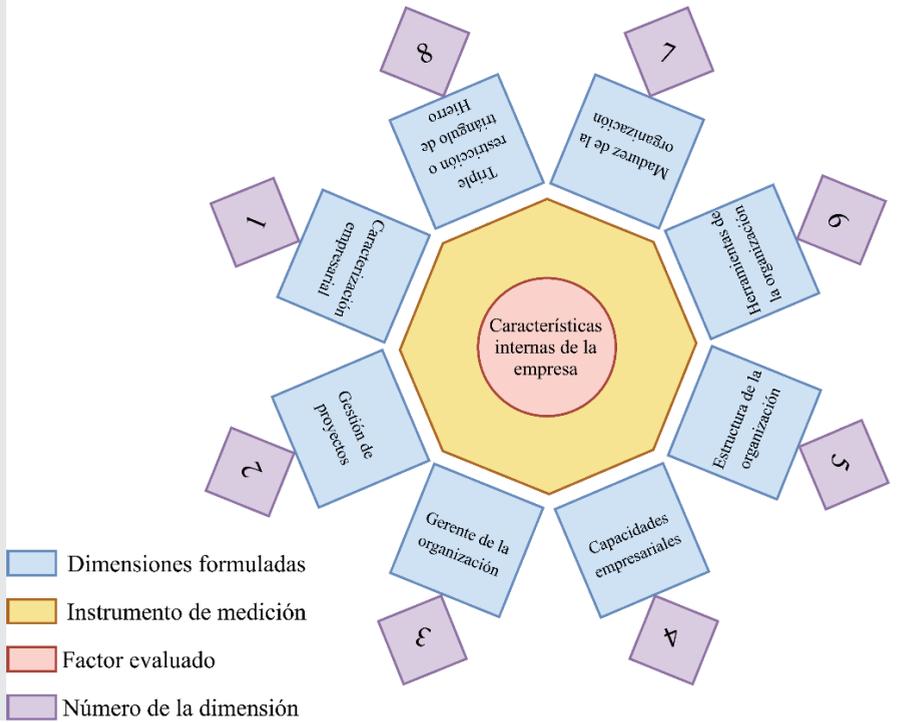


Figura 75. Dimensiones del instrumento seleccionado.  
Fuente: elaboración propia.

De conformidad al objeto de estudio, las dimensiones formuladas fueron constituidas a partir de las principales capacidades de la organización. Igualmente se relaciona con la base de datos empresarial y algunos factores de éxito planteados en la bibliografía. La Tabla 8 expone su definición.

Tabla 8. Dimensiones del instrumento.

N°	Dimensión	Objetivo	Elementos a indagar
1	Caracterización empresarial	Identificar la relación de parámetros relacionados con la descripción de las empresas como herramienta de validación al comparar la muestra seleccionada con la base de datos empresarial.	Actividad económica Modalidades de contratación Tamaño empresarial Sedes administrativas Cantidad de empleados
2	Gestión de proyectos.	Evaluar la aplicación de procesos, métodos, habilidades, conocimientos y experiencia para lograr los objetivos específicos en proyectos de construcción, de acuerdo con los criterios de aceptación dentro de los parámetros acordados (Association of Project Management, 2019)	Formulación y asignación de roles en equipos de trabajo Incorporación y estandarización de procedimientos Seguimiento y control en los procesos Políticas de evaluación, selección y contratación de proveedores Gestión del tipo de interesado
3	Gerente de la organización	Identificar la importancia, habilidades y experiencia del gerente de la organización o proyectos	Formulación de planes de mitigación Liderazgo y experiencia del gerente Características del gerente
4	Capacidades empresariales	Establecer el conjunto de habilidades técnicas y comerciales que ha implementado la empresa	Incorporación de estándares y prácticas de gerencia de proyectos Capacidad física y tecnológica de la organización Satisfacción del cliente Gestión de las restricciones del proyecto Sub-Contratación
Talento humano capacitado y certificado en gerencia de proyecto			

N°	Dimensión	Objetivo	Elementos a indagar
5	Estructura de la organización	Identificar las formas de organización interna y administrativa de las empresas, que incluyen la conformación de organismos para la distribución de funciones	<p>Nivel de implementación de componentes relacionados con la estructura de la organización</p> <p>Personal involucrado en los proyectos.</p> <p>Componentes de la gerencia de proyecto en la estructura organizacional</p> <p>Capacidades físicas y tecnológicas de la organización.</p>
6	Herramientas de la organización.	Evaluar las herramientas formales o guías procedimentales implementadas en la organización	<p>Estructuras de apoyo en la organización.</p> <p>Implementación de estándares o metodologías en la gestión de proyectos.</p> <p>Herramientas informáticas en la organización</p>
7	Madurez de la organización	Evaluar la implementación de herramientas en los procesos y cultura organizacional, en función del tiempo en el mercado. Puede llevar dos años o más alcanzar algunos niveles iniciales de madurez (Kerzner, 2017).	<p>Número de proyectos realizados por año</p> <p>Año de constitución de la organización</p> <p>Capacidades de la organización</p>
8	Triple restricción (alcance, tiempo y costo)	Evaluar el triángulo de hierro (costo, tiempo y alcance) para establecer la visión de las empresas con la medición del rendimiento (Badewi, 2016; Pollack et al., 2018).	Evaluación del cronograma, cambios en los costos del proyecto y sus objetivos

Fuente: elaboración propia.

- **Escalas de respuesta del instrumento**

Los instrumentos son herramientas orientadas a la investigación de fenómenos, comportamientos y caracterización de individuos inmersos en un contexto específico. Estos permiten, desde enfoques teóricos, la definición estructurada de las indagaciones mediante la valoración discreta en un rango de valor preestablecido y definido como escalas de medición. Además, deben acompañarse con un “*grado de confianza*” que sustente las percepciones subjetivas evaluadas, junto con la inferencia sobre las diferencias en la interpretación de resultados. De acuerdo a lo anterior, se incluyeron algunos referentes teóricos relacionados con la parametrización acertada del instrumento.

- **Parámetros implementados en el instrumento de evaluación**

Se han formulado dos tipos de parámetros para la formulación del instrumento. El primero es definido como “*open-ended*” (preguntas abiertas), con el fin de recolectar información o criterios para responder según su percepción sin limitar su respuesta a un conjunto de opciones. Su implementación se limita a la definición de características de la organización. El segundo tipo es definido como indagaciones de acercamiento o “*closed-ended*” (respuesta cerrada) con un conjunto preestablecido de posibles respuestas. Esta formulación permite la creación de categorías fijas y criterios de valoración. Además, este tipo de parámetro se caracteriza por la opción de pregunta restringida para la identificación de características propias (Creswell, 2015). Junto al tipo de preguntas formuladas se define sus tipologías y escalas, resumidas en la Tabla 9.

Tabla 9. Caracterización de los tipos de escalas utilizados en el instrumento.

Tipo de pregunta	Tipo de escala	Descripción
Open-ended	Abierta	Preguntas abiertas con el fin de caracterizar la muestra
Close-ended	Múltiples opciones con única respuesta	Múltiples respuestas predeterminadas y selección de una por pregunta
	Opciones con múltiples respuestas	Preguntas con grupos de respuestas predeterminadas y la capacidad de escoger varias
	Calificación	Respuestas discretas de 0 a 10 (sin importancia-muy importante-muy bajo-muy alto), para establecer el grado de pertinencia del elemento indagado
	Porcentaje (%)	Categorías de respuestas en rangos de porcentajes de 0% al 100 % (nunca hasta siempre, en escala cualitativa), al seleccionar el nivel de implementación de los elementos indagados

Fuente: adaptado de JW Creswell, (2015). Educational Research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research.

- **Indagaciones que integran el instrumento formulado**

De conformidad a los argumentos planteados, según las dimensiones y escalas de medición formuladas, se construyó el instrumento con 53 indagaciones, como se expone en la Tabla 10.

Tabla 10. Preguntas y tipos de escala del instrumento.

N°	Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
P1	Tipo de organización	Persona Jurídica Persona Natural	
P2	¿Cuál es la actividad económica de la organización?	F4210 Construcción de carreteras y vías de ferrocarril F4112 Construcción de edificios no residenciales F4111 Construcción de edificios residenciales F4290 Construcción de otras obras de ingeniería civil F4220 Construcción de proyectos de servicio público F4311 Demolición F4322 Instalaciones de fontanería calefacción y aire acondicionado F4321 Instalaciones eléctricas F4390 Otras actividades especializadas para la construcción de edificios y obras de ingeniería civil F4329 Otras instalaciones especializadas F4312 Preparación del terreno F4330 Terminación y acabado de edificios y obras de ingeniería civil	Múltiples opciones con única respuesta
P3	¿Cuál es el tamaño de la empresa?	Otra actividad Microempresa Pequeña Mediana Grande	

N°	Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
P4	¿Cuántas sedes administrativas u operativas posee la organización a nivel nacional?	Verbal	Abierta
P5	De las siguientes modalidades, ¿Cuál es su principal tipo de contratación de empleados?	Planta de tiempo completo Necesidad de servicios - temporales Nombramiento de cargo con funciones específicas - planta	
P6	¿Qué tipo de herramientas y maquinaria usted utiliza con mayor frecuencia en el proceso constructivo?	Equipos propios Equipos rentados Equipos hechos, rústicos o de auto fabricación Maquinaria especializada Ninguna Otro	Múltiples opciones con única respuesta
P7	¿Cuál(es) de las siguientes características externas influyen en la continuidad o la mejora de la empresa en el entorno?	Imagen corporativa (conjunto de elementos que identifica a su marca o empresa y que generan una primera impresión al público objetivo) Economía de escala (optimización de la producción para producir más a menor costo) Financiamiento (adquisición de recursos para inversión y ejecución de proyectos) Diversificación de mercados y apertura a nuevas economías Implementación de herramientas de comunicación y manejo de información	Múltiples opciones con múltiples respuestas

N°	Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
		Calidad servicios (un servicio satisface o sobrepasa las necesidades o expectativas del cliente)	
	¿Cuál(es) de las siguientes características	Madurez (grado de implementación de prácticas, procesos, capacidades estratégicas y tecnológicas de la organización)	
		Conocimientos de gerencia de proyectos, estándares, técnicas y herramientas	
P8	internas influyen en la continuidad o la mejora de la empresa en el entorno?	Planes de gestión de calidad	
		Gestión efectiva de interesados (satisfacción de expectativas de clientes e inversionistas)	
		Implementación efectiva de Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC)	
		Alianzas estratégicas y de posicionamiento (cadenas de suministro, conocimientos y aprendizaje, otros)	Múltiples opciones con múltiples respuestas
		Logos o símbolos	
		Misión y visión	
		Estrategia de marketing y mercadeo	
		Colores corporativos	
		Página web	
		Ninguna	
		Calidad y cumplimiento del servicio	
		Presencialidad	
		Trabajo bien hecho y cumplimiento	

Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
P10	<p>En un año ¿Cuántos proyectos de construcción realiza su organización?</p> <p>Contrato civil de obra (construcción, mantenimiento, instalación u otro trabajo sobre bienes inmuebles)</p> <p>Consultorías (interventoría, asesoría, gerencia de obra o de proyectos, dirección, programación y ejecución de diseños, planos, anteproyectos y proyectos)</p> <p>Prestación de servicios (apoyo de gestión a las instituciones)</p> <p>Concesión (prestación, operación, explotación, organización total o parcial de un servicio público, obra o bien)</p> <p>Encargo fiduciario público (manejo de recursos de anticipos)</p> <p>Arrendamiento (arrendamiento de inmuebles al Estado)</p> <p>Contrato de suministro (bienes o servicios)</p>	Abierta
P11	<p>¿Qué tipos de contratación desarrolla con mayor frecuencia en la organización?</p>	Múltiples opciones con única respuesta
P12	<p>Selección de las siguientes características, cuál(es) han representado mayor dificultad en la gestión de sus proyectos.</p> <p>Dependencia con otros proyectos</p> <p>Disponibilidad de recursos</p> <p>Variedad de sistemas que requieren interconectarse para el desarrollo del proyecto</p> <p>Proyectos en espacios confinados con limitaciones de acceso</p> <p>Dificultad para delimitar los objetivos y el tiempo para cumplirlos</p> <p>Proyectos que requieren alta coordinación, control y monitoreo de inicio a fin</p>	Múltiples opciones con múltiples respuestas

Nº	Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
		Proyectos con demasiadas correlaciones y dependencias de actividades y recursos (maquinaria, materiales y talentos humanos)  Limitaciones operativas o tecnológicas para desarrollar actividades del proyecto  Pagos de impuestos (retenciones, deducciones fiscales)	
		Ninguna  Menor a 3 meses  De 3 a 6 meses  Mayor a 6 meses	
P13	Duración aproximada del proyecto	Menor a 880 millones  Entre 880 y 2600 millones  Mayores a 2600 millones	
P14	Costo total aproximado del proyecto (COP)	Menor a 3  Entre 3 y 4  Entre 5 y 10  Mayor a 10	Múltiples opciones con única respuesta
P15	Personal vinculado al proyecto	El alcance es mínimo, con presupuesto flexible y pequeños hitos definidos  Con plazos firmes (definidos formalmente), donde el alcance y los hitos son realistas  De alcance ambicioso, inflexibles y con presupuestos restringidos	
P16	De las siguientes características, ¿Cuál describe los proyectos que usted ha desarrollado?		

N°	Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
P17	De acuerdo a su experiencia, seleccione el enunciado que mejor define los objetivos y problemáticas de sus proyectos	<p>Tienen un objetivo y una solución clara a desarrollar</p> <hr/> <p>Tiene un objetivo claro, pero la solución a desarrollar no es clara</p> <hr/> <p>No se tiene un objetivo claro ni la solución a desarrollar clara</p>	
P18	De las siguientes características, ¿Cuáles considera necesarias en un gerente de proyectos?	<p>Experiencia (tiempo dedicado a gerencia de proyectos)</p> <hr/> <p>Capacidades técnicas y financieras (habilidades y herramientas apropiadas)</p> <hr/> <p>Liderazgo (dirigir los esfuerzos de un grupo de personas hacia una meta común y hacer posible que trabajen como un equipo)</p> <hr/> <p>Trabajo en equipo (empatía, motivación y espíritu de cuerpo)</p> <hr/> <p>Habilidades de negociación</p> <hr/> <p>Gestionar el cambio (políticas, requerimientos, entorno y procesos)</p> <hr/> <p>Conocimiento de herramientas y técnicas de gestión de proyectos (estándares y normatividad)</p> <hr/> <p>Pensamiento estratégico (capacidad de entendimiento del entorno y la organización)</p> <hr/> <p>Comunicación efectiva</p> <hr/> <p>Resolución de conflictos (flexibilidad, creatividad, paciencia, persistencia, entre otros)</p>	Múltiples opciones con múltiples respuestas
P19	De los siguientes componentes ¿cuál(es) existen en su organización?	<p>Ninguna</p> <hr/> <p>Oficina de proyectos</p> <hr/> <p>Gerente o líder de proyectos</p> <hr/> <p>Responsable o coordinador de proyectos</p> <hr/> <p>Direcciones por áreas funcionales</p> <hr/> <p>Ninguna</p>	

N°	Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
P20	¿Cuál(es) de los siguientes estándares o metodologías ha utilizado para la gestión de proyectos en su organización?	PMBOK del PMI ISO 21500 Marco Lógico (MML) y Metodología General Ajustada (MGA) APM Herramientas Ágiles Experiencia propia Ninguna Enterprise Resource Planning (ERP) propia	
P21	Califique el grado de involucramiento de los interesados en los proyectos que usted ha realizado	Siempre Mayormente Ocasionalmente Pocas veces Nunca	Múltiples opciones con única respuesta
P22	¿Cuál(es) de las siguientes herramientas ha utilizado para la gestión de sus proyectos?	Microsoft Excel ® Microsoft Project ® Primavera ® Software a la medida Ninguna ingemax Word y motores de búsqueda Autocad	Múltiples opciones con múltiples respuestas

N°	Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
P23		Asignación y distribución de roles específicos en los equipos de trabajo	
P24		Incorporación y estandarización de nuevos procedimientos	
P25		Seguimiento y control de presupuestos	
P26		Verificación y control de procesos y procedimientos	
P27		Procesos, mecanismos para la selección de personal	0-20%
P28		Políticas de contratación, evaluación y selección de proveedores	21-40%
P29		Políticas de contratación	41-60%
P30		Control de procesos de entes gubernamentales, licenciamiento y normatividad	61-80%
P31		Controles de calidad en cada una de las etapas del proyecto	81-100%
P32		Elaboración e implementación de planes de mitigación	
P33		Mecanismos de medición y evaluación de proyectos	
P34	De acuerdo con la experiencia en el sector de la construcción, ¿cuáles son las herramientas que utiliza con mayor frecuencia en las áreas de gestión de proyectos?	<p>Juicio de expertos y/o Delphi</p> <p>Análisis de valor ganado (EVM)</p> <p>Reunión de inicio (kickoff meeting)</p> <p>Formulario de aceptación del cliente</p> <p>Recopilación de datos (listas, hojas de verificación, muestreos)</p> <p>Análisis de interesados</p>	Múltiples opciones con múltiples respuestas

Nº	Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
		Análisis de datos (muestreo estadístico, costo-beneficio, varianzas, tendencias, etc.) Reportes de progreso Auditoría o inspección Análisis de ruta crítica (crashing y/o fast tracking) Reuniones de avance Líneas base Planeación de hitos Habilidades de comunicación, interpersonales y de equipo Gestión del tiempo (diagramas de Gantt, Pert, otros) Documentación de cierre del proyecto Estructura de Desglose del Trabajo (EDT)	
P35	¿Qué tiempo de experiencia tiene como gerente de proyectos?	Menor de 5 Entre 5 y 10 Entre 10 y 20 Mayor de 20 Ninguna	Múltiples opciones con única respuesta

N°	Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
P36	Califique el grado de implementación de herramientas de análisis de viabilidad de proyectos (técnicos, financieros, normativos, administrativos, ambientales, etc.) en su organización	0 - Muy bajo 1 . . 9 10 - Muy alto	
P37	grado de implementación de procesos de rotación o cambio de personal en los proyectos de la organización		Calificación
P38	Liderazgo y experiencia del gerente	1 - Sin importancia 2 3 4	
P39	Incorporación de estándares y prácticas de gerencia de proyectos	5 - Muy Importante	
P40	Capacidad física y tecnológica de la organización		
P41	Satisfacción del cliente		

N°	Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
P42	Gestionar las restricciones del proyecto		
P43	Sub-Contratación		
P44	Talento humano capacitado y certificado en gerencia de proyectos		
P45	Seleccione ¿Con cuál(es) de los siguientes gestiona el alcance de sus proyectos?	De acuerdo a los pliegos A través gestión de los interesados Aplicando técnicas de definición de alcance Por unanimidad Atendiendo los requerimientos patrocinadores del proyecto Por objetivo específico	Múltiples opciones con múltiples respuestas
P46	¿Con qué frecuencia se han presentado cambios o retrasos en los cronogramas de los proyectos desarrollados en su organización?	0 - Muy bajo 1 . . 9 10 - Muy alto	Calificación

N°	Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
P47	¿Con qué frecuencia se han presentado sobrecostos en los proyectos desarrollados en su organización?		
P48	¿Con qué frecuencia se han presentado incrementos de los costos de productos, insumos y/o servicios relacionados con los proyectos desarrollados en su organización?		
P49	¿Con qué frecuencia se han presentado cambios en los objetivos de los proyectos desarrollados en su organización?		
P50	¿Cuáles de los siguientes procesos incorporan análisis de indicadores macroeconómicos de producción y gastos?	<p>Realizar estimaciones presupuestales (cotizaciones, precios, ingresos, gastos, costos) del proyecto</p> <hr/> <p>Realizar compras y/o ventas en el extranjero (importación/exportación)</p> <hr/> <p>Gestionar el riesgo de los proyectos (riesgos financieros, técnicos, jurídicos, legales entre otros)</p>	Múltiples opciones con múltiples respuestas

N°	Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
	Evaluar el impacto de factores ambientales (políticos, socioeconómicos, ambientales y tributarios, entre otros) en el desarrollo del proyecto		
	Gestionar el cambio dentro de la organización (iniciativas, cambio actividad económica, reestructuración)	Se conocen mas no se utilizan	
		No se conocen y no se utilizan	
		Bases de datos comerciales (ej. Construdata)	
	Precios de entidades territoriales (gobernaciones, alcaldías, y otras entidades territoriales)	Consultores externos	
		Estudios de mercado (benchmarking)	
P51	En la formulación de proyectos, ¿Cuál(es) variable(s) de oferta incorpora en sus análisis de viabilidad (oportunidades y amenazas)?	Indicadores de oferta del DANE (producción del cemento gris, áreas licenciadas, áreas iniciadas o culminadas)	
		Investigaciones con gremios (Cámara de comercio, Camacol)	
		Experiencia empírica (apetito al riesgo, intuición, charlas informales)	
		Se conocen mas no se utilizan	
		No se conocen y no se utilizan	
	Análisis de la zona de trabajo (orden público, acceso, precios ferretería y canteras)		

N°	Indagación	Posible respuesta	Escala de medición
P52	<p>En la formulación de proyectos, ¿Cuál(es) variable(s) en la demanda incorpora en sus análisis de viabilidad (oportunidades y amenazas)?</p>	<p>Utilización de portales de contratación pública (Colombia compra eficiencia, Colombia licita, SECOP)</p> <p>Estudios de mercado</p> <p>Investigaciones con gremios (Cámara de comercio, Camacol)</p> <p>Participación en eventos y foros gremiales (ferias de vivienda, ferias de la construcción, entre otros)</p> <p>Planes de programas y proyectos de desarrollo (políticas públicas)</p> <p>Indicadores de demanda de materiales de construcción del DANE (cemento gris, concreto, concreto premezclado)</p> <p>Indicadores financieros (IPC, TRM, créditos y cartera hipotecaria, entre otros)</p> <p>Experiencia empírica (apetito al riesgo, intuición, charlas informales)</p> <p>Se conocen mas no se utilizan</p> <p>No se conocen y no se utilizan</p> <p>Índice de precios de vivienda nueva</p> <p>Índice de costos de la construcción de vivienda</p> <p>Índice de costos de la construcción pesada</p> <p>Indicador de inversión en obras civiles</p> <p>Índice de precios de producción de materiales de construcción</p> <p>Indicador de Cartera Hipotecaria de Vivienda (CHV)</p> <p>Censo de edificaciones (CEED)</p> <p>Se conocen mas no se utilizan</p> <p>No se conocen y no se utilizan</p>	
P53	<p>En la formulación de proyectos de los siguientes ¿Cuál(es) precios e indicadores utiliza?</p>		

Fuente: elaboración propia.

- **Procedimiento para la construcción del instrumento**

La Figura 76 expone el procedimiento planteado para la construcción del instrumento, junto con la posterior recolección y análisis de las percepciones empresariales.

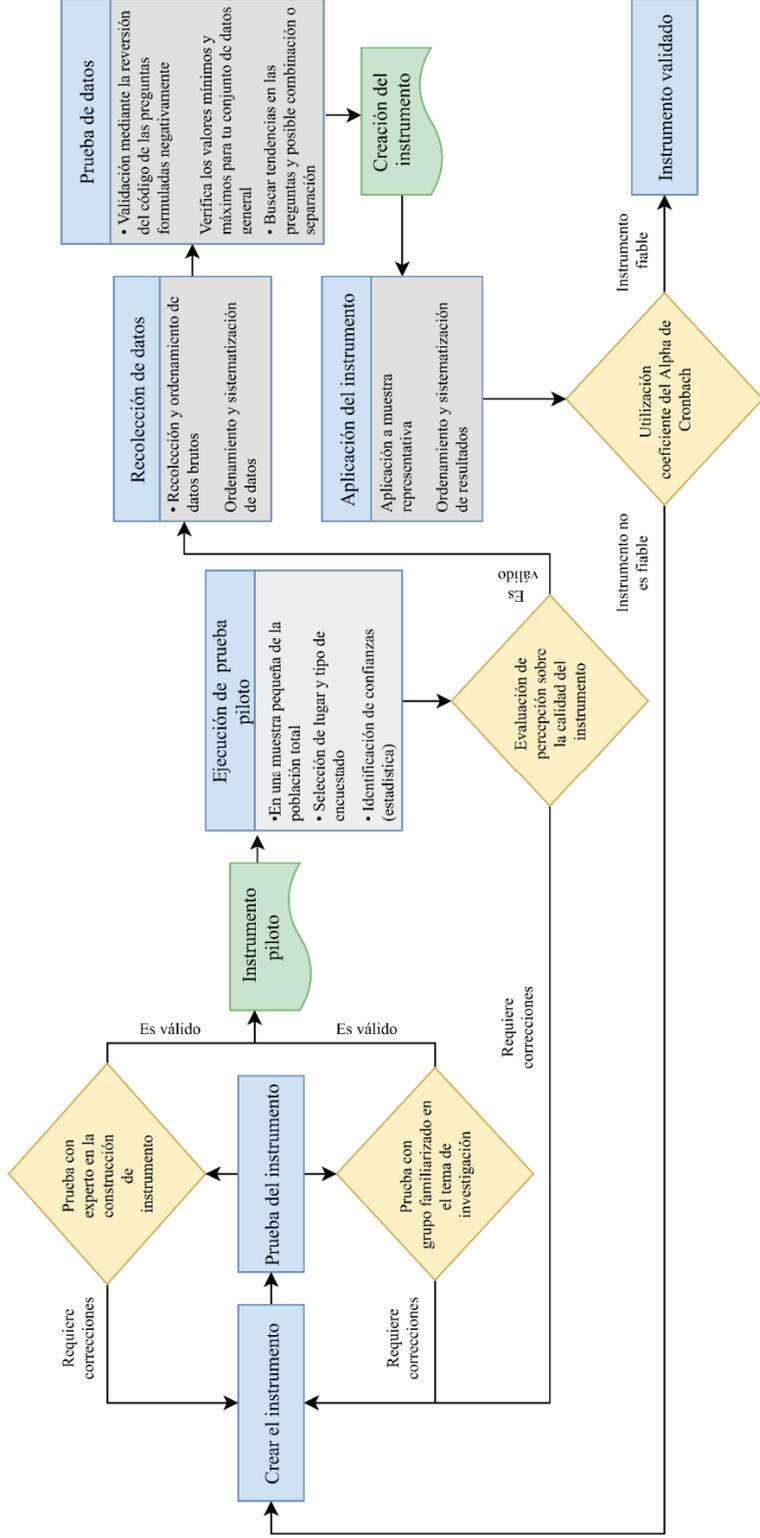


Figura 76. Procedimiento para la construcción e implementación del instrumento.

Fuente: elaboración propia.

Con base en el esquema formulado en la Figura 76, se desglosan sus componentes a continuación:

- **Revisión preliminar del instrumento**

La incorporación de variables en las dimensiones del instrumento incluye mecanismos y actividades para su validación. Por lo anterior, la revisión preliminar por expertos ofrece mejoras en redacción, formatos de respuesta, instrucciones y flujo del análisis en los resultados. Dichas verificaciones son rápidas, económicas y suelen detectar con mayor facilidad los errores en el instrumento. Estos se realizaron mediante “*rúbricas*” como mecanismos que proporcionan herramientas sistemáticas para aportar las sugerencias orientadas a la solución de problemas, mayor entendimiento y precisión (Beatty et al., 2020; Yan et al., 2012).

- **Elaboración de la prueba piloto**

La aplicación del instrumento incorpora aportes en la identificación de problemas para la comprensión, pertinencia de los tipos de escalas y preguntas en una fase preliminar en una pequeña proporción de la muestra. Estas han sido definidas como el 20% del total de empresas a evaluar. Asimismo, en la formulación de la prueba piloto se correlacionan las percepciones, junto con las características de la organización evaluada para ajustar de manera iterativa las versiones. Esto permite incrementar la fiabilidad del instrumento mediante el uso de las herramientas mencionadas anteriormente (revisión de expertos, grupos familiarizados con el tema de investigación, etc.) (Beatty et al., 2020; Braun & Clarke, 2019).

- **Recolección de datos**

La herramienta de recolección, ordenamiento y sistematización de datos fue el aplicativo web Google Forms<sup>®</sup>, para su formulación digital y remota. Posteriormente se ordena y describe la información resultante, junto con la correlación descriptiva de los fenómenos relacionados. Además, el análisis es soportado por técnicas estadísticas para validar la pertinencia del instrumento, lo que permitió sustentar las inferencias formuladas por la muestra representativa (Yan et al., 2012).

- **Validación del instrumento**

El coeficiente alfa de Cronbach ( $\alpha$ ) es conocido como la medida de consistencia interna para los instrumentos de medición. Estos se conforman por varios elementos para responder a ciertos fenómenos, mediante la inferencia directa a la fuente de información. La fiabilidad de los instrumentos utilizados en diversos estudios ha merecido una mayor atención que otros indicadores. Cortina (1993) lo definió como *“uno de los estadísticos más importantes y omnipresentes en la investigación que implica la construcción y el uso de pruebas”*, inclusive, su uso con mediciones en múltiples elementos de percepción es considerado rutinario para indicar la calidad del instrumento (Amirrudin et al., 2020; Hayes & Coutts, 2020; Taber, 2018).

Este coeficiente permite comprobar la fiabilidad, definida como la cuantificación de similares resultados esperados o medidas repetidas para observar la consistencia de las interpretaciones de las inferencias formuladas. Esto permite deducir la validez de las respuestas encontradas que definen un comportamiento

(Taber, 2018). Si bien, una alta fiabilidad no garantiza la precisión, esta proporciona una base sustentable para realizar inferencias sobre los cambios identificados.

Sin embargo, al identificar respuestas no fiables, se incrementa la dificultad para distinguir los cambios genuinos del fenómeno en estudio. Por lo tanto, la falta de fiabilidad del instrumento se puede representar como una alta diferencia en la escala de actitudes o prueba de conocimientos en la realización de lecturas repetidas. Eso es recurrente, ya que los seres humanos cambian constantemente su percepción debido a las experiencias entre la dirección del instrumento y los cambios en el propio proceso de medición.

La teoría clásica de los “test” o pruebas es la base de muchas medidas de fiabilidad propuestas a lo largo de las décadas y que han sido utilizadas por investigadores en variadas áreas de conocimiento. Al aplicar una escala de medición de múltiples elementos, la teoría clásica postula que la respuesta ofrecida por una persona o encuestado al ítem  $i$ , en un conjunto de  $k$ -ítems, miden un constructo o fenómeno en función de la “puntuación verdadera” ( $T$ ) del encuestado y el error aleatorio ( $e$ ) de medición. La ecuación (9) define el modelo clásico de los test (Cervantes, 2005; Hayes & Coutts, 2020) (9).

$$X_i = \mu_i + \lambda_i T + e_i \quad (9)$$

Donde:

$\mu_i$  = constante

$\lambda_i$  = carga factorial del ítem  $i$

$e_i$  = error de estimación de las respuestas al ítem  $i$ .

La ecuación (9) se representa gráficamente como modelo factorial unidimensional de la variable latente  $T$ , al utilizar  $k$ -indicadores de  $T$  (ítems  $X_i$ ). La Figura 77 (sin constantes) ilustra este modelo.

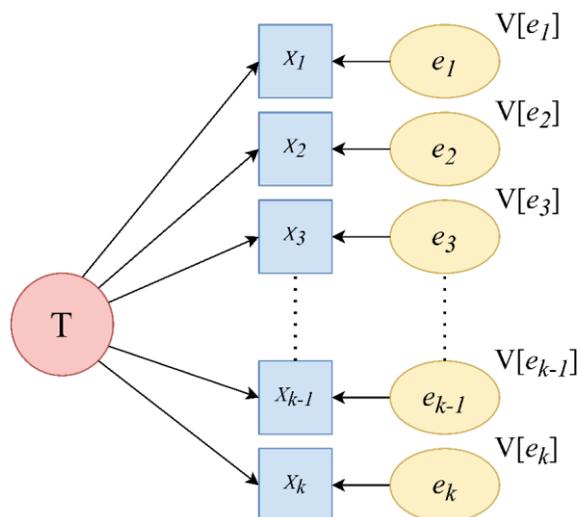


Figura 77. Modelo factorial unidimensional con variable latente  $T$  y  $k$  indicadores observados ( $X_i$ ). Fuente: modificado de Andrew F Hayes & Jacob J Coutts. (2020). Use Omega Rather than Cronbach's Alpha for Estimating Reliability But...

Este modelo supone que cada uno de los  $X_k$ -ítems se define con una escala de respuesta común, lo que suele ocurrir cuando un investigador, para evaluar un constructo específico, utiliza una escala de medición de múltiples elementos, ya que  $T$  rara vez puede conocerse directamente. Por consiguiente, se implementan estos mecanismos de medición (instrumento), mediante la estimación indirecta de las respuestas de un encuestado a los  $k$ -ítems, utilizado con frecuencia como aproximación a  $T$  (Amirrudin et al., 2020; Hayes & Coutts, 2020). Sin embargo, como cada  $X_i$  contiene algún error aleatorio (ecuación (9)) e igualmente en  $O$ , definido como la sumatoria de las puntuaciones observadas. Este modelo se ilustra en la ecuación (10).

$$O = \sum_{i=1}^k X_i \quad 10$$

La fiabilidad, como la proporción de la varianza ( $V$ ) en las puntuaciones observadas  $O$  es atribuible a la varianza real en  $T$  y es equivalente a la relación ( $V(T)/V(O)$ ). Si la anterior proporción es alta, significa que la mayor parte de la variación en  $O$  es atribuible a la variación real, que trata de medir a  $T$  por el instrumento indirectamente. Esto bajo el supuesto de que  $e_i$  no está correlacionado con  $T$  para los  $k$ -ítems y de que todas las cargas factoriales son iguales a un valor común  $\lambda$ . La fiabilidad de  $O$  puede estimarse con una alta precisión, al utilizar el  $\alpha$  de Cronbach (Cronbach, 1951), definido en la ecuación (11).

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left| 1 - \frac{\sum_{i=1}^k V(x_i)}{V(O)} \right| \quad (11)$$

Donde:

$V(x_i)$ = Varianza de respuestas al ítem  $i$

$V(O)$ = Varianza de la sumatoria de las puntuaciones observadas.

El  $\alpha$  de Cronbach estima la correlación al cuadrado entre  $T$  y  $O$ , definida como la proporción de varianza entre las puntuaciones observadas, atribuibles a la verdadera variación en las dimensiones o grupos de medida. De modo que  $\sqrt{\alpha}$  estima la correlación entre  $T$  y  $O$ . El  $\alpha$  de Cronbach considera las diferencias en las desviaciones estándar de los ítems y los compara con un  $\alpha$  estandarizado en la medida en que existen estas diferencia (Cortina, 1993). No obstante, la ecuación

(11) representa el  $\alpha$  de Cronbach no estandarizado o el cálculo sobre la matriz de covarianza de los elementos ( $X_i$ ) con  $k$ -ésimos elementos.

Por consiguiente, se utiliza un  $\alpha$  de Cronbach estandarizado, que se calcula sobre la matriz de correlación de los  $X_i$ -ésimos elementos. A partir de la matriz de covarianza se obtiene una matriz de correlación  $R$ , al dividir cada elemento por el producto de las desviaciones estándar de las variables correspondientes (lo que equivale a estandarizar cada ítem y calcular la matriz de covarianza de los ítems estandarizados resultantes) (Falk & Savalei, 2011). La correlación media de los  $k$ -ésimos ítems y  $X_i$ -ésimos elementos corresponde a la varianza del compuesto de ítems estandarizados, como se expresa en la ecuación (12).

$$r_i = \frac{1}{X_k} \sum_{i=1}^k R_i \quad (12)$$

Donde:

$r_i$ = Promedio de la matriz de correlación  $R_i$

$R_i$ = matriz de correlación

$X_k$ =total de ítems de la matriz de correlación

Por lo anterior, se formula el coeficiente  $\alpha$  de Cronbach estandarizado ( $\alpha_R$ ) en la ecuación (13), basado en la matriz de correlación.

$$\alpha_R = \frac{kr_i}{1 + r_i(k - 1)} \quad (13)$$

El  $\alpha_R$  puede emplearse de forma significativa para datos binarios en diferentes escalas de medición. No obstante, el número de ítems de la prueba, la interrelación de los mismos y la dimensionalidad afectan al valor del  $\alpha_R$ . Un valor bajo podría ser causado por el número reducido de indagaciones, que generan bajas correlaciones entre las respuestas generadas para la muestra. Si el valor es demasiado alto o muy cercano a uno (1), se puede inferir la redundancia en algunos ítems. Asimismo, pueden existir valores mayores a uno y menores a cero. Los investigadores suelen considerar un  $\alpha$  de 0,7 como mínimo y 0,95 como valor límite (Joé Hair et al., 2016; Sharma, 2016). La Tabla 11 expone estas consideraciones.

Tabla 11. Reglas generales sobre el tamaño del coeficiente alfa de Cronbach

Rango del coeficiente	Fuerza de asociación
< 0,6	Pobre
0,6 a < 0,7	Moderado, bueno
0,7 a < 0,8	Bueno, sobresaliente
0,8 a < 0,95	Muy bueno, Excelente *

\* Si el alfa es > 0,95, los ítems deben ser inspeccionados para asegurar que miden diferentes aspectos del concepto.

Fuente: Hair, Joé Celsi, Mary Money, Arthur Samouel, Phillip Page, Michael. (2016). Essentials of Business Research Methods.

El  $\alpha$  de Cronbach supone que todos los indicadores son igualmente fiables (todos tienen la misma carga externa en el instrumento) y es sensible al número de ítems y la escala. Por lo tanto, su implementación no es apropiada al utilizar la puntuación bruta en el instrumento, ya que las diferencias en la varianza de los ítems afectan la valoración total (Cortina, 1993; Joseph Hair et al., 2017). La medición de la confiabilidad del instrumento por el  $\alpha$  de Cronbach es evaluada por el software libre "R".

#### 4.1.2 Procesos para agrupación de características empresariales

Con base en las características empresariales evaluadas en el capítulo 3, estas se correlacionaron con las percepciones de empresarios alrededor de las herramientas y procesos según los resultados del instrumento. Estos son condensados y evaluados por las dimensiones formuladas en la Tabla 8, a través de herramientas estadísticas multivariadas descritas a continuación.

- **Análisis de correspondencias múltiples (MCA)**

El análisis de correspondencias múltiples (MCA por sus siglas en inglés) es un método factorial para el análisis de datos. Este se utiliza para describir, explorar, resumir y visualizar la información contenida en una tabla de datos con  $N$  individuos descritos por  $P$  variables categóricas (Blasius & Greenacre, 2014; Pagès, 2015). El MCA se aplicó, principalmente, a una tabla de contingencia (tabla en un formato de matriz que muestra la distribución de frecuencia (multivariante)) para registrar y analizar la asociación entre dos o más variables, habitualmente de naturaleza cualitativa (nominales u ordinales), lo que produce un mapa que visualiza la asociación entre dos variables categóricas (Murtagh, 2007; Pagès, 2015). Por lo anterior, el MCA permite correlacionar comportamientos cuantitativos categóricos desde una tabla de contingencia hasta la formulación de una “*tabla binaria, dicotómica o disyuntiva completa*”, llamada matriz de indicadores (Blasius & Greenacre, 2014).

De igual manera, dicha metodología permite procesar simultáneamente variables cuantitativas y cualitativas, para los mismos individuos, a través de las percepciones

empresariales del sector de la construcción. Este análisis es similar al PCA, el cual pertenece a la familia de análisis factoriales, lo que posibilita al MCA para depurar factores con baja representatividad. No obstante, en comparación con el PCA, la diferencia consiste en los valores no cuantitativos o variables categóricas (Pagès, 2015). La estructura de la tabla de datos brutos es idéntica a la de la tabla utilizada para el PCA, ya que se busca identificar la mejor representación simultánea de la tabla de contingencia, donde:

- Cada fila  $i$  corresponde a un individuo (estadístico).
- Cada columna  $j$  corresponde a una variable (cualitativa).
- En la intersección de la fila  $i$  y columna  $j$ , se define el valor de la variable  $j$  para el individuo  $i$ .

Los individuos estadísticos en la presente investigación son las personas encuestadas y las variables son las indagaciones realizadas. Estas últimas fueron estructuradas según los resultados del instrumento, las cuales se formularon en categorías de respuesta y para una determinada pregunta suelen estar clasificadas o discriminadas en una opción limitada de respuestas. Por lo tanto, un enfoque clásico para el análisis del MCA consiste en ofrecer un conjunto de afirmaciones y en cada una, el participante debe expresar su acuerdo o desacuerdo, al utilizar una escala formulada por un conjunto de categorías ordenadas (ver Tabla 9). Por consiguiente, los participantes responden o eligen un conjunto de respuestas predefinidas y posteriormente se valida su fiabilidad en el conjunto global de encuestados mediante análisis Alpha de Cronbach.

Los datos resultantes son representados en una tabla que cruza los individuos y variables como el valor  $k_{ij}$  que es:

- 1 si el individuo  $i$  posee la categoría  $j$  (de la variable  $k$ ), en la presente investigación se toman los mayores porcentajes de las opciones de respuesta de los encuestados.
- 0 en todos los demás casos.

Esta formulación se conoce como tabla completa disyuntiva y al considerar los  $k_{ij}$  relativos a cualquier individuo y variable, estos valores siempre contienen un (completo) y solo un (disyuntivo). Por ende, se considera  $K$  como una matriz de orden  $(n \times p)$  cuyo elemento  $ij$ -ésimo es  $k_{ij}$ , el cual representa el número de individuos pertenecientes a la categoría  $i$  de la variable  $A$  y simultáneamente a la categoría  $j$  de la variable  $B$ . Así,  $k_{ij}$  es denominada como la frecuencia absoluta. Esquemáticamente, los datos son presentados en la Tabla 12.

Tabla 12 . Esquematación del ordenamiento de las variables y categorías

		Variable B					J
		Categoría 1	...	Categoría j	...	Categoría p	
Variable A	Categoría 1	$k_{11}$	...	$k_{1j}$	...	$k_{1p}$	
	.	.	.			.	
	.	.	.			.	
	.	.	.			.	
	Categoría i	$k_{i1}$		$k_{ij}$		$k_{ip}$	$k_{.j}$
	.	.			.	.	
	.	.			.	.	
	Categoría n	$k_{n1}$	...	$k_{nj}$	...	$k_{np}$	K
	I			$k_{.i}$			

Fuente: modificado de: Rueda Varón, Milton, et al (2011). Aplicación de técnicas estadísticas multivariadas en perfilación y segmentación y Pagès, Jérôme (2015). Multiple Factor Analysis by Example Using R.

Además, la Tabla 12 integra las frecuencias absolutas, relativas o marginales a las variables  $j$  para el individuo  $i$  ( $J, I$ ), definidas en la ecuación (14), (15) y los totales definidos en la ecuación (16).

$$k_{i.} = \sum_{j=1}^p k_{ij} \quad (14)$$

$$k_{.j} = \sum_{i=1}^n k_{ij} \quad (15)$$

$$K = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p k_{ij} \quad (16)$$

En las anteriores evaluaciones de frecuencias se considera implícitamente que todos los individuos tienen el mismo peso y se analizan las distancias entre las frecuencias absolutas en la estructura de datos planteada en la Tabla 12. Igualmente, no es posible formular un mayor análisis, ya que la categoría  $k$  no caracteriza específicamente al individuo desde el punto de vista del analista. La posible posesión de una categoría anómala puede caracterizar a un individuo en mayor magnitud que una categoría frecuente y por lo tanto el análisis pierde el sentido si son evaluadas las diferencias entre el número de individuos por categoría con diferentes frecuencias (Pagès, 2015; Rueda Varon et al., 2011). Por el contrario, al comparar los porcentajes o perfiles correspondientes a las frecuencias condicionales de filas y columnas, respectivamente, estas distancias representan niveles de similitud entre categorías y son determinados en la ecuación (17) y (18).

$$f_{i.} = \frac{k_{ij}}{k_{i.}} \quad (17)$$

$$f_{.i} = \frac{k_{ij}}{k_{i.}} \quad (18)$$

Las anteriores transformaciones son similares o simétricas entre las filas y columnas, lo cual denota la correspondencia entre las percepciones de los individuos, las categorías y variables, evaluadas entre grupos que relacionan los fenómenos formulados en el instrumento de medición.

- **Evaluación de las percepciones empresariales por dimensiones**

Por lo anterior, el ordenamiento de las percepciones mediante la tabla disyuntiva o dicotómica completa es realizada según el tipo de indagación, las cuales se dividieron en variables categóricas, junto con el enfoque depurador del PCA. Esta metodología construye y diferencia el grupo de filas (individuos) y columnas (categorías o variables agrupadas), junto con las variables numéricas, al considerar cada columna como una variable indicadora previamente transformada. El anterior análisis permite establecer las similitudes entre las dimensiones que integran las indagaciones realizadas, junto con las características empresariales. Estas últimas se formulan como variables categóricas y se exponen en la Tabla 13.

Tabla 13. Variables categóricas que componen las características empresariales.

Característica empresarial	Variable categórica
Registro mercantil	Persona natural
	Persona jurídica
Actividad económica CIIU	F41
	F42
	F43
Tamaño empresarial	Microempresas
	Pequeñas
	Medianas
	Grandes

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, se realiza el análisis de variables categóricas y numéricas de forma diferenciada y posteriormente mediante el análisis MCA, se integran según las dimensiones formuladas en la Tabla 8, con base en el tipo de indagación correspondiente. Posteriormente se depuran las variables y se establecen las correlaciones entre las características y percepciones empresariales, evaluadas mediante el instrumento de medición. La Tabla 14 expone el agrupamiento de las indagaciones según las dimensiones formuladas.

Tabla 14. Distribución de indagaciones en variables categóricas del instrumento por dimensión.

N°	Dimensión	Número de la pregunta
1	Caracterización empresarial	P1, P2, P3, P4, P5, P7, P8, P9, P11
2	Gestión de proyectos	P12, P16, P21, P33, P42, P44, P45
3	Gerente de la organización	P18, P35, P38
4	Capacidades empresariales	P24, P25, P26, P28, P29, P30, P31, P32, P40, P41
5	Estructura de la organización	P19, P21, P23, P27, P37, P43
6	Herramientas de la organización	P6, P20, P22, P34, P36, P39, P50, P51, P52, P53
7	Madurez de la organización	P10, P13, P40
8	Triple restricción	P46, P47, P48, P49

Fuente: elaboración propia.

Las variables dicotómicas se formularon según las indagaciones de preguntas con única o múltiples respuestas y las variables categóricas fueron seleccionadas con base en las escalas de calificación o porcentaje, según las respuestas de mayor frecuencia. Esto con el fin de identificar las relaciones entre grupos para la selección de factores que permitan reunir las condiciones, el desempeño e identificación de comportamientos para su perfilamiento, junto con las diferencias entre conjuntos de categorías, integrados por los factores de desempeño organizacional.

Subsiguientemente, estas agrupaciones permitieron identificar conductas, en función de características empresariales y posterior selección como referencia para formular árboles de decisión y variables preponderantes según probabilidades con función logística, al determinar las variables de mayor influencia en los factores que definen el comportamiento empresarial del sector de la construcción y su permanencia.

- **Árboles de decisión o regresión**

Los árboles de decisión son herramientas de análisis descriptivo predictivo (Mccarthy et al., 2019). Para su formulación, se requiere de al menos una variable objetiva que puede ser continua o categórica, mediante la utilización de algoritmos que determinan divisiones dentro de las variables relacionadas. Estas conforman estructuras similares a un árbol, como regla de clasificación o regresión, que se construye al dividir recursivamente el espacio de medición. Cuando la variable de respuesta es categórica se denomina árbol de regresión (H. Kim, 2011).

El algoritmo representativo de esta metodología se ha definido como CART (Classification And Regression Trees), utilizado para clasificar casos y hacer predicciones. Estos emplean algoritmos de construcción de árboles, que son un conjunto de condiciones “*si-entonces*” (división), que permiten predecir o clasificar tendencias. Asimismo, se plasma como un diagrama de flujo que muestra una ruta lógica de respuestas a una secuencia de preguntas según sus características. Un caso puede seguirse por el camino lógico (o estructura de árbol) hasta llegar a su destino como afirmación cualitativa y predicción cuantitativa sobre un grupo de casos relacionados, con la relevancia de los factores evaluados (Loh, 2011; Ma, 2018).

Los árboles de decisión son considerados un punto de inicio para modelos predictivos, con el fin de comprender el efecto que tiene la variable de entrada (predictora) en un denominado objetivo. El cual, construye un modelo que crea particiones y subconjuntos de datos descendientes (designados hojas o nodos), los cuales contienen valores de destino dentro de la hoja (o dentro del nodo) y valores disímiles entre las hojas (o entre los nodos) en cualquier nivel del árbol (de Ville, 2013). Además, estos métodos estadísticos tienen un mayor desempeño cuando la teoría, experiencia o la contextualización del entorno indican una relación subyacente entre las variables dependientes y las predictoras (Razi & Athappilly, 2005).

Los métodos de árbol de regresión se constituyen con  $n$  observaciones sobre una variable de clase  $Y$ , que toma los valores de  $1, 2, \dots, k$  y  $p$  variables que se envuelven en el comportamiento o llamadas predictoras  $X_1, \dots, X_p$  para inferir los valores de  $Y$ , a partir de los nuevos valores de  $X$ , mediante una partición del espacio de  $X$

en  $k$  conjuntos disjuntos,  $A_1, A_2, \dots, A_k$ . De manera que, el valor predicho de  $Y$  es  $j$ , si  $X$  pertenece a  $A_j$  para  $j = 1, 2, \dots, k$ . Este algoritmo produce conjuntos rectangulares  $A_j$  mediante la partición recursiva del grupo de datos a partir de  $X$  y crean una serie de reglas IF-THEN-ELSE que dividen los datos en segmentos sucesivos de menor tamaño (Mccarthy et al., 2019). La Figura 78 expone este modelo.

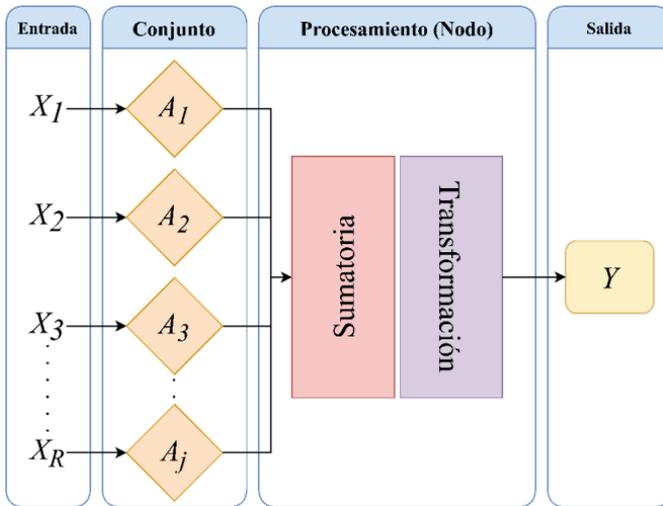


Figura 78. Modelo de entradas y salidas del árbol de regresión.

Fuente: Razi, M. A. and Athappilly, K. (2005) 'A comparative predictive analysis of neural networks (NNs), nonlinear regression and classification and regression tree (CART) models.

Un modelo CART predice el valor de variables continuas a partir de un conjunto de predictoras continuas o con las categóricas, lo que permite una mayor interpretación del comportamiento y predicciones de factores que inciden con mayor ímpetu en el comportamiento de los fenómenos evaluados (Loh, 2011). La Figura 79 muestra como ejemplo tres grupos de variables  $X$ . La Figura 79, a) expone los puntos de datos y las particiones y en la Figura 79, b), la estructura del árbol de decisión correspondiente.

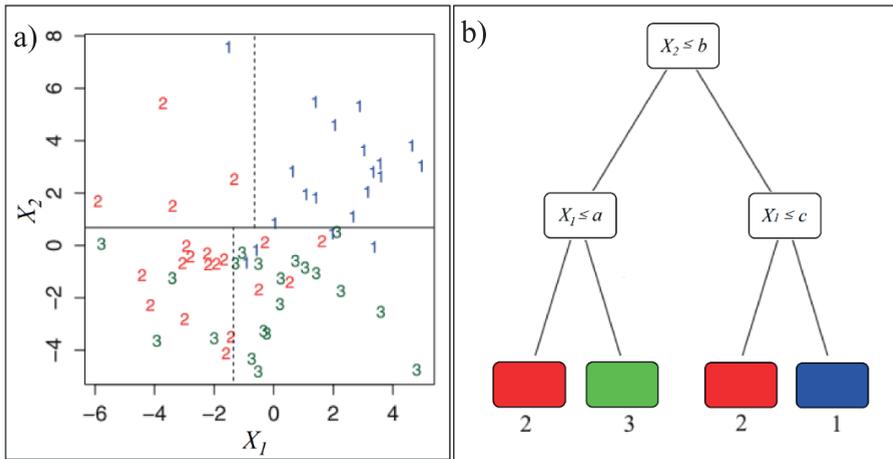


Figura 79. Modelo de árbol de clasificación con tres clases etiquetadas como 1, 2 y 3. a). Particiones. b). Estructura del árbol de decisión.

Fuente: modificado de Loh, Wei Yin (2011). Classification and regression trees.

Cada regla evalúa el valor de una sola variable  $y$ , con base en este resultado, se divide en uno de dos o más segmentos. Si los segmentos o nodos no generan a una división posterior (sin nodos sucesores) se denomina hoja. El primer nodo contiene todos los datos y se denomina nodo raíz. Un nodo con todos los sucesores se denomina rama del árbol de decisión. (de Ville, 2013; Mccarthy et al., 2019). Esta evaluación se formula al implementar inteligencia artificial, mediante Machine Learning (ML), al integrarse este algoritmo, con el fin de mejorar la combinación de variables, a partir de la experiencia de forma automática, con el fin de producir predicciones o decisiones viables.

Estos algoritmos crean una población modelo basada en una muestra, definida como “*datos de entrenamiento*” (Charbuty & Abdulazeez, 2021). Por ende, mediante la ejemplificación jerárquica de relaciones de conocimiento que contienen nodos y conexiones, como sistemas que ocasionan clasificadores. Los algoritmos de

clasificación como el árbol de decisión permiten realizar suposiciones sobre nombres de clases categóricas, para clasificar el conocimiento sobre la base de conjuntos de entrenamiento, etiquetas como clasificación de las características evaluadas y para clasificar datos recién obtenidos (Nikam, 2017).

Este método de clasificación junto con la iteración y aprendizaje mediado por ML utiliza la medición de similitud o distancia para entrenar las instancias de los datos. Por lo tanto, para predecir las instancias del conjunto de datos basado en la selección de características empresariales. Para esto se genera una arquitectura común de una red neuronal (DNN), compuesta por una capa de entrada, capa de salida y la capa oculta, la cuales constan de al menos tres capas. La Figura 80 ilustra esta arquitectura.

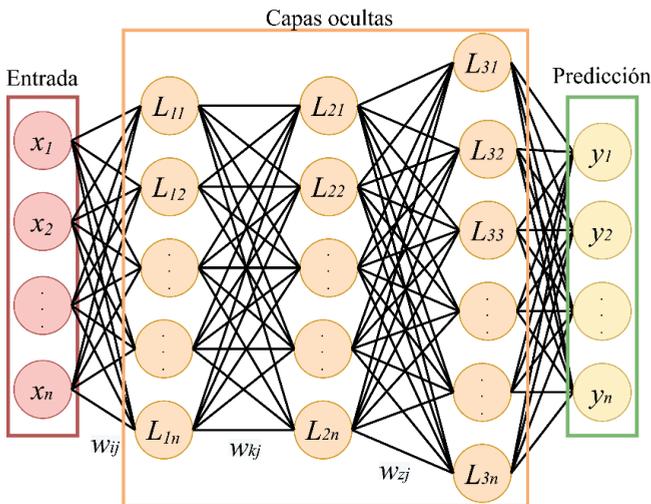


Figura 80. Arquitectura de una DNN. Este es un ejemplo sencillo de cómo se puede construir una DNN. Aquí la capa inicial (X entrada) está compuesta por las muestras de datos recogidas. Esta información de datos puede ser extraída ( $w$ ) por las capas ocultas de forma retro propagada, utilizada por las capas ocultas posteriores para aprender las características de estos rasgos. Al final, se utiliza otra capa con una función de activación relacionada con el problema dado (clasificación o regresión, como ejemplo) y al final se devuelve un resultado de predicción (Y).

Fuente: Charbuty & Abdulazeez (2021). Classification Based on Decision Tree Algorithm for Machine Learning. Journal of Applied Science and Technology.

Una DNN puede utilizarse para aproximar un modelo matemático con funciones complejas, al imitar el sistema neuronal biológico compuesto por neuronas y (Chen et al., 2020; Prado et al., 2021). En la práctica, un modelo DNN se entrena usando un conjunto de instancias etiquetadas para aprender una tarea de predicción. Generalmente, la arquitectura de la red depende del número de características y de la complejidad del problema en cuestión. No obstante, su estructura se basa en tres componentes conectados: una capa de entrada, un conjunto de dos capas ocultas y una capa de salida. Mediante este sistema se proporciona un medio para describir las reglas para evaluar los datos y determina si los valores tienen una fuerte relación, relación débil o ninguna relación. Este modelo fue realizado mediante el empleo del software libre “R”.

- **Análisis de regresión logística**

Los modelos de regresión logística describen la relación entre una respuesta y una o más explicaciones, lo cual identifica los efectos de un conjunto de variables independientes sobre la probabilidad de ocurrencia de un evento. Además, ilustra cómo se puede especificar el efecto de cada una de las variables independientes, al exponerlas de forma cualitativa y dicotómica (Hosmer et al., 2013; Nayebi, 2020).

Al igual que la regresión lineal múltiple, la regresión logística es una técnica estadística para examinar las supuestas relaciones entre las variables independientes y dependientes, salvo que estas últimas en la regresión logística son binarias (dicotómica o binomial), mientras que las regresiones lineales son cuantitativas (continuas) (Kleinbaum et al., 2014). Por lo tanto, los efectos de las variables independientes sobre las dependientes

se sustentan sobre la probabilidad de ocurrencia de un evento, como categoría determinada de la variable dependiente (Nayebi, 2020).

Una de las principales aplicaciones de la regresión logística consiste en la clasificación binaria, al unir las observaciones en agrupaciones, según el valor que tomen las variables empleadas como predictores. Para tal fin existen varias funciones que podrían lograr esta descripción, una de las más utilizadas es la función logística (también conocida como función sigmoide), expresada en la ecuación (19).

$$\text{Función Logística} = \frac{p}{1 - p} = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (19)$$

Donde  $p$  es la probabilidad de que el individuo tome el valor uno (1) en la variable dicotómica. Para valores de  $x$  muy grandes positivos, el valor de  $e^{-x}$  es aproximadamente 0. Por ende, el valor de la función logística es 1. Para valores de  $x$  muy grandes negativos, el valor  $e^{-x}$  tiende a infinito por lo que el valor es 0. La

Figura 81 expone gráficamente esta función.

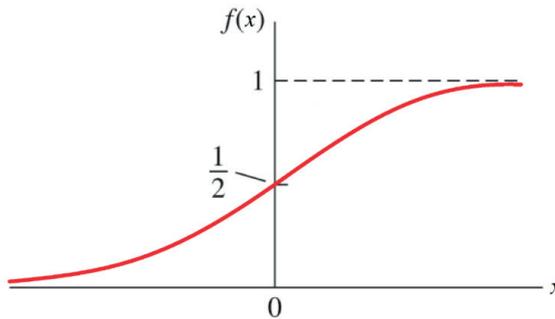


Figura 81. Función logística  $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$

Fuente: modificado de Kleinbaum, D. G. *et al.* (2014) *Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods*.

De igual forma y con fines interpretativos, al cociente  $\frac{p}{1-p}$  se le conoce como “odds ratio” y los coeficientes del modelo “logit” se formulan como el logaritmo del odds ratio. Al sustituir la variable  $x$  de la ecuación (19) por la función lineal  $(\beta_0 + \beta_1 x)$ , se obtiene la ecuación (20).

$$P(Y = k|X = x) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x}} \quad (20)$$

Donde  $P(Y = k|X = x)$  se interpreta como la probabilidad de que una variable cualitativa  $Y$  adquiriera el valor  $k$  (el nivel de referencia, codificado como 1), dado que el predictor  $X$  tiene el valor  $x$ . Esta función puede ajustarse de forma sencilla con métodos de regresión lineal si se emplea su versión logarítmica, conocida como el logaritmo “LOG of ODDs”, según la ecuación (21).

$$\ln\left(\frac{P(Y = k|X = x)}{1 - P(Y = k|X = x)}\right) = \beta_0 + \beta_1 x \quad (21)$$

En la regresión logística se modela la probabilidad de que la variable de respuesta  $Y$  pertenezca al nivel de referencia 1, en función del valor que adquieran los predictores ( $X$ ), mediante el uso de LOG of ODDs. La transformación de probabilidades a ODDs es monótona (función s creciente o decreciente) y si la probabilidad aumenta, asimismo lo hacen los ODDs y viceversa. Los ODDs y el logaritmo de ODDs deben cumplir que:

- Si  $p$  (verdadero) =  $p$  (falso), entonces odds (verdadero) = 1
- Si  $p$  (verdadero) <  $p$  (falso), entonces odds (verdadero) < 1

- Si  $p(\text{verdadero}) > p(\text{falso})$ , entonces  $\text{odds}(\text{verdadero}) > 1$

A diferencia de la probabilidad que no puede exceder 1, los *ODDs* no tienen límite superior, y se expone que:

- Si  $\text{odds}(\text{verdadero}) = 1$ , entonces  $\text{logit}(p) = 0$
- Si  $\text{odds}(\text{verdadero}) < 1$ , entonces  $\text{logit}(p) < 0$
- Si  $\text{odds}(\text{verdadero}) > 1$ , entonces  $\text{logit}(p) > 0$
- La transformación *logit* no existe para  $p = 0$
- El rango de valores que pueden tomar los *ODDs* es de  $[0, \infty]$ . No obstante, debido a que el valor de una probabilidad está acotado entre  $[0,1]$  se recurre a una transformación *logit* (existen otras) que consiste en el logaritmo natural de los *ODDs*. Esto permite convertir el rango de probabilidad previamente limitado de  $[0,1]$  a  $[-\infty, +\infty]$  (Kleinbaum et al., 2014). Una vez obtenida la relación lineal entre el logaritmo de los *ODDs* y la variable predictora  $X$ , se tienen que estimar los parámetros  $\beta_0$  y  $\beta_1$ . La combinación óptima de valores será aquella que tenga la máxima verosimilitud o “*maximum likelihood*” (ML) según los datos observados en el valor de los parámetros  $\beta_0$  y  $\beta_1$ .
- El ML es ampliamente utilizado en variables de respuesta, normalmente distribuidas e independientes entre sí. Los estimadores de mínimos cuadrados de los coeficientes de regresión son idénticos a los estimadores ML. Además, es el método de elección para evaluar los parámetros en modelos no lineales como el modelo de regresión logística. Por lo tanto, mediante el “*Likelihood ratio*”, se establece la diferencia entre la probabilidad para obtener los valores observados con el

modelo logístico creado y las probabilidades con un modelo sin relación entre las variables.

- En consecuencia, el resultado cuantitativo es la significancia de la diferencia de residuos entre el modelo con predictores y el modelo nulo (modelo sin predictores). Igualmente, el estadístico tiene una distribución chi-cuadrado con grados de libertad equivalentes a la diferencia de grados de libertad de los dos modelos comparados. Si se confronta respecto al modelo nulo, los grados de libertad equivalen al número de predictores del modelo generado. Para determinar la significancia individual de cada uno de los predictores introducidos en un modelo de regresión logística se emplea el estadístico Z y la prueba Wald chi-test. Este proceso se realizó en el software libre "R" y es el método utilizado para calcular los *p-values*. Una vez estimados los coeficientes del modelo logístico es posible conocer la probabilidad de que la variable dependiente pertenezca al nivel de referencia, dado un determinado valor del predictor (X). Para este fin se emplea la ecuación (22).

$$P(Y = 1|X) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2}} \quad (22)$$

Para esta investigación se utiliza un punto límite de 0,5. Si la probabilidad de que la variable adquiera el valor 1 es superior a 0,5, se asigna este nivel, si es menor se asigna 0. De esta forma es posible comparar las observaciones y las predicciones realizadas con este modelo.

## 4.2 Resultados obtenidos en la formulación de factores internos de permanencia empresarial

Mediante la aplicación del instrumento de evaluación a las empresas, fue ordenada la información resultante, para formular los análisis correspondientes, como se describe a continuación:

### 4.2.1 Evaluación de la fiabilidad del instrumento mediante coeficiente $\alpha$ de Cronbach

Con base en el coeficiente  $\alpha$  de Cronbach, formulado en el capítulo 580587904.609.580587904, se procede a establecer la fiabilidad del instrumento en la prueba piloto y posterior aplicación en toda la muestra establecida en el capítulo 3.1.2 ( $n > 20\%$ ). Por ende, en el proceso de selección de la muestra fueron seleccionadas 17 respuestas de empresarios, como se ilustra en la Tabla 15.

Tabla 15. Resultado del  $\alpha$  de Cronbach en la prueba piloto.

Número de encuestados	Número de indagaciones (k)	$\alpha$ de Cronbach	$\alpha$ de Cronbach estándar
17	24	0.856	0.926

Fuente: elaboración propia

Los resultados expuestos indican una fiabilidad del instrumento excelente según se expone en Tabla 11. Por esta razón, se considera que el instrumento es adecuado para su sometimiento en el total de la muestra seleccionada. Debido a esto, no se formularon cambios en el instrumento. las empresas piloto se incluyeron en el total de la muestra evaluada y se realizó un segundo análisis del coeficiente  $\alpha$  de Cronbach en el total de las

85 empresas que respondieron el instrumento. Estos resultados se exponen en la Tabla 16.

Tabla 16. Resultado del  $\alpha$  de Cronbach en la muestra representativa de empresas de la construcción.

Nº de encuestados	Nº de indagaciones (k)	$\alpha$ de Cronbach	$\alpha$ de Cronbach estándar
85	24	0.87	0.926

Fuente: elaboración propia.

Los resultados del  $\alpha$  de Cronbach ilustran una fiabilidad excelente del instrumento de medición y permiten evaluar las respuestas de la muestra, junto con su caracterización para identificar factores internos relacionados con la permanencia empresarial.

#### **4.2.2 Correlación de percepciones entre gerencia de proyectos y las características empresariales mediante MCA.**

- **Evaluación de las características empresariales**

Los análisis por MCA exponen que las variables cercanas al origen de coordenadas (0,0) o inercia total tienden a ser similares para toda la muestra. Contrariamente, posiciones extremas denotan percepciones y condiciones específicas de algunas características de las empresas. La Figura 82 expone el diagrama de correspondencias múltiples en las variables de la dimensión uno (1) o caracterización empresarial, posterior a la depuración de categorías de estos grupos, al identificar poca variación en las mismas. Por consiguiente, las variables relacionadas con factores internos en la continuidad se perciben como similares en las características empresariales (actividad, económica, registro mercantil y tamaño empresarial). Asimismo, existen similitudes

de comportamientos en el uso de la misión y visión en toda la muestra evaluada, junto con la percepción de la madurez, como característica externa de oportunidad y mejora.

Por el contrario, existe una mayor varianza en la percepción del reconocimiento de marca e imagen corporativa mediante el uso de páginas web, logos y ningún tipo de uso de reconocimiento en el mercado. Además, el tipo de contratación muestra una mayor variedad de percepciones, características externas para la continuidad y mejora en la calidad de servicio, junto con conocimiento en PM. Estas últimas muestran las mayores diferencias y denotan que un grupo específico de individuos dentro de la muestra han formulado estas categorías para la continuidad y mejora en el medio.

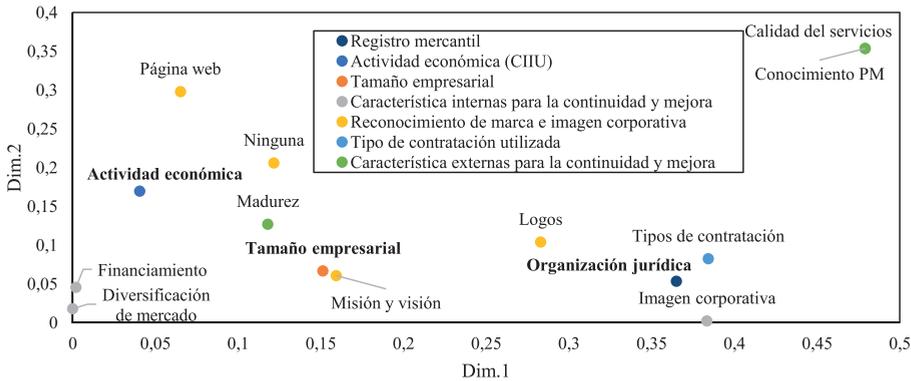


Figura 82. Gráfica MCA de las variables o grupo de indagaciones en la dimensión 1.

Fuente: elaboración propia.

Con base en el análisis MCA de las categorías que componen la dimensión 1, se formuló la Figura 83, la cual ilustra relaciones entre las características empresariales globales y las categorías que integran las percepciones de esta dimensión. Esta constituye tres (3) clústeres definidos y sus tendencias. Estos grupos exponen similares

tipos de percepciones de las categorías evaluadas, con el tipo de actividad económica, agrupadas en el clúster 1 cerca del origen. Asimismo, en este grupo se observa la no recurrencia sobre la percepción de madurez e ilustran sobre el comportamiento en la implementación de calidad de servicios y una sub valoración de herramientas para reconocimiento de marca e imagen corporativa.

Además, este clúster expone que la madurez no es considerada como característica en la calidad y mejora con el medio en un grupo conformado por las micro y pequeñas empresas. Igualmente, es recurrente el contrato civil de obra y prestación de servicio, considerados como los idóneos al utilizar personal sin vínculo directo con la entidad para realizar un trabajo específico en periodos de tiempo limitado, en el marco de los contratos a término fijo y obra labor. Esto es coherente con el tipo de proyectos constructivos, en los cuales es tradicional el uso de mano de obra poco capacitada (Ríos-Ocampo & Olaya, 2017). Estas particularidades son correspondientes al proyecto de construcción, debido a los aspectos de localización en lugares fijos que obligan a las demás organizaciones a movilizarse hacia zonas geográficas retiradas de la organización, junto con las limitantes temporales, que condicionan la formulación de este tipo de contratación (Chartered Institute of Building, 2014).

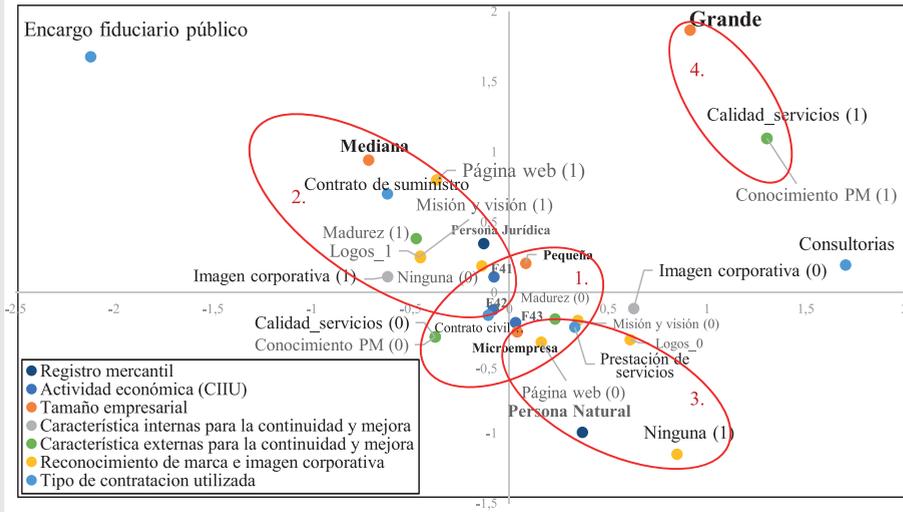


Figura 83. Gráfica MCA de las categorías de las variables que integran la dimensión 1.

Fuente: elaboración propia.

Así mismo, este tipo de contratación es recurrente en todas las actividades económicas, las cuales se relacionan con el alcance de la empresa en las labores realizadas. Estas muestran una mayor cercanía con las micro y pequeñas empresas. Además, tienen un menor alcance, debido a las restricciones de recursos propios de estos tamaños empresariales (Franco Ángel & Urbano, 2019). Lo anterior produce un tipo de contratos limitados en el tiempo, que soportan las actividades formuladas, con enfoque gerencial de corto plazo y poco desarrollo en las capacidades internas de la organización.

Además, las categorías tienden al comportamiento de las microempresas, en el clúster 3 con contratos de prestación de servicios y actividades F43, las cuales apoyan mediante maquinaria o servicios especializados, proyectos de edificaciones y obras civiles, como se exponen en el capítulo 3.2.2. Igualmente, en este clúster se ilustra que este tipo de organizaciones no relacionan las variables del reconocimiento de marca, imagen corporativa

y características internas para la continuidad y mejora, lo cual es coherente con el registro mercantil y las limitantes inherentes a las personas naturales.

Se tiende a la consultoría como mecanismo de contratación, lo cual denota una participación técnica, superficial y alejada de la gerencia de proyectos. Del mismo modo, estas empresas permiten proveer de servicios específicos, que integran labores especializadas y suministros de insumo o maquinaria como parte de las actividades F43 a empresas con un aparato organizacional y financiero mayor. Por lo tanto, es posible inferir que estas empresas han surgido precisamente para ayudar a otras organizaciones a resolver problemas para los que se necesitan fuentes externas de conocimiento (Miles, 2005).

Contrariamente, en el clúster 2, las medianas empresas sí reconocen las variables del reconocimiento de marca, imagen corporativa y características internas para la continuidad y mejora. Asimismo, las empresas con actividades F41 y F42 están relacionadas con estos comportamientos, las cuales tienden a ser personas jurídicas. Este tipo de empresas (medianas) utilizan el contrato de suministro, que es conexo a la gestión de adquisiciones y una estructura organizacional con mayor complejidad, como condiciones necesarias para la competitividad empresarial, en el medio que integran el control de calidad y proveedores (Massuan Ahamads, 2011). Por otra parte, en el clúster 2, las medianas empresas tienden al uso de contratos de fiducia pública como soporte y garantía de los recursos o bienes de las actividades constructivas (González León, 2013). Este tipo de contratación se relaciona directamente con la construcción de edificaciones como bienes, lo cual es coherente con una mayor tendencia a la actividad F41.

El clúster 4 separa el comportamiento de las grandes empresas, lo cual es coherente dada su reducida cantidad. Igualmente, esta característica se relaciona con las capacidades externas para la continuidad y mejora en emplear herramientas en PM, para optimizar la calidad de sus servicios y las diferencias de otras organizaciones a partir de la permanencia empresarial. Lo anterior expone que estas organizaciones se benefician y permiten una mayor alcance y permanencia en el marco del PM, al aumentar la eficacia a corto plazo y su eficiencia en el logro de los resultados previstos a mediano y largo plazo (Badewi, 2016).

- **Evaluación de la gestión de proyectos**

La gestión de proyectos en las empresas del sector de la construcción se evaluó mediante MCA, al correlacionar las características empresariales de las variables expuestas en la Figura 84. Se ilustra que posterior a la depuración de factores con poca variación, se muestran las dificultades en la gestión de proyecto, relacionadas con el pago de impuestos y localización geográfica. Estas tienen una percepción similar en la muestra evaluada, diferenciada por personas naturales o jurídicas. Contrariamente con las variables que exponen la percepción con procesos en PM, como la gestión de restricciones, mecanismos de medición y evaluación. Estas tienen una mayor variación de respuesta en la muestra encuestada. Por otro lado, en la descripción de proyectos, se tiene una tendencia media en la valoración, que depende del tamaño empresarial y la actividad económica de la organización.

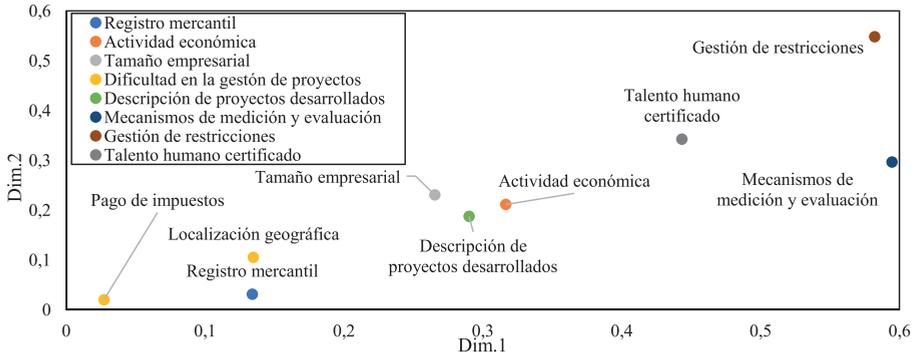


Figura 84. Gráfica MCA de las variables o grupo de indagaciones en la dimensión 2.  
Fuente: elaboración propia.

Al evaluar las categorías en las variables que integra la dimensión 2 o gestión de proyectos, se observa que las percepciones según la actividad económica son similares. Sin embargo, se identificaron cuatro (4) clústeres, con tendencias diferentes según el tamaño empresarial. De la Figura 85, el pago de impuestos y localización geográfica están en coherencia con la tendencia de actividades F42 (construcción de obras civiles). Asimismo, exponen que entre el 60% al 100% de los casos cuentan con personal certificado, utilizan mecanismos de evaluación y medición entre el 60% al 80%. En contraste, el clúster 2 expone que las microempresas tienden a formular actividades F43, junto con una cercanía con las personas naturales, esto es coherente con las capacidades empresariales evaluadas por el tipo de actividad económica en el capítulo 3.2.1. Además, este tipo de empresas tienen un bajo personal capacitado, entre el 20% hasta el 60%, baja utilización de mecanismos de medición y evaluación desde el 0% hasta el 60%, al igual que una reducida gestión del riesgo. Lo anterior es coherente con la tendencia de proyectos desarrollados al corto alcance, que caracterizan estas organizaciones, junto con presupuestos flexibles y

pequeños hitos definidos, lo cual manifiesta el desarrollo de proyectos de baja complejidad.

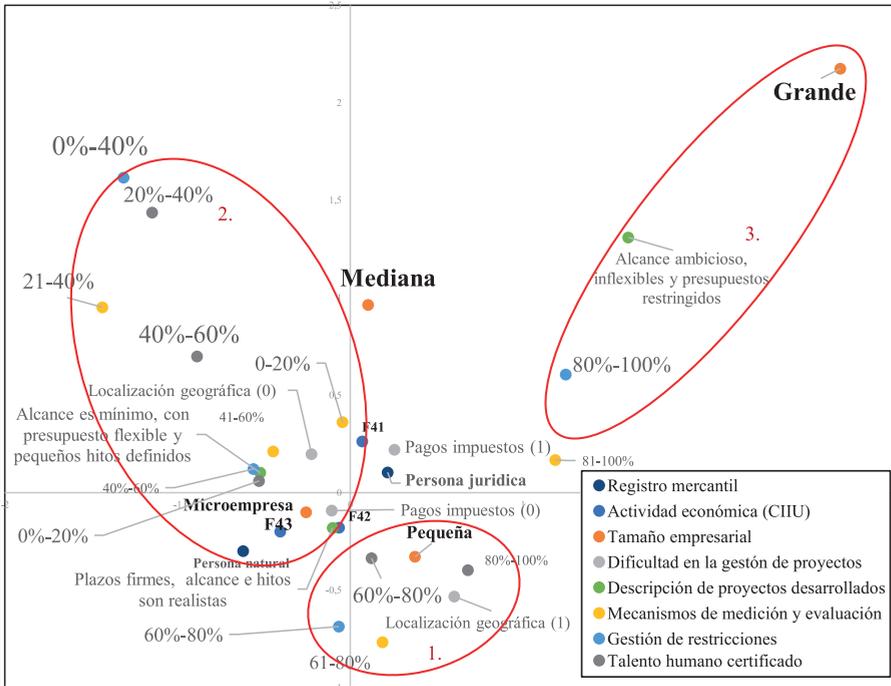


Figura 85. Gráfica MCA de las categorías de las variables que integran la dimensión 2.

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, en microempresas no se perciben dificultades con la ubicación geográfica, como característica de los proyectos constructivos, junto con la poca afectación que tendría el pago de impuestos. Estos alcances y limitaciones manifiestan una falta de análisis o comprensión de principios de gestión de procesos y PM (Amer et al., 2013; Baporikar et al., 2016; Burgstaller & Wagner, 2015; Drexler et al., 2014; Franco Ángel & Urbano, 2019; Franco et al., 2014; Jones & Rowley, 2011; Temtime & Pansiri, 2005; Valdivia & Karlan, 2011).

Las medianas empresas en el clúster 3 ilustran una tendencia a las actividades económicas F41, junto con

dificultades en la gestión de proyectos por el pago de impuestos y una gestión de restricciones entre el 80% y 100%, lo que indica una participación en proyecto de mayor cuantía, que al igual que el clúster 4, diferenciado notablemente de los anteriores clústeres. Estas grandes empresas se inclinan hacia proyectos con alcances ambiciosos y presupuestos restringidos, coherente con su mayor tamaño, que tiende a asumir proyectos de mayor complejidad. Además, para este fin se requiere un uso extensivo de plantas sofisticadas, métodos modernos de construcción, aspectos multidisciplinarios y un equipo experimentado; junto con la fuerza de trabajo que integra un grupo de técnicas de gestión (Aigbavboa & Thwala, 2020; Qureshi, 2020).

- **Evaluación del gerente de la organización**

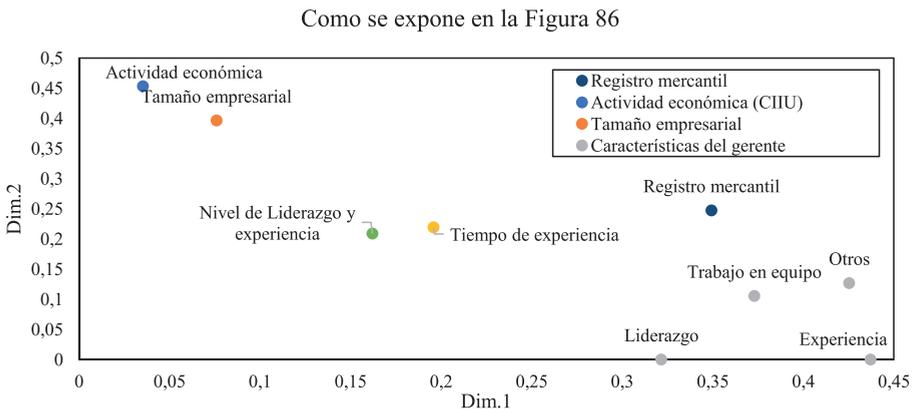


Figura 86, las variables relacionadas con las características del gerente tienen similares percepciones en la muestra evaluada. Sin embargo, estas difieren en función de la actividad económica y tamaño empresarial, junto con diferencias entre la valoración del nivel en liderazgo, tiempo y experiencia.

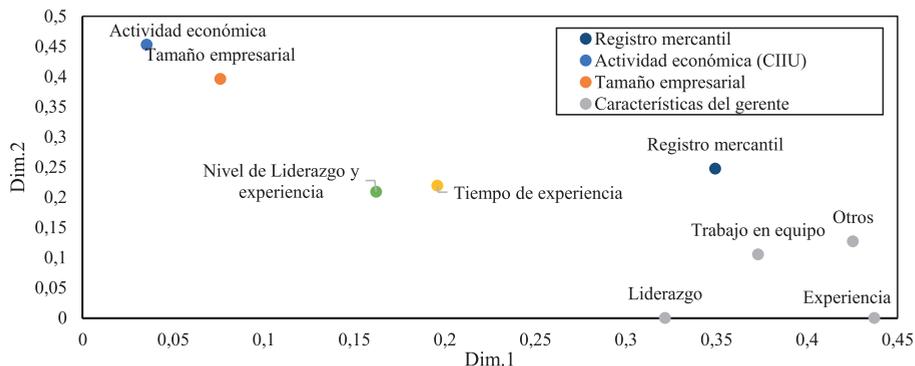


Figura 86. Gráfica MCA de las variables o grupo de indagaciones en la dimensión 3.  
Fuente: elaboración propia.

Con base a lo anterior, se observa que las habilidades blandas son reconocidas genéricamente como necesarias en un gerente. No obstante, otras características relacionadas con aspectos de mayor conocimiento gerencial tienden a variar. Por consiguiente, como complemento, la Figura 87 ilustra el comportamiento de las variables desde las categorías evaluadas.

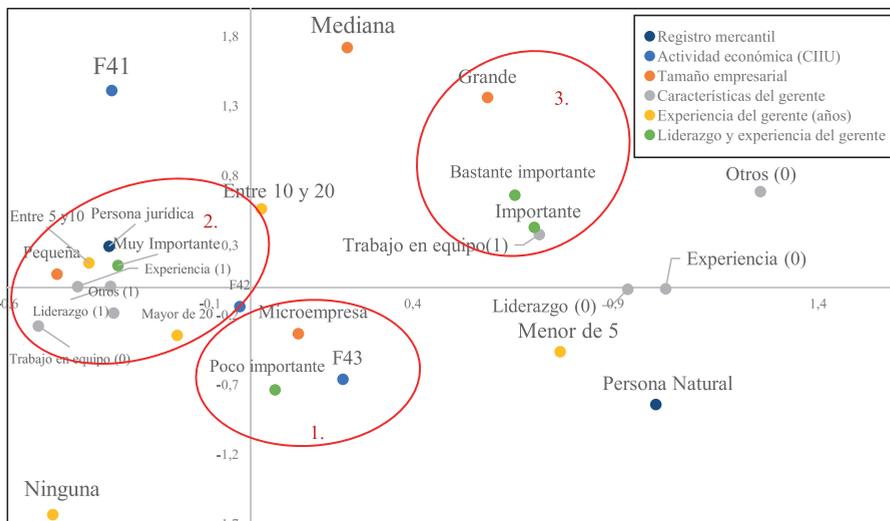


Figura 87. Gráfica MCA de las categorías de las variables que integran la dimensión 3.  
Fuente: elaboración propia.

Son notables las tendencias en la percepción del gerente en la organización. En el clúster 1, el liderazgo y experiencia son poco importantes y se tiende a valorar que la experiencia del gerente puede ser menor a 5 años. Asimismo, esta valoración integra a las microempresas, actividades económicas F43 e inclinaciones a las personas naturales. El clúster 2 ilustra que las pequeñas empresas realizan actividades F42 tendientes a F41, las cuales consideran el liderazgo y experiencia muy relevantes, con tiempos de experiencia mayores a 8 años. No obstante, se observa que el trabajo en equipo no es percibido como una característica del gerente. El clúster 3, que incluye a las grandes empresas, se considera a la experiencia y liderazgo del gerente entre importante y bastante importante. Además, como característica del mismo es considerado el trabajo en equipo, tendiente a las medianas empresas. Lo anterior es consistente con los requisitos en resultados, costos, limitaciones de tiempo y el entorno en las distintivas características de proyectos de construcción.

Por lo tanto, mediante el liderazgo del gerente, existe una mayor probabilidad de gestionar los proyectos de manera eficaz, en correspondencia con la dirección integral en cada uno de los componentes para finalizar el proyecto de acuerdo a las restricciones establecidas. Contrariamente, aquellas empresas que no perciben relevante este rol, se relacionan con las pocas capacidades de PM (Burger et al., 2015; Fernández-sánchez & Rodríguez-lópez, 2010; Pinzón & Remolina, 2017; Project Management Institute, 2016, 2021; Sánchez Jiménez, 2017). Radujković & Sjekavica (2017).

• **Capacidades empresariales**

La dimensión 4 integra la variación de las capacidades empresariales y su relación con las características generales de la organización. Las variables evaluadas exponen diferentes percepciones sobre estas capacidades, a excepción del personal vinculado al proyecto, el cual es similar entre las percepciones según las características organizacionales globales. Estas diferencias se ilustran en la Figura 88.

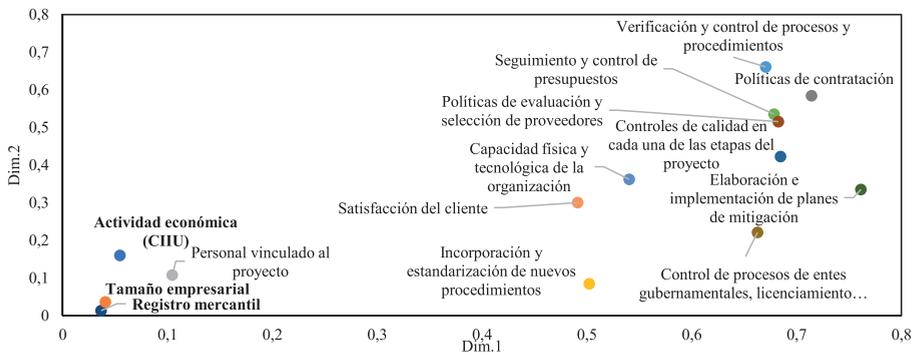


Figura 88. Gráfica MCA de las variables o grupo de indagaciones en la dimensión 4.

Fuente: elaboración propia.

Por consiguiente, para analizar las correlaciones de las características indagadas mediante el MCA, se evaluaron las categorías de respuestas en las variables que integran el desempeño empresarial. Esto se expone en la Figura 89. En esta distribución de percepciones depuradas y definidas por el MCA se identificaron 4 clústeres, en los cuales se integra el tamaño empresarial como diferenciador, en contraste con la actividad económica. Asimismo, en concordancia con las dimensiones anteriormente evaluadas, en el clúster 1 se ilustra una relación entre las microempresas y el registro mercantil como persona natural.



20%, relacionadas con las microempresas. En mayor proporción, las pequeñas empresas tienen capacidades empresariales entre el 60% hasta el 80%, como se observa en el clúster 2. En discrepancia, las medianas empresas exponen que las características empresariales evaluadas se integran entre el 40% hasta el 60%.

Estas tienden a incluir un mayor número de personal y esta diferencia se relaciona con una estructura de mayor complejidad, la cual se inclina a la consolidación de la organización. A diferencia de los desempeños que las personas pueden aportar en empresas de manera empírica o individual, en estructuras organizacionales simples con una burocracia menor (micro y pequeñas empresas). Estas características son dependientes de sus funcionarios, según las capacidades de respuesta y adaptación al mercado. Asimismo, en las micro y pequeñas empresas, las actividades de comunicación producen relaciones directas con las partes interesadas locales, constituidas como sus fuentes de conocimiento de mayor importancia (Ahmad & Zabri, 2016; Franco Ángel & Urbano, 2019; Okello Candiya Bongomin et al., 2017; Schweizer, 2013).

El clúster 4 expone que estas características se implementan en un mayor porcentaje con las grandes empresas y una cantidad de empleados mayor a 10 en registro mercantil de personas jurídicas. Estas capacidades son coherentes con un mayor tamaño empresarial y la aplicación de conocimientos, aptitudes, instrumentos y técnicas en actividades para satisfacer las expectativas de los interesados en la calidad de los servicios. Ya que el sector de la construcción está orientado por proyectos, su gestión tiende a una mayor capacidad por estas características que conducen al éxito, especialmente en proyectos complejos. Lo anterior es concordante con

el soporte que ofrece las grandes empresas (Project Management Institute, 2021).

Asimismo, se expone una correlación con la dimensión 1, en que las grandes empresas tienen características externas para la continuidad y mejora, al conocer la PM. Esto comprende la dinámica y sus prácticas, en coherencia con los cambios tecnológicos y metodológicos según el dinamismo del mercado, integrado en las características empresariales de estos tamaños, junto con el sistema de conocimientos, esencial para una gestión eficaz de los proyectos, especialmente en actividades de construcción (Isik et al., 2009; Unegbu et al., 2020). En razón de lo expuesto, se permite inferir que las grandes empresas soportan una mayor escala y complejidad de proyectos de construcción (Cheng et al., 2003).

- **Estructura de la organización**

La estructura y su relación con las características organizacionales evaluadas se correlacionan mediante el MCA, según las variables expuestas en la Figura 90. Estas ilustran las relaciones entre la percepción y características empresariales.

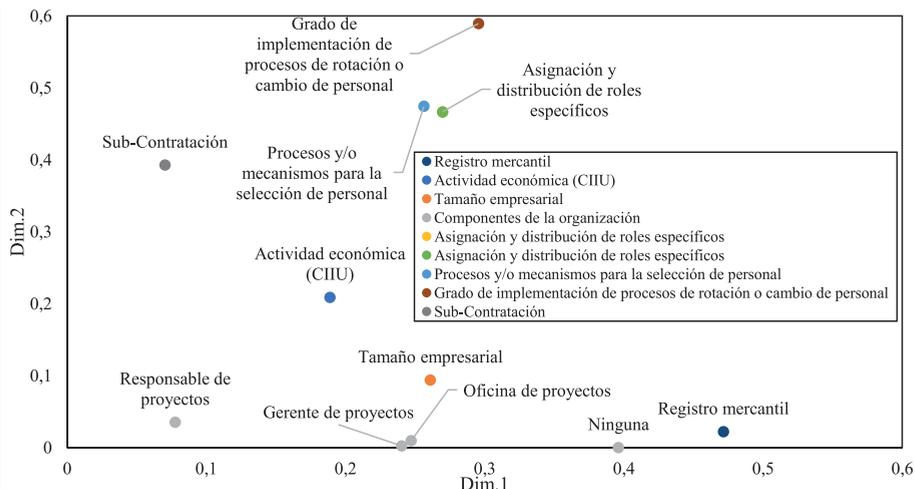


Figura 90. Gráfica MCA de las variables o grupo de indagaciones en la dimensión 5.

Fuente: elaboración propia.

Los componentes de la organización se relacionan de manera general con la existencia de responsables de proyecto. Asimismo, el gerente del proyecto se relaciona con la oficina de proyectos. Por ende, es posible inferir que el gerente y la oficina de proyectos se perciben con una misma dependencia, ya que, en empresas con una baja estructura organizacional, se compone en su gran mayoría por micro y pequeñas empresas (ver capítulo 3.2.1). Al igual que lo anterior, la asignación y distribución de roles, junto con la selección de personal se perciben en una misma entidad dentro de la organización. Por consiguiente, al evaluar las variables categóricas, la Figura 91 ilustra las tendencias y comportamientos según el tamaño empresarial.



Por lo anterior, se observa que estas empresas tienen una estructura empresarial con diversos subcomponentes, acorde con el aumento de la escala y complejidad de proyectos de construcción, lo cual induce a dificultades en el control de los mismos (Cheng et al., 2003). Además, la percepción de la estructura y su relación con las características empresariales permiten inferir que estas configuraciones en las empresas evaluadas, logran involucrar un alto número de interesados o *stakeholders*. Ello junto con fenómenos que integran la cultura, la geografía, el clima, los conocimientos, los campos de especialización, las prácticas, los recursos, los roles, los tipos de organización, las funciones individuales y de grupo (Unterhitzenberger & Bryde, 2019).

Contrariamente, el clúster 2 ilustra que las microempresas como personas naturales no relacionan los componentes de la organización evaluados y tienden a no conocer estos componentes. Asimismo, se expone una variada subcontratación, baja gestión en la asignación de roles, poca rotación y bajos mecanismos para selección de personal. Lo anterior es consistente con las limitantes de las microempresas y la constitución del personal, según las capacidades empresariales (dimensión 3). Esto se relaciona con su restrictivo crecimiento sostenido, reducción de su potencial competitivo y propensión a los cambios del mercado o factores externos (Frohmann et al., 2018; Segarra & Callejón, 2002). Por lo tanto, se evidencia que las capacidades empresariales en el sector de la construcción, constituido en una gran mayoría por microempresas, exponen una propensión a los cambios de este sector de la economía. Tal aspecto en coherencia con los análisis formulados en el Capítulo 4, ya que una estructura organizacional poco sólida y con mínimo crecimiento sostenido es proclive a las variaciones económicas (Franco Ángel & Urbano, 2019).

Lo anterior sustenta y refleja las limitantes del parque empresarial colombiano que implícitamente se relaciona con los activos de la organización. Ello en consideración con el desempeño o valor de mercado que tiene un activo real, en un determinado momento y permite a entidades financieras o públicas, la medición del riesgo, asociados a garantizar su solvencia, estabilidad y viabilidad en el desarrollo de proyectos (Martínez Trigo, 2009). Asimismo, establece que el tamaño empresarial o la cantidad de activos de la organización define la inversión que una empresa puede obtener como herramienta de desarrollo y permanencia (Shi, 2015).

- **Herramientas de la organización**

Las herramientas en la organización permiten aumentar la probabilidad de éxito en los proyectos de construcción, lo cual está relacionado con el uso de métodos e instrumentos de gestión (Kostalova & Tetreva, 2018) (Raz & Michael, 2001). La comprensión de estos factores en la organización influye en la eficiencia, planificación, administración y ejecución de los proyectos. Por lo tanto, la Figura 92 expone la correlación de las herramientas utilizadas en proyectos con las características de la organización.

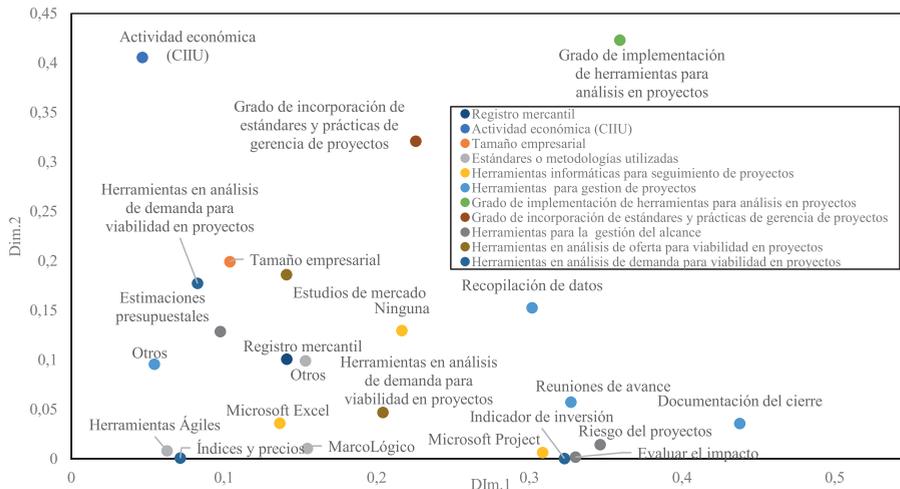


Figura 92. Gráfica MCA de las variables o grupo de indagaciones en la dimensión 6.

Fuente: elaboración propia.

La Figura 92 ilustra las percepciones de las herramientas evaluadas según características generales de las empresas. Algunas relaciones entre estándares y metodologías utilizadas se relacionan con el estudio de la demanda. Asimismo, se observa que herramientas informáticas para la administración de proyectos conciernen a otro tipo de instrumentos para evaluar riesgos e impactos, junto con estándares de gestión. No obstante, existe una variada percepción de su uso, especialmente su grado de incorporación e implementación en las organizaciones. La Figura 93 expone los comportamientos de las variables categóricas y su relación con las características empresariales.



las pequeñas empresas, tiende en menor proporción hacia similares comportamientos que las microempresas. No obstante, se observa una mayor inclinación a grado de implantación de herramientas para análisis de proyectos.

Por el contrario, el clúster 3, el cual integra las medianas empresas, expone una implementación y conocimiento de las herramientas indagadas, las cuales tienden hacia las grandes empresas. Por consiguiente, se considera que las herramientas en áreas de aplicación ilustran un conocimiento. Esto ha permitido sostener a las empresas en el entorno, mediante la aplicación de aceptados y variados instrumentos, al reflejar y validar aspectos de permanencia empresarial. Estas herramientas en fenómenos de complejidad (proyectos de mayor envergadura) permiten la comprensión del equipo de trabajo para su adecuada gestión, dentro del ámbito de la integración, que incluyen el valor, eficiencia, velocidad, innovación e impacto (Langston, 2013).

Así, la implementación de herramientas en la organización permite influir en los escasos cambios de paradigmas y los avances en la mejora del aprendizaje en proyectos (Hartmann & Dorée, 2015). Del mismo modo, el uso de herramientas en la organización posibilita la transferencia de conocimientos en los procesos de PM en la construcción (Sarmiento-Rojas et al., 2018; Swan et al., 2010). Por ende, estas organizaciones deben desarrollar técnicas y utilizar herramientas en sus proyectos para facilitar la captura y el intercambio de las lecciones aprendidas a lo largo del ciclo de vida del mismo (Paranagamage et al., 2012). Igualmente, con la integración e implementación de estándares, es posible identificar e implementar el grupo adecuado de herramientas con base en la complejidad del proyecto

(Pinzón & Remolina 2017), lo que conlleva a un éxito del mismo y una permanencia en el medio.

- **Madurez de la organización**

La madurez como el concepto que integra el sostenimiento, la adquisición de experiencias y mejora de los procesos que la acompañan, permite inferir una permanencia y crecimiento en el medio (Kerzner, 2017). Para definir este factor, la Figura 94 ilustra las agrupaciones de variables relacionadas con la madurez empresarial.

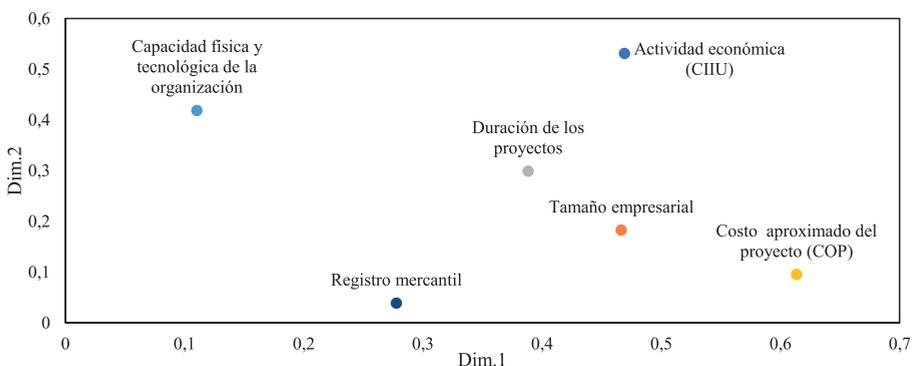


Figura 94. Gráfica MCA de las variables o grupo de indagaciones en la dimensión 7.

Fuente: elaboración propia.

Se observa que existen diversas percepciones sobre las variables evaluadas, las cuales no permiten definir una tendencia a partir de los grupos de indagaciones realizadas. Esto evidencia variaciones de las percepciones valoradas. La ilustración de variables categóricas en la Figura 95 desglosa estas percepciones.

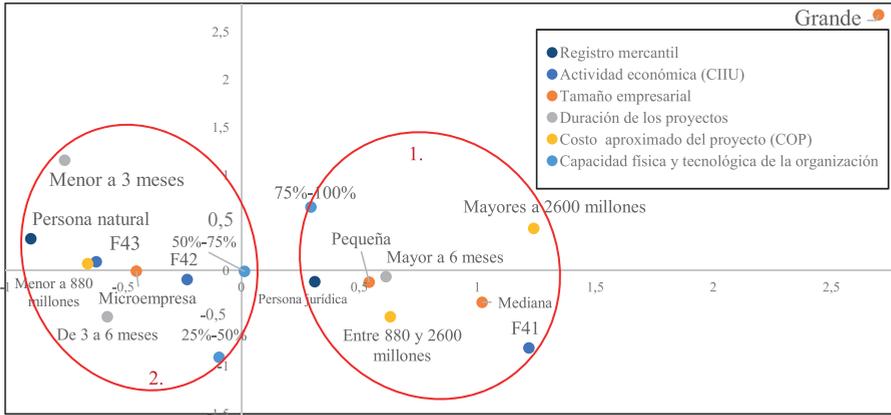


Figura 95. Gráfica MCA de las categorías de las variables que integran la dimensión 7.

Fuente: elaboración propia.

La Figura 95 ilustra el agrupamiento de variables categóricas en dos clústeres. El clúster 1 expone una asociación de variables categóricas alrededor de las microempresas como persona natural. Estas tienden a participar en proyectos cortos, menores a tres meses o seis, tienen una baja capacidad física entre 25%-50%, tendiente al 75% y proyectos menores a 880 millones de pesos en actividades F43. Los anteriores comportamientos son coherentes con los resultados de las dimensiones anteriormente evaluadas.

Además, el MCA describe que la evaluación comparativa de las organizaciones en el clúster 1 no tienen una madurez o competencia por etapas que define las estructuras, los procesos, los métodos y las habilidades individuales. Ya que a medida que una empresa crece y tiene éxito, la función de coordinar las distintas actividades y el personal se amplía más allá de la capacidad de un solo individuo (International Project Management Association, 2015; Windapo, 2013). Esto es coherente con los resultados de la dimensión 5, puesto que la

estructura organizativa de una empresa refleja su madurez y el resultado de su crecimiento (Windapo, 2013).

Contrariamente, el clúster 2 agrupa a medianas y en menor grado las pequeñas empresas (tiende al origen), las cuales se inclinan a manejar proyectos con costos medios en función de los rangos evaluados y con una capacidad física y tecnológica entre el 75% al 100%. Estas se sustentan en personas jurídicas, lo cual brinda un mayor soporte de la actividad empresarial en un grupo de individuos, al ampliar las capacidades de la organización. Así, se pueden generar procedimientos iterativos que pueden utilizarse en todos los proyectos. De manera que se contrasta a las empresas micro con las de mayor tamaño, estas últimas han logrado una madurez en PM, ya que este proceso conforma metodologías de gestión, sustentadas en la experiencia y el uso de estándares en esta área de conocimiento (International Project Management Association, 2015; Kerzner, 2017).

Además, lo anterior se manifiesta en las capacidades de las organizaciones, ya que estos procedimientos permiten formular procesos de evaluación comparativos para el éxito y permanencia empresarial mediante la PM. Esto a través de la adquisición de los conocimientos técnicos de una organización superior. Las evaluaciones comparativas de empresas suelen definir las competencias de las mismas, al definir sus estructuras, procesos, métodos y habilidades individuales, que debe cumplir una organización para alcanzar un determinado nivel de madurez o clase de competencia (International Project Management Association, 2015).

El índice de éxito en la ejecución de proyectos está muy relacionado con la madurez y el uso de métodos y herramientas de gestión de proyectos adecuados (Kostalova

& Tetreanova, 2018). Igualmente, las competencias de la organización en PM son un factor clave para mejorar los procesos de gestión, expuestos por los criterios de madurez para desarrollar sus capacidades, mediante la inclusión de la PM. Ello junto con la identificación de la línea de base y las debilidades en las que conviene centrarse para aumentar las competencias y mejorar los procedimientos (Kostalova & Tetreanova, 2018; Lappe & Spang, 2014; Meredith et al., 2017; Patanakul et al., 2010).

- **Triple restricción**

Debido a que el triángulo de hierro o triple restricción se ha considerado como referente para el éxito y permanencia empresarial, este paradigma continúa implementándose en diferentes grados de formulación para medir el rendimiento de los proyectos (Badewi, 2016; Pollack et al., 2018). Por lo anterior, la Figura 96 expone el agrupamiento de variables indagadas referentes a los componentes de la triple restricción.

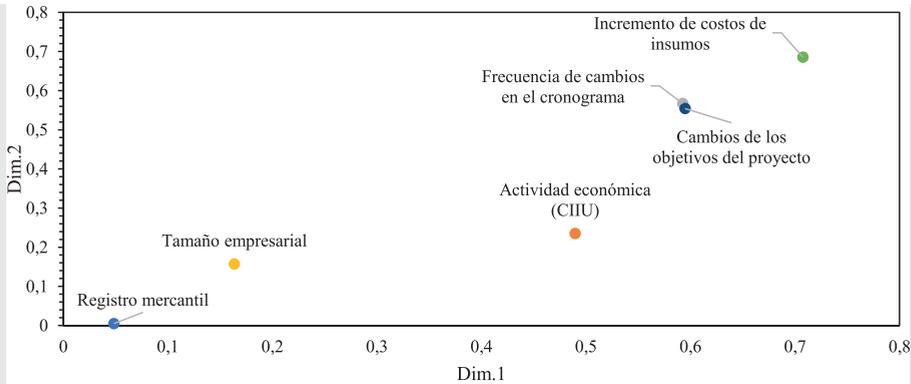


Figura 96. Gráfica MCA de las variables o grupo de indagaciones en la dimensión 8.

Fuente: elaboración propia.

Se observa que el registro mercantil, tamaño empresarial y con mayor variación la actividad económica

refleja similares percepciones bajo estas características. Asimismo, es notoria la variación de percepciones en la frecuencia de insumos, junto con una similar consideración del cronograma con los objetivos. Para evaluar las categorías de las variables que conforman la dimensión 8, mediante MCA se formuló la Figura 97.

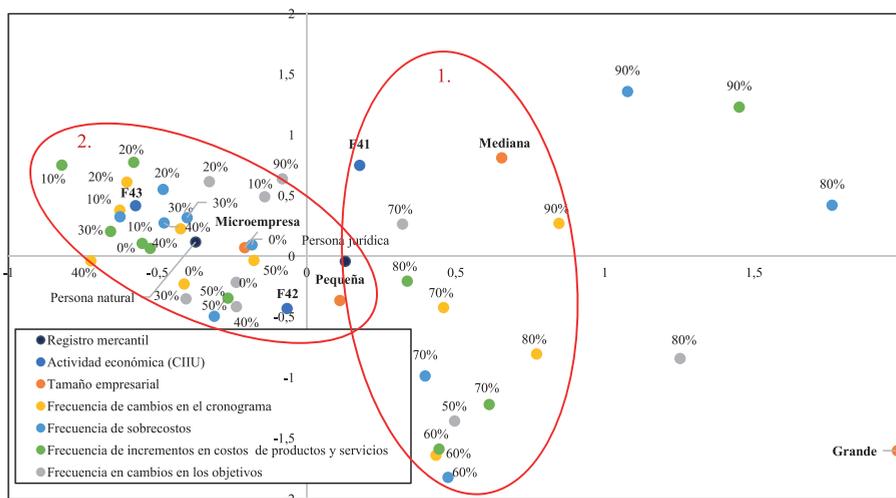


Figura 97. Gráfica MCA de las categorías de las variables que integran la dimensión 8.

Fuente: elaboración propia.

La Figura 97 expone la conformación de dos grupos característicos. El clúster 1 ilustra que las frecuencias de cambios en el triángulo de hierro (costo, tiempo y alcance) son variadas y menores al 50%. Contrariamente, el clúster 2 recoge frecuencias entre el 60% al 90%, tendiente al 100%, junto con las grandes empresas. En razón de lo antes expuesto, existe un mayor índice de problemas con el cumplimiento de este factor de éxito en medianas y grandes empresas. Si bien, esto parece contradictorio, la explicación se sustenta en la variedad de empresas y sus alcances, que anteriormente se han dividido por su tamaño entre micro/pequeñas y medianas/grandes.

Las primeras tienen una participación en proyectos de menor complejidad, lo que expone que el cumplimiento de triángulo de hierro se cumpla en una mayor proporción. Caso contrario, se expone en el desempeño de las medianas y grandes empresas, las cuales tienen unas frecuencias en cambios, costos y tiempo de los proyectos con mayor periodicidad. Debido a lo cual se relaciona con las inherentes problemáticas de proyectos complejos, a partir del voluble, cambiante entorno (ver capítulo 4) y su relación con el aumento de variables incidentes, junto con el resultado en el aumento de la incertidumbre (Luo et al., 2016; Trinh & Feng, 2020). Estos resultados son similares a investigaciones realizadas por el Standish Group International (2015), el cual expone que el 29% de todos los proyectos encuestados tuvieron éxito (se entregaron a tiempo, dentro del presupuesto y con las características y funciones requeridas). El 52% de los proyectos fueron impugnados (retraso, por encima del presupuesto y/o con menos de las características y funciones solicitadas). El 19% fracasaron (proyectos cancelados antes de su finalización o entregados y nunca utilizados). Lo anterior se corresponde con la evaluación efectuada en las medianas y grandes empresas en Colombia.

La gran cantidad de elementos independientes que interactúan entre sí han afectado los procesos constructivos, tendientes a incrementar los niveles de complejidad e incertidumbre. Para esto se requiere una estructura organizacional considerable. Esto debido a la suma de variables expresadas en la inclusión de las necesidades de *stakeholders*, cadenas de suministros, nuevas alternativas tecnológicas que implican producción fuera de las instalaciones, junto con el creciente número de reglamentos y los enfoques innovadores de adquisición (Bakhshi et al., 2016; Kermanshachi et al., 2020; Peñaloza et al., 2020).

Como resultado, es común que los proyectos de construcción en Colombia y en el mundo enfrenten dificultades relacionadas con las diferencias de alcances (objetivos), tiempos (cronograma) y costos (sobrecostos o incremento de costos de producción y servicios), respecto a la línea base establecida en la etapa de planeación (Lozano Serna et al., 2018). Asimismo, es en este tipo de proyectos se estima que hay una variación entre el 28-30% de lo estimado y realizado en grandes proyectos de construcción en el mundo (Ellis & Mice, 2019).

Asimismo, los enfoques de políticas públicas, formulados en la Ley 80 de 1993 (Congreso de la República de Colombia, 1993), han establecido que se podrán adoptar *“las medidas necesarias para mantener durante el desarrollo y ejecución del contrato las condiciones técnicas, económicas y financieras existentes al momento de proponer en los casos en que se hubiere realizado licitación o concurso, o de contratar en los casos de contratación directa. Para ello utilizarán los mecanismos de ajuste y revisión de precios, acudirán a los procedimientos de revisión y corrección de tales mecanismos si fracasan los supuestos o hipótesis para la ejecución y pactarán intereses moratorios”*. Por lo tanto, estas directrices se enfocan en la culminación cabal del proyecto, en función de otras preocupaciones como la satisfacción del cliente y el logro de objetivos estratégicos. Por lo cual, se ha reducido la atención de medidas de rendimiento centradas en resultados como el triángulo de hierro (Chih & Zwikael, 2015).

Además, el entorno donde se constituye el proyecto puede influir en la formulación y entrega del mismo. Igualmente, de los marcos normativos, la existencia de factores externos al proyecto como las normas corporativas influye en la madurez de la organización, junto con factores específicos del proyecto individual, el sector

industrial, la ubicación geográfica y los riesgos. Estos factores naturalizan las frecuencias evaluadas en los cambios del triángulo de hierro (PRINCE2, 2017).

- **Resultados generales de la evaluación por MCA**

Como resultado del MCA, se correlacionaron las características y percepciones empresariales en función de factores internos de permanencia en la estructura, herramientas, capacidades de gestión de proyectos y del gerente, junto con la valoración de la madurez y la triple restricción. Esto permitió identificar tendencias en grupos definidos a partir del tamaño empresarial. Este factor relaciona las capacidades de las organizaciones y su desempeño en el entorno, junto con la diferenciación entre la percepción de los factores de permanencia evaluados. Por lo tanto, el tamaño empresarial es considerado un factor de referencia para identificar las diferencias entre las capacidades de permanencia en las organizaciones (Esparza Aguilar & Reyes Fong, 2014; Martínez Gómez, 2017).

Por lo anterior, con la metodología utilizada, junto con comportamientos y características a partir de su tamaño, se permite la validación empírica, mediante la comparación de los resultados del MCA con los comportamientos provenientes del mundo real. Este método estadístico, como técnica de análisis de datos categóricos nominales, permite la inclusión de instrumentos descriptivos (y no inferenciales) combinados con comparaciones gráficas para su validación (Barrales V. et al., 2004). Por consiguiente, el MCA como método objetivo permite sustentar la selección y diferenciación de comportamiento según el tamaño empresarial, al comparar tendencias a partir de las percepciones que los integran.

### 4.2.3 Evaluación de los resultados por el árbol de decisión

Los árboles de regresión, clasificación y en general los árboles de decisión, son alternativas a los diferentes análisis considerados como tradicionales de clasificación, discriminación o a la predicción habitual. Estos procedimientos entregan muchas ventajas analíticas, entre las que se pueden mencionar:

- Robustez a l presencia de atípicos o outliers
- Invarianza a transformaciones monótonas de las variables independientes sobre la estructura de sus árboles de clasificación o de regresión
- Y tal vez la más importante, su interpretabilidad y directa aplicación.

En este caso se generan arboles de Decisión, dada la naturaleza de la variable de referencia, que en este caso es el tamaño de la empresa (dicotómica). La metodología utilizada se desarrolla en tres fases:

- Construcción del árbol Saturado
- Elección del tamaño correcto – Proceso de Pruning.
- Clasificación utilizando nuevos parámetros

El árbol de decisión ilustrado en la Figura 98 se constituyó a partir de la escogencia y división de las características empresariales, que mediante el MCA se evidenciaron. Esta obedece al tamaño empresarial, la cual se codificó en una variable dicotómica como:

- Medianas y grandes (1)

- Micro y pequeñas (0)

Además, el árbol de decisión formulado depuró las variables que no generaron diferencias entre los grupos de tamaños empresariales, lo que produjo después de la validación cruzada (Cross-validation) cinco (5) niveles que indican las mayores diferencias entre las variables dicotómicas en la medida que el nivel disminuye (Nivel= 5, 4, 3, 2, 1). Por consiguiente, las variables en la parte bajan del árbol de decisión comparten una mayor semejanza o conocimiento en las empresas y en la medida que este sube, las variables discriminan eficientemente entre el grupo (0) y el (1), mejorando el Índice de Gini y la entropía, que son las características más sensibles a la pureza del nodo.

La Figura 98 muestra los resultados de ajustar y podar el árbol de decisión con los datos de las variables utilizadas. Primero, de manera aleatoria, se dividió el conjunto de datos por la mitad, lo que produjo un conjunto de entrenamiento y un conjunto de prueba, siguiendo un esquema de machine learning. Luego se construyó un gran árbol con los datos de entrenamiento y varió  $\alpha$  en para crear subárboles con diferente número de nodos terminales. Finalmente, se realizó una validación cruzada para estimar el MSE (Error cuadrático Medio) de los árboles como una función de  $\alpha$  y se presenta el árbol podado final, que contiene cinco nodos terminales, con el MSE óptimo.

Esto permite identificar que las variables resultantes, al integrarse en la estructura organizacional de las micro y pequeñas empresas, podrían mejorar su probabilidad de permanecer en el mercado. Igualmente, los grados o raíces del árbol establecen que, a medida que se implementen estos factores de manera sistemática,

será posible integrar a las variables dicotómicas subsiguientes en los rangos establecidos. Por consiguiente, las micro y pequeñas empresas deberán utilizar factores de imagen corporativa como características externas que influye en la continuidad o la mejora de la empresa en el entorno. Asimismo, debe integrarse un responsable de proyectos en las estructuras de la organización.

Por ende, se requiere implementar políticas de contratación mayor al 60% de sus proyectos, junto con la utilización de Microsoft Project como software comercial en estas gestiones. Debido a que en las micro y pequeñas empresas existen diferencias en su ejecución, al no emplear herramientas informáticas como Microsoft Project, considerada como software para PM. De modo que, para la implementación de una gestión de restricciones se requeriría el uso de estas herramientas informáticas y las anteriores estructuras, lo cual se relaciona con la implementación de estándares en un mayor nivel de complejidad.

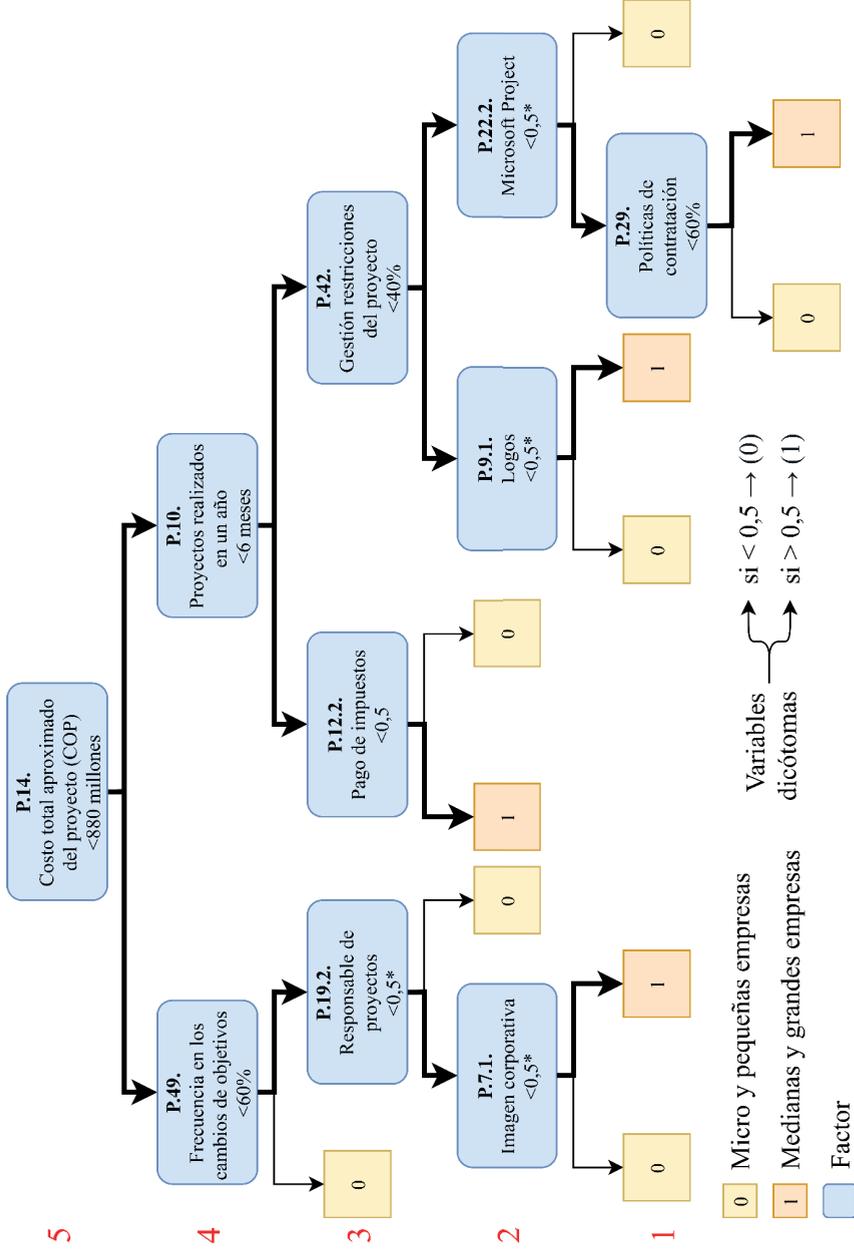


Figura 98. Árbol de decisión de los factores de permanencia de las empresas en el sector de la construcción. Fuente: elaboración propia.

Además, para permanecer en el mercado las empresas deberán gestionar proyectos con una duración mayor a 6 meses y con costos mayores a 880 millones de pesos, junto con la reducción de cambios de objetivos menores al 60%. Lo anterior permite consolidar la estructura organizacional, mediante la identificación de la empresa en el mercado, a través de su imagen corporativa, inclusión de personal para manejo específico de proyectos y la utilización de herramientas informáticas. Esto permite la implementación de estándares en PM para manejar procesos de mayor complejidad con la gestión de restricciones en proyectos con duración y costos mayores.

#### **4.2.4 Evaluación de los resultados por función logística**

Es importante recordar que la Regresión Logística, desarrollada por David Cox en 1958, es un método de regresión (por la estructura de los parámetros) que permite estimar la probabilidad de ocurrencia de una variable dicotómica en función de variables cuantitativas y/o Cualitativas.

Los resultados expuestos en la Tabla 17 ilustran los factores según su probabilidad e incidencia en la variable dicotómica de referencia (tamaño empresarial) con un valor  $P < 0,05$ . Las variables identificadas tienen la mayor influencia según su probabilidad para transitar de las micro o pequeñas empresas a las medianas o grandes, ya que las primeras tienen un mayor grado de vulnerabilidad de no permanecer en el medio y las últimas exponen una mayor robustez e incidencia en el mismo para flanquear los factores externos que influyen en el sector de la construcción.

Tabla 17. Factores internos de permanencia.

Variable	Categoría (si aplica)	Factor	Porcentaje (%)
Estándares o metodologías ha utilizado para la gestión de proyectos		18,897	1789,67
Gestión del alcance en los proyectos		11,654	1065,44
Estrategias para el reconocimiento de marca e imagen corporativa		4,363	336,34
Herramientas utilizadas en la gestión de proyectos	Microsoft Excel	3,346	234,6
Indicadores de oferta en análisis de viabilidad		2,147	114,67
Gestión de las restricciones del proyecto		1,248	24,76
Características externas que influyen en la continuidad o la mejora de la empresa en el entorno	Imagen corporativa	1,02	2,02
Proyectos anuales	Mayores a 880 COP	1,003	0,34
Procesos de rotación o cambio de personal en los proyectos		1,003	0,27
Utilización de precios e indicadores en la formulación de proyectos		0,629	-37,1
Incorporación de estándares y prácticas de gerencia de proyectos		0,452	-54,84
Cambios en los objetivos de proyectos		0,444	-55,63
Características del gerente de proyectos		0,392	-60,85
Dificultad en la gestión de proyectos	Pagos de impuestos	0,317	-68,28
	Localización geográfica	0,084	-91,57
Satisfacción del cliente		0,111	-88,93

Fuente: elaboración propia

Existen diferentes técnicas estadísticas para determinar la significancia de un modelo de regresión logística completo ( $p$ -valor del modelo). Todos estos métodos consideran que el modelo es útil si es capaz de mostrar una mejora respecto a lo que se define como modelo estándar o nulo, es decir, un modelo sin predictores. Para determinar la significancia individual de cada uno de los predictores introducidos en un modelo de regresión logística, se emplea el estadístico  $Z$  y la prueba

Wald chi-test. A este respecto, de manera individual, se presentan únicamente las variables significativas, es decir, con un  $P\_valor < 0,05$ . El modelo en conjunto es significativo acorde con el  $P\_valor = 0,0076$  obtenido mediante el PseudoR2 que tiene un significado análogo a la suma de cuadrados de la regresión lineal y permite la validación del modelo.

Las variables que tienen factores sobre uno (1) influyen en la probabilidad del cambio de micro y pequeña empresa a mediana o gran empresa. Igualmente, aquellos factores menores a 1 influyen negativamente en la permanencia empresarial. Esto según su falencia o desestimación en metodologías para la gerencia de proyectos. Asimismo, existe una coherencia entre los factores identificados por este modelo con el árbol de decisión a excepción de las herramientas informáticas, ya que en este se ha demarcado Microsoft Excel en lugar de Microsoft Project. El primero es de mayor uso y su aplicación se relaciona con diferentes aspectos en la planeación organizacional.

Por consiguiente, se observa que los estándares o metodologías en la evaluación de proyectos influyen en 1789,6% en la posibilidad de permanecer en el mercado si son aplicadas en las micros y pequeñas empresas. Junto con esta variable, la organización debe conformar una estructura que permita integrar estos estándares. Puesto que la PM se desglosa en la planificación, organización, supervisión y control de todos los aspectos del mismo, para lograr los objetivos planteados de manera segura, dentro de un cronograma de actividades y presupuesto establecido con los criterios de ejecución acordados (International Project Management Association, 2015; Radujković & Sjekavica, 2017). Por lo anterior, la función desempeñada por los estándares en

PM han permitido en las organizaciones modernas, el tránsito de los esfuerzos esporádicos a la aplicación de cambios en prácticas generalizadas, para desarrollar labores y aplicar estrategias en la cotidianidad de las organizaciones (Radujković & Sjekavica, 2017).

Asimismo, se observa un factor similar al no incorporar estos estándares, lo cual genera una probabilidad del -54,84% en la permanencia empresarial, ya que la falencia de estos instrumentos y técnicas denominadas como normas o prácticas para los proyectos dificultaría una labor estructurada y sistemática (Hermano & Martín-Cruz, 2019). Esto constituye una deficiente gestión de los gerentes de proyectos, escasa capacidad técnica y preparación para soportar los cambios del entorno. Varias investigaciones recientes exponen la existencia de características relacionadas con los proyectos fallidos y empresas en quiebra con la falta de gestión eficaz, que obstaculizan la ejecución, implementación de instrumentos y conocimientos adecuados (Amoah et al., 2020; J. J. Wang et al., 2018).

De igual manera, los siguientes indicadores en orden de importancia por la probabilidad de permanencia empresarial exponen la gestión de alcance como parte del triángulo de hierro y en menor medida la gestión de restricciones. Estos representan los criterios básicos para evaluar el éxito de un proyecto al controlar específicamente la calidad o rendimiento (Berssaneti & Carvalho, 2015; Pollack et al., 2018). Para este fin, la empresa debe constituir una estructura que integre mecanismos para gestionar específicamente sus proyectos, definidas a través del fomento, innovación, desempeño y resultados de las mismas (Zhang et al., 2020). Por consiguiente, las personas naturales o aquellas que involucren menos

a tres empelados (ver dimensión 4 MCA) no podrían incluir estos cambios en la organización.

Por otro lado, existe un factor que influye en 336,4% denominado “Estrategias para el reconocimiento de marca e imagen corporativa” e “Imagen corporativa”, si bien estos factores manifiestan similitudes, el primer factor hace referencia a toda una estructura para el reconocimiento de estos factores específicos. Por tanto, la imagen corporativa solo se enfoca en una característica empresarial. Estos dos factores generan un impacto positivo en su permanencia, ya que proporcionan una base para que las partes interesadas favorezcan a la organización, como parte de sus ventajas estratégicas (Pang et al., 2018).

Además, como factores que permiten una permanencia empresarial, la utilización de herramientas informáticas en la formulación de proyectos e indicadores en el análisis del entorno genera una probabilidad positiva en la permanencia de las micro y pequeñas empresas. Esto debido a que, es posible disminuir las incertidumbres inherentes a proyectos de construcción, mediante la facilitación, recuperación, almacenamiento y transferencia de conocimientos (Anantatmula & Rad, 2018). Por otro lado, el tamaño de los proyectos, si bien, generó un alcance tendiente a las medianas y grandes empresas, su ejecución para la permanencia empresarial es reducido, lo que indica que no necesariamente ejecutar proyecto de cuantías mayores a 880 COP generarán una alta probabilidad de continuar en el mercado.

Asimismo, el modelo de función logística permite la valoración de factores que al no integrarse en la organización generarían efectos negativos en el proceso de permanencia empresarial, como la identificación de dos

factores en las dificultades de la gestión de proyectos. El primero se ha identificado en el pago de impuestos, ya que, en el marco tributario colombiano, en promedio los impuestos afectan las utilidades de las empresas hasta en 31% (Ávila Mahecha & León Hernández, 2008). Por lo anterior, el control de los objetivos del proyecto se relaciona con el rendimiento en su ejecución, reducción de los excesos en costos, retrasos en el cronograma, bajos rendimientos, entre otros problemas (Ahn et al., 2017; Ellinas et al., 2018; Kermanshachi & Safapour, 2018; Luo et al., 2016; Remington & Pollack, 2010). Por ende, al no controlar este factor, el éxito en los proyectos se reduciría y la permanencia de las organizaciones estaría amenazada.

Además, el segundo factor que dificulta la permanencia empresarial es el entorno geográfico, que conforme a lo expuesto en la Dimensión 2 es una particularidad de proyectos de construcción. Esto es causado por la formulación habitual de estos proyectos en entornos complejos y remotos que abordan simultáneamente la geografía, condiciones del sitio e infraestructura existente en constante cambio y con alto grado de riesgo (Pheng & Hou, 2019; Project Management Institute, 2016).

Junto con estos factores se encuentra la satisfacción del cliente, recogida en la gestión de interesados, en los requisitos de las comunidades, que de forma directa o indirecta afectan el proyecto. Ese factor perturba especialmente los proyectos de obras civiles; ya que el objetivo de los mismos se centra en la búsqueda de generar beneficios sociales a grandes grupos de interés (Badewi, 2016). Estas particularidades inmersas en cada proyecto de construcción condicionan su organización. Por lo cual, las circunstancias del lugar, influencias externas y necesidades o expectativas de los *stakeholders*

se suman a las múltiples variables que deben integrarse en la formulación y ejecución de proyectos a través de una estructura organizacional consolidada (Chartered Institute of Building, 2014).

#### 4.2.5 Factores de permanencia empresarial en las organizaciones del sector de la construcción

Se diferencian los factores internos de permanencia, los cuales fueron seleccionados por el análisis de caracterización empresarial, percepción de empresarios y los resultados de su correlación, agrupación y diferenciación por MCA, para seleccionarlos mediante arboles de decisión y funciones logísticas. Como resultado la Tabla 18 resume los factores de permanencia empresarial identificados.

Tabla 18. Factores de permanencia empresarial.

Variable	Indicador	Factor	Fuente
Factores Internos de permanencia	Estándares o metodologías utilizados para la gestión de proyectos	18,9	Tabla 17
	Gestión del alcance en los proyectos	11,65	
	Estrategias para el reconocimiento de marca e imagen corporativa	4,36	
	Herramientas utilizadas en la gestión de proyectos	3,34	
	Indicadores de oferta en análisis de viabilidad	2,14	
	Gestión de las restricciones del proyecto	1,24	
	Imagen corporativa	1,02	
	Gestión de proyectos mayores a 880 COP	1,003	
	Procesos de rotación o cambio de personal en los proyectos	1,003	
	Utilización de precios e indicadores en la formulación de proyectos	0,63	
	Incorporación de estándares y prácticas de gerencia de proyectos	0,45	
	Cambios en los objetivos de proyectos	0,44	
	Características del gerente de proyectos	0,39	
	Pagos de impuestos	0,32	
	Localización geográfica	0,08	
Satisfacción del cliente	0,11		

Fuente elaboración propia.

Estos factores permiten identificar los cambios del entorno económico y las variables que deben implementarse en la organización para permanecer en el mercado. Por lo tanto, estas evaluaciones deben formularse por separado y atender a estrategias en el marco de un cambio en el entorno empresarial. Además, la probabilidad de que la organización permanezca en el mercado dependería de la inclusión de estos factores en el desarrollo de las estructuras organizacionales.

#### **4.2.6 Reflexiones sobre la integración de factores de permanencia del sector de la construcción**

Gracias al establecimiento de las variables que caracterizan las capacidades empresariales, fue posible correlacionar las percepciones alrededor de los factores de permanencia empresarial, previamente validados mediante métodos estadísticos que permitieron medir la consistencia interna o confiabilidad de las indagaciones con el instrumento formulado. Por lo anterior fue posible correlacionar las capacidades de la organización tras la identificación de la estructura, herramientas, capacidades del gerente y PM, junto con la valoración de la madurez y la triple restricción.

Estas variables categóricas y las correlaciones entre las características empresariales están formadas por el tamaño empresarial, personería jurídica y actividad económica con las percepciones empresariales, formuladas a partir del sustento bibliográfico que ha identificado factores de éxito y permanencia al interior de la organización. Esto permitió identificar las diferencias entre las organizaciones que han conformado una estructura organizacional para el soporte de proyectos de construcción, mediante la implementación de técnicas,

prácticas y capacidades alrededor de la PM, lo cual permitió validar estas correlaciones con la evaluación de los comportamientos, a partir de los desempeños de las organizaciones en el entorno colombiano.

Por consiguiente, al formular una metodología constituida por modelos estadísticos multivariados, se depuraron, integraron y establecieron las características empresariales medidas desde diversos enfoques con las prácticas metodológicas orientadas a la implementación de conocimientos en gerencia de proyectos. Dichas se agruparon mediante modelos matemáticos de análisis descriptivo-predictivo que permitieron establecer las diferencias según su desempeño en el entorno económico colombiano en función del tamaño empresarial en variables dicotómicas por las micros-pequeñas y medianas-grandes empresas. Por consiguiente, al determinar estas diferencias fue posible establecer que las capacidades empresariales del sector de la construcción dependen de la estructura organizacional y la aplicación de procesos en gerencia de proyectos.

